



# LES VALLEES DES PAILLONS

## CARACTERISATION CHIMIQUE DES PARTICULES PM10 ET CONTRIBUTIONS DES SOURCES



**MESURES D'OCTOBRE 2008  
A NOVEMBRE 2009**

Date de publication : 11/2010  
Numéro de projet : 06MAR06I

### SIÈGE SOCIAL

Le Noilly Paradis  
146 rue Paradis – 13294 Marseille cedex 06  
Tél. : 04 91 32 38 00

### ÉTABLISSEMENT DE NICE

333, Promenade des Anglais  
06202 Nice Cedex 3  
Tél. : 04 93 18 88 00

# RESUME

La vallée du Paillon est située dans le proche arrière-pays niçois. Elle est constituée, en amont, de deux vallées (Contes et Peillon), chacune équipée d'une station de surveillance de la qualité de l'air de typologie industrielle.

Ces vallées sont caractérisées par une forte propension à l'accumulation de polluants particuliers atmosphériques (régime de brises de vallée, inversions thermiques, présence de carrières, cimenterie, trafic routier, brûlages des déchets verts...). Depuis 2005, de nombreux dépassements des valeurs limites européennes pour les PM10 sont enregistrés sur les deux sites de mesures industriels de Contes et Peillon.

Atmo PACA a été sollicitée par l'État pour mener des travaux complémentaires en vue d'améliorer la connaissance sur les particules dans ces vallées et d'apporter des éléments d'aide à la décision en vue d'établir un plan de réduction des rejets.

Réalisée en partenariat entre ATMO PACA, le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement de Grenoble (LGGE) et le Laboratoire de Chimie Provence de Marseille (LCP), cette étude a pour but d'évaluer les contributions des différents émetteurs lors des dépassements des seuils en particules. Afin de comprendre les processus et d'identifier l'origine des particules, la caractérisation chimique des particules est réalisée sur des sites de typologie différente : sous l'influence des cimenteries dans les deux vallées, du trafic routier et un site en milieu rural.

***Etude financée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL PACA)***

<b><i>Rédaction</i></b>	<b><i>Vérification</i></b>	<b><i>Approbation</i></b>
Benjamin Rocher : Ingénieur d'études Atmo PACA	Alexandre Armengaud : Responsable Etudes Atmo PACA.	
Nicolas Marchand : Maître de Conférences au Laboratoire de Chimie Provence LCP-IRA	Florence PERON : Ingénieur d'études Atmo PACA.  Gaëlle LUNEAU : Ingénieur d'études Atmo PACA.	

Atmo PACA remercie pour leurs contributions les deux laboratoires de recherche ayant permis la réalisation technique des plusieurs parties de cette étude :

- **Nicolas Marchand**, Maître de Conférences du Laboratoire de Chimie Provence de Marseille (LCP)
- **Jean Luc Jaffrezo**, Directeur adjoint du Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE)
- Ehgere EBIDI, doctorant au LCP et Julie Cozic au LGGE ayant réalisé les analyses chimiques
- Les particuliers ayant permis la mise en place des tirs LiDAR et des mesures temporaires de particules par pDR.
- Les services environnement des deux industries et les inspecteurs DRIRE correspondant, ayant contribué par la mise à disposition de leurs données.
- L'ensemble de l'équipe ayant participé aux prélèvements Mostapha, Hervé, Michel, à la relecture et l'aboutissement de ce rapport Florence, Gaëlle, Alexandre, Paul, Romain, ...

# TABLE DES MATIERES

<b>1.</b>	<b>PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>5</b>
1.1.	OBJECTIFS .....	5
1.2.	CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE .....	6
1.2.1.	ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL DES VALLÉES DES PAILLONS .....	6
1.2.2.	ACTIVITÉS PRÉSENTES SUR LA ZONE.....	7
1.2.3.	LOCALISATION DES SITES DE MESURE .....	7
1.3.	PARAMÈTRES MESURÉS .....	8
1.3.1.	PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	8
1.3.2.	LE DIOXYDE D'AZOTE.....	8
1.3.3.	PARTICULES EN SUSPENSION .....	8
1.3.4.	PARAMÈTRES MÉTÉOROLOGIQUES.....	10
<b>2.</b>	<b>MOYENS DE MESURE MIS EN OEUVRE .....</b>	<b>11</b>
2.1.	LES STATIONS DE MESURES PERMANENTES.....	11
2.1.1.	LA STATION DE PROXIMITÉ INDUSTRIELLE DE PEILLON.....	11
2.1.2.	LA STATION DE PROXIMITÉ INDUSTRIELLE DE CONTES .....	11
2.2.	LES SITES DE MESURES TEMPORAIRES.....	12
2.2.1.	LE SITE DE LA SALLE POLYVALENTE À PEILLON.....	12
2.2.2.	LE SITE DU QUARTIER DU PILON DE CONTES.....	12
2.2.3.	LE SITE TRAFIC DE BORGHÉAS.....	12
2.2.4.	LE SITE RURAL DE L'ESCARÈNE .....	12
2.3.	CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES PARTICULES PM10 PAR PRÉLEVEURS HAUT DÉBIT .....	13
2.4.	LES ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS EN DIOXYDE D'AZOTE NO <sub>2</sub> .....	13
2.5.	MESURES DES PARTICULES PAR PDR .....	14
2.6.	MESURES PAR LE LIDAR.....	14
2.7.	PLANNING DE LA CAMPAGNE DE MESURES .....	14
<b>3.</b>	<b>MÉTÉOROLOGIE DES VALLÉES DU MOYEN PAYS NIÇOIS .....</b>	<b>17</b>
<b>4.</b>	<b>ÉTUDE DE LA VALLÉE DE CONTES .....</b>	<b>21</b>
4.1.	ETUDE DES CARACTÉRISTIQUES DE LA VALLÉE DE CONTES .....	22
4.2.	MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ).....	24
4.2.1.	RÉSULTATS SUR LES PÉRIODES DES MESURES .....	24
4.2.2.	RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DES ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS EN NO <sub>2</sub> .....	27
4.3.	PARTICULES EN SUSPENSION .....	28
4.3.1.	RÉSULTATS SUR LES PÉRIODES DE MESURE .....	28
4.3.2.	ÉTUDE DES PROFILS MOYENS HORAIRES EN NO <sub>2</sub> ET PARTICULES PM10 .....	31
4.3.3.	ÉTUDE DES CONCENTRATIONS EN PM10 SUR DES JOURNÉES ATYPIQUES DANS LA VALLÉE DE CONTES : .....	33
4.3.4.	ÉTUDE DES MESURES PDR.....	35
4.3.5.	ÉTUDE DES MESURES LIDAR .....	36
4.3.6.	ANALYSE RÉGLEMENTAIRE DES COMPOSÉS CONSTITUTIFS DES PARTICULES .....	37
4.4.	CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES PARTICULES À CONTES.....	40
4.4.1.	PÉRIODE HIVERNALE .....	42
4.4.2.	PÉRIODE ESTIVALE.....	46
4.5.	CONTRIBUTION DES SOURCES PRIMAIRES AUX PARTICULES PM10 DANS LA VALLÉE DE CONTES .....	50
4.5.1.	MÉTHODOLOGIES EMPLOYÉES.....	50
4.5.2.	RÉSULTATS DES ANALYSES DE CONTRIBUTION À CONTES .....	52
4.5.3.	SYNTHÈSE DES CONTRIBUTIONS À CONTES.....	54

<b>5.</b>	<b>RÉSULTATS SUR LA VALLÉE DE PEILLON .....</b>	<b>55</b>
5.1.	ETUDE DES CARACTÉRISTIQUES DE LA VALLÉE DE PEILLON .....	56
5.2.	MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ).....	58
5.2.1.	RÉSULTATS SUR LES PÉRIODES DES MESURES .....	58
5.2.2.	RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DES ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS EN NO <sub>2</sub> .....	60
5.3.	PARTICULES EN SUSPENSION .....	62
5.3.1.	RÉSULTATS SUR LES PÉRIODES DE MESURE .....	62
5.3.2.	ÉTUDE DES PROFILS ET CONCENTRATION EN PARTICULES FINES PM <sub>2,5</sub> À PEILLON .....	65
5.3.3.	ÉTUDE DES PROFILS MOYENS HORAIRES EN NO <sub>2</sub> ET PARTICULES PM <sub>10</sub> .....	66
5.3.4.	ÉTUDE DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES SUR DIFFÉRENTES JOURNÉES ATYPIQUE DANS LA VALLÉE DE PEILLON : .....	68
5.3.5.	ÉTUDE DES MESURES PDR.....	69
5.3.6.	ÉTUDE DES MESURES LIDAR .....	70
5.3.7.	ANALYSE RÉGLEMENTAIRE DES COMPOSES CONSTITUTIF DES PARTICULES .....	71
5.4.	CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES PARTICULES EN HIVER À PEILLON .....	74
5.4.1.	PÉRIODE HIVERNALE .....	76
5.4.2.	PÉRIODE ESTIVALE.....	81
5.5.	CONTRIBUTION DES SOURCES PRIMAIRES AUX PARTICULES PM <sub>10</sub> DANS LA VALLÉE DE PEILLON .....	85
5.5.1.	MÉTHODOLOGIES EMPLOYÉES.....	85
5.5.2.	RÉSULTATS DES ANALYSES DE CONTRIBUTION.....	87
5.5.3.	SYNTHÈSE DES CONTRIBUTIONS À PEILLON.....	88
<b>6.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>89</b>
6.1.1.	SURVEILLANCE RÉGLEMENTAIRE ET SPÉCIFICITÉS DES VALLÉES DES PAILLONS.....	89
6.1.2.	CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES PARTICULES ET CONTRIBUTION DES SOURCES.....	91
6.1.3.	SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE .....	94
<b>7.</b>	<b>LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES .....</b>	<b>95</b>
<b>8.</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>98</b>
<b>9.</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>100</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCES .....</b>	<b>137</b>

# 1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

La vallée du Paillon est située dans le proche arrière pays de Nice (au Nord). Cette vallée se sépare en deux branches à la hauteur de Cantaron et se caractérise par une aérologie assez spécifique (régime de brises de vallée et forte inversion thermique) ainsi que par une activité économique importante (cimentiers, carrières, incinérateur d'ordures ménagères, trafic routier conséquent avec 4 à 13% de poids lourds...). Ces deux conditions réunies en font une zone particulièrement sensible à la pollution atmosphérique et, de surcroît, propice à l'accumulation de polluants atmosphériques par sa topographie.

## 1.1. OBJECTIFS

Depuis quelques années, de nombreux dépassements de la valeur limite journalière en particules PM10 (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10  $\mu\text{m}$ ) sont observés sur les deux stations fixes implantées à Peillon et Contes (Figure 1). Entre 2004 et 2008, la valeur limite journalière de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a été dépassée plus de 35 jours par an. De même, les moyennes annuelles en particules frôlent ou dépassent la valeur limite (Figure 2).

Conformément à la directive 1999/30/CE du 22 avril 1999<sup>1</sup>, et afin d'assurer l'équivalence entre la mesure des particules par TEOM<sup>2</sup> et la méthode définie par la norme EN12341<sup>3</sup>, la part volatile dans la mesure des particules a été prise en compte à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2007. L'application de cette décision tend, par ajout d'un coefficient de référence, à augmenter les valeurs par rapport aux années antérieures.

### Modification de la technique de la mesure en 2007

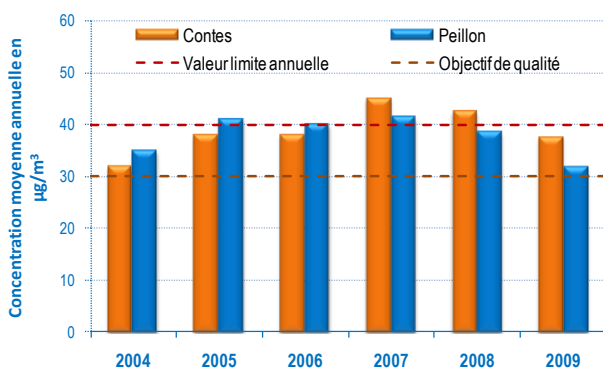


Figure 1 : Moyenne annuelle (VL= 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

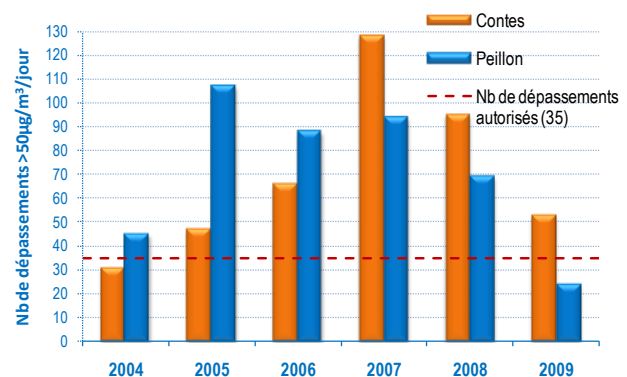


Figure 2 : Nombre de dépassements de la VL journalière de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Suite au constat de non respect de la réglementation, l'Etat a sollicité Atmo PACA afin de comprendre l'origine des dépassements de valeur limite et d'améliorer la connaissance sur les particules dans la vallée. L'objectif est d'apporter des éléments d'aide à la décision pour mettre en place des plans de réduction des rejets. L'étude s'est déroulée de la mi-novembre 2008 à la fin octobre 2009 et vise à :

- améliorer les connaissances sur la pollution particulaire dans les vallées du Paillon et mieux comprendre les processus qui en sont à l'origine,
- évaluer, pour les PM10, les contributions respectives des différents émetteurs : niveau de fond terrigène, part de l'activité industrielle, part des transports, brûlage de déchets verts, chauffage...
- estimer l'étendue des zones dépassant la valeur limite en PM10 dans la vallée.

<sup>1</sup> Directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant.

<sup>2</sup> TEOM - Tapered Element Oscillating Microbalance - : Analyseur continu mesurant la masse en particules en suspension dans l'air ambiant.

<sup>3</sup> Norme EN12341 «Qualité de l'air – Procédure d'essai en grandeur réelle visant à démontrer que les méthodes d'échantillonnage de la fraction PM10 des particules ont valeur de méthode de référence».

Ce rapport final synthétise l'ensemble des données collectées pendant les campagnes de mesure et en analyse les résultats, afin de répondre aux différents objectifs. Il se compose en 7 parties :

- Présentation générale de l'étude,
- Moyens de mesure mis en œuvre,
- Explication de la météorologie des vallées,
- Etude de la vallée de Contes,
- Etude de la vallée de Peillon,
- Conclusion.

Le choix de traiter les vallées séparément s'est imposé en raison de la complexité et du nombre de mesure réalisée sur les différents sites. Il ne s'agit pas de comparer les deux vallées entre elles, car la plupart des mesures sont sur des périodes différentes, mais bien de répondre aux objectifs de l'étude sur les concentrations en particules.

## 1.2. CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 1.2.1. ENVIRONNEMENT GENERAL DES VALLEES DES PAILLONS

Les stations de mesure de Contes et Peillon, où sont observés les dépassements de valeur limite journalière pour les particules en suspension PM10, sont tous les deux situés dans la vallée du Paillon au Nord Est de Nice.

La vallée du Paillon est constituée, en amont, de deux petites vallées, chacune équipée d'une station de surveillance de la qualité de l'air (Contes et Peillon). Elles abritent chacune un cours d'eau ayant un nom identique :

- le Paillon de Contes prend sa source dans le massif de Roccasierra et traverse les communes de Coaraze, Bendéjun et **Contes**,
- le Paillon de l'Escarène prend sa source au col de l'Abbe et traverse les communes de Lucéram, L'Escarène, Blausasc et **Peillon**.

Les deux cours d'eau se rejoignent au niveau du pont de Peille.

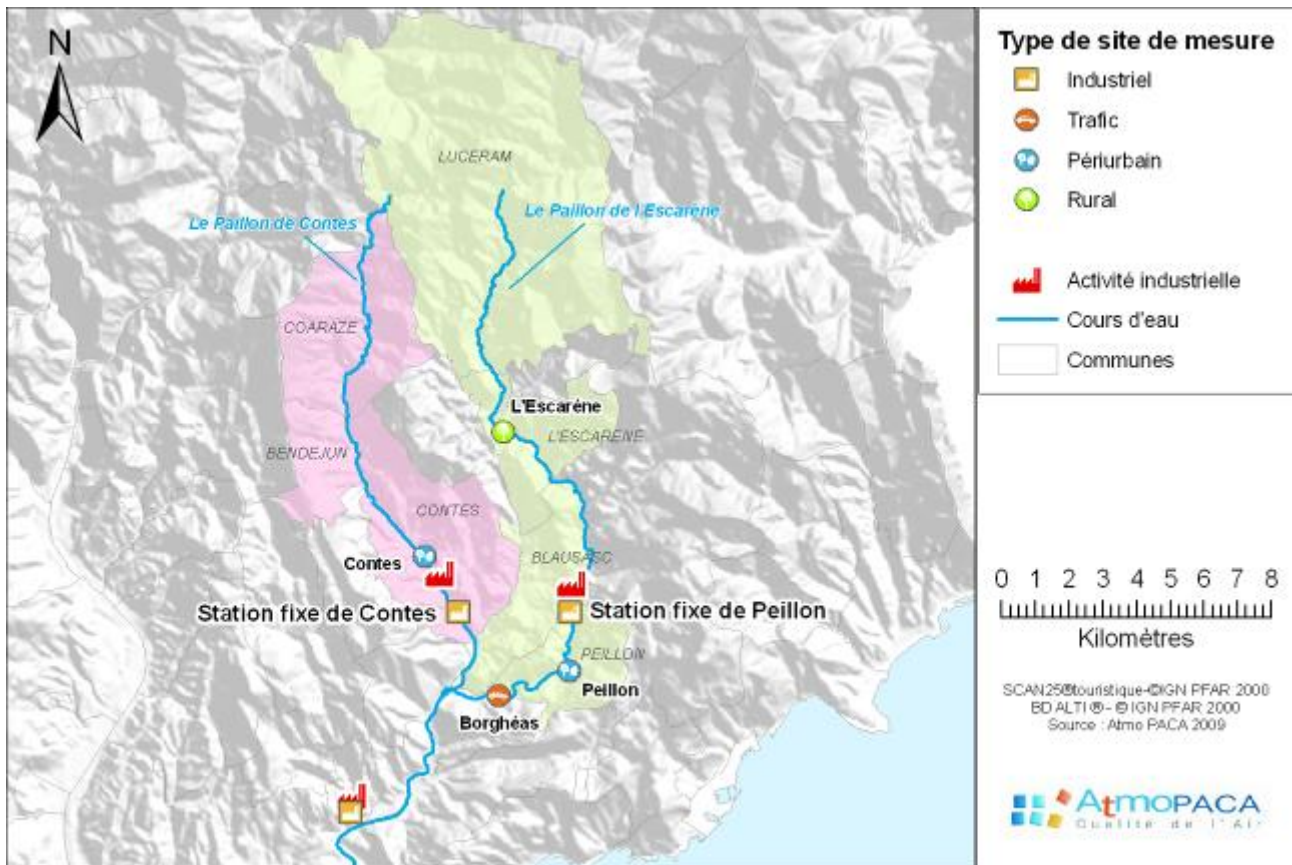


Figure 3 : Situation géographique des vallées et des communes

### 1.2.2. ACTIVITES PRESENTES SUR LA ZONE

Chaque site de surveillance mesure des concentrations en polluants représentatives des activités industrielles présentes, des voies de transports *in situ* ou à l'aval proche et, plus globalement, de l'activité humaine de ces vallées (chauffage, brûlage de déchets verts...).

La fabrication de ciment est l'activité industrielle majeure de ce territoire avec :

- la cimenterie de Lafarge, située à Contes ;
- la cimenterie Vicat, site de la Grave de Peille, située sur la commune de Blausasc ;
- deux carrières exploitées par Vicat, situées sur les communes de Peille (Saint Augusta), de Blausasc et de Peillon ;
- deux carrières exploitées par Lafarge, située sur les communes de Contes et de Drap.

En se rapprochant du littoral, on note également la présence d'installations classées soumises à autorisation préfectorale pouvant générer des émissions de particules PM10 ;

- la Société des enrobés de la Côte d'Azur située à la Trinité ;
- la Société niçoise des produits asphaltiques sur la commune de Saint André de la Roche ;
- l'usine d'incinération d'ordures ménagères de Nice (SONITHERM) ;
- la carrière de la SEC à Saint André de la Roche – Tourette Levens (vallée de la Banquière).

Les alternances quotidiennes de brise de terre et de brise de mer favorisent le déplacement des masses d'air entre la zone urbanisée de Nice et la vallée du Paillon. Le relief naturel de cette zone contribue au caractère très encaissé de ces deux vallées.

### 1.2.3. LOCALISATION DES SITES DE MESURE

La Figure 4 présente l'ensemble des sites de mesure étudiés, leur typologie et leur position géographique dans les deux vallées.

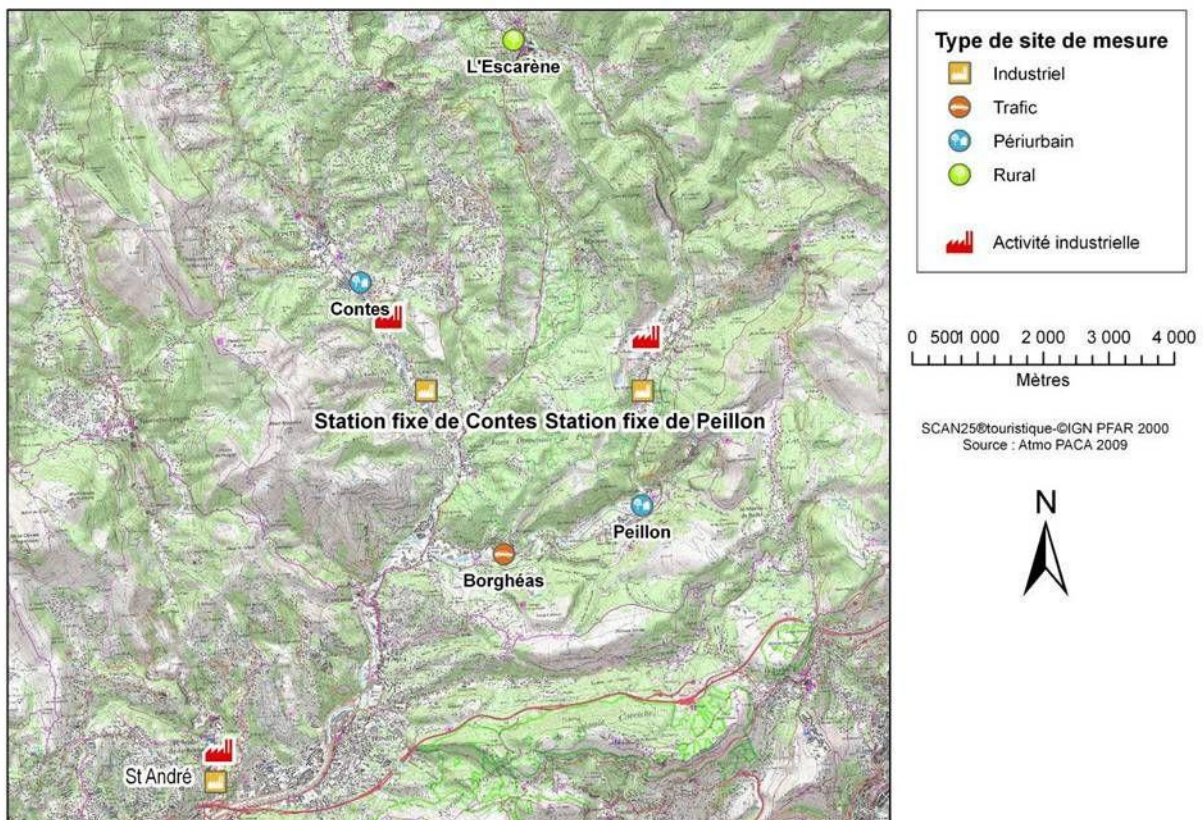


Figure 4: Périmètre d'étude avec l'emplacement des sites de mesure

## 1.3. PARAMETRES MESURES

### 1.3.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

NO/NO <sub>2</sub>	(monoxyde et dioxyde d'azote)	traceur de la pollution industrielle et automobile
CO	(monoxyde de carbone)	traceur de la pollution automobile
O <sub>3</sub>	(ozone)	traceur de la pollution photochimique
SO <sub>2</sub>	(dioxyde de soufre)	traceur de la pollution industrielle et des chauffages domestiques
PM10/PM2.5	(particules en suspension)	traceur de la pollution automobile, industrielle, chauffages, ... selon les contextes

En complément des analyses automatiques, des prélèvements sur filtres ont été réalisés afin d'analyser la composition des particules notamment concernant le carbone (OC/EC –organique/élémentaire), la matière inorganique sous forme ionique, les métaux lourds, le lévoglucosan, les HAP ainsi que des alcanes, hopanes et stéranes. Ces différents composés sont des traceurs des activités humaines (trafic routier, brûlage de coke, de fuel lourd ou de biomasse, ...).

### 1.3.2. LE DIOXYDE D'AZOTE

#### *ORIGINE ET DYNAMIQUE*

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un polluant dont l'origine principale est le trafic routier, issu de l'oxydation de l'azote atmosphérique et du carburant lors des combustions à très hautes températures. Il résulte également de l'oxydation (en quelques minutes) du monoxyde d'azote (NO), émis à la sortie du pot d'échappement. La rapidité de cette réaction fait que le NO<sub>2</sub> est considéré comme un polluant primaire. On le retrouve en quantité relativement plus importante à proximité des axes de forte circulation et dans les centres-villes.

Il est particulièrement présent en situation de forte stabilité atmosphérique : situations anticycloniques et inversions thermiques en hiver qui sont des conditions peu dispersives. Les NO<sub>x</sub> sont des précurseurs de la pollution photochimique et de dépôts acides, par la formation d'acide nitrique.

#### *EFFETS SANITAIRES*

Ses principaux effets sur la santé occasionnent une altération de la fonction respiratoire chez l'enfant en particulier, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.

### 1.3.3. PARTICULES EN SUSPENSION

#### *ORIGINE ET DYNAMIQUE*

Les particules sont des polluants atmosphériques consistant en un mélange complexe de substances organiques et minérales en suspension dans l'air, sous forme solide et/ou liquide. Ces particules sont de taille, de composition et d'origine diverses. Leurs propriétés se définissent en fonction de leur diamètre aérodynamique appelé taille particulaire.

- La fraction thoracique des particules appelée PM10 (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns).
- La fraction alvéolaire, les particules les plus fines appelées PM2,5 (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 microns).

La taille des particules détermine leur temps de suspension dans l'atmosphère. Si, sous l'effet de la sédimentation et des précipitations, les PM10 finissent par disparaître de l'air ambiant dans les quelques heures qui suivent leur émission, les PM2,5, plus petites, peuvent rester en suspension plus longtemps et de ce fait peuvent parcourir de plus longues distances.

Les particules peuvent être primaires ou secondaires en fonction de leur mécanisme de formation.



**L'émission directe des particules primaires** dans l'atmosphère est le résultat de procédés anthropiques ou naturels. Les principales sources anthropiques sont la combustion de gazole (diesel des véhicules automobiles ; l'utilisation de combustibles domestiques solides (charbon, lignite et biomasse) ; les activités industrielles (construction, secteur minier, cimenteries, fabrication de céramique et de briques, fonderie) ; l'érosion des chaussées sous l'effet de la circulation routière et l'abrasion des pneus et des freins ; et les activités minières et les travaux d'excavation.

**Les particules secondaires** sont formées dans l'atmosphère, généralement sous l'effet de la réaction chimique des polluants gazeux, qui forment des particules en présence de catalyseur tel que le rayonnement solaire, l'eau et certains composés chimiques. Ainsi, le dioxyde d'azote, émis par la circulation automobile et certains procédés industriels, pourra former des particules de nitrate, et le dioxyde de soufre formera des sulfates.

### COMPOSITION CHIMIQUE

L'étude de la phase particulaire est très difficile compte tenu de son hétérogénéité, elle-même liée à la diversité des sources, à la composition chimique des effluents, à l'état physique et granulométrique des particules et à la dynamique d'évolution (conversion gaz - particule). Cette étude a donc nécessité l'analyse d'un grand nombre de paramètres :

La liste des composés chimiques analysés a été déterminée en collaboration avec les partenaires scientifiques des universités de Marseille (Laboratoire Chimie de Provence – LCP) et de Grenoble (Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement – LGGE). Les composés chimiques majoritaires des particules fines (PM) facilement mesurables se composent généralement de matière carbonée et inorganique ainsi que de poussières minérales.

#### Fraction organique

La fraction organique est définie par l'ensemble des composés constitués de carbone. Elle est aussi appelée « fraction carbonée ».

**Le carbone élémentaire (EC, Elemental Carbon)** est un composé purement primaire, apparenté à du graphite pur. Il est uniquement émis lors des processus de combustion (combustion de fuel fossile et combustion de biomasse).

**Le carbone organique (OC, Organic Carbon)** peut être défini comme la masse de carbone contenue dans la fraction de l'aérosol regroupant tous les composés organiques fonctionnalisés, c'est-à-dire la matière organique (OM). Les composés organiques sont très nombreux et il est à l'heure actuelle impossible de mesurer directement la masse totale de matière organique et de doser chacun de ces constituants. La masse de matière organique totale est déduite de la mesure du Carbone Organique par l'application d'un facteur de 1.67 (FORMES<sup>4</sup> [10]) selon l'équation :  $OM = 1,67 \times OC$ .

**La fraction soluble du carbone organique (WSOC, Water Soluble Organic Carbon)** est issue de l'ensemble des composés de la phase soluble de la matière carbonée organique. Les contributions de WSOC varient entre un cinquième et deux tiers de OC (Saxena et Hidemann – 1996 [10]). Un grand nombre des molécules composant WSOC sont suspectées d'être d'origine secondaire<sup>5</sup>. A proximité des sources de combustion, la fraction soluble de OC représente généralement 10 % alors que pour un aérosol « âgé », elle peut représenter plus de 70 %.

**Le lévoglucosan** est une molécule issue de la dégradation de la cellulose lors de processus de combustion de biomasse. Il n'existe pas d'autre source connue et il est relativement stable, ce qui en fait un bon traceur de la combustion de biomasse. De plus, **le rapport entre la masse de carbone organique** et de lévoglucosan dans les émissions dues à la combustion de biomasse est constant. Cela permet, en connaissant la quantité de carbone organique, d'en déduire la part issue de la combustion de biomasse.

**Les hopanes et stéranes** sont des traceurs des émissions véhiculaires. Ces composés ne sont pas présents dans les carburants, ils sont rejetés dans l'atmosphère lors des rejets imbrûlés des huiles lubrifiantes.

<sup>4</sup> FORMES : Fraction organique de l'aérosol urbain : Méthodologie d'estimations des sources.

<sup>5</sup> La formation des particules secondaires est le résultat de la conversion de gaz atmosphériques en particules, ou de la modification en présence de ces gaz des particules « primaires », qui elles sont émises directement à la source.

## Fraction inorganique

La fraction inorganique est constituée par l'ensemble des éléments qui ne sont pas constitués de carbone. Elle est composée essentiellement de sulfates, de nitrates et d'ammonium, tous trois résultant de la condensation des acides sulfurique et nitrique, d'une part, et de l'ammoniac d'autre part. Elle se constitue également d'autres espèces, généralement présentes en concentrations plus faibles, comme les métaux lourds, certains sels et une part crustale.

**Les anions** : le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) sous forme de nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formé à partir d'ammoniac  $\text{NH}_3$  et d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$ , le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sous forme de sulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  formé à partir du dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  ainsi que le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) et l'oxalate ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ).

**Les cations** : l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Ces ions, majoritairement présents dans les particules atmosphériques, sont également de bons indicateurs du type de sources de pollution. Ainsi, un aérosol riche en sulfates est lié aux émissions industrielles générées par l'utilisation de dérivés du pétrole non raffiné. Un aérosol riche en nitrate est favorisé par les émissions des véhicules à moteurs. L'aérosol marin est quand à lui essentiellement constitué de sodium (Na), de chlore (Cl) et de potassium (K).

**Les métaux lourds** : Arsenic (As), le cadmium (Cd), le nickel (Ni), plomb (Pb), ces métaux lourds seront étudiés pour leurs aspects réglementaires. D'autres métaux tels que le silicium (Si) et l'aluminium (Al) sont étudiés pour connaître la fraction crustale de l'aérosol et le vanadium (V) est un traceur des combustions de fuel lourd.

**Les espèces crustales** : particules minérales provenant de la croûte terrestre, érosion des sols, carrières, particules désertiques pouvant voyager sur de longue distance. Il s'agit principalement de grosses particules dont les composés principaux sont le silicium, le calcium, le magnésium, l'aluminium et le fer.

## EFFETS SANITAIRES

Les particules altèrent la fonction respiratoire, en particulier chez l'enfant, par une irritation des voies respiratoires inférieures, des effets mutagènes et cancérigènes (dus notamment aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) adsorbés à la surface des particules) et une mortalité prématurée. La pénétration des particules dans le système respiratoire dépend de leur taille ; plus elles sont fines, plus elles sont susceptibles de pénétrer profondément dans le système respiratoire, jusqu'au niveau des alvéoles pulmonaires pour les  $\text{PM}_{2,5}$ .

Les études les plus récentes, effectuées dans le cadre du programme CAFE (Clean Air for Europe) permettent de chiffrer les impacts des  $\text{PM}_{2,5}$  sur les populations des pays de l'Union européenne : en Europe (UE-25), les études estiment à environ 350.000 le nombre de décès prématurés (dont 680 enfants) attribuables à la pollution par les particules fines. Les  $\text{PM}_{2,5}$  présentes dans l'atmosphère raccourcissent actuellement l'espérance de vie statistique dans l'UE de plus de 8 mois.

### 1.3.4. PARAMETRES METEOROLOGIQUES

Les paramètres météorologiques mesurés à la station Atmo PACA de Peillon sont la température, l'humidité relative et la vitesse du vent.

La pluviométrie utilisée est mesurée à la station Météo France de Nice Aéroport.

La zone d'étude est caractérisée par une topographie et par des phénomènes météorologiques complexes : alternance de brises, phénomènes thermiques locaux et canalisation des vents dans les vallées qui conditionnent fortement la dispersion des substances émises sur la zone.

## 2. MOYENS DE MESURE MIS EN OEUVRE

Dans le cadre de cette étude, un grand nombre de moyens de mesure a été mobilisé afin de répondre aux objectifs de caractérisation de la phase particulaire mesurée dans la vallée du Paillon et aux zones de dépassements :

- Les 2 stations permanentes d'Atmo PACA sont équipées d'analyseurs automatiques. Elles assurent la surveillance de la qualité de l'air dans ces vallées depuis plusieurs années.
- Un laboratoire mobile a été déplacé sur 4 emplacements afin de collecter de nouvelles données.
- Deux préleveurs haut débit « DA80 » ont été disposés sur 4 des sites de mesures choisis afin de déterminer la caractérisation chimique des particules mesurées.
- Des échantillonneurs passifs ont été utilisés pour réaliser des mesures moyennes en NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote) sur deux transects (coupes transversales) aux niveaux des stations permanentes.
- Des pDR, des néphélomètres portatifs, ont permis d'évaluer en temps réel la concentration massique des poussières en suspension dans l'air, sur un transect de point de chacune des vallées.
- Des meures LiDAR<sup>6</sup> ont été réalisées dans le cadre d'un projet d'évaluation de l'apport de cette technologie pour la cartographie de la pollution particulaire en temps réel, réalisé par Léosphère pour l'ADEME et en partenariat avec Atmo PACA sur les vallées des Paillons.

### 2.1. LES STATIONS DE MESURES PERMANENTES

Les deux stations fixes situées à Peillon et Contes (cf. figures 4 et 5) sont équipées d'analyseurs permanents et mesurent, sur un pas de temps quart horaire, plusieurs polluants.

#### 2.1.1. LA STATION DE PROXIMITE INDUSTRIELLE DE PEILLON



Elle se trouve sous influence d'une source industrielle (carrière et usine de traitement de Vicat). Cette station permanente mesure les polluants réglementaires suivants : SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>.

Un préleveur haut débit DA-80 a été ajouté lors des campagnes temporaires pour permettre la caractérisation des particules PM<sub>10</sub>.

*Figure 5 : Station permanente de Peillon*

#### 2.1.2. LA STATION DE PROXIMITE INDUSTRIELLE DE CONTES



Elle se trouve sous influence d'une source industrielle (carrière et usine de traitement de Lafarge). La station permanente mesure les polluants réglementaires suivants : SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub>.

Un préleveur haut débit DA-80 a été ajouté lors des campagnes temporaires pour permettre la caractérisation des particules PM<sub>10</sub>.

*Figure 6 : Station permanente de Contes*

<sup>6</sup> Lidar : Light Detection And Ranging. L'EZ Lidar est dédié à la détection des nuages et des aérosols dans la troposphère.

## 2.2. LES SITES DE MESURES TEMPORAIRES

### 2.2.1. LE SITE DE LA SALLE POLYVALENTE A PEILLON



Le laboratoire mobile a été positionné à proximité de la salle polyvalente. Ce site est à proximité (20 à 30 mètres) de la RD 21 entre Peillon et Drap. Il est situé en aval du site industriel et permet d'obtenir des informations de dépassements complémentaires à celles collectées sur les autres zones.

Comme une station fixe, ce laboratoire mobile permet la mesure, avec un pas de temps quart horaire, de plusieurs polluants. Il est équipé d'analyseurs automatiques mesurant le NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10.

Figure 7 : Station temporaire Peillon

### 2.2.2. LE SITE DU QUARTIER DU PILON DE CONTES



Le laboratoire mobile a été positionné à Contes dans le quartier du Pilon, en bordure de la RD 15. Cette station est en amont du site industriel de la société Lafarge. Ce site est à proximité d'un petit axe routier (le chemin du Pilon) à moins de 100 mètres de la RD 15.

Le laboratoire mobile permet la mesure en continu, avec un pas de temps quart horaire, de plusieurs polluants. Il est équipé d'analyseurs automatiques mesurant le NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10.

Figure 8 : Le laboratoire mobile dans le quartier du Pilon à Contes

### 2.2.3. LE SITE TRAFIC DE BORGHEAS



Ce site, de typologie « trafic », est à proximité de la RD 21 entre Drap et Peillon. Il permet d'évaluer les teneurs en PM10 et la composition chimique des particules en situation « trafic ».

Il a été équipé d'un préleveur de poussières haut débit (DA 80) pour permettre la caractérisation chimique des particules PM10. Puis, dans le cadre de la période de mesure estivale, le laboratoire mobile a été installé en complément sur le site.

Figure 9 : Site trafic de Borghéas

### 2.2.4. LE SITE RURAL DE L'ESCARÈNE

Ce site de typologie « rural » est localisé dans la cours de l'école de l'Escarène. Il s'agit d'une zone à faible densité de population, éloignée de toute activité importante. Ce site permet de mesurer les concentrations de fond et de définir la caractérisation chimique des particules en situation rurale.

Le site a été équipé d'un préleveur de poussières haut débit (DA-80) pour permettre la caractérisation chimique des particules PM10. Puis, dans le cadre de la période de mesure estivale le laboratoire mobile a été installé en complément sur ce site.

Figure 10 : Site rural de l'Escarène



## 2.3. CARACTERISATION CHIMIQUE DES PARTICULES PM10 PAR PRELEVEURS HAUT DEBIT



Le préleveur haut débit ou HVS (High Volume Aerosol Sampler, DIGITEL, DA-80) est un appareil de prélèvement des particules permettant de collecter sur filtre une quantité de matière suffisante à la caractérisation chimique des particules PM10.

Les prélèvements sont réalisés sur un pas de temps de 12h, avec changement de filtres à 7h et 19h (heure locale) sur deux périodes de 15 jours par site en hiver et en été. Les filtres sont stockés dans le DA-80 un minimum de temps avant et après le prélèvement. Puis une sélection des filtres à analyser est effectuée par Atmo PACA, basée sur les évolutions horaires des concentrations mesurées en PM10 par les analyseurs des stations fixes et temporaires.

La liste des composés chimiques analysés a été déterminée en collaboration avec les partenaires scientifiques des universités de Marseille (Laboratoire Chimie de Provence - LCP) et de Grenoble (LGGE). Ils sont présentés dans le paragraphe 1.3.3. et l'ensemble des résultats sont en Annexe 5.

## 2.4. LES ECHANTILLONNEURS PASSIFS EN DIOXYDE D'AZOTE NO<sub>2</sub>



Afin de disposer d'un échantillonnage plus important sur le domaine d'étude, une campagne de mesure par échantillonneurs passifs en dioxyde d'azote a été réalisée. Ces mesures permettent d'évaluer les nuances en termes de qualité de l'air entre différents environnements (route, résidentiel,...) et fournissent une bonne estimation de la dispersion du dioxyde d'azote à partir des sources d'émission, en l'occurrence les principaux axes routiers.

Figure 11 : Tubes passifs NO<sub>2</sub>

La campagne de mesure par échantillonneurs passifs comprend 10 sites équipés de capteurs NO<sub>2</sub>. La répartition des points de mesures a été définie de façon à couvrir les deux axes routiers RD 21 et RD 15 desservant respectivement les usines de Vicat et de Lafarge. Les transects ont été réalisés au niveau des stations permanentes. Pour les échantillonneurs passifs, la campagne de mesures hivernale a été réalisée durant les mois de novembre et décembre 2008 (avec deux périodes de mesures de deux semaines chacune, entre le 10/10/08 et le 09/12/08).



Figure 12 : Plan d'échantillonnage des tubes passifs en dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

## 2.5. MESURES DES PARTICULES PAR PDR

Afin de compléter les mesures en particules déjà réalisées par les stations et le camion laboratoire mobile d'Atmo PACA, une technique de mesure complémentaire en PM10 a été testée sur le domaine d'étude, à l'aide de 4 analyseurs de poussières thermo pDR-1500<sup>7</sup>.

Ces néphélomètres portatifs permettent l'évaluation en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Ce dispositif complémentaire a été testé en air extérieur et a permis de mesurer sur quelques points complémentaires de la vallée les concentrations en PM10. Des difficultés météorologiques ont été rencontrées, toutefois ils ont permis d'ajouter un complément d'information aux mesures de particules en suspension.



Un transect a été réalisé dans chacune des vallées autour de l'axe principal de circulation routière des vallées. La campagne dans la vallée de Peillon a eu lieu du 28 septembre au 7 octobre, et pour la vallée de Contes entre le 22 octobre et le 3 novembre 2009.

## 2.6. MESURES PAR LE LIDAR



Le Lidar est utilisé pour étudier les particules et les nuages dans l'atmosphère. Il s'agit d'une technique optique active de mesure à distance. Un faisceau laser est envoyé dans l'atmosphère où il interagit par diffusion et absorption avec les particules présentes dans le milieu. Une partie de la lumière est rétrodiffusée vers le télescope, ce qui constitue le signal Lidar. A partir de cette composante rétrodiffusée, on peut alors en déduire des informations quant à la présence de particules et le positionnement des principales sources et panaches. Cette technique ne permet qu'une représentation qualitative spatiale des particules. A leur actuel, cet outil ne permet pas encore d'y associer une concentration.

Les tirs LIDAR ont été réalisés sur les deux communes de Peillon et de Contes avec deux configurations distinctes :

- Un balayage large pour cartographier le domaine le plus vaste possible dans la vallée. L'objectif est d'identifier et hiérarchiser les différentes sources de particules du domaine et les zones d'influence (cimenteries, carrières, routes...). Ce travail contribue aussi à mieux préciser la représentativité des stations actuelles de mesures.
- Des tirs verticaux ont également été réalisés pour évaluer la hauteur de la couche limite pendant la campagne, donnée importante pour la dispersion des polluants.

## 2.7. PLANNING DE LA CAMPAGNE DE MESURES

Les périodes de mesure sont comprises entre le 10 novembre 2008 et le 1<sup>er</sup> décembre 2009. Les différents moyens mobiles, dont disposent Atmo PACA sur la région, 2 laboratoires mobiles et 2 préleveurs hauts débits DA80 (cf. 2.3), ont été mobilisés dans le cadre de cette étude. Les DA80 sont utilisés en priorité pour la surveillance réglementaire des grandes agglomérations, leur disponibilité était réduite. En raison de cette limite matérielle, les sites temporaires (cf. 2.2) ont été échantillonnés sur des périodes différentes :

<sup>7</sup> pDR : personal DataRam



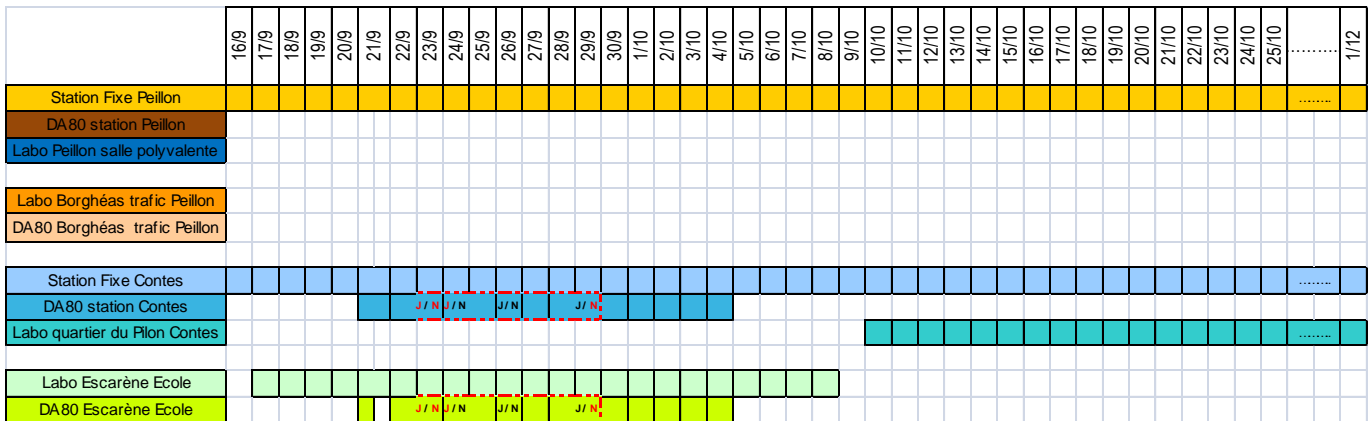
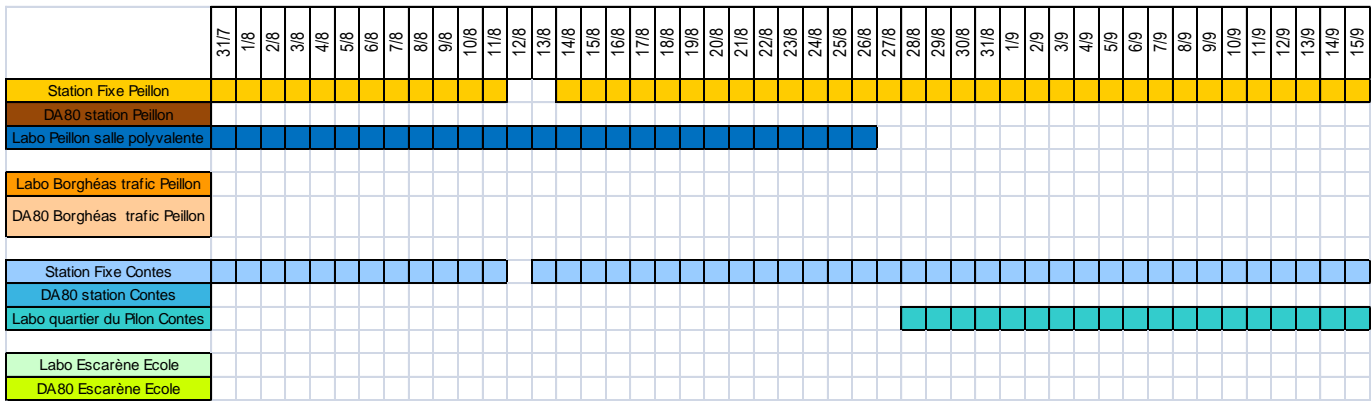


Figure 13 : Planning de la campagne de mesure

Note : Les DA-80 ont prélevé en continu sur des périodes de deux fois 15 jours. Les filtres choisis pour l'analyse par Atmo PACA et le LGGE sont notés J pour le filtre de la période jour (7h à 19h – heure locale –) et N pour le filtre de la période nuit (19h à 7h – heure locale –). Les filtres notés en rouge ont également été utilisés pour une spéciation en carbone organique et en métaux.

Les concentrations en particules et la composition chimique des particules dans l'air ambiant peuvent varier de façon significative entre les saisons et en fonction des conditions météorologiques. Par conséquent, un grand nombre de filtres (451) ont été prélevés sur plusieurs périodes de l'année.

Tableau 1 : Synthèse des filtres prélevés et analysés par site

Parmi tous les filtres prélevés sur le terrain, 151 filtres ont été sélectionnés par Atmo PACA pour la première série d'analyse chimique (EC, OC, WSOC, lévoglucosan, concentrations des principaux ions). Le choix des filtres est réalisé à partir des évolutions horaires mesurées en PM10 par les analyseurs des stations fixes et temporaires.

	Filtres prélevés	Analyses chimiques	
		Premières analyses	Analyses complètes
Peillon	123	38	11
Contes	116	41	12
Escarène	103	28	6
Borghéas	109	44	9
total	451	151	38

Suite à ces premières analyses chimiques, les laboratoires LGGE et LCP, en partenariat avec Atmo PACA ont sélectionné 38 de ces filtres ou combinaison de filtres pour une analyse complète (notés en rouge sur la Figure 13). Les analyses combinées de filtres sont réalisées afin de définir les conditions moyennes (il s'agit des filtres notés et encadrés en rouge).

Ces analyses complètes comprennent l'étude de 74 composés traces, dont 13 à 23 métaux selon les filtres, 16 HAP, 10 hopanes, 19 alcanes et 6 autres composés traceurs (mannosan, lévoglucosan, galactosan, ...). Une analyse statistique a été mise en place par le LCP, permettant d'associer les parts respectives des différentes sources d'émissions sur les concentrations en particules (PM10).



### 3. MÉTÉOROLOGIE DES VALLÉES DU MOYEN PAYS NIÇOIS

Afin d'aider à l'interprétation de nos mesures de caractérisation chimique des particules, il est nécessaire de bien connaître et comprendre les conditions météorologiques des vallées dans le moyen-pays niçois.

La dynamique atmosphérique au sein des vallées montagneuses est influencée par les processus à **l'échelle synoptique**<sup>8</sup>, tels que les dépressions et les dynamiques régionales de vent, et par les processus thermiques. Les Alpes-Maritimes sont moins impactées par des forçages synoptiques forts comme peut l'être l'ouest du bassin méditerranéen avec le Mistral ou la Tramontane. Ainsi, le moyen pays niçois est régulièrement impacté par plusieurs phénomènes thermiques complexes internes aux systèmes de vallées :

- Phénomène d'alternance de brises de vallée et canalisation des vents par le relief,
- Phénomène d'inversion thermique.

#### ALTERNANCE DES BRISES DE VALLEE

La genèse des brises thermiques provient d'un gradient de pression induit par un réchauffement différentiel en surface. Il en résulte un flux compensatoire entre terre et mer (brise de mer, brise de terre) et entre fond de vallée et versants. Ainsi en journée, cette aspiration d'air le long des versants provoque aussi un déplacement d'air de l'aval vers l'amont dans les vallées (brise diurne de vallée).

La nuit, l'écoulement d'air froid sur les versants entraîne un mouvement général de l'amont vers l'aval dans les vallées (brise nocturne descendante). Dans un espace littoral montagneux, les brises thermiques présentées à la Figure 14 se combinent.

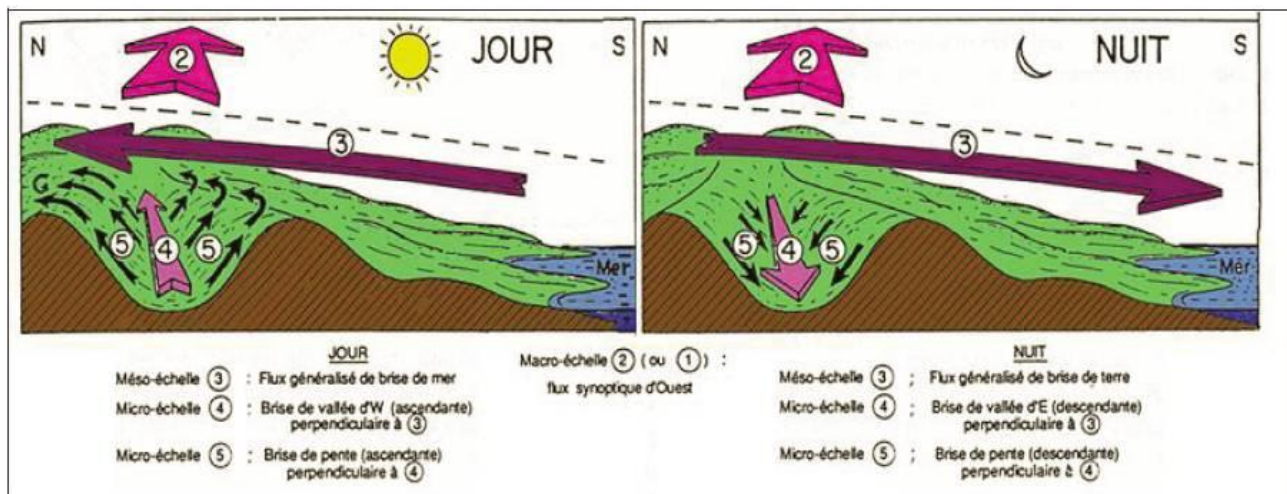


Figure 14 : Schématisation des brises thermiques dans un espace littoral montagneux (Carrega, 1989).

Le relief montagneux contraint également les vents à souffler dans le sens des vallées.

Les phénomènes de brise diurne montante et de brise nocturne descendante sont décrits en détail à l'Annexe 2.

#### PHENOMENE D'INVERSION THERMIQUE

Normalement, la température de l'air décroît avec l'altitude et permet ainsi une dispersion verticale des polluants émis au sol.

Dans certaines conditions météorologiques, un phénomène d'inversion thermique se forme et empêche la dispersion des polluants.

Le sol étant meilleur conducteur thermique que l'air, il se refroidit, la nuit, plus rapidement que l'atmosphère. Ainsi, la couche d'air proche du sol est plus froide que celle située juste au dessus (à l'inverse de ce qui est

<sup>8</sup> L'échelle synoptique, en météorologie, s'applique à un ou plusieurs systèmes atmosphériques de large échelle, soit plus de 1000 km de diamètre, et durant plusieurs jours.

habituellement observé) et donc particulièrement stable. Cette couche stagne alors à une altitude faible et les polluants émis localement s'accumulent proche du sol.

Dans les vallées, par beau temps, en hiver comme en été, ces couches stables se forment dans l'atmosphère et limitent, voire suppriment totalement, les mouvements verticaux. Une des conséquences est l'accumulation des polluants dans les zones habitées des fonds de vallée. La position et l'« étanchéité » de ces « couvercles », qui piègent la pollution dans la vallée, évoluent au cours des heures de la journée sous l'effet des variations d'ensoleillement. Ce processus est donc d'autant plus accentué pendant la période hivernale.

Ce phénomène atmosphérique a été observé à de nombreuses reprises lors de la campagne de mesure dans les deux vallées (Figure 15). Il est également bien identifié par les études climatiques menées sur ce territoire par le Conseil Général 06 et le Professeur Carréga<sup>9</sup> de l'Université de Nice, qui ont permis de mettre en évidence "l'omniprésence d'un régime de brise thermique avec alternance diurne-nocturne de direction, avec de puissantes et durables inversions thermiques nocturnes en toutes saisons".



Figure 15 : Exemple d'inversion thermique produisant une accumulation de polluants au niveau du sol. (Gauche : forte inversion sur les deux vallées (brume (eau), émission et panaches cimenteries, Droite : panache d'un brûlage de déchets verts en aval (Peillon))

Le phénomène d'inversion thermique est détaillé à l'Annexe 2.

### DONNEES METEOROLOGIQUES MESUREES DANS LES VALLEES

Les données météorologiques sont essentielles pour analyser et mieux comprendre les variations des concentrations et la composition des polluants, car elles conditionnent l'accumulation ou la dispersion des polluants.

Les mesures de température et de vitesse de vent sont issues de la station permanente Atmo PACA de Peillon, du 29 octobre 2008 au 15 octobre 2009. Les données de direction de vent n'ont pu être exploitées<sup>10</sup>.

#### • Evolution mensuelle

L'évolution mensuelle des températures montre une variation saisonnière très marquée, avec 3°C en janvier et 23°C en août. La période hivernale s'entend de novembre à mars avec des températures moyennes inférieures à 8°C.

Les vitesses de vents restent faibles durant toute l'année, mais avec des valeurs plus élevées l'été.

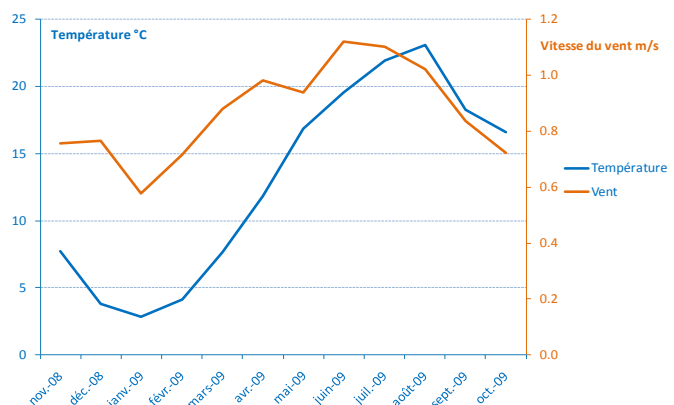


Figure 16 : Evolution mensuelle des températures et de la vitesse moyenne du vent à la station de Peillon

<sup>9</sup> [http://umrespace.unice.fr/public\\_html/umr/spip/spip.php?article101&var\\_recherche=paillon](http://umrespace.unice.fr/public_html/umr/spip/spip.php?article101&var_recherche=paillon)

<sup>10</sup> Malgré les nombreux tests réalisés, il semble que l'antenne relais perturbe sensiblement la mesure de direction du vent sur le site de Peillon, ces données ont été invalidées. En revanche, les vitesses de vents ont été considérées comme cohérentes et exploitables.

• Evolution horaire

Dans la vallée de Peillon, l'amplitude moyenne des températures est de 10°C entre les périodes diurnes et nocturnes.

Le profil horaire des vitesses de vent montre une brise diurne montante présente à partir de 11-12h. L'augmentation de température et celle de la vitesse de vent sont bien corrélées et correspondent à la brise diurne montante. La météorologie de la vallée est principalement conditionnée par **un régime de brise thermique de vallée et d'inversion thermique.**

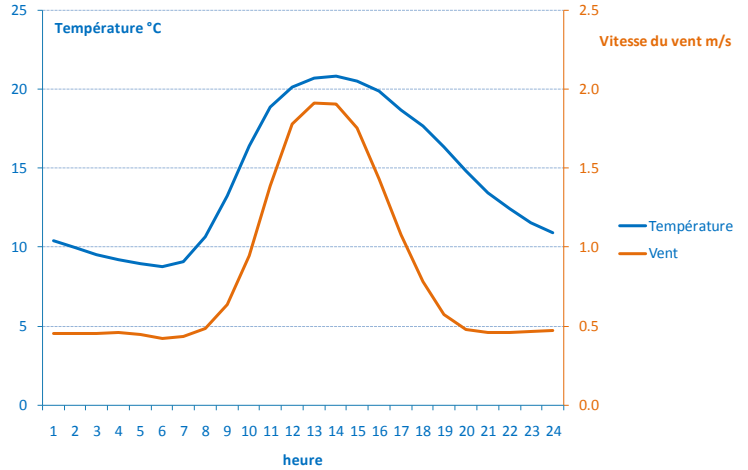


Figure 17 : Profil horaire annuel des températures et des vitesses de vent

La Figure 18 présente l'évolution mensuelle des profils horaires des vitesses de vent et de température. Elle confirme la bonne corrélation entre vitesse des vents et température dans la vallée sur les différentes saisons.

La période hivernale est soumise à des vitesses de vent et des températures beaucoup plus faibles. Ces conditions de stabilité atmosphérique sont très propices au maintien de l'inversion thermique sur une grande partie de la journée. Les polluants émis sur la période hivernale s'accumulent donc sensiblement plus, d'autant que les sources d'émissions sont plus nombreuses avec le chauffage domestique et des brûlages de biomasse.

Les phénomènes thermiques et convectifs associés constituent le principal mécanisme dispersif de la vallée. Ils revêtent donc une importance particulière dans l'étude de la pollution atmosphérique car ils conditionnent ou non la dispersion des polluants.

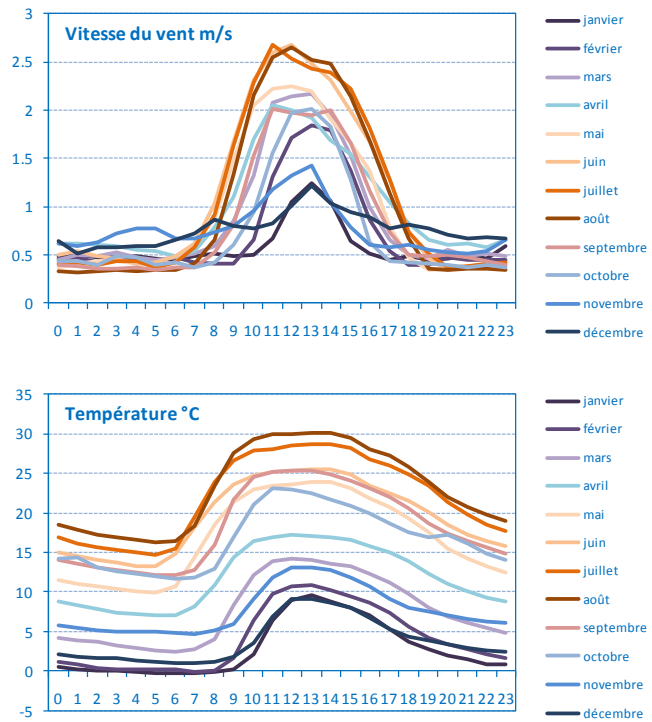


Figure 18 : Evolution mensuelle des profils horaires des vitesses de vent et de température sur la vallée de Peillon

• Précipitations

La période de prélèvement hiver des filtres a été marquée par de fortes précipitations<sup>11</sup>, à la fin novembre et à la mi-décembre. Les précipitations ont pour effet de lessiver l'atmosphère de ses particules en suspension, aboutissant à des niveaux en particules faibles durant ces journées. Ces impondérables météorologiques ont été pris en compte dans la sélection des filtres pour l'étude de caractérisation chimique des particules.

<sup>11</sup> Les données de pluviométrie recueillies sont issues des la station météoFrance de l'aéroport de Nice.

### Synthèse

Les données relevées sur les vallées des Paillons montrent que les conditions météorologiques sont régulièrement favorables à l'accumulation des polluants émis dans ces vallées :

**Les précipitations et les phénomènes météorologiques à l'échelle synoptique** (forte dépression, vent régional fort) favorisent la dispersion des polluants dans les vallées. Ces conditions météorologiques, bien que régulièrement observées au cours de l'année, ne constituent pas le système météorologique principal des vallées du moyen pays niçois.

**Le régime de brise** mesuré à Peillon, montre que l'hiver, la brise diurne est comprise entre 11h et 14h avec des vents faibles (1.3 m/s) et donc peu dispersifs, tandis que l'été, la brise est mesurée entre 9h et 17h avec des vitesses de vent plus importantes (2.5 m/s).

**Les inversions thermiques** dans ces vallées sont présentes la nuit durant toutes les saisons. Elles sont beaucoup plus persistantes en journée pendant les périodes hivernales, la dispersion des polluants ne s'effectue que de 11h à 14h avec la brise diurne.

## 4. ÉTUDE DE LA VALLÉE DE CONTES

Dans la vallée de Contes, plusieurs sites ont fait l'objet de mesures (cf. paragraphe 2). La Figure 19 récapitule les moyens utilisés :

- station fixe d'Atmo PACA située à proximité de l'usine Lafarge à laquelle a été ajouté un préleveur haut débit pendant deux mois sur l'année, afin de caractériser la constitution chimique des particules ;
- laboratoire mobile placé dans le quartier du Pilon, sur le chemin du Pilon au dessus de la RD15, au nord du site industriel de Lafarge ;
- pDR<sup>12</sup> placés chez un particulier le long de la RD15 entre le site de surveillance et la cimenterie ;
- tirs LiDAR réalisés de part et d'autre de la vallée en direction de la carrière et de la cimenterie ;
- échantillonneurs passifs en NO<sub>2</sub> selon un transect perpendiculaire à la RD15 en proximité de la station de Contes.

En parallèle, deux DA-80 ont été positionnés sur le site « trafic » de Borghéas à Peillon et sur le site « rural » à l'Escarène (au nord de la vallée de Peillon) afin de pouvoir comparer les résultats obtenus selon différentes typologies de sites.

