



# Etat des lieux de la qualité de l'air sur Annemasse en 2008



L'Air de l'Ain et des Pays de Savoie

Savoie Technolac - BP 339 - 73377 LE BOURGET DU LAC Cedex

Tél. 04.79.69.05.43 - Fax. 04.79.62.64.59 -

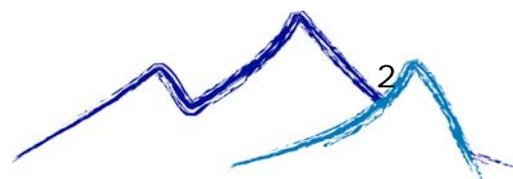
e-mail: [air-aps@atmo-rhonealpes.org](mailto:air-aps@atmo-rhonealpes.org)





# Sommaire

Sommaire	2
Introduction	3
1- Méthodologie de l'étude	4
1.1. Les périodes de mesures	4
1.2. Les polluants prospectés	4
1.3. Le bilan des émissions	4
1.4. Le choix des sites et leur emplacement	5
1.5. La réglementation	7
1.5.1. Les valeurs réglementaires	7
1.5.2. Les seuils d'évaluation	8
1.5.3. Origines et effets des polluants sur la santé	8
2-La modélisation	9
2.1. Qu'est-ce qu'une modélisation ?	9
2.2. La modélisation : une chaîne logicielle complexe	9
2.3. Modélisation des émissions : le logiciel IMPACT	11
2.4. Modélisation de la qualité de l'air: le logiciel SIRANE	12
2.5. Définition du périmètre de la zone d'étude	13
3- Résultats et interprétations des valeurs observées	14
3.1. L'ozone	14
3.2. Les poussières en suspensions inférieures à 10 microns (PM10)	18
3.3. Le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	23
3.4. Les métaux	27
Conclusions	28
Annexe 1 : Origines et effets des polluants	30





## Introduction

La ville d'Annemasse est le centre de la deuxième agglomération de Haute-Savoie et représente le deuxième pôle économique du département. Mais elle occupe une position géographique privilégiée au débouché des vallées alpines de la Haute-Savoie du Nord et au cœur du bassin lémanique. Ainsi, avec la ville de Genève toute proche, cela représente une zone urbanisée de 800.000 habitants. L'activité économique y est donc importante et afin de maîtriser durablement son développement futur, la communauté d'agglomérations d'Annemasse a décidé d'élaborer son Schéma de COhérence Territoriale<sup>1</sup> et son Plan de Déplacements Urbain. L'élaboration de ces plans passe par différentes étapes (Diagnostic territorial, Projet d'Aménagement et de Développement Durable...) et induit des impacts réels sur la vie des habitants au quotidien notamment en terme de déplacements.

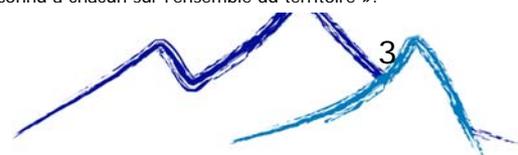
En partenariat avec Annemasse Agglo qui gère ce projet, il a été décidé de mettre en œuvre une modélisation urbaine de la qualité de l'air sur Annemasse afin de faire un état des lieux de la qualité de l'air en tous points de la zone urbaine. Au-delà du bilan, le modèle constituera un outil important pour le pouvoir politique car il permettra de simuler l'impact des aménagements prévus sur la qualité de l'air.

Les travaux engagés dans le cadre de cette étude permettent :

- D'évaluer les concentrations des polluants mesurés et leur éventuel impact sur la santé des personnes dans le respect des articles<sup>1</sup> 1 et 4 de la loi sur l'air de 1996.
- De déterminer le type de surveillance que nécessite cette zone par comparaison des valeurs aux seuils d'évaluation définis dans les directives européennes, et ceci dans le cadre de notre plan de surveillance de la qualité de l'air (PSQA).
- De rendre opérationnel la modélisation urbaine de la qualité de l'air sur Annemasse.

<sup>1</sup> Le SCOT est issu de loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (Loi SRU du 13 décembre 2000) qui traite de façon globale et cohérente les questions des agglomérations. Elle aborde notamment l'habitat, l'urbanisme et les déplacements. Le SCOT est le « document cadre » du développement local. C'est un outil d'urbanisme efficace et souple qui planifie pour une décennie les grands axes d'aménagement du territoire.

<sup>1</sup> Art 1 : « ...politique dont l'objectif est la mise en œuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. ».  
Art 4 : « Le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement est reconnu à chacun sur l'ensemble du territoire ».





# 1- Méthodologie de l'étude

## 1.1. Les périodes de mesures

Afin d'avoir une évaluation objective des concentrations moyennes sur l'année, et conformément aux prescriptions des directives européennes qui demandent que la période minimale prise en compte soit de 14% (8 semaines également réparties sur l'année), nous avons mis en œuvre 4 campagnes d'une durée minimale de 15 jours aux différentes saisons.

Afin de pouvoir situer les sites d'étude par rapport à la réglementation annuelle, nous avons comparé les résultats aux sites fixes de l'unité urbaine d'Annemasse qui existent depuis 10 ans. En utilisant ces stations comme référence, nous pouvons ainsi avoir une bonne estimation de la concentration annuelle pour les sites d'études prospectés épisodiquement.

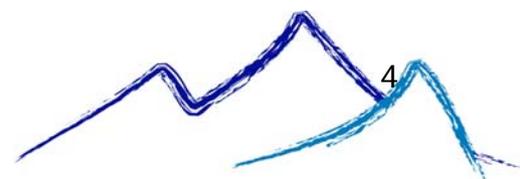
## 1.2. Les polluants prospectés

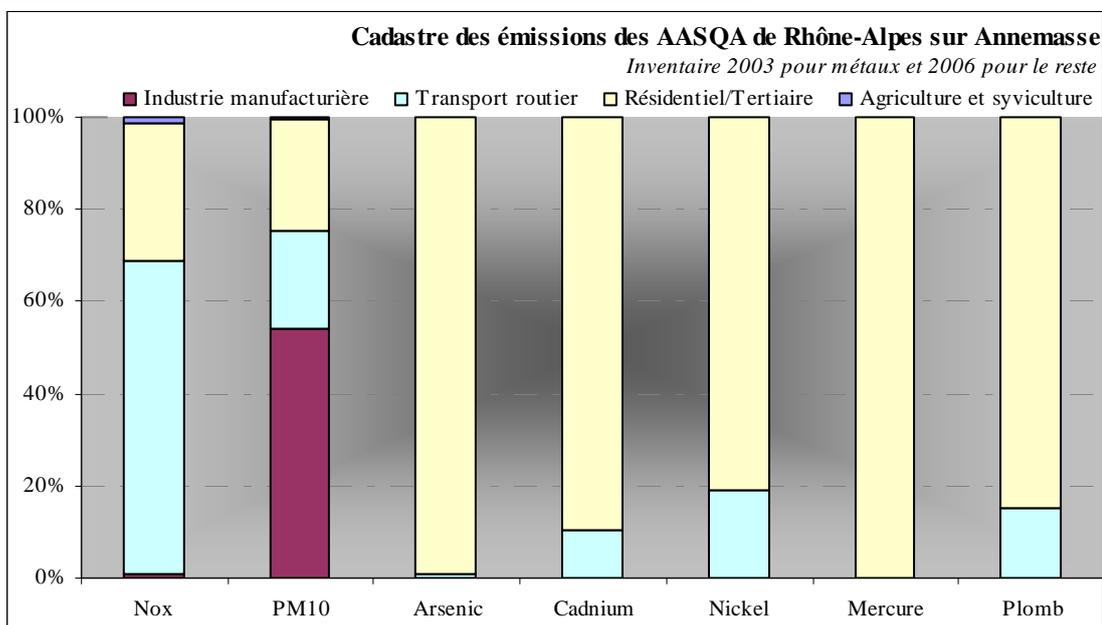
Les polluants prospectés sont ceux qui sont considérés comme des indicateurs de la pollution atmosphériques, pour lesquels une réglementation existe, et que l'on peut être amené à retrouver sur les sites de mesure compte tenu de l'activité dans l'agglomération. Il s'agit :

- De l'ozone
- Des poussières en suspensions inférieures à 10 microns (PM10)
- Du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)
- des métaux réglementés (Arsenic, Cadmium, Mercure, Nickel et Plomb)

## 1.3. Le bilan des émissions

Le bilan des émissions effectué par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de Rhône-Alpes montre la répartition des sources pour les différents polluants prospectés dans le cadre de l'étude. Comme tout bilan d'émission, il a été réalisé selon l'état de l'art et avec les informations mises à notre disposition. Il existe peut-être d'autres sources mais qui ne sont pas recensées ou pas quantifiables.



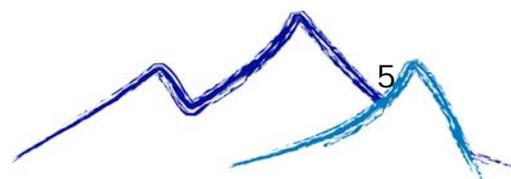


L'influence des émissions dues au trafic est majoritaire pour les oxydes d'azote comme c'est souvent le cas dans les agglomérations. Concernant les poussières, nous estimons globalement qu'elles proviennent à 50% du secteur industriel, le résidentiel et le transport routier se partageant les 2 autres quarts à part un peu près égal. Toutefois, ce bilan est annuel et selon la saison, en période hivernale de chauffe en l'occurrence, la source « chauffage » est certainement majoritaire par rapport aux autres. Enfin, pour ce qui est des métaux, le secteur résidentiel/tertiaire est majoritaire et il semble ne pas y avoir d'émissions industrielles.

#### 1.4. Le choix des sites et leur emplacement

La qualité de l'air moyenne respirée par les annemassiens est bien connue puisqu'elle est suivie depuis 10 ans via les stations fixes de Gaillard et d'Annemasse. Afin de pouvoir répondre aux objectifs de l'étude, nous avons donc instrumenté 3 sites en proximité routière pour déterminer le niveau de pollution maximale de l'agglomération. Les sites retenus sont :

- Montée d'Etrembière : c'est l'un des axes les plus importants d'Annemasse (Trafic moyen journalier de l'ordre de 18.000 véhicules) et la pente importante de la chaussée engendre des émissions supplémentaires
- Place de la Poste : elle est au cœur du centre ville et le bâti dense défavorise la dispersion des masses d'air donc accentue le phénomène de pollution
- Rue de Genève : axe de transit de premier ordre entre la Suisse et la France avec un trafic moyen journalier de 13.000 véhicules.





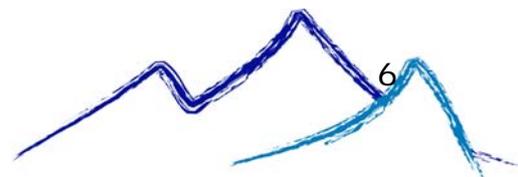
Montée d'Etrembières



Place de la Poste



Rue de Genève



## 1.5. La réglementation

### 1.5.1. Les valeurs réglementaires

La réglementation fixe plusieurs types de valeurs pour juger de l'impact potentiel des polluants sur la santé humaine : Les **objectifs de qualité** correspondent aux concentrations pour lesquelles les effets sur la santé sont réputés négligeables et vers lesquelles il faudrait tendre en tout point du territoire.

Les **valeurs limites** sont les valeurs de concentration que l'on ne peut dépasser que pendant une durée limitée : en cas de dépassement des mesures permanentes pour réduire les émissions doivent être prises par les Etats membres de l'Union Européenne. En cas de dépassement du **seuil d'information et de recommandations**, des effets sur la santé des personnes sensibles (jeunes enfants, asthmatiques, insuffisants respiratoires et cardiaques, personnes âgées,...) sont possibles. Un arrêté préfectoral définit la liste des organismes à informer et le message de recommandations sanitaires à diffuser. La **valeur cible** est un niveau fixé dans le but de prévenir les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée. La directive indique également que des plans relatifs à la qualité de l'air devraient être établis pour les zones et agglomérations dans lesquelles les concentrations de polluants dans l'air ambiant dépassent les valeurs cibles ou valeurs limites de qualité de l'air applicables. Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs réglementaires :

	Normes	Pas de temps	Valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Dioxyde d'azote</b>	Objectif qualité Valeur limite en 2010	Moyenne annuelle	40
	Niveau d'information et recommandations	Moyenne horaire	200
	Valeur limite en 2010		200 (18 dépassements autorisés)
<b>PM 10</b>	Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30
	Valeur limite	Moyenne journalière	50 (35 dépassements autorisés)
		Moyenne annuelle	40
<b>Arsenic</b>	Valeur cible 2012	Moyenne annuelle	0,006 (ou 6 ng/m <sup>3</sup> )
<b>Cadmium</b>	Valeur cible 2012	Moyenne annuelle	0,005 (ou 5 ng/m <sup>3</sup> )
<b>Nickel</b>	Valeur cible 2012	Moyenne annuelle	0,020 (ou 20 ng/m <sup>3</sup> )
<b>Plomb</b>	Valeur limite	Moyenne annuelle	0,5
<b>Ozone</b>	Niveau d'information et recommandations	Moyenne horaire	180
	Objectif à long terme	Moyenne glissante sur 8 heures	120

Le mercure est un cas un peu particulier car malgré son impact sanitaire sur la santé humaine à concentration élevée, aucune valeur réglementaire n'est actuellement adoptée. En 2002, le projet de directive-fille européenne traitant du mercure proposait une valeur limite seuil de 50 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. L'adoption de cette valeur a été reportée dans l'attente de plus amples connaissances sur le comportement du mercure dans l'atmosphère. La surveillance du mercure est toutefois abordée dans la directive européenne 2008/50/CE mais ne fait pas l'objet de valeur cible.