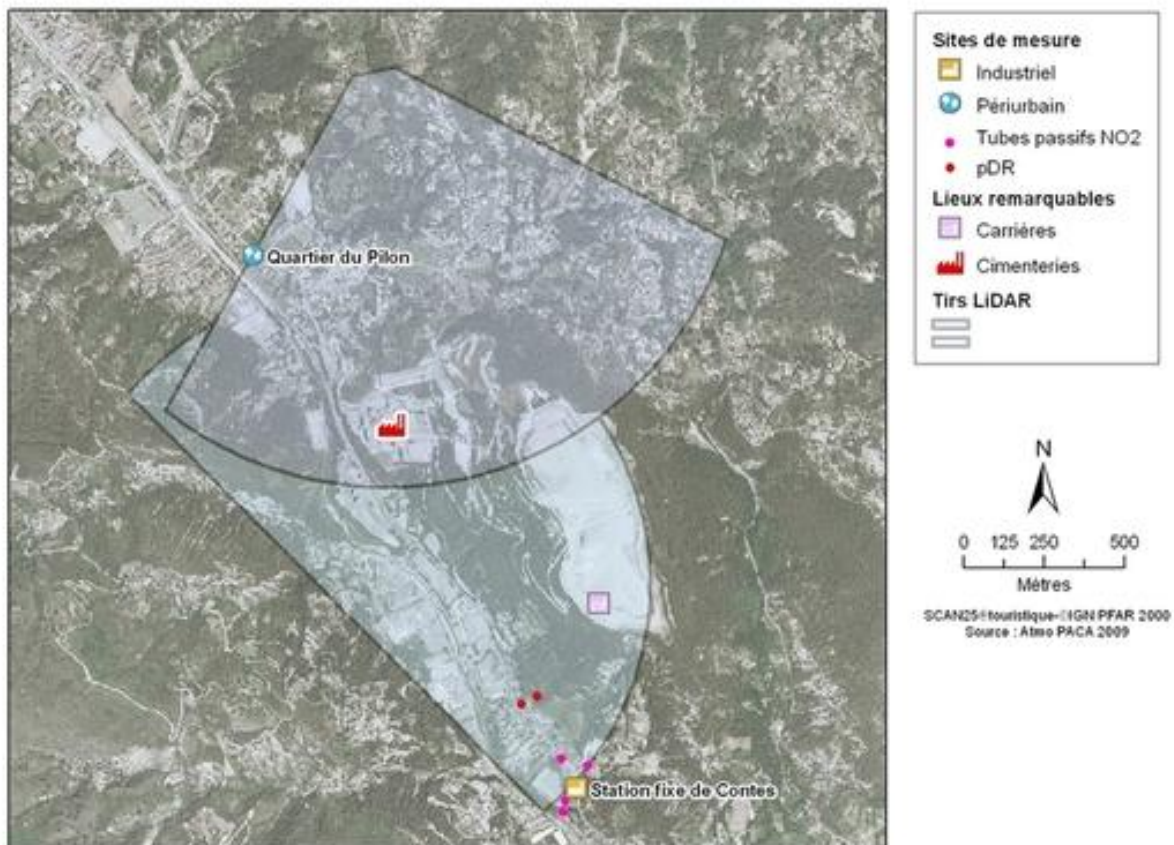


Figure 19 : Echantillonnage dans la vallée de Contes

<sup>12</sup> pDR : personal DataRam (2.5)

## 4.1. ETUDE DES CARACTERISTIQUES DE LA VALLEE DE CONTES

### BILAN DE L'INVENTAIRE DES EMISSIONS ATMO PACA 2004 DANS LA VALLEE DE CONTES

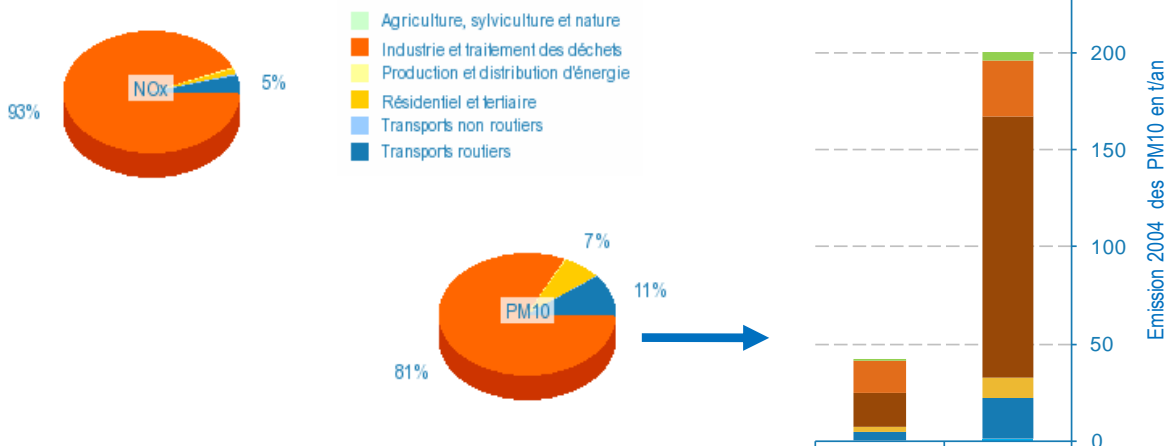
De nombreux polluants sont continuellement rejetés dans l'atmosphère. Ils ont des origines diverses liées aux activités humaines et naturelles. Un inventaire des émissions correspond à la description qualitative et quantitative de ces rejets dans l'atmosphère.

Sur la commune de Contes, les émissions totales en 2004 correspondent entre 13 % et 59 % des émissions rejetées sur le territoire de la Communauté de Communes du Pays des Paillons + Peille. Le secteur "Industrie" apparait comme le principal émetteur en oxydes d'azote, dioxyde de soufre et particules en suspension. Les secteurs du transport et du résidentiel tertiaire sont les principaux émetteurs de CO et la végétation de COVNM.

Tableau 2 : Bilan d'émissions 2004 sur la commune de Contes

Contes	NOx t/an	PM10 t/an	PM2.5 t/an	SO <sub>2</sub> t/an	CO t/an	COVNM t/an	CO <sub>2</sub> t/an
Agriculture, sylviculture et nature	7	0	0	0	27	92	378
Production et distribution d'énergie	0	0	0	0	0	3	0
Industrie et traitement des déchets	701	34	12	182	66	12	291 859
Résidentiel et tertiaire	9	3	3	4	219	23	11 294
Transports non routiers	0	0	0	0	0	0	0
Transports routiers	40	5	4	1	238	30	8 087
<b>TOTAL Contes</b>	<b>757</b>	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>187</b>	<b>550</b>	<b>160</b>	<b>311 618</b>
TOTAL CC du Pays des Paillons + Peille	2 393	201	52	317	2 041	1 190	919 324
<b>% Contes / CC Pays des Paillons +Peille</b>	<b>32%</b>	<b>21%</b>	<b>35%</b>	<b>59%</b>	<b>27%</b>	<b>13%</b>	<b>34%</b>
TOTAL 06	20 292	1 863	1 212	1 985	69 652	29 507	6 172 976
<b>% Contes / 06</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>

#### Contribution par secteur des émissions à Contes en NOx et PM10



L'analyse des données d'émissions de particules PM10 du secteur industriel dans la vallée de Contes et la Communauté de Communes du Pays des Paillons + Peille permet de mettre en évidence les émissions des carrières. A Contes, elles contribuent à 41 % des émissions de particules PM10 et à 70 % dans la Communauté de Communes du Pays des Paillons + Peille.

**A NOTER :** Les émissions en particules et polluants issues des combustions de déchets verts ne sont pas prises en compte dans l'inventaire 2004, en raison du manque de données exploitables sur les quantités brûlées et les localisations de ces brûlages. L'intégration de cette thématique est à l'étude pour les prochains inventaires.

Inventaire 2004©, traitement Atmo PACA 2008

#### Bilan 2004 des émissions en particules PM10 (t/an)

### TRAFIC ROUTIER RD 15

Afin d'avoir un ordre de grandeur du trafic routier sur l'axe principal de Contes, des comptages routiers ont été effectués sur la RD 15, qui dessert notamment les communes de Contes, Châteauneuf, Bendejun et Coaraze, totalisant environ 9 000 habitants. Ce comptage est présenté tous sens confondus avec distinction des poids lourds (PL) et des véhicules légers (VL).

Les mesures ont été réalisées sur deux campagnes d'une semaine, une en hiver du mardi 25 novembre au mardi 2 décembre 2008 et une en été du samedi 27 juin au vendredi 3 juillet 2009.

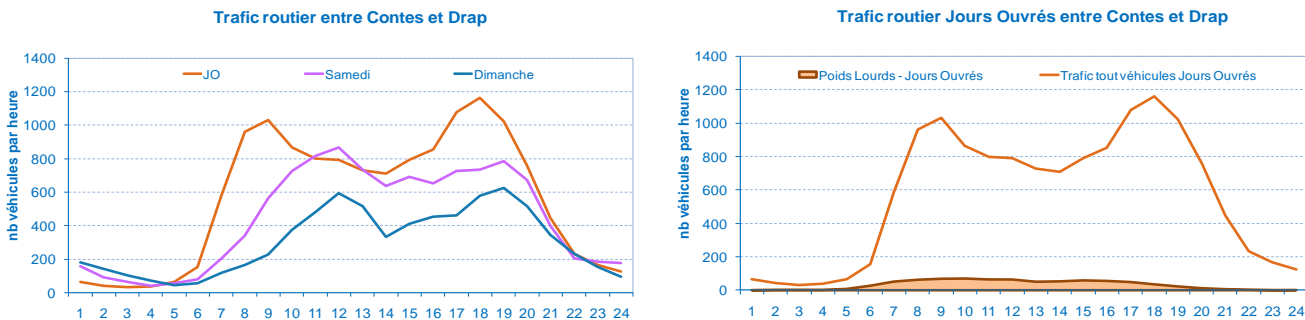


Figure 20 : Comptage routier RD 15 à Contes

Sur la RD 15 à Contes, les mesures en situation « trafic » réalisées sur les semaines « hiver » et « été » sont bien corrélées. Le trafic moyen journalier est de 12 205 véh/jour, avec une part de poids lourds de 4,8%.

Le profil moyen des jours ouvrés est caractéristique des déplacements domicile-travail, avec deux pics de trafic entre 7h et 8h et entre 17h et 18h. La part des poids lourds est de 5,7 % du trafic, soit 773 PL durant les jours ouvrés. Le trafic PL est principalement induit par les deux zones d'activités proches (ZAE quartier de la Roseyre et quartier du Gheit) et par les camions de livraison reliant la cimenterie.

Les profils routiers du samedi et du dimanche sont beaucoup plus lissés. Les pics sont enregistrés entre 10h et 13h puis entre 18h et 20h, avec des trafics moyens sensiblement plus faibles qu'en semaine. La part de poids lourds le week-end est également beaucoup plus faible avec 1,7 % (182 PL) le samedi et 1,2 % (86 PL) le dimanche.

### SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE LA CIMENTERIE

Le service Environnement de l'industrie Lafarge nous a fourni les périodes d'arrêt et de fonctionnement du four durant les campagnes de mesures.

- En fonctionnement : du 25 novembre au 25 décembre 2008 ;
- à l'arrêt : du 25 décembre 2008 au 25 janvier 2009 ;
- à l'arrêt sur la période estivale : 18 au 26 juin et 1 au 16 août ; arrêt le mois d'octobre 2009.

## 4.2. MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

### 4.2.1. RESULTATS SUR LES PERIODES DES MESURES

Le planning des mesures (2.7) réalisé dans le cadre de cette étude est complexe en raison des limites matérielles rencontrées. Les mesures temporaires ont été réalisées parallèlement aux données de la station fixe de Contes sur 3 autres sites, l'un dans le quartier du Pilon, le second sur un site rural à l'Escarène et le troisième en grande proximité du trafic sur le site de la RD21 à Borghéas.

Tableau 3 : Concentrations en NO<sub>2</sub> à Contes

NO <sub>2</sub> en µg/m <sup>3</sup>	Site temporaire, quartier du Pilon à Contes	Site trafic "Borghéas"	Site rural "l'Escarène"	Station fixe de Contes	Station fixe de Contes
				Année 2008	Année 2009
<b>Moyenne des périodes</b> Valeur limite pour 2010 : 40 µg/m <sup>3</sup>	23	23	10	25	23
<b>Maximum horaire</b> Seuil de recommandation 200 µg/m <sup>3</sup>	103 8/9/2009 8:00	67 22/5/2009 8:00	50 23/9/2009 8:00	140 13/10/2008 10 :00	112 17/06/2009 9 :00
<b>Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine</b> 200 µg/m <sup>3</sup> /h, tolérance 18 heures/an	0	0	0	0	0
Les périodes de surveillance associées	13 dec08 - 26févr 28 août - 15 sept 10 oct. - 1 déc. <b>Soit 39% d'une année</b>	7 mai - 24 mai 17 juin - 5 juil. <b>Soit 9% d'une année</b>	6 juil.- 22 juil. 17 sept - 8 oct. <b>Soit 10% d'une année</b>	En continue de 2008 à 2010, modulo les heures de maintenance ou de dysfonctionnement de l'analyseur	

Les moyennes annuelles à la station de Contes en 2008 et 2009 et les valeurs horaires mesurées sur tous les sites étudiés respectent les valeurs réglementaires en dioxyde d'azote.

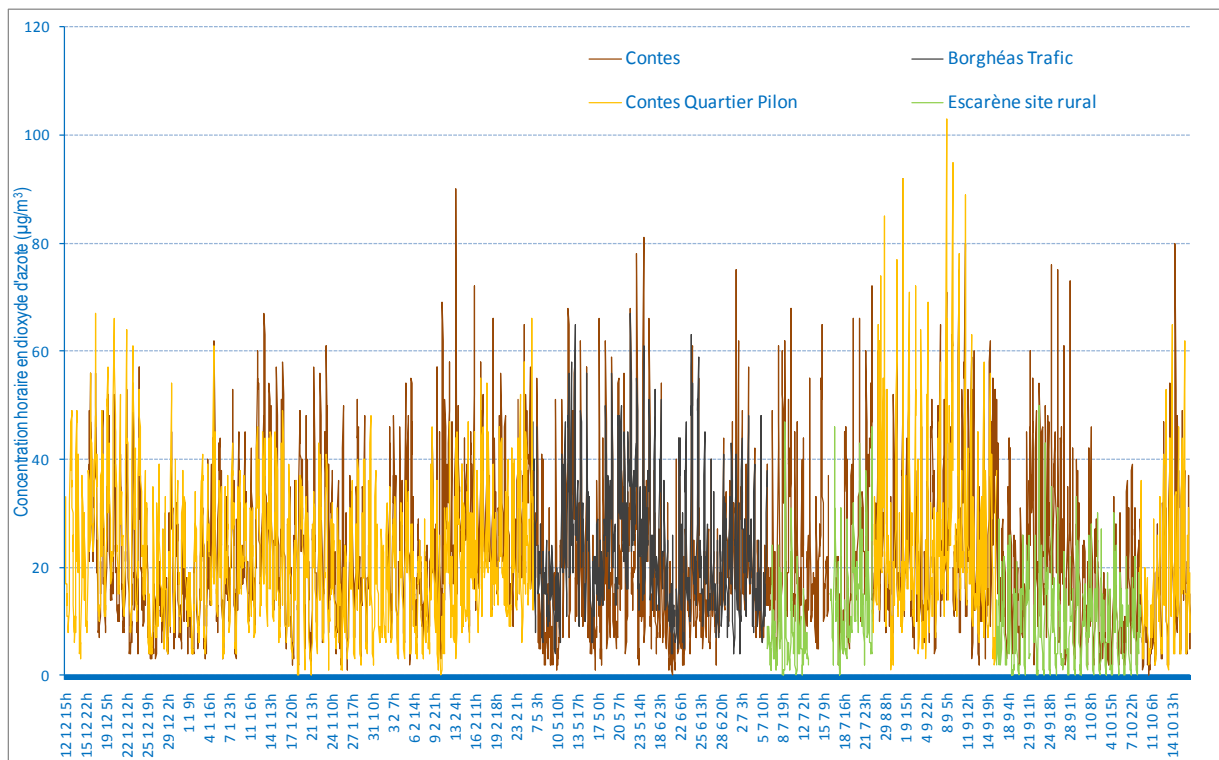
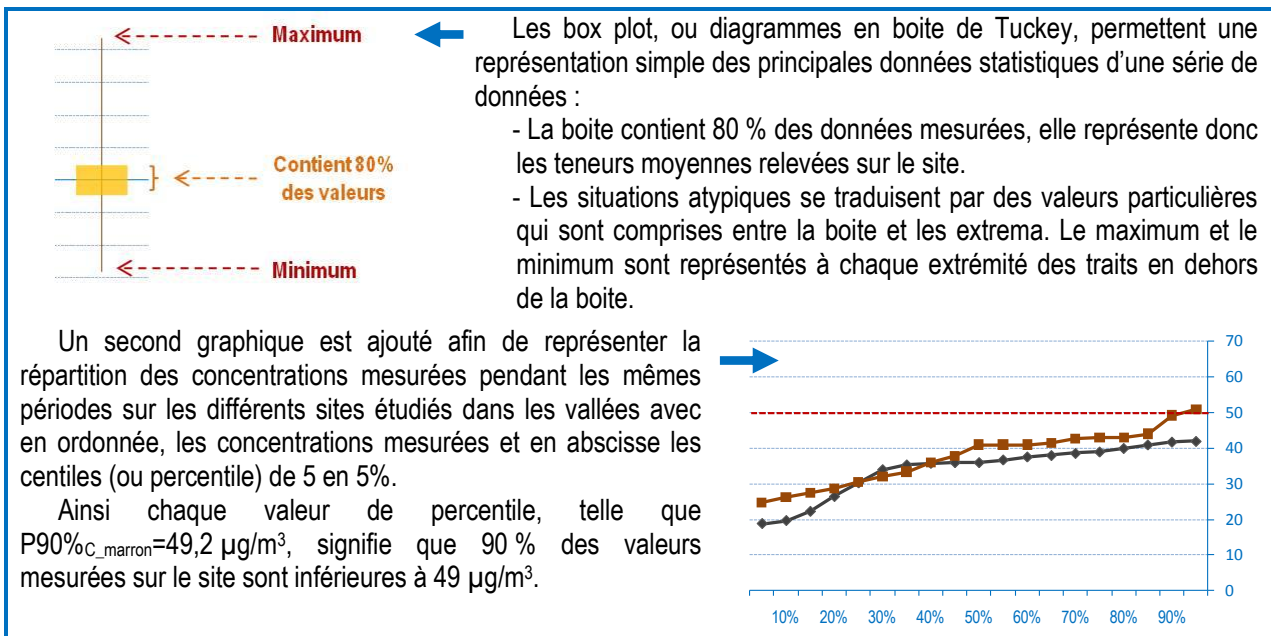


Figure 21 : Evolution des concentrations horaires en dioxyde d'azote sur les sites



Afin de pouvoir comparer et analyser les résultats des mesures en fonction des différentes périodes de prélèvement, les résultats seront présentés à partir de l'outil statistique box-plot et d'un graphique des percentiles dont les lectures sont les suivantes :



Comme indiqué sur la Figure 22, les concentrations des sites **quartier du Pilon à Contes** et de la **station fixe de surveillance de Contes** sont très bien corrélées avec des niveaux moyens similaires compris entre  $5$  et  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les courbes des percentiles des deux sites sont identiques et la moyenne des différences entre les deux sites est comprise entre  $-10$  et  $+10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les deux sites sont donc exposés aux mêmes gammes de concentrations en dioxyde d'azote.

Il est à noter cependant que les plus fortes concentrations sur les deux sites ne concordent pas toujours, la différence  $[\text{Contes}] - [\text{Pilon}]$  présente ainsi une importante variation dans ses extrema (de  $-56$  à  $+87$ ). Il arrive qu'un des sites soit impacté par des concentrations élevées et pas l'autre. Une  $|\text{différence}|$  supérieure à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été constatée pour 16 valeurs horaires, soit moins de 0,5% des 3384 données mesurées.

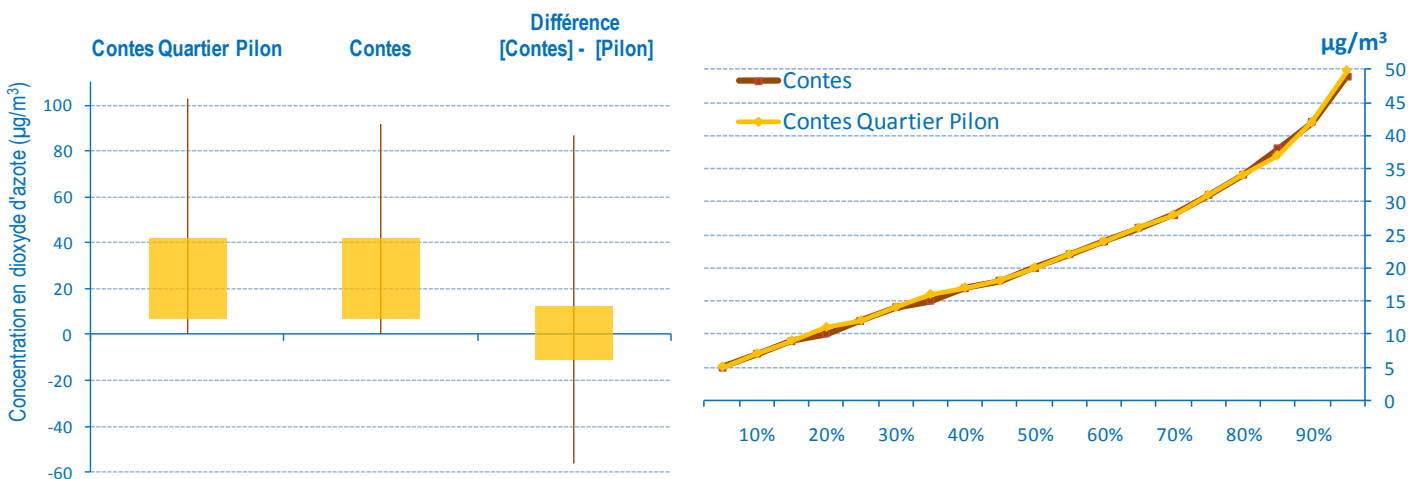


Figure 22 : Étude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote dans la vallée de Contes

Comme indiqué à la Figure 23, les concentrations mesurées en dioxyde d'azote sont plus élevées à la station fixe de Contes que sur le **site rural de l'Escarène**. Pour ce dernier, les concentrations sont comprises entre  $0$  et  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gamme représentative d'un milieu rural.

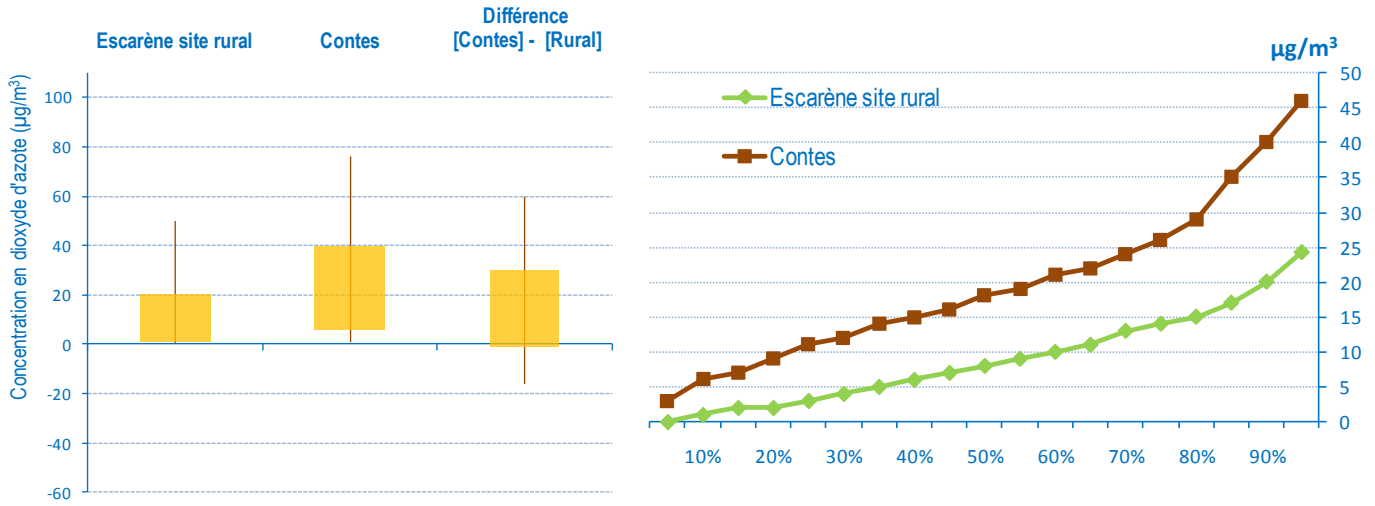


Figure 23 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Contes et l'Escarène

A l'inverse, selon la Figure 24, le **site trafic de Borghéas** mesure des gammes de concentrations légèrement plus élevées ( $\sim 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que la station fixe de Contes. Le site de Borghéas est plus impacté par le trafic du fait de la grande proximité à l'axe routier et ce malgré la forte différence de trafic entre la RD15 à Contes (12 205 véh/jour dont 590 PL) et la RD 21 à Borghéas (2 427 véh/jour dont 299PL), cf. Annexe 6.

En moyenne, les concentrations en dioxyde d'azote sont plus élevées sur le site trafic, mais on note que les percentiles 95 sont identiques sur les deux sites, qui sont donc exposés ponctuellement (5% des valeurs) par des concentrations supérieures à  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations sont faibles et restent loin de la valeur limite horaire de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

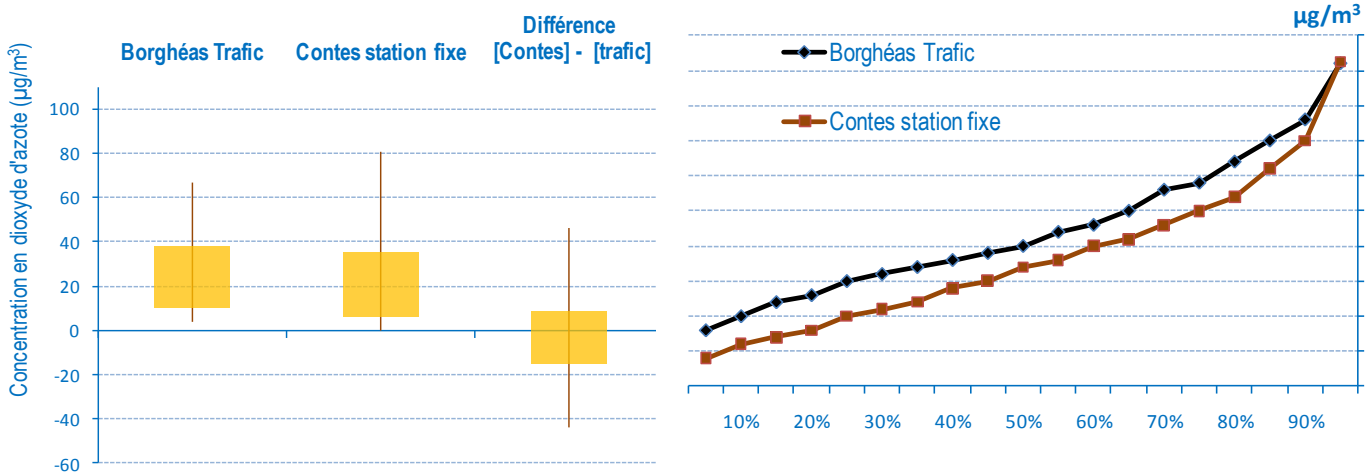
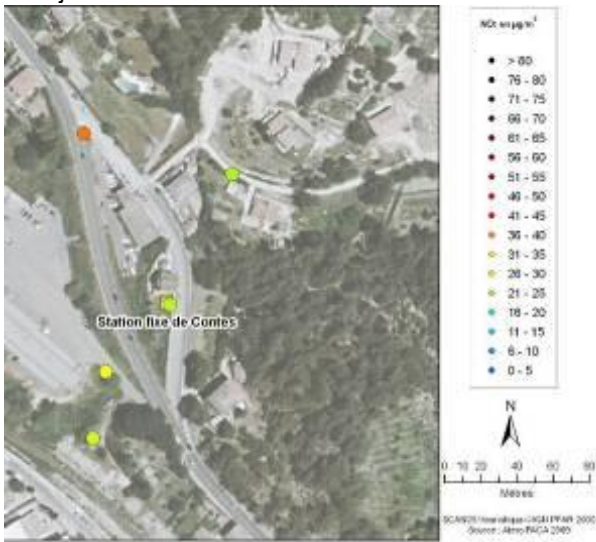


Figure 24 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Contes et le site trafic de Borghéas

## 4.2.2. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DES ECHANTILLONNEURS PASSIFS EN NO<sub>2</sub>

La campagne de mesure a été réalisée sur deux périodes du 10 novembre au 9 décembre 2008 et du 3 au 17 juillet 2009.



Ce transect est situé sur la RD 15 dans la vallée de Contes au niveau de la station fixe de mesure d'Atmo PACA.

Les valeurs annuelles<sup>13</sup> en NO<sub>2</sub> ne sont pas très élevées (de 23 à 35 µg/m<sup>3</sup>). Elles sont inférieures à la valeur limite annuelle applicable en 2010 de 40 µg/m<sup>3</sup>.

La RD 15 supporte un trafic d'environ 12 200 véhicules par jour dont 590 poids lourds en semaine. L'abattement des concentrations entre la route et les autres points de mesure est bien marqué (cf. Figure 25). Cet abattement est moins important sur la partie Ouest, les points de mesure étant plus en contrebas par rapport à la route, les concentrations sont légèrement plus élevées.

Concentrations en NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

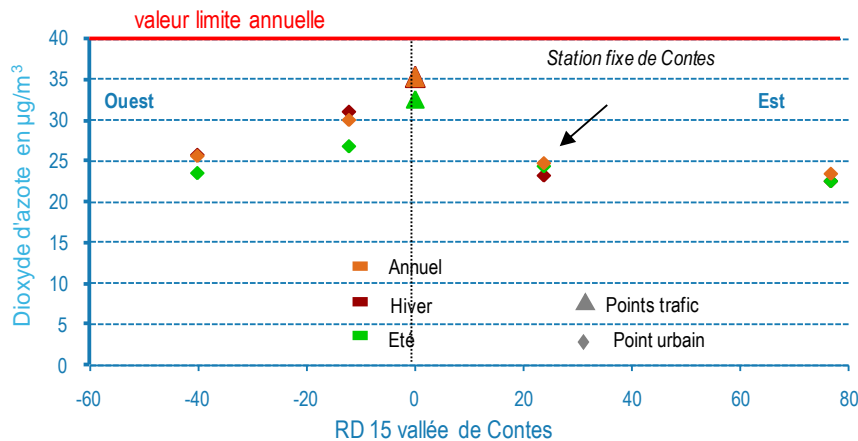


Figure 25 : Concentrations mesurées en NO<sub>2</sub> sur le transect de la RD 15 à Contes

### Synthèse dioxyde d'azote Contes

Les concentrations en dioxyde d'azote respectent les valeurs réglementaires sur les trois sites, aucun dépassement de la valeur seuil de 200 µg/m<sup>3</sup> n'a été constaté. Le maximum horaire a été atteint à Contes le 13/10/2008 10:00 avec 140 µg/m<sup>3</sup>.

L'étude des différentes campagnes menées avec le laboratoire mobile sur les sites de l'Escarène, de Borghéas et du quartier du Pilon à Contes a permis de montrer :

- Les sites de Contes et du quartier du Pilon sont très bien corrélés et exposés aux mêmes gammes de concentrations.
- Le site de Contes est nettement plus impacté que le site rural de l'Escarène et il est légèrement moins que le site trafic de Borghéas.

Ces résultats sont cohérents avec les typologies des sites, une campagne par analyseurs passifs menée à proximité de la station de Contes a permis de montrer que la décroissance des concentrations est rapide, avec une concentration moyenne de 35 µg/m<sup>3</sup> sur la RD15 contre 25 µg/m<sup>3</sup> sur la station permanente de Contes.

<sup>13</sup> Les valeurs annuelles sont calculées à partir des résultats des deux périodes échantillonnées (été et hiver) et de la corrélation avec les sites de référence mesurant sur l'ensemble de l'année.

### 4.3. PARTICULES EN SUSPENSION

#### 4.3.1. RESULTATS SUR LES PERIODES DE MESURE

Tableau 4 : Récapitulatif des concentrations en PM10 à Contes

PM10 en µg/m³	Site temporaire, quartier du Pilon à Contes	Site trafic "Borghéas"	Site rural "l'Escarène"	Station fixe de Contes	Station fixe de Contes
				Année 2008	Année 2009
<b>Moyenne :</b> Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m³/an Objectif de qualité : 30 µg/m³/an	40	33	33	43	38
<b>Maximum horaire</b>	182	97	79	440	307
<b>Maximum journalier</b>	92 19/11/2009	44 23/5/2009	52 17/7/2009	100 11/9/2008	88 19/11/2009
<b>Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine : 50 µg/m³/jour avec une tolérance de 35 jours/an.</b>	29	0	1	95	53
<b>Périodes de surveillance associées</b>	13 dec08 - 26févr 28 août - 15 sept 10 oct. - 1 déc. <b>Soit 39% d'une année</b>	7 mai - 24 mai 17 juin - 5 juil.	6 juil. - 22 juil. 17 sept - 8 oct.	En continu depuis 2002, modulo les heures de maintenance ou de dysfonctionnement de l'analyseur	

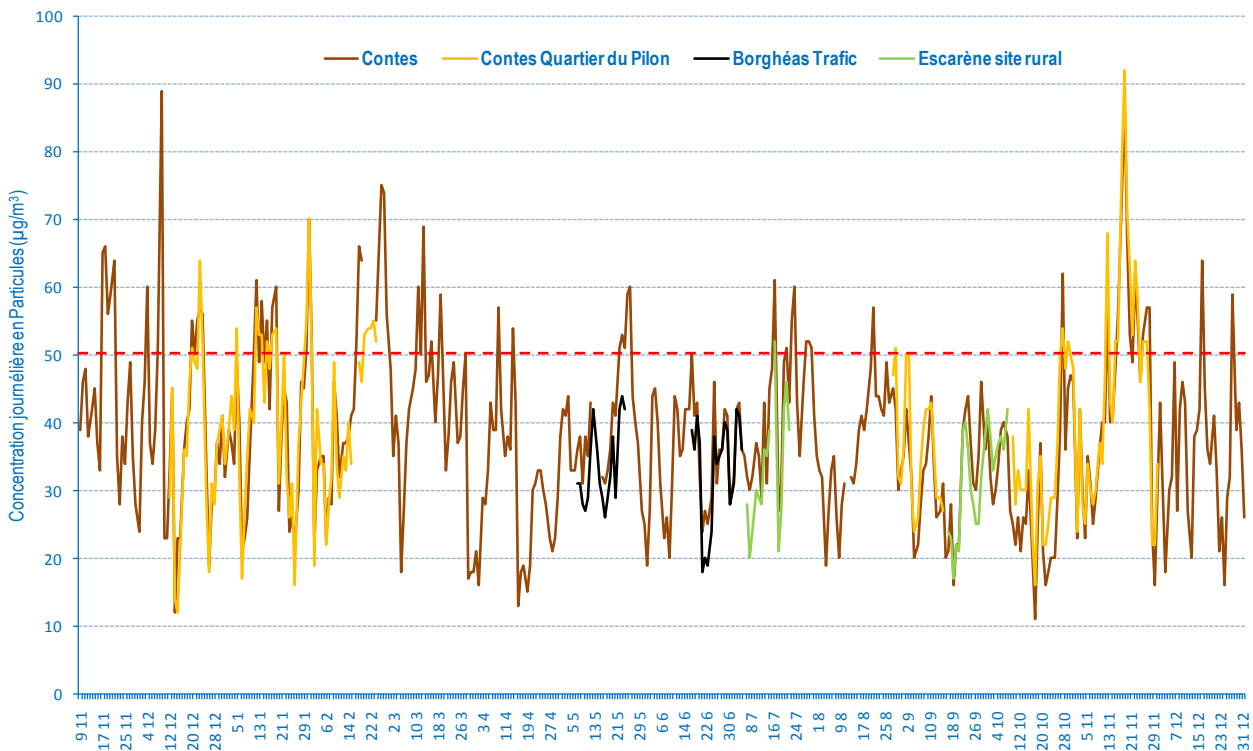


Figure 26 : Evolution des concentrations journalières en particules PM10 sur les sites

Les concentrations en particules PM10 sur la station fixe de Contes ne respectent pas la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> en 2008 mais la respecte en 2009 avec 38 µg/m<sup>3</sup>. Le nombre de dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> reste très important sur le site de Contes avec 95 dépassements en 2008 et 53 dépassements en 2009. Malgré cette nette amélioration, la tolérance de 35 dépassements par an n'est pas respectée. Il est à noter que cette amélioration des niveaux de particules mesurés sur le site de Contes n'est pas spécifique à cette vallée et qu'elle a été mesurée sur l'ensemble des stations des Alpes Maritimes. (cf. Annexe 8)

L'étude comparative des mesures réalisées entre la station fixe de Contes et chacun des sites temporaires de la campagne permet d'étudier plus en détail la variabilité spatiale des concentrations en particules.

La campagne de mesure sur le site du quartier du Pilon à Contes, indique une très bonne corrélation entre les deux sites. La gamme des concentrations moyennes (box) est comprise sur les deux sites entre 23 et 55 µg/m<sup>3</sup>. Sur le site de Contes les niveaux sont légèrement plus élevés dans les fortes concentrations (Percentile 85 et 90), tandis que sur le site du quartier du Pilon, cela apparait sur les concentrations plus faibles (P15 à P25).

Cette bonne corrélation est confirmée par la faible différence des concentrations mesurées entre les deux sites avec +/- 8µg/m<sup>3</sup>.

Au vu des résultats, la représentativité des dépassements de la station fixe de Contes s'étend au quartier du Pilon.

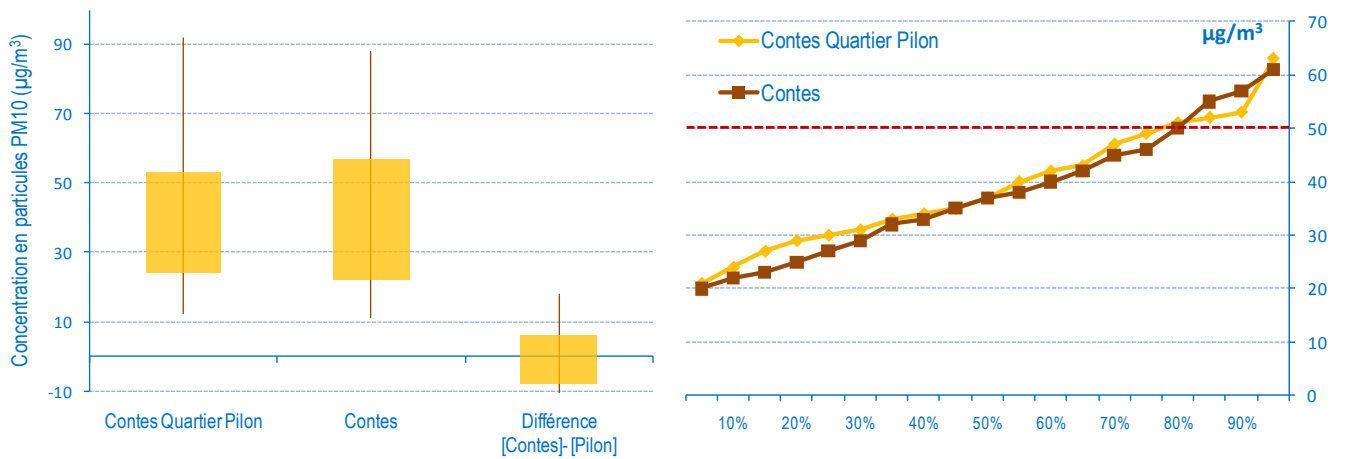


Figure 27 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 dans la vallée de Contes

La campagne de mesure en particules sur le site rural à l'Escarène présente des résultats très intéressants, bien que les périodes de mesure, de mai et juillet, n'aient pas été les plus propices à des concentrations élevées en particules sur Contes. La différence des concentrations en particules entre les deux sites est faible, le site de Contes mesure des concentrations plus élevées (+5 µg/m<sup>3</sup>).

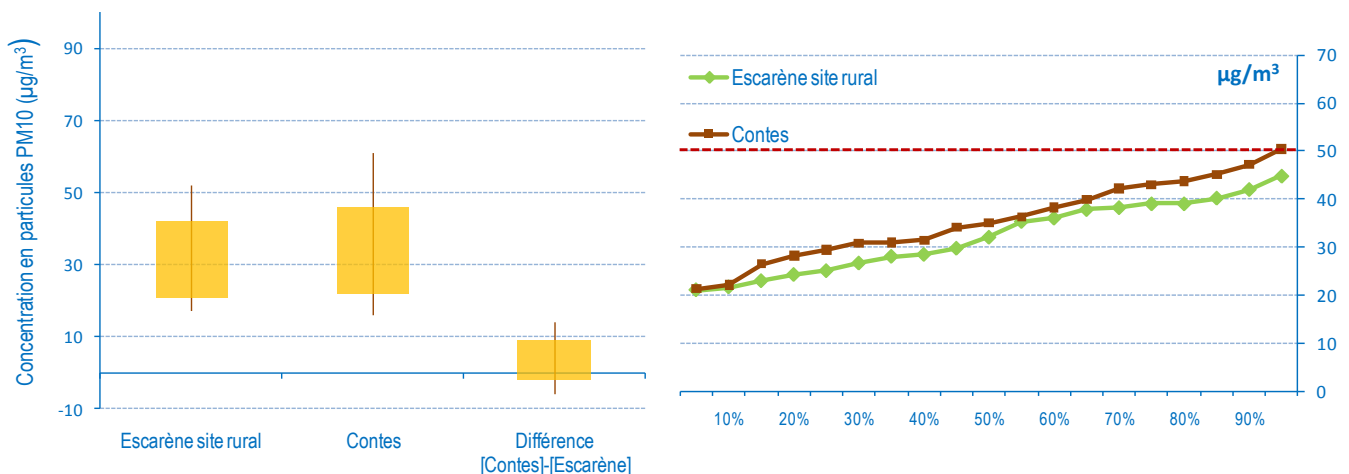


Figure 28 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Contes et l'Escarène

Les niveaux de particules estivaux sont élevés sur les deux sites avec  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à l'Escarène et  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Contes. Ces résultats ne concordent pas avec les observations réalisées sur le dioxyde d'azote à la Figure 23, ils indiquent par conséquent des sources de particules autres que les combustions locales durant l'été. Les paragraphes 4.4 et 4.5 sur la caractérisation chimique et les contributions des sources permettent d'identifier ces sources.

Les mesures avec le laboratoire mobile n'ont pas été réalisées sur la période hivernale pour le site rural (non prévues initialement). Elles ont néanmoins été ajoutées l'été aux prélèvements de filtres afin de compléter les observations en particules PM10 total en situation rurale. Les analyses chimiques réalisées sur le site de l'Escarène laissent à penser que les concentrations hivernales sont plus faibles que dans les vallées (cf. Annexe 5). Par conséquent, il est fort probable que la réglementation soit respectée (moins de 18 dépassements journaliers).

La campagne de mesure en particules sur le site de proximité trafic de Borghéas montre également un résultat différent de celui observé pour le dioxyde d'azote. Sur cette période de mesure estivale, les concentrations en particules à Contes sont plus élevées que sur le site trafic, indiquant une incidence moindre de la source trafic et confortant ainsi l'hypothèse de sources multiples. Comme pour le site rural, la différence des concentrations entre les deux sites est faible sur la période estivale. Le site de Contes mesure des concentrations en moyenne légèrement plus élevées de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que le site trafic avec un maximum de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

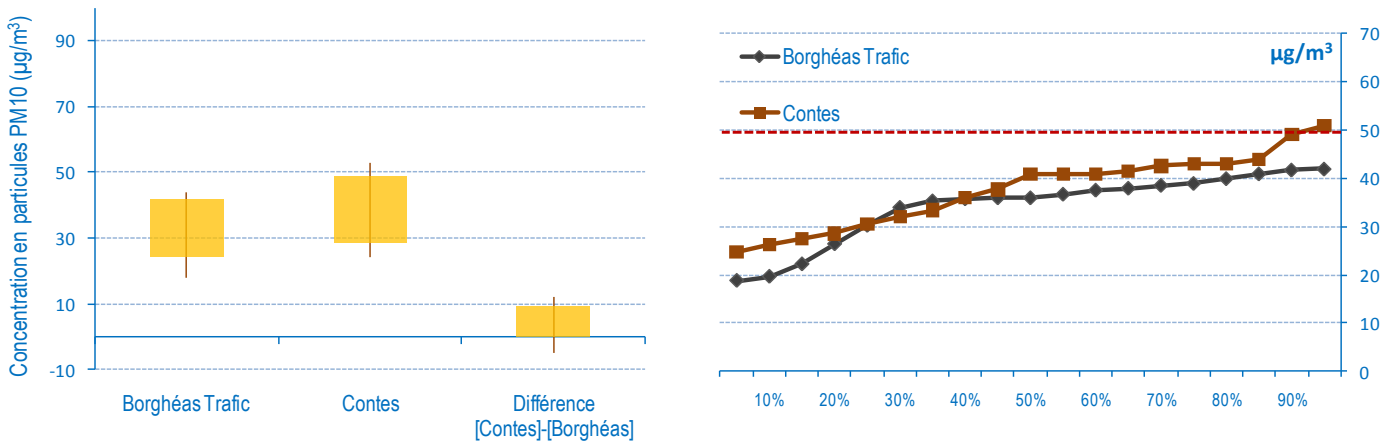


Figure 29 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Contes et le site trafic de Borghéas

### 4.3.2. ETUDE DES PROFILS MOYENS HORAIRES EN NO<sub>2</sub> ET PARTICULES PM<sub>10</sub>

L'étude des profils horaires moyens en 2009 dans la vallée permet de définir et de comprendre les variations horaires moyennes des concentrations en particules et en dioxyde d'azote mesurées à la station permanente de Contes, en les mettant en relation avec les profils horaires du trafic routier sur la RD15 et la vitesse du vent mesurée à Peillon.

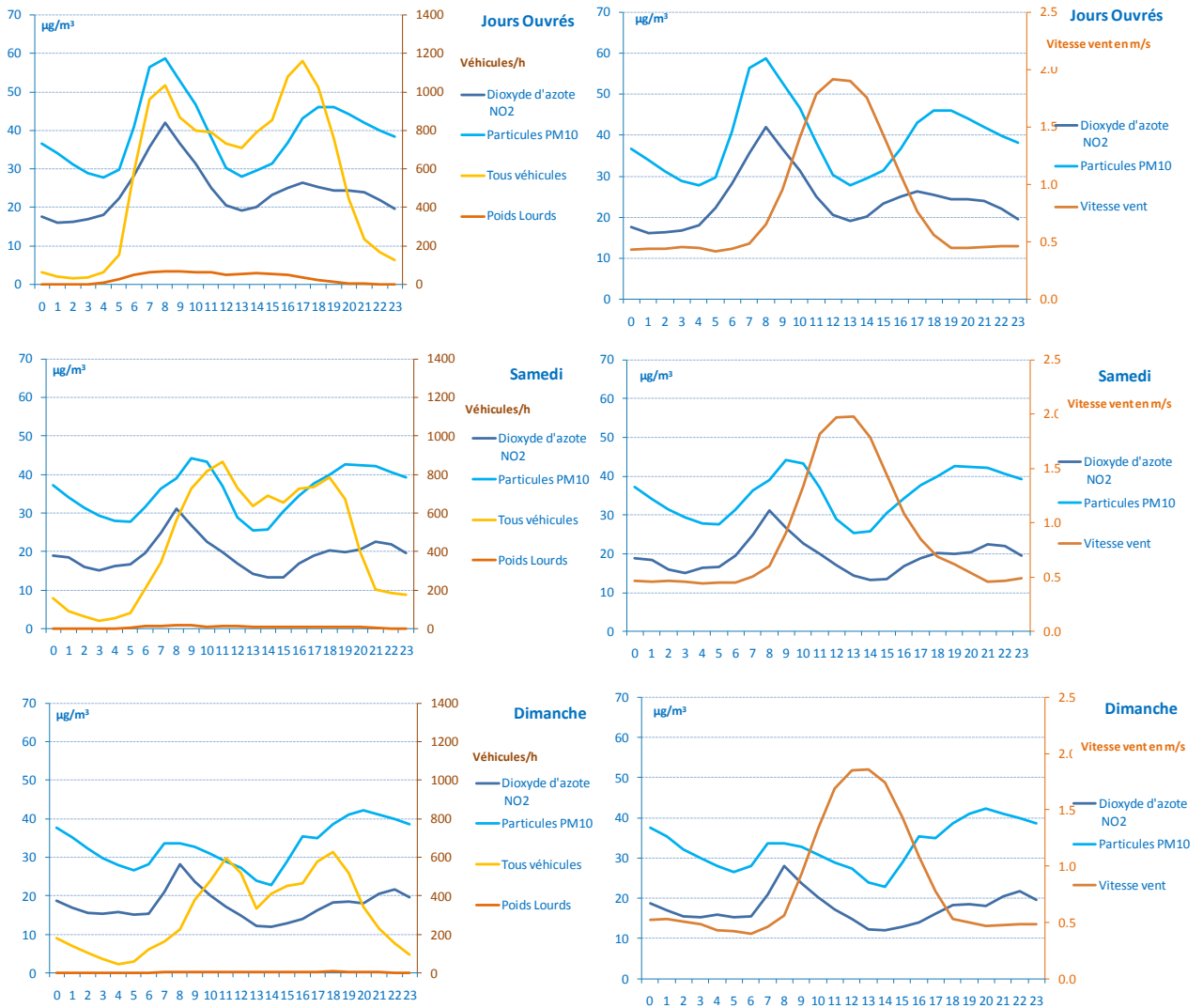


Figure 30 : Profils horaires moyens 2009 en PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> et de trafic dans la vallée de Contes

La levée de la brise diurne, sur les graphiques de droite de la Figure 30, est représentée par une augmentation de la vitesse du vent vers 10h. Elle conduit à une diminution des concentrations en NO<sub>2</sub> et en particules PM<sub>10</sub> sur le site de Contes. Dès lors que la brise retombe, vers 16h, les concentrations en polluants augmentent à nouveau.

Comme cela a été montré dans l'étude des conditions météorologiques dans le moyen pays niçois (cf. chapitre 3), la levée de cette brise et la vitesse du vent dépendent de la saison et des conditions de température dans les vallées. L'hiver, la vitesse du vent est modérée et la brise de vallée est présente sur une plage horaire restreinte, de 11h à 14h. Le reste de la journée, les conditions atmosphériques sont stables et favorisent l'accumulation des polluants. Les graphiques de l'Annexe 11 montrent la très bonne anti-corrélation durant tous les mois de l'année 2009 entre l'alternance de brise et les variations des concentrations en particules dans la vallée de Contes.

Le type de jour (jours ouvrés, samedi ou dimanche) impacte également les concentrations moyennes horaires mesurées sur le site de Contes. Il y a une bonne corrélation entre les pics horaires de trafics mesurés sur la RD15 et les concentrations en NO<sub>2</sub> et particules. Les variations par type de jour entre les trafics et les concentrations sont

également bien corrélées. Toutefois, quelque soit le type de jour, la concentration de fond en particules apparait significativement élevée avec une concentration en particules de 30 µg/m<sup>3</sup>.

Une attention particulière a été portée sur les pics de concentrations mesurées durant les jours ouvrés, et les corrélations existantes entre les différents types de trafic. L' Annexe 12 et la Figure 92 présente les principaux résultats des tests de corrélation réalisés entre les différences des profils horaires moyens mesurés entre les jours ouvrés et les samedis, pour les trafics de poids lourds, de véhicules légers et les concentrations en particules PM10 et dioxyde d'azote. Les résultats des meilleures corrélations sur le site de Contes présentés à la Figure 59 sont les suivants :

- Les concentrations supplémentaires en dioxyde d'azote<sup>14</sup> observées entre les jours de semaine et les samedis sont bien corrélées ( $R^2 = 0.72$ ) avec l'apport supplémentaire de poids lourds entre les jours de semaine et les samedis.
- Les concentrations supplémentaires en particules PM10 observées entre les jours de semaine et les samedis<sup>15</sup> sont bien corrélées ( $R^2 = 0.67$ ) avec l'apport supplémentaire de véhicules légers entre les jours de semaine et les samedis. Avec l'ensemble des véhicules (légers+poids lourds), la corrélation avec les concentrations supplémentaires en particules est légèrement plus élevée. ( $R^2 = 0.71$ )

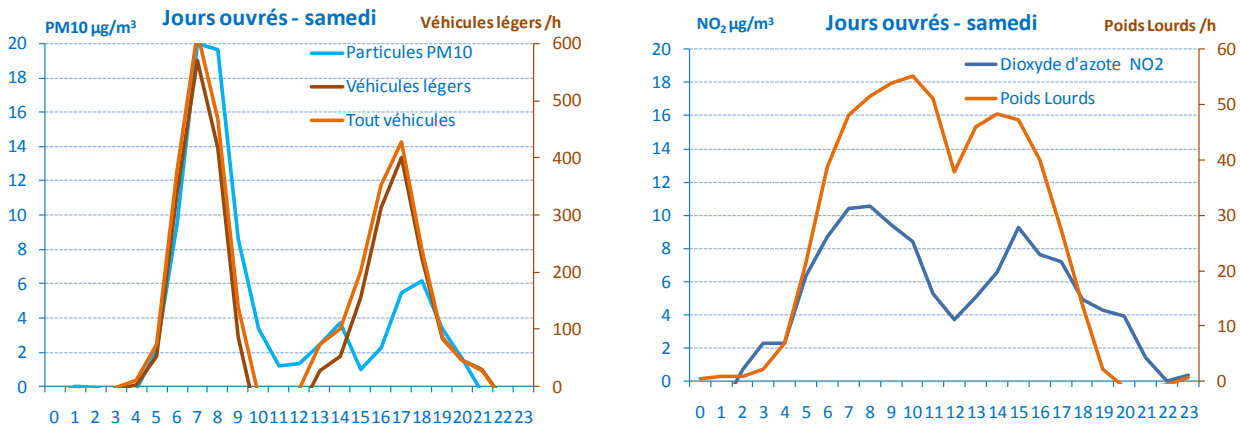


Figure 31 : Contes, différence horaire des profils entre les jours ouvrés et les samedis pour les données de concentration (NO<sub>2</sub> & PM10) et de trafic (véhicules légers et poids lourds)

**En conclusion**, les poids lourds sont principalement à l'origine de l'augmentation du pic de concentration en dioxyde d'azote pendant les jours ouvrés. Pour les concentrations en particules sur Contes, le phénomène est plus complexe, parmi le trafic tout véhicules, c'est d'avantage le trafic des véhicules légers plutôt que celui des poids lourds, qui par la remise en suspension des particules, participe au pic de concentration plus élevée durant les jours ouvrés.

<sup>14</sup> Différence sur chaque heure des profils moyens en [NO<sub>2</sub>] jours ouvrés et [NO<sub>2</sub>] samedi

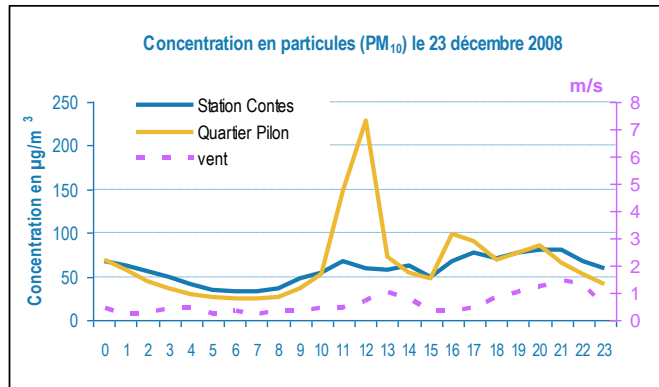
<sup>15</sup> Différence sur chaque heure des profils moyens en [PM10] jours ouvrés et [PM10] samedi



### 4.3.3. ETUDE DES CONCENTRATIONS EN PM10 SUR DES JOURNEES ATYPIQUES DANS LA VALLEE DE CONTES :

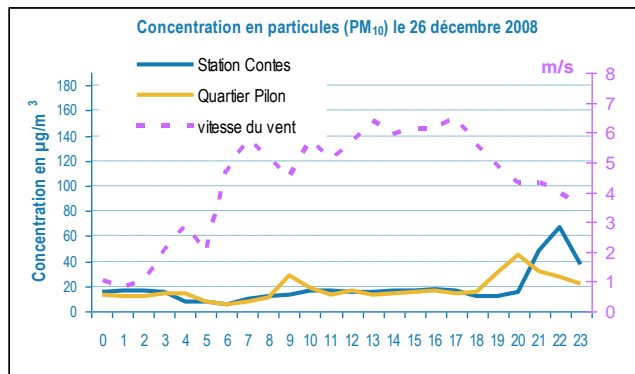
Le maximum horaire de 229  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le site du Pilon a été enregistré le **23 décembre 2008**. Il s'agit d'un phénomène extrêmement local puisque la station fixe de Contes n'a pas mesuré ce pic.

Durant cette journée, les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion des particules en suspension (vent  $\sim 1\text{m/s}$ ). En effet, les concentrations moyennes sont élevées avec 57 et 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement sur Contes et le Pilon. Les deux sites ne respectent donc pas la valeur limite journalière de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



La journée du **26 décembre** est atypique par rapport aux concentrations observées dans la vallée. Cette journée présente une faible activité aussi bien routière (durant les vacances de Noël) qu'industrielle (four de Lafarge à l'arrêt) et connaît surtout des conditions de vent importantes (7 m/s) et donc très dispersives.

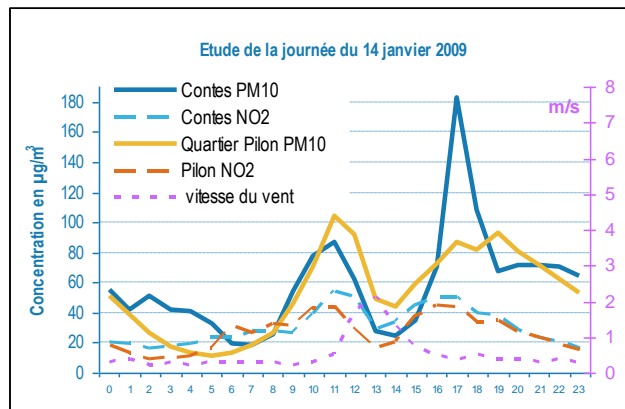
Les concentrations mesurées en PM10 sont faibles, de l'ordre de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Une augmentation est observée sur les deux sites dès 20h, quand le vent commence à faiblir.



Sur la station fixe de Contes, le maximum horaire est mesuré le **14 janvier** et atteint 183  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce pic de PM n'a pas été enregistré sur le site du Pilon. Néanmoins, les deux stations ont mesuré des concentrations en NO<sub>2</sub> identiques sur cette journée.

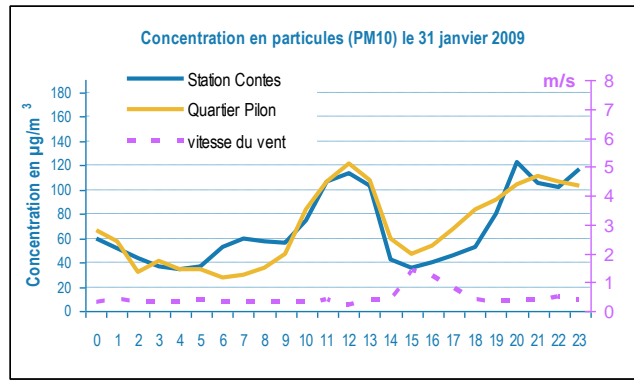
Ce pic en PM10 à 17h sur la station de Contes semble être un phénomène très local dont l'origine reste à déterminer (brûlage, feu, ...). A noter que le four de Lafarge était à l'arrêt ce jour.

On observe, sur les deux sites, deux pics consécutifs pouvant être associés aux déplacements automobiles.



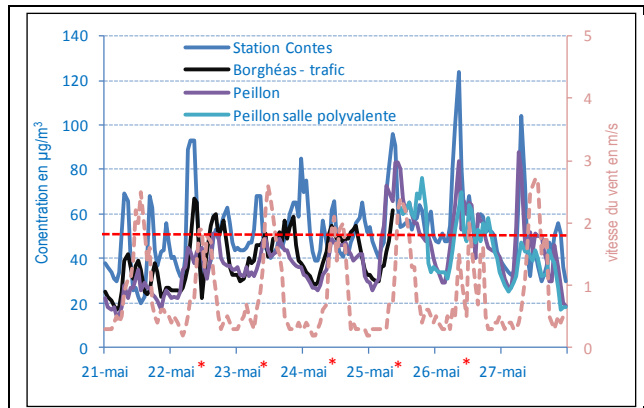
La journée du **31 janvier 2009** correspond à un des **maximums journaliers** observés sur la période de mesure, avec une concentration moyenne de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les deux sites. Les mesures des deux stations sont très bien corrélées. Les conditions atmosphériques défavorables associées aux émissions anthropiques ont induit de fortes concentrations en particules sur la vallée.

Les concentrations horaires nocturnes ont ainsi atteint 35 à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$  entre 5 et 7h, alors que l'on observe normalement une décroissance qui atteint une concentration de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Episode de pollution en particules à Contes du 22 mai au 26 mai 2009.**

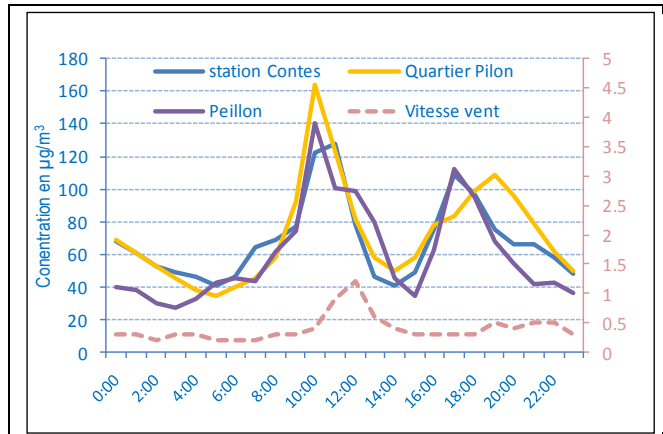
Les niveaux en particules augmentent progressivement à partir du 21 mai sur l'ensemble des sites des vallées, le site de Contes mesure des niveaux de pointe plus élevés à partir du 22 mai qui induisent des dépassements de la valeur limite journalière.



\* journée de dépassement de la valeur limite journalière à Contes

La journée du **20 novembre 2009**, correspond à une **moyenne journalière de  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Les niveaux en particules sur cette journée sont élevés sur les sites des deux vallées et sont très bien corrélés. Les conditions atmosphériques défavorables associées aux émissions anthropiques ont induit de fortes concentrations en particules sur la vallée.



#### 4.3.4. ETUDE DES MESURES PDR

Une campagne de mesure par pDR a été réalisée sur la vallée de Contes pendant une semaine du 23 octobre au 3 novembre 2009, chez un particulier situé en proximité de la RD15, de la carrière et de la cimenterie.



Trois pDR ont été positionnés sur le terrain :

- un en grande proximité du **trafic**, juste au dessus de l'axe routier ;
- un au fond du **jardin**, dans la zone la plus dégagée possible ;
- un sur le toit de la **station** de surveillance de Contes, plus au sud.

Les pDR sont des néphélomètres permettant de mesurer la concentration massique des particules en suspension dans l'air. Ils sont cependant sensibles à l'humidité dans l'air ambiant, c'est pourquoi un facteur correctif est appliqué dans le cas de forte humidité dans l'air ambiant induisant un biais difficile à évaluer.

De plus, des difficultés météorologiques importantes existent dans la mesure des particules du fait de leur nature très variable. Leurs compositions varient très sensiblement en fonction des sources à proximité et elles constituent un substrat pour des réactions chimiques complexes entre les phases solide, liquide et gazeuse.

Les données pDR sont comparées avec celles issues de la station fixe. **Les concentrations journalières** mesurées par la station fixe et le pDR sur la station ont une corrélation moyenne de  $R^2=0,63$ .

Les deux autres pDR (trafic et jardin) montrent que les concentrations en proximité de l'axe sont plus élevées de 5 à 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Néanmoins, Les variations moyennes observées durant la semaine, avec une augmentation progressive des concentrations, sont comparables sur l'ensemble des sites de mesure.

**Les concentrations horaires** mesurées avec les pDR sont moins bien corrélées avec la station ( $R^2=0,32$ ). Toutefois, les variations des minima horaires sont bien corrélées sur l'ensemble des sites.

Les pics mesurés par les pDR ne sont pas toujours bien corrélés sur tous les sites.

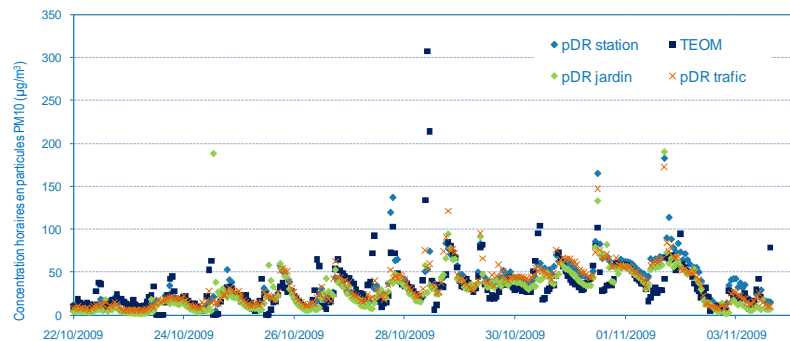
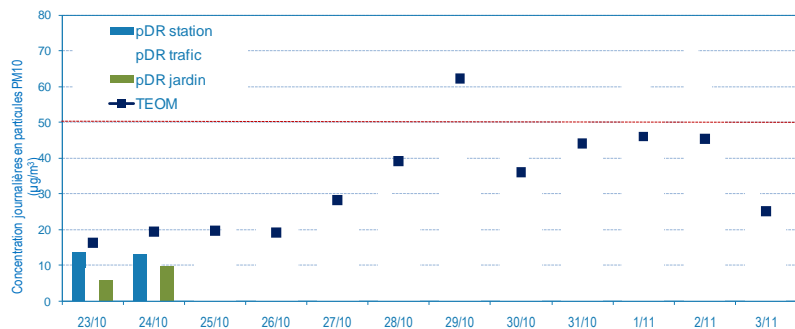


Figure 32 : Concentrations horaires et journalières en PM10 à Contes par pDR du 22/10 au 3/11/2009

**Les mesures par pDR** ont permis de montrer que les sites échantillonnés dans la vallée de Contes mesurent une évolution équivalente des minima horaires journaliers. Les sites "trafic" et la station de surveillance sont légèrement plus impactés que le site en fond de jardin. La détection des pics horaires est assez aléatoire en fonction des sites.

### 4.3.5. ETUDE DES MESURES LIDAR

Les mesures LIDAR ont été réalisées par la société Léosphère dans le cadre d'un programme d'études exploratoires sur la pollution particulaire sollicité par l'ADEME. Cette étude a été menée en collaboration avec trois AASQA (Atmo PACA, Ascoparg<sup>16</sup> et Coparly16). Dans le cadre de cette étude, plusieurs mesures LIDAR ont été réalisées sur les deux vallées des Paillons, à Contes et à Peillon. Ces résultats sont extraits du rapport d'étude rédigé par Léosphère<sup>[10]</sup> à l'attention de l'ADEME.

La première mesure a été réalisée le 9 décembre 2008 de 14h30 à 18h30. Les tirs sont orientés vers la cimenterie Lafarge de Contes. **L'altitude de tir par rapport au fond de la vallée est de 402 mètres.** Les cartographies représentent donc la répartition des particules à cette altitude.

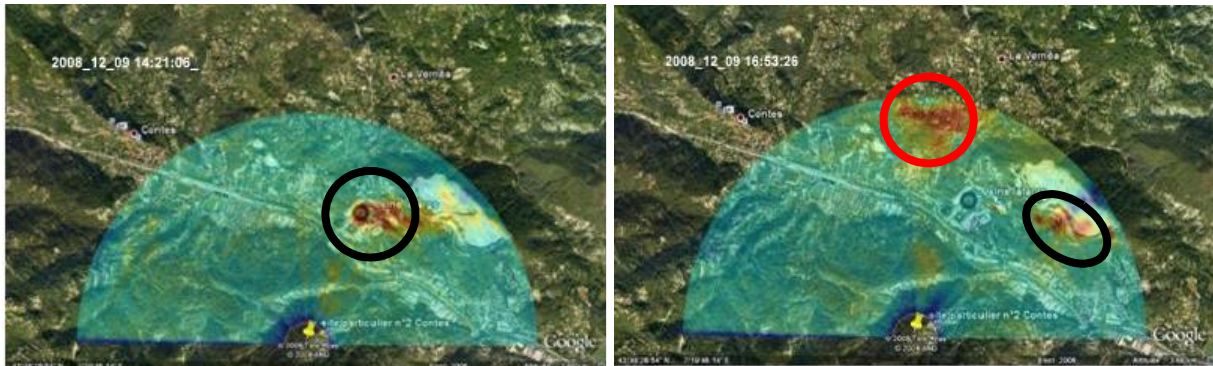


Figure 33 : Emissions de la cimenterie Lafarge (cerclé en noir) et feux de biomasses (cerclé en rouge)

Les panaches générés par les particuliers et par les industriels sont visibles sur les balayages horizontaux de la Figure 33. La cartographie de gauche révèle la présence d'un panache en provenance de la cimenterie Lafarge (cerclé en noir), celui de droite d'un panache issu d'une combustion sauvage de biomasse (cerclé en rouge). L'étendue du panache de la cimenterie Lafarge est de l'ordre de 500m, la mesure du LiDAR est effectuée à la hauteur du panache de la cimenterie.