	Normes	Pas de temps	Valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Mercure</b>	Valeur guide	Moyenne annuelle	0,05

Il existe également un **seuil d'alerte** qui détermine un niveau à partir duquel des mesures immédiates de réduction des émissions (abaissement de la vitesse maximale des véhicules, circulation alternée, réduction de l'activité industrielle, ...) doivent être mises en place. Ce seuil n'ayant pas été observé lors de l'étude, nous en n'avons pas fait mention.

### 1.5.2. Les seuils d'évaluation

Pour déterminer les mesures à mettre en œuvre dans une zone, la réglementation fixe, pour certains polluants, deux types de seuil : le seuil d'évaluation maximal (SEMax) et le seuil d'évaluation minimal (SEMin). Au dessus du seuil d'évaluation maximal, des mesures doivent être réalisées régulièrement afin d'évaluer le respect des seuils prescrits pour la protection de la santé humaine.

Entre le seuil d'évaluation maximal et le seuil d'évaluation minimal, une combinaison de mesures et de techniques de modélisation peut être employée pour évaluer la qualité de l'air ambiant.

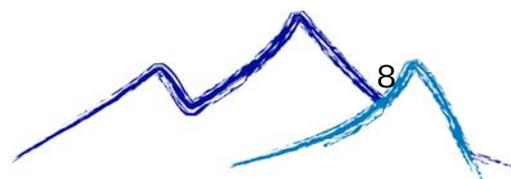
En dessous du seuil d'évaluation minimal, seules les techniques de modélisation ou d'estimation objective peuvent être employées pour évaluer la qualité de l'air.

	Arsenic		Cadmium		Nickel		Plomb	
<b>Pas de Temps</b>	Moyenne annuelle							
<b>Seuil</b>	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin
<b>Valeur en <math>\text{ng}/\text{m}^3</math></b>	3,6	2,4	3	2	14	10	250	350
<b>Condition</b>	Ne pas dépasser plus de 3 fois sur 5 ans							

	Poussières en suspensions (<10 microns)				Dioxyde d'azote			
<b>Pas de Temps</b>	Moyenne journalière		Moyenne annuelle		Moyenne horaire		Moyenne annuelle	
<b>Seuil</b>	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin	SEMax	SEMin
<b>Valeur en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	30	20	14	10	140	100	32	26
<b>Condition</b>	Ne pas dépasser plus de 21 fois sur 5 ans		Ne pas dépasser plus de 3 fois sur 5 ans		Ne pas dépasser plus de 54 fois sur 5 ans		Ne pas dépasser plus de 3 fois sur 5 ans	

### 1.5.3. Origines et effets des polluants sur la santé

Voir annexe 1.





## 2-La modélisation

### 2.1. Qu'est-ce qu'une modélisation ?

La pollution atmosphérique est un phénomène complexe résultant essentiellement :

- Des émissions des polluants par les différentes sources (voitures, chauffage, industries, ...),
- Des éventuelles transformations chimiques par le biais d'interactions entre polluants
- De la dispersion de ces polluants, variable selon les conditions météorologiques et la topographie (qu'il s'agisse du relief naturel ou de la morphologie urbaine)

Habituellement, la mesure d'un polluant se fait par l'intermédiaire d'un appareil de mesure, qui détecte et enregistre les concentrations d'un polluant dans l'air (comme le feraient le nez et les poumons d'une personne). Nous connaissons donc précisément la qualité de l'air, mais uniquement à l'endroit où se trouve le capteur.

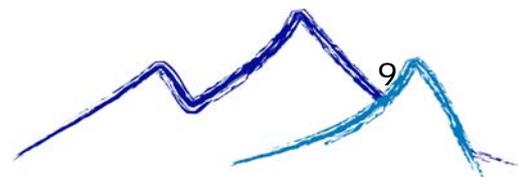
Une autre approche consiste à décrire sous formes d'équations mathématiques l'ensemble des phénomènes physico-chimiques se déroulant dans l'atmosphère (émissions, réactions chimiques, dispersion) : les millions de calculs nécessaires sont alors obligatoirement gérés et effectués par un système informatique puissant. Ce processus, qui recrée virtuellement une réalité complexe, constitue une modélisation.

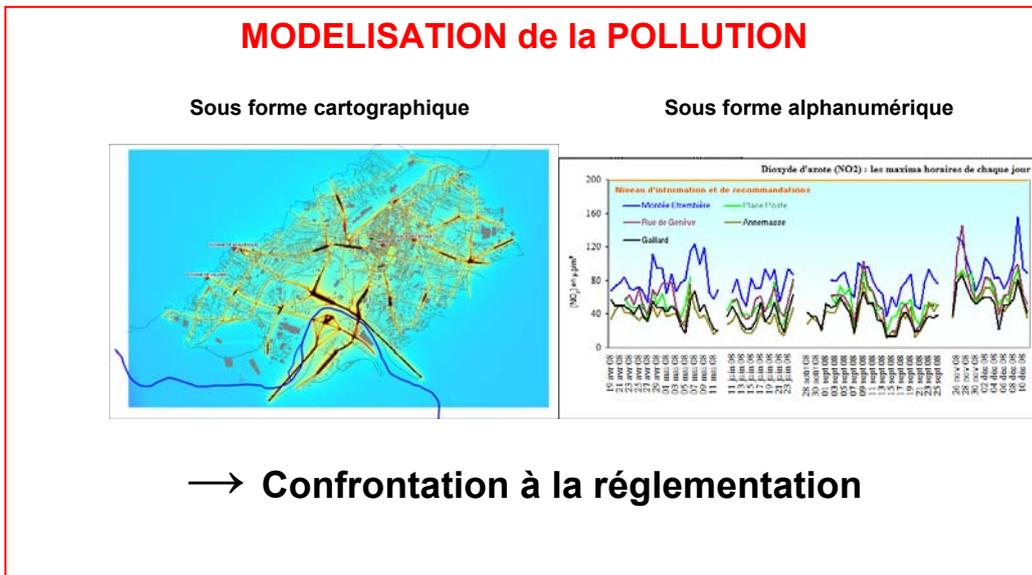
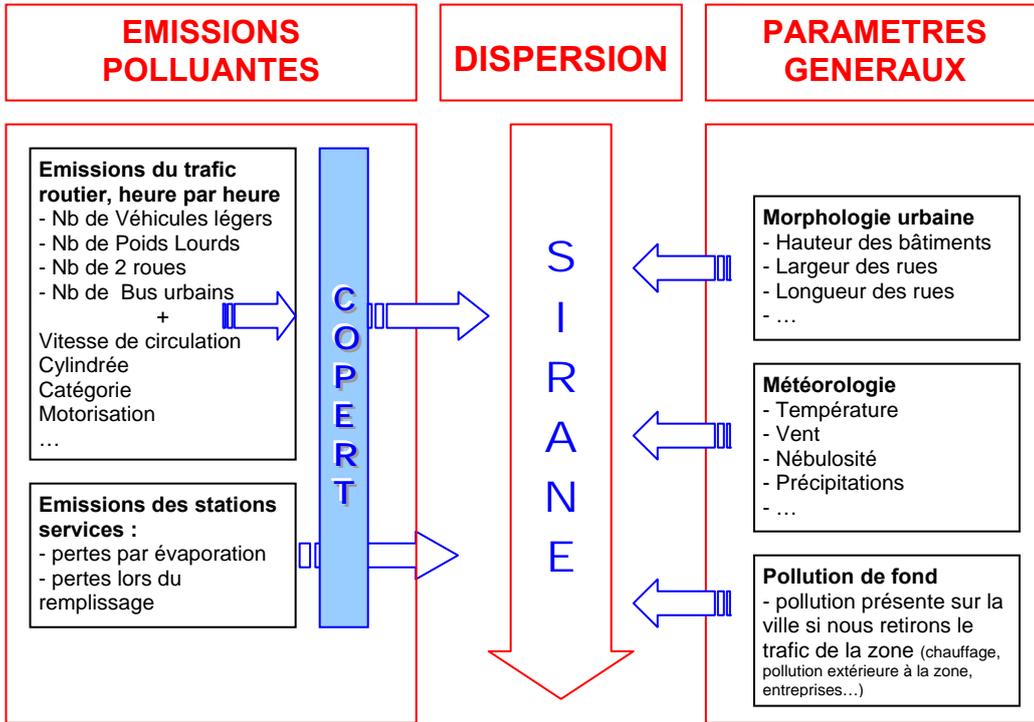
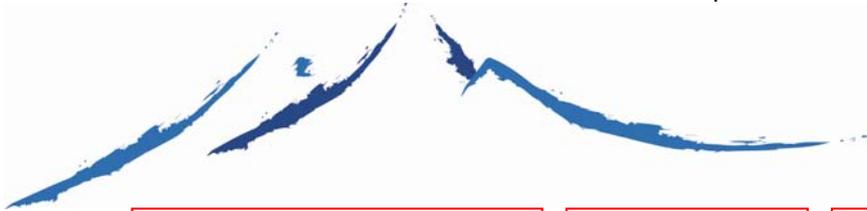
Grâce à cette démarche, il devient alors possible de reproduire l'état de l'atmosphère à tout instant et en tout point d'un territoire comme l'aurait fait des millions de points de mesures ponctuels via les capteurs "classiques". Ainsi, la pollution dans une ville peut être représentée sous forme de carte et non plus seulement par l'intermédiaire de graphiques.

### 2.2. La modélisation : une chaîne logicielle complexe

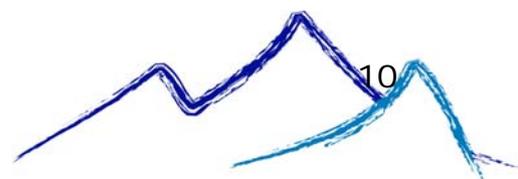
Avant de parvenir à l'expression de la qualité de l'air sous une forme cartographique, il faut donc prendre en considération l'intégralité des connaissances régissant les phénomènes de la pollution de l'air. Bien évidemment, ceux-ci sont extrêmement complexes et de nombreuses équipes scientifiques travaillent quotidiennement pour les améliorer.

Parmi les différentes phases permettant d'aboutir in fine à cartographier la pollution sur Annemasse, Air-APS a choisi de s'appuyer sur le logiciel SIRANE pour appréhender la dispersion et la transformation des polluants. Toutefois, le travail ne se résume pas à faire fonctionner des modèles et des logiciels. Le schéma suivant fait le bilan de toutes les étapes mises en œuvre pour ce projet.





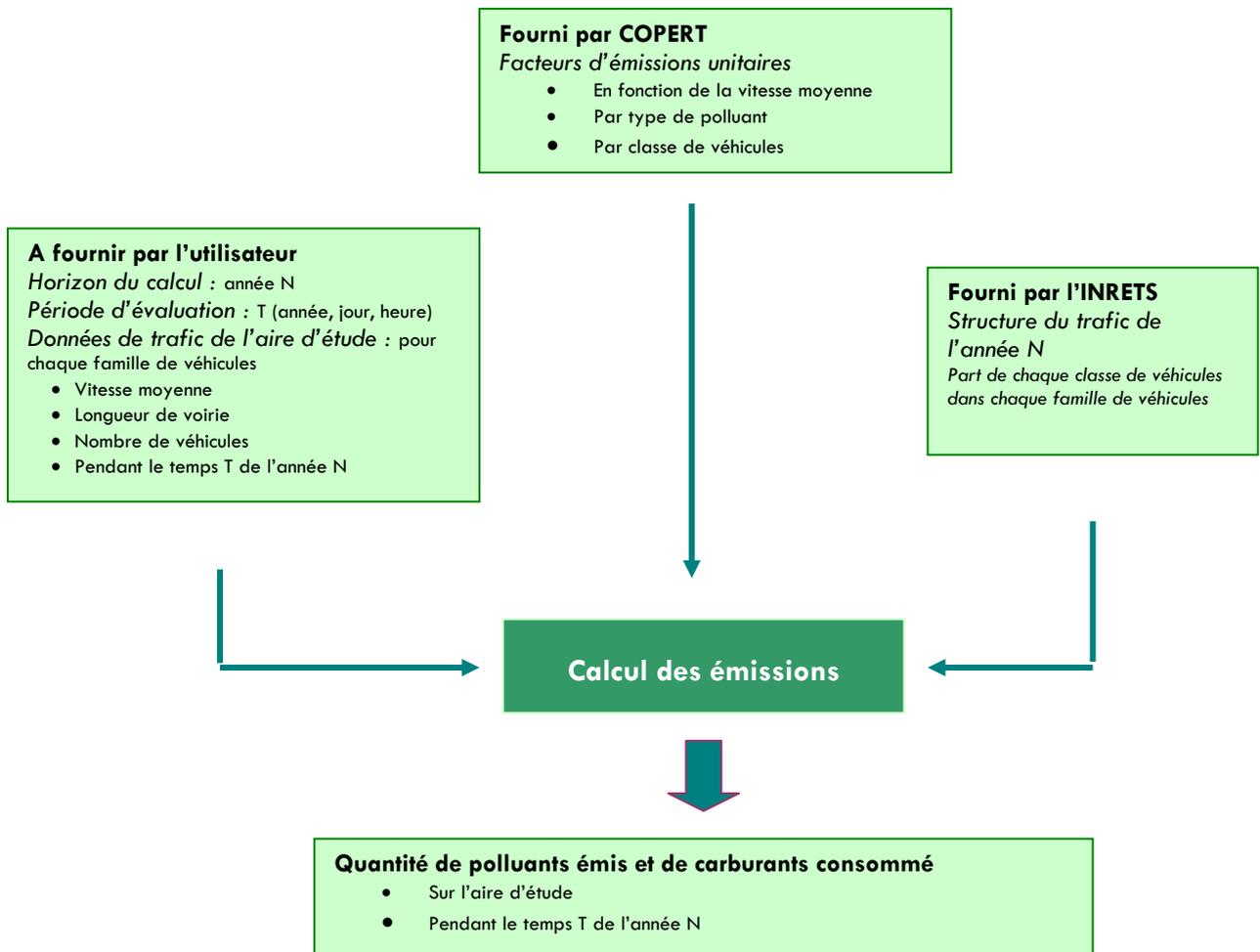
Remarque : Le rapport de validation du modèle est disponible sur le lien suivant du site internet : [http://airaps.free.fr/validation\\_sirane\\_Annemasse.doc](http://airaps.free.fr/validation_sirane_Annemasse.doc) (304Ko).