Les balayages horizontaux des figures suivantes ont été obtenus le 12 décembre 2008. On aperçoit clairement sur ces balayages les panaches émis par la cimenterie, qui présentent un pouvoir dépolarisant significatif (cf. balayages de droite).

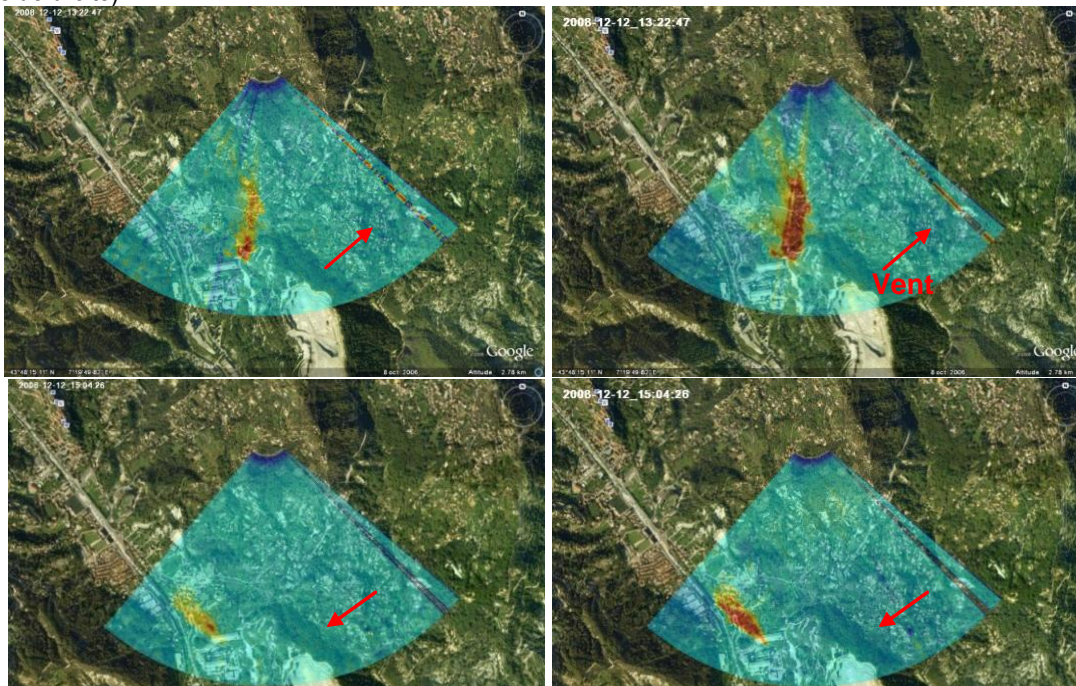


Figure 34 : Tir LiDAR du 12/12/08 à 13h22 et 15h04 (Gauche: Voie parallèle, Droite: Voie perpendiculaire)

<sup>16</sup> AASQA à Grenoble et à Lyon

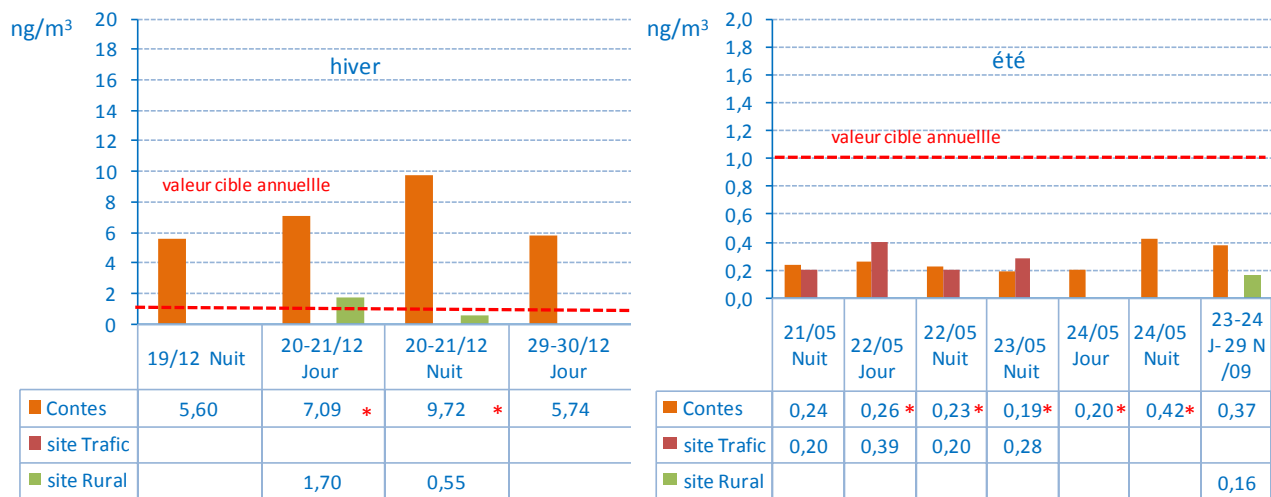
### 4.3.6. ANALYSE REGLEMENTAIRE DES COMPOSES CONSTITUTIFS DES PARTICULES

#### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

Les HAP constituent une classe particulière de composés organiques volatils en raison de leurs caractères cancérigène et mutagène. Dans le cadre de cette étude, 16 HAP<sup>17</sup> ont été analysés sur les filtres utilisés pour l'analyse statistique de contribution des sources.

Le benzo(a)pyrène B(a)P est un des HAP les plus toxiques. En effet, il est reconnu comme cancérigène pour l'homme par le CIIRC. Il est considéré comme traceur de la pollution en HAP. Une valeur cible annuelle de 1 ng/m<sup>3</sup> a été définie par la directive européenne n°2004/107/CE. La surveillance de ce composé sur les grandes agglomérations de la région PACA est en cours depuis 2009<sup>18</sup>.

L'analyse du BaP a été réalisée sur les 11 filtres ayant fait l'objet des analyses complémentaires, 7 de ces filtres<sup>19</sup> ont été prélevés pendant les périodes de dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>.



\*Période avec dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>

Figure 35 : Concentration en B(a)P à Contes

**L'hiver**, les niveaux en B(a)P à Contes sont nettement supérieurs à la valeur cible européenne avec 5,7 ng/m<sup>3</sup> durant les deux périodes sans dépassement. A titre de comparaison les maxima journaliers mesurés en 2009 en PACA sont de 3,7 ng/m<sup>3</sup> à Toulon, 2,2 ng/m<sup>3</sup> à Marseille, 1,7 ng/m<sup>3</sup> à Cannes et 1,4 ng/m<sup>3</sup> à Aix en Provence.

**L'été**, les niveaux sont plus faibles, ce qui correspond à la dynamique du B(a)P mesuré sur les agglomérations. Les niveaux en B(a)P à Contes, évoluant de 0,26 à 0,31 ng/m<sup>3</sup>, restent toutefois plus élevés que sur les agglomérations (~0,1 ng/m<sup>3</sup>).

Sur la vallée de Contes, les concentrations en B(a)P sont plus élevées que les niveaux mesurées sur les grandes agglomérations<sup>20</sup> de PACA durant les deux saisons, un risque de dépassement de la valeur cible existe donc dans la vallée.

Ces concentrations élevées en B(a)P peuvent en théorie être associées à une proportion plus importante de combustion de biomasse dans les vallées. Les situations météorologiques récurrentes d'inversion thermique favorisent également la concentration de ces polluants.

<sup>17</sup>Annexe 5 tableau 13

<sup>18</sup> [Atmo PACA mesures 2009 de B\(a\)P](#)

<sup>19</sup> Dépassements les 20 et 21 décembre 2008 et les 22, 23 et 24 mai 2009.

<sup>20</sup> Toulon, Aix, Cannes, Marseille

### Métaux Lourds réglementés

Certains métaux lourds sont soumis également à une réglementation dans l'air ambiant. Ils sont surveillés dans les principales agglomérations de la région PACA depuis 2009<sup>21</sup>. Les valeurs cibles annuelles fixées dans la directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004 sont : [As]=6 ng/m<sup>3</sup>, [Cd]=5 ng/m<sup>3</sup>, [Ni]=20 ng/m<sup>3</sup>. La directive 2008/50/CE admet pour le Plomb une valeur limite annuelle de 500 ng/m<sup>3</sup>.

Tableau 5 : Concentration en métaux lourds réglementés

Métaux lourds réglementés	Valeur cible annuelle ng/m <sup>3</sup>	Contes (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )									
		19/12 Nuit	20/12 Jour *	20/12 Nuit *	21/12 Jour *	23/12 Nuit	24/12 Nuit	29/12 Jour	29/12 Nuit	30/12 Jour	30/12 Nuit
Cadmium -Cd-	5	0,09	0,15	0,17	0,71	0,12	0,16	0,08	0,10	0,08	0,13
Arsenic -As-	6	0,68	1,00	0,47	0,98	1,53	1,61	0,67	0,72	0,44	0,76
Nickel -Ni-	20	1,4	2,8	1,0	1,7	20,1	22,2			2,4	2,1
Plomb -Pb-	500	6,1	9,4	10,2	26,0	8,0	9,4	6,7	10,9	7,3	9,0

\*Période avec dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>

Les concentrations estivales en arsenic, cadmium, nickel et plomb sont nettement plus faibles que celles mesurées dans les agglomérations de la région PACA.

Métaux lourds réglementés	Valeur cible annuelle ng/m <sup>3</sup>	Contes (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )			
		21/05 Nuit	22/05 Jour *	23/05 Nuit *	24/05 Nuit *
Cadmium -Cd-	5	0,03	0,02	<DL	0,01
Arsenic -As-	6	<DL	<DL	<DL	<DL
Nickel -Ni-	20	<DL	0,9	<DL	0,9
Plomb -Pb-	500	1,7	1,0	0,8	0,9

Sur l'hiver en revanche, les concentrations en arsenic et (pour les 23 et 24 décembre 2008) en nickel montrent des niveaux plus élevés que les niveaux habituellement observés en PACA. Pour l'arsenic, ils restent inférieurs à la valeur cible annuelle européenne de 6 ng/m<sup>3</sup>. Pour les concentrations en nickel des 23 et 24 décembre 2008, elles apparaissent nettement atypiques par rapport aux 8 autres filtres analysés.

Au vu des concentrations mesurées, les concentrations en métaux lourds (As, Ni, Cd, Pb) devraient<sup>22</sup> respecter les valeurs cibles européennes pour ces différents polluants.

<sup>21</sup> [Atmo PACA mesures 2009 en métaux lourds](#)

<sup>22</sup> Le nombre de prélèvement n'est pas suffisamment représentatif de l'année pour réaliser une comparaison avec les valeurs cibles européennes en B(a)P et métaux lourds, les critères de représentativité ne sont pas respectés.

## Synthèse

Les concentrations en particules PM10 sur la **station de Contes ne respectent pas la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> en 2008** mais **la respecte en 2009** avec 38 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. Le nombre de dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> est très important sur le site de Contes avec **95 dépassements en 2008** et **53 dépassements en 2009**, la **tolérance réglementaire de 35 dépassements dans l'année n'est donc pas respectée à Contes.**

### Etude des concentrations en particules, des sources et de la météorologie

Une variation des pointes de concentrations en particules est observée entre les jours ouvrés, samedi ou dimanche. Il existe une **bonne corrélation entre les trafics mesurés sur la RD15** et les pics de concentrations en particules. Toutefois, quelque soit le type de jour, la concentration horaire basse est significativement élevée : 30 µg/m<sup>3</sup>.

Les tirs LiDAR réalisés en altitude (**402 mètres**) ont détecté les particules présentes dans le **panache de la cimenterie**, mais également celles issues de **la combustion de biomasse.**

**Les conditions météorologiques dans le moyen pays niçois** (cf. 3) sont défavorables à la dispersion des polluants. Les pics horaires de concentrations en particules ont lieu principalement le matin avant la levée de la brise diurne, à 9h l'été et à 12h l'hiver (cf. Annexe 11). Le pic de concentration en fin de journée est plus marqué pendant la période hivernale.

### Etude de la répartition géographique des dépassements

**Les relevés réalisés dans le quartier du Pilon, au nord du site de la cimenterie, montrent que la représentativité de la station de Contes s'étend nettement au nord de la vallée de Contes.**

Les niveaux en particules à Contes sont légèrement plus élevés (+5 µg/m<sup>3</sup>) que sur le site rural de l'Escarène et le site trafic de Borghéas. Le site de Contes atteint des concentrations journalières plus élevées et dépasse la valeur réglementaire à plusieurs reprises, tandis que les deux autres sites mesurent des concentrations légèrement plus faibles, mais qui restent comprises entre 25 et 40 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations estivales élevées sur les sites trafic et rural indiquent une ou plusieurs sources de particules autres que les combustions locales durant cette période.

**Les résultats en dioxyde d'azote et en particules PM10** diffèrent selon les sites. Les variations en dioxyde d'azote sont bien corrélées avec la proximité d'un axe routier :

$$\text{NO}_2 \text{ trafic Borghéas} \gg \text{NO}_2 \text{ Contes} = \text{NO}_2 \text{ Quartier Pilon} \gg \text{NO}_2 \text{ rural Escarène.}$$

Les concentrations en particules PM10 sont en moyenne, supérieures de 5 µg/m<sup>3</sup> dans la vallée de Contes :

$$\text{PM10 Contes} = \text{PM10 Quartier Pilon} > \text{PM10 trafic Borghéas} \sim \text{PM10 rural Escarène.}$$

Les analyses chimiques réalisées sur le site de l'Escarène (Annexe 5) laissent à penser que les concentrations hivernales sont plus faibles que dans les vallées. Par conséquent, il est fort probable que la réglementation soit respectée pour ce site rural (moins de 18 dépassements journaliers).

### Autres composés réglementaires analysés :

**Les concentrations en B(a)P sur la vallée de Contes** sont plus élevées que celles mesurées sur les grandes agglomérations de PACA durant les deux saisons. Un risque de dépassement de la valeur cible existe donc dans la vallée pour ce polluant.

Durant la période hivernale, les concentrations en arsenic (pour les 23 et 24 décembre 2008) et en nickel montrent des niveaux plus élevés que les niveaux habituellement observés en PACA. Au vu des concentrations mesurées, **les concentrations en métaux lourds** (As, Ni, Cd, Pb) devraient respecter les valeurs cibles européennes pour ces différents polluants.

## 4.4. CARACTERISATION CHIMIQUE DES PARTICULES A CONTES

Les analyses chimiques réalisées par le LGGE et le LCP-IRA sur la phase particulaire ont permis d'**améliorer les connaissances sur la pollution particulaire dans cette vallée et de mieux comprendre les processus qui en sont à l'origine.**

Conformément au protocole proposé, la stratégie d'échantillonnage permet des collectes de filtres en parallèle sur des couples de sites. Les filtres analysés proviennent des prélèvements effectués à la station fixe de Contes (**41 filtres**, dont 22 l'hiver et 19 l'été), sur le site de typologie trafic de "Borghéas" (**44 filtres** dont 24 l'hiver et 20 l'été) et sur le site rural de référence à "l'Escarène" (**28 filtres** dont 12 l'hiver et 16 l'été). Le site trafic permet d'évaluer la contribution des émissions du trafic routier en proximité d'un axe tandis que le site « rural » permet d'évaluer la pollution dite de fond avec un minimum d'apport direct des sources d'émission. La sélection des filtres à analyser s'est appuyée sur les mesures automatiques de la station de Contes, afin d'étudier les **périodes (jours et nuits) correspondant à la constitution « moyenne » de l'aérosol** et **les périodes de fortes concentrations**. En raison des variations importantes de composition des particules entre les saisons, **les résultats sont présentés séparément pour les périodes hivernales et estivales.**

Les analyses<sup>23</sup> menées sur ces filtres ont porté sur les composés suivants :

- La phase carbonée : élémentaire (EC), organique (OC) et la fraction soluble du carbone organique (WSOC) ;
  - **EC, carbone élémentaire**, est principalement émis en zone urbaine majoritairement par le trafic routier (diesel) et en zone "rurale" par la combustion de biomasse (cheminée, chauffage, déchets verts, ...).
  - **OC, carbone organique**, peut avoir de multiples sources, anthropiques primaires (tous les types combustions, la remise en suspension de matière organique) ou secondaire (oxydation des COV anthropiques ou biogéniques). A partir des résultats de l'étude FORMES menée par le Laboratoire de Chimie de Provence, la Matière Organique, (OM) est calculée à partir du facteur de conversion suivant **OM = 1,67 x OC**.
  - **WSOC<sup>24</sup>, carbone organique soluble dans l'eau**, dont une part importante est d'origine secondaire<sup>25</sup>, peut aussi provenir de certaines émissions primaires. A proximité de sources telles que les émissions véhiculaires, la fraction soluble de OC peut représenter 10 % de OC<sub>total</sub>, alors que pour des particules « âgées<sup>26</sup> », elle peut en représenter plus de 70 %.
  - **Le lévoglucosan**, est une molécule de la phase carbonée issue de la dégradation de la cellulose lors de processus de combustion de biomasse (Simoneit et al. 1999, 2004<sup>[10]</sup>) constitue donc un des traceurs moléculaires pertinents pour évaluer la présence et la contribution des combustions de biomasse dans la composante carbonée des particules.
- La phase ionique : comprend chlorure (Cl<sup>-</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), magnésium (Mg<sup>2+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>). Ces espèces présentent des sources variées, depuis des émissions naturelles primaires jusqu'à une formation secondaire issue d'émissions anthropiques.
- La phase minérale, dite aussi crustale, est estimée à partir des concentrations en ion calcium (Ca<sup>2+</sup>), selon la méthode définie par Putaud et al, 2004 et appliquée dans le dispositif CARA<sup>[10]</sup> de l'INERIS. Elle est issue de plusieurs sources, telles que le ré-envol de particules terrigènes, la remise en suspension par le trafic routier, l'activité de la carrière dans la vallée et l'apport de particules sur de grandes distances.

<sup>23</sup> Les méthodes d'analyses sont détaillées en annexe 4

<sup>24</sup> WSOC : Water Soluble Organic Carbon

<sup>25</sup> La formation des particules secondaires est le résultat de la conversion de gaz atmosphériques en particules, ou de la modification en présence de ces gaz des particules « primaires », qui elles sont émises directement à la source.

<sup>26</sup> Particules âgées sont secondaires, elles sont issues de réaction chimiques et photochimiques. Elles sont généralement issues d'un transport sur de longue distance.



## SYNTHESE DES RESULTATS SUR CONTES

### 4.4.1 Période hivernale

#### Composition moyenne hiver des particules à Contes

- La composante carbonée « OC+EC » est atypique, elle représente en masse entre 50 et 90% des particules. Les concentrations élevées en EC, OC et le rapport plus faible de WSOC/OC indiquent la présence de particules issues de sources d'émissions locale associées à des combustions.
- Les concentrations en lévoglucosan sont élevées sur Contes. Elles ont une forte variabilité suivant les échantillons. Ces concentrations confirment la présence de sources issues de la combustion de biomasse.
- Les concentrations en fraction ionique sont faibles pour une période hivernale. Une diminution significative des concentrations en sulfates sur le site de Contes est mesurée entre les périodes de fonctionnement et de non fonctionnement de la cimenterie.
- La part crustale est importante sur les échantillons pour lesquels elle a pu être déterminée. Elle constitue en moyenne 22% de la masse des particules.

#### Composition lors des 4 dépassements<sup>27</sup> journaliers de la valeur limite en particules

- Nette augmentation des concentrations en Matière Organique (OM) : les concentrations en OC et EC plus élevées et le faible ratio WSOC/OC indiquent l'apport en particules de source de combustion locale.
- La concentration en lévoglucosan, lors de la journée du 21 décembre 2008, est élevée (1000 ng/m<sup>3</sup>) indiquant une contribution par des sources de combustion de biomasse.
- Les concentrations de la fraction ionique restent faibles. Toutefois les niveaux en ions sulfates et ammonium sont 2 à 3 fois plus importantes durant les périodes de fonctionnement de l'usine, notamment lors des 4 jours de dépassements.
- La concentration de la part crustale reste identique (22%) entre les périodes avec et sans dépassement de la valeur limite.

### 4.4.2 Période estivale

#### Composition moyenne été des particules à Contes

- La composante carbonée « OC+EC » est beaucoup plus faible qu'en hiver, représentant en masse 25% des particules, ce qui correspond au cycle saisonnier généralement observé. Les niveaux mesurés correspondent à un milieu urbain de vallée, avec cependant des concentrations en EC plus élevées. Le ratio WSOC/OC est identique à celui de la période hivernale, ce qui est atypique, et indique que la part carbonée des particules est principalement issue de sources de combustion locale.
- La concentration en lévoglucosan est très faible l'été sur les échantillons de Contes, à l'exception de quelques journées en mai (18/05, 21/05) et dans une moindre mesure pendant les 3 dépassements journaliers de la valeur limite.
- La fraction ionique est plus élevée l'été, elle représente 27% de la masse des particules. Les concentrations en sulfates, nitrates et ammonium sur Contes sont identiques à celles des deux autres sites trafic et rural. Tandis que les niveaux en calcium (Ca<sup>2+</sup>) sur Contes sont les plus élevées, indiquant une part crustale importante.
- La part crustale est prédominante, elle constitue de 44% la journée à 53% la nuit de la masse des particules.

#### Composition lors des 3 dépassements<sup>28</sup> de la valeur limite

- La phase carbonée mesurée n'est pas plus importante, il ne semble donc pas y avoir plus de particules issues des sources locales de combustions.
- La concentration en lévoglucosan indique sur ces journées la présence de combustion de biomasse mais en faible quantité. La contribution de la combustion de biomasse, est étudiée dans l'étude CMB (cf. 4.5).
- La phase ionique, avec 27 et 21%, reste constante pendant les dépassements.
- La phase crustale est nettement prépondérante avec 59% de la masse des particules, elle constitue la source principale du dépassement.

<sup>27</sup> Les 20, 21, 23 et 24 décembre 2008.

<sup>28</sup> Les 22, 23 et 24 mai 2009

### 4.4.1. PERIODE HIVERNALE

Les résultats en période hivernale de la composition chimique des particules à la station de Contes sont présentés dans la Figure 36, ci-dessous. Ils indiquent, pour chaque filtre analysé, l'ensemble des espèces prépondérantes dans la phase particulaire PM10.

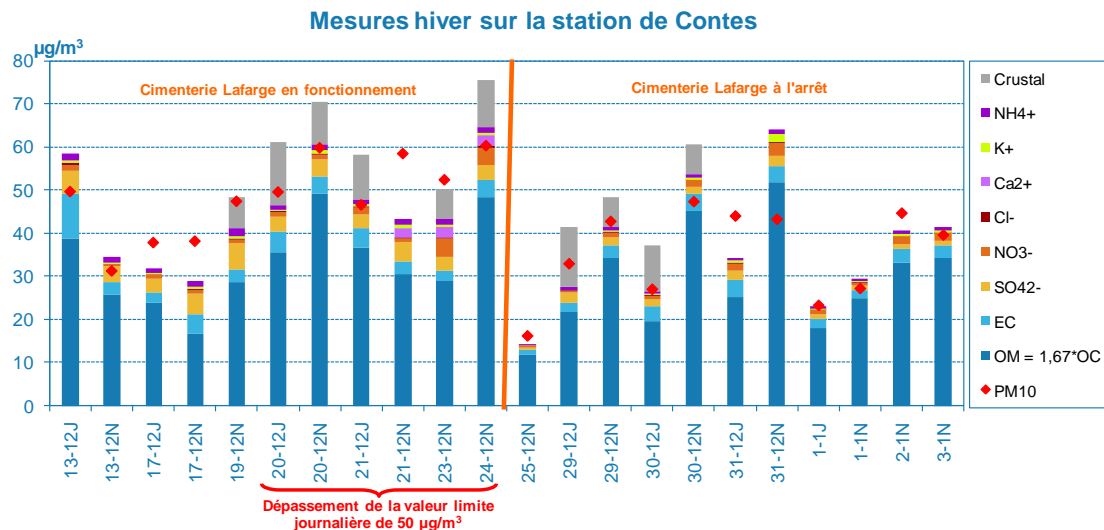


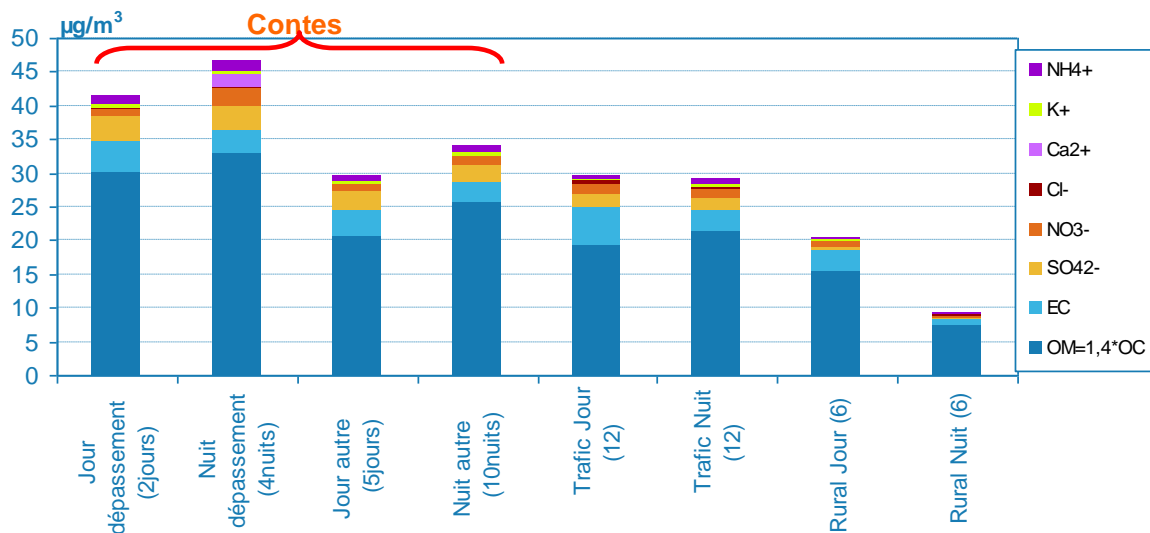
Figure 36 : Composition des particules (PM10) à Contes, campagne hiver

Les analyses de caractérisations chimiques indiquent une **prédominance forte de la matière carbonée**. La phase carbonée « EC + OM » est nettement prépondérante puisqu'elle représente en masse entre 50 % et 90 % des particules PM10.

La part minérale, dite crustale, est estimée à partir des concentrations en métaux selon la méthode décrite en Annexe 10. Les estimations calculées sur dix des prélèvements permettent de montrer que **la part crustale est la seconde composante après la phase organique, avec un pourcentage en masse de l'ordre de 22% des particules**.

Selon les périodes de mesure, les concentrations et parfois les contributions de chaque espèce chimique varient. Ceci est dû aux variations d'intensité dans l'activité des sources d'émissions présentes dans la vallée, mais aussi aux conditions météorologiques (cf. 3) favorables ou non à l'accumulation des particules selon les périodes de prélèvement.

#### ETUDE DES CONCENTRATIONS EN FONCTION DES SITES DE PRELEVEMENT



Composition des particules PM10 en µg/m <sup>3</sup>		Station de Contes				Site trafic Borghéas		Site rural l'Escarène	
		Périodes de dépassement		Autres		Jour (12)	Nuit (12)	Jour (6)	Nuit (6)
		Jour (2)	Nuit (4)	Jour (5)	Nuit (10)				
Phase Carbonée	EC	4.7	3.3	4	3	5.5	2.9	3.1	0.6
	OC	21.6	23.5	14.7	18.3	13.9	15.3	11.1	5.4
	(OC+EC)/PM10	55%	47%	52%	57%	-	-	-	-
	WSOC	9.7	11.4	7	8.8	4.7	7.4	4.3	2.7
	WSOC/OC	45%	48%	48%	48%	34%	48%	40%	49%
Phase ionique	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.1	2.6	1	1.2	1.5	1.2	0.7	0.3
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.5	3.7	2.7	2.4	1.9	1.9	0.4	0.4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.1	1.3	0.9	0.9	0.5	0.7	0.3	0.2
	Cl <sup>-</sup>	0.3	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1
	K <sup>+</sup>	0.5	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1
	% ion/PM10	14%	18%	14%	14%	-	-	-	-
Phase minérale	Crustal	12.4	9.3	12.3	7.1	-	-	-	-
	% Crustal/PM10	26%	16%	34%	19%	-	-	-	-
	Lévoglucosan	0.7	0.58	0.46	0.55	0.24	0.41	0.89	0.5

■ - composante élevée et prédominante dans la composition des particules ;

■ - composante faiblement représenté pour une période hivernale.

Figure 37 : Comparaison jour/nuite des compositions en particules sur les sites de Contes, Trafic et Rural.

- **La part de la composante carbonée (>50%)** est atypique en comparaison des concentrations généralement mesurées et collectées dans la littérature. Des contributions moyennes supérieures à 30% ont été mesurées uniquement dans des vallées alpines (37% et 46%) ou en proximité d'une importante artère de circulation.

Les concentrations en EC mesurées à Contes correspondent aux niveaux moyens rencontrés sur des sites urbains en vallée alpine. Comparé aux sites trafic et rural de l'étude, la concentration en EC souligne un apport de particules issues de sources locales de combustion (industrie, trafic et biomasse). Sur les autres sites, les variations importantes de concentration en EC entre les périodes jours et nuit, peuvent être associées aux variations du trafic routier (4.1).

Les concentrations en OC et en WSOC mesurées à Contes sont élevées et à l'origine de la part importante de la phase carbonée. Elles correspondent à un niveau urbain de vallée alpine. Le rapport WSOC/OC, hors période de dépassement, est de 48%, il est dans le même ordre de grandeur que le site de Peillon, le site trafic durant la nuit et le site rural. La proportion plus faible de WSOC/OC indique généralement un apport de particules par une source de combustion plutôt locale.

- **La fraction ionique** représente sur les trois sites une faible part des particules pour une période hivernale. Pour l'ensemble de ces ions, les concentrations les plus faibles sont mesurées sur le site rural, ce qui conforte le choix de ce site comme étant représentatif d'une atmosphère de fond peu impacté par une pollution atmosphérique. Pour les deux autres sites (contes et Trafic), les sulfates prédominent sur les nitrates, ce qui pourrait indiquer un impact de combustions industrielles liées aux fuels lourds ou de coke.

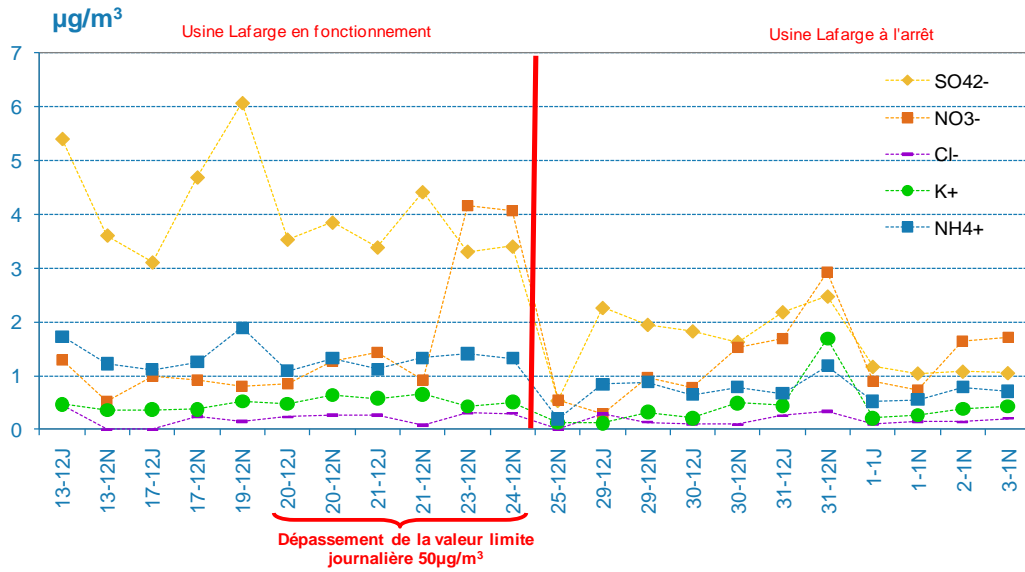


Figure 38 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Contes

Sur le site de Contes, une diminution significative des concentrations en sulfate et ammonium est mesurée entre les périodes de fonctionnement ( $SO_4^{2-} = 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $NH_4^+ = 1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et de non fonctionnement de la cimenterie ( $SO_4^{2-} = 1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $NH_4^+ = 0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Trois échantillons mesurent également des concentrations en ion nitrate ( $NO_3^-$ ) beaucoup plus importantes les 23 nuit, 24<sup>29</sup> nuit et 31/12 Nuit.

- **Les concentrations en lévoglucosan** varient de façon importante sur les trois sites. Les teneurs dépendent des conditions météorologiques et de la présence ou non de sources locales de combustion de biomasse.

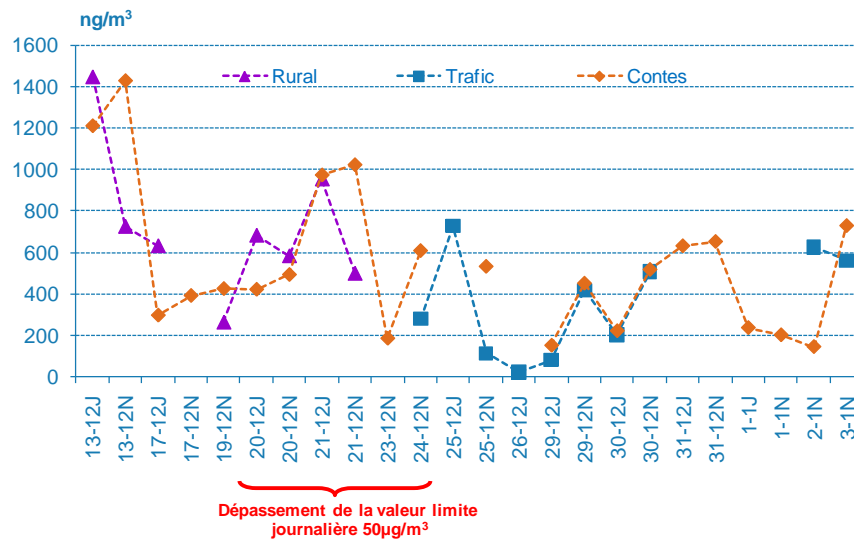


Figure 39 : Evolution des concentrations en lévoglucosan

<sup>29</sup> La valeur élevée en ion  $NO_3^-$  a également été mesuré sur le site trafic

A quelques échantillons près, les différents sites mesurent des concentrations en lévoglucosan très similaires, indiquant sur plusieurs journées la présence de particules issues de combustion de biomasse. La station de Contes présente une variabilité importante des concentrations en lévoglucosan 150 à 1 430 ng/m<sup>3</sup>. Les contributions des sources seront étudiées dans le cadre de l'étude de sources par CMB.

- **La phase crustale estimée** sur le site de Contes représente de 13 à 42% de la masse des particules. Les concentrations en périodes de nuit sont deux fois moins élevées que durant la journée.

**ETUDES DES JOURNEES ATYPIQUES SUR LES CONCENTRATIONS MESUREES A CONTES**

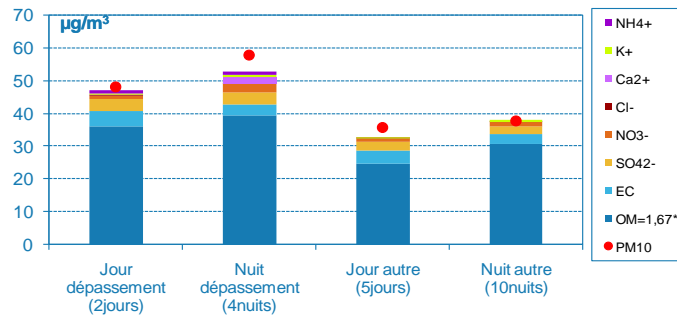
- Les 13/12 J & N : les fortes concentrations en lévoglucosan à Contes et les mesures en EC de 10,5 µg/m<sup>3</sup> sur cette journée indiquent la présence d'une source de combustion de biomasse significative ou en grande proximité de la station de mesure.
- Le 25/12 N est une journée atypique avec des vents forts, une forte pluie et des concentrations en particules PM10 très faibles (16 µg/m<sup>3</sup>). Les concentrations de l'ensemble des composées sont également très faibles, correspondant à une atmosphère très propre dans la vallée.
- Les 21/12 J & N : Cette journée de dépassement de la valeur limite de 50 µg/m<sup>3</sup> a mesuré des concentrations en lévoglucosan importantes (1 000 ng/m<sup>3</sup>), indiquant la présence de particules issues de combustion de biomasse, ce qui semble être moins le cas des autres journées enregistrant un dépassement (20, 23, 24/12).

**ETUDE DES JOURS DE DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE**

La figure, ci-dessous, présente la composition chimique des particules moyennée par période de prélèvement (jour ou nuit) et en fonction des jours où les concentrations mesurées en PM10 ont dépassé la valeur limite journalière. Quatre dépassements de la valeur limite journalières (50 µg/m<sup>3</sup>) ont eu lieu sur Contes au cours de cette campagne les 20, 21, 23 et 24 décembre.

- **Les concentrations en Matière Organique (OM)** sont en moyenne supérieures de 8 à 10 µg/m<sup>3</sup>, en comparaison des jours sans dépassement, soit +30% la nuit et +50% sur la journée.

Pendant les dépassements, les concentrations en matière organique totale sont donc plus élevées. Cependant, leurs proportions en masse sont plus faibles la nuit. Cela indique, de fait, une part plus importante d'autres sources en particules :

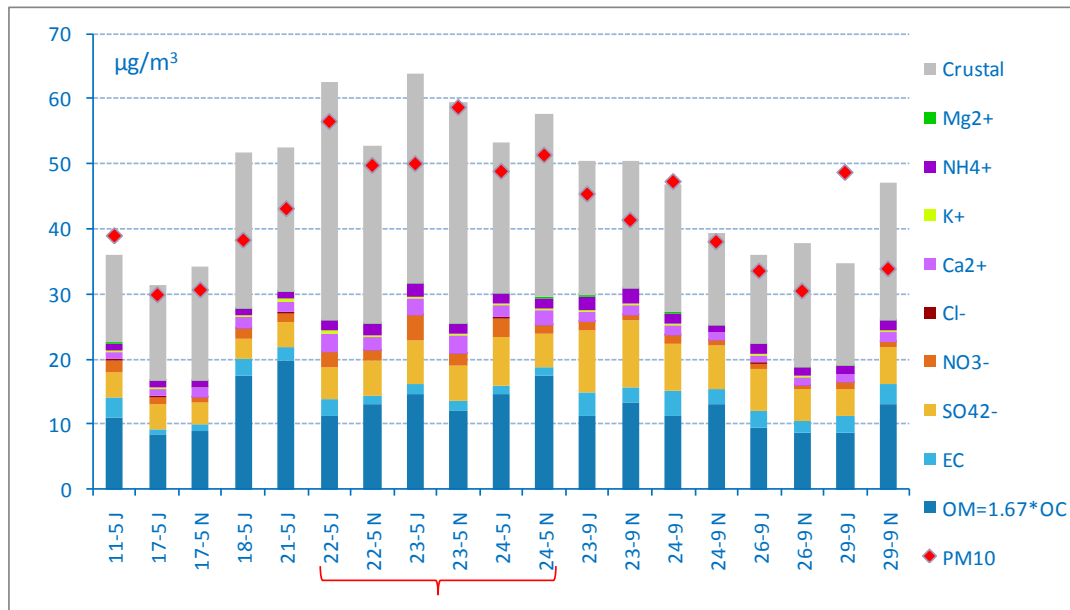


**Figure 40 : Composition chimique des particules à Contes – Distinction des jours avec dépassements de la valeur limite.**

- **La phase crustale** n'a pu être déterminée que sur dix des prélèvements (Figure 36), elle montre une concentration homogène entre les périodes de dépassement et hors dépassement, avec une concentration moyenne 12 µg/m<sup>3</sup> la journée et de 7 à 9 µg/m<sup>3</sup> la nuit.
- **La phase ionique** reste faiblement représentée, toutefois les concentrations en ions sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sont plus importantes sur les périodes de fonctionnement de la cimenterie, notamment durant les quatre jours de dépassements de la valeur limite.
- Les concentrations en ion nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont plus élevées les nuits du 23 et du 24 décembre. Le site trafic mesure également un pic de concentration en nitrate la nuit du 24 décembre, indiquant qu'il ne s'agit pas d'un phénomène local.
- **Les concentrations en lévoglucosan** sont élevées durant la journée du 21 décembre (1 000 ng/m<sup>3</sup>) indiquant une source potentielle de particules issues de combustion de biomasse.

### 4.4.2. PERIODE ESTIVALE

Les résultats de la composition chimique des particules à la station de Contes en été sont présentés avec la figure ci-dessous. Ils montrent, pour chaque filtre analysé, l'ensemble des espèces prépondérantes dans la phase particulaire PM10 durant la période estivale.



3 journées dépassant la valeur limite journalière (50 µg/m³)

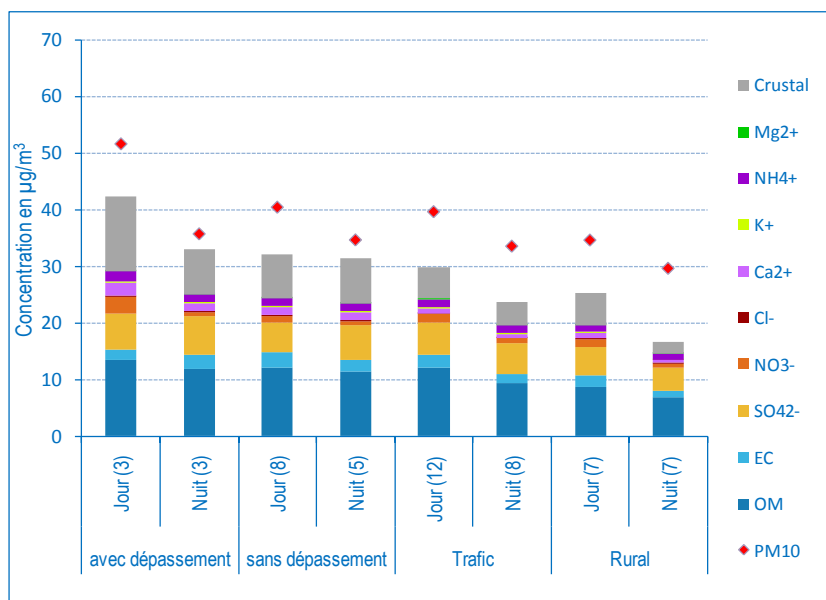
Figure 41 : Composition des particules (PM10) à Contes, campagne été

Les concentrations en particules sur la période de prélèvement estivale à Contes restent élevées, durant 3 jours la valeur limite journalière de 50 µg/m³ a même été dépassée.

La fraction crustale est prédominante sur la période estivale et représente en moyenne 51% de la masse des particules PM10.

La matière carbonée (OM+EC) représente en moyenne 34% de la masse des particules, cette variation saisonnière marquée correspond à celle observée dans le cadre d'autres études de caractérisation chimique des particules (POVA et dans les vallées Alpines et en Suisse (Putaud et al. 2004<sup>[10]</sup>).

#### ETUDE DES CONCENTRATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTS SITES



Composition des particules PM10 en µg/m <sup>3</sup>		Station de Contes				Site trafic Borghéas		Site rural l'Escarène	
		Avec dépassement		Sans dépassement		Jour (12)	Nuit (8)	Jour (7)	Nuit (7)
		Jour (3)	Nuit (3)	Jour (8)	Nuit (5)				
Phase Carbonée	EC	1.8	1.5	2.7	2.1	2.2	1.5	2.0	1.0
	OC	8.1	8.4	7.3	6.8	7.3	5.7	5.3	4.2
	<b>(OC+EC)/PM10</b>	<b>19%</b>	<b>19%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>	24%	21%	21%	17%
	WSOC	3.9	4.1	3.5	3.1	3.3	2.7	2.7	2.9
	<b>WSOC/OC</b>	<b>48%</b>	<b>49%</b>	48%	46%	46%	48%	52%	70%
Phase ionique	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	1.5	1.3	0.8	1.4	0.9	1.4	0.8
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6.4	5.2	5.2	6.1	5.8	5.6	5.0	4.1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.7	1.7	1.3	1.3	1.5	1.5	1.2	1.1
	Cl <sup>-</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
	Ca <sup>2+</sup>	<b>2.4</b>	<b>2.3</b>	1.4	1.4	1.0	0.7	1.0	0.4
	K <sup>+</sup>	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
	<b>% ion/PM10</b>	27%	21%	24%	29%	26%	27%	26%	23%
Phase minérale	Crustale	30.6	29.9	18	18.4	13	9.2	12.9	5.5
	<b>% Crustale/PM10</b>	<b>59%</b>	<b>56%</b>	<b>44%</b>	<b>53%</b>	33%	27%	37%	17%
Traceur biomasse	Lévoglucosan	<b>0.151</b>	<b>0.228</b>	<b>0.221</b>	0.071	<b>0.139</b>	0.049	0.008	0.015

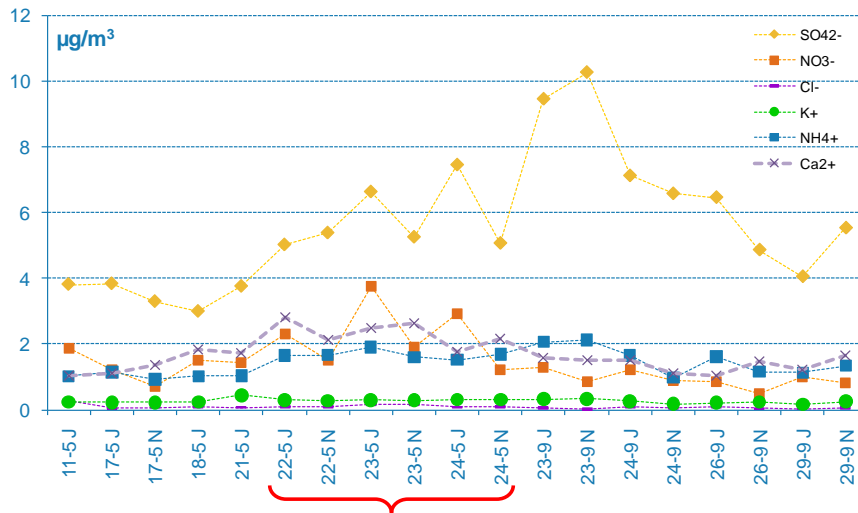
Figure 42 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites

- **La part de la composante carbonée « OC+EC »** par rapport à la concentration en particules PM10 est nettement plus faible que durant la période hivernale.

Les concentrations en EC et OC dans la vallée de Contes l'été correspondent à un milieu urbain de vallée tel que Chamonix (EC<sub>été</sub>: 1.1, OC<sub>été</sub>: 6.3 µg/m<sup>3</sup>), avec des concentrations en EC plus élevées.

Le ratio WSOC/OC est en moyenne le même que durant la période hivernale (48%), indiquant que la part organique des particules ne semble pas plus issue de particules secondaires. A l'inverse du site rural de l'Escarène, qui avec un ratio WSOC/OC de 70% la nuit, correspond principalement à des particules plus âgées issues d'un processus de formation secondaire. Par conséquent sur Contes, la présence de sources d'émissions locales de type combustion est identifiée sur la période estivale.

- **Les concentrations de la fraction ionique** représentent sur l'ensemble des sites une part beaucoup plus importante de la composition des particules, de 18 à 30% selon les échantillons. La figure suivante présente les concentrations des principales espèces ioniques constitutives des aérosols sur la station de Contes.



3 journées dépassant la valeur limite journalière (50 µg/m³), la cimenterie fonctionnait pendant tous les prélèvements.

Figure 43 : Concentrations des ions majeurs de la phase particulaire à Contes

Sur les périodes de mesure, les ions majoritairement présents parmi les particules fines de la vallée de Contes sont :

- les sulfates, indicateurs d'émissions industrielles générées par l'utilisation de dérivés du pétrole non raffiné,
- les nitrates, indicateur des émissions des véhicules à moteur et le calcium, indicateur d'une part crustale.

Les concentrations et les variations observées sur le site de Contes pour les sulfates, nitrates et ammonium le sont également sur les deux autres sites trafic et rural.

- Pour le calcium, les concentrations sont plus élevées sur le site de Contes, indiquant un impact plus important des sources crustales en particules.

- **La phase crustale** estimée sur le site de Contes est élevée avec 44% des PM la journée et 53% la nuit. Il s'agit de la part prédominante des particules mesurées, puisque la part crustale observée est généralement plutôt comprise entre 0 et 20% (POVA).

- **Les concentrations en lévoglucosan** sont faibles sur la période estivale en raison de l'absence de chauffage urbain et à l'interdiction<sup>30</sup> des brûlages sur la période rouge qui s'étend du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre 2009. Pendant le mois de mai, deux journées spécifiques ont mesurées une concentration en lévoglucosan indiquant une combustion de biomasse sur le site de Contes, le 18-05 et le 21-05. Sur les autres prélèvements les concentrations sont plus faibles et correspondent aux concentrations moyennes mesurées pendant l'été (Puxbaum 2007<sup>[10]</sup>). Il est intéressant de noter que sur le mois de mai, les concentrations en lévoglucosan montrent des combustions de biomasse, tandis qu'au mois de septembre, période rouge et absence de chauffage, les concentrations en lévoglucosan sont très faibles.

<sup>30</sup> Arrêté préfectoral du 19 juin 2009



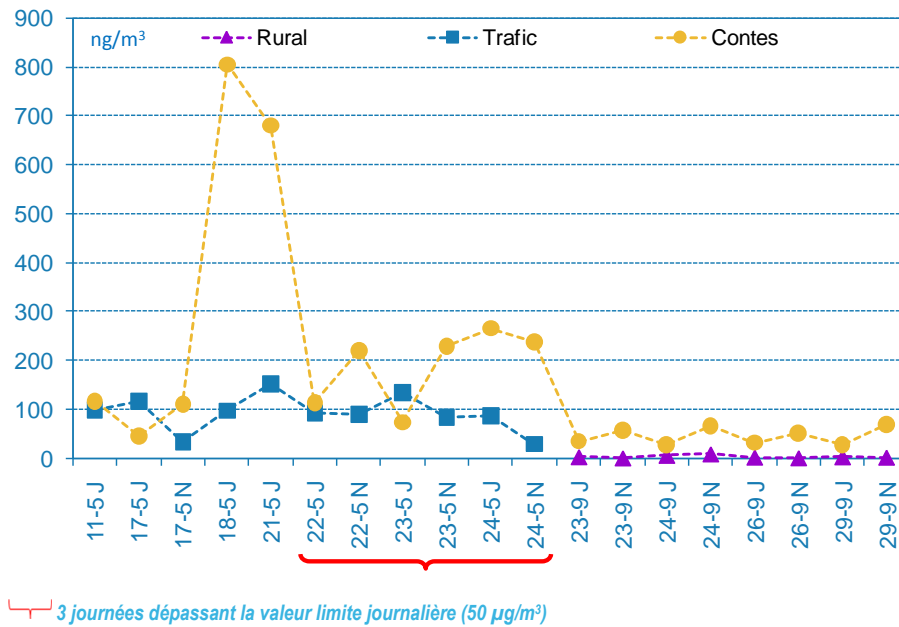


Figure 44 : Concentration en lévoglucosan (ng/m³)

#### ETUDE DES JOURS DE DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE

Sur la période échantillonnée, 3 journées ont dépassé la valeur réglementaire de (50 µg/m³), elles ont toutes également été étudiées dans le cadre de la CMB (4.5).

- Les concentrations en EC, OC et WSOC restent proches des mesures réalisées sur les journées sans dépassements. Il ne semble donc pas y avoir sur ces journées une part plus importante de particules primaires issues des sources de combustion locale.
- La phase ionique, avec 27 et 21% de la masse des particules. L'augmentation des concentrations en ions sulfates et nitrates sont également mesurés sur les sites rural et trafic. Le site de Contes enregistre une concentration plus élevée en calcium (Ca<sup>2+</sup>) durant cette période de dépassement, ce qui est un indicateur d'une source crustale locale plus importante.
- La concentration moyenne en lévoglucosan sur les périodes de dépassements est de 190 ng/m³, elle est nettement plus faible que durant la période hivernale, mais reste plus élevée que les niveaux moyens mesurés sur les sites rural et trafic, indiquant la présence de combustion de biomasse.
- La phase crustale est très nettement prépondérante pendant les dépassements elle atteint 59% de la masse de particules.

## 4.5. CONTRIBUTION DES SOURCES PRIMAIRES AUX PARTICULES PM10 DANS LA VALLEE DE CONTES

### 4.5.1. METHODOLOGIES EMPLOYEES

Les contributions des sources primaires au PM10 ont été calculées à l'aide de deux approches ; l'une permettant d'accéder à la fraction crustale et l'autre, approche Chemical Mass Balance (CMB), destinée à quantifier les autres principales sources primaires. Ces deux approches sont détaillées en Annexe 9 et Annexe 10.

Brièvement, l'**approche CMB**<sup>31</sup> est basée sur la déconvolution des empreintes chimiques établies pour une série de marqueurs de sources organiques (lévoglucozan, mannosan, hopanes, alcanes linéaires, HAP) et métalliques (Ni, V et Pb). Elle constitue la méthodologie la plus robuste existant pour des échantillons de particules collectées ponctuellement et sur une période d'observation de courte durée. Considérée comme méthode de référence par US EPA, l'approche CMB, telle qu'utilisée dans le cadre de cette étude, bénéficie de l'optimisation et des développements réalisés au cours du programme FORMES (*Favez et al, 2010, El Haddad et al 2010a, 2010b*<sup>(10)</sup>). Toutefois, aucune méthodologie d'estimation des sources ne peut être considérée comme absolue. Elles souffrent toutes d'incertitudes et les hypothèses pour leur mise en œuvre demeurent nombreuses. Pour la CMB, la principale limitation réside dans la connaissance préalable des sources d'émissions et de leurs empreintes chimiques. Si les sources telles que la combustion de biomasse où les émissions véhiculaires sont très bien contraintes dans la littérature, les empreintes chimiques des sources ponctuelles telles que les sources industrielles sont étroitement liées à l'activité industrielle elle-même et donc, par conséquent, très variables. Sans étude dédiée, il est donc très délicat d'extraire la contribution d'une source industrielle donnée. Dans le cadre de cette étude, ne disposant pas d'empreintes chimiques fiables pour les industries présentes dans les vallées, la contribution spécifique de ces sources n'a pas été mise en évidence. Seule la combustion de fuel lourd a pu clairement être identifiée et quantifiée sur les sites de Contes et Peillon au cours de la campagne de prélèvement hivernale. Les sources primaires pouvant être déconvoluées avec un excellent niveau de confiance ( $\pm 20\%$  sur la concentration calculée) sont :

- **Combustion de biomasse** (chauffage résidentiel et combustion de déchets verts)
- **Emissions véhiculaires**
- **Débris d'origine végétale**
- **Combustion de gaz naturel**

La méthodologie employée, les principaux points de contraintes et les incertitudes associées à l'approche CMB sont présentées en Annexe 9.

La **fraction crustale**, c'est-à-dire liée à la remise en suspension de matériaux inorganiques divers (aluminosilicate, carbonate de calcium, poussière de routes...), particulièrement importante pour la fraction PM10, a été estimée selon plusieurs approches développées en Annexe 10. Bien que d'apparence plus simple, le calcul de la contribution de la fraction crustale demeure complexe et sujet à incertitudes. Au cours de cette étude nous avons travaillé selon 2 voies. La première, communément utilisée et souvent considérée comme une méthode de référence (*Marelli, 2007*<sup>(10)</sup>), se base exclusivement sur les concentrations en calcium soluble ( $nssCa^{2+}$ ) auquel est appliqué un facteur (généralement 5.6 ; *Putaud et al, 2004*<sup>(10)</sup>) pour estimer la fraction crustale globale. Cette approche ne peut cependant pas être considérée comme totalement satisfaisante. Elle suggère en effet une nature chimique très homogène des particules constitutives de cette fraction. Si cette hypothèse peut être formulée à une échelle spatio-temporelle relativement restreinte, elle est difficilement formulable à l'échelle d'un pays ou d'un continent. Afin de tenir compte de la complexité chimique de cette fraction, une approche basée sur l'aluminium (Al), le silicium (Si), le calcium (Ca), le fer (Fe) et le titane (Ti) a été développée à partir des données disponibles sur les métaux (Annexe 10). Un résultat connexe à cette étude de la fraction crustale met en évidence que le ratio fraction crustale/ $Ca^{2+}$  est plutôt de l'ordre de 13 l'été et 7 l'hiver dans l'environnement étudié au lieu de 5.6 (valeur habituellement utilisée).

Les contributions figurant dans ce document correspondent aux meilleures estimations possibles pouvant être déduites de l'information chimique extraite des échantillons collectés.

<sup>31</sup> CMB : Composant Mass Balance.

## SYNTHESE

### Contribution moyenne des sources en particules à Contes

- Les sources crustales représentent en moyenne **49% l'été et 23% l'hiver de la masse des particules**. **Durant les 3 dépassements estivaux** elles atteignent **51% de la masse des particules**. Cette fraction est significativement plus élevée que celle habituellement mesurée en Europe, dont la moyenne annuelle est comprise entre 4 et 28% de la masse des PM10 (Putaud et al (2010) <sup>[10]</sup>). Les sources en particules crustales identifiées dans la vallée regroupent : les activités de la carrière, la remise en suspension de particules crustale par le trafic, ainsi que l'érosion des sols par le vent.
- Les sources véhiculaires représentent **11% l'été et 19% l'hiver de la masse des particules**, ce qui est une contribution élevée pour une vallée qui dessert 9 000 habitants. A titre de comparaison, la contribution estivale correspond à celle de Marseille, et la contribution hivernale est supérieure à celles de Rouen (10%), Lyon (11%) et Grenoble (10%).
- La fraction secondaire inorganique, représente **15% l'été et 12% l'hiver**, elle est principalement influencée par le transport longue distance des particules, et l'été par la formation de particules via des réactions photochimiques. La faible proportion de cette fraction, comparativement au 30% observés dans les environnements ruraux du sud de l'Europe en été, indiquerait donc que l'influence des sources locales est prépondérante.
- La combustion de bois est faible l'été (**2%**) et très bien identifiée l'hiver, ou elle représente en moyenne **18% de la masse des particules**. Cette contribution hivernale est classique, elle reste toutefois inférieure à celles déterminées dans les grands centres urbains (ex : Lyon 35%).
- La contribution d'origine végétale dans le cadre des dépassements hiver **est inhabituellement élevée avec 7% de la masse des particules**. Elle est probablement à mettre en relation avec des combustions de déchets verts, bien qu'elles n'aient pas été déconvoluées par la méthodologie CMB. Cette part reste marginale sur les autres échantillons analysés.
- Combustion de fuel lourd, a pu être identifiée en quantité significative sur le prélèvement composite du 20 et 21 décembre (jour), correspondant à deux journées avec dépassement de la valeur réglementaire. **La contribution ces jours là est estimée à 18.5% de la masse des PM10**,
- La contribution de la combustion de gaz naturel est de 3% en moyenne l'hiver, elle est négligeable l'été.
- Enfinement, la catégorie « Autre Matières Organique » correspond à la matière organique non identifiée. **Elle représente en moyenne 17% l'hiver et 20% l'été de la masse des particules**. Les mêmes proportions sont observées sur Marseille. En raison des limites de la méthodologie utilisée, elle contient les sources dont les profils sources adaptés n'existent pas encore, tel que la fraction biogénique secondaire et la source de combustion du four de la cimenterie.

Les contributions des sources, étudiées dans la vallée de Contes, varient significativement entre les périodes estivale et hivernale en fonction des activités locales et saisonnières (chauffage au bois, particules secondaires). Les dépassements et les concentrations en particules mesurées pendant les différentes périodes sont tributaires de deux autres facteurs prépondérants :

- **Les phénomènes météorologiques** dans les vallées (cf. 3) sont régulièrement favorables à l'accumulation des polluants. Les conditions d'inversion thermique hivernale sont particulièrement propices à l'accumulation des polluants proche du sol. Ces phénomènes induisent une augmentation des concentrations en particules dans l'air ambiant, la proportion des différentes sources restant alors dans les mêmes ordres de grandeur.
- **Des sources ponctuelles d'émissions** en particules ont été identifiées comme pouvant aggraver significativement les dépassements, tel que des sources crustales (51%), les combustions fuel lourd (18.5%), et contribution végétale (7%) associée à du brûlage de déchets verts. Ces sources ponctuelles ont un impact d'autant plus significatif que les conditions météorologiques défavorables à la dispersion sont réunies.

## 4.5.2. RESULTATS DES ANALYSES DE CONTRIBUTION A CONTES

Sur le site de Contes l'analyse des contributions de sources a porté sur un total de 11 échantillons (4 en hiver et 7 en été), dont 4 échantillons composites (association d'échantillons individuels). Ces échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique poussée en termes de marqueurs organiques et métalliques. L'ensemble des résultats pour les concentrations des différents marqueurs est présenté dans les tableaux en Annexe 5 et tableau 13 et en Annexe 6 (Tableau 14 et Tableau 15) pour les contributions des sources à Contes.

Une synthèse des contributions de sources est présentée Figure 45 pour les deux saisons étudiées. Elle distingue la valeur moyenne sur les échantillons analysés des valeurs moyennes calculées pendant et hors périodes de dépassement de seuil réglementaire pour les PM10 (ie.  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 24h).

Pour les deux saisons, un très bon accord entre PM10 mesuré et PM10 reconstitué à partir des contributions de sources est observé (écart relatif compris entre 1 et 8%). Compte tenu des incertitudes et des hypothèses formulées pour le calcul des contributions, ce résultat est en soit significatif et apporte un bon niveau de confiance sur la quantification des principales sources de l'aérosol.

**Pendant la période estivale**, la source principale de l'aérosol est la remise en suspension de **matériaux crustaux** représentant en moyenne 49.2% de la masse des PM10 reconstituée. Ce résultat est très probablement le point le plus important puisque la contribution de cette fraction est très significativement plus élevée que celle déterminée pour l'ensemble des 60 environnements européens recensés dans l'article de synthèse de Putaud et al 2010 pour lesquels la fraction crustale représente entre 4 et 28% de la masse des PM10 en moyenne annuelle. Pour les environnements ruraux du Sud de l'Europe, typologie la plus proche des environnements étudiés ici, la fraction crustale représente, en moyenne annuelle, 15% des PM10.

La **fraction organique dénommée « autre »** représente la seconde fraction la plus importante des PM10 représentant en moyenne 21.1%. Cette fraction résulte de la quantité de carbone organique qui n'a pu être attribué à aucune source primaire considérée dans la modélisation. De fait, elle représente l'ensemble des sources primaires de matériaux organiques non considérées dans les modélisations, faute de profils sources adaptés, et plus particulièrement la fraction secondaire organique résultant des processus d'oxydation en phase gazeuse de composés organiques volatils (COV) (cf. Annexe 9). Les études menées sur Marseille (El Haddad et al, 2010<sup>[10]</sup>) montrent que cette fraction « autre » est très majoritairement d'origine biogénique secondaire. La contribution de cette fraction « autre », principalement d'origine secondaire, déterminée ici est tout à fait classique.

Les **émissions véhiculaires** contribuent, quant à elles, en moyenne à 11.1% ; résultat comparable à ce que nous avons déjà pu observer à Marseille en été (El Haddad, 2010a<sup>[10]</sup>). La différence de typologie des environnements entre Marseille et Contes, met en évidence une contribution des émissions véhiculaires très significatives pour un environnement tel que celui de Contes.

Enfin on note une proportion relativement faible des **ions secondaires ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$ )** ne représentant que 16% de la masse des PM10. A titre de comparaison, les sulfates et les nitrates représentent à eux seuls 30% des PM10 dans les environnements ruraux du Sud de l'Europe (Putaud et al, 2010<sup>[10]</sup>). Cette faible proportion témoigne très probablement du relatif isolement de la vallée vis-à-vis des apports extérieurs.

En termes de contribution relative de sources, les épisodes de dépassement ne se démarquent pas significativement des périodes pendant lesquelles le seuil réglementaire n'est pas dépassé. Cette grande homogénéité suggère que les dépassements du seuil réglementaire résulte plus de conditions météorologiques favorisant l'accumulation dans la vallée.

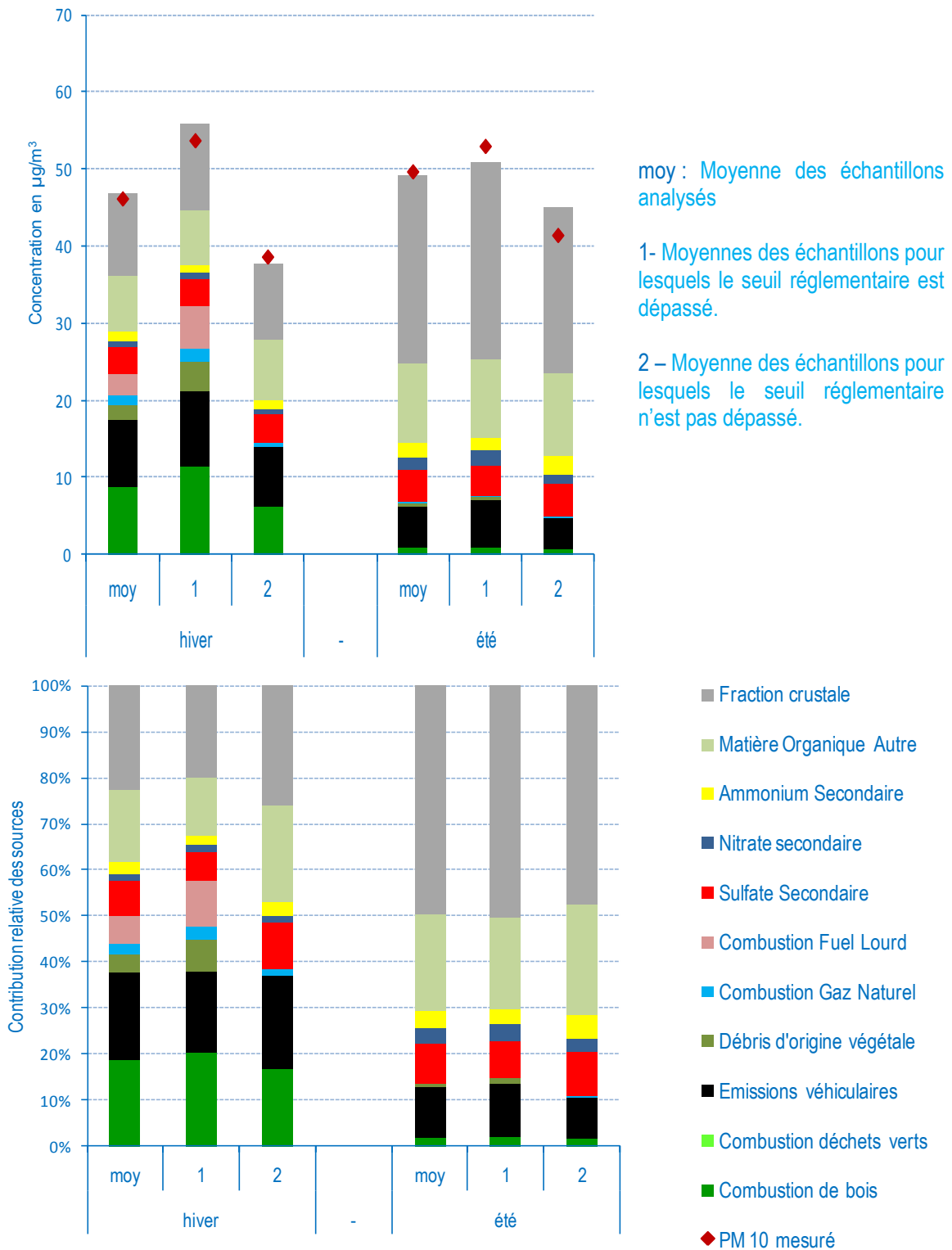


Figure 45 : Estimations des contributions des principales sources à la masse des particules (PM10) sur le site de Contes

Pendant la période hivernale, la masse des PM10 est encore dominée par la **fraction crustale** mais dans une moindre mesure. Cette fraction représente en moyenne 23% de la masse des PM10 ; valeur qui demeure significativement supérieure à celles reportées pour les sites ruraux du Sud de l'Europe (ie. 15%).

La seconde fraction majoritaire des PM10 est liée aux combustions de biomasse (18%). Sur le site de Contes et contrairement aux sites Peillon, Trafic et Rural, seules les combustions de bois (type chauffage résidentiel) n'ont pu

être déconvoluées par le CMB. On note toutefois une contribution significative des débris d'origine végétale (3% en moyenne sur l'ensemble des échantillons analysés et 7% dans les cas de dépassement de la valeur seuil). Cette contribution est clairement mise en évidence par l'abondance des alcanes linéaires lourds à nombre de carbone impaire (Annexe 5 tableau 13). Une telle contribution est plutôt inhabituelle en hiver. Elle est probablement à mettre en relation avec des combustions de déchets verts. Sur les échantillons analysés, cette contribution demeure cependant probablement marginale car non déconvoluée explicitement par le CMB. La contribution des combustions de bois observée ici est classique mais demeure inférieure à celles déterminées dans les grands centres urbains en hiver selon la même méthodologie. A titre de comparaisons, la contribution de la combustion de bois, au cours du mois de Janvier 2009, à Rouen, Lyon et Grenoble étaient respectivement de 32 % (PM10), 35 % (PM10) et 42 % (PM2.5).

Encore plus que pour l'été la **source véhiculaire** est une des sources prépondérantes des PM10. Elle est responsable, en moyenne, de 19% de la concentration observée en PM10. Cette valeur est très significativement supérieure à celles déterminées pour les trois centres urbains précédemment cités en Janvier 2009. Dans ces environnements la contribution des émissions véhiculaires étaient respectivement de 10, 11 et 10% à Rouen, Lyon et Grenoble.

Enfin, la **combustion du fuel lourd** a pu être mise en évidence et quantifiée sur un échantillon composite de la série collectée à Contes (20 et 21 décembre au cours de la journée). Sur cet échantillon la contribution de la combustion de fuel lourd représente près de 18,5% de la masse des PM10, soit 11,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Annexe 6 Tableau 14 et Tableau 15). En moyenne sur la période cette contribution diminue pour atteindre 5% des PM10 et 9% en cas de dépassement de la valeur seuil. Cette source peut donc être significative quand elle impacte l'atmosphère dans ses plus basses couches.

### 4.5.3. SYNTHÈSE DES CONTRIBUTIONS A CONTES

L'étude des sources menée sur le site de Contes met clairement en évidence la prépondérance de la fraction crustale et des émissions véhiculaires sur les concentrations en PM10. Ces deux sources peuvent, par ailleurs, être potentiellement liées (remise en suspension par le trafic véhiculaire) même si aucune corrélation claire entre ces deux sources n'a été identifiée. Les combustions de fuel lourd peuvent également avoir une influence significative sur la concentration en PM10. Cependant l'influence de cette source sur la charge en particules au sol apparaît comme épisodique et nous ne disposons pas de suffisamment d'échantillons pour conclure sur l'influence de cette source.

Les dépassements des seuils réglementaires ne semblent pas liés à l'influence d'une source en particulier, mais résultent plus probablement de conditions météorologiques favorables à l'accumulation.

## 5. RÉSULTATS SUR LA VALLÉE DE PEILLON

Dans la vallée de Peillon, plusieurs sites ont fait l'objet de mesures (cf. paragraphe 2). La Figure 46 récapitule les moyens utilisés :

- station fixe d'Atmo PACA située à proximité de l'usine Vicat à laquelle a été ajouté un préleveur haut débit pendant deux mois sur l'année, afin de caractériser la constitution chimique des particules,
- laboratoire mobile placé à la salle polyvalente de Peillon, plus au sud du site industriel de Vicat, entre Borghéas et le site de surveillance fixe.
- laboratoire mobile placé en proximité du trafic routier de la RD21 – boulevard de la vallée, au niveau du hameau de Borghéas.
- pDR placés chez un particulier à proximité de la station de surveillance de Peillon,
- un tir LiDAR au dessus de la vallée, depuis la carrière vers la cimenterie et de la Grave de Peille,
- des échantillonneurs passifs en NO<sub>2</sub> selon un transect perpendiculaire à la RD21 en proximité de la station de Peillon.

En parallèle, deux DA-80 ont été positionnés sur le site « trafic » de Borghéas et sur le site « rural » à l'Escarène (au nord de la vallée de Peillon) afin de pouvoir comparer les résultats obtenus selon différentes typologies de sites.

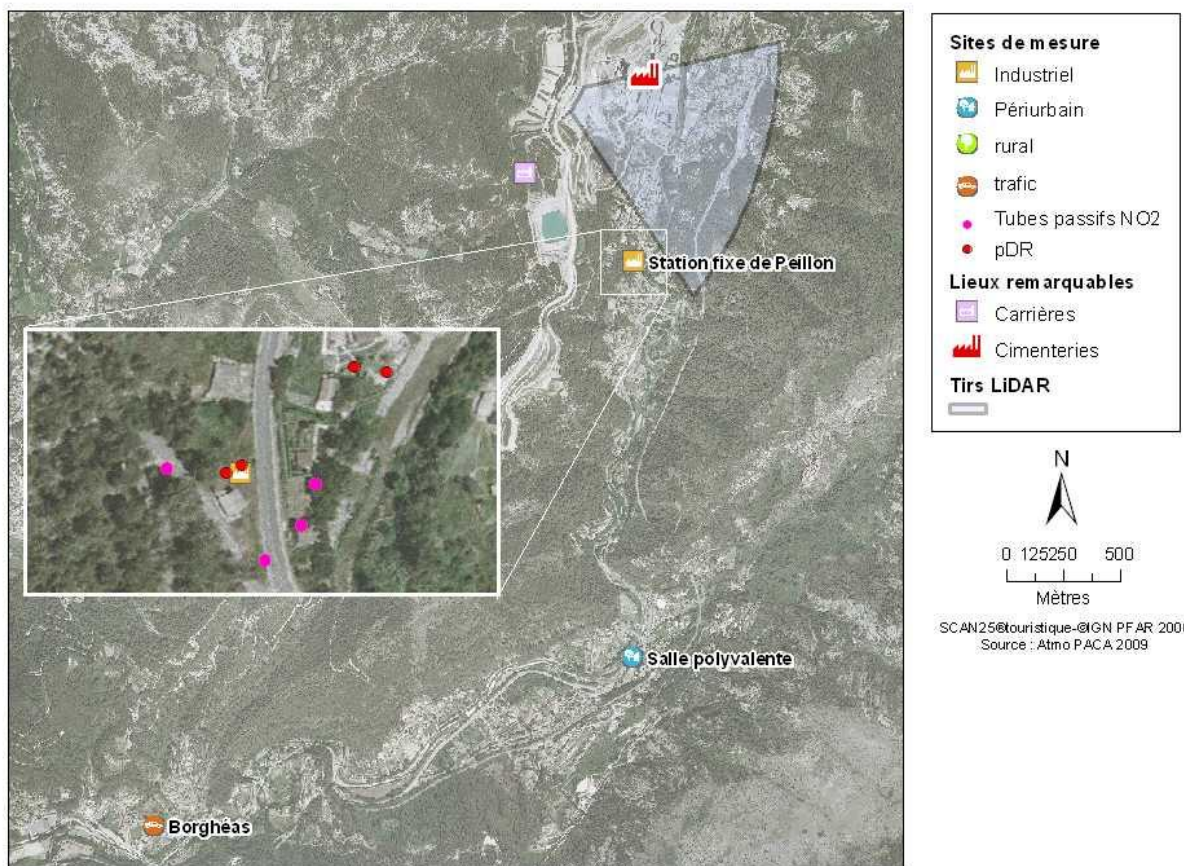


Figure 46 : Echantillonnage sur la vallée de Peillon

## 5.1. ETUDE DES CARACTERISTIQUES DE LA VALLEE DE PEILLON

### BILAN DE L'INVENTAIRE ATMO PACA 2004 DANS LA VALLEE DE PEILLON (PEILLE, PEILLON + BLAUSASC)

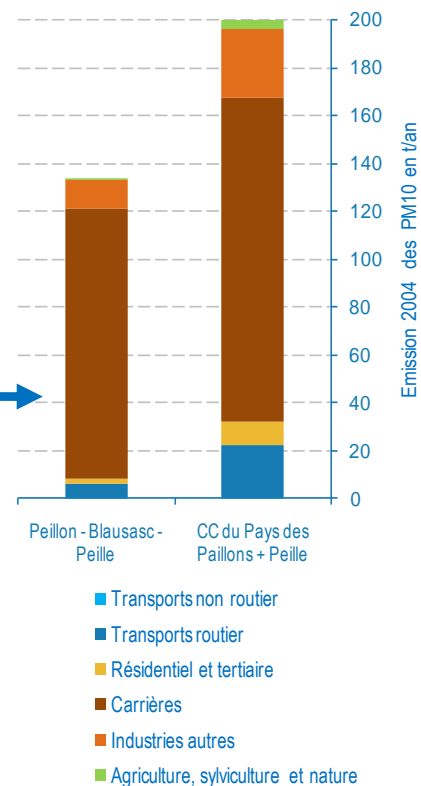
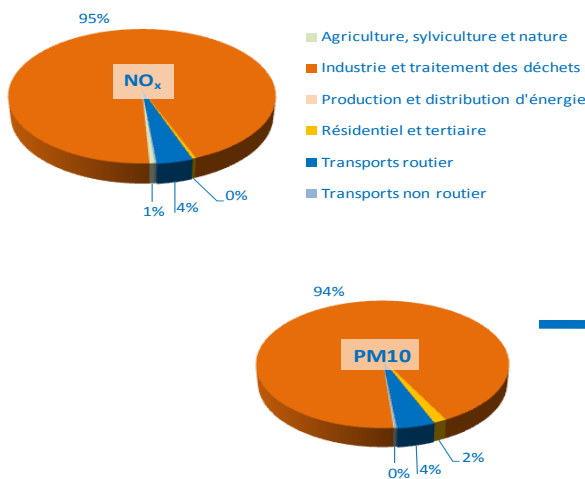
De nombreux polluants sont continuellement rejetés dans l'atmosphère. Ils ont des origines diverses liées aux activités humaines et naturelles. Un inventaire des émissions correspond à la description qualitative et quantitative de ces rejets dans l'atmosphère.

Sur la vallée de Peillon, les émissions totales en 2004 correspondent entre 22% et 66 % des émissions rejetées sur le territoire de la Communauté de Communes du Pays des Paillons + Peille. Le secteur "Industrie" apparaît comme le principal émetteur en oxydes d'azote, dioxyde de soufre et particules en suspension. Les secteurs du transport et du résidentiel tertiaire sont les principaux émetteurs de CO et la végétation de COVNM.

Tableau 6 : Bilan d'émissions 2004 sur les communes de Peille, Peillon et Blausasc

Peillon - Peille - Blausasc	NO <sub>x</sub> t/an	PM10 t/an	PM2.5 t/an	SO <sub>2</sub> t/an	CO t/an	COVNM t/an	CO <sub>2</sub> t/an
Agriculture, sylviculture et nature	8	0.1	0	0	13	294	161
Production et distribution d'énergie	0	0.0	0	0	0	0	0
Industrie et traitement des déchets	1 409	124.4	10	115	33	48	542 363
Résidentiel et tertiaire	6	2.0	2	2	152	16	7 384
Transports non routiers	3	0.4	0	0	1	0	262
Transports routiers	59	6.0	5	2	248	34	10 912
<b>TOTAL Peillon Peille Blausasc</b>	<b>1 486</b>	<b>133</b>	<b>17</b>	<b>120</b>	<b>447</b>	<b>393</b>	<b>561 083</b>
TOTAL CC du Pays des Paillons + Peille	2 393	201	52	317	2 041	1 190	919 324
<b>% / CC Pays des Paillons + Peille</b>	<b>62%</b>	<b>66%</b>	<b>32%</b>	<b>38%</b>	<b>22%</b>	<b>33%</b>	<b>61%</b>
TOTAL 06	20 292	1 863	1 212	1 985	69 652	29 507	6 172 976
<b>% / 06</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>6%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>9%</b>

#### Contribution par secteur des émissions en NO<sub>x</sub> et PM10 Peillon Peille et Blausasc



Un affinage des données d'émissions en particules du secteur "industrie" en particules PM10 sur la vallée de Peillon et la Communauté de Communes du Pays des Paillons + Peille permet de distinguer la part des émissions des carrières en particules PM10. Sur la vallée de "Peillon", elles constituent 85% des émissions de particules PM10 et 70% dans la Communauté des Communes du Pays des Paillons + Peille.

**A NOTER :** Les émissions en particules et polluants issues des combustions de déchets verts ne sont pas prises en compte dans l'inventaire 2004, en raison du manque de données exploitables sur les quantités brûlées et leurs localisations. L'intégration de cette thématique est à l'étude pour les prochains inventaires.

Inventaire 2004©, traitement Atmo PACA 2008

#### Bilan 2004 des émissions en particules PM10 (t/an)



### TRAFIC ROUTIER RD 21

Afin d'avoir un ordre de grandeur du trafic routier sur l'axe principal de la commune de Peillon, des comptages routiers ont été effectués sur la RD 21, qui dessert les communes de Peillon, Blausasc et Peille, totalisant 4 500 habitants. Ce comptage est présenté tous sens confondus avec une distinction des poids lourds (PL) et des véhicules légers (VL).



Les mesures ont été réalisées sur deux campagnes d'une semaine, une en hiver du mardi 25 novembre 2008 au mardi 2 décembre, et une en été du samedi 27 juin au vendredi 3 juillet.

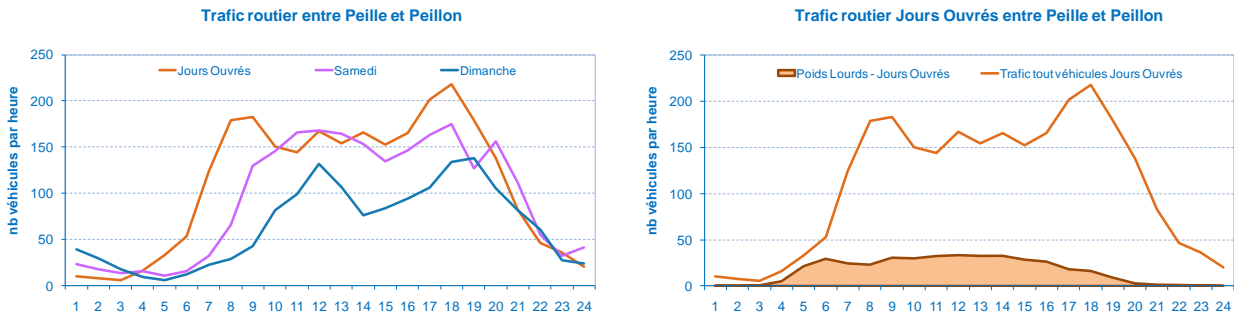


Figure 47 : Comptage routier RD 21 à Peillon

Sur la RD 21 à Peillon, les mesures de trafic réalisées sur les semaines hivers et été sont bien corrélées. Le trafic moyen journalier est modéré avec 2 427 véh/jour, et une part de poids lourds de 12,3% soit 299 PL. La part de poids lourds est atypique et correspond principalement au trafic menant à la cimenterie et à la carrière. Le nombre de poids lourds transitant sur cet axe est cependant deux fois moins important que sur la RD 15 de Contes.

Le profil moyen des jours ouvrés est caractéristique des déplacements domicile-travail, avec deux pics de trafic entre 7h et 8h et entre 17h et 18h. La part des poids lourds représente 15.4% du trafic (424 PL/JO).

Les profils routiers horaires du samedi et du dimanche sont beaucoup plus lissés, avec un trafic un peu plus important l'été. Les pics de trafic sont enregistrés entre 10h et 13h puis entre 18h et 20h, mais avec des trafics moyens plus faibles qu'en semaine. La part de poids lourds le week-end est également beaucoup plus faible avec 2.2% (49) le samedi et 1,2% (19) le dimanche.

### SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE LA CIMENTERIE

Le service environnement de l'industrie Vicat a fourni les périodes d'arrêt et de fonctionnement du four durant les campagnes de mesures. Périodes d'arrêt :

Date de l'arrêt	Période
3/11/08	1h00 à 18h30,
19/11/08	2H30 à 17h00
21/11/08	6H30 à 15h00
26/11/08	3H30 à 24H00
27/11/08	0H00 à 10H00
3/12/08	2H00 à 17H30
15/12/08	2H00 à 24H00
16/12/08	0H00 à 10H00
17/12/08	13H00 à 24H00
18/12/08	0H00 à 5H00
21/12/08	0H00 au 31/12/08 24H00

Date de l'arrêt	Période
3/4/2009	3/4 11h au 10/4 7h
13/4/2009	13/4 17h au 15/4 9h
16/4/2009	16/4 20h au 18/4 16h
19/4/2009	19/4 16h au 29/4 7h
5/5/2009	5/5 22h au 16/5 8h
7/6/2009	7/6 15h au 9/6 0h
21/06/2009	21/6 17h au 23/6 9h
29/06/2009	26/6 14h au 2/7 11h
18/7/2009	18/7 18h au 19/7 6h
2/8/2009	2/8 1h au 6/8 16h
11/8/2009	11/8 20h au 13/8 5h
22/8 2h jusqu'à fin septembre	

## 5.2. MESURES EN DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

### 5.2.1. RESULTATS SUR LES PERIODES DES MESURES

Le planning des mesures (2.7) réalisé dans le cadre de cette étude est complexe en raison des limites matérielles rencontrées. Un analyseur en oxydes d'azote a été installé à Peillon, du 23 novembre 2008 jusqu'au 21 janvier 2010. Cet analyseur a permis de compléter nos données sur cette station et permis d'étudier les corrélations entre les deux polluants dans la vallée et les 3 autres sites échantillonnés.

Tableau 7 : Concentrations en NO<sub>2</sub> à Peillon

NO <sub>2</sub> en µg/m <sup>3</sup>	Site temporaire, Salle polyvalente Peillon	Site trafic "Borghéas"	Site rural "l'Escarène"	Station fixe de Peillon
<b>Moyenne des périodes</b> Valeur limite pour 2010 : 40 µg/m <sup>3</sup>	15.3	22.8	9,5	<b>Année 2009</b> 21
<b>Maximum horaire</b> Seuil de recommandation 200 µg/m <sup>3</sup>	74 28/7/2009 8:00	67 22/5/2009 8:00	50 23/9/2009 8:00	101 14/6/2009 8:00
<b>Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine</b> 200 µg/m <sup>3</sup> /h, tolérance 18 heures/an	0	0	0	0
Les périodes de surveillance associées	11 nov08 – 11dec08 26 mai - 16 juin 24 juil. – 26 aout. <b>Soit 19% d'une année</b>	7 mai - 24 mai 17 juin - 5 juil. <b>Soit 9% d'une année</b>	6 juil.- 22 juil. 17 sept - 8 oct. <b>Soit 10% d'une année</b>	en continue en 2009 modulo les heures de maintenance ou de dysfonctionnement de l'analyseur.

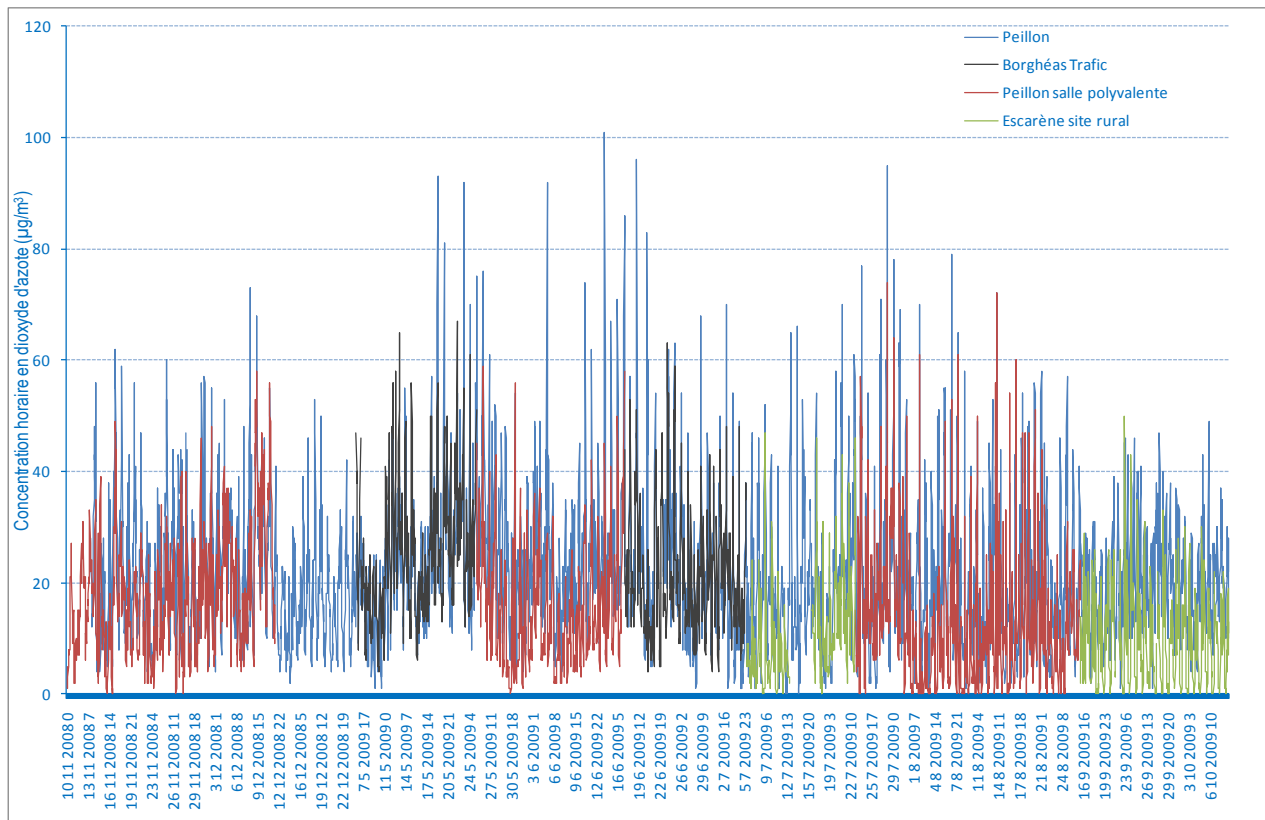


Figure 48 : Concentrations horaires en dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> dans la vallée de Peillon

La moyenne annuelle en dioxyde d'azote à la station de Peillon en 2009 et les valeurs mesurées sur tous les sites étudiés respectent les valeurs réglementaires en dioxyde d'azote ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle et  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en horaire).

L'étude des concentrations mesurées en dioxyde d'azote sur les sites de la **salle polyvalente de Peillon** et de la **station fixe de surveillance de Peillon** souligne des concentrations plus élevées sur le site de Peillon ( $\sim 6$  à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (cf. Figure 49). La station de surveillance de Peillon est plus exposée aux concentrations en dioxyde d'azote.

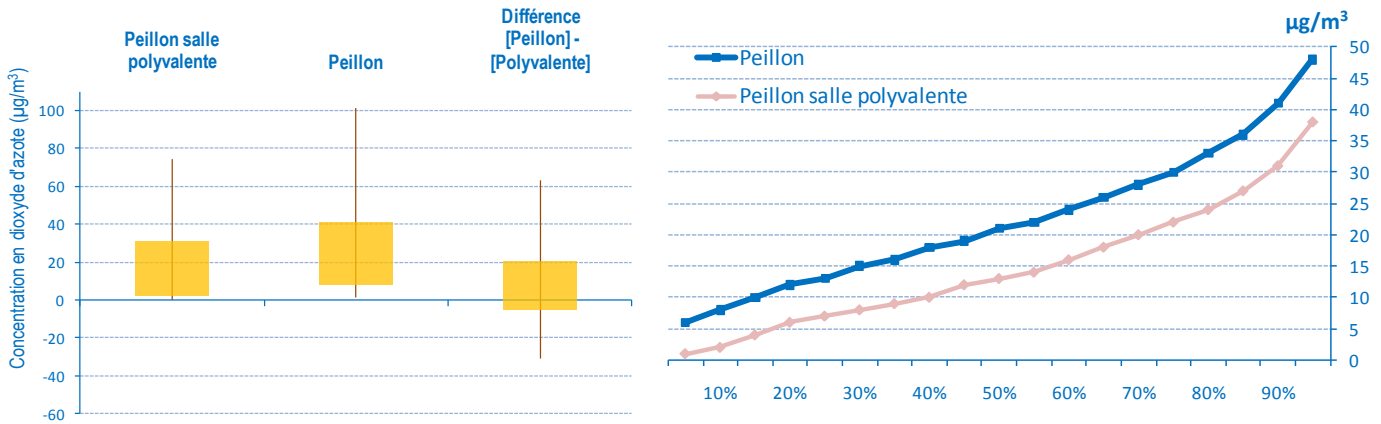


Figure 49 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote dans la vallée de Peillon

Les concentrations mesurées en dioxyde d'azote à la **station fixe de surveillance de Peillon** présentent des concentrations plus élevées que celles du **site rural de l'Escarène** (Figure 50). Le site de l'Escarène mesure des concentrations faibles, comprise entre 0 et  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il est bien représentatif d'un milieu rural.

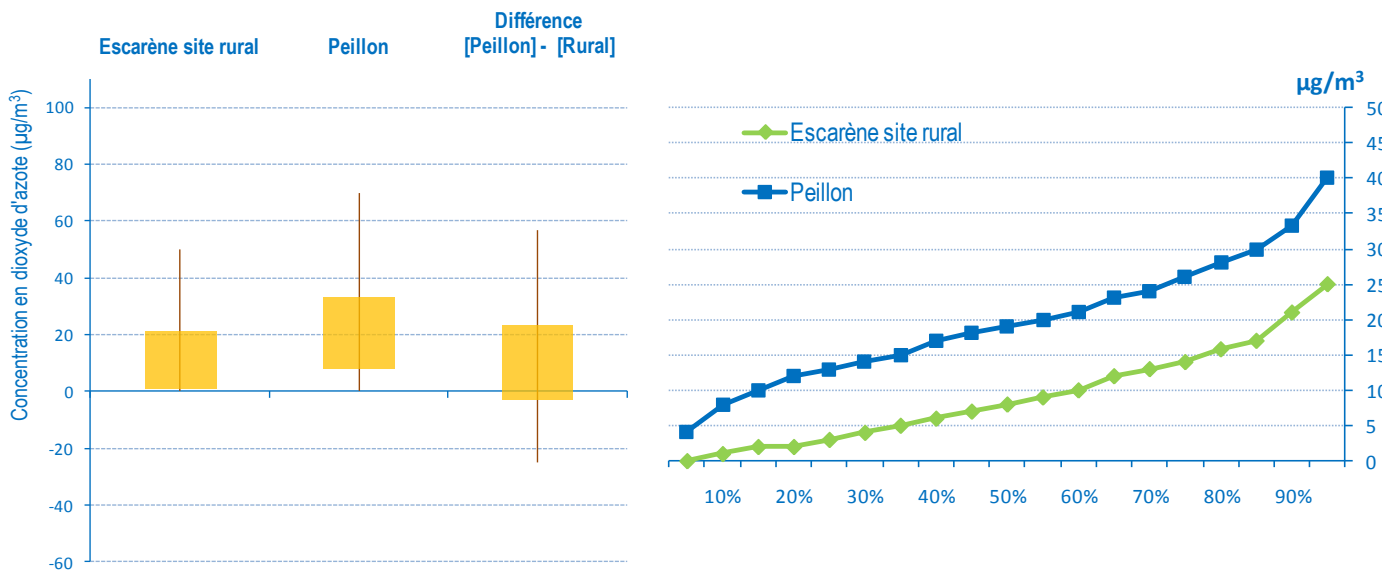


Figure 50 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Peillon et l'Escarène

L'étude des concentrations mesurées en dioxyde d'azote entre le **site trafic de Borghéas** et la **station fixe de surveillance de Peillon** indique que les sites sont bien corrélés avec des niveaux moyens similaires compris entre 10 et  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figure 51). Les quelques valeurs de pointes mesurées pendant la campagne sont plus élevées sur le site de Peillon.

Les concentrations sont faibles et restent loin de la valeur limite horaire de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de la valeur limite annuelle de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

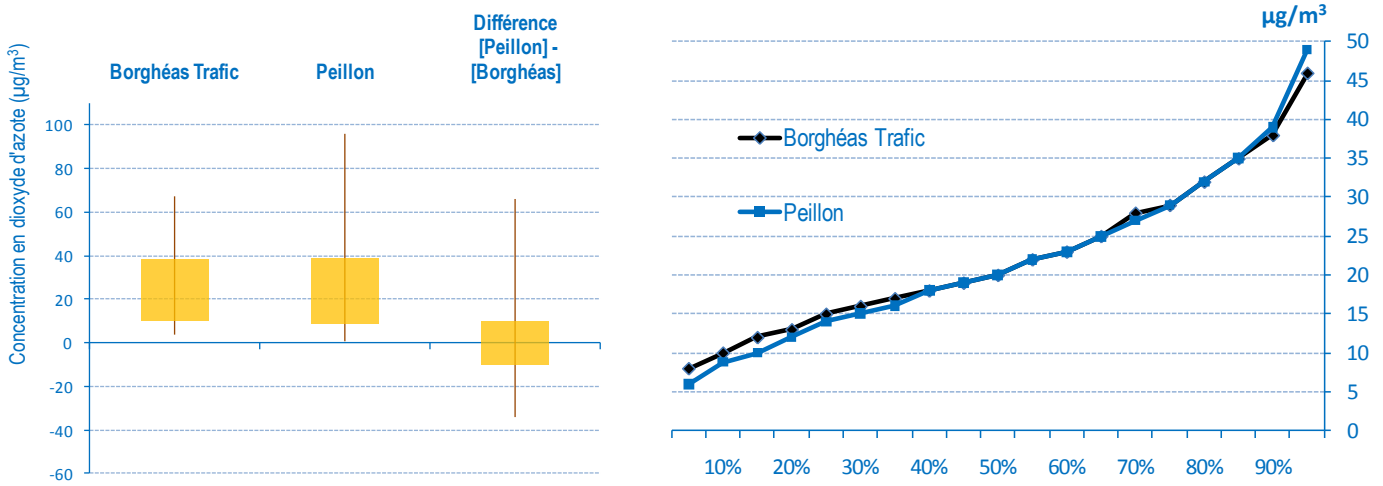


Figure 51 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Peillon et le site trafic de Borghéas

## 5.2.2. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DES ECHANTILLONNEURS PASSIFS EN NO<sub>2</sub>

La campagne de mesure a été réalisée sur deux périodes du 10 novembre au 9 décembre 2008 l'hiver et du 3 au 17 juillet 2009.



Concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> (µg/m³)

Ce transect est situé sur la RD 21 dans la vallée de Peillon au niveau de la station fixe de mesure d'AtmoPACA.

Les valeurs mesurées en NO<sub>2</sub> ne sont pas élevées, elles restent comprises entre 18 et 31 µg/m³. Toutes les mesures sont inférieures à la valeur limite annuelle applicable en 2010 de 40 µg/m³.

La RD 21 supporte un trafic d'environ 2 300 véhicules par jour. L'abattement des concentrations entre le maximum observé au plus proche de l'axe et les autres points de mesure est très marqué de part et d'autre de la route (cf. Figure 52).

La station fixe de Peillon enregistre une concentration de 22 µg/m³ légèrement plus élevée que sur les sites de fond compris entre 17 et 20 µg/m³, mais bien inférieur au site trafic (31 µg/m³).

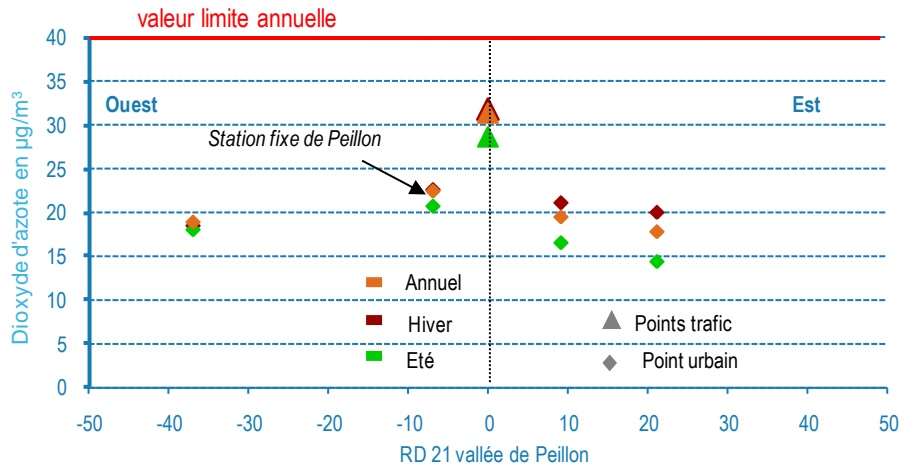


Figure 52 : Concentration en NO<sub>2</sub> à Peillon à proximité de la RD 21

#### Synthèse dioxyde d'azote Peillon

Les concentrations en dioxyde d'azote respectent les valeurs réglementaires sur les trois sites, aucun dépassement de la valeur seuil de 200 µg/m<sup>3</sup> n'a été constaté. Le maximum a été atteint à Peillon le 14/juin/2009 8:00 avec 101 µg/m<sup>3</sup>.

L'étude des différentes campagnes menées avec le laboratoire mobile sur les sites de l'Escarène, de Borghéas et de la salle polyvalente de Peillon indique :

- Le site de Peillon est nettement plus impacté que le site rural de l'Escarène et celui de la salle polyvalente de Peillon.
- Les sites de Peillon et le site trafic de Borghéas sont très bien corrélés et exposés aux mêmes gammes de concentrations. Les deux sites sont situés en proximité du même axe de trafic.

La campagne par analyseur passifs menée à proximité de la station de Peillon a permis de montrer que la décroissance des concentrations en dioxyde d'azote est rapide, avec une concentration moyenne de 31 µg/m<sup>3</sup> sur la RD21 contre 22 µg/m<sup>3</sup> sur le site de Peillon.

### 5.3. PARTICULES EN SUSPENSION

#### 5.3.1. RESULTATS SUR LES PERIODES DES MESURES

Tableau 8 : Récapitulatif des concentrations en PM10 à Peillon

PM10 en µg/m³	Site temporaire, Salle polyvalente à Peillon	Site trafic "Borghéas"	Site rural "l'Escarène"	Station fixe de Peillon	Station fixe de Peillon
				Année 2008	Année 2009
<b>Moyenne :</b> La valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : <b>40 µg/m³/an</b> Objectif de qualité : <b>30 µg/m³/an</b>	30	33	33	39	32
<b>Maximum horaire</b>	76	97	79	515	227
<b>Maximum journalier</b>	55 24/7/2009	44 23/5/2009	52 17/7/2009	105 29/1/2009	80 19/1/2009
<b>Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine :</b> <b>50 µg/m³/jour</b> avec une tolérance de <b>35 jours/an.</b>	2	0	1	69	24
Les périodes de surveillance associées	11 nov08 – 11 dec08 26 mai - 16 juin 24 juil. – 26 aout. <b>Soit 19% d'une année</b>	7 mai - 24 mai 17 juin - 5 juil. <b>Soit 9% d'une année</b>	6 juil.- 22 juil. 17 sept - 8 oct. <b>Soit 10% d'une année</b>	En continue depuis 2002, modulo les heures de maintenance ou de dysfonctionnement de l'analyseur	

Les concentrations en particules PM10 sur la station fixe de Peillon respectent la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ en 2008 et en 2009. Le nombre de dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m³ reste important sur le site de Peillon avec 69 dépassements en 2008 et 24 dépassements en 2009. En raison de la nette diminution des niveaux de particules mesurée de 2007 à 2009 dans les Alpes Maritimes (cf. Annexe 8), la tolérance de 35 dépassements, dépassée en 2008, est respectée en 2009.

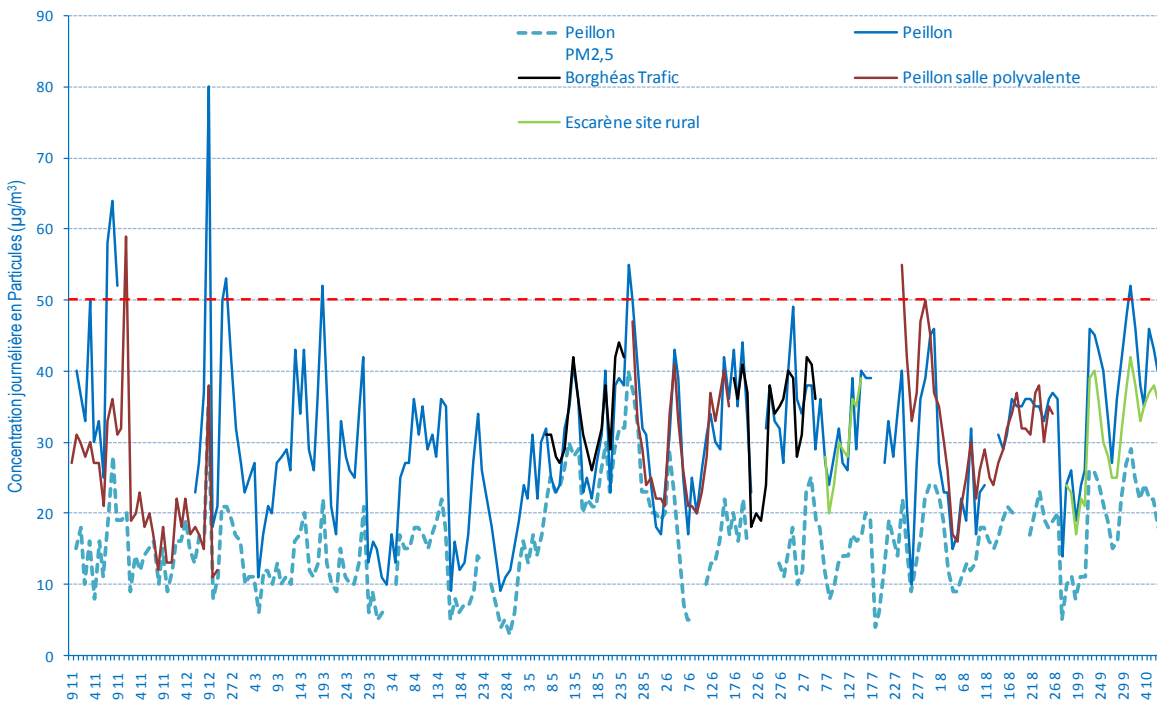


Figure 53 : Concentrations journalières en particules PM10

L'étude comparative des mesures réalisées entre la station fixe de Peillon et chacun des sites temporaires de la campagne permet d'étudier plus en détail la variabilité spatiale des concentrations en particules.

**La campagne de mesure sur le site de la salle polyvalente** à Peillon, présente une bonne corrélation entre les deux sites (cf. Figure 54). La gamme des concentrations moyennes (box) est comprise entre 20 et 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à la salle polyvalente et entre 18 et 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Peillon. Cette corrélation est confirmée par la faible différence des concentrations mesurées entre les deux sites avec  $\pm 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Cependant**, les maxima journaliers sont plus élevés sur le site de Peillon. Les journées de dépassements ( $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à Peillon (6 jours sur les 70 jours de mesures commune aux deux sites) ne sont pas constatés en dépassement sur la salle polyvalente. Inversement les deux dépassements à la salle polyvalente (2/70), ne sont pas détectés pour les mêmes jours sur le site de Peillon.

**En synthèse**, il y a une bonne corrélation entre les deux sites pour les valeurs moyennes et faibles, pour les maxima journaliers où le site de Peillon est plus impacté que le site de la salle polyvalente, avec une dynamique différente sur les journées en dépassement de la valeur limite.

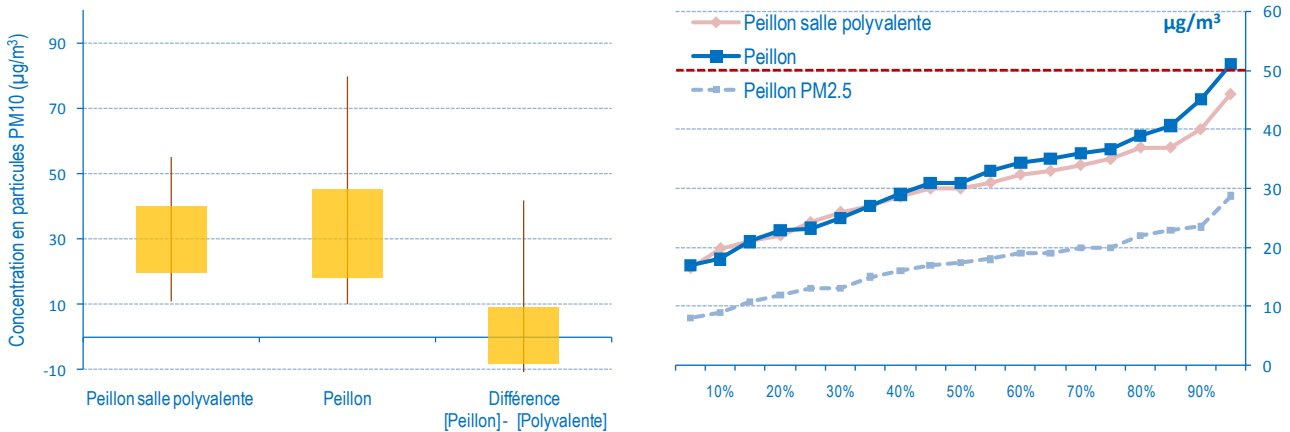


Figure 54 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 dans la vallée de Peillon

**La campagne de mesure en particules sur le site rural à l'Escarène** présente des résultats très intéressants, bien que les périodes de mesure, de mai et juillet, n'aient pas été les plus propices à des concentrations élevées en particules à Peillon. La différence des concentrations en particules entre les deux sites est faible, le site de Peillon mesure des concentrations plus élevées ( $+5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

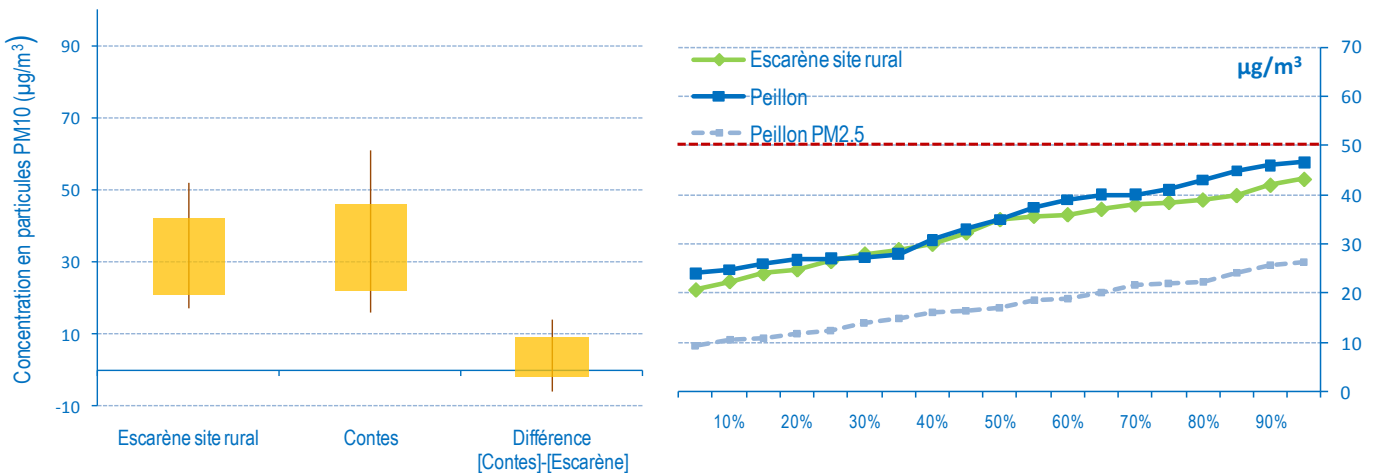


Figure 55 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Peillon et l'Escarène

Les niveaux de particules estivaux sont élevés sur les deux sites avec  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à l'Escarène et  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Peillon. Ces résultats ne concordent pas avec les observations réalisées sur le dioxyde d'azote à la Figure 23, ils indiquent par conséquent une ou plusieurs sources de particules autres que les combustions locales durant l'été. Les paragraphes 5.4 et 5.5 sur la caractérisation chimique et les contributions des sources permettent d'identifier certaines de ces sources.

La campagne de mesure en particules sur le site de proximité trafic de Borghéas montre des résultats cohérents avec ceux observés pour le dioxyde d'azote. Sur cette période de mesure estivale, les concentrations en particules à Peillon sont identiques à celles du site de Borghéas. Toutefois, aucun dépassement n'a été mesuré sur les deux sites durant cette période et le maxima journalier est plus important à Peillon avec  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  contre  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur Borghéas.

Par conséquent, pour le site trafic, les bonnes corrélations estivales en particules et les résultats des analyses chimiques hiver et été (Annexe 5, Figure 80) maintiennent possible le risque de dépassement de la tolérance de 35 dépassements journaliers de la valeur limite journalière.

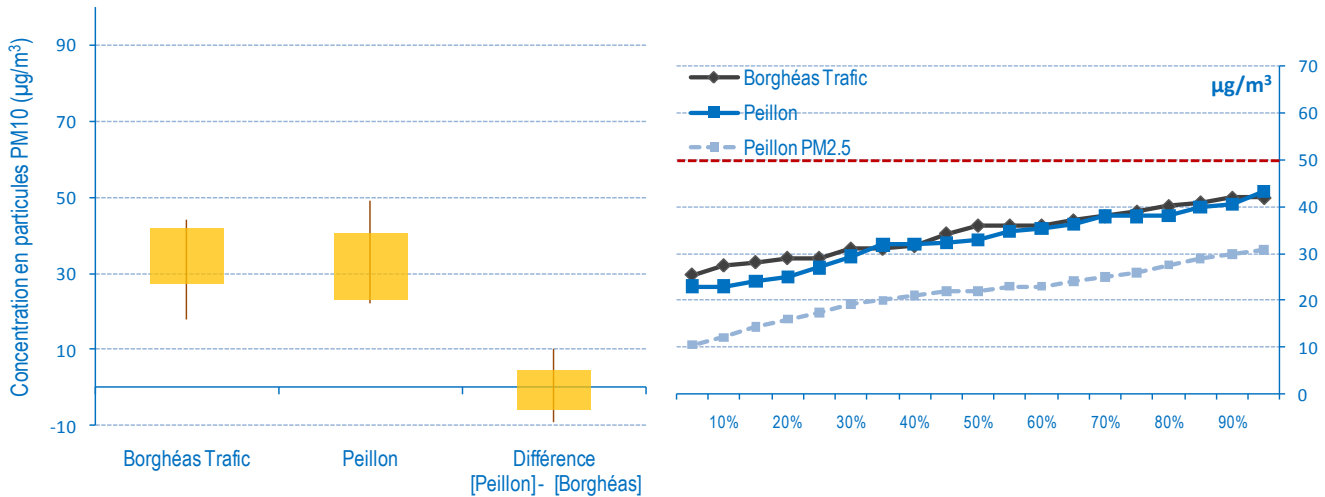


Figure 56 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Peillon et le site trafic de Borghéas

Les mesures sur Borghéas en proximité du trafic routier de la RD15 et sur la salle polyvalente de Peillon, n'ont pas été réalisées simultanément. Toutefois, elles apparaissent très complémentaires et permettent d'estimer l'exposition des populations plus en aval de la station de surveillance de Peillon.



### 5.3.2. ETUDE DES PROFILS ET CONCENTRATION EN PARTICULES FINES PM2,5 A PEILLON

Suite aux nombreux dépassements de valeurs limites en particules PM10 enregistrés sur le site de Peillon et de Contes, Atmo PACA a décidé de compléter la surveillance des particules en équipant le site de Peillon avec une mesure supplémentaire de particules fines PM2,5. Cette surveillance des PM2,5 dans la vallée de Peillon a débuté à la fin de l'année 2007.

Tableau 9 : Récapitulatif des concentrations en PM2.5 à Peillon et Cannes<sup>32</sup>

PM2.5 en µg/m <sup>3</sup>	Station fixe de Peillon	Station fixe de Peillon	Cannes * urbain
	Année 2008	Année 2009	Année 2009
<b>Moyenne :</b> La valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : <b>29 µg/m<sup>3</sup>/an pour 2009</b> <b>25 µg/m<sup>3</sup>/an pour 2015</b>	14	17	21
<b>Maximum horaire</b>	145	153	116
<b>Maximum journalier</b>	35 9/12/2008	49 7/12/2009	58 31/10/2009

\* mesure démarrée le 14/02/2009 représentation annuelle 74%

Avec 17 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle sur l'année 2009, le site de Peillon enregistre une hausse de 3 µg/m<sup>3</sup> par rapport à 2008. Les valeurs limites pour la protection de la santé humaine à respecter pour 2009 et 2015 sont respectées.

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la France projette de mettre en place une valeur réglementaire de 15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle sur l'année. Les deux sites de Peillon et de Cannes dépasseraient cette valeur.

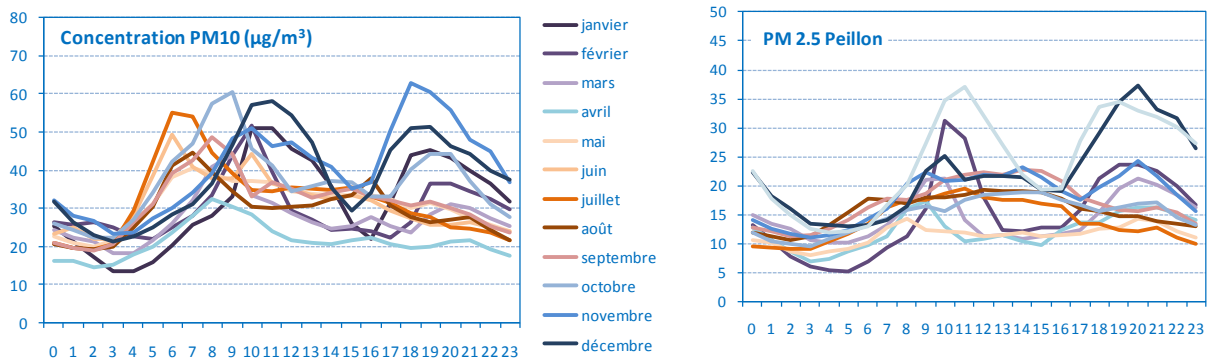


Figure 57 : Profil horaire mensuel des particules PM10 et PM2,5 à Peillon en 2009

L'étude des profils moyens journaliers sur l'ensemble des mois de l'année, permet de faire des observations très intéressantes sur la dynamique et les caractéristiques des particules dans la vallée de Peillon :

- Durant les mois d'hiver les profils horaires en PM2,5 et PM10 sont bien corrélés, indiquant que sur les pics de particules du matin et en soirée sont constitués à 60 % de particules fines.
- Durant les mois d'été de juin à septembre, les pics de concentration en particules PM10 observés le matin, ne le sont pas sur les profils horaires en PM2,5. Durant ces périodes les particules sont donc de taille plus importante (diamètre compris entre 2.5 µm et 10 µm de diamètre).

<sup>32</sup> Peillon et Cannes sont les deux sites des Alpes Maritimes équipés pour la mesure des particules fines PM2,5.

### 5.3.3. ETUDE DES PROFILS MOYENS HORAIRES EN NO<sub>2</sub> ET PARTICULES PM<sub>10</sub>

Sur les deux sites de la vallée de Peillon, l'étude des profils moyens horaires journaliers sur l'année en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sur les différentes journées de la semaine permet de corrélérer et d'étudier la variation des concentrations avec les données des comptages routiers. (cf. annexe 7)

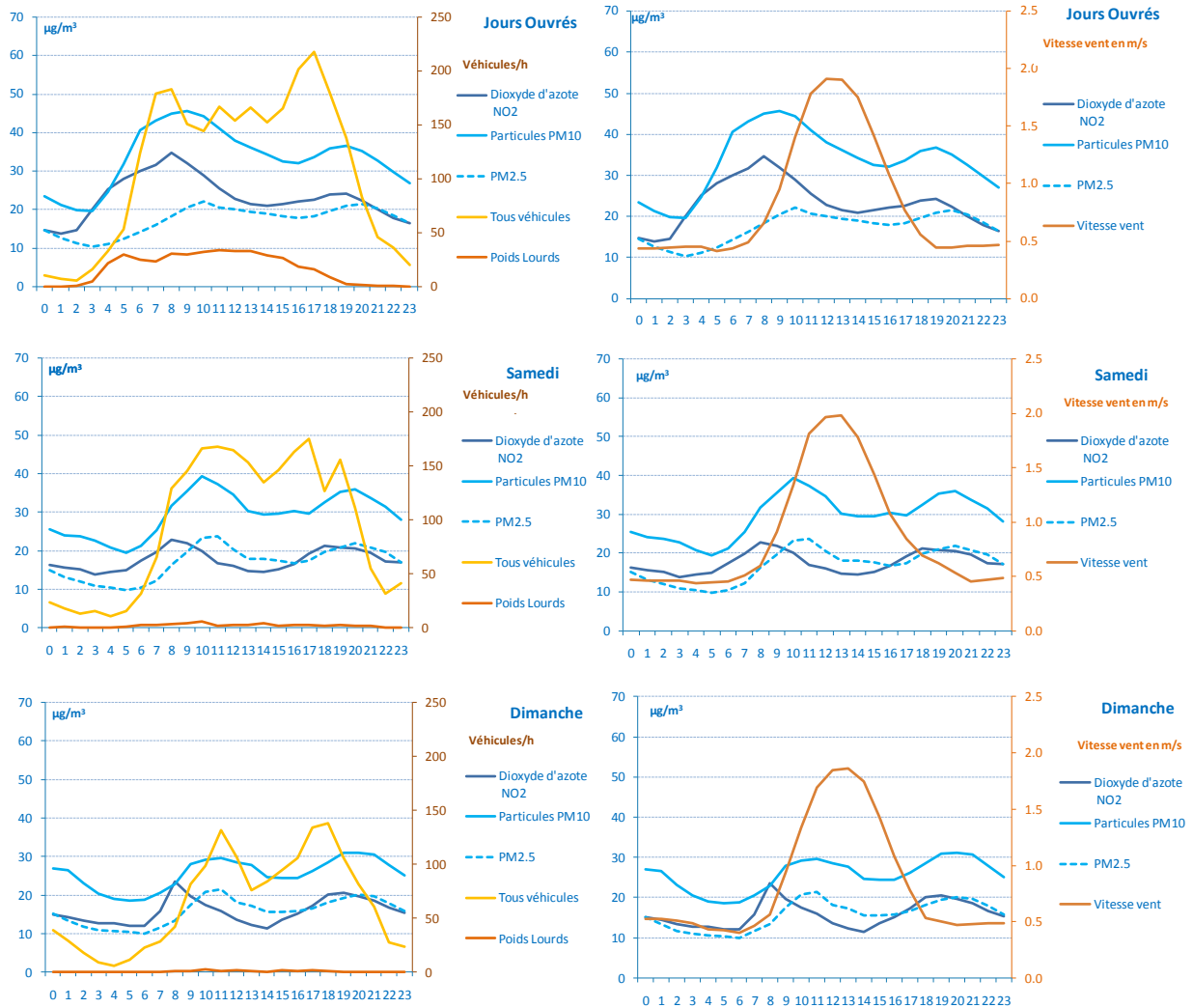


Figure 58 : Profils journaliers horaires annuels en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> dans la vallée de Peillon

La levée de la brise diurne, visible sur les graphiques de droite de la Figure 58, est représentée par une augmentation de la vitesse du vent vers 10h. Elle conduit à une diminution des concentrations en NO<sub>2</sub> et en particules PM<sub>10</sub> sur le site de Peillon. Dès lors que la brise retombe, vers 16h, les concentrations en polluants augmentent à nouveau.

Comme cela a été montré dans l'étude des conditions météorologiques dans le moyen pays niçois (cf. 3), la levée de cette brise et la vitesse du vent dépendent de la saison et des conditions de température dans les vallées. L'hiver, les phénomènes de brises sont faibles et sont présents sur une plage de temps très restreinte de la journée, de 11h à 14h. Le reste du temps, les conditions atmosphériques sont stables et favorisent l'accumulation des polluants. Les graphiques de l'Annexe 11 présentent la bonne anti-corrélation durant les mois de l'année 2009 entre l'alternance de brise et les variations des concentrations en particules PM<sub>10</sub> dans la vallée de Peillon. Pour les PM<sub>2,5</sub> cette anti-corrélation est présente sur les mois hivers, tandis que l'été la concentration en PM<sub>2,5</sub> reste stable.

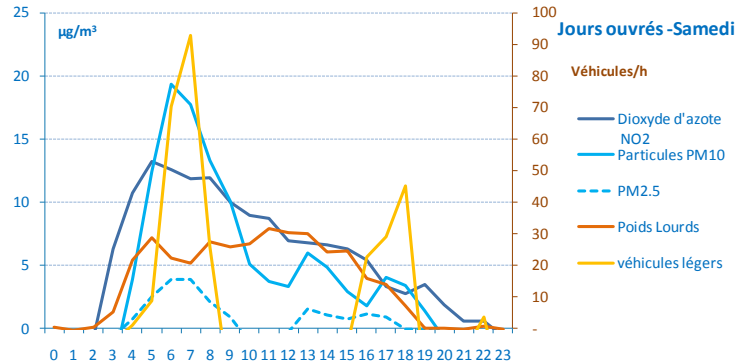
Le type de jour (jours ouvrés, samedi ou dimanche) impacte également les concentrations moyennes horaires mesurées en particules PM<sub>10</sub> et NO<sub>2</sub> sur le site de Peillon. Le trafic routier est à l'origine d'une part des émissions de ces deux polluants.

Durant les jours ouvrés, le trafic de poids lourds (~450 PL/jour) induit une augmentation des concentrations en dioxydes d'azote NO<sub>2</sub> et en PM10 entre 3h et 5h du matin au niveau de la station de Peillon. Cette augmentation entre 3h et 5h n'est pas mesurée ni le samedi ni le dimanche, car le trafic de poids lourds est quasiment nul, entre 20 et 50 PL par jour.

Pendant les jours ouvrés et les samedis le trafic de véhicules léger est d'environ 2 200 véhicules par jour et seul le trafic de poids lourds varie significativement avec 400 poids lourds pendant les jours ouvrés et seulement 50 les samedis (Annexe 7, Figure 84). La différence moyenne des concentrations journalières entre les jours ouvrés et les samedis en 2009 est de +4 µg/m<sup>3</sup> en particules PM10, + 5,6 µg/m<sup>3</sup> en dioxyde d'azote et il n'y a pas de différence pour les concentrations en particules fines PM2,5.

Ces écarts de concentration sont principalement induits par les pics mesurés le matin, +19 µg/m<sup>3</sup> en PM10, +13 µg/m<sup>3</sup> en NO<sub>2</sub> (cf. **Figure 59**), il correspond entre 3h et 5h (TU) à la présence de poids lourds (30PL/h), à laquelle s'ajoutent les déplacements domicile-travail entre 6h et 8h (+90 véhicules/h).

Une attention particulière a été portée sur les pics de concentrations mesurés pendant les jours ouvrés.



**Figure 59 : Différence horaire entre les jours de semaine et les samedis des concentrations et des trafics**

La Figure 92 de l'Annexe 12 présente l'ensemble des résultats des tests de corrélation réalisés entre les différences des profils horaires moyens mesurés entre les jours ouvrés et les samedis, pour les trafics de poids lourds, de véhicules légers et les concentrations en particules PM10, PM2,5 et dioxyde d'azote. Les principaux résultats sur le site de Peillon présentés à la **Figure 59** sont les suivants :

- Les concentrations supplémentaires en dioxyde d'azote<sup>33</sup> observées entre les jours de semaine et les samedis sont bien corrélées ( $R^2 = 0.71$ ) avec l'apport supplémentaire de poids lourds entre les jours de semaine et les samedis.
- Les concentrations supplémentaires en particules PM10 et PM2,5 observées entre les jours de semaine et les samedis<sup>34</sup> sont corrélées ( $R^2 = 0.67$  et  $R^2 = 0.63$ ) avec l'apport supplémentaire de tous les véhicules, l'apport seul des véhicules légers ou des poids lourds n'est pas suffisant.
- Les concentrations en particules fines PM2,5 entre les jours ouvrés et les samedis ont une faible différence sur la journée (0.4 µg/m<sup>3</sup>) en horaire le maximum de la différence est de 4 µg/m<sup>3</sup> en PM2,5 (cf. **Figure 59**). Ce profil lissé est dû aux variations saisonnières observées sur les concentrations en particules fines PM2,5, détaillées au paragraphe précédent (cf. 5.3.2).

**En conclusion**, les poids lourds sont principalement à l'origine de l'augmentation du pic de concentration en dioxyde d'azote pendant les jours ouvrés. **Pour les concentrations en particules PM10 sur Peillon**, le phénomène est plus complexe, c'est l'ensemble du trafic (véhicules légers+poids lourds), qui par la remise en suspension des particules et leurs émissions directes, participe à l'augmentation des niveaux en particules pour les jours ouvrés.

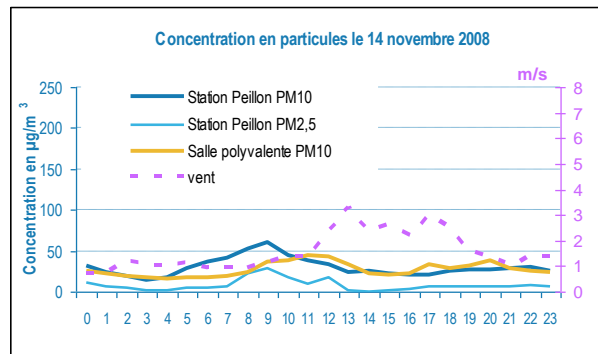
<sup>33</sup> Différence sur chaque heure des profils moyens en [NO<sub>2</sub>] jours ouvrés et [NO<sub>2</sub>] samedi

<sup>34</sup> Différence sur chaque heure des profils moyens en [PM10] jours ouvrés et [PM10] samedi

### 5.3.4. ETUDE DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES SUR DIFFERENTES JOURNEES ATYPIQUE DANS LA VALLEE DE PEILLON :

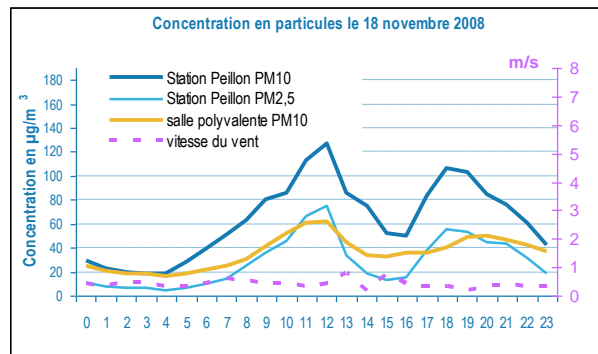
Le **vendredi 14 novembre** correspond à une journée ventée avec des conditions atmosphériques favorables à la dispersion des polluants particulaires, tant à la station de Peillon qu'à la salle polyvalente. Les concentrations moyennes journalières à Peillon ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et à la salle polyvalente ( $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont ainsi nettement inférieures à la valeur limite de protection de la santé humaine.

Les concentrations mesurées en PM<sub>2,5</sub> sont logiquement très faibles ( $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



La journée du **mardi 18 novembre**, les concentrations mesurées en particules PM<sub>10</sub> à Peillon sont élevées avec  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La proportion en particules PM<sub>2,5</sub> est significative ( $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et évolue comme les PM<sub>10</sub>.

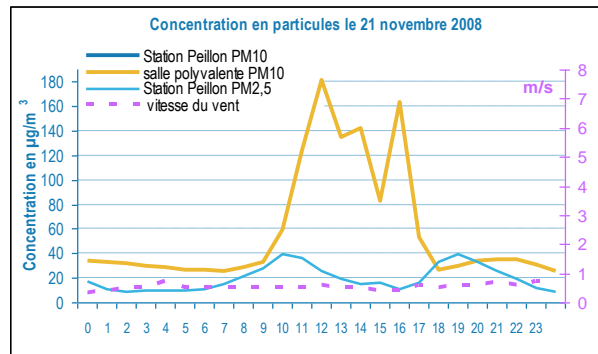
Cette contribution importante de PM<sub>2,5</sub> sur la journée semble indiquer qu'une part significative des particules provient de matière carbonée (OM), issu des combustions.



La journée du **vendredi 21 novembre** a enregistré une concentration très élevée en particules PM<sub>10</sub> sur le site de la salle polyvalente ( $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

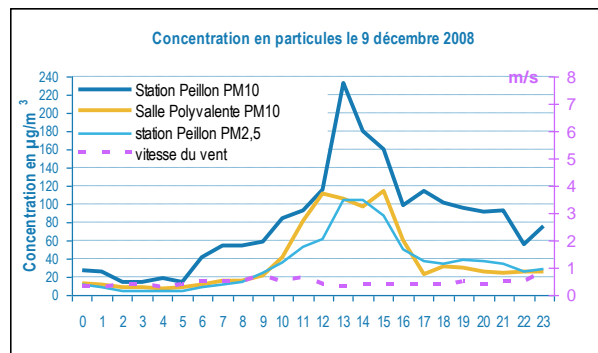
Ce pic de concentration n'est pas du tout corrélé avec les mesures en PM<sub>2,5</sub> du site fixe de Peillon. Des explications peuvent être envisagées :

- un brûlage de déchets important à proximité du site,
- une activité particulière cette journée sur le site de la salle polyvalente. (travaux, ...)



La journée du **mardi 9 décembre** est plus atypique. Un pic de pollution en particules PM<sub>10</sub> ( $>80 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ ) est mesuré sur le site de Peillon. Des concentrations moindres mais corrélées sont également enregistrées sur le site de la salle polyvalente.