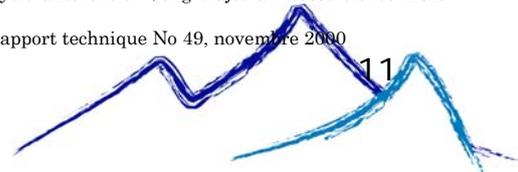
### 2.3. Modélisation des émissions : le logiciel IMPACT

En France, l'INRETS (Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité) conduit de nombreux travaux pour déterminer la consommation et les émissions des véhicules. Celles-ci sont élaborées<sup>1</sup> sur un échantillon de véhicules représentatifs du parc de véhicules français en termes de modèles, de cylindrées, d'âges et de kilométrages. Ces résultats de mesures expérimentales contribuent à alimenter une importante base de données produites par plusieurs programmes de recherche nationaux et européens, dont la confrontation a permis de mettre sur pied la méthodologie COPERT IV (2) (Computer Program to Calculate Emissions from Road Transport), valable pour l'ensemble des véhicules circulant dans les pays de l'Union Européenne. S'appuyant sur les principes de COPERT IV, nous pouvons calculer les émissions de nombreux polluants sur une voie ou un réseau routier selon le schéma suivant :



<sup>1</sup> Sur un banc d'essais de laboratoire, sont recréées artificiellement les conditions réelles de circulation : nous parlons alors, par exemple, de "cycle urbain (une suite de freinage et d'accélération à vitesse modérées variable sur de petits trajets) ou de cycle autoroutier (long trajet à vitesse élevée mais constante)

<sup>2</sup> AEE (Agence Européenne de l'Environnement) : COPERT III, Méthodologie et facteurs d'émission, rapport technique No 49, novembre 2000





## 2.4. Modélisation de la qualité de l'air: le logiciel SIRANE

Connaître les rejets automobiles ne suffit pas pour évaluer la qualité de l'air respirée par les habitants d'une ville. Le transport et la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier urbain sont en effet marqués par l'influence très forte des bâtiments, qui peuvent modifier la vitesse du vent, sa direction ou encore la turbulence de l'écoulement atmosphérique. De plus, les émissions à cette échelle sont particulièrement complexes puisque chaque rue à son propre flux de véhicules qui émet de la pollution et induit une distribution de concentration particulière.

Des travaux expérimentaux menés au Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon ont permis de caractériser les échanges qui se déroulent au niveau des intersections de rues et au-dessus des toits et de développer un modèle des flux de polluants. Un modèle de "carrefour" développé a donc été couplé à un modèle de rue-canyon<sup>3</sup> et à un modèle de panache gaussien pour la dispersion au dessus du niveau des toits.

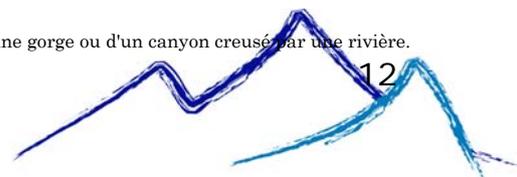
L'outil de modélisation ainsi constitué, appelé SIRANE, permet alors de simuler la pollution dans un quartier constitué de rues-canyons interconnectées. Il s'agit d'un modèle adapté à l'échelle d'un quartier, donc pour un domaine d'étude de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres. Le modèle SIRANE traite différents types d'émissions à l'aide de sources linéiques (représentant par exemple une voie de circulation) et de sources ponctuelles (par exemple une cheminée). Il permet de prendre en compte les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier :

- Phénomène de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments)
- Echanges des polluants au niveau des carrefours
- Transport des polluants au-dessus des toits
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique)
- Modélisation de transformations chimiques simple
- Prise en compte de la vitesse de déposition des particules
- Modélisation du dépôt humide

L'obtention de la concentration des différents polluants dans chaque tronçon, au pas de temps horaire, est régie par les données d'entrée suivantes :

- Données temporelles : le jour et l'heure
- Données géométriques : il s'agit du cadastre de la ville "en 3D", représentant la largeur des rues, la hauteur des bâtiments, les nœuds d'intersection avec coordonnées et dimensions.
- Données d'émissions : Cela concerne les émissions liées au trafic automobile.
- Données météorologiques : Classiquement il s'agit des températures, de la direction et de la vitesse du vent, de la pluviométrie et de l'ensoleillement.
- Données de pollution de fond : le modèle SIRANE ne permet de simuler que la dispersion des polluants émis par les véhicules à l'intérieur du quartier ; pour pouvoir comparer le modèle avec les mesures de terrain, il est donc nécessaire de prendre en compte la pollution de fond provenant de l'extérieur du domaine d'étude ou issue des autres types d'émetteurs pas pris en compte.
- Données propres au quartier : il s'agit de constantes nécessaires aux différents calculs, généralement fixées par comparaison avec des études antérieures, ou en utilisant des formules empiriques. Citons pour exemple l'albédo, la longueur de rugosité (prise en compte des détails des bâtiments), ou encore le coefficient de Priestley-Taylor (reflète la quantité d'eau disponible pour l'évaporation).

<sup>3</sup> Voie bordée par des bâtiments, recréant dans une ville une topographie encaissée rappelant celle d'une gorge ou d'un canyon creusé par une rivière.



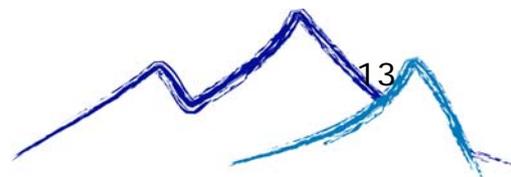
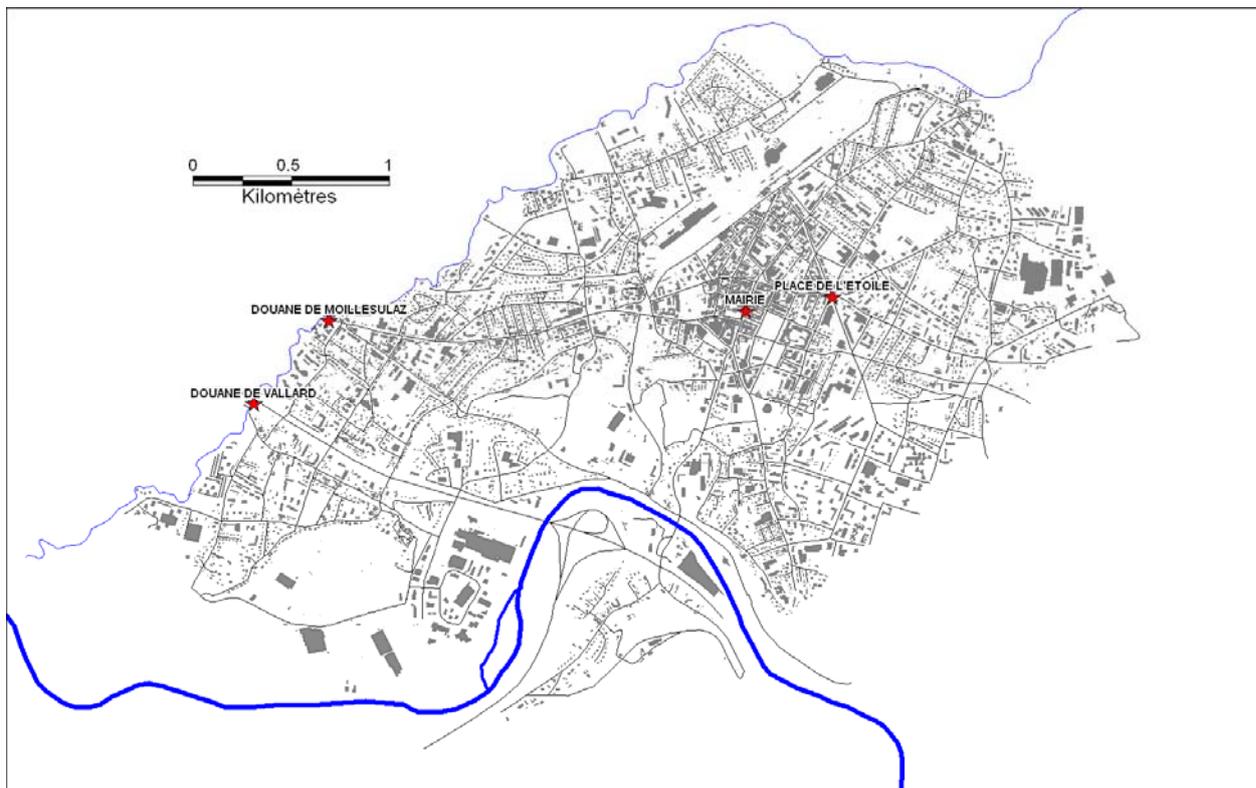


## 2.5. Définition du périmètre de la zone d'étude

Un ensemble de critères entre en ligne de compte pour choisir la zone d'étude :

- Les limitations des modèles : SIRANE a été conçu pour décrire les concentrations de polluants dans une zone de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres constituée principalement de rues bordées de bâtiments. Nous avons donc choisi un secteur de plus de 11,7 km<sup>2</sup> centré sur le cœur d'Annemasse.
- Confrontation des résultats : Bien que le logiciel ait été validé lors de sa conception, il est indispensable de comparer les résultats obtenus à des mesures réalisées sur le terrain. Nous avons donc délimité la zone afin d'incorporer les sites d'études et les stations fixes.
- L'objectif du modèle : Le projet étant en lien direct avec le projet d'aménagement, la zone d'étude devait être la plus vaste possible afin de donner un maximum de renseignements vis-à-vis des aménagements futurs. Enfin, la zone a été volontairement élargie pour prendre en compte des infrastructures très structurantes en termes de trafic ou pollution comme l'autoroute par exemple malgré son éloignement par rapport au centre ville.

Au final, la zone retenue est celle délimitée par le carré ci-dessous. Elle représente une superficie de 11,7 Km<sup>2</sup>, couvrant 113,6 Kms de chaussée (soit plus de mille brins de route !) et 45248 habitants (recensement 1999).

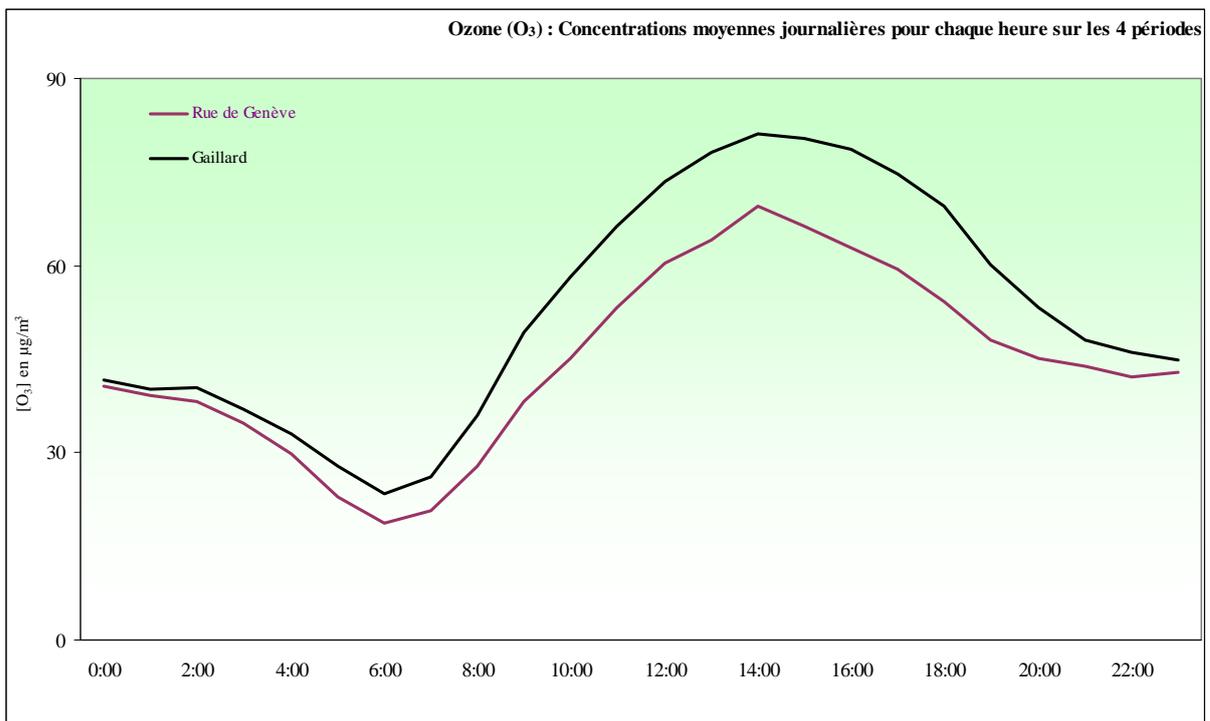




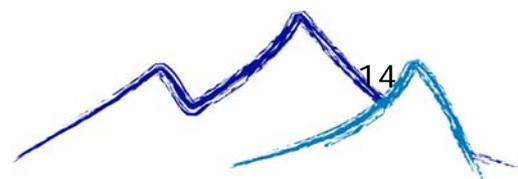
## 3- Résultats et interprétations des valeurs observées