La contribution en PM<sub>2,5</sub> est cohérente avec les autres mesures effectuées sur le réseau d'Atmo PACA, mais dans des concentrations très importantes. L'analyse de la composition chimique du filtre jour sur le site Peillon permettra de définir les différentes contributions des sources d'émissions en particules dans la vallée.



### 5.3.5. ETUDE DES MESURES PDR

Une campagne de mesure par pDR a été réalisée sur la vallée de Peillon pendant une semaine du 28 septembre au 7 octobre 2009, chez un particulier situé en proximité de la RD21, et de la station de surveillance de Peillon.



Quatre pDR ont été positionnés sur le terrain :

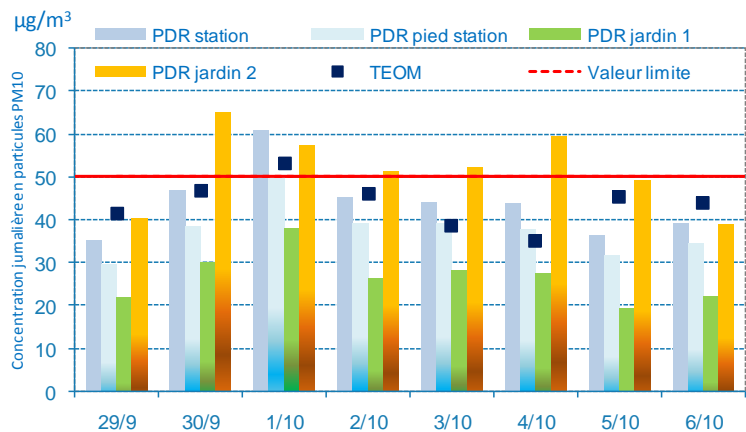
- Deux sur la station de Peillon en proximité du **trafic**, au dessus de l'axe routier, un sur le toit et le second au pied de la station.
- Un dans le **jardin (1)**, dans une zone moins dégagé comprise entre la route et le lit de la rivière du Paillon de l'Escarène.
- un au fond du **jardin (2)** à proximité du lit de la rivière,

Les pDR sont des néphélomètres permettant de mesurer la concentration massique des particules en suspension dans l'air. Ils sont cependant sensibles à l'humidité dans l'air ambiant, c'est pourquoi un facteur correctif est appliqué dans le cas de forte humidité dans l'air ambiant induisant un biais difficile à évaluer.

Les données pDR sont comparées avec celles issues de la station fixe. **Les concentrations journalières** mesurées par la station fixe et le pDR sur la station ont une corrélation très moyenne ( $R^2=0,5$ ).

En revanche les mesures entre les pDR sur le toit et le pied de la station sont très bien corrélées avec en horaire ( $R^2=0,85$ ) et une concentration plus faible au pied de la station.

Les deux autres pDR (jardin 1 et 2) montrent sur le site jardin 1 que les concentrations en particules sont plus faibles dans cette partie confinée du jardin. Pour le site 2, les concentrations horaires sont cohérentes la majorité du temps avec les autres pDR (cf. Figure 60), mais des pics très important sont régulièrement observés avant la levée de brise.



	TEOM FDMS	pDR toit station	pDR pied station	pDR jardin 1	pDR jardin 2
Moyenne PM10 (µg/m³)	43	42	36	25	50

Cela suggère un impact sur cette partie du jardin, pouvant être induit par une remise en suspension de particules par la brise (pDR à proximité du sol) ou d'une source micro locale. A l'arrêt de la mesure de 7 octobre, le voisin faisait fonctionner un deux roues, durant tout le temps de l'arrêt de la mesure (15min), ce qui pourrait expliquer le dernier pic.

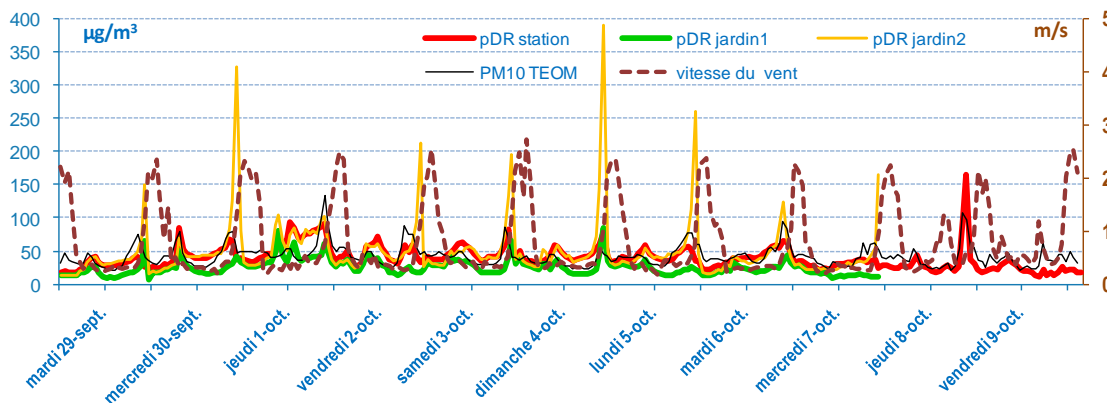
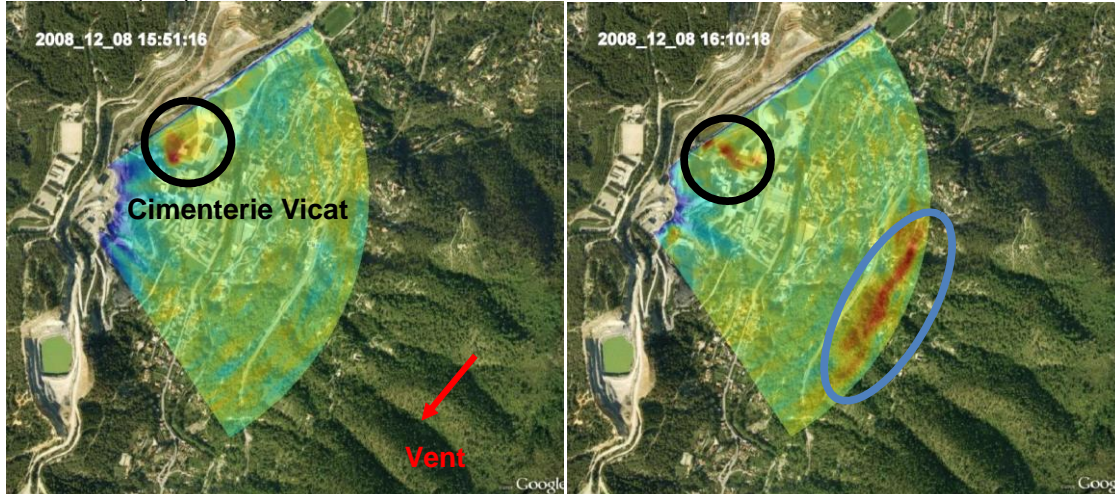


Figure 60 : Concentrations horaires et journalières en PM10 à Peillon par pDR du 29/9 au 9/10/2009

### 5.3.6. ETUDE DES MESURES LIDAR

Les mesures LIDAR ont été réalisées par la société Leosphère dans le cadre d'un programme d'études exploratoires sur la pollution particulaire sollicité par l'ADEME. Cette étude a été menée en collaboration avec trois AASQA (Atmo PACA, Ascoparg<sup>35</sup> et Coparly<sup>35</sup>). Dans le cadre de cette étude, plusieurs mesures LIDAR ont été réalisées sur les deux vallées des Paillons, à Contes et à Peillon. Ces résultats sont extraits du rapport d'étude rédigé par Leosphère à l'attention de l'ADEME.

Le premier tir a été réalisé au dessus de l'usine Vicat, à une distance d'environ 30 mètres au-dessus de la cheminée de la cimenterie. Sur les balayages horizontaux réalisés le 8 décembre 2008 (Figure 61) les zones rouges correspondent aux panaches de particules se distinguant du niveau de fond. Cet outil ne permet pas pour l'instant de donner une information sur les concentrations dans l'air ambiant, des développements complémentaires sont actuellement entrepris par Leosphère dans ce domaine.



**Figure 61: Balayages horizontaux : Emission de la cimenterie Vicat (Voie parallèle)  
Emission des feux de Biomasse (Voie parallèle)**

Sur la Figure 61, la présence du panache au dessus de la cheminée de l'usine Vicat (cerclé en noir) est bien identifiée. Ce panache est à associer à l'émission de particules de la cheminée de l'usine Vicat. Une zone rouge supplémentaire est visible à l'extrémité du balayage (cerclé en bleu). Un vent de Nord-est a apporté des particules produites par des feux de biomasse, des particuliers brûlant leurs déchets végétaux. Un panache d'aérosols a ainsi été généré par cette combustion à l'autre extrémité de la vallée après la Grave de Peille.

Dans les conditions atmosphériques rencontrées ce jour-là, le balayage effectué à une hauteur de quelques dizaines de mètres ne rend compte que partiellement des émissions de l'usine Vicat, éjectées à plus haute altitude car émises à haute température, alors que les panaches de feux de biomasse ont une plus faible température, se dispersent à plus basse altitude et sont donc plus étendus à proximité du sol.

Sur la **Figure 62**, ci-dessous, la différence d'intensité du signal de la voie parallèle à la voie perpendiculaire permet une distinction qualitative de la forme des particules émises et transportées (sphériques et non sphériques) à proximité de la cimenterie Vicat. Ainsi le panache issu de la cimenterie (cerclé en noir) présente une dépolarisation plus importante que le panache issu des feux de biomasse (cerclé en orange), indiquant comme attendu que les émissions de la cimenterie contiennent en proportion plus de particules non-sphériques que les panaches de feux de biomasse.

<sup>35</sup> AASQA à Grenoble et à Lyon

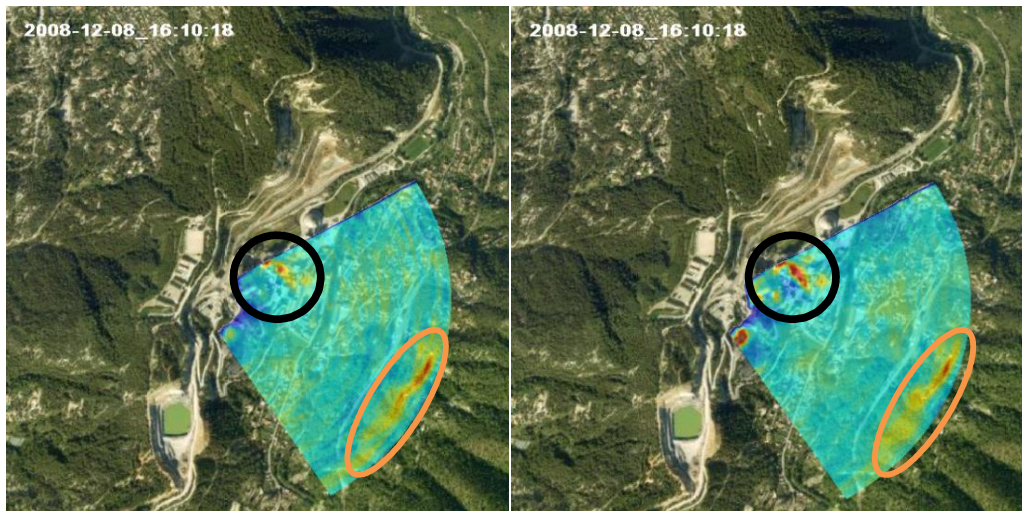


Figure 62 : Emissions de la cimenterie Vicat sur la voie parallèle (à gauche) et sur la voie perpendiculaire (à droite)

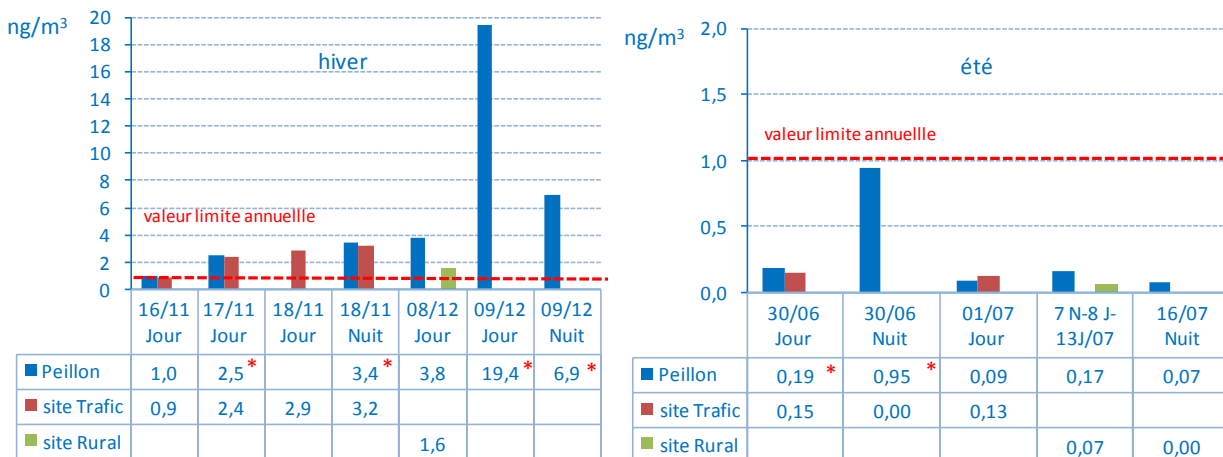
### 5.3.7. ANALYSE REGLEMENTAIRE DES COMPOSES CONSTITUTIF DES PARTICULES

#### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP

Les HAP constituent une classe particulière de composés organiques volatils en raison de leurs caractères cancérigène et mutagène. Dans le cadre de cette étude, 16 HAP<sup>36</sup> ont été analysés sur les filtres utilisés pour l'analyse statistique de contribution des sources.

Le benzo(a)pyrène B(a)P est un des HAP les plus toxiques. En effet, il est reconnu comme cancérigène pour l'homme par le CIRC. Il est considéré comme traceur de la pollution en HAP. Une valeur cible annuelle de 1 ng/m<sup>3</sup> a été définie par la directive européenne n°2004/107/CE. La surveillance de ce composé sur les grandes agglomérations de la région PACA est en cours depuis 2009<sup>37</sup>.

L'analyse du BaP a été réalisée sur les 11 filtres ayant fait l'objet des analyses complémentaires, 6 de ces filtres<sup>38</sup> ont été prélevés pendant les périodes de dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>. La journée du 30 juin est en limite de dépassement de la valeur limite avec une concentration journalière de 49 µg/m<sup>3</sup>



\*Période avec dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>

Figure 63 : Concentration en B(a)P à Peillon

<sup>36</sup> Annexe 5 Tableau 13

<sup>37</sup> Atmo PACA mesures 2009 de B(a)P

<sup>38</sup> Dépassements les 17, 18 novembre et 9 décembre 2008 et le 30 juin 2009 en limite de dépassement.

**L'hiver**, les niveaux en B(a)P à Peillon sont supérieurs à la valeur cible européenne avec 2,4 ng/m<sup>3</sup> durant les deux périodes sans dépassement, ce qui correspond au maxima journalier mesuré à Marseille en hiver. La journée du 9 décembre 2008 atteint la valeur de 19,4 ng/m<sup>3</sup>. Cette journée a été étudiée dans le cadre de la CMB (cf. 5.5), pour laquelle la combustion de biomasse qui a également été observée de visu et via le tir LiDAR (cf.5.3.6) est très bien identifiée.

L'**été** les niveaux sont plus faibles que sur Contes, ils restent cependant dans une gamme de concentrations plus élevée que celle des agglomérations de PACA à la même période. Cette observation est confirmée par les 2 mesures de B(a)P réalisées en 2008 en préparation de cette étude, avec **0.21 ng/m<sup>3</sup>** du 17 au 23/6/2008 et **0.16 ng/m<sup>3</sup>** du 24 au 30/6/2008.

Sur la vallée de Peillon, les concentrations en B(a)P sont plus élevées que les niveaux mesurées sur les grandes agglomérations<sup>39</sup> de PACA durant l'hiver, un risque de dépassement de la valeur cible existe dans la vallée, il semble cependant moindre que dans la vallée de Contes.

### Métaux Lourds réglementés

Certains métaux lourds sont soumis également à une réglementation dans l'air ambiant. Ils sont surveillés dans les principales agglomérations de la région PACA depuis 2009<sup>40</sup>. Les valeurs cibles annuelles fixées dans la directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004 sont : [As]=6 ng/m<sup>3</sup>, [Cd]=5 ng/m<sup>3</sup>, [Ni]=20 ng/m<sup>3</sup>. La directive 2008/50/CE impose pour le Plomb une valeur limite annuelle de 500 ng/m<sup>3</sup>.

**Tableau 10 : Concentration en métaux lourds réglementés sur Peillon**

Métaux lourds réglementés	Valeur cible annuelle ng/m <sup>3</sup>	Peillon (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )								
		16/11 Jour	17/11 Jour *	18/11 Nuit *	08/12 Jour	09/12 Jour *	09/12 Nuit *	30/06 Jour *	30/06 Nuit *	16/07 Nuit
Cadmium -Cd-	5	0,05	0,13	0,17	0,08	0,15	0,08	0,02	0,06	<DL
Arsenic -As-	6	0,43	0,72	0,70	1,23	1,02		<DL	<DL	<DL
Nickel -Ni-	20	1,26	2,08	1,33	1,40	1,80		0,77	<DL	<DL
Plomb -Pb-	500	0,05	0,13	0,17	0,08	0,15	0,08	0,02	0,06	<DL

\*Période avec dépassement de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>

Les concentrations estivales en arsenic, cadmium, nickel et plomb sont nettement plus faibles que celles mesurées dans les agglomérations de la région PACA.

Durant l'hiver, 4 filtres montrent des niveaux en arsenic proche de 1 ng/m<sup>3</sup>. Ces niveaux sont plus élevés que ceux habituellement observés en PACA. Ainsi, la valeur maximale atteinte en moyenne hebdomadaire est de 0,6 ng/m<sup>3</sup> à Toulon Chalucet. En moyenne sur l'année les concentrations en arsenic sont comprises entre 0,2 et 0,4 selon les agglomérations<sup>41</sup>.

Au vu des concentrations mesurées, **les concentrations en métaux lourds** (As, Ni, Cd, Pb) **devraient**<sup>41</sup> respecter les valeurs cibles européennes pour ces différents polluants.

### Synthèse des concentrations en particules à Peillon

**Les concentrations en particules PM10 sur la station fixe de Peillon** respectent la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> en 2008 et en 2009. **Le nombre de dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>** reste important sur le site de Peillon avec **69 dépassements en 2008** et **24 dépassements en 2009**. En raison de la nette diminution des niveaux de particules mesurée de 2007 à 2009 dans les Alpes Maritimes (cf. Annexe 8), la tolérance de 35 dépassements, dépassée en 2008, est respectée en 2009 pour la seconde fois depuis le début des mesures en 2003.

<sup>39</sup> Toulon, Aix, Cannes, Marseille

<sup>40</sup> [Atmo PACA mesures 2009 en métaux lourds](#)

<sup>41</sup> Le nombre de prélèvement n'est pas suffisamment représentatif de l'année pour réaliser une comparaison avec les valeurs cibles européennes en B(a)P et métaux lourds, les critères de représentativité ne sont pas respectés.



## Etude des concentrations en particules, des sources et de la météorologie sur le site de Peillon

Les concentrations en particules évoluent en fonction des conditions météorologiques (cf. 3) et donc des saisons. Les pics de concentrations horaires en particules ont lieu principalement le matin, à 7h l'été et à 10h l'hiver (cf. Figure 57). La levée de la brise diurne favorise ensuite la dispersion des polluants entre 9h et 18h l'été et entre 14h et 15h l'hiver (). Un second pic en fin de journée est mesuré en période hivernale. Les pics de particules PM10 l'été sont induits par de grosse particules ( $> 2.5\mu\text{m}$ ), tandis que l'hiver les fines particules contribuent au pic de concentration (cf. 5.3.2).

Une variation des pointes de concentrations en particules est observée entre les jours ouvrés, samedi ou dimanche (cf. 1). L'étude des profils a montré que les poids lourds sont principalement à l'origine de l'augmentation du pic de concentration en dioxyde d'azote pendant les jours ouvrés, tandis que pour les **pics en particules** le phénomène est plus complexe : **c'est l'ensemble du trafic** (véhicules légers+poids lourds), qui par la remise en suspension des particules et les émissions directes, contribue au pic de concentration plus élevée durant les jours ouvrés.

Les tirs LiDAR réalisés en altitude au dessus de la vallée ont détecté les particules présentes dans **le panache de la cimenterie**, mais également celles issues de **la combustion de biomasse** au dessus de la Grave de Peille.

Les mesures par pDR ont montré une variabilité importante des concentrations en fonction des sites. Si ces données doivent être interprétées avec précaution en raison du caractère encore expérimental de l'utilisation en air extérieur. Les valeurs minimales sont bien corrélées sur l'ensemble des sites, le pDR sur la station et celui à l'extrémité du jardin sont les plus impactés par des pics de concentrations. Pour ce dernier, une remise en suspension de particules par la brise (pDR à proximité du sol) ou d'une source micro locale sont envisagées pour expliquer les pics matinaux récurrents.

## Etude de la répartition géographique des dépassements

Bien que l'année 2009 n'ait pas été la plus propice aux dépassements dans la vallée, les mesures ont permis de montrer qu'il y a une bonne corrélation pour les valeurs moyennes et faibles entre les trois sites (Peillon, salle polyvalente et de Borghéas). Cependant pour les maxima journaliers, le site de Peillon est plus impacté en nombre de dépassement que le site de la salle polyvalente, et il existe une dynamique différente entre les journées en dépassement de la valeur limite sur les deux parties de la vallée, les pics journaliers ne sont pas corrélés (cf. 5.3.4).

Comme avec Contes, les niveaux en particules à Peillon sont légèrement plus élevés ( $+5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que sur le site rural de l'Escarène. Les concentrations estivales élevées sur les sites trafic et rural indiquent une ou des sources de particules autres que les combustions locales durant cette période.

Les analyses chimiques réalisées sur le site de l'Escarène (Annexe 5) laissent à penser que les concentrations hivernales sont plus faibles que dans les vallées. Par conséquent, il est fort probable que la réglementation soit respectée (moins de 18 dépassements journaliers).

Pour le site trafic et de la salle polyvalente, le risque de dépassement reste possible. Sur les périodes de mesure, qui représentent 30% d'une année (19 + 9%) le nombre de dépassement apparaît moindre qu'à Peillon. A l'exception de certaines périodes de pointes sur le site de Peillon, les variations de fond dans la vallée sont bien corrélées entre les trois sites. Il est donc probable que sur une année de fort dépassement à Peillon, les dépassements soient également présents plus en aval de la vallée.

## Autres composés réglementaires analysés :

Les concentrations en B(a)P sont plus élevées que les niveaux mesurés sur les grandes agglomérations<sup>42</sup> de PACA durant l'hiver, un risque de dépassement de la valeur cible existe dans la vallée, il semble cependant moindre que dans la vallée de Contes.

Durant la période hivernale, les concentrations en arsenic montrent des niveaux plus élevés que les niveaux habituellement observés en PACA. Au vu des concentrations mesurées, **les concentrations en métaux lourds** (As, Ni, Cd, Pb) devraient<sup>43</sup> respecter les valeurs cibles européennes pour ces différents polluants.

<sup>42</sup> Toulon, Aix, Cannes, Marseille

## 5.4. CARACTERISATION CHIMIQUE DES PARTICULES EN HIVER A PEILLON

Les analyses chimiques réalisées par le LGGE et le LCP-IRA sur la phase particulaire ont permis d'**améliorer les connaissances sur la pollution particulaire dans cette vallée et de mieux comprendre les processus qui en sont à l'origine.**

Conformément au protocole proposé, la stratégie d'échantillonnage permet des collectes de filtres en parallèle sur des couples de sites. Les filtres analysés proviennent des prélèvements effectués à la station fixe de Peillon (**38 filtres**, dont 20 l'hiver et 18 l'été), sur le site de typologie trafic de "Borghéas" (**44 filtres** dont 24 l'hiver et 20 l'été) et sur le site rural de référence à "l'Escarène" (**28 filtres** dont 12 l'hiver et 16 l'été). Le site trafic permet d'évaluer la contribution des émissions du trafic routier en proximité d'un l'axe tandis que le site « rural » permet d'évaluer la pollution dite de fond avec un minimum d'apport direct des sources d'émission. La sélection des filtres à analyser s'est appuyée sur les mesures automatiques de la station de Peillon, afin d'étudier les **périodes (jours et nuits) correspondant à la constitution « moyenne » de l'aérosol** et **les périodes de fortes concentrations**. En raison des variations importantes de composition des particules entre les saisons, **les résultats sont présentés séparément pour les périodes hivernales et estivales.**

Les analyses<sup>44</sup> menées sur ces filtres ont porté sur les composés suivants :

- La phase carbonée : élémentaire (EC), organique (OC) et la fraction soluble du carbone organique (WSOC) ;

**EC, carbone élémentaire**, est principalement émis en zone urbaine majoritairement par le trafic routier (diesel) et en zone "rurale" par la combustion de biomasse (cheminée, chauffage, déchets verts, ...).

**OC, carbone organique**, peut avoir de multiples sources, anthropiques primaires (tous les types combustions, la remise en suspension de matière organique) ou secondaire (oxydation des COV anthropiques ou biogéniques).

**WSOC<sup>45</sup>, carbone organique soluble dans l'eau**, dont une part importante est d'origine secondaire<sup>46</sup>, peut aussi provenir de certaines émissions primaires. A proximité de sources telles que les émissions véhiculaires, la fraction soluble de OC peut représenter 10 % de OC<sub>total</sub>, alors que pour un aérosol « âgé<sup>47</sup> », elle peut en représenter plus de 70 %.

**Le lévoglucosan**, est une molécule de la phase carbonée issue de la dégradation de la cellulose lors de processus de combustion de biomasse (*Simoneit et al. 1999, 2004<sup>[10]</sup>*). Il constitue donc un des traceurs moléculaires pertinents pour évaluer la présence et la contribution des combustions de biomasse dans la composante carbonée des particules.

- La phase ionique : chlorure (Cl<sup>-</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), magnésium (Mg<sup>2+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>). Ces espèces présentent des sources variées, depuis des émissions naturelles primaires jusqu'à une formation secondaire issue d'émissions anthropiques.

- La phase minérale, dite aussi crustale, est estimée à partir des concentrations en ion calcium (Ca<sup>2+</sup>), selon la méthode définie par Putaud et al, 2004<sup>[10]</sup> et appliquée dans le dispositif CAR<sup>[10]</sup> de l'INERIS. Elle est issue de plusieurs sources, telles que le ré-envol de particules terrigènes, la remise en suspension par le trafic routier, l'activité de la carrière dans la vallée et l'apport de particules sur de grandes distances.

<sup>43</sup> Le nombre de prélèvement n'est pas suffisamment représentatif de l'année pour réaliser une comparaison avec les valeurs cibles européennes en B(a)P et métaux lourds, les critères de représentativité ne sont pas respectés.

<sup>44</sup> Les méthodes d'analyses sont détaillées en annexe 4

<sup>45</sup> WSOC : Water Soluble Organic Carbon

<sup>46</sup> La formation des particules secondaires est le résultat de la conversion de gaz atmosphériques en particules, ou de la modification en présence de ces gaz des particules « primaires », qui elles sont émises directement à la source.

<sup>47</sup> Particules âgées sont secondaires, elles sont issues de réaction chimiques et photochimiques. Elles sont généralement issues d'un transport sur de longue distance

## SYNTHESE DES RESULTATS

### 5.4.1 Période hivernale

#### *Composition hiver des particules à Peillon*

- La composante carbonée « OC+EC » est atypique, car elle représente en masse plus de 50% des particules. Les concentrations en EC (plus élevées à Peillon) et la part plus faible de WSOC/OC en journée et en période de dépassement, indiquent la présence de particules issues de sources d'émissions locale associées à des combustions, hors combustion de biomasse.
- Les concentrations en lévoglucosan sont élevées sur Peillon, avec une forte variabilité allant de 150 à 2 240 ng/m<sup>3</sup>. Les concentrations élevées indiquent la présence de combustion de biomasse, dont la contribution sera déterminée par la CMB (cf. 5.5)
- Les concentrations en fraction ionique sont relativement faibles sur l'ensemble des sites de mesure.
- La part minérale est également importante ; elle représente de 12 à 43% des particules mesurées.

#### *Composition lors des 5 dépassements<sup>48</sup> de la valeur limite*

- Nette augmentation des concentrations en Matière Organique (OM)<sup>49</sup>, les concentrations en EC plus élevées et le ratio WSOC plus faible indiquent l'apport en particules de source de combustion locale.
- Malgré l'augmentation de la concentration de la phase carbonée (OC+EC) sur les particules PM<sub>10</sub>, sa fraction diminue pendant la journée en raison d'une fraction crustale plus importante.
- Les concentrations en lévoglucosan sont plus élevées lors des périodes de dépassements, la journée du 9 décembre a ainsi atteint dans la journée 2 240 ng/m<sup>3</sup>, indiquant une importante source de combustion de biomasse.
- Les concentrations de la fraction ionique sont plus élevées mais restent proportionnellement équivalentes sur les concentrations en particules PM<sub>10</sub>.

### 5.4.2 Période estivale

#### *Composition été des particules à Peillon*

- La composante carbonée « OC+EC » est beaucoup plus faible, avec en masse 20% des particules, ce qui correspond au cycle saisonnier généralement observé. Le ratio WSOC/OC plus élevé que l'hiver correspond à des particules plus « âgées », issues de transport longue distance ou de transformation photochimique. Les sources locales d'émissions par combustion sont toujours présentes l'été, elles représentent une proportion des particules bien moins importante.
- La concentration en lévoglucosan est nulle l'été sur les échantillons de Peillon, à l'exception de la nuit du 30 juin 2010.
- Les concentrations de la fraction ionique sont assez élevées sur l'ensemble des sites de mesure.
- La part minérale est très importante, elle représente en moyenne 40% en masse des particules mesurées.

#### *Composition lors du 30 juin 2009 en limite de dépassement*

- La phase carbonée mesurée est plus élevée et indique une part plus importante de particules primaires issue des sources locales d'émission. Dans la nuit du 30 juin, la concentration en lévoglucosan indique également une source de combustion de biomasse.
- La phase crustale est également plus importante (33% en journée et 49% la nuit) et représente la phase principale des particules mesurées lors de cette journée.
- La phase ionique, avec 22%, représente une part plus faible des particules mesurées.

<sup>48</sup> Les 13, 17, 18, 19 novembre et 9 décembre 2008

<sup>49</sup> OM : Matière Organique, calculée à partir des résultats de l'étude FORMES menée par le Laboratoire de Chimie de Provence à Grenoble, le facteur de conversion utilisé est le suivant **OM = 1.67 x OC**

### 5.4.1. PERIODE HIVERNALE

Les résultats de la composition chimique des particules à la station de Peillon en période hivernale sont présentés sur la Figure 64, ci-dessous. Ils indiquent pour chaque filtre analysé, l'ensemble des espèces prépondérantes dans la phase particulaire PM10.

Il est à noter, que la station du Peillon a connu sur la période de mesure hivernale un dysfonctionnement important sur l'analyseur de particules PM10 entre le 20 novembre et le 6 décembre 2008, réduisant ainsi le nombre de données exploitables sur la période de prélèvement des filtres. Des filtres ont été analysés sur cette période (21/11 au 2/12), mais la concentration totale en particules et la phase crustale ne sont pas disponibles.

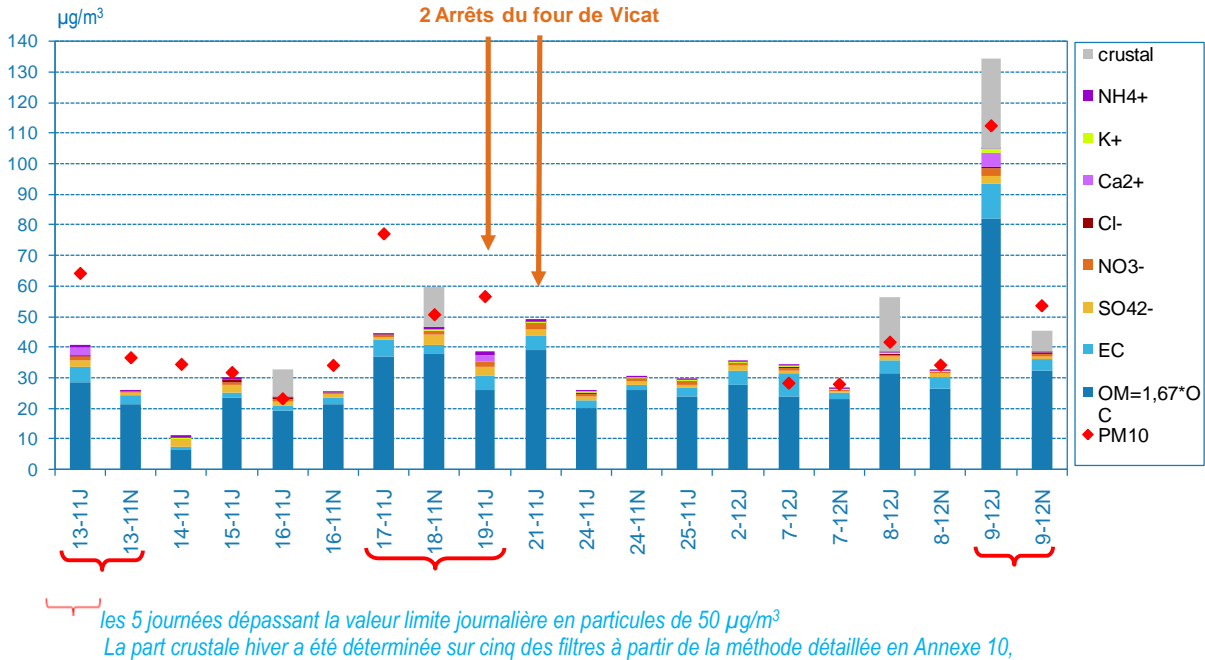


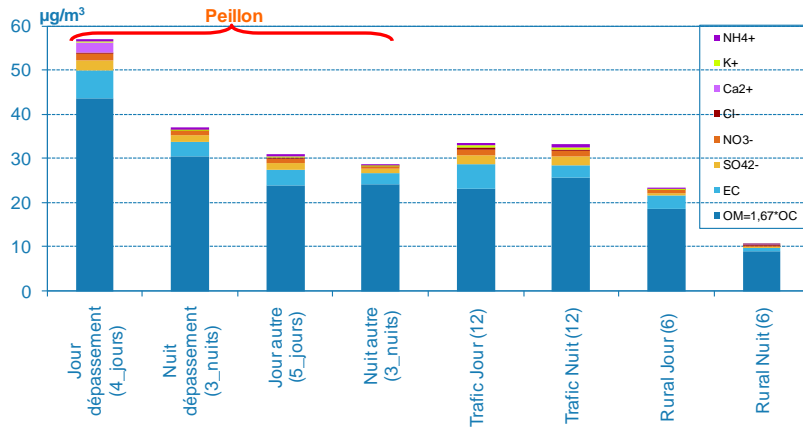
Figure 64 : Composition des particules (PM10) à Peillon, campagne hiver

Les analyses de caractérisations chimiques indiquent **une prédominance forte de la matière carbonée**. La phase carbonée « EC + OM » est nettement prépondérante puisqu'elle représente en masse entre 53 % et 91 % des particules PM10. Deux prélèvements se distinguent, le 14 novembre et le 7 décembre, avec des phases carbonées respectives de 21% et de 100%.

**La part minérale est également importante, elle représente en moyenne 29%, sur les 5 prélèvements où elle a pu être déterminée.**

Selon les périodes de mesure, les concentrations et les contributions de chaque espèce varient. Ceci est dû aux variations d'intensité des émissions présentes dans la vallée, mais aussi aux conditions météorologiques (cf. 3) favorables ou non à l'accumulation des particules selon les différentes périodes de prélèvement.

ETUDE DES CONCENTRATIONS EN FONCTION DES SITES DE PRELEVEMENT



Composition des particules PM10 en µg/m³		Station de Peillon				Site trafic Borghéas		Site rural l'Escarène	
		Périodes de dépassement		Sans dépassement		Jour (12)	Nuit (12)	Jour (6)	Nuit (6)
		Jour (4)	Nuit(3)	Jour (5)	Nuit (3)				
Phase Carbonée	EC	6.5	3.4	3.4	2.5	5.5	2.9	3.1	0.6
	OC	26	18.2	14.3	14.5	13.9	15.3	11.1	5.4
	(OC+EC)/PM10	42%	46%	56%	53%	-	-	-	-
	WSOC	9	6.8	6	6.8	4.7	7.4	4.3	2.7
	WSOC/OC	31%	37%	42%	47%	34%	48%	40%	49%
Phase ionique	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.4	0.8	0.9	0.5	1.5	1.2	0.7	0.3
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.2	1.6	1.6	0.9	1.9	1.9	0.4	0.4
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	0.7	0.3	0.2
	Cl <sup>-</sup>	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1
	K <sup>+</sup>	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1
	% ion/PM10	9.2%	7%	11.2%	6.5%	-	-	-	-
Phase minéral	Crustale*	29.2	9.8	13.3	-	-	-	-	-
	% Crustale*/PM10	26%	19%	41%	-	-	-	-	-
	Lévoglucosan	0.98	0.88	0.46	0.55	0.24	0.41	0,89	0,5

■ - composante élevée et prédominante dans la composition des particules ; \* la part crustale n'a pu être estimée l'hiver que sur cinq prélèvements  
■ - composante faiblement représentée pour une période hivernale

Figure 65 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites

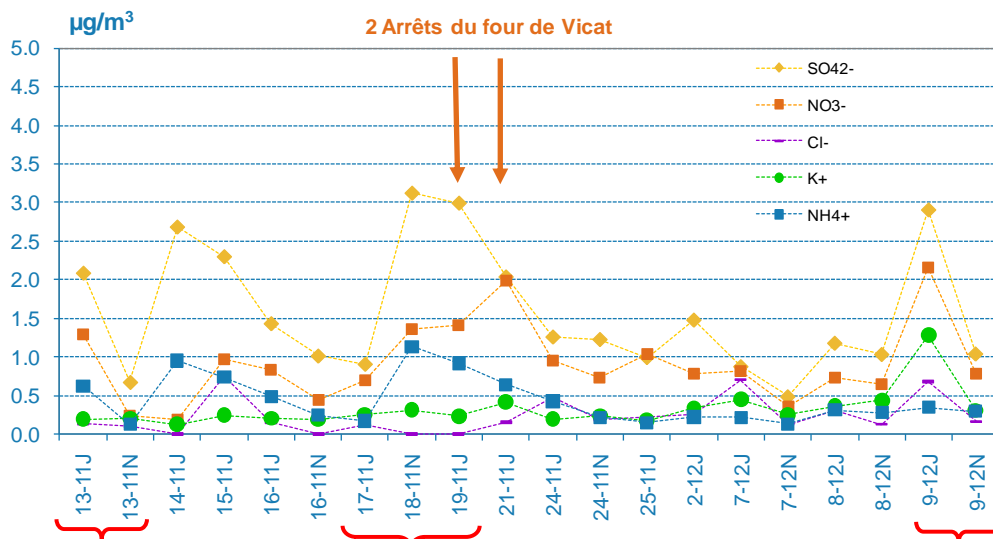
- **La part de la composante carbonée hors dépassement « OC+EC » (>50%) est plutôt atypique** en comparaison des concentrations généralement mesurées et collectées dans la littérature. En France, des contributions supérieures à 30% ont été mesurées uniquement dans des vallées alpines<sup>50</sup> (37% et 46%) et en proximité d'importantes artères de circulation.

Les concentrations en EC mesurées à Peillon correspondent à des concentrations urbaines moyennes européennes ou à celles d'un site urbain en vallée alpine. Cela souligne la présence non négligeable de sources d'émissions locales de combustion (industrie, trafic, biomasse, ...). Sur les trois sites Peillon, trafic et rural, les variations de concentration en EC entre les périodes jours et nuit peuvent être associées aux variations du trafic routier<sup>51</sup>, principalement compris entre 7h et 20h (cf. 5.1).

Les concentrations en OC mesurées à Peillon sont élevées et à l'origine de la part importante de la phase carbonée. Le rapport WSOC/OC sur Peillon hors dépassement est compris entre 42 et 47%, correspondant à la gamme mesurée en hiver dans la plaine du Pô par Decesari et al. (2001)<sup>[10]</sup>. La part plus faible de WSOC en journée et lors des périodes de dépassements semble indiquer également l'apport de particules par une source de combustion (non biomasse) plutôt locale.

- **Les concentrations de la fraction ionique sont relativement faibles sur l'ensemble de ces sites de mesure pour une période hivernale.** La figure suivante présente les concentrations des principales espèces ioniques constitutives des aérosols.

Pour l'ensemble de ces ions, les concentrations les plus faibles sont mesurées sur le site rural, ce qui conforte le choix de ce site comme étant représentatif d'une atmosphère de fond avec une atmosphère « propre ».



Les 5 journées dépassant la valeur limite journalière en particules de 50 µg/m³

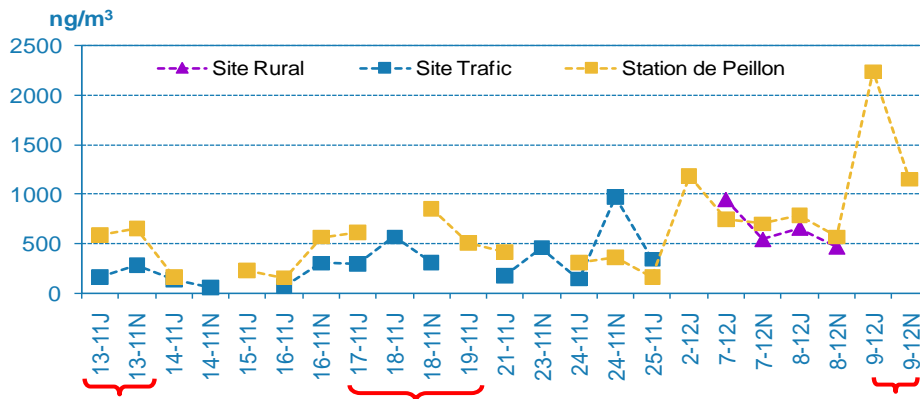
Figure 66 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Peillon

Sur le site de Peillon, les concentrations en sulfates varient sensiblement d'une journée à l'autre et ne semblent pas dépendre uniquement du fonctionnement ou non du four (deux périodes de 12h de comparaison). Toutefois, la prédominance des sulfates par rapport aux nitrates pourrait indiquer un impact de combustion de fuel lourd. Les outils mis en place pour la CMB (cf. 5.5) permettent d'étudier plus en détail la problématique des sources.

- **La variabilité des concentrations en lévoglucosan** est importante sur les trois sites. Les teneurs dépendent des conditions météorologiques et de la présence ou non de sources locales de combustion de biomasse.

<sup>50</sup> Gilles Aymoz, 2005, Etude de la fraction carbonée de l'aérosol atmosphérique à Chamonix et St Jean de Maurienne : évolution saisonnières, sources et caractéristiques chimiques. Université Joseph Fourier (Grenoble 1). **Le site rural correspond à St Jean de la Maurienne et le site urbain à Chamonix.**

<sup>51</sup> Le trafic routier dans les deux vallées est principalement compris entre 7h et 20h



Les 5 journées dépassant la valeur limite journalière en particules de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 67 : Evolution des concentrations en lévoglucosan

Sur le site rural, la concentration en lévoglucosan est comprise entre 500 et 1 000  $\text{ng}/\text{m}^3$  indiquant la présence de sources de combustion de biomasse, lors de ces prélèvements.

Sur la station de Peillon, une variabilité importante des concentrations en lévoglucosan est observée : 150 à 2240  $\text{ng}/\text{m}^3$ , soulignant la présence significative de combustions de biomasses. Cette contribution est quantifiée dans le cadre de l'étude CMB.

- **La part crustale estimée** sur le site de Peillon représente 12 à 43% de la concentration en masse des particules.

#### ETUDE DES JOURNEES ATYPIQUES SUR LES CONCENTRATIONS MESUREES A PEILLON

**Le 14 novembre** : La phase carbonée ne représente que 18% des particules, Cette journée était très ventée et la part prépondérante des particules ce jour là pourrait être induite par du ré envol de particules donnant une plus importante **fraction crustale**.

**Les 15, 16 et 25 novembre** : les concentrations en lévoglucosan, en particules et des autres composés sont faibles, indiquant sur ces journées une bonne dispersion des polluants. Les concentrations en particules sont nettement inférieures aux valeurs réglementaires.

**Les 2, 7, 8 et 9 décembre** : les concentrations en lévoglucosan sont comprises entre 500 et 2 240  $\text{ng}/\text{m}^3$ , indiquant une contribution de la combustion de biomasse, qui concordent avec les autres observations de terrain, qui ont constaté et mesuré les brûlages de déchets verts lors de la campagne LiDAR (cf.5.3.6).

**Le 9 décembre** : Cette journée correspond à un épisode de pollution importante sur Peillon avec de très fortes concentrations en particules  $\text{PM}_{10}$ . La très forte concentration en particules et en lévoglucosan 2240  $\text{ng}/\text{m}^3$  indique la présence de brûlages de biomasse. La concentration en EC de 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  indique la grande proximité d'une source de combustion et les concentrations élevées en sulfates et nitrates sont également un indicateur sur le brûlage de fuel lourd associé aux industries. L'étude de source par CMB a permis d'affiner la part respective de chacune des sources. (Annexe 6)

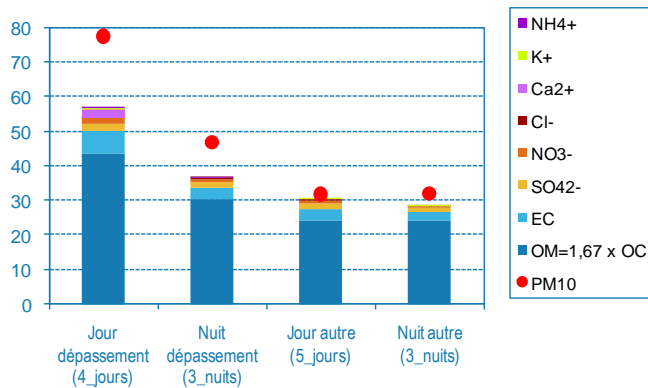
**ETUDE DES JOURS DE DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE (50 µg/m<sup>3</sup>)**

La figure ci-dessous présente la composition chimique des particules moyennée par période de prélèvement (jour ou nuit) et en fonction des jours où les concentrations mesurées en PM10 ont dépassé la valeur limite journalière. **Cinq dépassements** de la valeur limite journalières (50 µg/m<sup>3</sup>) ont eu lieu sur Peillon au cours de cette campagne les 13, 17, 18, 19 novembre et le 9 décembre.

- Les concentrations en Matière Organique (OM) sont en moyenne supérieures, en comparaison des jours sans dépassement, soit une augmentation de 6 µg/m<sup>3</sup> la nuit (+26%) et de 20 µg/m<sup>3</sup> sur la journée (+81%).

Les concentrations en EC sont également plus importantes et les rapports WSOC/OC plus faibles, indiquant l'apport en particules de source de combustion locale.

Pendant les dépassements, les concentrations en matière organique totale sont donc plus élevées. Cependant, leurs proportions en masse sont plus faibles, principalement sur la journée. Cela indique, de fait, une part plus importante d'autres sources en particules :



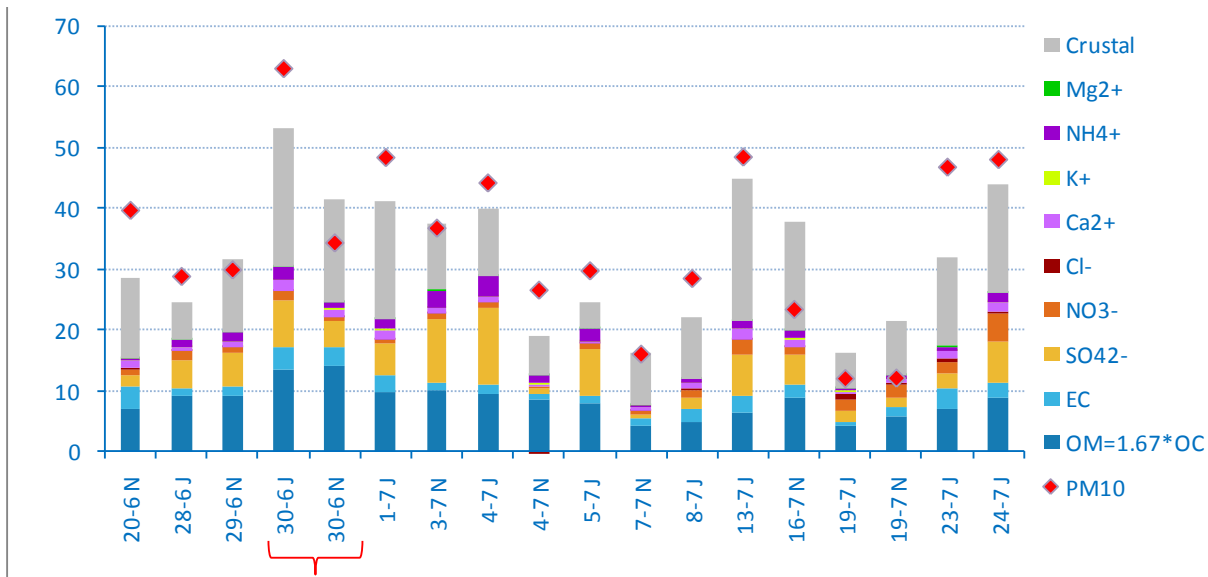
**Figure 68 : Composition chimique des particules à Peillon – Distinction des jours avec dépassements de la valeur limite**

- La phase crustale apparait plus élevée sur les jours de dépassements, entre 7 et 29 µg/m<sup>3</sup> selon les journées.
- La concentration en lévoglucosan, indicateur sur la combustion de biomasse est plus élevée sur les périodes de dépassement, avec en moyenne 640 ng/m<sup>3</sup> les 13, 17, 18 et 19 novembre, et près de 1690 ng/m<sup>3</sup> en moyenne le 9 décembre – journée du plus important dépassement.
- Les concentrations en ions sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont plus élevées sur les périodes de dépassements.



### 5.4.2. PERIODE ESTIVALE

Les résultats de la composition chimique des particules à la station de Peillon en été sont présentés avec la Figure 69 ci-dessous. Ils indiquent, pour chaque filtre analysé, l'ensemble des espèces prépondérantes dans la phase particulaire PM10 durant la période estivale.



La journée du 30/06 a atteint 49 µg/m³ en limite de la valeur limite journalière (50 µg/m³)

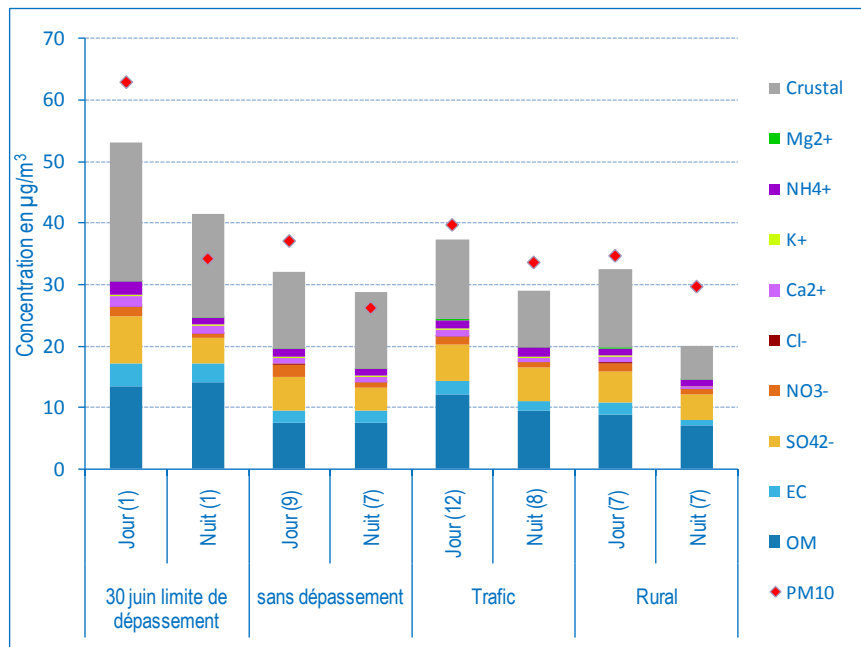
Figure 69 : Composition des particules (PM10) à Peillon, campagne été

Les concentrations en particules sur toute la période de prélèvement estivale à Peillon ont enregistré des concentrations plus faibles que sur la période hivernale. La fraction "indéterminée" de l'analyse des particules est également plus importante.

La matière carbonée (OM+EC) représente sur la période estivale une fraction beaucoup plus faible des particules dans l'air ambiant, elle représente en masse 20% des particules. Le cycle saisonnier des concentrations en OM et EC est marqué et correspond à ceux observés dans le cadre des études POVA dans les vallées Alpines et en Suisse (Putaud et al. 2004)<sup>[10]</sup>.

La fraction crustale est importante sur la période estivale avec en moyenne 37% des particules PM10.

#### ETUDE DES CONCENTRATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTS SITES.



Composition des particules PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Station de Peillon				Site trafic Borghéas		Site rural l'Escarène	
		30 juin en limite de dépassement		Sans dépassement		Jour (12)	Nuit (8)	Jour (7)	Nuit (7)
		Jour (1)	Nuit (1)	Jour (9)	Nuit (7)				
Phase Carbonée	EC	3.8	3	2	1.8	2.2	1.5	2.0	1.0
	OC	8	8.4	4.5	4.6	7.3	5.7	5.3	4.2
	<b>(OC+EC)/PM10</b>	<b>19%</b>	<b>33%</b>	<b>17%</b>	<b>24%</b>	<b>24%</b>	<b>21%</b>	<b>21%</b>	<b>17%</b>
	WSOC	3.7	4.0	2.6	2.4	3.3	2.7	2.7	2.9
	WSOC/OC	46%	48%	57%	52%	46%	48%	52%	70%
Phase ionique	$\text{NO}_3^-$	1.4	0.6	1.8	0.9	1.4	0.9	1.4	0.8
	$\text{SO}_4^{2-}$	7.7	4.3	5.5	3.8	5.8	5.6	5.0	4.1
	$\text{NH}_4^+$	2.1	1.1	1.4	1.1	1.5	1.5	1.2	1.1
	$\text{Cl}^-$	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
	$\text{Ca}^{2+}$	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	0.7	1.0	0.4
	$\text{K}^+$	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
	<b>% ion/PM10</b>	<b>22%</b>	<b>22%</b>	<b>28%</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>23%</b>
Phase minérale	Crustale	22.6	16.7	12.5	11.1	13	9.2	12.9	5.1
	<b>% Crustale/PM10</b>	<b>36%</b>	<b>49%</b>	<b>34%</b>	<b>42%</b>	<b>33%</b>	<b>27%</b>	<b>37%</b>	<b>17%</b>
Traceur biomasse	Lévoglucosan	0.052	<b>0.603</b>	0.013	0.017	<b>0.139</b>	0.049	0.008	0.015

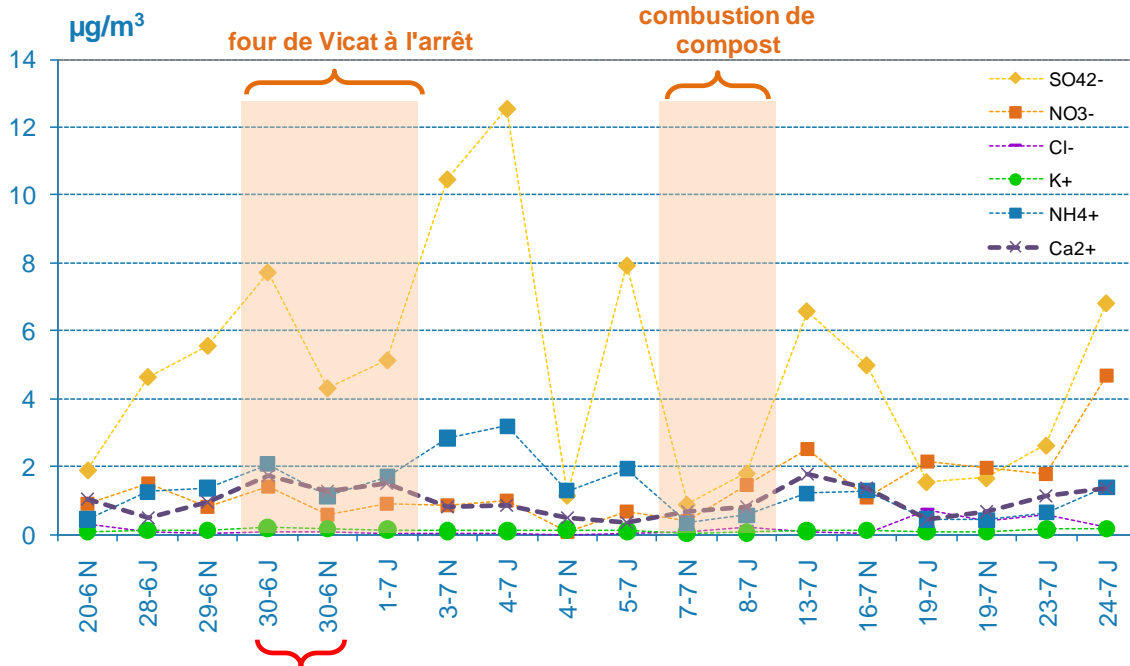
Figure 70 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites

- **La part de la composante carbonée « OC+EC » par rapport à la concentration en particules PM10 est nettement plus faible que durant la période hivernale.**

Les concentrations en EC et OC dans la vallée de Peillon l'été sont plus élevées que dans un site rural de vallée alpine (site Escarène ou St-Jean de la Maurienne ( $\text{EC}_{\text{été}} : 0,7$  et  $\text{OC}_{\text{été}} : 5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les niveaux moyens mesurés sur le site de Peillon correspondent plus à un milieu urbain de vallée tel que Chamonix ( $\text{EC}_{\text{été}} : 1,1$ ,  $\text{OC}_{\text{été}} : 6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Le ratio WSOC/OC est plus élevé que l'hiver, indiquant que les particules sont plus « âgées » et plutôt issues de formation secondaire. Cette part de particules secondaires est toutefois beaucoup plus faible que celle mesurée sur le site de l'Escarène (52% et 70%) ou dans le cadre du programme POVA, pour lesquels les ratios atteignaient 80% sur le site rural de St Jean de la Maurienne et 75% en urbain à Chamonix. La présence de sources d'émissions locales associées à des combustions est donc également bien identifiée sur la période estivale.

- **Les concentrations de la fraction ionique** représentent sur l'ensemble des sites une part beaucoup plus importante de la composition en particules (22 à 28%). La figure suivante présente les concentrations des principales espèces ioniques constitutives des aérosols sur la station de Peillon.



La journée du 30/06 a atteint 49 µg/m³ en limite de la valeur limite journalière (50 µg/m³)

Figure 71 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Peillon

Sur les périodes de mesure estivales, les ions majoritairement présents parmi les particules atmosphériques de la vallée de Peillon sont :

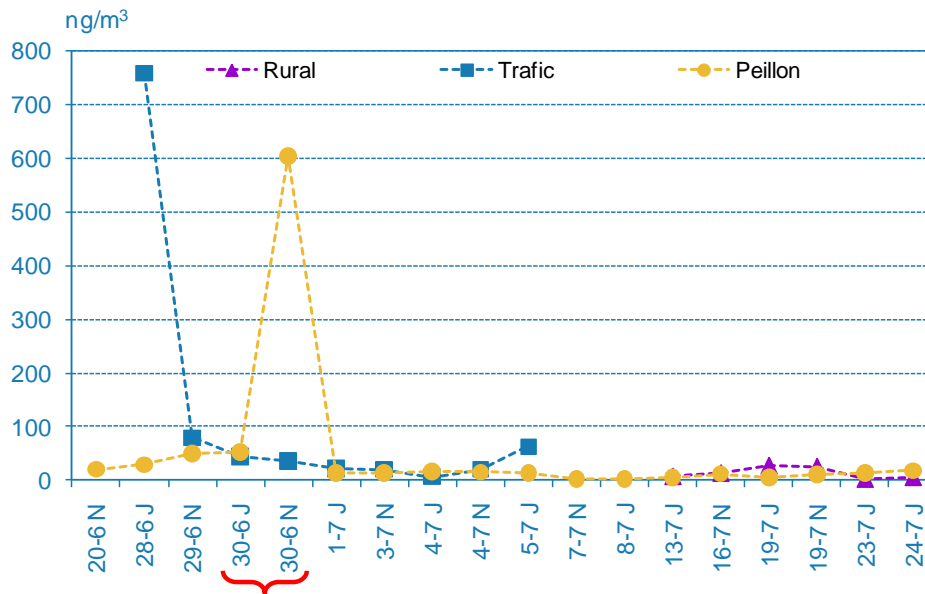
- les sulfates, indicateurs d'émissions industrielles générées par l'utilisation de dérivés du pétrole non raffiné,
- les nitrates, indicateur des émissions des véhicules à moteur et le calcium, indicateur d'une part crustale.

Les concentrations et les variations observées sur le site de Peillon pour les sulfates, nitrates et ammonium le sont également sur les deux autres sites trafic et rural, indiquant une fraction secondaire inorganique dont la contribution est déterminée par la CMB.

- Pour le calcium, les concentrations sont plus élevées sur le site de Peillon, indiquant un impact plus important des sources crustales en particules.

- **Les concentrations en lévoglucosan sont très faibles sur la période estivale** en raison de l'absence de chauffage urbain et à l'interdiction<sup>52</sup> des brûlages sur la période rouge du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre 2009. Deux journées très spécifiques ont mesurées une concentration en lévoglucosan indiquant une combustion de biomasses, le 30/06 dans la nuit à Peillon et le 28/06 dans la journée sur le site trafic de Borghéas. Sur les autres prélèvements les concentrations sont faibles et correspondent aux concentrations mesurées moyenne rencontré l'été. (Puxbaum, 2007<sup>(10)</sup>)

<sup>52</sup> Arrêté préfectoral du 19 juin 2009



La journée du 30/06 a atteint 49 µg/m³ en limite de la valeur limite journalière (50 µg/m³)

Figure 72 : Concentration en lévoglucosan (ng/m³)

- La phase crustale estimée sur le site de Peillon est élevée avec 34% des PM la journée et 42% la nuit. Il s'agit d'une part prédominante des particules mesurées, puisque la part crustale observée est généralement plutôt comprise entre 0 et 20% (POVA).

#### ETUDE DU 30 JUIN, JOUR EN LIMITE DE DEPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE JOURNALIERE

Sur la période échantillonnée, le 30 juin 2009 est la seule journée à atteindre une valeur moyenne de 49 µg/m³, en limite de la valeur réglementaire (50 µg/m³). Cette journée a également été étudiée dans le cadre de la CMB (cf.5.5)

- Les concentrations en EC et OC sont deux fois plus importantes sur la journée du 30 juin et le ratio WSOC/OC est moins élevé sur la journée. La phase carbonée mesurée est donc plus importante et indique une part plus importante de particules primaires issue des sources locales d'émission.
- La phase ionique, avec en masse 22% des particules, représente une part plus faible.
- Durant la nuit du 30 juin, une contribution par le brûlage de biomasse est identifiée en raison d'une forte concentration de lévoglucosan dans la phase particulaire, avec 600 ng/m³.
- La phase crustale est également plus importante (33% en journée et 49% la nuit) et représente la phase principale des particules mesurées lors de cette journée.

## 5.5. CONTRIBUTION DES SOURCES PRIMAIRES AUX PARTICULES PM10 DANS LA VALLEE DE PEILLON

### 5.5.1. METHODOLOGIES EMPLOYEES

Les contributions des sources primaires au PM10 ont été calculées à l'aide de deux approches ; l'une permettant d'accéder à la fraction crustale et l'autre, approche Chemical Mass Balance (CMB), destinée à quantifier les autres principales sources primaires. Ces deux approches sont détaillées en Annexe 9 et Annexe 10.

Brièvement, l'**approche CMB**<sup>53</sup> est basée sur la déconvolution des empreintes chimiques établies pour une série de marqueurs de sources organiques (lévoglucozan, mannosan, hopanes, alcanes linéaires, HAP) et métalliques (Ni, V et Pb). Elle constitue la méthodologie la plus robuste existant pour des échantillons de particules collectées ponctuellement et sur une période d'observation de courte durée. Considérée comme méthode de référence par US EPA, l'approche CMB, telle qu'utilisée dans le cadre de cette étude, bénéficie de l'optimisation et des développements réalisés au cours du programme FORMES (*Favez et al, 2010, El Haddad et al 2010a, 2010b*<sup>(10)</sup>). Toutefois, aucune méthodologie d'estimation des sources ne peut être considérée comme absolue. Elles souffrent toutes d'incertitudes et les hypothèses pour leur mise en œuvre demeurent nombreuses. Pour la CMB, la principale limitation réside dans la connaissance préalable des sources d'émissions et de leurs empreintes chimiques. Si les sources telles que la combustion de biomasse où les émissions véhiculaires sont très bien contraintes dans la littérature, les empreintes chimiques des sources ponctuelles telles que les sources industrielles sont étroitement liées à l'activité industrielle elle-même et donc, par conséquent, très variables. Sans étude dédiée, il est donc très délicat d'extraire la contribution d'une source industrielle donnée. Dans le cadre de cette étude, ne disposant pas d'empreintes chimiques fiables pour les industries présentes dans les vallées, la contribution spécifique de ces sources n'a pas été mise en évidence. Seule la combustion de fuel lourd a pu clairement être identifiée et quantifiée sur les sites de Contes et Peillon au cours de la campagne de prélèvement hivernale. Les sources primaires pouvant être déconvoluées avec un excellent niveau de confiance ( $\pm 20\%$  sur la concentration calculée) sont :

- **Combustion de biomasse** (chauffage résidentiel et combustion de déchets verts)
- **Emissions véhiculaires**
- **Débris d'origine végétale**
- **Combustion de gaz naturel**

La méthodologie employée, les principaux points de contraintes et les incertitudes associées à l'approche CMB sont présentées en Annexe 9.

La **fraction crustale**, c'est-à-dire liée à la remise en suspension de matériaux inorganiques divers (aluminosilicate, carbonate de calcium, poussière de routes..), particulièrement importante pour la fraction PM10, a été estimée selon plusieurs approches développées en Annexe 10. Bien que d'apparence plus simple, le calcul de la contribution de la fraction crustale demeure complexe et sujet à incertitudes. Au cours de cette étude nous avons travaillé selon 2 voies. La première, communément utilisée et souvent considérée comme une méthode de référence (*Marelli, 2007*), se base exclusivement sur les concentrations en calcium soluble ( $nssCa^{2+}$ ) auquel est appliqué un facteur (généralement 5.6 ; *Putaud et al, 2004*) pour estimer la fraction crustale globale. Cette approche ne peut cependant pas être considérée comme totalement satisfaisante. Elle suggère en effet une nature chimique très homogène des particules constitutives de cette fraction. Si cette hypothèse peut être formulée à une échelle spatio-temporelle relativement restreinte, elle est difficilement formulable à l'échelle d'un pays ou d'un continent. Afin de tenir compte de la complexité chimique de cette fraction, une approche basée sur l'aluminium (Al), le silicium (Si), le calcium (Ca), le fer (Fe) et le titane (Ti) a été développée à partir des données disponibles sur les métaux (Annexe 10). Un résultat connexe à cette étude de la fraction crustale met en évidence que le ratio fraction crustale/ $Ca^{2+}$  est plutôt de l'ordre de 13 l'été et 7 l'hiver dans l'environnement étudié au lieu de 5.6 (valeur habituellement utilisée).

Les contributions figurant dans ce document correspondent aux meilleures estimations possibles pouvant être déduites de l'information chimique extraite des échantillons collectés.

<sup>53</sup> CMB : Composant Mass Balance.

## SYNTHESE

### Contribution moyenne des sources en particules à Peillon

- Les sources crustales représentent en moyenne **45% l'été et 29% l'hiver de la masse des particules**. Cette fraction est significativement plus élevée que celle habituellement mesurée en Europe, dont la moyenne annuelle est comprise entre 4 et 28% de la masse des PM10 (Putaud et al 2010<sup>[10]</sup>). Les sources en particules crustales identifiées dans la vallée regroupent les activités de la carrière, la remise en suspension de particule par le trafic, ainsi que l'érosion des sols par le vent.

- Les sources véhiculaires représentent **12.3% l'été et 11% l'hiver de la masse des particules**, ce qui est une contribution élevée pour une vallée de 4 500 habitants.

- La fraction secondaire inorganique, représente **18% l'été et 6% l'hiver**, elle est principalement influencée par le transport longue distance des particules, et l'été par la formation de particules via des réactions photochimiques. La faible proportion de cette fraction sur les deux saisons, indiquerait donc que l'influence des sources locales est prépondérante.

- Combustions de bois et de déchets verts sont très bien identifiées l'hiver, elles représentent en moyenne **18% des particules pour le chauffage urbain au bois**. **A deux reprises les brûlages de déchets verts ont été clairement identifiés et ont représenté 27% (le 17/09) et 45% (le 9/12) de la masse des particules.**

- Combustion de fuel lourd, a pu être identifiée en quantité significative sur le prélèvement du 18/11, la nuit, avec 8% des particules soit 4.1 µg/m<sup>3</sup>.

- Déchets végétal et la combustion de gaz naturel, ont également été identifiés, il représente à eux deux moins de 1% des particules l'été et entre 1 et 5% l'hiver.

- Finalement, la catégorie « Autre Matières Organique » correspond à la matière organique non identifiée. **Elle représente en moyenne 28% de la masse des particules**. En raison des limites de la méthodologie utilisée, elle contient les sources dont les profils sources adaptés n'existent pas encore, tel que la fraction biogénique secondaire et la source de combustion du four de la cimenterie.

Les contributions des sources, étudiées dans la vallée de Peillon, varient significativement entre les périodes estivale et hivernale en fonction des activités locales et saisonnières (chauffage au bois, particules secondaires). Les dépassements et les concentrations en particules mesurées pendant les différentes périodes sont tributaires de deux autres facteurs prépondérants :

- **Les phénomènes météorologiques** dans les vallées (cf. 3) sont régulièrement favorables à l'accumulation des polluants. Les conditions d'inversion thermique hivernale sont particulièrement propices à l'accumulation des polluants proche du sol. Ces phénomènes induisent une augmentation des concentrations en particules dans l'air ambiant, la proportion des différentes sources restant alors dans les mêmes ordres de grandeur.

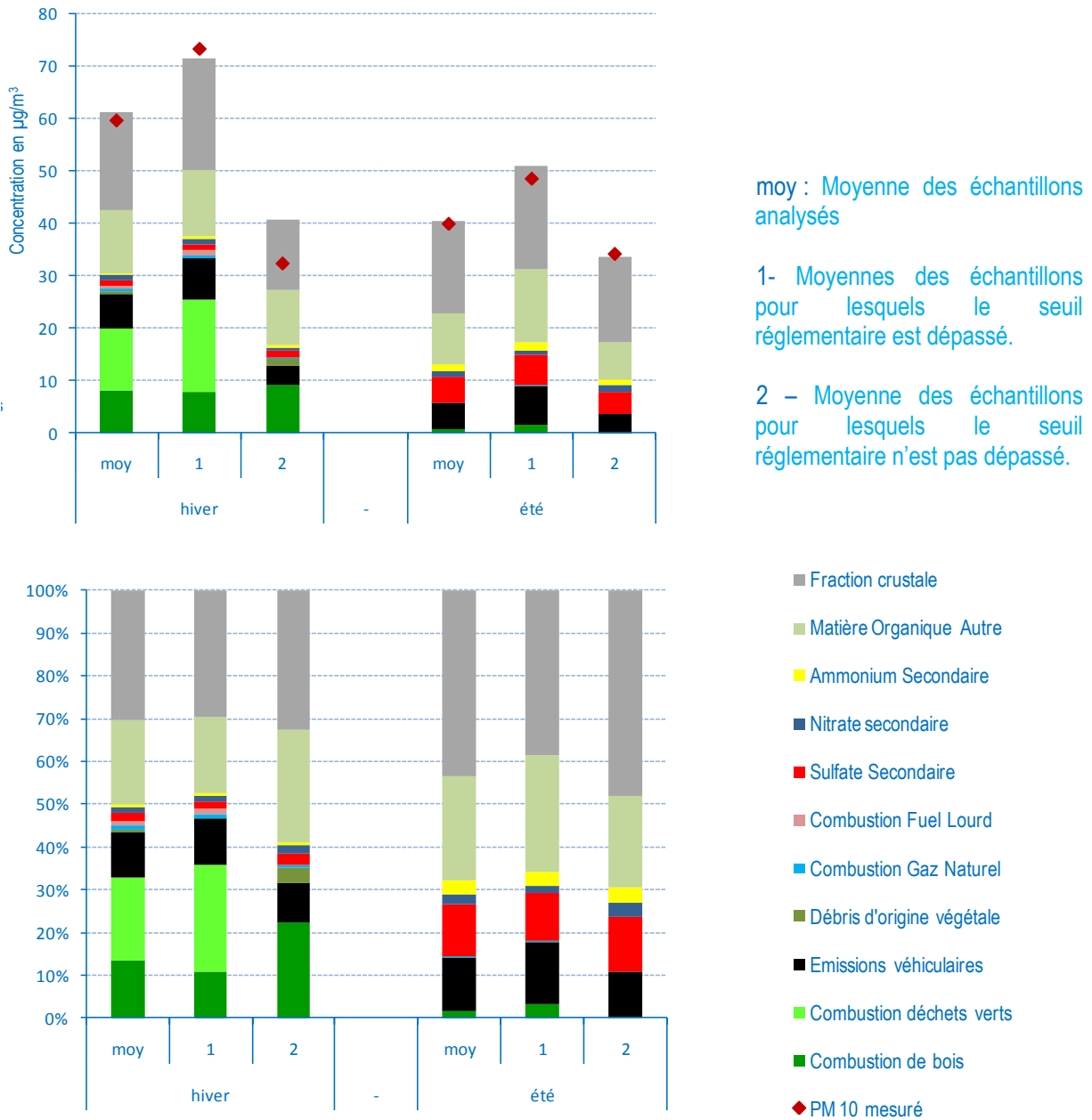
- **Des sources ponctuelles d'émissions** en particules ont été identifiées comme pouvant aggraver significativement les dépassements, tel que les brûlages de déchets verts (45%), la combustion de fuel lourd (8%), les sources crustales (29 à 45%). L'ensemble de ces sources ponctuelles a un impact d'autant plus significatif que les conditions météorologiques défavorables à leur dispersion sont réunies.

Exemple du 9 décembre 2008, où la forte inversion thermique observée et le brûlage de déchets verts (45% des particules dans l'air ambiant) ont abouti au dépassement le plus élevée sur ce site depuis 2007 avec 105 µg/m<sup>3</sup> sur 24h.

### 5.5.2. RESULTATS DES ANALYSES DE CONTRIBUTION

Sur le site de Peillon, l'analyse des contributions de sources a porté sur un total de 11 échantillons (6 en hiver et 5 en été), dont 1 échantillon composite (association d'échantillons individuels). Ces échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique poussée en termes de marqueurs organiques et métalliques. Les résultats sont présentés en Annexe 5 (Tableau 16 et Tableau 17), pour les concentrations des différents marqueurs et pour les contributions des sources.

Une synthèse des contributions de sources est présentée Figure 73 pour les deux saisons étudiées. Elle distingue la valeur moyenne sur les échantillons analysés des valeurs moyennes calculées pendant et hors période de dépassement de seuil réglementaire pour les PM10 (ie. 50 µg/m³ sur 24h). Il est important de noter qu'aucun dépassement (au sens strict) de ce seuil n'a été observé au cours de la campagne de mesure estivale sur le site de Peillon. Toutefois, deux échantillons correspondent à des périodes où la valeur moyenne journalière était de 49 µg/m³. Ces deux échantillons ont été considérés ici comme en limite de dépassement.



(\*) Pour la campagne d'été, les contributions de sources reportées pour les périodes de dépassements de seuil correspondent à des moyennes journalières de 49 µg/m³, soit en limite de dépassement

Figure 73 : Estimations des contributions des principales sources à la masse des particules (PM10) sur le site de Peillon.

Comme pour Contes, un très bon accord entre PM<sub>0</sub> mesuré et PM<sub>10</sub> reconstitué à partir des contributions de sources est observé (écart relatif compris entre 1 et 20%). Seule la moyenne correspondant aux échantillons hors dépassement l'hiver présente un écart significatif (20%) entre ces deux valeurs déterminées indépendamment. Compte tenu des incertitudes et des hypothèses formulées pour le calcul des contributions, ce résultat apporte un bon niveau de confiance sur la quantification des principales sources de l'aérosol.

Globalement, les mêmes observations que celles formulées pour le site de Contes peuvent être reprises pour le site de Peillon, particulièrement l'été. Le lecteur est renvoyé au paragraphe 5.5.3 pour les éléments de comparaisons.

L'été, les concentrations des PM<sub>10</sub> sont dominées par la **fraction crustale**, qui en représente en moyenne 44.7% en masse soit les mêmes proportions que celle déterminées à Contes. Les **émissions véhiculaires** contribuent, quant à elles, à 12.3% des PM<sub>10</sub> ; là encore, cette valeur peut être considérée comme élevée en considérant la typologie générale du site. La **fraction organique non attribuée**, principalement d'origine secondaire, représente 23% de la masse des PM<sub>10</sub>. La **fraction secondaire inorganique** ne contribue, comme pour le site de Contes, que faiblement à la masse des PM<sub>10</sub> (18%) indiquant probablement l'influence prépondérantes des sources locales.

L'hiver le site de Peillon se démarque du site de Contes principalement au regard de la contribution de la **combustion biomasse**. Si les contributions des combustions de bois de type chauffage résidentiel sont du même ordre de grandeur entre les deux sites (19% à Peillon contre 18% à Contes en moyenne), l'influence des combustions de déchets verts a été mise explicitement en évidence sur le site de Peillon. Cette source contribue, en moyenne sur les échantillons analysés, à 12% de la masse des PM<sub>10</sub>. Cette contribution atteint 17% lors des épisodes de dépassements. L'influence des combustions de déchets verts est particulièrement singulière le 9 décembre 2008 où la concentration moyenne journalière en PM<sub>10</sub> a atteint 112 µg/m<sup>3</sup>. Lors de cet évènement la contribution des combustions de déchets verts était de 44%, soit 50 µg/m<sup>3</sup>. Très clairement, cette source a été, ce jour là, un facteur déterminant dans le dépassement du seuil réglementaire. Il est important de noter que la source « combustion de déchets verts » n'est observée que sur les échantillons de jour et ce quelque soit l'environnement. Il est aussi important de garder à l'esprit que les deux profils de combustion de biomasse (feux de cheminée et déchets verts) ont été systématiquement maintenus dans les entrées de modèles pour l'ensemble des échantillons. Ainsi, au total, la combustion de biomasse (résidentiel et déchets verts) représente la source majoritaire des PM<sub>10</sub> analysées en hiver sur le site de Peillon, avec une contribution moyenne totale de 31%.

La **fraction crustale** demeure une source majeure contribuant à 29% de la masse des PM<sub>10</sub>, devant les **émissions véhiculaires** (11%). Une baisse sensible de la contribution relative des émissions véhiculaires est observée par rapport au site de Contes (19%). Cette baisse est à relativiser puisqu'en contribution absolue cette source contribue de manière sensiblement identique à la masse des PM<sub>10</sub> (8.2 µg/m<sup>3</sup> à Peillon et 8.8 µg/m<sup>3</sup> à Contes). Enfin, la **combustion de fuel lourd** a également pu être identifiée et quantifiée, mais elle ne représente en moyenne qu'à peine 1% de la masse des PM<sub>10</sub>. Cette contribution atteint cependant 8% sur un échantillon collecté la nuit du 18 au 19 novembre 2008, soit 4.1 µg/m<sup>3</sup>.

### 5.5.3. SYNTHÈSE DES CONTRIBUTIONS A PEILLON

Comme pour le site de Contes, le site de Peillon est très significativement impacté par les sources crustales et les émissions véhiculaires, très probablement internes à la vallée. La similarité des contributions de sources entre les périodes de dépassement de seuil réglementaire et les périodes de non dépassement, suggère également que les dépassements du seuil réglementaire (50 µg/m<sup>3</sup> sur 24h) résultent de conditions de dispersion favorables à l'accumulation.

La principale différence entre ces deux sites réside dans l'impact des combustions de déchets verts très clairement mis en évidence sur les échantillons analysés. Cette source, quand elle est présente, peut représenter à elle seule près de 50% de la masse des PM<sub>10</sub>. Cette source constitue, dès lors, un facteur aggravant dans le dépassement du seuil réglementaire.



## 6. CONCLUSION

La surveillance réglementaire des niveaux de particules en PACA a constaté un non respect de la réglementation dans les vallées des Paillons. Les services de l'Etat, la DREAL PACA, ont sollicité Atmo PACA pour améliorer la connaissance sur les particules en suspension dans ces deux vallées et comprendre l'origine des dépassements de valeur limite.

La grande complexité de la phase particulaire, la multitude des sources existantes et la topographie complexe justifie un protocole d'étude important avec 4 sites échantillonnés par moyens mobiles ponctuels en complément des 2 stations permanentes, 451 filtres prélevés (cf.2). Une grande partie des moyens mobiles d'Atmo PACA a été mobilisée pendant près d'un an pour cette étude, afin de répondre aux objectifs suivants :

- **améliorer les connaissances sur la pollution particulaire** dans les vallées des Paillons et mieux comprendre les processus qui en sont à l'origine,
- **évaluer, pour les PM10, les contributions respectives des différents émetteurs** : niveau de fond terrigène, part de l'activité industrielle, part des transports, brûlage de déchets verts, chauffage...
- **estimer l'étendue des zones** dépassant la valeur limite en PM10 dans la vallée.

### 6.1.1. SURVEILLANCE REGLEMENTAIRE ET SPECIFICITES DES VALLEES DES PAILLONS

#### *Le dioxyde d'azote dans les vallées des Paillons*

**Les mesures en dioxyde d'azote** sur les six sites de mesures (Contes, quartier du Pilon, Peillon, salle polyvalente, Borghéas et l'Escarène) **respectent les valeurs limites réglementaires**<sup>54</sup> (cf. 4.2 et 5.2).

*L'étude des profils horaires hebdomadaires* à Peillon et à Contes indique que les poids lourds sont à l'origine de l'augmentation du pic de concentration en dioxyde d'azote pendant les jours ouvrés, par rapport au week-end.

Une décroissance rapide des concentrations en dioxyde d'azote en fonction de la distance à la route a été montrée à proximité des deux stations de Peillon et Contes, avec respectivement **35 µg/m<sup>3</sup>** sur la RD15 et **25 µg/m<sup>3</sup>** sur le site de Contes, **31 µg/m<sup>3</sup>** sur la RD21 et **22 µg/m<sup>3</sup>** sur le site de Peillon.

#### *Les particules dans la vallée de Contes*

En 2009, les concentrations en PM10 sur la station de Contes respectent la valeur limite annuelle de **40 µg/m<sup>3</sup>** avec **38 µg/m<sup>3</sup>** en moyenne annuelle. Néanmoins, **avec 53 dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>, la tolérance réglementaire de 35 dépassements n'est pas respectée. En 2010 les niveaux en particules dans la vallée diminuent nettement et les niveaux réglementaires sont respectés.**

A Contes, le trafic des véhicules légers et l'augmentation du pic de concentration en PM10 pendant les jours ouvrés sont bien corrélés. En milieu de journée la baisse des teneurs est induite par une meilleure dispersion liée à l'augmentation de la vitesse du vent (brise de vallée, cf. 4.3.2). Plus les températures sont élevées en journée et plus la durée de la période dispersive est importante de 12h à 14h en hiver et de 9h à 17h en été (cf. Annexe 11).

**Les relevés réalisés dans le quartier du Pilon, au nord du site de la cimenterie, indiquent que la représentativité de la station de Contes s'étend nettement au nord de la vallée de Contes.**

Les tirs LiDAR réalisés en altitude (**402 mètres**) ont détecté la présence de particules dans **le panache de la cimenterie**, mais également de celles issues de **la combustion de biomasse au niveau de la Vernéa** (cf.4.3.5).

<sup>54</sup> Valeurs limites réglementaires : 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle et 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire

### Les particules dans la vallée de Peillon

En 2009, les concentrations en PM10 sur la station de Peillon respectent la valeur limite annuelle de **40 µg/m<sup>3</sup>** avec **32 µg/m<sup>3</sup>** en moyenne annuelle. De même, avec 24 dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>, la tolérance réglementaire de 35 dépassements est respectée. **En 2010, les niveaux en particules augmentent dans la vallée mais les seuils réglementaires sont respectés.** Comme à Contes, les concentrations en particules dépendent des conditions météorologiques particulières des vallées. Les profils horaires sont aussi marqués quotidiennement en milieu de journée par une baisse de concentration induite par l'augmentation de la vitesse du vent (cf. Annexe 11).

**L'étude des profils horaires en PM10 et PM2,5** montre qu'en été, les pics de PM10 sont essentiellement dus aux particules les plus grosses (supérieures à 2.5 µm), tandis qu'en hiver, ils sont majoritairement composés de particules plus fines (inférieures à 2.5 µm) (cf. 5.3.2). **L'étude des profils horaires hebdomadaires** à Peillon a également montré que l'ensemble du trafic contribue à des concentrations plus élevées durant les jours ouvrés (cf. 5.3.3).

**Sur le site trafic de Borghéas et sur celui de la salle polyvalente de Peillon**, le risque de dépassement est possible, mais atténué par rapport à la station fixe de Peillon. Les concentrations moyennes et les évolutions dans la vallée sont bien corrélées sur les trois sites, toutefois les dépassements sont moins nombreux sur les deux sites en aval de la station de Peillon. Les périodes de dépassements ne sont pas corrélées entre l'amont et l'aval de la vallée de Peillon.

Les tirs LiDAR réalisés en altitude au dessus de la vallée ont mis en évidence la présence de particules dans **le panache de la cimenterie**, mais également de celles issues de **la combustion de biomasse** au dessus de la Grave de Peille. (cf. 5.3.6)

### Les particules à l'Escarène

Les concentrations en PM10 à l'Escarène, mesurées uniquement sur la période estivale (33 µg/m<sup>3</sup>), sont légèrement inférieures aux niveaux de Contes et Peillon (-5 µg/m<sup>3</sup>). Les concentrations estivales élevées sur les sites trafic et rural, indiquent une ou plusieurs sources de particules supplémentaires, autres que les combustions locales durant cette période.

Malgré l'absence de données hivernales, les analyses chimiques, effectuées sur les deux périodes (été et hiver - Annexe 5 et Annexe 6) semblent indiquer comparativement aux autres sites, des concentrations hivernales moindres en situation rurale. Par conséquent, il est fort probable que la réglementation annuelle soit respectée (moins de 18 dépassements journaliers sur l'année).

### Le Benzo(a)Pyrène - B(a)P -

Les concentrations en B(a)P à Contes et à Peillon sont plus élevées que les niveaux mesurés sur les grandes agglomérations<sup>55</sup> de PACA durant l'hiver et l'été. **Un risque<sup>56</sup> de dépassement de la valeur cible annuelle existe dans les deux vallées.**

Le site en proximité trafic de Borghéas mesure des niveaux équivalents à ceux de Peillon, tandis que les mesures sur le site rural (Escarène) apparaissent nettement inférieures aux concentrations mesurées dans les deux vallées.

### Les métaux lourds réglementés dans les vallées des Paillons (Arsenic, Cadmium, Nickel, Plomb)

Les concentrations en métaux lourds sont faibles l'été. L'hiver, deux prélèvements en nickel atteignent la valeur cible annuelle et les niveaux en arsenic sont légèrement plus élevés que ceux habituellement observés dans les agglomérations en PACA.

**Les concentrations en métaux lourds (As, Ni, Cd, Pb) sur les deux sites devraient<sup>56</sup> respecter les valeurs cibles annuelle européennes.**

---

<sup>55</sup> Toulon, Aix, Cannes, Marseille

<sup>56</sup> Le nombre de prélèvement n'est pas suffisamment représentatif de l'année pour réaliser une comparaison avec les valeurs cibles européennes en B(a)P et métaux lourds, les critères de représentativité ne sont pas respectés.

## 6.1.2. CARACTERISATION CHIMIQUE DES PARTICULES ET CONTRIBUTION DES SOURCES

L'étude de la composition chimique des particules en suspension dans l'air ambiant est complexe. La grande diversité des sources d'émissions, dont chacune a une composition chimique distincte, l'état physique, la granulométrie des particules ainsi que les évolutions de conversion de gaz en particules sont autant d'éléments qui rendent leur caractérisation complexe.

Les nombreuses analyses chimiques réalisées par le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement à Grenoble (LGGE) et le Laboratoire Chimie de Provence (LCP-IRA) ont permis d'améliorer les connaissances sur la pollution particulaire dans les vallées des Paillons et de mieux comprendre les processus qui en sont à l'origine. La totalité des résultats est présentée en Annexe 5 et en Annexe 6.

### *Composition hiver des particules dans les vallées des Paillons*

Les concentrations de la phase carbonée des particules (OC et EC) sont atypiques dans les deux vallées en comparaison de celles collectées dans la littérature. Elles représentent entre 50 % et 90 % des particules, caractérisant la présence de particules issues de combustion locale.

Le lévoglucosan, composé organique, affiche des concentrations élevées avec une variation importante d'une journée à l'autre sur les deux stations fixes. Ce composé, spécifique de la combustion de cellulose, permet de tracer les combustions de biomasse.

La fraction ionique est mesurée dans des concentrations faibles sur les deux stations fixes. Une diminution des niveaux de sulfates a été observée à Contes entre les périodes de fonctionnement et de non fonctionnement de la cimenterie.

La part crustale est estimée à partir des travaux menés par le LGGE (Annexe 10). Elle constitue, sur les filtres analysés, une part importante des particules (de 12 % à 43 % selon les prélèvements).

### *Composition été des particules dans les vallées des Paillons*

La composante carbonée estivale est beaucoup plus faible qu'en hiver, avec 20 % à Peillon et 22 % à Contes. Les sources locales d'émissions dues à la combustion sont toujours présentes l'été, mais elles représentent une proportion des particules bien moins importante.

Les concentrations en lévoglucosan sont très faibles, à l'exception de quelques journées en mai. La combustion de biomasse est identifiée ponctuellement mais dans des proportions beaucoup plus faibles qu'hiver. Le chauffage au bois n'est plus une source d'émission à cette saison, suite à l'arrêté du 19 juin 2009 interdisant les brûlages du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre 2009.

La fraction ionique est plus élevée l'été. A l'exception du calcium (Ca<sup>2+</sup>), les composés ioniques sont mesurés dans les mêmes concentrations sur les différents sites : rural, trafic, Peillon et Contes.

La phase crustale est prédominante l'été sur la composition des particules à Peillon et Contes. Elle constitue plus de 40 % de la phase particulaire. Ces résultats concordent avec ceux des comparaisons PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> sur le site de Peillon, car les particules minérales sont principalement des grosses particules (>2,5µm).

### *Contribution moyenne des sources en particules dans les vallées des Paillons*

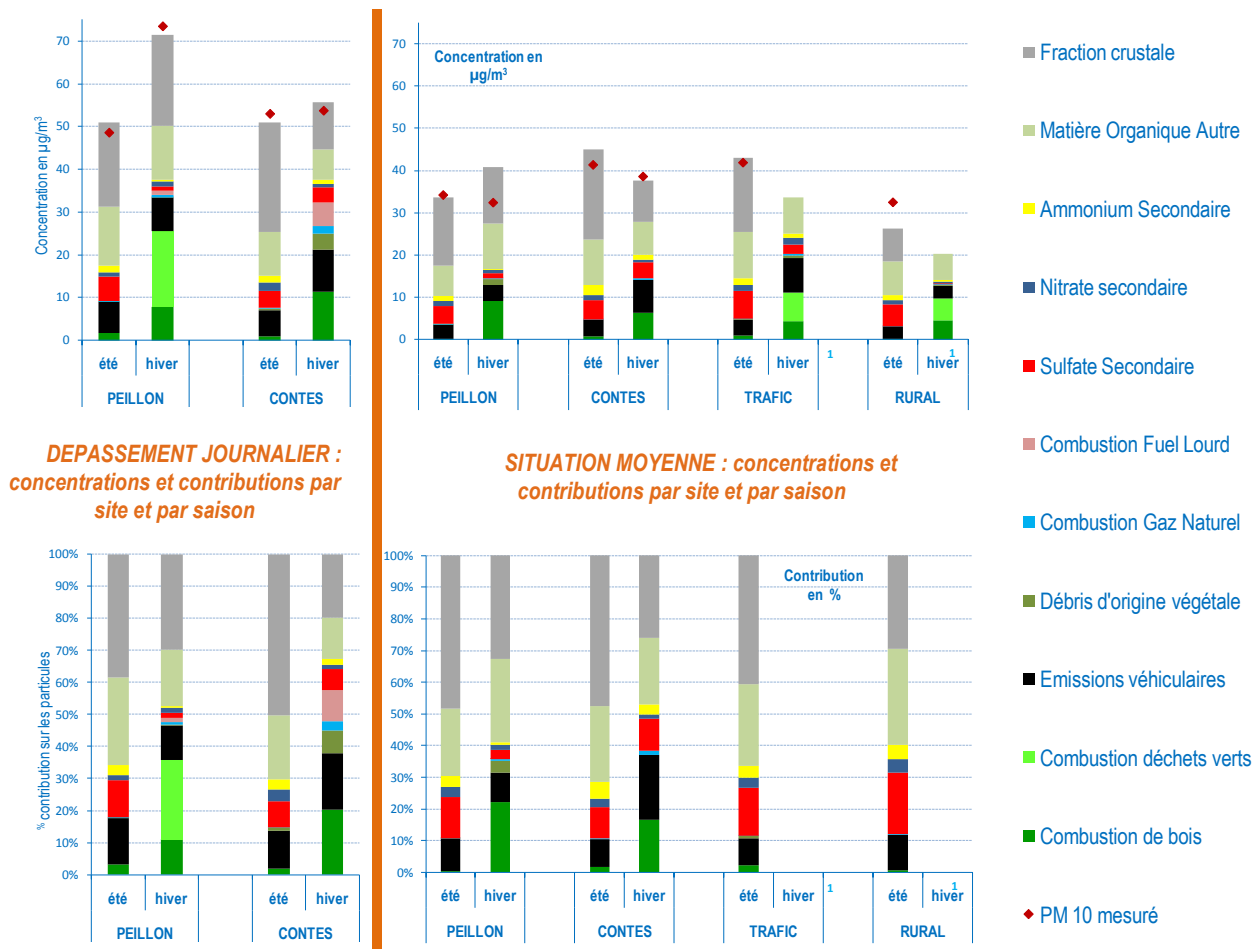
Les contributions des sources primaires en PM<sub>10</sub> ont été calculées à l'aide de deux approches : l'une permettant d'accéder à la fraction crustale (Annexe 10) et l'autre, approche Chemical Mass Balance (CMB), destinée à quantifier les autres principales sources primaires (Annexe 9). Le calcul de la fraction crustale a été réalisé par le LGGE et l'étude des autres sources primaires par le LCP.

**L'approche CMB** est basée sur une déconvolution des empreintes chimiques établies pour une série de marqueurs de sources organiques et métalliques. **Les sources primaires dont les empreintes chimiques sont**

bien identifiées et pouvant être déconvoluées avec un excellent niveau de confiance ( $\pm 20\%$  sur la concentration calculée) sont :

- combustion de biomasse (chauffage résidentiel et combustion de déchets verts) ;
- émissions véhiculaires ;
- débris d'origine végétale ;
- combustion de gaz naturel.

Une des limites dans le cadre de cette étude est la connaissance des empreintes chimiques des sources ponctuelles. Ne disposant pas d'empreintes chimiques précises pour les industries présentes dans les vallées, la contribution spécifique de ces sources n'a pas pu être nettement mise en évidence. Seule la combustion de fuel lourd, au cours de la campagne de prélèvement hivernale, a pu clairement être identifiée et quantifiée sur les sites de Contes et Peillon.



<sup>1</sup> En hiver les sites rural et trafic n'étaient pas équipés d'un laboratoire mobile en parallèle des prélèvements. Afin de compléter l'échantillonnage pendant l'été, ils ont été équipés en complément du protocole.

Figure 74 : Résultats de l'étude des concentrations et des contributions par site et par saison, à gauche les périodes de dépassement, à droite les moyennes des filtres sélectionnés pour leur représentativité.

**Les contributions des sources crustales** sont élevées sur les deux vallées, elles atteignent près de 30 % l'hiver et 50 % l'été, alors que les contributions crustales habituellement mesurées en Europe sont en moyenne comprises entre 4 % et 28 % de la masse des particules (Putaud et al 2010<sup>[10]</sup>). Les niveaux mesurés mettent en évidence l'impact des sources crustales locales : les activités de la carrière, la remise en suspension de particules crustales par le trafic, ainsi que l'érosion des sols par le vent. Cette contribution crustale, plus importante l'été, est

cohérente avec les résultats PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> à Peillon (cf.5.3.2) et les contributions en calcium plus marquées sur les deux sites industriels que sur les sites rural et trafic (cf.4.4.2 et 5.4.2).

**Les contributions des sources véhiculaires** sont élevées pour des vallées desservant de 4 500 habitants (Peillon) à 9 000 habitants (Contes). La contribution à Peillon est assez constante avec 11 à 12 % de la masse des particules. Sur Contes, la contribution en hiver est beaucoup plus importante, avec 19 % contre 11 % en été. Ces contributions sont supérieures à celles mesurées l'hiver sur Rouen (10 %), Grenoble (10 %) et Lyon (11 %).

**La combustion de bois représente une contribution significative en hiver** : 18 % à 20 % sur les deux vallées. Elle est également présente sur les sites rural et trafic (cf. Figure 74). Ce pourcentage est comparable à celui d'une zone urbaine en hiver (elle atteint jusqu'à 35 % à Lyon).

**Les combustions de déchets verts** sont bien identifiées les 16 et 18/11 à Borghéas, le 17/11 et le 9/12 à Peillon, les 20-21/12 à l'Escarène. De plus, les 20 et 21/12 à Contes (en journée et dans la nuit), 7% de la masse de particules sont associées à une contribution d'origine végétale. Cette valeur inhabituelle est probablement à mettre en relation avec des combustions de déchets verts (cf. 4.5.2). Ces combustions de déchets verts n'ont pas été identifiées durant l'été.

**Le 9 décembre 2008**, les combustions de déchets verts, observées avec le tir LiDAR au dessus de la Grave de Peille, ont contribué à hauteur de **45 %**, à une concentration de 105 µg/m<sup>3</sup> sur 24h. Cette journée, les conditions atmosphériques étaient très défavorables à la dispersion des polluants.

**La combustion de fuel lourd** a pu être identifiée à deux reprises le 18/11 à Peillon (**8%**) et les 20 et 21/12 (en journée) à Contes (**18.5%**). Cette source peut donc être significative quand elle impacte l'atmosphère dans ses plus basses couches.

**Les concentrations en ions secondaires** ne représentent que 15 à 20 % des contributions l'été sur les sites des deux vallées. A titre de comparaison, les sulfates et les nitrates représentent à eux seuls 30 % des PM<sub>10</sub> dans les environnements ruraux du Sud de l'Europe (Putaud et al, 2010<sup>[10]</sup>). Cette faible proportion témoigne d'une moindre contribution des apports extérieurs dans les vallées.

**Les contributions des autres matières organiques** représentent en moyenne entre 18 % (Contes) et 22 % (Peillon) de la masse des particules. Cela constitue la part non identifiée de la matière organique. Des proportions similaires ont été obtenues sur Marseille, dans le cadre du projet FORMES<sup>[10]</sup>. Ces pourcentages comprennent les sources pour lesquelles les profils ne sont pas encore connus dans la littérature, telles que la fraction biogénique secondaire et les sources de combustion du four des cimenteries en fonction du combustible (coke, grignon, ...).

### 6.1.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE :

Les niveaux de particules PM10 dépassent régulièrement les seuils réglementaires dans les vallées des Paillons. Les années 2007 et 2008 ont mesuré les niveaux les plus forts. Une baisse des niveaux de PM10 est observée depuis 2008 sur l'ensemble du département. En 2010, les seuils sont respectés sur les deux vallées.

L'étude des contributions et des concentrations en particules met en évidence des phénomènes complexes et variables en fonction des saisons, des conditions météorologiques et des activités locales épisodiques, récurrentes et permanentes.

#### Sources d'émissions récurrentes ou permanentes

- **Le trafic routier** représente de 11 à 19 % de la masse des particules. Cette source est plus importante pendant les jours ouvrés.
- **Les activités de la cimenterie hors four** (carrière, roulage des véhicules, stockage et transport des matières), contribuent l'été à augmenter la part des sources crustales à Peillon et à Contes. Elle pourrait être estimée de l'ordre de 20 %. En effet, l'ensemble de ces sources crustales atteint près de 50 % de la masse des particules durant l'été, alors que le site rural à l'Escarène, plus à l'écart, mesure une contribution de 29 %.
- **Le chauffage au bois** représente en hiver 18% de la masse des particules et près de 0% en été.
- **La combustion du four des cimenteries** est quasiment permanente, toutefois du fait de l'absence d'empreintes chimiques précises, la contribution n'a pas pu être mise en évidence. En dépit d'une analyse fine des composés mesurés, avec et sans fonctionnement des fours, le post traitement des mesures n'a pas permis d'identifier clairement cette combustion. En raison des hauteurs de cheminées, des vitesses et des températures de rejets favorisant la dispersion, cette source **ne semble pas contribuer majoritairement aux concentrations de particules dans les vallées.**

#### Sources épisodiques de particules ont été identifiées comme facteur aggravant

- **La combustion de fuel lourd** a pu atteindre jusqu'à 18 % de la masse des particules. La présence de combustion de fuel lourd, est identifiée une fois dans chacune des vallées. Elle peut être associée à l'activité des cimenteries.
- **Les brûlages de déchets verts** peuvent représenter jusqu'à 45 % de la masse des particules. Cette source de particules a été identifiée l'hiver sur les 4 sites de prélèvement.

**A ces sources d'émissions s'ajoutent l'influence des conditions météorologiques particulièrement défavorables dans les vallées.** Le régime de brises thermiques associé aux inversions thermiques importantes en toutes saisons favorise l'accumulation des polluants. Ce phénomène est d'autant plus présent l'hiver, période où les émissions de combustion sont plus également nombreuses.

## 7. LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

### TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des filtres prélevés et analysés par site.....	16
Tableau 2 : Bilan d'émissions 2004 sur la commune de Contes.....	22
Tableau 3 : Concentrations en NO <sub>2</sub> à Contes.....	24
Tableau 4 : Récapitulatif des concentrations en PM10 à Contes.....	28
Tableau 5 : Concentration en métaux lourds réglementés.....	38
Tableau 6 : Bilan d'émissions 2004 sur les communes de Peille, Peillon et Blausasc.....	56
Tableau 7 : Concentrations en NO <sub>2</sub> à Peillon.....	58
Tableau 8 : Récapitulatif des concentrations en PM10 à Peillon.....	62
Tableau 9 : Récapitulatif des concentrations en PM2.5 à Peillon et Cannes.....	65
Tableau 10 : Concentration en métaux lourds réglementés sur Peillon.....	72
Tableau 11 : Analyses chimiques des composantes principales des particules.....	111
Tableau 12 : Analyses chimiques des métaux présents dans les particules.....	115
Tableau 13 : Analyses chimiques complètes réalisées dans le cadre de la CMB.....	116
Tableau 14 : Concentrations des sources en particules vallée de Contes.....	119
Tableau 15 : Contributions des sources en particules vallée de Contes.....	119
Tableau 16 : Concentrations des sources en particules vallée de Peillon.....	121
Tableau 17 : Contributions des sources en particules vallée de Peillon.....	121
Tableau 18 : Synthèse des mesures des particules en suspension en 2009 sur les Alpes-Maritimes.....	124

### FIGURES

Figure 1 : Moyenne annuelle (VL= 40 µg/m <sup>3</sup> ).....	5
Figure 2 : Nombre de dépassements de la VL journalière de 50 µg/m <sup>3</sup> .....	5
Figure 3 : Situation géographique des vallées et des communes.....	6
Figure 4 : Périmètre d'étude avec l'emplacement des sites de mesure.....	7
Figure 5 : Station permanente de Peillon.....	11
Figure 6 : Station permanente de Contes.....	11
Figure 7 : Station temporaire Peillon.....	12
Figure 8 : Le laboratoire mobile dans le quartier du Pilon à Contes.....	12
Figure 9 : Site trafic de Borghéas.....	12
Figure 10 : Site rural de l'Escarène.....	12
Figure 11 : Tubes passifs NO <sub>2</sub> .....	13
Figure 12 : Plan d'échantillonnage des tubes passifs en dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> .....	13
Figure 13 : Planning de la campagne de mesure.....	16
Figure 14 : Schématisation des brises thermiques dans un espace littoral montagneux (Carrega, 1989).....	17
Figure 15 : Exemple d'inversion thermique produisant une accumulation de polluants au niveau du sol. (Gauche : forte inversion sur les deux vallées (brume (eau), émission et panaches cimenteries, Droite : panache d'un brûlage de déchets verts en aval (Peillon)).....	18
Figure 16 : Evolution mensuelle des températures et de la vitesse moyenne du vent à la station de Peillon.....	18
Figure 17 : Profil horaire annuel des températures et des vitesses de vent.....	19
Figure 18 : Evolution mensuelle des profils horaires des vitesses de vent et de température sur la vallée de Peillon.....	19
Figure 19 : Echantillonnage dans la vallée de Contes.....	21
Figure 20 : Comptage routier RD 15 à Contes.....	23
Figure 21 : Evolution des concentrations horaires en dioxyde d'azote sur les sites.....	24
Figure 22 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote dans la vallée de Contes.....	25
Figure 23 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Contes et l'Escarène.....	26
Figure 24 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Contes et le site trafic de Borghéas.....	26
Figure 25 : Concentrations mesurées en NO <sub>2</sub> sur le transect de la RD 15 à Contes.....	27

Figure 26 : Evolution des concentrations journalières en particules PM10 sur les sites .....	28
Figure 27 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 dans la vallée de Contes.....	29
Figure 28 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Contes et l'Escarène.....	29
Figure 29 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Contes et le site trafic de Borghéas .....	30
Figure 30 : Profils horaires moyens 2009 en PM10, NO <sub>2</sub> et de trafic dans la vallée de Contes.....	31
Figure 31 : Contes, différence horaire des profils entre les jours ouvrés et les samedis pour les données de concentration (NO <sub>2</sub> & PM10) et de trafic (véhicules légers et poids lourds).....	32
Figure 32 : Concentrations horaires et journalières en PM10 à Contes par pDR du 22/10 au 3/11/2009.....	35
Figure 33 : Emissions de la cimenterie Lafarge (cerclé en noir) et feux de biomasses (cerclé en rouge) .....	36
Figure 34 : Tir LiDAR du 12/12/08 à 13h22 et 15h04 (Gauche: Voie parallèle, Droite: Voie perpendiculaire).....	36
Figure 35 : Concentration en B(a)P à Contes .....	37
Figure 36 : Composition des particules (PM10) à Contes, campagne hiver .....	42
Figure 37 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites de Contes, Trafic et Rural. ....	43
Figure 38 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Contes .....	44
Figure 39 : Evolution des concentrations en lévoglucosan .....	44
Figure 40 : Composition chimique des particules à Contes – Distinction des jours avec dépassements de la valeur limite.....	45
Figure 41 : Composition des particules (PM10) à Contes, campagne été .....	46
Figure 42 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites .....	47
Figure 43 : Concentrations des ions majeurs de la phase particulaire à Contes .....	48
Figure 44 : Concentration en lévoglucosan (ng/m <sup>3</sup> ).....	49
Figure 45 : Estimations des contributions des principales sources à la masse des particules (PM10) sur le site de Contes .....	53
Figure 46 : Echantillonnage sur la vallée de Peillon.....	55
Figure 47 : Comptage routier RD 21 à Peillon .....	57
Figure 48 : Concentrations horaire en dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> dans la vallée de Peillon.....	58
Figure 49 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote dans la vallée de Peillon.....	59
Figure 50 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Peillon et l'Escarène.....	59
Figure 51 : Etude comparative des concentrations horaires en dioxyde d'azote entre Peillon et le site trafic de Borghéas .....	60
Figure 52 : Concentration en NO <sub>2</sub> à Peillon à proximité de la RD 21 .....	61
Figure 53 : Concentrations journalières en particules PM10.....	62
Figure 54 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 dans la vallée de Peillon .....	63
Figure 55 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Peillon et l'Escarène .....	63
Figure 56 : Etude comparative des concentrations journalières en particules PM10 entre Peillon et le site trafic de Borghéas .....	64
Figure 57 : Profil horaire mensuel des particules PM10 et PM2,5 à Peillon en 2009.....	65
Figure 58 : Profils journaliers horaires annuels en PM10 et PM2,5 dans la vallée de Peillon.....	66
Figure 59 : Différence horaire entre les jours de semaine et les samedis des concentrations et des trafics .....	67
Figure 60 : Concentrations horaires et journalières en PM10 à Peillon par pDR du 29/9 au 9/10/2009 .....	69
Figure 61 : Balayages horizontaux : Emission de la cimenterie Vicat, Emission des feux de Biomasse .....	70
Figure 62 : Emissions de la cimenterie Vicat sur la voie parallèle et sur la voie perpendiculaire .....	71
Figure 63 : Concentration en B(a)P à Peillon.....	71
Figure 64 : Composition des particules (PM10) à Peillon, campagne hiver .....	76
Figure 65 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites .....	77
Figure 66 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Peillon .....	78
Figure 67 : Evolution des concentrations en lévoglucosan .....	79
Figure 68 : Composition chimique des particules à Peillon – Distinction des jours avec dépassements de la valeur limite.....	80
Figure 69 : Composition des particules (PM10) à Peillon, campagne été.....	81
Figure 70 : Comparaison jour/nuit des compositions en particules sur les sites .....	82
Figure 71 : Concentrations en ions majeurs de la phase particulaire à Peillon.....	83
Figure 72 : Concentration en lévoglucosan (ng/m <sup>3</sup> ).....	84
Figure 73 : Estimations des contributions des principales sources à la masse des particules (PM10) sur le site de Peillon.....	87



Figure 74 : Résultats de l'étude des concentrations et des contributions par site et par saison, à gauche les périodes de dépassement, à droite les moyennes des filtres sélectionnés pour leurs représentativités.....	92
Figure 75 : Schématisation des brises de pentes et de vallées .....	101
Figure 76 : Synthèse d'une étude climatologique menée dans le moyen-pays niçois .....	102
Figure 77 : Schéma de l'analyseur de carbone.....	108
Figure 78 : Thermogramme obtenu pour une analyse de fraction aérosol carbonée.....	109
Figure 79 : Concentrations des principales composantes en particules dans la vallée de Contes .....	113
Figure 80 : Concentrations des principales composantes en particules dans la vallée de Peillon .....	114
Figure 81 : Contributions des sources en particules vallée de Contes.....	118
Figure 82 : Contributions des sources en particules vallée de Peillon .....	120
Figure 83 : Comptage routier RD 15 à Contes.....	122
Figure 84 : Comptage routier RD 21 à Peillon .....	123
Figure 85 : Profil moyen journalier des taux de PM10 et PM2,5 dans les Alpes-Maritimes en 2009 .....	125
Figure 86 : Répartition mensuelle des dépassements journaliers en particules PM10 à Peillon, Contes et Cagnes-sur-Mer .....	126
Figure 87 : Profils moyens horaires mensuels en particules PM10 et PM2,5 sur les sites d'Atmo PACA .....	127
Figure 88 : Concentrations des différents marqueurs mesurées sur le terrain en regard des concentrations recalculées par le modèle (moyenne sur la période d'étude tous sites confondus) .....	130
Figure 89 : Comparaison des rapports entre Manganèse, Titane et Fer pour la moyenne des filtres Paillon avec des profils de sources (Croûte, Diesel et poussières de route).....	132
Figure 90 : Profils horaire en particules dans la vallée de Contes sur les 12 mois de l'année 2009.....	133
Figure 91 : Profils horaire en particules (PM10 & 2,5) dans la vallée de Peillon sur les 12 mois de l'année 2009 ...	134
Figure 92 : Contes, corrélation entre les différences de trafic et de concentration des profils horaires entre jours ouvrés et samedi .....	135
Figure 93 : Peillon, corrélation entre les différences de trafic et de concentration des profils horaires entre jours ouvrés et samedi .....	136

## 8. GLOSSAIRE

**$\mu\text{g}/\text{m}^3$**  : microgramme ( $10^{-6}$  g) par mètre cube. Unité de concentration la plus couramment utilisée pour quantifier la masse d'un polluant par mètre cube d'air.

**AASQA** : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air.

**Aérosol** : une particule solide ou liquide en suspension dans l'atmosphère.

**BTX** : Benzène - Toluène – Xylène

**BC** : Black Carbon

**Ca** : calcium

**Ca ( $\text{NO}_3$ )<sub>2</sub>** : nitrate de calcium

**COV** : composés organiques volatils

**Communauté de Communes du Pays des Paillons** : (<http://www.pays-des-paillons.fr/>) Communauté de 11 communes ([Bendejun](#), [Berre-les-Alpes](#), [Blausasc](#), [Cantaron](#), [Châteauneuf-Villevieille](#), [Contes](#), [Drap](#), [L'Escarène](#), [Lucéram](#), [Peillon](#), [Touët-de-l'Escarène](#)).

**$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$**  : oxalate

**CIRC** : [Centre international de Recherche sur le Cancer](#) (IARC)

**Cl<sup>-</sup>** : anion chlorure

**Chromatographie** : technique analytique utilisé en chimie, permettant la séparation des constituants d'un mélange homogène liquide ou gazeux.

**DMS** : diméthylesulfure

**DRE** : Direction Régionale de l'Environnement.

**DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**EUSAAR2**: European Supersites for Atmospheric Aerosol Research

**EC** : (Elemental Carbon) carbone élémentaire.

**EPA** : United States Environmental Protection Agency

**Fe**: fer

**HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques

**$\text{H}_2\text{SO}_4$**  : acide sulfurique

**$\text{HNO}_3$**  : acide nitrique

**IARC** : International Association for Research on Cancer

**IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change.

**$\text{K}^+$**  : cation potassium

**LIDAR** : Light Détection And Ranging

**LGGE** : Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement - Grenoble

**LCP** : Laboratoire Chimie Provence - Marseille

**$\text{NO}_x$**  : oxydes d'azote.

**NO** : monoxyde d'azote.

**$\text{NO}_2$**  : dioxyde d'azote.

**$\text{NH}_3$**  : ammoniac

**$\text{NH}_4^+$** : cation ammonium

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : anion nitrate

**NaNO<sub>3</sub>** : nitrate de sodium

**NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**: nitrate d'ammonium

**(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**: sulfate d'ammonium

**Na<sup>+</sup>** : cation sodium

**Mg<sup>2+</sup>** : cation magnésium

**O<sub>3</sub>** : ozone.

**OC** : (Organic Carbon) carbone organique.

**OM** : matière organique

**Objectif de qualité** : valeur de prévention, à long terme, objectif à atteindre ou référence spécifique en zone déterminée par les états membres de l'Union Européenne (UE)

**pDR** : personal Data Ram

**PM<sub>10</sub>** : Particules dont le diamètre aérodynamiques est inférieure à 10 µm.

**PM<sub>2.5</sub>** : Particules dont le diamètre aérodynamiques est inférieure à 2.5 µm.

**PACA** : Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

**SO<sub>2</sub>** : dioxyde de soufre

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : anion sulfate

**Synoptique** : L'échelle synoptique, en météorologie, s'applique à un ou plusieurs systèmes atmosphériques de large échelle, soit plus de 1000 km de diamètre, et durant plusieurs jours: [dépressions](#), [anticyclones](#), [ouragans](#), ...

**Valeur limite** : valeur limite à ne pas dépasser sur l'ensemble du territoire des états membre de l'Union Européenne (UE).

## 9. ANNEXES

### ANNEXE 1 : PRESENTATION D'ATMO PACA

# ATMO PACA

Agréée par le Ministère en charge de l'environnement, Atmo PACA regroupe de façon équilibrée, en quatre collèges, les principaux acteurs de la qualité de l'air : Collectivités territoriales, services de l'Etat et ses établissements publics, Industriels, Associations et personnes qualifiées.

Son financement est assuré par des subventions de l'Etat et des collectivités territoriales, par la Taxe Générale sur les Activités Polluantes due par certains industriels et par des ressources spécifiques liées à des programmes particuliers (partenariats scientifiques, programmes européens...).

Atmo PACA répond à des missions d'intérêt général :

- Surveiller la qualité de l'air par différents moyens de mesure et de modélisation ;
- Prévoir la qualité de l'air et anticiper les pics de pollution ;
- Informer et sensibiliser au quotidien et en cas d'épisodes de pollution ;
- Comprendre les phénomènes de pollution en effectuant des études spécifiques et contribuer ainsi à établir les liens existant notamment entre l'air et la santé, l'air et l'environnement ;
- Participer aux réflexions relatives à l'aménagement du territoire et aux déplacements en fournissant à la fois des éléments d'évaluation à différentes échelles et des outils d'aides à la décision à court et moyen terme.

Atmo PACA assure la surveillance de la qualité de l'air des Alpes Maritimes, Alpes de Haute Provence, Hautes Alpes, Est des Bouches du Rhône, du Var et du Vaucluse, soit près de 90% du territoire régional.

Un site Internet [www.atmopaca.org](http://www.atmopaca.org) diffuse l'ensemble des données des stations de mesure et de ses études. Les prévisions, les indices de la qualité de l'air y sont également disponibles.

## ANNEXE 2 : ELEMENTS DE DYNAMIQUES INTERNES PROPRES AUX SYSTEMES DE VALLEE<sup>57</sup>

Les processus de dynamique atmosphérique au sein des vallées montagneuses sont influencés par les processus à l'échelle synoptique, tel que les dépressions et les dynamiques régionales de vent, mais également par des processus internes aux vallées. Ces processus internes sont dits thermiques. Dans le cas de forçage synoptique faible, les phénomènes thermiques constituent les seuls mécanismes dispersifs. Ils revêtent donc une importance particulière dans l'étude de la pollution atmosphérique au sein d'une vallée.

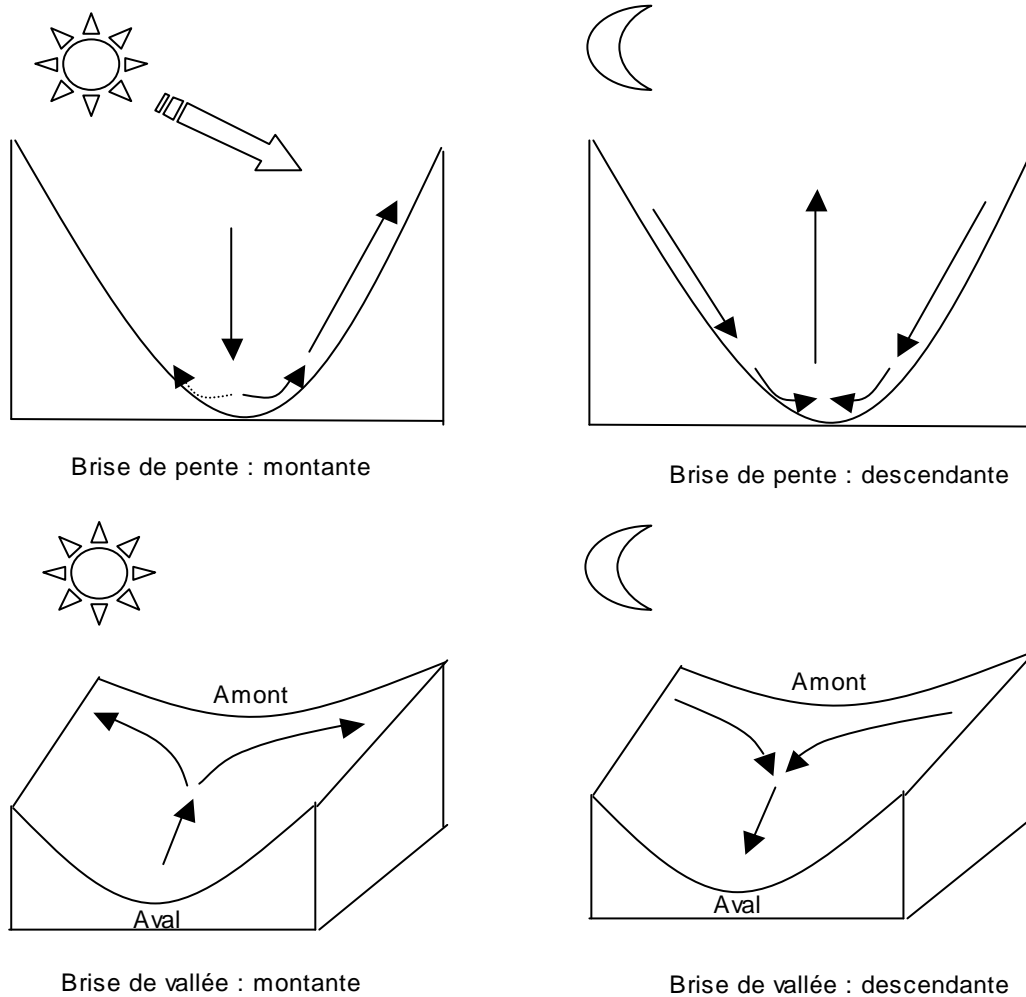


Figure 75 : Schématisation des brises de pentes et de vallées

### BRISE DIURNE MONTANTE

L'échauffement des pentes au soleil favorise la création d'ascendances. Le sol augmente la température de l'air à son contact, le rendant ainsi plus léger que l'air ambiant, il remonte créant un vent ascendant dans la vallée. Ces ascendances provoquent un appel d'air, dans la mesure où l'air qui s'échappe en altitude doit être renouvelé. Par convection, l'air de la vallée comble le déficit. Ainsi, depuis les plaines bordant les montagnes, s'organise un flux à travers les vallées, en direction des sommets : c'est la brise d'aval ou brise montante (Figure 75). Elle s'établit en milieu de matinée et s'éteint avec le coucher du soleil. En moyenne, la brise d'aval atteint 15 à 20 km.h<sup>-1</sup> en été au cours des belles journées et se fait surtout sentir dans les basses couches de l'atmosphère. C'est également un phénomène progressif, dépendant de la rugosité du sol et de l'ensoleillement et susceptible de se renforcer jusqu'à ce que le soleil atteigne son zénith. Enfin, étant majoritairement gouvernée par les processus thermiques, cette brise diurne est moins perceptible l'hiver.

<sup>57</sup> Les trois premiers paragraphes sont extraits de la thèse de Nicolas Marchand Etude de la composante organique de l'aérosol atmosphérique : cas de deux vallées alpines (Chamonix et Maurienne) et développement analytique. 2003 LCME Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement.

### BRISE NOCTURNE DESCENDANTE

A l'inverse, au cours des nuits dégagées, le sol rayonne la chaleur accumulée et se refroidit. L'air à son contact voit également sa température baisser et devient plus lourd. Par simple effet gravitationnel, il coule le long des pentes jusqu'au fond de vallée. L'air froid s'accumule sur une plus ou moins grande épaisseur, de l'ordre de 100 à 200 m selon la configuration de la vallée. Il s'écoule ensuite facilement vers la plaine dans le cas d'une vallée en pente régulière et bien ouverte ; il a tendance à s'épaissir dans les dépressions étroites. Ce courant froid s'appelle la brise d'amont ou brise descendante (Figure 75). Ce phénomène s'établit dès que le soleil cesse d'échauffer les pentes. Il est également progressif et dépend de la rugosité du sol et de la température des basses couches en vallée.

### PHENOMENES D'INVERSIONS THERMIQUES

Dans la troposphère, d'une manière générale, la température de l'air décroît avec l'altitude au rythme d'approximativement 0,6°C tous les 100 m (gradient adiabatique). Néanmoins, l'air étant un très mauvais conducteur thermique et le sol se refroidissant (par rayonnement) plus rapidement que l'atmosphère, une fois le soleil couché, il peut se former, à proximité du sol, des couches d'air dont la température est plus basse que celle de l'air situé immédiatement au-dessus, créant ainsi une inversion thermique.

Après le lever du soleil, le développement vertical de cette couche située près du sol s'accroît sous l'effet de mouvements de convection. Elle peut, par la suite, être détruite par des mouvements convectifs intenses ou par le vent synoptique. Ces mécanismes ne sont pas propres aux systèmes montagneux mais ils y apparaissent plus fréquemment et de façon plus marquée, particulièrement l'hiver et lors de nuits dégagées. En effet, dans les vallées encaissées, relativement protégées des vents synoptiques, le sol n'est irradié par le rayonnement solaire que tard dans la journée, voire pas du tout, spécialement l'hiver, limitant ainsi les mouvements convectifs et donc la possibilité de briser rapidement la couche d'inversion. En montagne, ce phénomène est accentué par les brises nocturnes descendantes amenant de l'air froid des sommets vers la vallée. Dans le cas de vallées étroites et accidentées, l'air froid, plus lourd, s'accumule et forme une nappe très stable en fond de vallée.

En résumé, par beau temps, en hiver comme en été, des couches stables se forment dans l'atmosphère et limitent, voire suppriment totalement, les mouvements verticaux. Une des conséquences est l'accumulation des polluants dans les zones habitées des fonds de vallée. La position et l'« étanchéité » de ces « couvercles » qui piègent la pollution dans la vallée évoluent au cours des heures de la journée sous l'effet des variations d'ensoleillement. Décrire la structure verticale de l'atmosphère et les échanges entre couches aux diverses altitudes est donc primordial pour une meilleure compréhension des mécanismes dispersifs de la pollution.

## VALLEE DE CONTES

Synthèse d'une étude climatologique<sup>[10]</sup> menée dans le moyen-pays niçois par le Professeur Carrega :

Le vent a été mesuré pendant 8 mois par une station automatique au fond de la vallée (10 m/sol) et par des suivis de ballons à niveau de pression constant lâchés en fin de nuit et en journée. Les résultats illustrent à la fois l'omniprésence d'un régime de brise thermique avec alternance diurne-nocturne de direction, avec de puissantes et durables inversions thermiques nocturnes en toutes saisons. De ce fait, la dispersion des polluants est limitée par la faiblesse du vent, et par la stabilité thermique verticale de l'air.

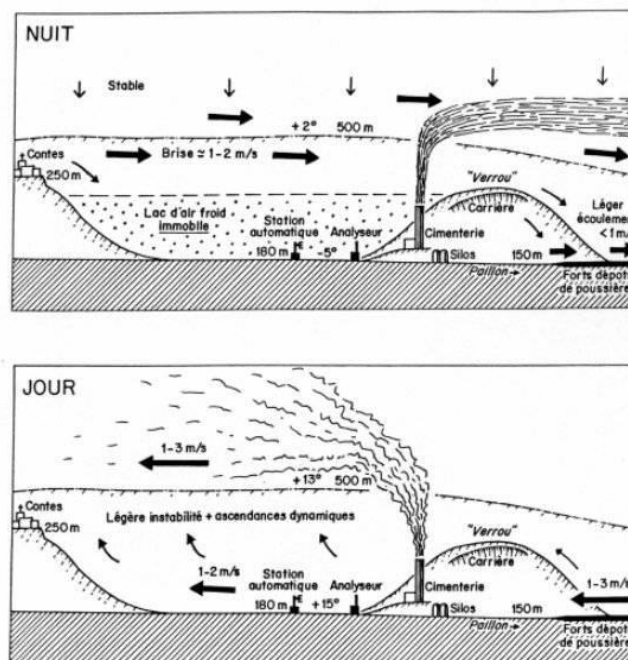


Figure 76 : Synthèse d'une étude climatologique menée dans le moyen-pays niçois

## ANNEXE 3 : PROTOCOLE DE PRELEVEMENT DES FILTRES DANS LE CADRE DE PAILLON

Le protocole présenté ici concerne le prélèvement et le stockage des échantillons qui seront prélevés par préleveur haut débit (HVS) lors de la campagne hivernale de Peillon.

Les détails de ce protocole sont décrits ci-dessous.

### Filtres

Les filtres à utiliser sont des filtres en quartz de diamètre 150 mm. Ils vont subir un conditionnement à 500°C pendant 2 heures.

### Préleveurs

2 préleveurs HVS (env.30m<sup>3</sup>/h) seront utilisés durant la campagne hivernale : des préleveurs haut débit Digitel DA 80.

La température du filtre est un paramètre critique : Afin de réduire au maximum les pertes de composés volatils (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> en particulier) lors du prélèvement. Il faudra aller récupérer les filtres au moins 3 fois par semaine, car les températures supérieures à 20 °C peuvent engendrer des pertes de matières.

### Durée et fréquence des prélèvements

Le prélèvement sera réalisé sur un pas de temps de 12 heures, avec changement de filtres à 7h et 19h (heures locale) soit 5h et 17h, respectivement en heures TU. Les filtres doivent être stockés dans le DA-80 un minimum de temps avant et après le prélèvement.

### Manipulation des échantillons

Les filtres doivent être manipulés avec une pince propre. L'opérateur doit mettre une paire de gants neufs à chaque nouvelle intervention: seuls les sachets fermés peuvent être manipulés sans gants. Les manipulations doivent se faire dans une atmosphère éloignée des sources de contamination, comme par exemple la fumée de cigarette.

Après prélèvement, chaque filtre est

- sorti du porte-filtre,
- posé, face non exposée, sur une feuille d'aluminium,
- plié en deux afin que la face exposée ne touche pas le papier aluminium,
- emballé dans le papier aluminium,
- placé individuellement dans un sachet AVEC la feuille descriptive de l'échantillon remplie,
- sur le sachet, le code échantillon, la date de début d'échantillonnage (ou la mention "Blanc") sont reportés sur une étiquette et les indications écrites au crayon de type « bic »,
- immédiatement entreposé et conservé au congélateur (-18 °C)

### Blancs de terrain

2 blancs de terrain par lot, un au début et l'autre à la fin. Cela fait un total de 16 blancs pour les 2 mois de prélèvement. Les blancs de terrains sont obtenus en réalisant un prélèvement normal mais sur une durée nulle.

### Conservation

La conservation et le transport des échantillons à une température négative est nécessaire surtout pour les ions.

## Lavage des portes filtres

Le lavage des portes filtres se fera dans un laboratoire de l'université de Nice.

- Mettre des gants
- Essuyer le plan de travail
- Aller chercher du méthanol et de l'eau propre
- mettre sur le plan de travail une portion de gaine propre
- Essuyer les portes filtres avec du papier absorbant imbibé soit du méthanol, de l'éthanol ou de l'acétone pour enlever le gras.
- Mettre les portes filtres sans la tige blanche dans une gaine remplie d'eau propre. Il faudra fermer le sac et homogénéiser par des mouvements circulaires pour bien nettoyer les portes filtres des éventuelles contaminations.
- Faire de la même manière pour les tiges blanches circulaires.
- Laisser sécher les portes filtres
- Mettre les portes filtres dans une gaine propre et fermer bien la gaine avec un élastique.
- Nettoyer le plan de travail (ne pas laisser d'objet ni de plan de travail sale), ranger le matériel du labo à leur place.
- Remercier la personne qui nous a permis d'accéder à ce laboratoire et lui rappeler l'heure et la date de la prochaine manipulation.

## Préparation des filtres et des portes filtres avant prélèvement

La préparation des filtres dans les portes filtres se fera directement dans la station de Contes où un plan de travail sera installé.

- Mettre les gants
- Préparer le plan de travail avec de la gaine propre
- Prévoir 2 pince + Pince permettant de manipuler les portes filtres + 1 paire ciseaux. Ce matériel doit être propre et se trouvant dans une gaine propre.
- Mettre les filtres dans les portes filtres en évitant toutes contaminations du filtre. Manipuler avec précaution et sans précipitation.
- Mettre les portes filtre contenant les filtres dans une gaine, fermer la gaine
- Emmener les portes filtres vers les DA-80 pour le prélèvement.
- Programmer le DA-80

## Enlever les filtres des portes filtres après le prélèvement

Voir la partie manipulation des échantillons. Cette partie sera réalisée à l'intérieur de la station de Contes.



## Fiche échantillon

Compléter la fiche échantillon et la glisser à l'intérieur du sachet, face imprimée visible

Le volume pourra être envoyé sous forme de fichier électronique. Comme pour les HAP réglementaire, le volume est celui correspondant aux conditions ambiantes de température et pression.

Fiche Echantillon – Novembre Décembre 2008	
Campagne de Peillon Nice	
Nom du préleveur :	Opérateur :
<b>Type d'échantillon :</b>	Echantillon jour ou nuit
<i>(rayer les mentions inutiles)</i>	Blanc
<b>Date (jj/mm/aaaa) :</b>	Heure début (Loc) :
	Heure fin (Loc) :
Lot échantillon :	
<b>Site de mesure :</b> Peillon, Contes, rural, Urbain	
<i>(rayer les mentions inutiles)</i>	
<b>Echantillonnage :</b> Peillon-Urbain ; Peillon-Rural ;	
Contes-Urbain ; Contes-Rural	
<i>(rayer les mentions inutiles)</i>	
Code échantillon :	
Observation :	

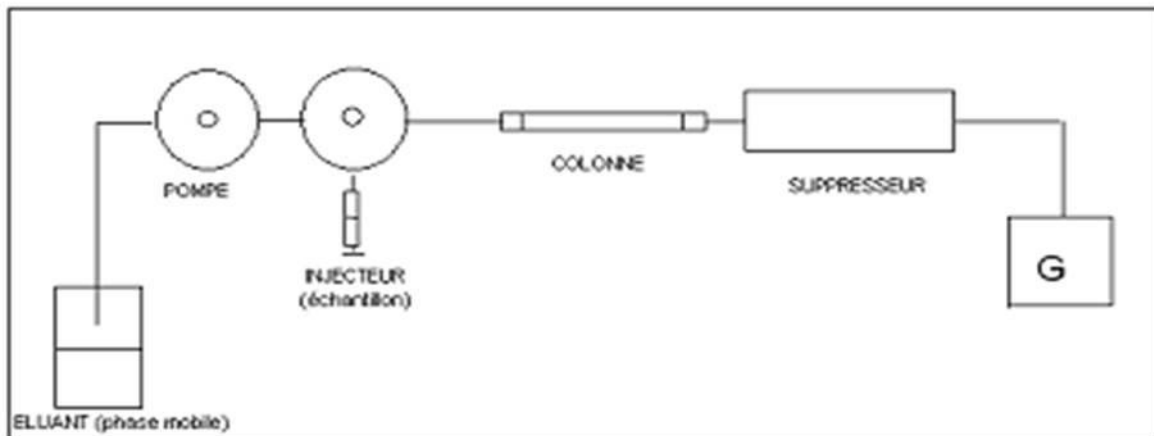
## ANNEXE 4 : METHODES ANALYTIQUES ET PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

### La chromatographie ionique

La chromatographie ionique en phase liquide permet l'identification et la quantification simultanées de divers ions (cations et anions) inorganiques et organiques. Ses applications sont donc multiples. Le principe de la technique repose sur la différence d'affinité des ions pour un substrat fonctionnalisé (la résine échangeuse d'ions) en présence d'une phase liquide porteuse (l'éluant).