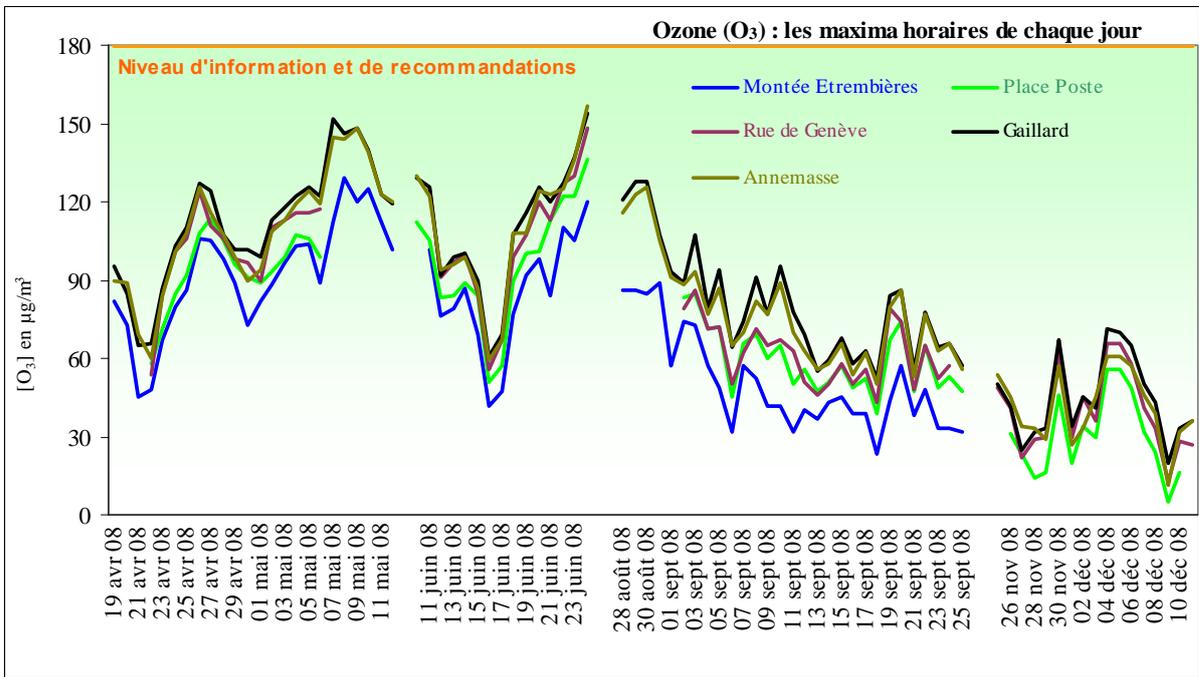
### 3.1. L'ozone

A la différence des polluants primaires qui sont directement rejetés par une source (une cheminée, un pot d'échappement,...), l'ozone est un polluant dit "secondaire" : il est issu de la transformation, par réaction chimique, de polluants primaires. Ainsi, les polluants primaires sont majoritairement présents à proximité de leur lieu de production, par exemple le long d'un axe routier. Par contre, pour la formation de l'ozone, des réactions complexes sont en jeu et les concentrations importantes sont enregistrées à une certaine distance des lieux d'émissions, en périphérie d'un centre ville par exemple. L'évolution journalière moyenne des concentrations d'ozone entre la station fixe de Gaillard et le site d'étude de la rue de Genève (ci-dessous) illustre bien le phénomène. Les stations sont distantes seulement de 400m et pourtant le site en proximité de la route enregistre des concentrations moyennes 10% plus faibles que la station de fond de Gaillard.

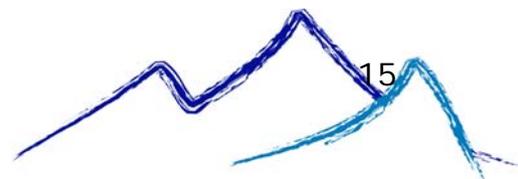
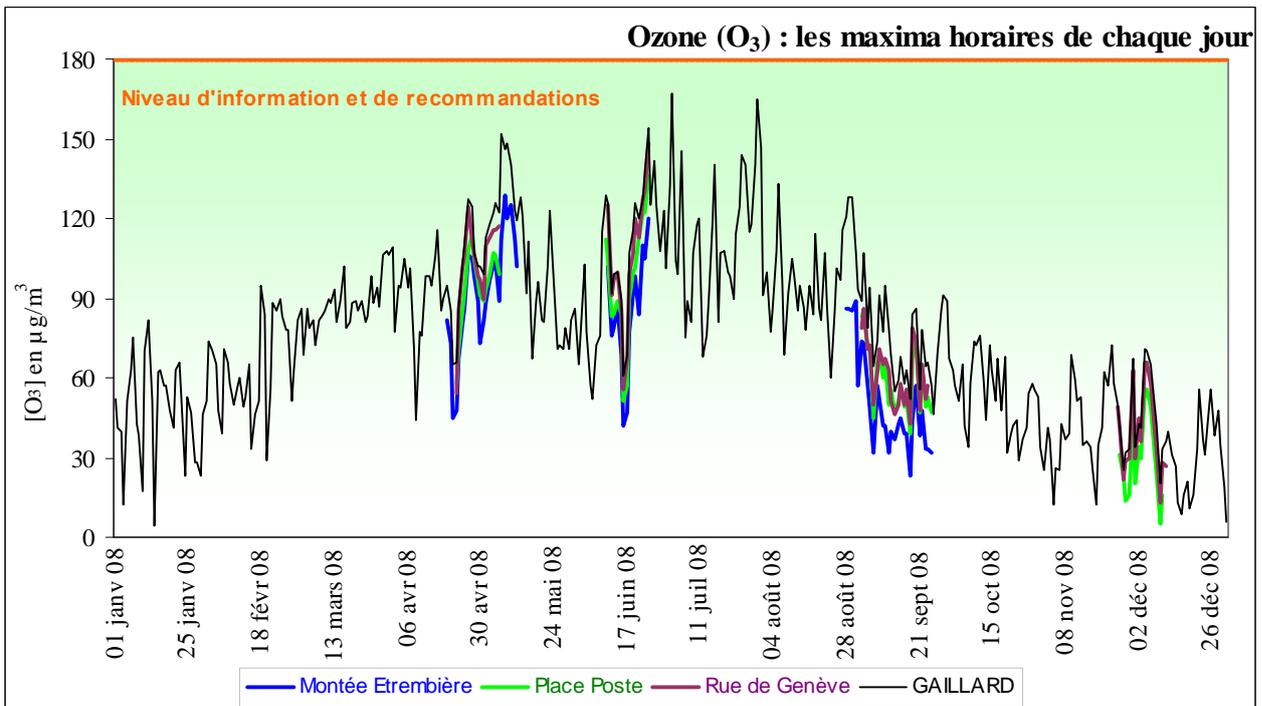


Les concentrations d'ozone relevées sur l'ensemble des sites respectent cette dynamique : les sites de proximité enregistrent tous des concentrations bien inférieures aux stations fixes d'Annemasse et de Gaillard.





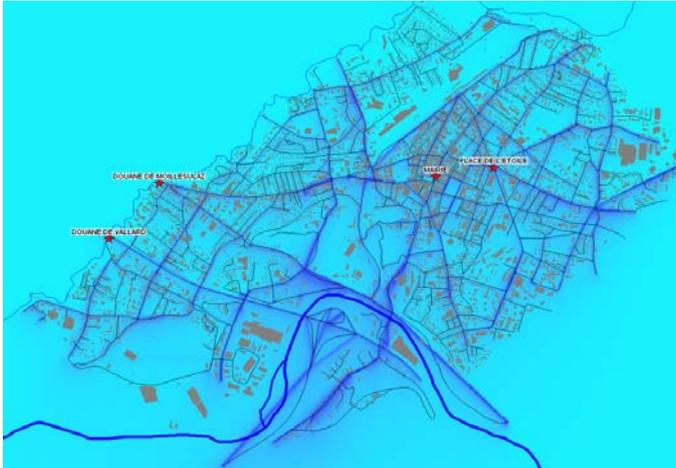
Le graphe rend également bien compte du respect de la valeur réglementaire phare pour l’ozone : le niveau d’information et de recommandations. Il faut l’attribuer au défaut d’ensoleillement et de chaleur lors de la réalisation des mesures qui n’a pas été favorable aux processus photochimiques de formation de l’ozone comme nous le rencontrons usuellement en été. Preuve en est que l’été 2008 n’a pas été propice à la formation de l’ozone, nous avons enregistré un seul pic de pollution (23 juin à Thonon-les-Bains) sur l’ensemble de nos 16 stations fixes, ce qui est plutôt exceptionnel. Le graphe annuel des concentrations maximales d’ozone à Gaillard ci-dessous permet de situer nos périodes de mesures.





Nous savons toutefois, via l'historique des stations fixes, que la zone est particulièrement sensible à cette problématique puisqu'on observe habituellement les concentrations d'ozone les plus importantes et les pics de pollution les plus fréquents de notre secteur de surveillance (l'Ain et les Savoie).

Grâce à la modélisation, nous pouvons visualiser le film d'une journée où les concentrations d'ozone ont été importantes :



9h00 : comme d'habitude avec l'ozone, la matinée est plutôt calme. Les processus photochimiques de formation de l'ozone étant associés à la puissance du rayonnement solaire, les concentrations pour ce polluant sont raisonnables en matinée. Nous voyons déjà clairement que les axes routiers les plus importants sont moins affectés

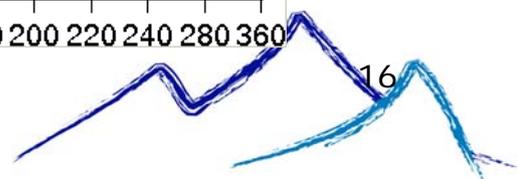
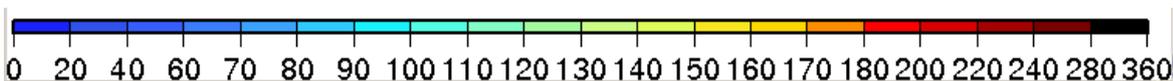


13h00 : maximum de la journée  
L'ozone atteint son maximum à 13h00 ce jour là. Nous pouvons constater une bonne homogénéité des concentrations sur l'ensemble de la zone et donc la très bonne représentativité des informations délivrées par les stations fixes d'Annemasse et Gaillard. Seuls les axes accueillant une circulation importante enregistrent des valeurs plus faibles en ozone alors que l'on s'approche d'un air mauvais avec des concentrations importantes partout ailleurs.



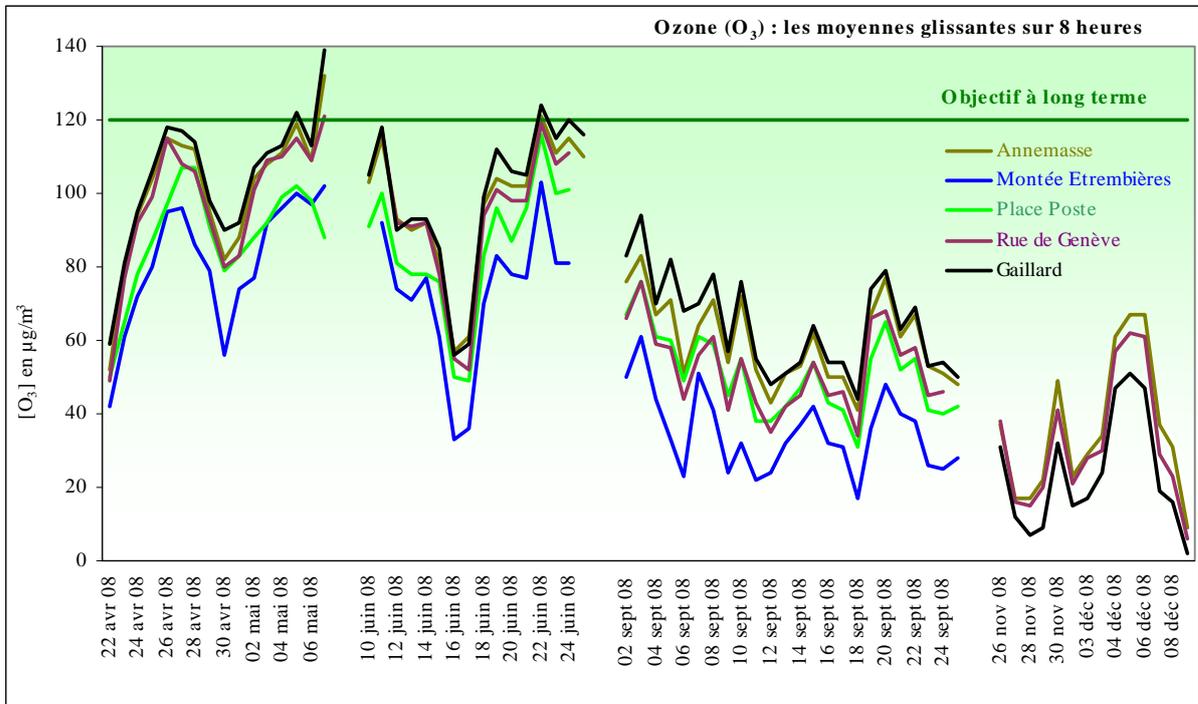
17h00 : retour à des concentrations proches de l'objectif de qualité  
Les concentrations d'ozone chutent avec la baisse de l'ensoleillement pour redevenir plus respirables en fin de journée. Cette décroissance est plus rapide à proximité des axes car l'ozone est consommé par les oxydes d'azote en concentrations plus importantes compte tenu des émissions dues au trafic.