En pratique, quelques millilitres d'échantillon préalablement mis en solution par des techniques appropriées sont injectés au travers d'une colonne contenant la résine échangeuse d'ions. Un flux continu d'éluant est appliqué à la colonne échangeuse. Tandis que l'éluant traverse celle-ci, les ions en solution sont adsorbés à la surface de la résine au prorata de leur affinité sélective et en fonction de la composition de l'éluant. Il se forme dans la colonne un front d'avancée pour chaque ion qui est en retard par rapport à l'avancée de la phase mobile. Nous aurons ainsi séparé à la fin de la colonne les différents ions en solution. La détection des ions élués est réalisée par conductimétrie.

Les instruments utilisés ici sont deux chromatographes Dionex : l'un permettant l'analyse des cations (modèle DX100) et l'autre celle des anions (modèle DX-500), tous deux étant placés en parallèle. La description des différentes parties du chromatographe ionique utilisé sera réalisée ci-après.



- Injection de l'échantillon

Pour injecter l'échantillon, nous utilisons la méthode de poussée car la méthode en aspiration provoquerait une surpression qui générerait des bulles d'air. En effet, étant donné que l'air n'est pas conducteur, le détecteur ne pourrait rien enregistrer au passage de la bulle. Si un ion est détecté en même temps, la courbe de concentration sera faussée. On observerait un pic négatif (trou) au milieu de la courbe à la place du pic positif. On utilise donc la méthode en aspiration qui crée moins d'air.

L'échantillon est filtré lors de son injection dans le chromatographe à l'aide d'une seringue et d'un pré-filtre (Acrodisk 0,2 µm), soigneusement rincés avant chaque utilisation.

Le volume de la boucle d'injection est de 1 ml pour les cations et de 1,5 ml pour les anions.

- La pré-colonne (Anions Trap Column)

C'est une colonne de piégeage constituée d'une résine échangeuse d'ions. Son rôle est d'éliminer les traces de contaminant des éluants et empêche ces derniers d'atteindre les colonnes d'analyses. Elle est installée dans la ligne d'éluant avant la vanne d'injection afin d'éviter les pics fantômes.

- La phase stationnaire : la colonne

Pour l'analyse des cations, la colonne est une résine échangeuse de cations CS12 fonctionnant en mode isocratique c'est à dire que la concentration de l'éluant est constante au cours de l'analyse.

Quant à l'analyse des anions, la colonne est une résine échangeuse d'anions AS11 fonctionnant avec des gradients de concentrations d'éluant. Pour ce type d'analyse, l'utilisation d'un éluant de plus en plus concentré permet la séparation d'espèces aux propriétés très différentes vis à vis des équilibres entre la phase stationnaire et la phase mobile. Ainsi, l'augmentation progressive de la force ionique de l'éluant permet l'élué d'espèces très retenues par la colonne, tout en permettant une bonne séparation des ions faiblement retenus.

- La phase mobile : l'éluant

L'éluant utilisé pour la chromatographie cationique est de l'acide méthanosulfonique (MSA) de concentration 15 mM.

L'éluant utilisé pour la chromatographie anionique est un mélange quaternaire de solutions de soude à faible (2.5 mM) et forte (100 mM) concentrations, de méthanol et d'eau MilliQ, dont les proportions varient au cours de l'analyse. L'intérêt du méthanol pour ce type d'analyse réside dans sa capacité, par absorption sur la résine, à faire varier les volumes respectifs des phases mobiles et fixes. Le méthanol est utilisé en mélange avec 10% d'eau MilliQ afin d'éviter des réactions exothermiques produisant des dégazages directement dans la colonne lors de l'analyse. La neutralisation de l'éluant est réalisée avec une solution d'acide sulfurique. Un programme est créé à partir du logiciel d'analyse (Chroméléon) afin de définir les variations de proportions d'éluants.

- Le suppresseur

Son rôle est de diminuer la conductance de l'éluant, par modification de sa composition chimique par électrolyse de l'eau, pour permettre une meilleure détection des ions de l'échantillon. Il contient une résine échangeuse d'ions dont les groupements fonctionnels sont opposés à ceux de la colonne de séparation. Ainsi le but du suppresseur est d'éliminer les cations présents en solution en fin de colonne afin qu'ils ne migrent pas jusqu'au détecteur. Le détecteur conductimétrique mesure uniquement la charge due aux anions pour que le détecteur ne soit pas saturé et que la ligne de base de notre chromatogramme ne soit pas trop haute. Si les ions restaient dans la solution, la ligne de base serait trop élevée et on ne verrait aucun pic.

- Le détecteur

C'est un conductimètre. Le principe repose sur la mesure en continue de la conductance de la phase mobile à la sortie de la colonne. Nous enregistrons donc une augmentation de la conductivité quand une espèce anionique arrive en fin de colonne. Elle est identifiée grâce à son temps de passage spécifique, qui a été calibré au préalable avec des solutions standard.

Par ailleurs le logiciel utilisé pour les différentes analyses est le logiciel Chroméléon. Il a été utilisé uniquement pour le tracé des graphiques ainsi que pour le calcul des intensités et des aires des pics. En revanche, la calibration qui transforme l'aire en concentration a été effectuée sous Microsoft Excel.

- Extraction des aérosols du filtre

Nous plaçons une surface entre 3 et 4,5 cm<sup>2</sup> du filtre découpée à l'emporte pièce dans un flacon propre. Nous ajoutons 12 ml d'eau ultra pure qui permet l'extraction et la dissolution des aérosols disposés sur le filtre. Le temps de mise en solution afin de permettre l'extraction est de 40 minutes.

- Mise en route du chromatographe

Tout d'abord avant de commencer nos analyses, nous faisons passer de l'eau ultra pure afin de stabiliser le chromatographe et d'obtenir une ligne de base régulière.

Cette démarche est effectuée tous les jours au démarrage du chromatographe.

- La courbe d'étalonnage

Nous utilisons différentes solutions standards contenant les différents ions recherchés dont nous connaissons les concentrations avec précision afin de calibrer l'appareil.

Gamme de concentration utilisée :

Pour les cations : 9 ppb, 30 ppb, 90 ppb, 300 ppb

Pour les anions :

Les mineurs : 9 ppb, 30 ppb, 90 ppb

Les majeurs : 150 ppb, 500 ppb, 1500 ppb

A partir des résultats obtenus lors de l'analyse de ces standards, nous déterminons les gammes de concentrations dans lesquelles nos analyses pourront être réalisées. Nous pouvons alors tracer des courbes d'étalonnage pour chaque espèce recherchée : Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ox, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. Ces courbes ont été

réalisées à partir de la moyenne des résultats d'analyses des standards effectuées chaque jour d'analyse, ceci afin d'être représentatif de la variabilité des conditions d'analyses.

**Analyse des phases carbonées EC/OC**

Les mesures de concentrations en carbone organique et en carbone élémentaire sont réalisées en utilisant une méthode thermo-optique : EC-OC Sunset Lab. Instrument. Cette méthode d'analyse permet de déterminer la part de carbone organique (qui provient de la combustion de matières organiques donc du bois) de celle du carbone élémentaire.

L'analyse de la fraction carbonée se fait avant celle des espèces ioniques pour éviter les contaminations. Cet appareil mesure la concentration en CH<sub>4</sub>, après combustion puis réduction, de la matière carbonée d'un échantillon solide. Cet échantillon est placé dans un four à quartz. Cette méthode permet de séparer le carbone organique (OC) du carbone élémentaire (EC) provenant d'un même échantillon.

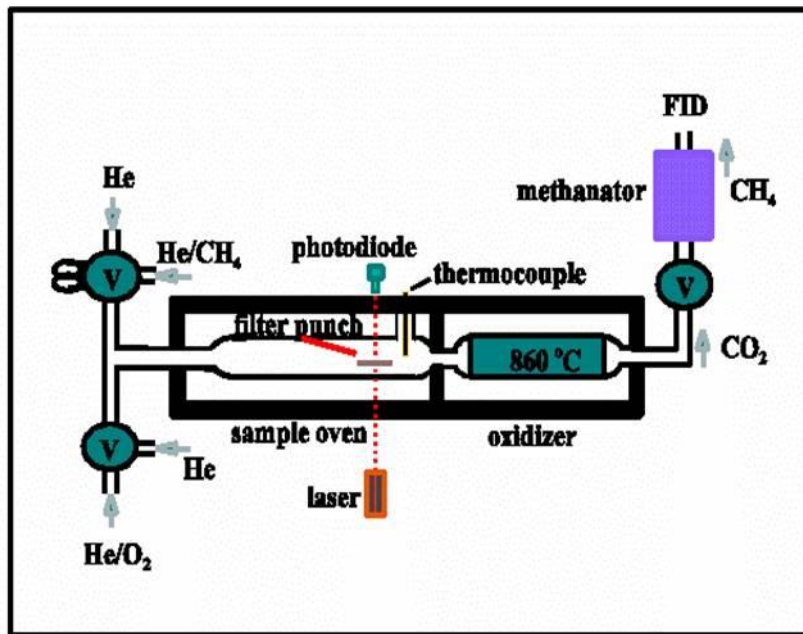


Figure 77 : Schéma de l'analyseur de carbone

- L'analyse de OC et EC

Une première séquence dans un flux d'hélium pur permet l'analyse de OC (Figure ci dessous). Elle comporte quatre paliers de température : de la température ambiante à 870°C, qui correspondent à la vaporisation des principaux composés organiques. Les composés vaporisés, entraînés par le flux d'hélium, sont ensuite oxydés en CO<sub>2</sub> en passant dans du dioxyde de manganèse MnO<sub>2</sub> dans un four secondaire. Puis, dans un troisième four, le CO<sub>2</sub> est réduit en CH<sub>4</sub> à travers une brique de nickel qui sert de catalyseur de réduction. Enfin, la quantité de CH<sub>4</sub> produite est mesurée par un détecteur à ionisation de flamme (FID) (cf. pic jaune). Les carbonates inorganiques présents dans l'échantillon sont reconnus par le logiciel de traitement du signal, produisant un pic caractéristique lors de la transition entre 500 et 700°C (cf. pic blanc).

La deuxième séquence permet l'analyse d'EC. Elle est effectuée sous flux d'hélium et d'oxygène à 2 %. Il y a quatre paliers de température de 600°C à 870°C. Le carbone suie est aussi oxydé en CO<sub>2</sub> puis réduit en CH<sub>4</sub> et détecté par le FID (cf. pic gris). Après ces deux séquences, l'appareil effectue une calibration interne en injectant une quantité connue de CH<sub>4</sub> détectée par le FID (cf. pic bleu).

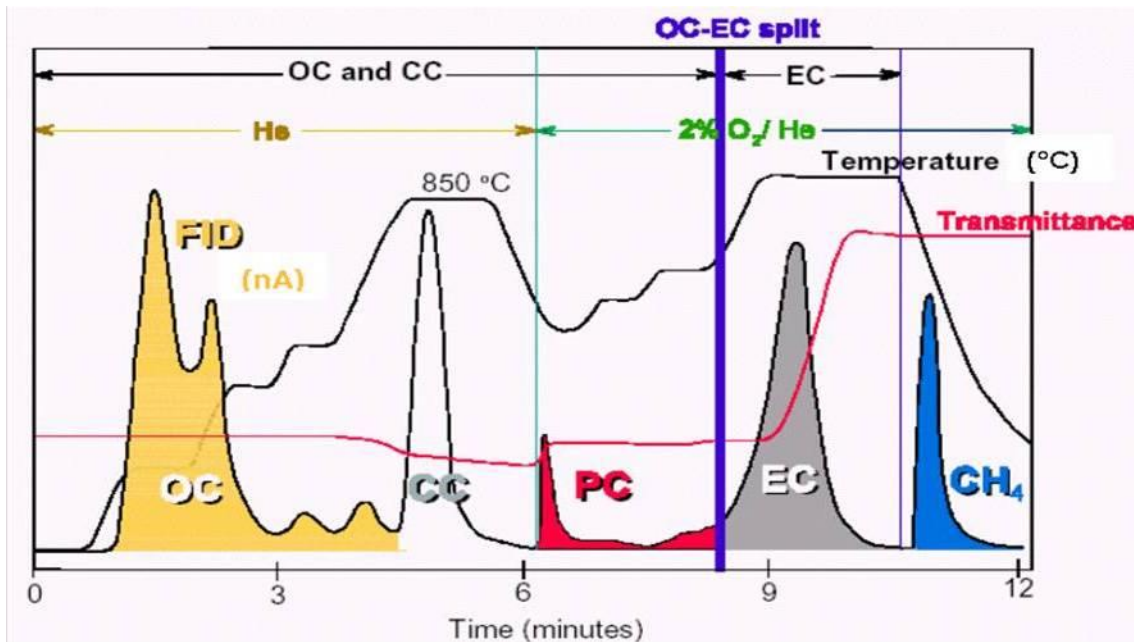


Figure 78 : Thermogramme obtenu pour une analyse de fraction aérosol carbonée

- Le principe du détecteur à ionisation de flamme (FID)

Le courant gazeux (ici  $\text{CH}_4$ ) arrive dans une flamme de dihydrogène et d'air. La plupart des composés organiques (dont  $\text{CH}_4$ ) sont détruits par combustion et produisent des ions capables de conduire l'électricité à travers la flamme. La buse du brûleur étant une des bornes du circuit et une électrode collective l'autre, les ions produits captés par cette dernière permettent le passage du courant et indiquent par ce fait même, la présence d'un soluté. La réponse du FID est proportionnelle et linéaire par rapport à la masse du soluté qui passe dans le brûleur. Dans le cas de l'analyseur de carbone, on obtient, connaissant la quantité de  $\text{CH}_4$  introduite pendant la calibration interne et l'aire du pic produit, la quantité d'atomes de carbone en  $\mu\text{gC}/\text{cm}^2$  présents dans l'échantillon.

- La correction thermo-optique

Pendant la première séquence d'une analyse, OC peut se transformer en EC (carbone suie) par pyrolyse. Cette transformation diminue la quantité de OC mesurée et augmente celle de EC si aucune correction n'est appliquée. La méthode thermo-optique utilise la forte absorbance lumineuse caractéristique d'EC pour corriger l'erreur due à la pyrolyse. On suit l'évolution d'un faisceau laser qui passe au travers de l'échantillon : la transmission diminue proportionnellement à la quantité de carbone organique transformé. OC transformé apparaît dans le pic de EC sous atmosphère d'hélium et d' $\text{O}_2$ . La correction consiste à comptabiliser la quantité d'EC produite jusqu'à ce que la transmission du laser rejoigne sa ligne de base (transmission initiale). Cette quantité de EC correspondant au OC transformé (cf. pic rouge, figure). Elle est donc soustraite de l'aire du pic de EC et est comptée en OC (cf. OC-EC split, figure).

Cependant, la distinction entre OC et EC reste encore floue (Hong and Yu, 2002) et dépend principalement de l'analyseur utilisé. Il n'existe pas encore de technique de mesure universelle et définitive pour la détermination des fractions carbonées atmosphériques. De nombreuses comparaisons entre différentes techniques (appareillages différents, paliers de température différents sur un même appareil) ont eu lieu (Shauer et al., 2003<sup>[10]</sup>). La méthode que nous utilisons est parmi les plus répandues. Elle est à priori bien adaptée à l'analyse d'échantillons urbains pour lesquels la fraction de carbonates inorganiques est très faible.

- Manipulations et calcul des concentrations

Pour la mise en marche de l'analyseur, on règle les différents gaz (hélium, air, méthane...) aux pressions voulues. Avant toute analyse, il faut purger la machine en faisant trois cycles à vide ( $3 \times 10$  min) pour une bonne mise en route.

Les manipulations, préparation de l'échantillon et prélèvement du succrose pour la calibration externe, sont effectuées sous hotte à flux laminaire avec port de gants et utilisation de pinces pour éviter toute contamination. Pour la préparation de l'échantillon, on découpe au poinçon une surface de  $1,5 \text{ cm}^2$  sur chaque filtre à analyser. Les échantillons de  $1,5 \text{ cm}^2$  sont mis en place directement dans le four. Toutes les cinq analyses, on effectue une

calibration externe de 15  $\mu\text{L}$  de succrose à 4,207  $\mu\text{g}/\text{C}/\mu\text{L}$  imprégné sur un échantillon pour vérifier le bon fonctionnement de l'analyseur et la bonne manipulation de l'opérateur. On doit donc obtenir ~~2017540~~  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Après chaque analyse, toute la matière carbonée de l'échantillon est vaporisée. On est donc obligé de prendre un autre échantillon du même filtre si l'analyse a été défectueuse.

Les thermogrammes des échantillons analysés sont ensuite traités par un logiciel qui crée un fichier Excel donnant les résultats d'analyse, en particulier les concentrations de OC et EC en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . En faisant la moyenne des blancs de terrain que l'on ajoute à deux fois leur écart type, on obtient la limite de détection. Tous les échantillons qui se situent au-dessous de cette limite sont écartés des résultats. Ensuite, aux concentrations obtenues en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  est soustraite la moyenne des blancs, puis elles sont multipliées par la surface totale du filtre (176,71  $\text{cm}^2$ ) et divisées par le volume pompé. On obtient alors les concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Analyse en lévoglucosan

L'analyse des traceurs de feux sur les échantillons ayant été réalisée par le LCME, la méthode d'analyse ne sera donc pas détaillée ici. Néanmoins, nous pouvons préciser que les analyses ont été réalisées sur les mêmes filtres et ont permis d'obtenir les concentrations en lévoglucosan, étant établis comme traceurs de feux dans la littérature.

# ANNEXE 5 : RESULTATS DES ANALYSES

Tableau 11 : Analyses chimiques des composantes principales des particules

		PM10	WSOC	OC	EC	Levo	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ox	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]
Site Peillon	13/11 Jour	64.1	5.1	17.2	5.1	581.9	136.3	1 289.6	2 084.1	94.7		624.7	194.8		<QL
	13/11 Nuit	36.5	3.8	12.9	2.9	650.1	<QL	241.0	672.2	36.6		126.1	204.2		
	14/11 Jour	34.3	1.8	4.0	0.6	160.1	<DL	184.0	2 680.5	84.4		949.3	122.0		
	15/11 Jour	31.7	5.8	14.0	2.0	229.5	749.2	972.5	2 297.2	83.4		734.1	244.6		
	16/11 Jour	23.1	4.8	11.6	1.6	152.9	146.3	837.7	1 431.4	113.9		485.3	201.4		
	16/11 Nuit	34.0	4.9	12.7	2.4	563.5	<DL	442.2	1 013.0	121.6		241.0	185.1		
	17/11 Jour	77.0	7.1	22.1	5.3	615.3	<QL	692.1	906.6	73.8		168.2	254.2		
	18/11 Nuit	50.6	8.6	22.5	3.2	850.9	<DL	1 358.6	3 118.5	135.3		1 132.9	310.5		
	19/11 Jour	56.5	5.7	15.6	4.6	501.5	<DL	1 412.4	2 989.5	119.7		918.6	231.6		<QL
	21/11 Jour		9.8	23.4	4.8	411.6	151.7	1 994.8	2 036.0	158.3		638.8	413.5		
	24/11 Jour		6.0	12.1	2.5	305.6	479.9	944.5	1 259.2	64.8		422.3	193.0		
	24/11 Nuit		8.3	15.6	1.6	358.8	192.1	736.5	1 227.1	173.7		214.8	239.3		
	25/11 Jour		6.2	14.2	3.0	156.8	213.9	1 033.7	994.1	169.1		149.8	174.7		
	2/12 Jour		7.4	16.6	4.7	1 181.5	255.4	784.1	1 477.9	92.3		219.2	338.9		
	7/12 Jour	28.2	5.2	14.3	7.5	742.5	703.8	815.9	875.7	73.7		217.8	450.4		
	7/12 Nuit	27.8	5.7	13.7	2.3	700.1	<QL	365.0	<QL	50.6		130.7	248.9		
	8/12 Jour	41.6	6.9	18.9	3.9	785.6	303.3	726.6	1 178.7	83.3		310.7	361.2		
	8/12 Nuit	34.1	8.4	15.8	3.8	567.0	<QL	646.1	1 033.2	104.7		280.2	438.6		
	9/12 Jour	112.3	18.1	49.3	11.0	2 238.8	684.4	2 152.6	2 902.0	149.1		347.3	1 281.3		4 361.4
	9/12 Nuit	53.5	7.9	19.2	4.0	1 148.1	163.4	788.9	1 039.8	69.2		296.0	305.4		
	20/06 Nuit	39.58	1.04	4.21	3.67	20.4	320.8	899.9	1 902.9	73.2		448.5	91.8	38.6	1 017.1
	28/06 Jour	28.75	2.98	5.43	1.18	29.2	86.3	1 522.9	4 651.6	243.9		1 256.6	119.5	75.0	473.4
	29/06 Nuit	29.83	2.60	5.40	1.64	49.0	<QL	806.0	5 568.5	212.7		1 369.6	117.3	52.6	932.5
	30/06 Jour	62.83	3.70	7.99	3.82	52.3	86.1	1 420.4	7 728.5	274.6		2 071.5	201.8	74.9	1 735.2
30/06 Nuit	34.25	4.04	8.44	2.97	603.2	87.0	574.1	4 319.0	95.9		1 139.0	157.3	<QL	1 287.3	
01/07 Jour	48.25	3.34	5.82	2.75	13.1	<QL	884.8	5 138.8	236.3		1 704.3	135.7	<QL	1 481.7	
03/07 Nuit	36.67	3.66	5.93	1.50	12.7	<QL	847.6	10 468.1	359.1		2 830.4	109.0	41.9	832.3	
04/07 Jour	44.08	3.78	5.68	1.59	16.5	<QL	977.6	12 543.7	358.2		3 183.3	110.7	55.0	844.9	
04/07 Nuit	26.50	2.96	5.06	0.89	14.9	<QL	85.0	1 155.9	43.3		1 289.2	136.8	<QL	489.4	
05/07 Jour	29.67	3.08	4.80	1.03	14.2	<QL	694.2	7 933.3	263.4		1 923.3	102.7	43.1	340.3	
07/07 Nuit	16.00	1.43	2.58	0.99	1.9	90.9	394.8	892.0	63.0		340.5	36.4	<QL	649.3	
08/07 Jour	28.42	1.49	2.90	2.05	2.4	231.9	1 456.8	1 809.0	130.5		566.2	60.3	66.2	787.5	
13/07 Jour	48.33	2.01	3.77	2.89	5.7	<QL	2 516.5	6 586.2	277.2		1 210.9	97.2	130.8	1 793.0	
16/07 Nuit	23.33	3.35	5.30	2.16	12.1	<QL	1 084.8	4 997.7	326.7		1 282.0	120.5	60.1	1 363.1	
19/07 Jour	12.00	1.44	2.49	0.81	4.8	739.3	2 144.4	1 553.9	133.0		433.7	83.4	143.0	448.8	
19/07 Nuit	12.08	1.59	3.39	1.60	10.5	390.6	1 976.9	1 667.6	133.7		428.7	65.9	112.4	673.5	
23/07 Jour	46.67	2.12	4.23	3.22	13.9	558.5	1 768.2	2 630.1	223.9		645.5	149.2	123.3	1 128.4	
24/07 Jour	47.92	2.86	5.28	2.50	17.8	209.1	4 677.5	6 821.2	322.4		1 394.6	169.8	240.9	1 373.6	

		PM10	WSOC	OC	EC	Levo	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ox	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	
Site Rural	7/12 Jour		4.0	11.9	4.1	940.9	455.2	1 013.6	<QL	91.8		180.8	149.9			
	7/12 Nuit		2.8	4.8	0.5	542.6	173.5	349.1	<QL	101.1		189.7	128.6			
	8/12 Jour		4.0	13.7	3.0	656.2	267.0	698.9	692.1	81.0		228.7	300.4			
	8/12 Nuit		2.2	4.9	0.6	468.1	<QL	321.7	<QL	79.8		281.1	102.7			
	13/12 Jour		4.6	11.8	3.9	1 448.0	265.6	911.8	<QL	108.1		509.0	195.6			
	13/12 Nuit		2.5	4.9	0.7	726.0	<QL	332.5	674.3	127.7		370.9	83.0			
	17/12 Jour		3.0	5.5	0.6	632.6	<DL	462.3	<QL	453.8		284.5	72.3			
	19/12 Nuit		1.3	3.3	0.3	263.5	<DL	<DL	<QL	64.2		<DL	53.0			
	20/12 Jour		4.7	10.7	3.7	683.3	<DL	<QL	<DL	<DL		<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
	20/12 Nuit		4.0	8.1	1.0	584.1	<DL	330.3	<QL	105.9		181.2	112.9			
	21/12 Jour		5.4	12.8	3.4	955.1	147.6	1 224.2	804.6	129.3		530.8	230.9			
	21/12 Nuit		3.6	6.4	0.7	499.5	<QL	203.9	<QL	115.7		271.7	127.4			
	07/07 Nuit	15.2	1.5	2.4	0.6	2.5	83.6	424.8	846.3	73.3		369.8	26.0	<QL	406.0	
	08/07 Jour	26.3	1.8	3.3	1.8	0.0	240.9	1 587.8	1 928.0	146.4		641.6	55.5	84.7	899.7	
	13/07 Jour	36.9	2.2	4.2	1.7	5.5	<QL	2 360.8	6 866.3	282.5		1 455.3	98.0	125.9	1 225.6	
	16/07 Nuit	49.2	2.9	4.3	0.9	8.5	<QL	1 143.9	5 087.4	369.0		1 324.3	113.2	63.4	802.8	
	17/07 Jour	53.2	2.5	4.6	1.8	1.7	<QL	2 247.4	8 691.5	348.7		1 782.6	135.4	127.2	1 344.1	
	17/07 Nuit	40.5	0.9	2.7	1.0	0.2	110.4	913.4	2 192.1	75.7		602.8	42.5	48.2	581.9	
	19/07 Jour	25.7	1.8	3.0	0.8	2.3	514.7	2 183.7	1 463.3	146.9		460.6	83.2	146.7	484.9	
	19/07 Nuit	30.1	1.5	2.3	0.6	1.5	308.8	2 119.8	1 708.5	154.2		431.6	53.7	116.7	302.4	
	23/09 Jour	43.8	3.7	7.3	2.7	14.3	<QL	1 065.1	8 509.8	189.5		1 778.5	184.1	47.0	1 216.0	
	23/09 Nuit	37.8	4.7	6.2	1.4	18.8	<QL	656.9	9 103.5	213.9		1 930.5	209.7	<QL	497.3	
	24/09 Jour	41.7	3.7	6.6	2.3	7.3	<QL	953.8	6 086.8	183.1		1 424.0	164.5	39.2	998.4	
	24/09 Nuit	26.4	4.2	5.2	1.2	13.2	<QL	651.2	5 387.0	197.6		1 458.0	136.5	34.7	391.7	
26/09 Jour	30.9	3.2	5.3	1.8	26.6	<QL	923.4	6 015.5	201.5		1 470.8	142.1	<QL	840.9		
26/09 Nuit	26.8	2.8	4.5	1.0	57.6	<QL	465.7	4 699.3	164.8		1 266.4	105.9	<QL	328.5		
29/09 Jour	37.8	2.9	7.2	2.7	17.6	<QL	935.7	3 977.8	218.8		1 135.3	133.7	<QL	1 297.2		
29/09 Nuit	31.4	4.7	5.9	1.2	24.6	<QL	556.7	4 968.0	276.5		1 295.4	145.2	<QL	249.1		

		PM10	WSOC	OC	EC	Levo	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ox	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]
Site Contes	13/12 Jour	49.6	10.9	23.2	10.5	1 212.6	444.6	1 287.5	5 407.8	46.8		1 730.1	470.6		
	13/12 Nuit	31.2	7.9	15.4	2.9	1 431.2	<DL	517.4	3 611.6	69.5		1 223.2	357.4		
	17/12 Jour	37.8	6.8	14.3	2.4	294.8	<DL	982.6	3 110.2	43.7		1 111.5	369.8		
	17/12 Nuit	38.1	3.9	10.0	4.5	390.0	241.1	914.6	4 691.6	40.7		1 252.5	375.1		
	19/12 Nuit	47.3	8.4	17.1	3.1	423.5	148.6	799.6	6 074.5	40.7		1 893.9	521.2		
	20/12 Jour	49.5	8.4	21.2	4.9	420.0	232.9	845.0	3 535.3	63.2		1 092.4	473.7		
	20/12 Nuit	59.8	12.8	29.4	4.1	491.6	262.1	1 264.8	3 851.8	81.0		1 327.1	636.8		
	21/12 Jour	46.5	11.0	22.0	4.4	974.2	268.6	1 440.1	3 388.5	109.5		1 119.4	581.6		
	21/12 Nuit	58.4	9.5	18.3	2.8	1 023.8	<QL	922.5	4 417.4	91.1		1 334.0	655.5		<QL
	23/12 Nuit	52.3	8.7	17.4	2.3	182.7	304.2	4 157.5	3 310.7	181.1		1 408.1	432.1		<QL
	24/12 Nuit	60.3	14.6	29.0	4.1	607.6	301.5	4 065.3	3 406.2	229.8		1 327.6	507.3		<QL
	25/12 Nuit	16.1	4.3	7.1	0.9	531.2	<DL	545.2	<QL	143.0		193.9	125.3		
	29/12 Jour	32.8	4.9	13.1	2.0	148.7	295.3	298.5	2 264.2	53.0		842.7	122.8		
	29/12 Nuit	42.7	10.4	20.6	2.8	449.6	136.4	957.9	1 950.1	91.4		878.9	319.2		
	30/12 Jour	26.9	5.3	11.8	3.3	219.3	<QL	769.2	1 828.9	64.1		644.5	209.2		
	30/12 Nuit	47.3	12.2	27.1	3.9	516.1	<QL	1 530.1	1 630.7	83.8		785.7	496.1		
	31/12 Jour	43.9	8.1	15.1	3.9	630.9	259.1	1 682.1	2 184.6	128.9		669.6	447.0		
	31/12 Nuit	43.2	15.6	30.9	3.8	651.8	340.9	2 916.1	2 476.9	169.0		1 183.3	1 690.6		
	01/01 Jour	23.2	6.3	10.8	2.0	234.4	<QL	906.2	1 168.9	87.1		523.1	212.2		
	01/01 Nuit	27.1	7.0	15.0	1.7	199.5	145.0	727.5	1 044.9	80.6		552.5	263.8		
	02/01 Nuit	44.6	8.5	19.8	3.4	142.3	139.5	1 634.7	1 079.5	90.5		791.3	386.5		
	03/01 Nuit	39.5	9.8	20.6	2.9	728.8	206.5	1 719.9	1 051.3	98.5		711.7	428.4		
	11/05 Jour	38.8	2.7	6.5	3.2	116.2	274.1	1 879.7	3 814.2	145.1		1 023.5	239.1	79.3	1 037.1
	17/05 Jour	29.8	2.3	5.0	0.8	45.2	<QL	1 219.3	3 836.2	149.9		1 149.5	221.7	<QL	1 121.1
	17/05 Nuit	30.5	2.4	5.4	1.1	110.5	68.2	722.0	3 293.1	124.4		931.1	221.8	<QL	1 355.5
	18/05 Jour	38.2	4.4	10.4	2.7	804.9	91.4	1 522.8	2 992.6	151.8		1 025.6	234.5	36.1	1 843.6
	21/05 Jour	43.0	5.3	11.8	2.2	680.0	71.2	1 436.7	3 756.1	208.2		1 042.0	444.7	<QL	1 711.6
	22/05 Jour	56.4	3.4	6.7	2.5	113.1	90.5	2 290.4	5 021.3	202.9		1 656.4	302.4	51.6	2 815.6
	22/05 Nuit	49.7	3.6	7.7	1.4	218.9	85.2	1 500.5	5 383.3	202.9		1 661.9	276.4	63.6	2 109.9
	23/05 Jour	49.9	3.5	8.7	1.7	73.5	162.0	3 772.1	6 635.6	245.7		1 908.2	302.3	123.6	2 477.3
23/05 Nuit	58.6	4.1	7.2	1.6	229.4	150.2	1 896.3	5 254.0	219.8		1 606.2	284.4	60.1	2 618.1	
24/05 Jour	48.8	4.7	8.8	1.3	265.2	80.0	2 933.1	7 456.3	282.0		1 519.4	314.7	82.6	1 777.0	
24/05 Nuit	51.3	4.6	10.4	1.5	236.6	90.1	1 232.8	5 067.1	196.2		1 695.6	306.8	34.9	2 167.5	
23/09 Jour	45.3	3.2	6.7	3.7	34.6	<QL	1 277.2	9 464.8	168.4		2 060.3	315.4	50.0	1 589.4	
23/09 Nuit	41.3	3.7	8.0	2.2	57.8	<QL	852.1	10 279.0	236.7		2 131.2	334.6	36.4	1 521.4	
24/09 Jour	47.2	3.3	6.8	3.9	28.1	85.4	1 233.5	7 126.4	187.7		1 650.1	257.3	44.2	1 521.7	
24/09 Nuit	37.9	3.0	7.8	2.4	65.0	<QL	904.8	6 579.8	220.7		981.1	178.1	<QL	1 094.9	
26/09 Jour	33.4	3.2	5.7	2.5	31.6	99.4	862.1	6 464.3	188.1		1 616.6	216.9	<QL	1 049.5	
26/09 Nuit	30.3	2.5	5.2	1.7	51.0	<QL	506.5	4 864.1	162.4		1 160.2	239.2	<QL	1 461.7	
29/09 Jour	48.6	3.8	5.1	2.7	26.8	<QL	1 006.5	4 051.2	165.4		1 137.6	165.4	<QL	1 220.8	
29/09 Nuit	33.8	4.0	7.7	3.2	68.5	<QL	812.2	5 533.5	298.8		1 340.9	253.3	<QL	1 644.7	
Site Traffic		PM10	WSOC	OC	EC	Levo	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ox	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]	[ng/m <sup>3</sup> ]
	13/11 Jour		5.3	17.1	7.3	161.8	137.3	1 925.1	2 251.6	113.3		527.9	302.0		
	13/11 Nuit		4.0	12.1	3.2	277.5	<DL	369.5	975.5	48.0		182.2	271.4		
	14/11 Jour		4.1	12.9	5.1	131.4	299.1	614.4	1 790.6	96.3		311.4	356.4		
	14/11 Nuit		3.1	10.5	3.9	56.3	820.9	1 046.6	2 542.5	88.1		662.4	354.3		
	16/11 Jour		2.7	7.8	2.7	70.6	<QL	712.1	1 334.7	100.2		453.5	129.6		
	16/11 Nuit		7.8	18.6	3.7	299.9	<DL	503.1	1 084.5	72.2		529.0	267.3		
	17/11 Jour		5.7	19.2	8.0	291.1	163.6	1 454.0	1 100.9	96.8		330.3	392.7		
	18/11 Jour		5.3	17.4	9.5	567.4	362.1	3 997.7	3 446.4	157.3		1 364.4	397.2		
	18/11 Nuit		7.7	16.2	4.0	302.3	145.5	1 370.5	3 359.4	109.4		1 416.8	411.4		
	21/11 Jour		8.6	21.6	7.1	175.5	269.5	3 196.4	1 934.2	181.2		926.9	450.5		
	23/11 Jour		8.1	15.2	1.7	458.9	168.4	1 595.8	1 419.8	227.7		519.5	259.5		
	24/11 Jour		5.1	13.5	4.8	139.8	1 454.5	1 669.3	1 731.5	119.4		361.7	307.0		
	24/11 Nuit		5.9	11.9	2.0	971.3	332.5	732.6	1 496.5	137.6		365.5	286.2		
	25/11 Jour		4.4	16.2	6.6	340.5	414.6	1 072.9	1 136.7	103.0		159.8	327.4		
	24/12 Nuit		9.2	17.9	3.0	278.9	357.5	4 689.5	3 943.2	371.0		1 627.5	586.6		<QL
	25/12 Jour		5.2	10.6	2.4	727.7	433.2	1 457.1	2 078.7	242.9		524.7	321.2		
	25/12 Nuit		4.3	7.2	1.5	111.8	140.2	631.8	696.8	200.4		179.4	287.7		
	26/12 Jour		1.4	4.5	1.3	19.6	534.5	443.7	1 628.7	35.9		316.2	<QL		
	29/12 Jour		4.6	14.7	6.3	80.0	1 053.7	408.0	2 504.4	72.0		736.4	630.2		
	29/12 Nuit		9.9	20.5	3.5	416.7	372.6	1 013.9	2 503.2	120.1		994.6	681.9		
	30/12 Jour		3.8	11.0	4.8	203.4	379.1	987.1	2 231.1	96.2		583.0	553.6		
	30/12 Nuit		8.9	17.2	3.7	506.5	298.6	951.6	1 860.3	79.4		797.0	600.6		
	02/01 Jour		9.0	17.5	2.8	624.8	248.0	790.1	1 187.4	87.1		367.4	605.0		
	03/01 Nuit		10.1	18.9	2.3	559.7	332.7	1 275.3	1 215.5	155.6		508.6	596.6		
	11/05 Jour	30.3	1.9	4.2	2.4	97.9	190.6	1 100.3	2 215.3	87.7		807.1	127.2	61.7	597.1
	17/05 Jour	29.7	2.5	6.5	1.2	116.8	<QL	886.4	3 555.8	165.0		1 119.7	135.3	<QL	816.0
	17/05 Nuit	24.2	1.9	5.3	0.9	32.8	<QL	696.7	3 047.8	122.0		986.9	115.2	<QL	723.7
	18/05 Jour	32.9	2.6	7.2	3.2	97.1	73.8	1 298.4	2 866.6	155.2		865.7	136.4	<QL	1 438.0
21/05 Nuit	32.7	3.7	10.0	1.6	151.2	<QL	1 202.1	5 171.1	252.6		1 282.4	215.1	<QL	781.1	
22/05 Jour	48.3	3.5	8.8	2.5	92.1	139.0	2 002.1	5 002.1	213.4		1 162.2	225.2	44.6	1 831.9	
22/05 Nuit	38.7	2.5	6.2	1.3	90.1	<QL	1 420.8	5 097.6	205.4		1 313.9	161.5	37.0	956.9	
23/05 Jour	47.3	3.3	8.8	2.7	134.1	93.1	3 094.1	6 091.2	238.7		1 420.2	268.2	111.8	1 371.5	
23/05 Nuit	39.4	2.7	5.8	1.3	83.9	<QL	1 338.1	5 131.6	213.0		1 273.8	180.1	44.7	624.1	
24/05 Jour	47.3	3.7	8.1	1.6	85.6	<QL	2 353.3	5 761.6	250.6		1 438.0	219.1	81.4	1 183.1	
24/05 Nuit	38.3	2.7	5.8	1.5	28.6	<QL	990.3	4 507.1	182.1		1 199.5	185.4	<QL	1 234.0	
28/06 Jour	38.5	5.0	10.5	1.7	758.6	<QL	1 380.6	4 807.9	286.7		1 256.2	149.0	91.6	461.0	
29/06 Jour	31.1	3.0	5.8	1.6	79.2	<QL	930.5	6 645.8	224.9		1 435.0	131.9	56.3	470.6	
30/06 Jour	46.5	3.8	7.1	3.7	44.1	<QL	1 294.8	7 265.1	279.0		1 707.6	154.1	62.2	1 203.0	
30/06 Nuit	26.3	2.8	5.5	1.8	35.2	<QL	424.3	3 513.4	165.6		1 079.6	102.8	<QL	562.1	
01/07 Jour	36.8	3.3	5.6	2.9	21.0	<QL	731.1	5 285.7	245.5		1 444.8	132.5	<QL	1 031.4	
03/07 Nuit	43.3	3.4	6.1	2.0	20.1	<QL	713.3	10 622.7	324.4		2 884.9	122.4	40.5	672.0	
04/07 Jour	47.9	3.7	5.6	2.1	6.5	<QL	835.5	12 444.9	341.6		3 068.5	133.8	57.8	877.3	



Figure 79 : Concentrations des principales composantes en particules dans la vallée de Contes

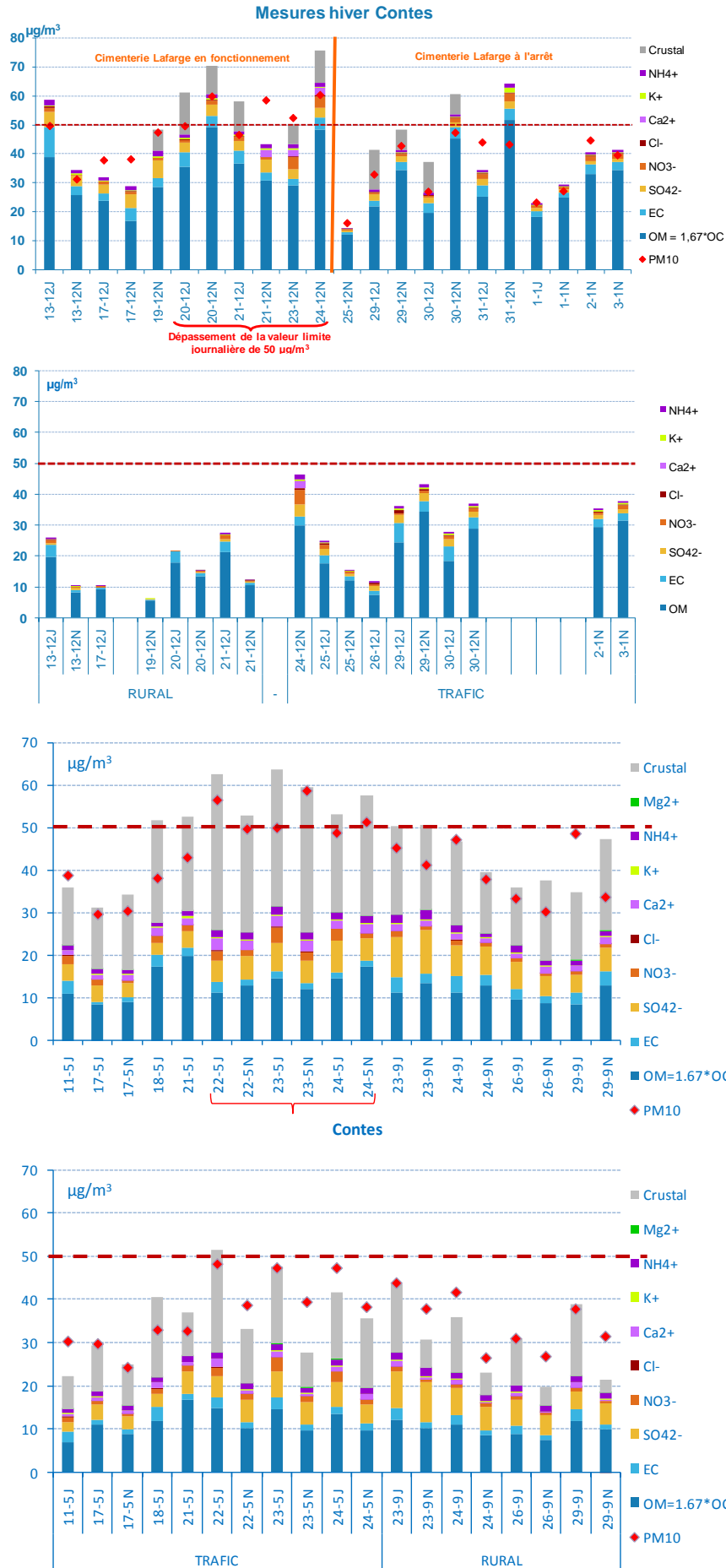


Figure 80 : Concentrations des principales composantes en particules dans la vallée de Peillon

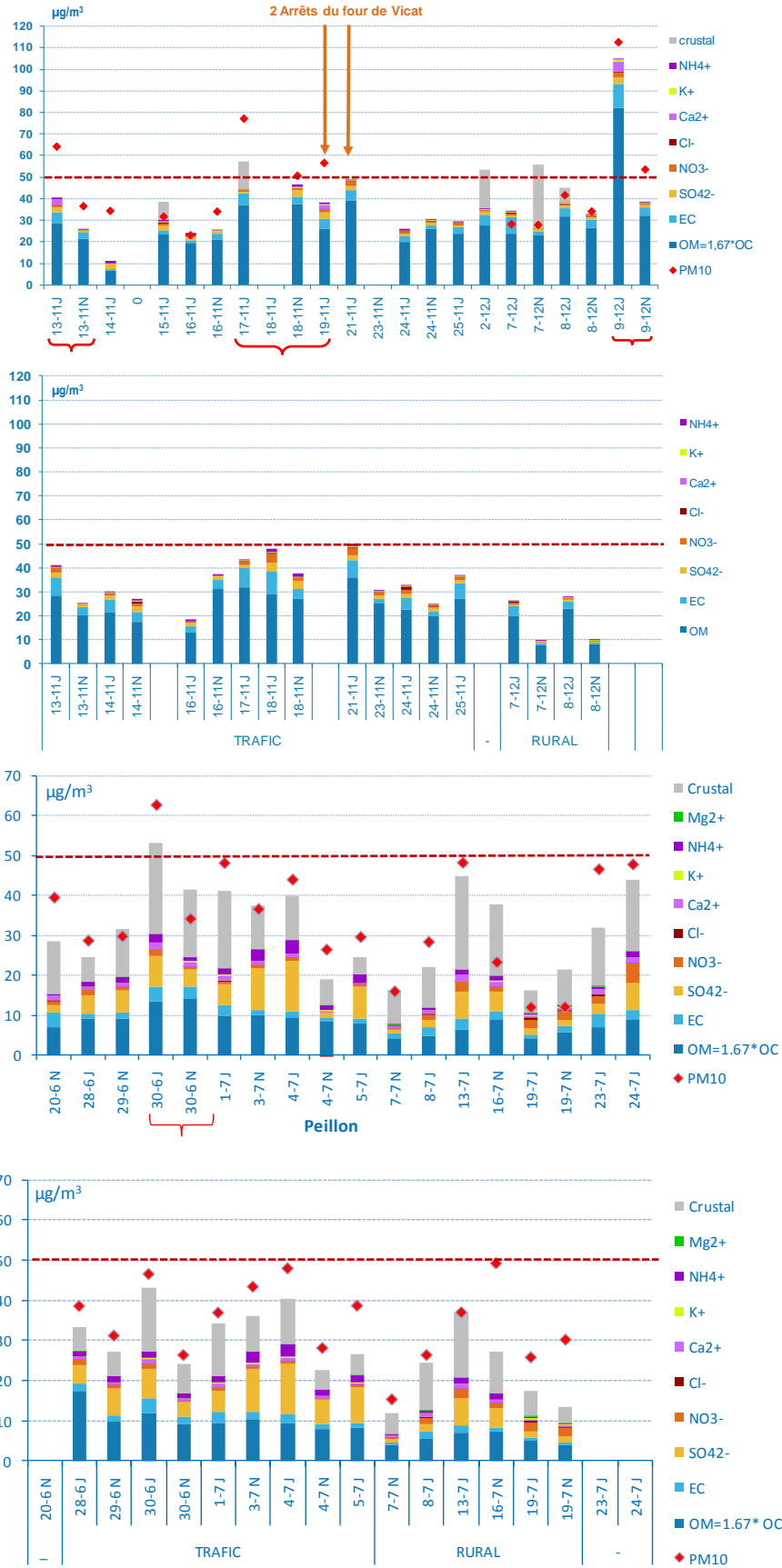


Tableau 12 : Analyses chimiques des métaux présents dans les particules

Composés analysés	site Peillon (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )								
	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Nuit	08/12 Jour	09/12 Jour	09/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	16/07 Nuit
Vanadium -V-	2.82	2.81	3.00	2.29	3.76	1.23	16.08	5.55	4.77
Cadmium -Cd-	0.05	0.13	0.17	0.08	0.15	0.08	0.02	0.06	<DL
Titane -Ti-	23.25	36.18	23.61	36.12	48.57	22.34	5.88	<DL	<DL
Manganèse -Mn-	5.82	12.80	7.65	9.01	13.53	5.18	1.87	<DL	<DL
Plomb -Pb-	5.39	10.59	8.51	6.08	17.45	8.89	0.95	8.10	0.38
Magnésium -Mg-	3 275	3 200	3 140	3 141	3 386	3 099			
Aluminium -Al-	3 991	3 962	3 809	3 919	4 301	3 868			
Fer -Fe-	251	1 073	381	528	858	192	98.12	41.22	59.06
Cobalt -Co-	0.19	0.35	0.23	0.24	0.28	0.17	0.04	<DL	<DL
Arsenic -As-	0.43	0.72	0.70	1.23	1.02		<DL	<DL	<DL
Sélénium -Se-	0.02	0.04	0.11	0.03	0.05	0.03	0.11	0.07	0.07
Etain -Sn-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.02	0.36
Cuivre -Cu-	8.12	48.47	16.73	13.25	24.80	6.42	2.90	3.24	1.92
Zinc -Zn-	43.01	84.70	55.44	47.02	68.85	118.33	<DL	<DL	<DL
Strontium -Sr-	10.65	17.88	8.70	22.87	41.97	13.83			
Na -sodium-	21 720	20 703	20 884	20 230	20 985	20 863			
Calcium -Ca-	8 974	10 069	8 411	11 931	16 694	8 934			
Potassium -K-	110	1 369	1 352	1 316	2 103	1 359			
Chrome -Cr-	7.59	11.90	8.12	7.59	9.95	8.60			
Nickel -Ni-	1.26	2.08	1.33	1.40	1.80		0.77	<DL	<DL
Césium -Cs-	0.20	0.22	0.23	0.27	0.47	0.22			
Tantale -Ta-	<DL	0.01	<DL	0.01	0.01	<DL			
Mo -Molybdène-	10.65	10.87	10.04	9.90	9.71	10.69			

Composés analysés	site Rural (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )					
	08/12 Jour	20/12 Jour	20/12 Nuit	21/12 Jour	24/12 Nuit	16/07 Nuit
Vanadium -V-	1.28	0.69	0.42	1.59	0.58	4.82
Cadmium -Cd-	0.23	0.13	0.05	0.08	0.04	<DL
Titane -Ti-	58.93	28.32	18.90	24.23	19.08	<DL
Manganèse -Mn-	8.70	6.10	3.99	5.74	3.82	<DL
Plomb -Pb-	7.75	6.66	4.47	6.35	3.71	0.28
Magnésium -Mg-	3 208	3 284	3 086	3 242	3 228	
Aluminium -Al-	3 902	4 462	3 714	3 976	3 993	
Fer -Fe-	462	280	107	264	89	37.91
Cobalt -Co-	0.23	0.21	0.16	0.20	0.16	<DL
Arsenic -As-	0.87	0.39	0.35	0.61	0.25	<DL
Sélénium -Se-	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.06
Etain -Sn-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<DL
Cuivre -Cu-	15.40	10.39	2.66	10.92	1.81	0.57
Zinc -Zn-	55.60	44.02	36.63	45.55	33.26	<DL
Strontium -Sr-	18.25	9.27	7.36	8.75	7.23	
Na -sodium-	20 056	21 752	20 682	21 598	21 596	
Calcium -Ca-	10 883	8 990	7 926	8 564	8 116	
Potassium -K-	1 297	1 239	1 093	1 256	1 152	
Chrome -Cr-	10.27	7.13	5.53	6.78	6.67	
Nickel -Ni-						<DL
Césium -Cs-	0.23	0.18	0.16	0.18	0.16	
Tantale -Ta-	0.01	0.01	<DL	<DL	0.01	
Mo -Molybdène-	9.17	9.74	10.97	9.69	9.80	

Composés analysés	site Contes (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )													
	19/12 Nuit	20/12 Jour	20/12 Nuit	21/12 Jour	23/12 Nuit	24/12 Jour	29/12 Jour	29/12 Nuit	30/12 Jour	30/12 Nuit	21/05 Nuit	22/05 Jour	23/05 Nuit	24/05 Nuit
Vanadium -V-	6.03	4.39	3.62	4.24	4.00	4.69	1.28	0.81	3.73	2.92	15.25	24.53	14.92	27.47
Cadmium -Cd-	0.09	0.15	0.17	0.71	0.12	0.16	0.08	0.10	0.08	0.13	0.03	0.02	<DL	0.01
Titane -Ti-	23.14	32.53	31.11	24.97	20.89	20.21	36.09	23.00	28.44	20.53	<DL	5.63	<DL	4.89
Manganèse -Mn-	5.56	9.17	6.51	6.14	4.89	5.53	8.77	5.77	8.12	5.12	<DL	1.77	<DL	1.37
Plomb -Pb-	6.12	9.35	10.24	25.99	7.95	9.38	6.73	10.90	7.28	9.00	1.73	0.97	0.79	0.87
Magnésium -Mg-	3 001.01	3 177.31	3 210.23	2 994.01	2 794.97	3 178.77	3 423.58	3 242.50	3 191.70	3 073				
Aluminium -Al-	3 730.23	3 990.44	4 031.67	3 635.58	2 667.93	3 075.62	4 360.65	4 124.72	4 091.69	3 816				
Fer -Fe-	216.43	425.84	287.98	302.66	205.15	323.03	402.20	205.54	315.92	199	41.89	125.46	68.18	100.49
Cobalt -Co-	0.19	0.26	0.22	0.21	0.14	0.20	0.21	0.18	0.24	0.18	<DL	0.04	<DL	<DL
Arsenic -As-	0.68	1.00	0.47	0.98	1.53	1.61	0.67	0.72	0.44	0.76	<DL	<DL	<DL	<DL
Sélénium -Se-	0.17	0.11	0.13	0.09	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.10	0.09
Etain -Sn-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<DL	0.51	<DL	<DL
Cuivre -Cu-	6.03	21.76	11.57	11.86	6.40	13.32	11.18	5.96	10.90	7.61	2.02	3.01	1.28	2.03
Zinc -Zn-	39.36	66.74	57.12	77.17	35.01	31.04	52.88	53.58	52.42	47.52	24.03	23.59	20.59	18.91
Strontium -Sr-	14.21	24.82	16.24	15.67	12.80	10.22	19.16	9.93	14.43	8.81				
Na -sodium-	19 913.28	20 821.75	21 244.16	19 991.05	17 127.44	19 457.04	22 035.22	21 524.30	21 247.10	20 578				
Calcium -Ca-	8 928.25	10 810.39	9 677.90	9 112.20	7 481.49	7 595.28	11 087.19	8 729.81	9 417.38	8 213				
Potassium -K-	1 397.67	1 433.55	1 562.63	1 385.43	926.95	1 148.67	1 247.89	1 353.35	1 234.00	1 389				
Chrome -Cr-	6.31	7.10	7.03	6.46	5.03	5.63	10.72	7.07	7.65	7.24				
Nickel -Ni-	1.37	2.84	1.02	1.66	20.09	22.18			2.41	2.10	<DL	0.90	<DL	0.87
Césium -Cs-	0.45	0.42	0.35	0.31	0.28	0.18	0.23	0.20	0.22	0.19				
Tantale -Ta-	<DL	0.01	0.01	<DL	0.01	0.01	0.01	<DL	0.01	<DL				
Mo -Molybdène-	10.24	10.34	9.39	10.41	10.54	13.08	10.44	9.42	10.90	9.64				

Composés analysés	site Trafic (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )								
	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	21/05 Nuit	22/05 Nuit	23/05 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit
Vanadium -V-	3.34	3.97	3.24	2.39	8.32	14.63	13.34	15.37	5.19
Cadmium -Cd-	0.05	0.11	0.12	0.13	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03
Titane -Ti-	25.40	58.60	34.84	30.52	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Manganèse -Mn-	7.33	15.69	12.49	8.14	<DL	1.13	1.23	<DL	<DL
Plomb -Pb-	6.72	9.12	9.72	7.33	0.65	0.68	0.78	0.55	0.33
Magnésium -Mg-	3 259	3 275	3 418	3 317					
Aluminium -Al-	4 100	4 036	4 292	4 187					
Fer -Fe-	445	997	930	352	53.87	84.16	79.73	80.45	31.50
Cobalt -Co-	0.21	0.35	0.32	0.22	<DL	<DL	<DL	0.04	<DL
Arsenic -As-	0.50	1.03	0.95	0.63	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Sélénium -Se-	0.02	0.04	0.12	0.10	0.04	0.07	0.10	0.11	0.06
Etain -Sn-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.27	0.28	0.91	0.46
Cuivre -Cu-	16.90	29.73	41.93	9.94	2.35	2.06	2.13	3.60	1.61
Zinc -Zn-	55.57	62.38	101.42	56.30	23.60	21.14	23.15	<DL	<DL
Strontium -Sr-	8.92	101.14	13.99	14.86					
Na -sodium-	21 573	19 519	22 256	21 480					
Calcium -Ca-	9 385	16 872	10 283	10 456					
Potassium -K-	1 167	1 347	1 456	1 339					
Chrome -Cr-	8.54	12.39	12.02	7.48					
Nickel -Ni-	1.84	2.59	2.71	1.32	0.91	<DL	<DL	0.80	<DL
Césium -Cs-	0.18	0.36	0.22	0.22					
Tantale -Ta-	0.01	0.02	0.01	0.01					
Mo -Molybdène-	9.25	10.16	11.69	7.76					

Tableau 13 : Analyses chimiques complètes réalisées dans le cadre de la CMB

Composés analysés	site Pellion (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )						site Rural (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )											
	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Nuit	08/12 Jour	09/12 Jour	09/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	01/07 Jour	Composite 7 N-8 -J-13/07	16/07 Nuit	08/12 Jour	Composite 20-21/12 Jour	Composite 20-21/12 Nuit	Composite 7 N-8 -J-13/07	16/07 Nuit	Composite 23-24 -J-29 N/09	
Trisnornéopane (C27)	0,06	0,20	0,15	0,05	0,46	<dl	0,08	<dl	<dl	0,27	<dl	<dl	0,05	<dl	<dl	0,06	<dl	0,03
17α(H)-Trisnoropane (C27)	0,06	0,15	0,07	0,30	1,20	0,19	0,42	<dl	<dl	0,22	<dl	<dl	0,11	<dl	<dl	0,05	<dl	0,03
17α(H)-21β(H)-Noropane (C29)	0,46	1,28	0,65	0,66	4,13	1,65	0,67	2,45	0,75	0,48	0,11	0,52	0,64	0,17	0,19	<dl	0,17	0,20
17α(H)-21β(H)-Hopane (C30)	0,12	0,12	0,14	0,03	0,34	0,25	0,33	0,77	0,42	0,74	0,09	0,47	0,52	<dl	0,16	0,08	0,26	0,20
17α(H)-21β(H)-22R-Homohopane (C31)	<dl	0,12	0,14	0,21	0,34	0,25	0,14	0,50	0,12	0,21	<dl	<dl	0,05	0,06	0,11	0,11	0,26	0,26
17α(H)-21β(H)-22R-Homohopane (C31)	0,16	0,96	0,34	0,21	1,44	0,46	0,34	0,67	0,48	<dl	<dl	0,20	0,29	0,08	0,04	<dl	0,12	0,12
17α(H)-21β(H)-22S-Bisnorhopane (C32)	0,10	0,31	0,19	0,09	0,53	0,07	<dl	1,19	<dl	0,15	<dl	0,08	0,14	0,05	0,06	<dl	0,13	0,13
17α(H)-21β(H)-22R-Bisnorhopane (C32)	<dl	0,27	0,13	<dl	0,53	0,31	<dl	0,08	<dl	0,15	<dl	<dl	0,14	<dl	<dl	<dl	<dl	0,07
17α(H)-21β(H)-22S-Trisnorhopane (C33)	0,15	0,57	0,46	0,31	3,46	0,74	0,67	0,38	0,71	0,20	<dl	0,09	0,25	0,12	0,12	<dl	<dl	0,12
17α(H)-21β(H)-22R-Trisnorhopane (C33)	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0,71	0,20	<dl	<dl	<dl	<dl	0,12	<dl	<dl	0,12
n-Octadécane (C18)	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl
n-Nonadécane (C19)	1,26	2,88	0,71	0,84	1,57	0,62	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0,91	2,64	2,27	2,27	<dl	<dl	<dl
n-Eicosane (C20)	0,39	1,67	1,71	2,01	3,45	1,29	<dl	1,13	0,32	<dl	0,45	2,18	1,59	1,46	<dl	0,10	4,81	4,81
n-Hentricosane (C21)	0,70	3,60	3,00	4,07	9,89	3,40	<dl	1,98	0,84	2,31	<dl	7,39	2,84	1,48	<dl	<dl	<dl	<dl
n-Docosane (C22)	1,14	5,28	12,81	6,39	19,63	7,13	0,48	1,45	0,41	8,96	0,66	13,92	5,10	1,82	2,71	0,13	1,11	1,11
n-Tricosane (C23)	2,05	9,43	27,53	9,05	27,48	9,45	1,48	2,72	1,36	15,04	0,85	5,98	5,98	1,37	3,81	0,16	0,69	0,69
n-Tétracosane (C24)	2,42	6,57	23,44	5,64	20,80	6,96	1,29	2,83	1,36	12,18	0,85	8,88	5,45	1,49	4,89	0,19	4,86	4,86
n-Pentacosane (C25)	3,44	6,54	17,74	5,23	20,89	7,29	2,99	6,63	4,10	17,21	1,07	5,33	5,14	1,70	6,47	0,35	3,43	3,43
n-Hexacosane (C26)	2,93	5,86	9,95	3,15	16,23	4,43	1,45	7,03	2,96	5,14	0,63	3,01	3,86	1,33	1,83	0,12	1,65	1,65
n-Heptacosane (C27)	4,95	5,11	9,04	2,89	22,72	4,51	1,66	11,60	4,21	9,51	1,13	3,73	6,05	2,76	3,93	0,36	3,44	3,44
n-Octacosane (C28)	3,18	4,02	5,93	1,89	11,64	3,09	1,45	11,62	2,39	5,21	0,57	1,96	3,94	2,04	0,94	0,10	1,92	1,92
n-Nonacosane (C29)	13,08	13,44	8,06	4,03	27,43	6,90	5,17	21,50	5,16	5,94	1,40	3,57	13,16	8,17	2,29	0,72	3,16	3,16
n-Triacontane (C30)	1,77	1,77	3,31	1,42	9,25	1,94	0,77	15,52	1,57	1,81	0,89	4,41	1,90	1,90	0,21	0,10	0,61	0,61
n-Hentriacontane (C31)	10,05	10,45	6,72	42,10	21,33	4,86	4,41	38,06	3,14	1,61	0,89	2,10	15,55	10,76	0,52	0,70	1,18	1,18
n-Dotriacontane (C32)	1,45	2,63	2,10	0,90	7,98	0,79	<dl	28,07	1,40	0,38	0,19	0,50	3,89	0,20	0,00	<dl	0,20	0,20
n-Tetracontane (C33)	3,98	4,90	3,55	1,50	10,55	2,86	<dl	31,94	<dl	0,03	<dl	0,82	13,79	3,61	0,10	<dl	0,16	0,16
n-Tetracontane (C34)	<dl	<dl	<dl	<dl	2,33	0,20	<dl	36,76	1,48	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0,13	0,13
n-Pentatriacontane (C35)	1,24	2,29	1,16	0,51	3,48	<dl	<dl	26,78	<dl	<dl	<dl	3,99	3,60	3,60	<dl	<dl	0,02	0,02
n-Hexatriacontane (C36)	<dl	<dl	0,49	<dl	1,17	<dl	<dl	38,84	<dl	<dl	<dl	<dl	0,88	<dl	<dl	<dl	<dl	0,02
Phénanthrène	0,14	0,37	0,20	0,51	0,07	0,30	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	0,33	0,32	0,15	0,03	0,02	0,05	0,05
Anthracène	0,12	0,26	0,17	0,48	0,93	0,43	0,02	0,07	0,04	0,14	0,06	0,20	0,17	0,09	0,04	<dl	0,08	0,08
Fluoranthène	0,29	0,74	0,58	1,72	3,90	1,16	0,08	0,09	0,05	0,06	0,07	0,79	0,90	0,40	0,03	0,01	0,01	0,01
acephenanthrène	0,10	0,38	0,21	0,62	1,37	0,31	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,22	0,23	0,08	0,00	0,00	0,01	0,01
Pyrene	0,35	0,85	0,63	1,73	3,96	1,16	0,08	0,72	0,07	0,07	0,08	0,87	0,89	0,38	0,03	0,01	0,06	0,06
Benz[ <i>a</i> ]anthracène	1,94	1,29	1,29	2,41	13,80	5,57	0,06	0,13	0,05	0,03	0,03	0,97	1,48	0,43	0,04	<dl	0,11	0,11
Chysène/Triphenylène	0,85	2,23	1,65	2,87	15,53	7,02	0,13	0,12	0,09	0,07	0,06	1,39	1,87	0,65	0,01	<dl	0,00	0,00
Benz[ <i>b</i> ]fluoranthène + benz[ <i>k</i> ]fluoranthène	1,17	2,46	2,39	2,89	13,84	6,35	1,00	0,66	0,06	0,05	0,05	1,29	1,98	0,87	0,03	<dl	0,09	0,09
benz[ <i>a</i> ]fluoranthène	0,53	0,98	0,54	0,89	5,83	1,00	0,04	0,48	0,05	0,09	0,04	0,61	0,96	0,40	0,02	<dl	0,04	0,04
Benzo- <i>e</i> -pyrene	1,00	2,49	1,14	2,83	19,39	6,91	0,19	0,95	0,09	0,17	0,07	1,56	1,70	0,55	0,07	<dl	0,16	0,16
benzo- <i>a</i> -pyrene	0,34	0,75	0,53	0,68	2,80	1,19	<dl	0,39	0,04	0,17	0,14	0,32	0,48	0,20	<dl	0,03	0,03	0,03
Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]fluoranthène	0,67	1,50	1,31	1,55	6,80	0,27	0,06	0,02	<dl	0,04	<dl	0,72	1,17	0,48	0,02	<dl	0,04	0,04
Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pyrene	0,34	0,96	0,22	0,62	3,62	1,55	<dl	0,00	<dl	0,03	<dl	0,76	0,25	0,25	<dl	<dl	0,04	0,04
dibenz[ <i>a,h</i> ]anthracène	0,48	0,95	0,83	0,92	3,69	1,34	<dl	0,16	<dl	0,03	0,01	0,61	0,83	0,28	0,01	<dl	0,06	0,06
Benzo- <i>ghi</i> -perylene	27,63	6,11	2,81	23,17	20,31	7,12	16,61	<dl	0,19	<dl	0,04	3,52	2,51	2,51	<dl	<dl	0,03	0,03
Retène	75,66	9,48	2,50	6,54	2,31	2,12	30,89	19,55	29,92	25,82	29,75	2,89	<dl	<dl	183,95	29,02	26,84	26,84
Acide Pionique	19,03	22,79	54,55	61,46	47,09	1309,80	37,21	3,96	0,82	0,34	0,47	13,32	12,24	0,93	1,38	0,28	0,48	0,48
Galactosane	69,23	51,43	96,45	63,81	66,25	218,68	2,38	17,42	1,00	0,65	0,39	14,55	1,06	1,06	1,68	0,23	0,44	0,44
Mannosane	417,74	462,45	785,11	666,74	311,57	1474,99	38,43	207,54	16,14	4,18	3,70	303,95	304,13	410,40	21,67	1,85	5,78	5,78
Cholestérol	3,91	1,19	2,09	0,54	2,32	0,77	0,78	3,75	0,96	0,18	0,07	5,64	0,85	0,85	<dl	<dl	0,06	0,06
Linoléic acid (9,12-Octadénoic acid)	<dl	198,27	117,78	68,03	372,65	6,81	63,31	87,06	49,91	9,71	15,44	31,46	42,15	51,11	14,81	7,99	5,86	5,86