\* reproduction mathématique de la réalité validée par des mesures

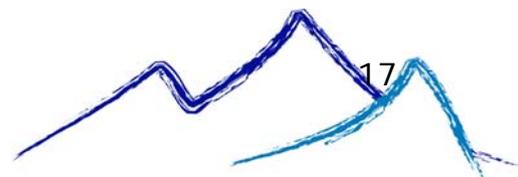




Pour être complet, nous avons également étudié l'évolution des concentrations d'ozone de tous les sites au regard de l'objectif à long terme.

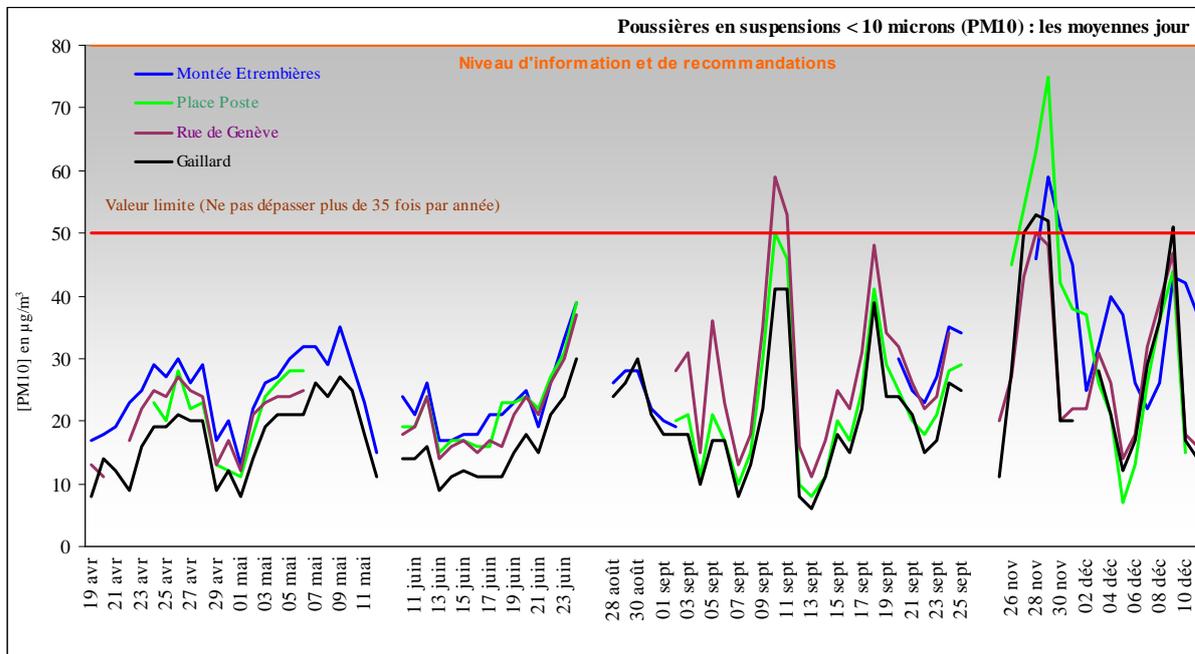


L'objectif n'est pas respecté sur les stations fixes et les mesures ponctuelles faites lors de cette étude semblent indiquer que les sites de proximité respectent cette valeur réglementaire.



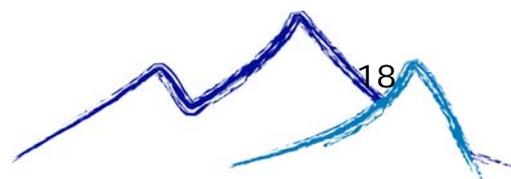


### 3.2. Les poussières en suspensions inférieures à 10 microns (PM10)



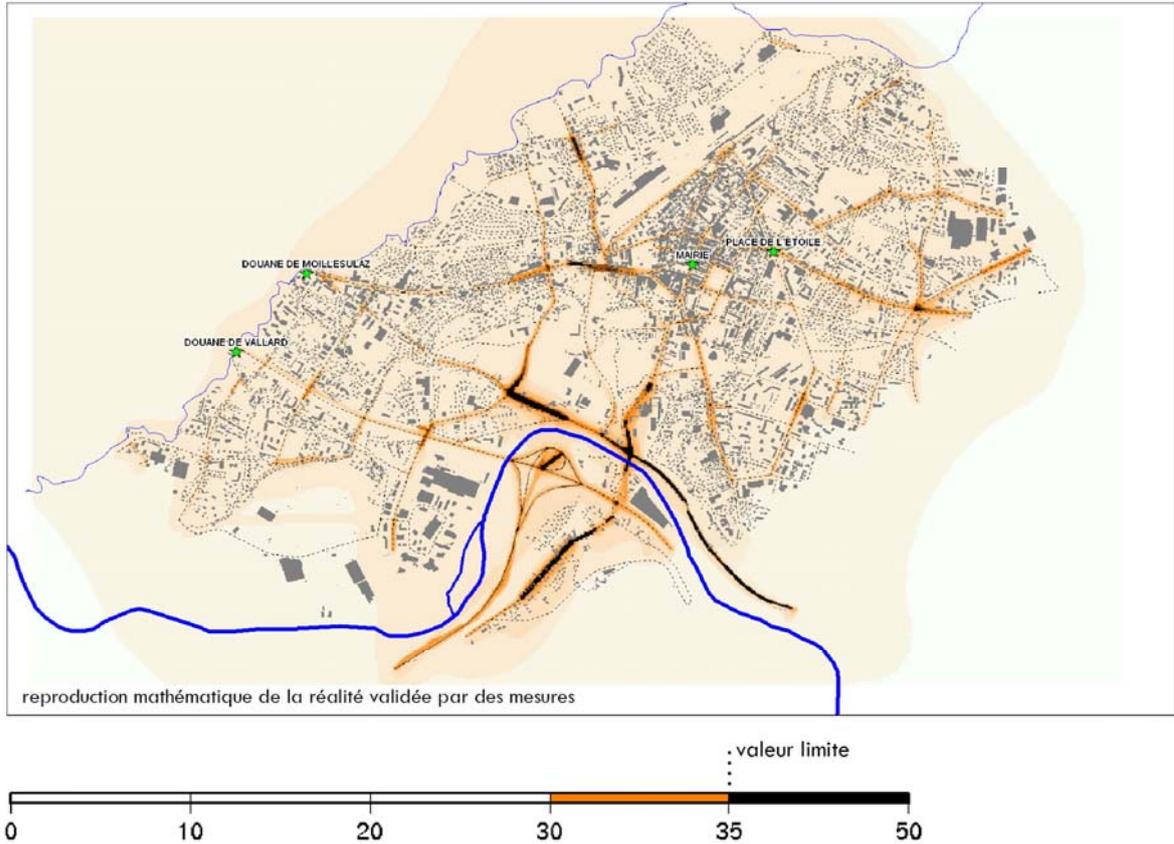
Les sites d'études situés en proximité routière enregistrent tous des concentrations supérieures à la station fixe de Gaillard, ce qui est cohérent car ils sont soumis directement à la source « trafic » qui représente comme nous l'avons vu dans le bilan page 5 un quart des émissions annuelles pour ce polluant.

Statuer du respect ou non des valeurs réglementaires pour les poussières lorsqu'on prospecte épisodiquement des sites n'est pas chose aisée compte tenu de la complexité de ces valeurs de références. Ainsi, la valeur limite n'est pas respectée si les moyennes journalières d'une année dépassent au moins 35 fois la valeur de 50 µg/m<sup>3</sup>. Si nous faisons le bilan de nos campagnes, nous sommes bien loin de ces 35 dépassements puisque la Montée d'Etrembières a enregistré 2 dépassements ; la rue de Genève 3 dépassements et le site place de la Poste 4 dépassements. Toutefois, la station fixe de Gaillard n'a observé que 4 dépassements pendant nos campagnes de mesures mais 28 au final sur toute l'année, ce qui est proche des 35 dépassements autorisés. Par ailleurs, en 2007, Gaillard avait dépassé la valeur limite en observant 38 dépassements. Pour avoir un avis plus objectif sur les secteurs sensibles vis-à-vis de cette valeur réglementaire, nous allons étudier les renseignements que nous fournissent les sorties de modélisation avec la carte ci-dessous qui représente le nombre de fois où la moyenne journalière dépasse 50 µg/m<sup>3</sup>.



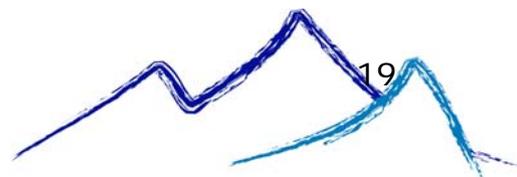


PM<sub>10</sub> : Nombre de jour de dépassements du 50 µg/m<sup>3</sup>



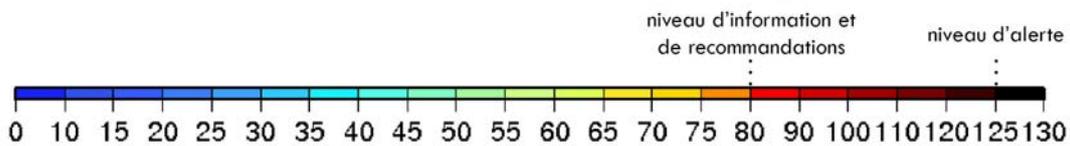
Les secteurs en dépassements de la valeur limite sont la route de Saint-Julien (D1206), la montée d'Etrembières, l'avenue de l'Europe avec son prolongement sur la quai d'Arve, la rue de Genève dans le secteur le plus encaissé (la section la plus proche du centre ville), la rue du Jura dans le secteur du centre hospitalier et le rond point de la route des vallées qui regroupe le trafic venant de Thonon-les-Bains et Taninges. En ne considérant que les personnes habitants le long des portions de chaussée en dépassement, nous estimons à 794 les personnes concernées par le non respect de cette valeur réglementaire (soit 1,7% de la zone). La sortie de modèle met également en valeur que la grande majorité des principaux axes routiers sont proches du dépassement de la valeur limite puisqu'ils enregistrent entre 30 et 35 dépassements (toutes les parties orangées), ce qui est le cas par exemple du site de la poste qui a accueilli un moyen mobile de mesure lors de l'étude. Nous pouvons imaginer pour ces axes que, selon les années et des conditions plus ou moins favorables à l'accumulation de la pollution, ils sont susceptibles de dépasser également la valeur limite pour les poussières. Le bilan 2008 constitue le premier d'une série qui permettra au fil des années d'en savoir plus sur les secteurs qui observent des dépassements de façon récurrente.

Concernant le niveau d'information et de recommandations, qui est dépassé chaque année depuis 2006 sur la station fixe de Gaillard, nous pouvons également supposer qu'il soit dépassé ailleurs sur l'agglomération lorsque les conditions météorologiques sont particulièrement propices à la stagnation des masses d'air (en période hivernale). Le site place de la Poste a d'ailleurs failli être dans ce cas le 29/11/2008 en enregistrant une concentration de 75 µg/m<sup>3</sup>.





PM<sub>10</sub> : Moyenne journalière du 13 février

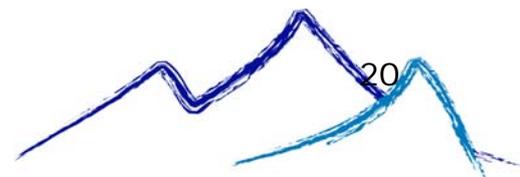
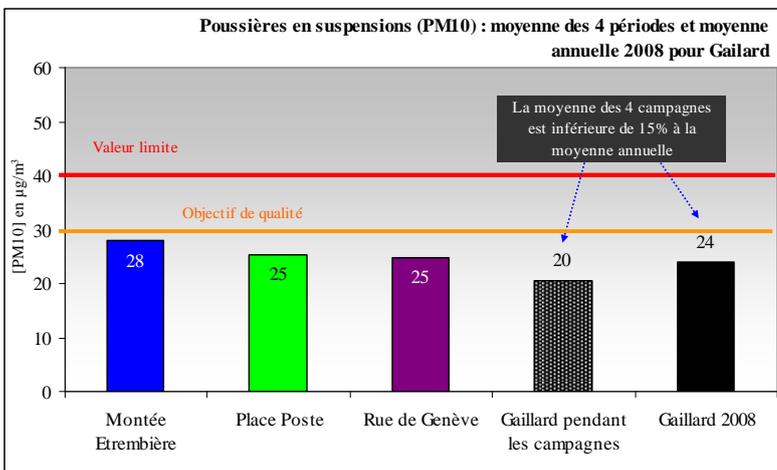


La carte ci-dessus modélise la concentration journalière obtenue le 13 février qui semble être le jour où les valeurs sur l'ensemble de la zone ont été les plus importantes en 2008. Nous constatons que toute l'agglomération est en mesure d'observer le dépassement du niveau d'information et de recommandations pour les poussières (secteur en rouge).

Cette information est intéressante car si nous avons pu voir avec la carte précédente que la pollution sur une année est en moyenne plus importante sur certains axes, nous constatons ici qu'en cas de pollution aiguë (ce que représente le dépassement du niveau d'information et de recommandations) tous les habitants de l'agglomération sont concernés, d'où l'intérêt de mettre en œuvre des mesures collectives de réduction de cette pollution.

Pour être complet, le niveau d'alerte (le 13/02/08) ne semble avoir été observé que sur des petites portions de tronçons recensés précédemment lors de l'analyse du dépassement de la valeur limite (partie en noire car au-delà du seuil de 125 µg/m<sup>3</sup>).

Si nous faisons la moyenne des 4 périodes et que nous la comparons à la valeur annuelle de l'objectif de qualité (qui deviendra une valeur limite en 2010), nous constatons que les sites de proximité respectent tous cette référence réglementaire (graphe ci-contre).

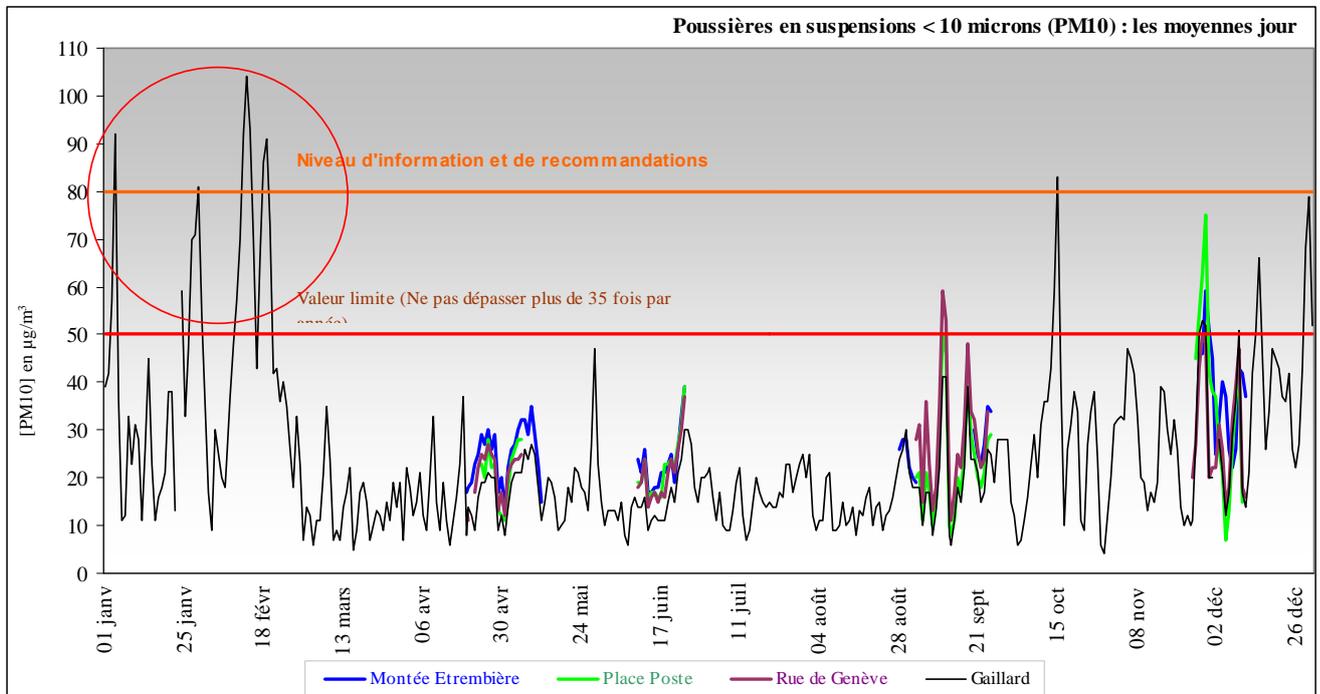




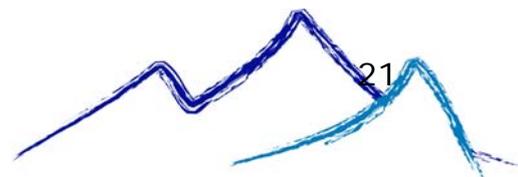
Compte tenu que nous faisons un échantillonnage de 4 fois 15 jours, se pose la question de la représentativité des mesures par rapport à l'ensemble de l'année 2008. Pour pouvoir juger de cela, nous allons utiliser le site fixe de Gaillard. Le principe est simple :

- Calcul de la moyenne annuelle sur l'ensemble de l'année 2008 ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Calcul de sa moyenne lors des 4 campagnes de mesure ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Estimation possible du biais sur un site par comparaison des 2 moyennes précédemment calculées (15%)

Cette simulation ne fait que donner une indication mais permet de constater que la moyenne réalisée lors des 4 campagnes est inférieure de 15% à la moyenne 2008 (sur la station fixe de Gaillard). Ceci est dû au fait que nous n'avons pas réalisé de mesure lors de la période de concentrations importantes en particules de janvier-février comme l'indique le graphique ci-dessous :

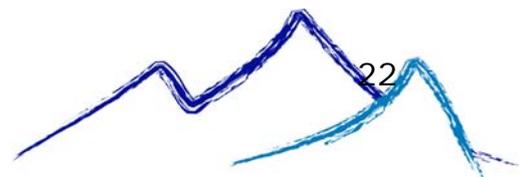
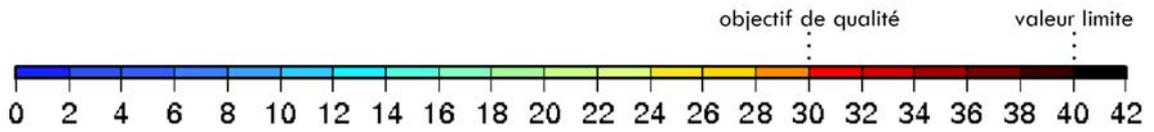
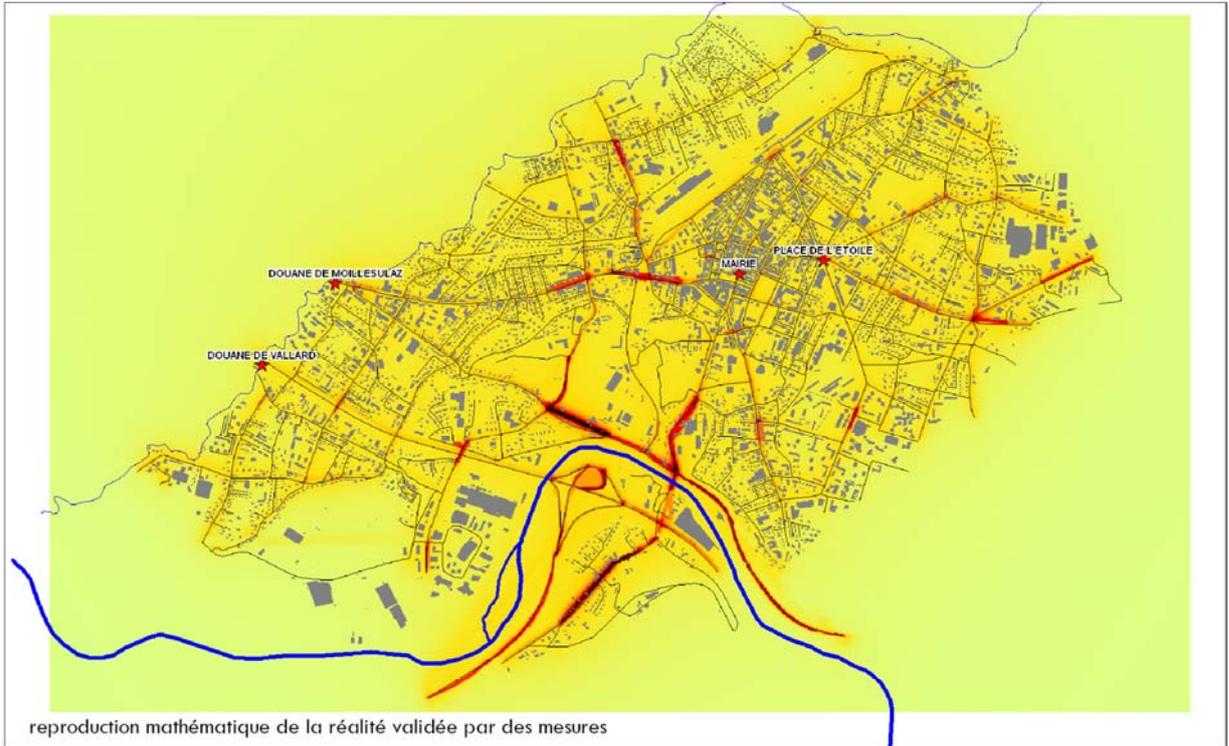


Nous pouvons donc considérer que la moyenne des concentrations sur nos sites de mesure est inférieure à ce que l'on aurait observé si nous étions restés toute une année. Si nous ajustons donc mathématiquement ce biais à la moyenne des 4 périodes des 3 sites de proximité, nous constatons que la montée d'Etrembières ne respecte pas l'objectif de qualité ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et que la rue de Genève comme la place de la Poste s'en approche fortement ( $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Encore une fois, la sortie de modèle pour cette valeur réglementaire apporte des précisions utiles et vient confirmer les mesures puisque nous pouvons constater le dépassement de la montée d'Etrembières (secteur en rouge sur la carte de la page suivante) et la situation limite pour les deux autres sites de l'étude. Au final, et si nous considérons uniquement les personnes habitants à proximité de l'axe routier concerné par le dépassement, 922 annemassiens respirent un air ne respectant pas l'objectif de qualité (soit 2% de la population de la zone d'étude).





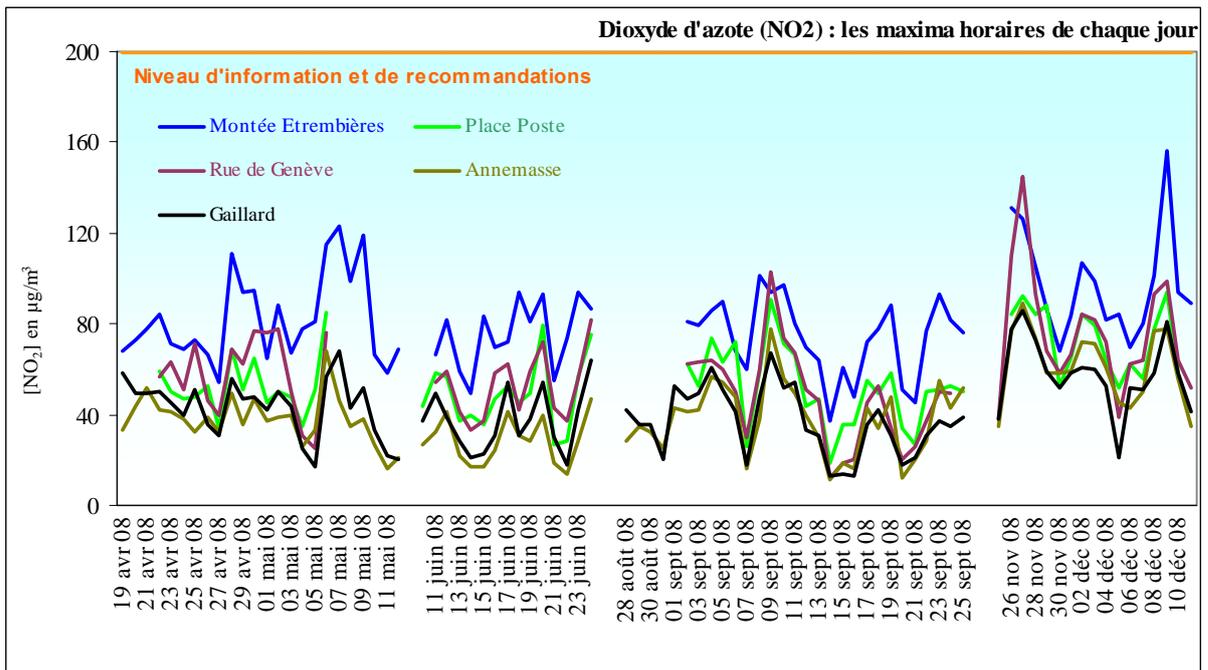
PM<sub>10</sub> : Moyenne annuelle



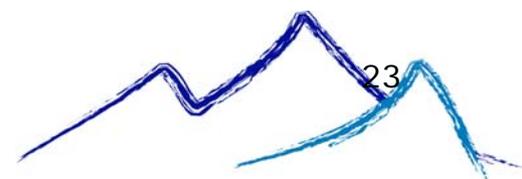


### 3.3. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Le dioxyde d'azote étant majoritairement issu du trafic, nous allons le retrouver en concentrations plus importantes à proximité des axes de circulation les plus fréquentés. Le graphique ci-dessous, qui représente l'évolution des concentrations des différents sites sur les 4 périodes de mesure, illustre bien ce propos puisque c'est la « Montée d'Etrembières » qui enregistre les concentrations les plus fortes.

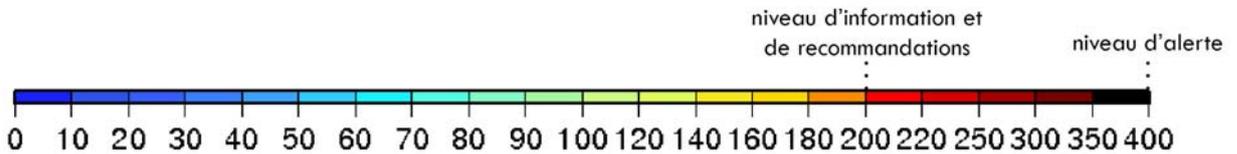


C'est l'un des axes les plus importants d'Annemasse (Trafic moyen journalier de l'ordre de 18.000 véhicules) et la pente importante de la chaussée engendre des émissions supplémentaires. Les deux autres sites de proximité routière prospectés dans le cadre de cette étude (place de la Poste et rue de Genève) observent des concentrations plus faibles mais restent supérieures aux deux sites de fond d'Annemasse et de Gaillard. Concernant la réglementation, en 10 ans de mesures les stations fixes n'ont jamais enregistré de dépassement du niveau d'information et de recommandations puisque la valeur maximale atteinte est de 163 µg/m<sup>3</sup> sur Gaillard en 2000. Les sites d'études n'ont également pas atteint ce niveau réglementaire durant les 4 périodes de 15 jours de mesures et si nous nous référons à la modélisation, les concentrations les plus fortes durant l'année 2008 sur l'ensemble de la zone d'étude ont été également inférieures au seuil de 200 µg/m<sup>3</sup> (voir ci-contre la carte des concentrations horaires maximales).

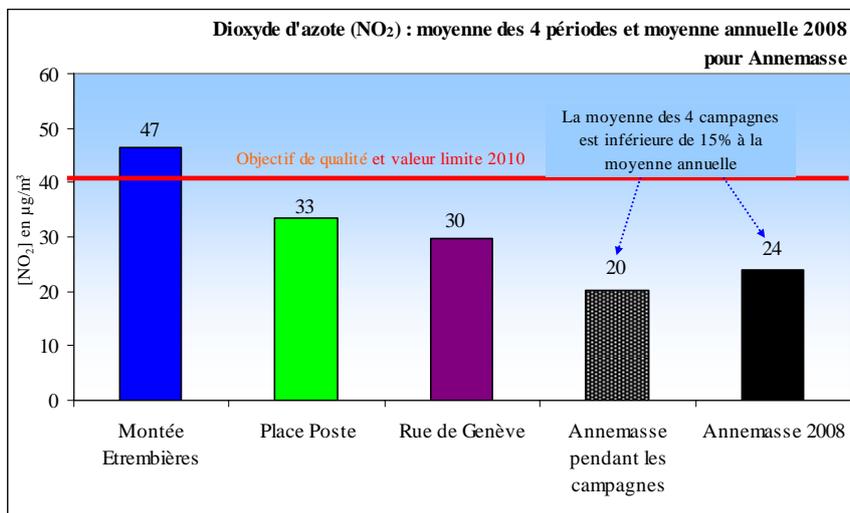




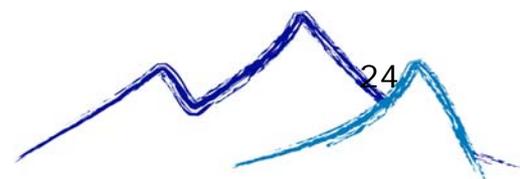
NO<sub>2</sub> : Concentrations horaires maximales



On peut toutefois raisonnablement penser qu'en cas de trafic important avec un temps hivernal particulièrement propice à la stagnation des masses d'air, le niveau d'information et de recommandations puisse être dépassé sur les sites situés à proximité des axes les plus circulés et/ou les plus encaissés par les bâtiments, mais cela semble devoir être marginal.

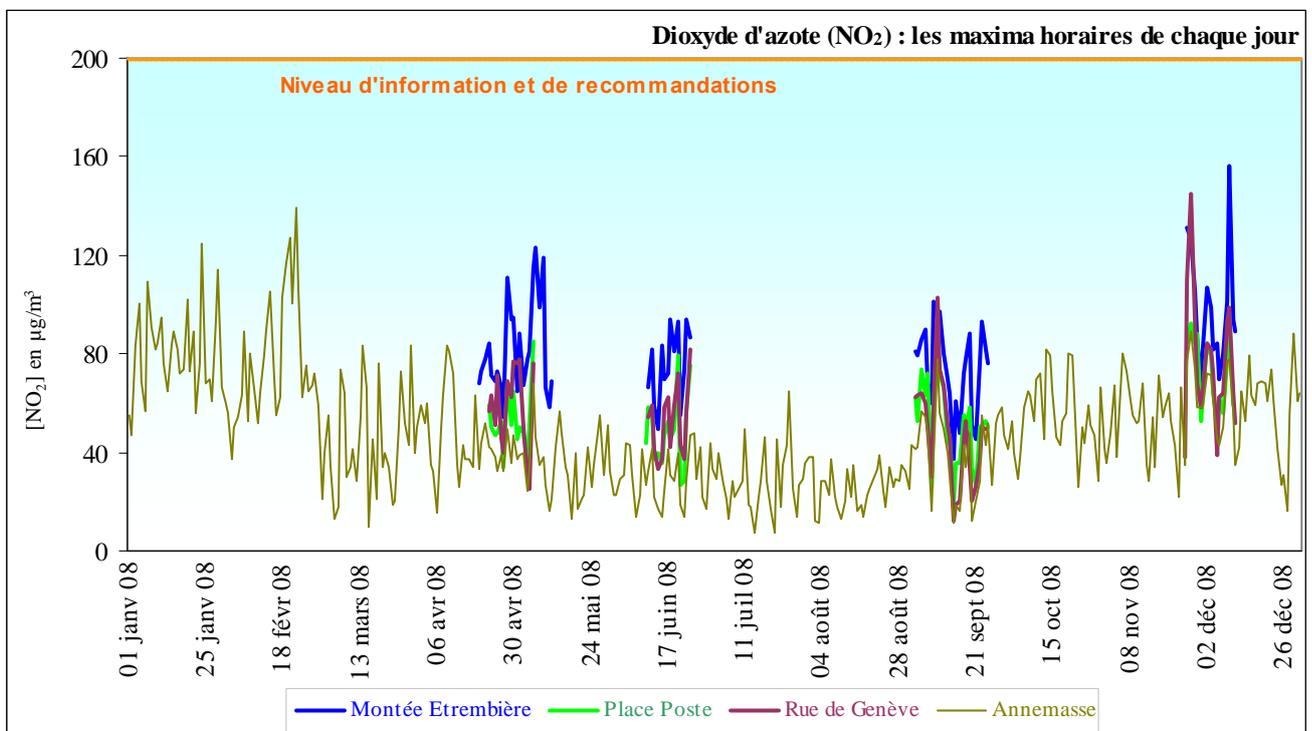


Si nous faisons la moyenne des périodes pour étudier la situation des sites vis-à-vis de la réglementation annuelle (graphe suivant), nous constatons que le site d'Etrembières est bien au-dessus de l'objectif de qualité (qui sera une valeur limite en 2010).

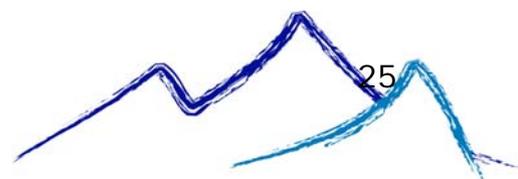




Les sites de la place de la Poste et de la rue de Genève semblent respecter cette valeur réglementaire. Toutefois, en utilisant la station d'Annemasse comme pivot, à l'image de ce que nous avons fait pour les poussières (Voir pages 20-21), nous pouvons constater que la moyenne est certainement sous-estimée de 15% par rapport à ce que nous aurions eu si nous avions fait des mesures en continu sur un an. Le graphique ci-dessous permet de rendre compte de cela puisque nous constatons que c'est en janvier-février que la zone a enregistré les concentrations les plus fortes en dioxyde d'azote ; période durant laquelle les dispositifs mobiles n'étaient pas en fonctionnement pour cette étude :

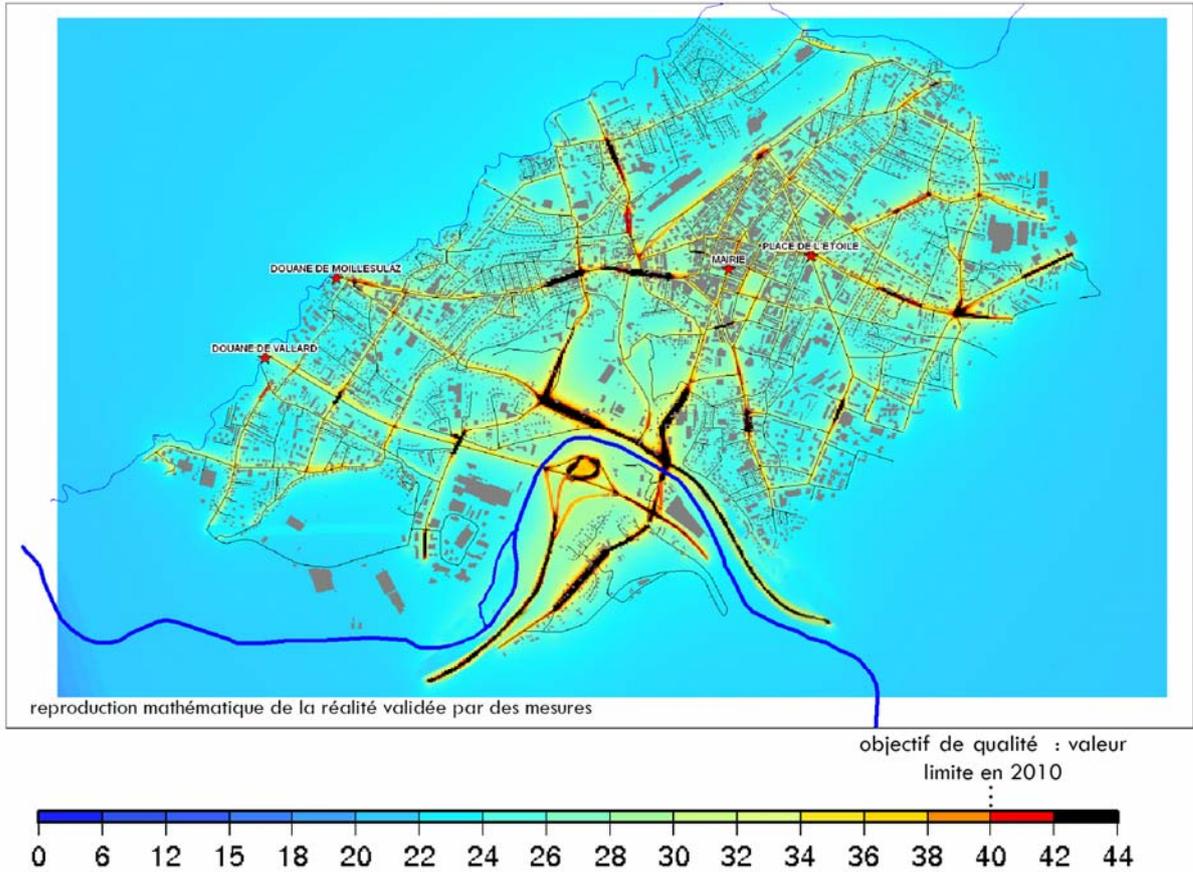


En prenant en compte la sous-estimation probable de 15%, nous nous rapprochons de l'objectif de qualité mais nous restons malgré tout en-dessous. La visualisation de l'ensemble de la zone par modélisation confirme ce point et met en lumière les secteurs les plus sensibles qui sont approximativement similaires à ceux qui avaient été déjà recensés lors des dépassements de la valeur limite annuelle pour les poussières page 22, signe d'une bonne cohérence du modèle.

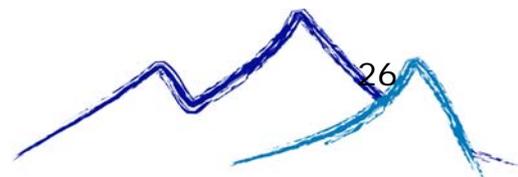




NO<sub>2</sub> : Moyenne annuelle



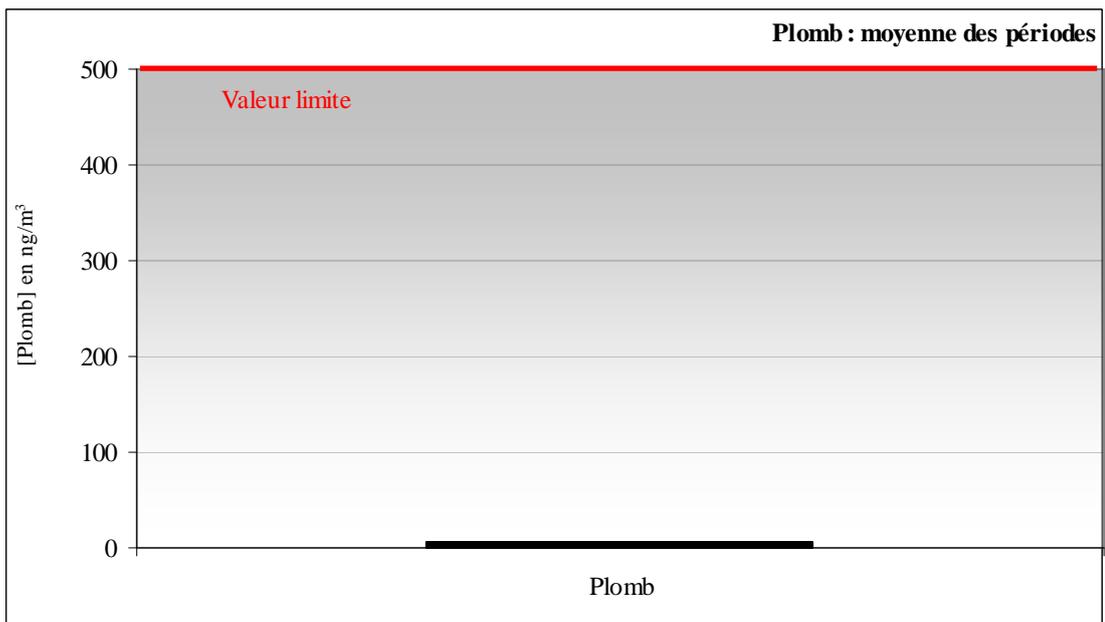
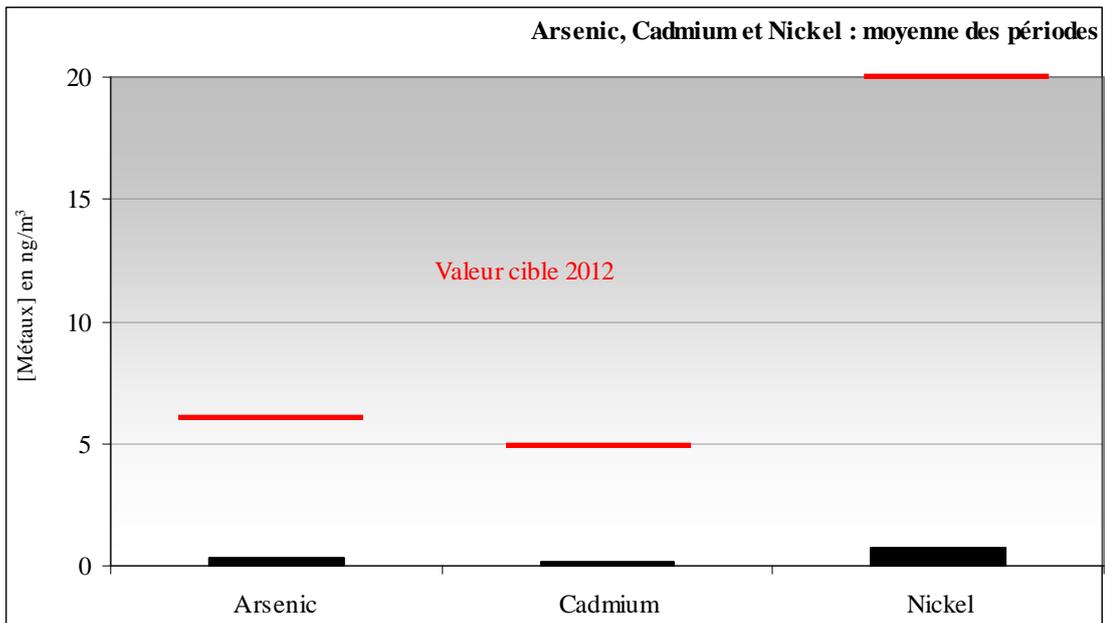
On retrouve donc principalement la route de Saint-Julien (D1206), la montée d'Etrembières, l'avenue de l'Europe avec son prolongement sur la quai d'Arve, la rue de Genève dans le secteur le plus encaissé (la section la plus proche du centre ville), la rue du Jura dans le secteur du centre hospitalier et le rond point de la route des vallées qui regroupe le trafic venant de Thonon-les-Bains et Taninges. En ne considérant que les personnes habitants le long des portions de chaussée en dépassement, nous estimons à 1932 les personnes concernées par le dépassement de l'objectif de qualité (soit 4.3% des personnes).





### 3.4. Les métaux

Les mesures en métaux effectuées place de la Poste révèlent des concentrations bien inférieures aux valeurs réglementaires. Compte tenu qu'il n'existe pas de sources importantes de rejets (en l'occurrence sous entendu industrielle), ce constat est conforme aux autres mesures effectuées en France. Les concentrations sont également inférieures au seuil d'évaluation minimal, ce qui veut dire que le suivi de ce polluant sur Annemasse ne nécessite pas de mesure particulières et que la modélisation sera suffisante.



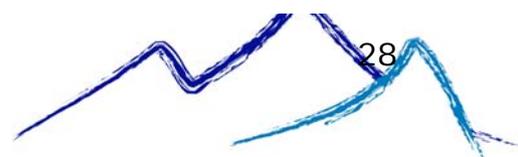


## Conclusions

Après plus d'une décennie de mesures fixes via les stations d'Annemasse et de Gaillard qui a permis de connaître les spécificités du bassin d'air lémanique et informé quotidiennement les annemassiens de la qualité de leur air, Air-APS a fourni un travail conséquent afin de rendre opérationnel un modèle de surveillance de l'air. La zone retenue pour cette modélisation est ambitieuse et ne s'arrête pas à Annemasse puisqu'elle représente une superficie de 11,7 Km<sup>2</sup> couvrant 113,6 Kms de chaussée et 45248 habitants (recensement 1999). Au-delà du bilan qu'il a permis de faire, le modèle constitue un outil important pour les pouvoirs publiques car il permet de simuler l'impact des aménagements prévus sur la qualité de l'air dans le cadre des plans et programmes.

Ce travail important constitue également le socle de la redéfinition de la surveillance de l'air sur Annemasse. Au fil des années, les deux stations d'Annemasse et de Gaillard ont montré une certaine redondance dans l'information délivrée alors que nous ne possédions pas d'informations sur l'impact maximale de cette pollution due essentiellement au trafic routier. Par conséquent, la nouvelle surveillance se composera toujours de 2 stations fixes mais l'une d'elles va migrer en proximité routière afin de prendre en compte la pollution de proximité dans l'information quotidienne. L'outil de modélisation quand à lui permettra annuellement de faire le bilan par rapport à la réglementation et donner une image fidèle des secteurs sensibles sur l'ensemble de l'agglomération. Concernant les enseignements que l'on peut tirer du bilan, il n'a pas apporté d'informations complémentaires à ce que l'on connaissait pour l'ozone. Nous savons la zone particulièrement sensible à ce polluant et si le niveau d'information et de recommandations n'a pas été observé cette année, c'est dû aux conditions météorologiques estivales peu propices à la formation de ce polluant. Nous avons tout de même pu confirmer la bonne homogénéité des concentrations sur l'ensemble de la zone et donc la très bonne représentativité des informations délivrées par les stations fixes d'Annemasse et Gaillard. Seuls les axes accueillant une circulation importante enregistrent des valeurs plus faibles. Par conséquent, en cas de pic de pollution, pratiquement toute la population est concernée.

Pour ce qui est de la pollution due aux particules, la valeur limite est dépassée sur les secteurs accueillant un trafic dense et/ou enclavés par des bâtiments (la route de Saint-Julien (D1206), la montée d'Etrembières, l'avenue de l'Europe avec son prolongement sur la quai d'Arve, la rue de Genève dans le secteur le plus encaissé (la section la plus proche du centre ville), la rue du Jura dans le secteur du centre hospitalier et le rond point de la route des vallées (qui regroupe le trafic venant de Thonon-les-Bains et Taninges). Bien que la population impactée par cette pollution reste faible (moins de 1%), il s'agit d'une valeur limite et si nous nous référons à sa définition : « *en cas de dépassement des mesures permanentes pour réduire les émissions doivent être prises* ». La comparaison des valeurs avec l'objectif de qualité n'apporte pas d'éléments complémentaires, les secteurs concernés sont en parti ceux mentionnés précédemment pour la valeur limite.





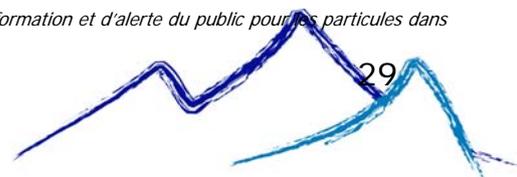
Par contre, en cas de pics de pollution ponctuelle (dépassement du niveau d'information et de recommandations), toute l'agglomération est impactée d'où l'intérêt de mesures collectives de réduction des émissions. Rappelons que selon une expertise de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) du 23 mars 2009<sup>4</sup>, réalisée à la demande des ministères de l'écologie et de la santé, seulement 3% des effets sanitaires liés aux particules fines seraient attribuables aux pics de pollution tandis que 97% résulteraient d'une exposition chronique à des taux modérés -inférieurs à 50 µg/m<sup>3</sup>. En outre, il n'existe pas de seuil de pollution au-dessous duquel il n'y aurait pas d'impact sanitaire précise l'étude. La réduction des émissions polluantes de particules fines a été jugée prioritaire dans ce rapport.

L'analyse des concentrations en dioxyde d'azote a révélé que la pollution aigüe n'avait pas pu être constatée en 2008 et bien que l'on ne puisse pas affirmer qu'elle n'existe pas sous certaines conditions, nous pouvons dire qu'elle semble marginale sur la zone étudiée. La pollution chronique (celle dont nous prenons une dose tous les jours pour constituer un risque sur une période un peu plus longue), représentée par le dépassement de la valeur limite, est par contre présente sur les secteurs un peu près analogues au cas des particules. La population concernée reste faible mais elle ne doit pas être négligée puisque, sur ces zones, l'effet sanitaire est accru par la conjugaison d'une pollution en dioxyde d'azote et particules.

Enfin, l'évaluation des métaux ne montre pas d'inquiétude puisque les concentrations sont inférieures au seuil d'évaluation minimal ; une surveillance fixe n'est donc pas nécessaire pour ces composés.

---

<sup>4</sup> «Pollution par les particules dans l'air ambiant: synthèse en vue d'un appui à l'élaboration de seuils d'information et d'alerte du public pour les particules dans l'air ambiant», rapport d'expertise et avis de l'Afsset (mars 2009)



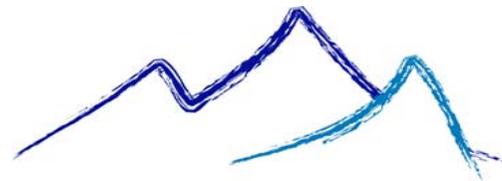
# Annexes

## ANNEXE 1 : ORIGINES ET EFFETS DES POLLUANTS

	Métaux	Particules en suspension (PM10)
<b>Origines</b>	<p>Ce terme englobe l'ensemble des métaux présents dans l'atmosphère. Les principaux ayant un caractère toxique et réglementés sont : plomb (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), nickel (Ni) et mercure (Hg).</p> <p>Dans l'air, ils se trouvent principalement sous forme particulaire. Ils sont pour la plupart issus du <b>trafic routier</b>, des <b>industries sidérurgiques</b> et des <b>incinérateurs</b> de déchets.</p>	<p>Elles résultent de la combustion, de l'usure des véhicules sur la chaussée et de l'érosion.</p> <p>Ces poussières peuvent également véhiculer d'autres polluants comme les métaux lourds et les hydrocarbures.</p> <p>Les principaux émetteurs sont les <b>véhicules diesels</b>, les <b>incinérateurs</b>, certaines <b>industries</b> et <b>la combustion de la biomasse</b></p>
<b>Effets sur la santé</b>	<p>Ces différents éléments s'accumulent dans l'organisme, ce qui entraîne un risque de toxicité à long terme impliquant <b>d'éventuelles propriétés cancérigènes</b>.</p> <p>Notons que le plomb a vu sa concentration fortement diminuée suite à l'utilisation de l'essence sans plomb (1987).</p>	<p>Les plus grosses particules sont retenues par les voies respiratoires supérieures. Elles sont donc moins nocives pour la santé que les particules plus fines (&lt;2.5 µm de diamètre) qui pénètrent plus profondément dans l'organisme ; elles irritent alors les voies respiratoires inférieures et <b>altèrent la fonction respiratoire</b> dans l'ensemble. Certaines, selon leur nature, ont également des <b>propriétés mutagènes et cancérigènes</b>.</p>



	Oxydes d'azote (NO,NO <sub>2</sub> ) :	Ozone (O <sub>3</sub> )
Origines	<p>Ils résultent de la réaction de l'azote et de l'oxygène de l'air qui a lieu à haute température dans les moteurs et les installations de combustion. Les <b>véhicules</b> émettent la majeure partie de cette pollution ; viennent ensuite les installations de <b>chauffage</b>.</p>	<p>Ce gaz est le produit de la réaction photochimique de certains polluants, notamment les oxydes d'azote (NOX) et les composés organiques volatils (COV), sous l'effet des rayonnements solaires.</p> <p>Il n'est donc <b>pas émis directement par une source ; c'est un polluant secondaire</b>. Nous le retrouvons principalement en été, en périphérie des agglomérations.</p>
Effets sur la santé	<p>C'est un <b>gaz irritant</b> qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires, entraînant une <b>hyperréactivité bronchique</b> chez les patients asthmatiques et un accroissement de la <b>sensibilité des bronches aux infections</b> chez l'enfant.</p>	<p>Ce gaz, très oxydant, pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque de la <b>toux</b> et une <b>altération pulmonaire</b>, surtout chez les enfants et les asthmatiques, ainsi que des <b>irritations oculaires</b>.</p>





### L'Air de l'Ain et des Pays de Savoie

Savoie Technolac - BP 339  
73377 LE BOURGET DU LAC Cedex

Tél. 04.79.69.05.43. - Fax. 04.79.62.64.59.

e-mail: [air-aps@atmo-rhonealpes.org](mailto:air-aps@atmo-rhonealpes.org)

Membre de



# Rhône-Alpes Région