Composés analysés	Site Contes (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )												Site Trafic (valeurs en ng.m <sup>-3</sup> )											
	19/12 Nuit	20/21/12 Jour	20/21/12 Nuit	28/30/12 Jour	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	24/05 Jour	24/05 Nuit	23-24 J.-29 N/09	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	01/07 Nuit		
Trisnouthopane (C27)	0.19	0.20	0.44	0.10	<dl	0.15	<dl	<dl	0.12	0.05	0.08	0.02	0.06	0.12	0.08	0.19	<dl	<dl	0.09	0.15	<dl	0.15		
17cd(H)-Trisnouthopane (C27)	0.05	0.32	0.41	0.07	0.04	0.21	<dl	0.18	0.04	0.12	0.12	0.05	0.30	0.08	0.08	0.21	<dl	<dl	0.06	0.12	<dl	0.12		
17cd(H)-21g(H)-Nonthopane (C29)	0.38	0.72	0.82	0.83	0.21	0.48	0.21	0.44	0.19	0.07	0.33	0.33	1.34	0.26	0.26	0.72	0.18	0.72	0.36	0.89	0.36	1.01		
17cd(H)-21g(H)-22S-Homothopane (C30)	0.21	1.33	0.52	0.57	0.05	0.41	0.12	0.19	1.41	0.39	0.36	1.01	0.77	0.33	0.14	0.67	0.18	0.18	0.45	0.08	0.51	0.51		
17cd(H)-21g(H)-22S-Homothopane (C31)	0.14	0.12	0.31	0.05	0.07	0.17	<dl	0.12	<dl	0.26	0.10	<dl	0.15	<dl	0.09	0.42	0.37	<dl	0.05	0.15	<dl	0.16		
17cd(H)-21g(H)-22R-Homothopane (C31)	0.12	0.67	0.31	0.08	<dl	0.19	<dl	<dl	<dl	<dl	0.09	0.16	0.42	0.30	0.16	0.42	0.37	<dl	0.05	0.15	<dl	0.16		
17cd(H)-21g(H)-22S-Bisnouthopane (C32)	0.20	0.20	0.16	0.08	0.07	0.20	0.54	<dl	0.12	0.15	0.07	0.04	0.21	0.04	0.04	0.21	0.37	<dl	0.32	<dl	<dl	0.43		
17cd(H)-21g(H)-22R-Bisnouthopane (C32)	0.22	0.08	0.28	0.12	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0.05	<dl	0.15	<dl	0.05	0.15	<dl	<dl	0.11	<dl	<dl	0.45		
17cd(H)-21g(H)-22R-Trisnouthopane (C33)	0.32	0.58	0.85	0.73	<dl	0.92	0.46	0.04	<dl	<dl	0.59	0.13	0.33	0.20	0.13	0.60	0.50	0.37	0.53	<dl	<dl	0.93		
n-Octadecane (C18)	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl		
n-Nonadecane (C19)	1.61	2.10	2.06	0.59	<dl	<dl	<dl	<dl	0.26	0.26	0.57	1.09	1.44	2.96	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl		
n-Eicosane (C20)	0.87	1.12	0.85	1.70	<dl	0.82	0.61	0.30	1.00	5.37	<dl	0.48	1.24	2.14	0.52	0.59	0.32	<dl	0.57	<dl	<dl	0.20		
n-Heneicosane (C21)	1.50	2.91	2.27	3.24	0.45	3.07	0.73	0.48	1.53	2.87	<dl	0.82	2.13	3.00	0.94	1.80	0.57	0.38	0.43	0.56	0.95	0.95		
n-Docosane (C22)	3.53	4.97	5.27	6.19	0.84	3.37	0.83	0.63	1.39	6.01	5.46	1.40	4.32	4.94	4.10	2.95	0.60	0.87	0.69	0.37	0.73	0.73		
n-Tricosane (C23)	5.22	9.08	7.05	7.59	2.00	8.47	2.78	2.13	5.26	12.00	4.79	2.44	9.87	5.11	2.33	6.73	1.42	1.73	1.16	2.02	0.95	2.03		
n-Tetracosane (C24)	5.12	13.17	7.03	5.42	1.34	3.63	1.78	2.17	2.23	0.46	5.32	2.95	8.34	5.14	1.40	4.63	1.42	1.46	1.46	2.66	0.66	2.14		
n-Pentacosane (C25)	5.08	17.07	9.94	9.22	2.07	5.19	3.29	3.30	3.42	0.40	6.83	2.74	13.95	4.98	1.70	6.52	2.38	1.98	1.98	5.10	0.85	4.40		
n-Hexacosane (C26)	3.49	14.79	7.46	4.43	1.43	3.24	2.88	2.48	1.33	0.40	6.26	2.69	12.22	5.24	1.24	4.61	1.63	1.33	3.12	3.12	0.41	2.14		
n-Heptacosane (C27)	5.89	26.69	1.73	8.20	1.88	6.90	5.47	3.32	3.40	18.69	5.66	4.18	16.85	6.97	5.28	1.79	12.68	4.65	2.42	6.47	0.92	3.81		
n-Octacosane (C28)	4.60	20.26	12.91	3.05	1.23	4.05	4.18	1.78	1.39	12.18	4.44	2.68	12.78	4.82	2.52	9.23	3.12	1.47	3.50	0.59	0.59	2.96		
n-Nonacosane (C29)	14.68	70.59	47.47	6.31	2.18	15.83	15.59	3.96	9.16	73.16	5.38	6.61	36.90	9.31	6.26	2.17	52.27	17.39	4.68	16.33	1.51	4.51		
n-Triacosane (C30)	5.16	20.97	15.51	1.36	0.35	2.41	1.05	0.63	1.95	10.37	1.49	1.61	10.61	3.67	1.70	10.07	25.41	0.83	3.03	0.22	0.22	1.21		
n-Dotriacontane (C31)	16.51	60.97	55.58	3.35	0.92	10.81	10.75	3.01	11.53	83.92	4.16	4.16	30.23	7.28	5.14	1.02	57.53	15.77	5.02	14.60	1.21	2.06		
n-Triacontane (C32)	3.56	16.81	14.69	0.66	0.23	1.38	1.03	<dl	0.97	1.03	1.03	0.79	10.24	2.04	1.25	<dl	5.74	1.67	0.60	0.60	<dl	1.69		
n-Tetracontane (C33)	7.79	32.40	43.51	1.06	<dl	<dl	<dl	<dl	0.59	1.95	0.61	2.26	12.56	3.92	2.89	<dl	15.4	0.60	0.42	<dl	<dl	<dl		
n-Tetracontane (C34)	<dl	<dl	0.58	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	1.00	3.41	0.49	6.70	6.70	1.00	1.02	<dl	1.57	<dl	0.42	<dl	<dl	<dl		
n-Pentatriacontane (C35)	1.79	10.08	16.69	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0.99	0.19	0.69	3.37	1.00	1.02	<dl	<dl	<dl	0.42	<dl	<dl	<dl		
n-Hexatriacontane (C36)	<dl	5.41	8.06	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	0.01	0.01	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl		
Phenanthrene	0.29	0.56	0.38	0.24	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.10	0.08	0.19	0.45	1.14	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.08	0.08	0.10	
Anthracene	0.31	0.39	0.45	0.23	0.07	0.09	0.08	0.04	0.09	0.15	0.05	0.06	0.22	0.10	<dl	0.08	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	
Fluoranthene	1.19	2.85	1.65	1.06	0.05	0.12	0.07	0.07	0.12	0.09	0.09	0.34	0.79	0.13	0.08	0.04	0.11	0.07	0.06	0.05	0.05	0.10		
Acenaphthene	0.32	0.77	0.33	0.24	0.01	0.02	0.01	<dl	0.02	0.01	0.03	0.08	0.34	0.41	0.19	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03		
Pyrene	1.18	2.67	1.48	1.26	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.14	0.10	0.38	1.00	0.70	0.10	0.08	0.08	0.08	0.06	0.05	0.05	0.13		
Benz[a]anthracene	4.09	4.73	10.57	3.37	0.04	0.09	0.04	0.04	0.04	0.16	0.05	0.62	1.40	1.53	0.07	0.13	0.05	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02		
Chrysene/Triphenylene	4.06	4.98	10.88	3.91	0.10	0.21	0.11	0.10	0.13	0.40	0.09	0.66	1.91	1.77	0.15	0.28	0.12	0.15	0.28	0.12	0.09	0.09		
benzo[k]fluoranthene + benzo[k]fluoranthene	5.15	7.43	10.87	5.35	0.13	0.17	0.11	0.16	0.13	0.29	0.12	1.02	2.27	3.35	3.00	1.11	0.28	0.15	0.11	0.11	0.11	0.14		
benzo[e]fluoranthene	1.38	1.41	1.83	0.73	0.02	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.19	0.46	0.74	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	<dl	0.08		
Benz[a-e]pyrene	0.22	3.05	4.68	2.28	0.08	0.13	0.09	0.11	0.11	0.21	0.07	0.55	1.27	0.66	1.34	0.08	0.15	0.08	0.04	0.04	0.02	0.02		
benzo-a-pyrene	5.60	7.09	9.72	5.74	0.24	0.28	0.23	0.19	0.20	0.42	0.37	0.91	2.37	2.92	3.22	0.20	0.38	0.20	0.28	0.15	<dl	0.13		
Indeno[1,2,3-cd]fluoranthene	1.54	1.60	1.94	0.73	0.04	0.09	0.06	0.06	0.03	0.13	0.02	0.54	1.41	1.73	1.67	<dl	0.06	0.07	0.04	0.04	<dl	0.13		
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	2.76	3.93	4.61	2.22	0.04	0.09	0.06	0.06	<dl	0.02	0.00	0.54	1.41	1.73	1.67	<dl	0.06	0.07	0.04	0.04	<dl	0.13		
dibenz[ah]anthracene	0.15	0.45	3.61	1.63	<dl	<dl	<dl	0.05	<dl	<dl	0.01	0.24	0.98	0.82	0.83	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl		
Benz[a-g]h-pyrene	2.58	2.55	3.61	1.25	0.03	0.07	<dl	0.03	0.04	<dl	0.06	0.50	1.08	1.29	1.05	0.04	0.04	<dl	<dl	<dl	<dl	<dl		
Retene	6.15	11.03	12.48	8.23	3.21	1.28	0.51	<dl	0.87	15.07	0.01	1.51	2.65	5.12	2.78	1.66	0.52	1.19	1.96	2.20	0.41	0.16		
Acide Pinonique	<dl	<dl	<dl	1.88	2.20	1.99	0.32	6.75	28.69	0.32	10.35	4.25	4.08	7.63	1.86	0.23	0.23	0.52	1.19	2.20	8.64	28.45		
Galactosane	0.80	39.39	172.66	43.70	0.89	0.62	0.07	7.80	8.05	0.07	1.80	9.19	29.62	34.18	128.10	0.18	0.21	0.62	0.89	0.89	0.41	1.01		
Mélanosane	0.74	4.26	404.15	64.38	1.33	1.09	0.19	4.80	8.05	0.19	1.92	15.54	44.79	70.84	211.31	0.54	0.67	1.08	1.33	0.74	1.18	1.18		
Levodulcosane	539.28	1000.98	817.74	468.64	25.16	53.23	30.11	105.95	101.00	30.11	26.76	193.62	416.22	880.25	28.79	28.79	50.84	53.23	25.16	10.97	18.73	18.73		
Cholestérol	1.32	1.69	2.41	2.09	0.10	0.15	0.24	0.24	0.29	0.24	0.15	0.14	1.45	0.62	0.77	0.31	0.31	0.17	0.15	0.10	0.72	1.69		
Linoléic acid (9,12-Octadecenoic acid)	229.74	264.78	372.14	63.39	13.77	2.02																		

# ANNEXE 6 : RESULTATS DE LA CMB SUR LES FILTRES ANALYSES

Figure 81 : Contributions des sources en particules vallée de Contes

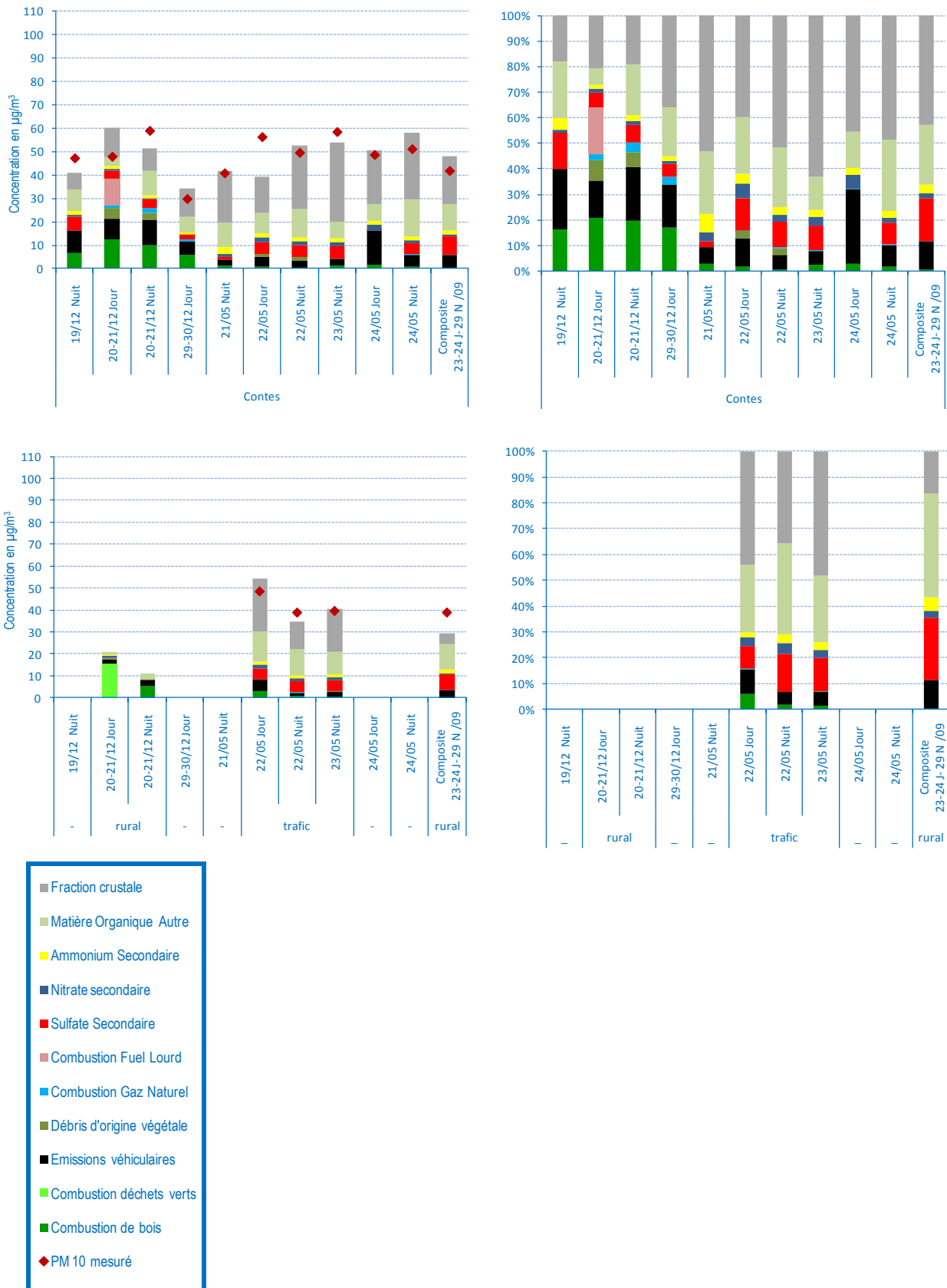


Tableau 14 : Concentrations des sources en particules vallée de Contes

Contes											
Concentration en µg/m <sup>3</sup>	19/12 Nuit	20-21/12 Jour	20-21/12 Nuit	29-30/12 Jour	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	24/05 Jour	24/05 Nuit	Composite 23-24 J- 29 N /09
Combustion de bois	6.7	12.4	10.2	5.9	1.1	0.6	0.4	1.4	1.5	1.0	0.3
Combustion déchets verts	0.0	0.0	0.0	0.0							
Emissions véhiculaires	9.7	8.9	10.8	5.7	2.7	4.4	3.0	2.9	14.6	5.0	5.3
Débris d'origine végétale	0.0	4.7	3.1	0.0	0.0	1.2	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0
Combustion Gaz Naturel	0.0	1.3	1.9	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
Combustion Fuel Lour	0.0	11.1	0.0	0.0							
Sulfate Secondaire	5.8	3.5	3.6	1.8	1.0	4.9	5.3	5.2	0.0	4.9	8.0
Nitrate secondaire	0.6	0.8	0.8	0.4	1.5	2.2	1.4	1.8	2.7	1.1	0.9
Ammonium Secondaire	1.8	1.0	1.2	0.7	3.0	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.7
Matière Organique Autre	9.1	3.8	10.2	6.6	10.3	8.7	12.3	7.0	7.0	16.1	11.2
Fraction crustale	7.4	12.4	9.8	12.3	22.3	15.7	27.4	34.0	23.1	28.1	20.5
PM 10 mesuré	47.3	48.0	59.1	29.9	40.9	56.4	49.7	58.6	48.8	51.3	41.9
	-										
		rural				trafic					rural
Concentration en µg/m <sup>3</sup>	19/12 Nuit	20-21/12 Jour	20-21/12 Nuit	29-30/12 Jour	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	24/05 Jour	24/05 Nuit	Composite 23-24 J- 29 N /09
Combustion de bois		0.0	5.1			3.2	0.6	0.5			0.1
Combustion déchets verts		15.5	0.0								
Emissions véhiculaires		1.8	2.9			5.1	1.7	2.1			3.2
Débris d'origine végétale		0.7	0.0			0.1	0.0	0.3			0.0
Combustion Gaz Naturel		0.1	0.2			0.1	0.0	0.0			0.0
Combustion Fuel Lour		0.3	0.0								
Sulfate Secondaire		0.0	0.0			4.8	5.1	5.1			7.1
Nitrate secondaire		0.7	0.2			1.8	1.4	1.3			0.7
Ammonium Secondaire		0.5	0.2			1.1	1.3	1.2			1.6
Matière Organique Autre		1.2	2.7			14.1	12.1	10.4			11.7
Fraction crustale						23.8	12.4	19.4			4.8
PM 10 mesuré						48.3	38.7	39.4			38.7

Tableau 15 : Contributions des sources en particules vallée de Contes

Contes											
Contribution en %	19/12 Nuit	20-21/12 Jour	20-21/12 Nuit	29-30/12 Jour	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	24/05 Jour	24/05 Nuit	Composite 23-24 J- 29 N /09
Combustion de bois	16,3%	20,7%	19,7%	17,2%	2,6%	1,6%	0,7%	2,4%	2,8%	1,6%	0,7%
Combustion déchets verts	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%							
Emissions véhiculaires	23,6%	14,8%	20,9%	16,7%	6,3%	11,1%	5,5%	5,1%	27,9%	8,3%	10,6%
Débris d'origine végétale	0,0%	7,9%	6,0%	0,0%	0,0%	3,1%	2,6%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Combustion Gaz Naturel	0,0%	2,1%	3,7%	3,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%
Combustion Fuel Lour	0,0%	18,5%	0,0%	0,0%							
Sulfate Secondaire	14,2%	5,8%	7,0%	5,3%	2,3%	12,5%	9,6%	9,2%	0,0%	8,2%	16,1%
Nitrate secondaire	1,4%	1,4%	1,5%	1,1%	3,4%	5,6%	2,6%	3,3%	5,2%	1,9%	1,8%
Ammonium Secondaire	4,3%	1,7%	2,3%	2,0%	6,8%	4,1%	2,9%	2,8%	2,8%	2,7%	3,5%
Matière Organique Autre	22,3%	6,4%	19,9%	19,1%	23,6%	22,0%	22,3%	12,4%	13,4%	26,7%	22,5%
Fraction crustale	18,0%	20,7%	19,1%	35,8%	55,0%	39,8%	53,7%	64,7%	47,5%	50,5%	44,6%
		rural				trafic					rural
Contribution en %	19/12 Nuit	20-21/12 Jour	20-21/12 Nuit	29-30/12 Jour	21/05 Nuit	22/05 Jour	22/05 Nuit	23/05 Nuit	24/05 Jour	24/05 Nuit	Composite 23-24 J- 29 N /09
Combustion de bois						5,8%	1,7%	1,3%			0,2%
Combustion déchets verts											
Emissions véhiculaires						9,2%	4,8%	5,2%			10,8%
Débris d'origine végétale						0,1%	0,0%	0,7%			0,0%
Combustion Gaz Naturel						0,1%	0,1%	0,0%			0,1%
Combustion Fuel Lour											
Sulfate Secondaire						8,6%	14,2%	12,6%			24,1%
Nitrate secondaire						3,3%	3,9%	3,2%			2,5%
Ammonium Secondaire						1,9%	3,6%	3,1%			5,3%
Matière Organique Autre						25,2%	34,0%	25,7%			39,4%
Fraction crustale						45,8%	37,6%	48,1%			17,6%

Figure 82 : Contributions des sources en particules vallée de Peillon

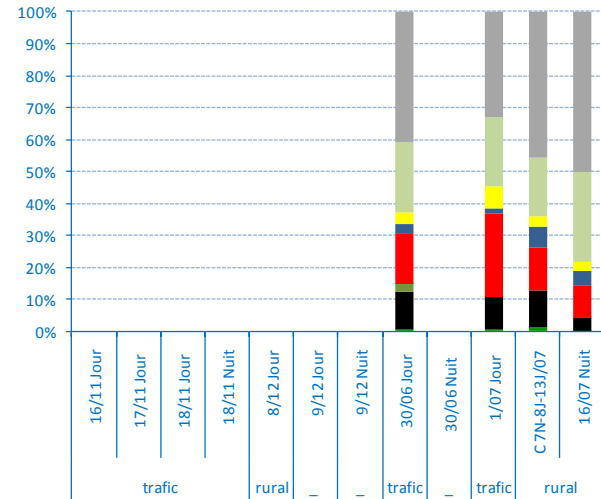
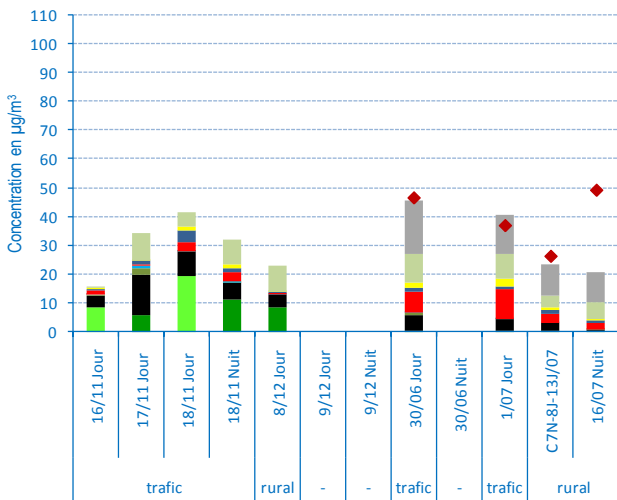
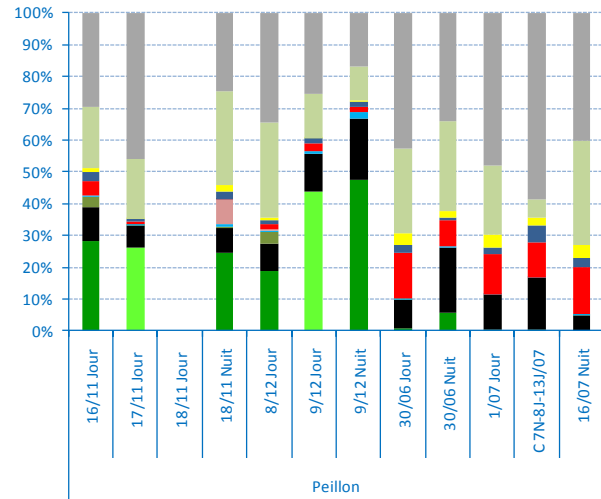
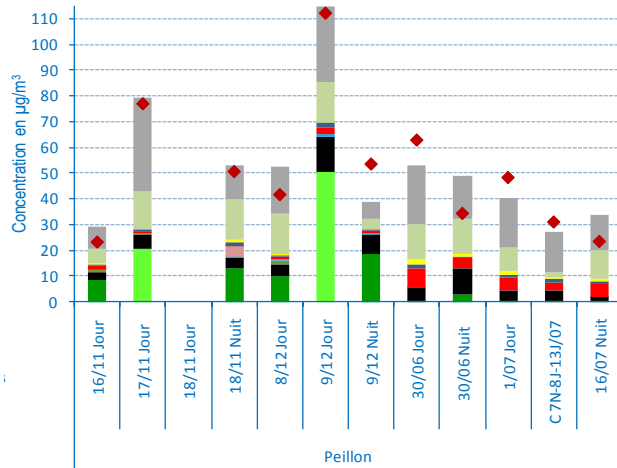




Tableau 16 : Concentrations des sources en particules vallée de Peillon

Peillon												
Concentration en µg/m <sup>3</sup>	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	8/12 Jour	9/12 Jour	9/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	1/07 Jour	C 7N-8J-13J/07	16/07 Nuit
Combustion de bois	8.2	0.0		12.9	9.9	0.0	18.5	0.5	2.8	0.2	0.1	0.1
Combustion déchets verts	0.0	20.7		0.0	0.0	50.3	0.0					
Emissions véhiculaires	3.1	5.5		4.2	4.4	13.8	7.5	4.7	10.0	4.4	4.5	1.7
Débris d'origine végétale	1.0	0.2		0.2	1.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Combustion Gaz Naturel	0.1	0.1		0.4	0.4	1.0	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Combustion Fuel Lourd	0.0	0.0		4.1	0.0	0.0	0.0					
Sulfate Secondaire	1.3	0.8		0.0	1.0	2.6	0.7	7.6	4.0	5.0	3.0	5.0
Nitrate secondaire	0.7	0.6		1.2	0.6	1.9	0.6	1.3	0.4	0.8	1.4	1.1
Ammonium Secondaire	0.4	0.1		1.1	0.3	0.2	0.2	2.1	1.1	1.7	0.6	1.3
Matière Organique Autre	5.6	14.8		15.6	15.8	15.8	4.1	14.1	13.8	8.8	1.6	11.1
Fraction crustale	8.6	36.5		13.0	18.0	29.2	6.5	22.7	16.7	19.2	15.8	13.6
PM 10 mesuré	23.1	77.0		50.6	41.6	112.3	53.5	62.8	34.3	48.3	30.9	23.3
	trafic				rural	-	-	trafic	-	trafic	rural	
Concentration en µg/m <sup>3</sup>	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	8/12 Jour	9/12 Jour	9/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	1/07 Jour	C 7N-8J-13J/07	16/07 Nuit
Combustion de bois	0.0	5.8	0.0	11.1	8.3			0.3		0.2	0.3	0.0
Combustion déchets verts	8.6	0.0	19.2	0.0	0.0							
Emissions véhiculaires	4.1	14.1	8.6	5.7	4.3			5.2		4.1	2.7	0.8
Débris d'origine végétale	0.1	2.3	0.0	0.1	0.0			1.2		0.1	0.0	0.0
Combustion Gaz Naturel	0.2	0.5	0.0	0.5	0.2			0.0		0.0	0.0	0.0
Combustion Fuel Lourd	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0							
Sulfate Secondaire	1.2	0.8	3.4	3.2	0.3			7.2		10.5	3.1	2.1
Nitrate secondaire	0.6	1.2	3.9	1.2	0.6			1.2		0.6	1.4	0.9
Ammonium Secondaire	0.4	0.2	1.4	1.4	0.2			1.7		2.8	0.8	0.6
Matière Organique Autre	0.3	9.6	4.9	8.8	9.0			10.0		8.8	4.2	5.8
Fraction crustale								18.5		13.4	10.6	10.4
PM 10 mesuré								46.5		36.8	26.1	49.2

Tableau 17 : Contributions des sources en particules vallée de Peillon

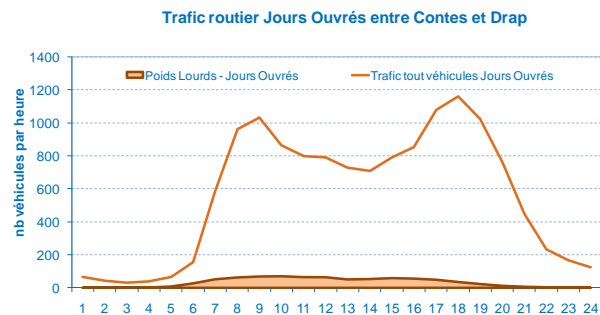
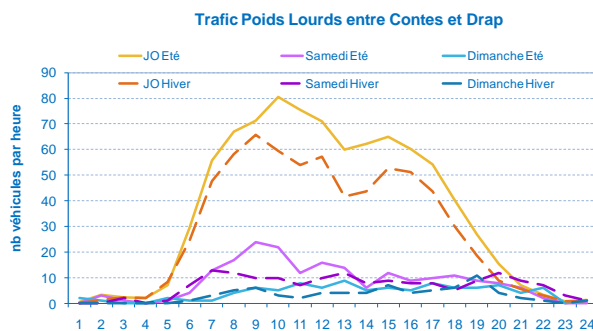
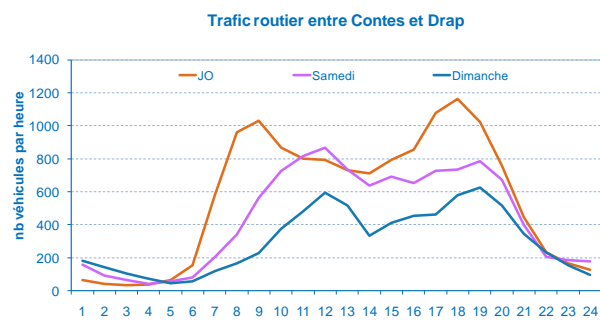
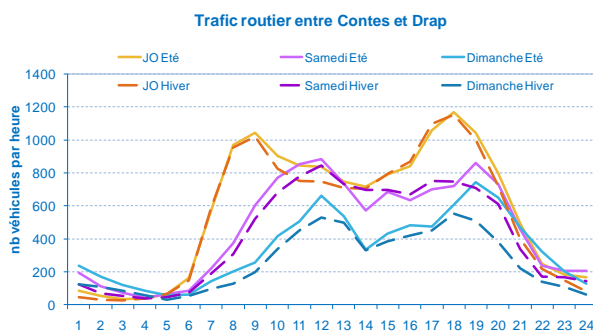
Peillon												
Contribution en %	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	8/12 Jour	9/12 Jour	9/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	1/07 Jour	C 7N-8J-13J/07	16/07 Nuit
Combustion de bois	28.2%	0.0%		24.4%	19.0%	0.0%	45.1%	0.9%	5.6%	0.5%	0.3%	0.2%
Combustion déchets verts	0.0%	26.1%		0.0%	0.0%	43.8%	0.0%					
Emissions véhiculaires	10.7%	7.0%		8.0%	8.4%	12.0%	18.3%	8.9%	19.9%	10.5%	15.7%	4.9%
Débris d'origine végétale	3.4%	0.2%		0.4%	3.6%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Combustion Gaz Naturel	0.5%	0.1%		0.7%	0.7%	0.9%	2.0%	0.1%	0.4%	0.0%	0.1%	0.1%
Combustion Fuel Lourd	0.0%	0.0%		7.8%	0.0%	0.0%	0.0%					
Sulfate Secondaire	4.5%	1.0%		0.0%	2.0%	2.2%	1.8%	14.4%	8.0%	12.1%	10.6%	14.7%
Nitrate secondaire	2.6%	0.8%		2.4%	1.2%	1.7%	1.4%	2.5%	0.7%	2.0%	5.0%	3.2%
Ammonium Secondaire	1.5%	0.2%		2.1%	0.5%	0.2%	0.5%	3.9%	2.2%	4.0%	2.3%	3.8%
Matière Organique Autre	19.3%	18.6%		29.6%	30.1%	13.7%	14.8%	26.5%	27.4%	21.0%	5.6%	32.9%
Fraction crustale	29.4%	46.0%		24.6%	34.4%	25.5%	16.0%	42.7%	35.8%	49.9%	60.4%	40.3%
	trafic				rural	-	-	trafic	-	trafic	rural	
Contribution en %	16/11 Jour	17/11 Jour	18/11 Jour	18/11 Nuit	8/12 Jour	9/12 Jour	9/12 Nuit	30/06 Jour	30/06 Nuit	1/07 Jour	C 7N-8J-13J/07	16/07 Nuit
Combustion de bois								0.7%		0.6%	1.2%	0.1%
Combustion déchets verts												
Emissions véhiculaires								11.5%		9.8%	11.1%	3.9%
Débris d'origine végétale								2.6%		0.1%	0.0%	0.1%
Combustion Gaz Naturel								0.1%		0.1%	0.0%	0.0%
Combustion Fuel Lourd												
Sulfate Secondaire								15.8%		25.3%	13.1%	9.8%
Nitrate secondaire								2.7%		1.5%	6.0%	4.2%
Ammonium Secondaire								3.7%		6.8%	3.2%	2.8%
Matière Organique Autre								22.1%		21.1%	17.6%	27.0%
Fraction crustale								40.9%		34.7%	47.7%	52.0%

# ANNEXE 7 : ETUDE DU TRAFIC ROUTIER DANS LES VALLEES DES PAILLONS.

## ETUDE DU TRAFIC ROUTIER SUR LA RD 15 A CONTES

Afin d'avoir un ordre de grandeur du trafic routier sur l'axe principal de Contes, des comptages routiers ont été effectués sur la RD 15, qui dessert notamment les communes de Contes, Châteauneuf, Bendejun et Coaraze, totalisant environ 9 000 habitants. Ce comptage est présenté tous sens confondus avec distinction des poids lourds (PL) et des véhicules légers (VL).

L'enregistrement, réalisé en aval de la cimenterie près de la station Atmo PACA, a duré deux semaines, du mardi 25 novembre 2008 minuit au mardi 2 décembre minuit et du samedi 27 juin au vendredi 3 juillet.



Trafic Moyen Hiver dans les deux sens entre Drap et Contes du 25/11/08 au 01/12/08		
	Débit Moyen Journalier Hiver	Trafic journalier en PL (%)
Jours Ouvrés	13 509	773 (5,7 %)
Samedi	10 604	182 (1,7 %)
Dimanche	7 287	86 (1,2 %)
Trafic Moyen Journalier	12 205	590 (4,8%)

Figure 83 : Comptage routier RD 15 à Contes

Sur la RD 15 à Contes, les mesures de trafic sur les semaines hivers et été sont bien corrélées. Le profil moyen des jours ouvrés est caractéristique des déplacements domicile-travail, avec deux pics de trafic entre 7h et 8h et entre 17h et 18h. La part des poids lourds est de 5,7 % du trafic (773 PL par jour ouvré). Le trafic PL est principalement induit par les deux zones d'activités proches (ZAE quartier de la Roseyre et quartier du Gheït) et par les camions de livraison reliant la cimenterie.

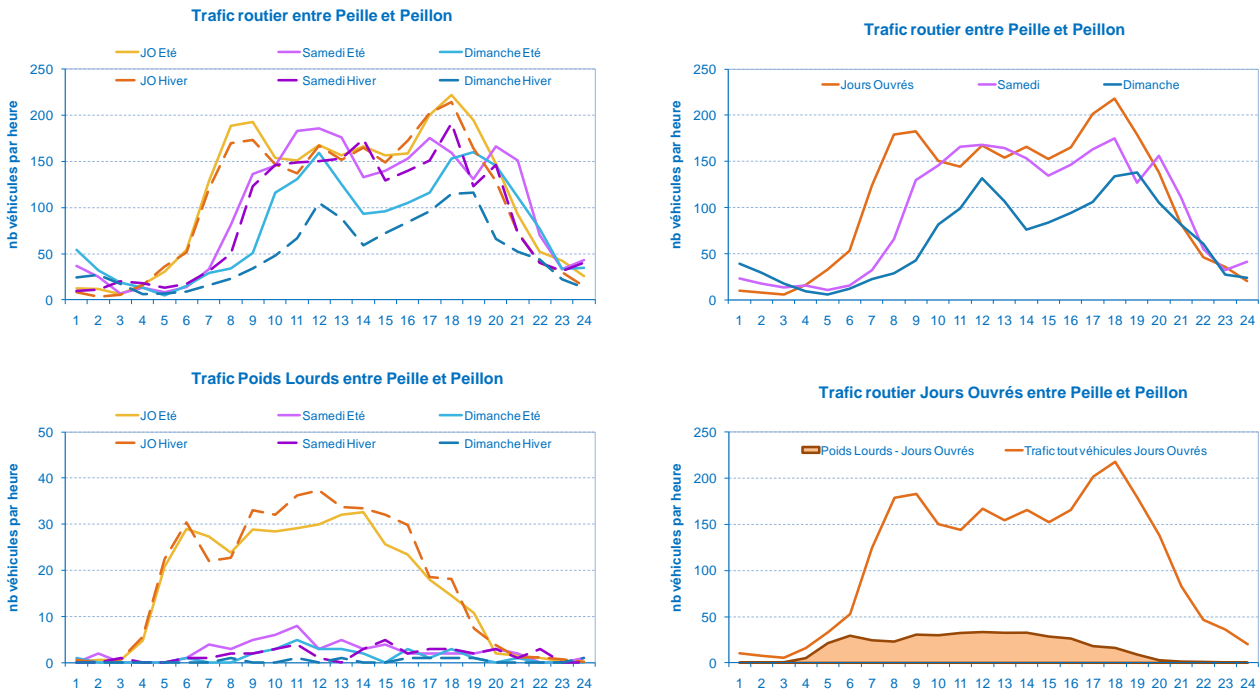
Les profils routiers du samedi et du dimanche sont beaucoup plus lissés. Les pics sont enregistrés entre 10h et 13h puis entre 18h et 20h, mais avec des trafics moyens sensiblement plus faibles qu'en semaine. La part de poids lourds le week-end est également beaucoup plus faible avec 1,7 % (182) le samedi et 1,2 % (86) le dimanche.

Ces chiffres de trafic (TMJ~12 205 véh/jour) correspondent au trafic moyen mesuré sur les routes nationales dans le 06 (RN (2002) ~ 11 700 véh/jour). La part de poids lourds de 4.8% est légèrement plus élevée que la moyenne départementale (PL RN (200) ~ 3,9%).

**ETUDE DU TRAFIC ROUTIER SUR LA RD 21 A PEILLON**

Afin d'avoir un ordre de grandeur du trafic routier sur l'axe principale de la commune de Peillon, des comptages routiers ont été effectués sur la RD 21, qui dessert les communes de Peillon, Blausasc et Peille, totalisant 4 500 habitants. Ce comptage est présenté tous sens confondus avec une distinction des poids lourds (PL) et des véhicules légers (VL).

L'enregistrement, réalisé en aval de la cimenterie, a duré deux semaines, du mardi 25 novembre 2008 minuit au mardi 2 décembre minuit et du samedi 27 juin au vendredi 3 juillet.



Trafic Moyen Journalier dans les deux sens entre Peille et Peillon		
	Débit Moyen Journalier	Trafic journalier en PL (%)
Jours Ouvrés	2634	405 (15,4 %)
Samedi	2263	49 (2,2 %)
Dimanche	1559	19 (1,2 %)
Trafic Moyen Journalier	2427	299 (12,3%)

Figure 84 : Comptage routier RD 21 à Peillon

Sur la RD 21 à Peillon, le profil moyen des jours ouvrés est caractéristique des déplacements domicile-travail, avec deux pics de trafic entre 7h et 8h et entre 17h et 18h. La part des poids lourds représente 15.4% (424 PL/JO) du trafic, il est principalement induit par les poids lourds se rendant à l'usine Vicat ou à la carrière.

Les profils routiers horaires du samedi et du dimanche sont beaucoup plus lissés, avec un trafic un peu plus important l'été. Les pics de trafic sont enregistrés entre 10h et 13h puis entre 18h et 20h, mais avec des trafics moyens plus faibles qu'en semaine. La part de poids lourds le week-end est également beaucoup plus faible avec 2.2% (49) le samedi et 1,2% (19) le dimanche.

Le trafic moyen sur la RD 21 est faible en comparaison de celui de la RD 15. Toutefois, la part de poids lourds de 16,7% en jours ouvrés est très élevée, elle constitue une composante principale du trafic sur la RD 21.

## ANNEXE 8 : BILAN 2009 ET TENDANCES DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES DANS LES ALPES- MARITIMES

### EXTRAIT DU BILAN 2009 DES NIVEAUX EN PARTICULES PM10/PM2,5 SUR LES ALPES MARITIMES.

Toutes les stations du département respectent la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> en PM10. En revanche seul le site de Cagnes-sur-mer respecte l'objectif de qualité de 30 µg/m<sup>3</sup>.

La valeur limite journalière (50 µg/m<sup>3</sup>) autorise 35 dépassements. Cette tolérance est dépassée à la station industrielle de Contes qui compte 53 dépassements. Pour les autres sites, affichant de 6 à 24 dépassements, cette valeur réglementaire est respectée. Les particules en suspension sont issues de la combustion (transports, brûlage....) mais leur concentration dans l'air ambiant est aussi liée à des mécanismes physiques comme la remise en suspension (par vent fort ou du fait d'un trafic dense), ou à leur accumulation lors de conditions météorologiques stables.

*Tableau 18 : Synthèse des mesures des particules en suspension en 2009 sur les Alpes-Maritimes*

Station PM10	Type	Moyenne annuelle en µg/m <sup>3</sup>	Percentile 90 des moyennes journalières	Maximum en µg/m <sup>3</sup>		Nb de moyennes journalières > à			
				Journalier	Horair e	50	80	100	125
Antibes Jean Moulin	Périurbain	31	44	79	191	16	0	0	0
Cannes Broussailles	Urbain	31	44	92	310	18	1	0	0
Nice Aéroport*	Observation	31	44	65	168	15	0	0	0
Cagnes-sur-Mer	Urbain	28	39	74	199	6	0	0	0
Contes	Industriel	38	55	88	307	53	1	0	0
Peillon	Industriel	32	46	80	227	24	1	0	0
<b>Valeurs limites</b>		<b>40</b>	<b>50</b>			<b>35</b>			
<b>Objectif de qualité</b>		<b>30</b>							

Station PM2,5	Type	Moyenne annuelle en µg/m <sup>3</sup>	Percentile 90 des moyennes journalières	Maximum journalier en µg/m <sup>3</sup>	Maximum horaire en µg/m <sup>3</sup>	Nb de moyennes journalières > à 50 µg/m <sup>3</sup>	Nb de moyennes journalières > à 80 µg/m <sup>3</sup>	Nb de moyennes journalières > à 100 µg/m <sup>3</sup>	Nb de moyennes journalières > à 125 µg/m <sup>3</sup>
Cannes Broussailles**	Urbain	21	31	58	116	1	0	0	0
Peillon	Industriel	17	29	49	153	0	0	0	0
<b>Valeurs limites européennes</b>	<b>Pour 2009</b>	<b>29</b>							
	<b>Pour 2015</b>	<b>25</b>							
<b>Valeur cible européenne (à partir de 2010)</b>		<b>25</b>							

\* Valeurs indicatives, le taux de fonctionnement (71,9%) ne respectant pas le critère de 75% de données valides

\*\* Mesure démarré le 14/02/2009, représentation annuelle de 74%

La mesure des PM2,5 a débuté à la station de Cannes le 14 février 2009. Avec 21 µg/m<sup>3</sup>, la valeur limite annuelle pour 2009 et à fortiori pour 2015 (25 µg/m<sup>3</sup>) est respectée sur ce site. C'est également le cas à la station de Peillon qui, avec 17 µg/m<sup>3</sup>, enregistre toutefois une hausse par rapport à 2008.

### LES TENDANCES :

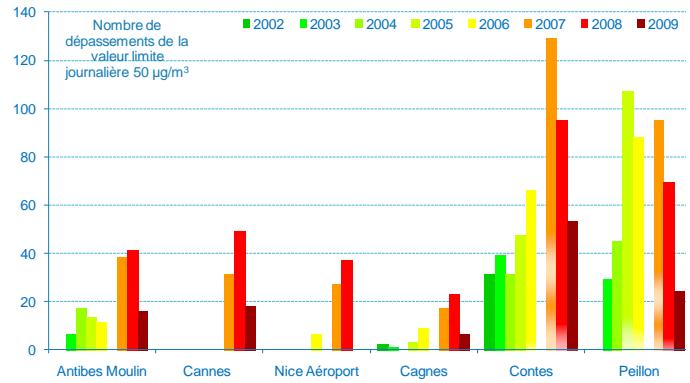
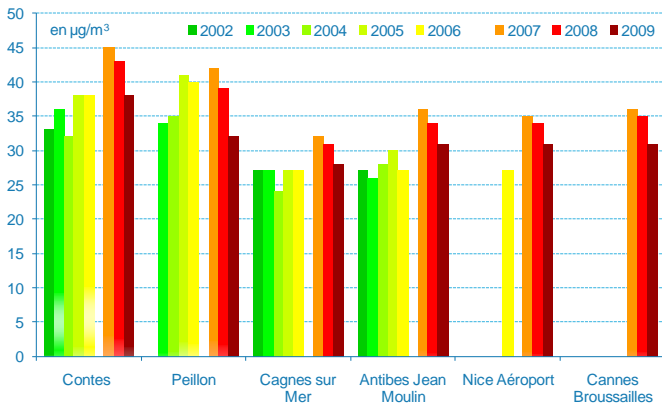
Depuis 2007, la technique de mesure des particules appliquée en France a été modifiée afin de répondre aux nouvelles exigences européennes (intégrant désormais la part volatile des particules). Cet ajustement a entraîné une hausse des niveaux moyens sur l'ensemble du territoire. La valeur de 2007 s'explique également par les conditions météorologiques favorables à l'accumulation des particules sur l'ensemble du territoire.

En revanche, depuis 2007, les niveaux sont en baisse : 2009 confirme cette tendance.

Le nombre de dépassement de la valeur limite journalière 50 µg/m<sup>3</sup> est aussi en diminution sur l'ensemble des stations et notamment en situation industrielle. Le site de Contes néanmoins ne respecte pas cette valeur avec 53 dépassements dans l'année.

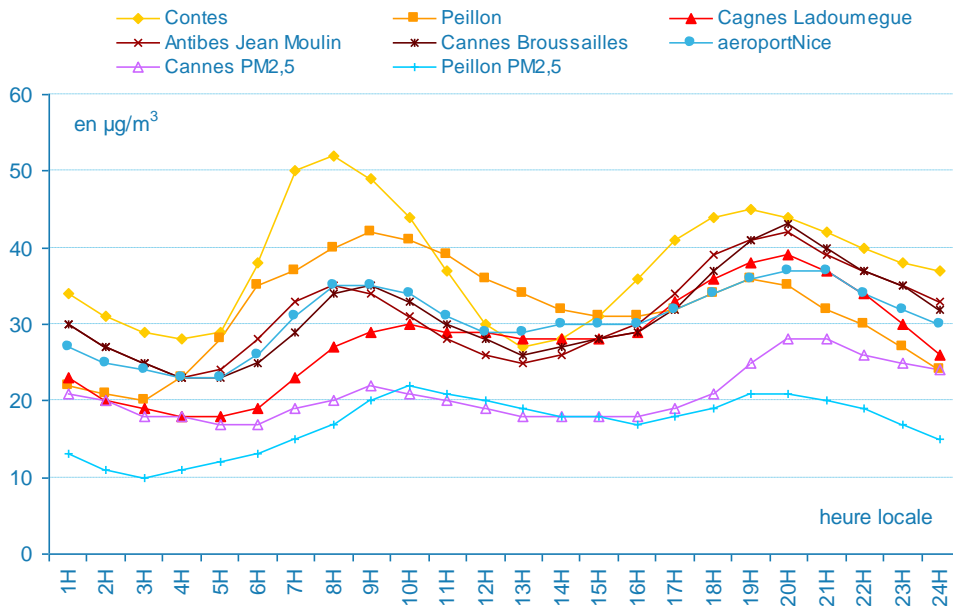
**Evolution des concentrations annuelles des PM10 dans les Alpes-Maritimes depuis 2002**

**Nombre de jours de dépassements de la valeur limite journalière en PM10 dans les Alpes-Maritimes**



Les sources de particules sont multiples mais le transport reste le principal émetteur avec 60 % des émissions de particules totales dues à ce secteur. La similitude du profil moyen journalier des PM avec celui du NO<sub>2</sub> confirme l'impact du trafic, avec notamment l'augmentation des niveaux aux heures de pointe du trafic, le matin et le soir. Ce comportement est observé également pour les PM<sub>2,5</sub>. Les conditions météorologiques jouent aussi un rôle essentiel dans l'évolution de la concentration en particules car elles peuvent favoriser l'accumulation (stabilité atmosphérique, vent faible), la remise en suspension ou la dispersion (vent fort ou pluie). L'association des émissions et des conditions météorologiques tend à l'homogénéité des niveaux au cours de l'année.

**Figure 85 : Profil moyen journalier des taux de PM10 et PM2,5 dans les Alpes-Maritimes en 2009**



**EVOLUTION MENSUELLE DES DEPASSEMENTS JOURNALIER DE LA VALEUR LIMITE EN PARTICULES DANS LES VALLEES DES PAILLONS :**

Depuis le début de la surveillance en particules sur les deux vallées, l'évolution du nombre des dépassements a évolué constamment. Cette évolution peut être associée à un grand nombre de paramètres :

- conditions météorologiques défavorables sur de grande période,
- variation dans les émissions locales,
- processus à grande échelle de phénomène particulaire,

A noter en 2007 la technique de mesure des particules appliquée en France a été modifiée afin de répondre aux nouvelles exigences européennes (intégrant désormais la part volatile des particules). Cet ajustement a entraîné une hausse des niveaux moyens sur l'ensemble du territoire. La valeur de 2007 s'explique également par les conditions météorologiques favorables à l'accumulation des particules, qui ont été observé sur une grande partie du territoire français.

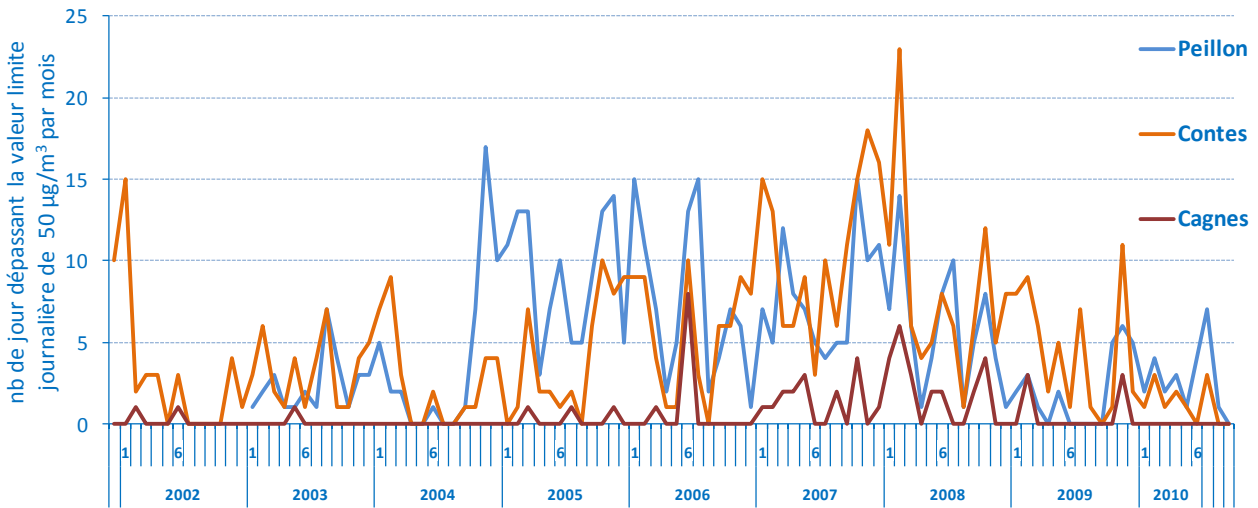


Figure 86 : Répartition mensuelle des dépassements journaliers en particules PM10 à Peillon, Contes et Cagnes-sur-Mer

### ETUDE DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM10 ET PM2,5 SUR LES SITES DE SURVEILLANCE D'ATMO PACA

Depuis 2009, la surveillance des concentrations en particules fines a été mise en place sur les grandes agglomérations de la région PACA et sur le site industriel de Peillon. A terme l'ensemble des sites industriels (Gardanne, Contes) et les sites trafic devraient être équipés pour ce type de mesure. En 2009, les sites urbains de référence de Toulon, Aix, Cannes, Marseille et Avignon sont équipés pour la surveillance des particules PM10 et fines PM2,5.

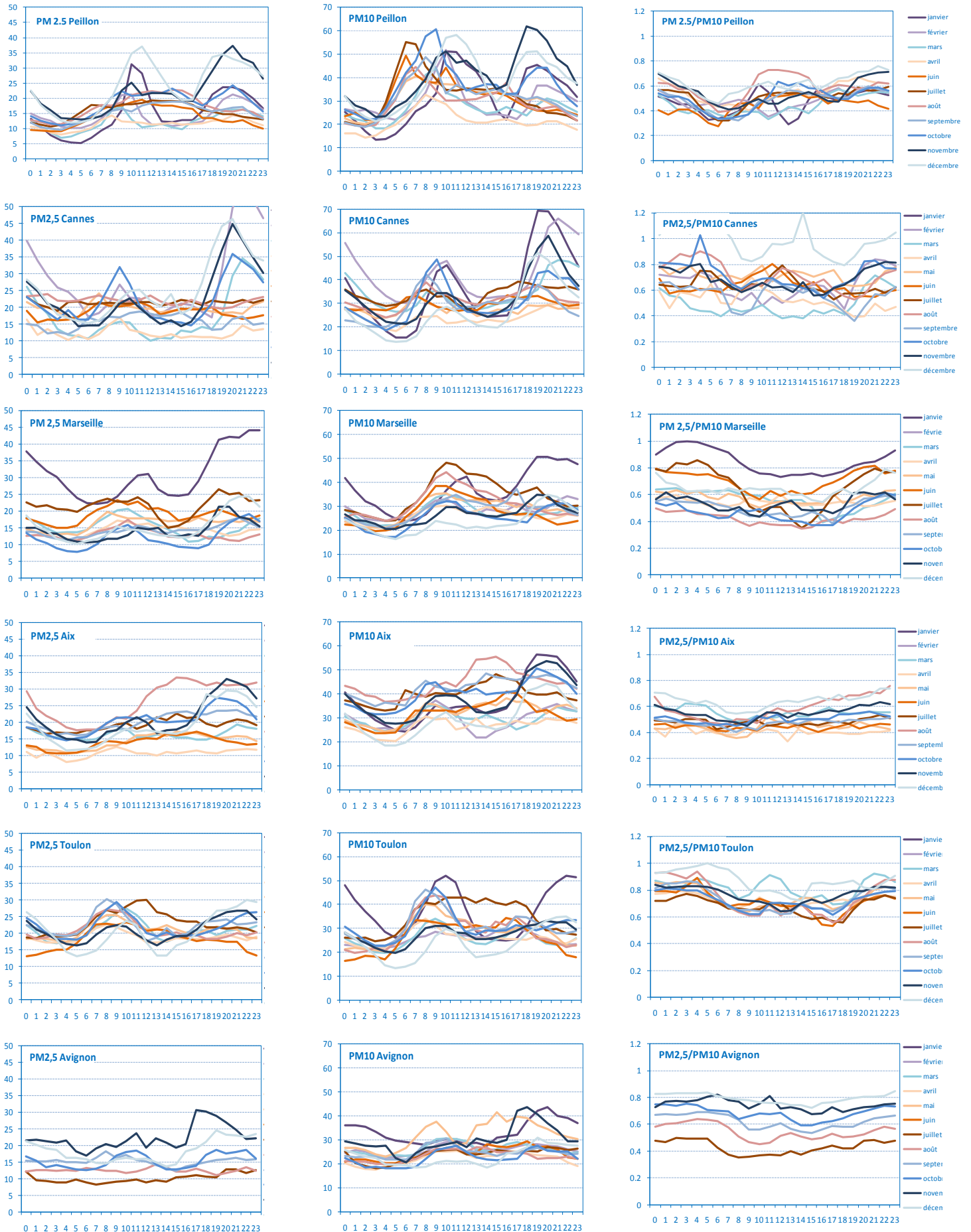
L'étude des profils horaires moyens mensuels pour chacun des sites urbains et de Peillon, donne des indications très intéressantes sur les dynamiques entre particules PM2,5 et PM10 dans les différentes agglomérations :

**Peillon :** L'étude des profils horaires en particules PM10 et PM2,5 montre que les pics de particules PM10 l'été sont induits par de grosse particules (> 2.5µm), tandis que l'hiver les fines particules contribuent nettement au pic (cf. 5.3.2). La concentration de fond est en moyenne de 10 µg/m³ en PM2,5.

**Cannes :** la dynamique est proche de celle mesurée à Peillon, à l'exception des pics en particules PM10 de début de journée durant la période estivale. Les profils hiver en PM10 et PM2,5 sont bien corrélés, avec une contribution supérieure à 60%. La concentration de "fond" l'été est proche de 20 µg/m³, tandis que l'hiver elle est de 15 µg/m³.

Pour les autres agglomérations, présentées en Figure 87 ci dessous, l'étude des profils est en cours de réalisation en fonction des spécificités locales.

Figure 87 : Profils moyens horaires mensuels en particules PM10 et PM2,5 sur les sites d'Atmo PACA



## ANNEXE 9 : ESTIMATION DES SOURCES PAR « CHEMICAL MASS BALANCE »

### Echantillons analysés

L'analyse a porté sur une sélection de 37 échantillons (17 et 20 au cours des campagnes d'hiver et d'été, respectivement) collectés sur 4 sites : Contes (11 échantillons), Peillon (11 échantillons), rural (6 échantillons) et trafic (9 échantillons). L'échantillonnage, assuré par AtmoPACA, a été réalisé à l'aide de préleveurs hauts débits équipés d'une tête PM10 sur une base de 12h. L'aérosol a été collecté sur des filtres en fibre de quartz QMA, préalablement conditionnés à 500°C pendant 3h.

Ces 37 échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique poussée selon les approches analytiques validées dans le cadre du programme FORMES (Fraction Organique de l'aérosol : Méthodologies d'Estimations des Sources). L'ensemble des méthodes analytiques employées sont détaillées dans El Haddad et al (2009, 2010) et Favez et al (2010)<sup>[10]</sup>. Cette caractérisation chimique comprend :

- **OC/EC** pour la quantité totale de carbone organique (OC) et de carbone élémentaire (EC). L'analyse est réalisée par la méthode thermo-optique selon les standards européens préconisés dans EUSAAR.
- Les **ions majeurs** (Sulfate, nitrate, ammonium, acides et diacides légers) par chromatographie ionique.
- Les **métaux** comprenant notamment le plomb, le vanadium et le nickel par ICP-MS. Ces analyses ont été réalisées au LGIT<sup>58</sup> (Université Joseph Fourier).
- l'**analyse moléculaire** de la fraction organique. Les marqueurs organiques ont été analysés par GC/MS trappe d'ions, après extraction et reconcentration. La méthode de quantification est basée sur la méthode de référence préconisée par l'US EPA et par le FP7 ACTRIS. Une première fraction est analysée directement et une seconde fraction est analysée après dérivation de fonctions hydroxyle et carboxylique par le BSTFA (90% BSTFA, 10% TMCS). Quatre standards internes sont déposés sur les filtres avant extraction (Lévoglucosan C13, Cholestérol D6, Tétracosane D50 et DBA D14). La quantification est alors effectuée par étalonnage interne à partir de solutions de référence contenant les composés d'intérêt.

### Principe de l'approche CMB

La détermination quantitative des sources en site récepteur par CMB (« Chemical Mass Balance ») repose sur une approche statistique résolvant de manière itérative des équations de bilan de matière (1). L'application à la matière organique particulaire a été proposée par Schauer et al. (1996)<sup>[10]</sup>. Depuis, elle est utilisée fréquemment de part le monde et constitue une méthode de référence pour l'US EPA. Bien qu'elle nécessite des techniques analytiques avancées, cette méthodologie est conceptuellement relativement aisée à mettre en œuvre puisqu'elle ne requiert en entrée ni cadastre d'émissions, ni données météorologiques. L'approche consiste à décrire la concentration des constituants d'un échantillon ambiant donné comme une combinaison linéaire des compositions chimiques relatives des sources. La concentration d'un constituant  $i$  mesuré sur le site  $k$ ,  $C_{ik}$ , s'écrivant alors :

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^n f_{ijk} a_{ij} s_{jk} \quad (1) \text{ (Schauer et al., 1996) }^{[10]}$$

Où

- $s_{jk}$  est la concentration observée sur le site  $k$  et originaire de la source  $j$  ( $s_{jk}/OC$  représente alors la contribution relative de la source  $j$  à l'OC mesurée sur le site  $k$ ),
- $a_{ij}$  est la concentration relative du composé  $i$  dans les émissions de la source  $j$ ,
- $f_{ijk}$  est le coefficient de fractionnement qui caractérise les modifications de  $a_{ij}$  au cours du transport de la source  $j$  vers le site  $k$ . Le coefficient de fractionnement prend en compte l'appauvrissement du constituant  $i$  engendré par des processus tels les transformations chimiques ou l'équilibre gaz/particules. Il peut également être utilisé pour expliciter l'enrichissement en constituant  $i$  dû à des processus de formation ou de condensation. En pratique les  $f_{ijk}$  ne sont pas connus. Le système d'équations (1) doit alors être résolu à l'aide de composés très faiblement réactifs et purement en phase particulaire pour lesquels  $f_{ijk}$  égal 1.

<sup>58</sup> Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique (UMR 5559)



Ainsi, il est possible de déterminer les contributions des sources primaires (sjk) connaissant les concentrations (Cik) mesurées sur le terrain et les profils à l'émission (aij) déterminées à partir d'études spécifiques sur les sources.

La validité statistique de cette résolution repose sur les hypothèses que (1) les profils à l'émissions des sources sont connus et constants avec le temps, (2) les espèces chimiques utilisés sont inertes chimiquement, (3) toutes les sources significatives sont incluses, (4) le nombre de sources ne dépasse pas le nombre d'espèces chimiques, (5) les facteurs d'émissions sont linéairement indépendants d'une source à l'autre et (6) les incertitudes de mesure sont aléatoires, non corrélées et distribuées normalement.

Conceptuellement cette approche repose sur la conservation des ratios marqueurs/OCj entre le site d'émission et le site récepteur, et donc, par extension, sur la conservation du carbone. Ainsi l'AOS (Aérosol Organique Secondaire) qui correspond à un apport de carbone, par transfert de matière par conversion gaz/particules suite à des réactions de photo-oxydation en phase gazeuse de composés organiques volatils, ne pourra être déconvoluer par le CMB. L'AOS correspondra alors à la fraction de l'OC non attribuée aux sources primaires. Cela suppose, donc, que l'ensemble, ou du moins, les sources primaires majeures de carbone soient incluses dans la modélisation. Ce principe de conservation du carbone offre également un avantage majeur. Il permet de s'affranchir des mécanismes de vieillissement de l'aérosol organique ; à condition que le nombre de carbone demeure constant, peu importe l'état d'oxydation dans lequel se trouve les composés constitutifs de la fraction organique.

### Choix des profils et des marqueurs

Pour répondre à la problématique posée, le jeu de profils sources a été élargi par rapport aux études préalablement menées selon la même approche, à Marseille (projet FORMES), Grenoble (projet FORMES), Lyon (dispositif CARA) et Rouen (dispositif CARA).

Au total 16 marqueurs chimiques ont été utilisés pour estimer les contributions des principales sources. Ils se composent de :

- 3 hopanes (HP3, HP4, HP5) correspondant à des rejets d'huile moteur imbrûlée,
- 2 sucres anhydres provenant de la pyrolyse de la cellulose : Lévo-glucosan (LEV) et mannosan (MAN),
- 5 alcanes linéaires (C27 à C31) émis par toutes les combustions et présent avec une signature très marquée dans les cires vasculaires végétales,
- 3 HAP : Benzo(e)pyrène (BeP), Benzo(ghi)perylène (B(ghi)P) et l'indénopyrène (IP). Les HAP sont émis par toutes les sources de combustions. Ils constituent des éléments de contraintes importants pour différencier les différentes sources liés combustions, le moins réactif : émis par toutes les combustions (NB : trois autres HAP ont été inclus –Benzo(k+f)Fluranthène, Indénopyrene, et Benzo(ghi)pérylène- dans les modélisations préliminaires. Ils n'ont pas été inclus dans les modélisations retenues ici, car nous avons montré que leur influence était totalement marginale sur les sorties CMB)
- EC (Elemental Carbon), émis par toutes les combustions,
- 2 métaux : vanadium (V) et nickel (Ni)

Le choix des profils de sources a été effectué sur la base 1/ des sources ponctuelles potentiellement significatives dans la zone d'étude suite à un recensement effectué par ATMOPACA, 2/ de l'état de l'art et de notre expérience sur les sources de l'aérosol en hiver et 3/ sur les données disponibles dans la littérature. Ce dernier point est particulièrement contraignant, principalement pour les sources ponctuelles très diverses et dont les émissions ne peuvent être considérées comme homogènes pour un type de source. Il impose d'inévitables approximations accentuées par le faible de nombre de profils disponibles dans la littérature pour les sources ponctuelles. Au total, 29 profils de sources ont été sélectionnés et combinés pour résoudre les équations de bilan de matière. Le choix définitif s'est basé sur les scores de modélisation (indicateurs statistiques de la résolution matricielle) et sur la cohérence scientifique des sorties de modélisation.

Cet important travail préliminaire nous permis de sélectionner les 8 profils suivants :

- Combustion de biomasse type combustion de bois en foyer ouvert (Fine et al, 2002<sup>[10]</sup>). La robustesse et la représentativité de ce profil a clairement été établie par Favez et al (2010)<sup>[10]</sup> et Puxbaum et al (2007)<sup>[10]</sup>,
- Combustion de déchets verts (Pio et al, in prep) ; profil nouvellement acquis par le LGGE,
- Emissions par les véhicules légers (El Haddad et al, 2009)<sup>[10]</sup>. Ce profil a été établi dans un tunnel routier, interdit au poids lourds, à Marseille,
- Combustion de gaz naturel (Rogge et al, 1993b)<sup>[10]</sup>,
- Débris d'origine végétal (Rogge et al, 1993c)<sup>[10]</sup>,
- Combustion de fuel lourd (Agrawal et al, 2008)<sup>[10]</sup>.

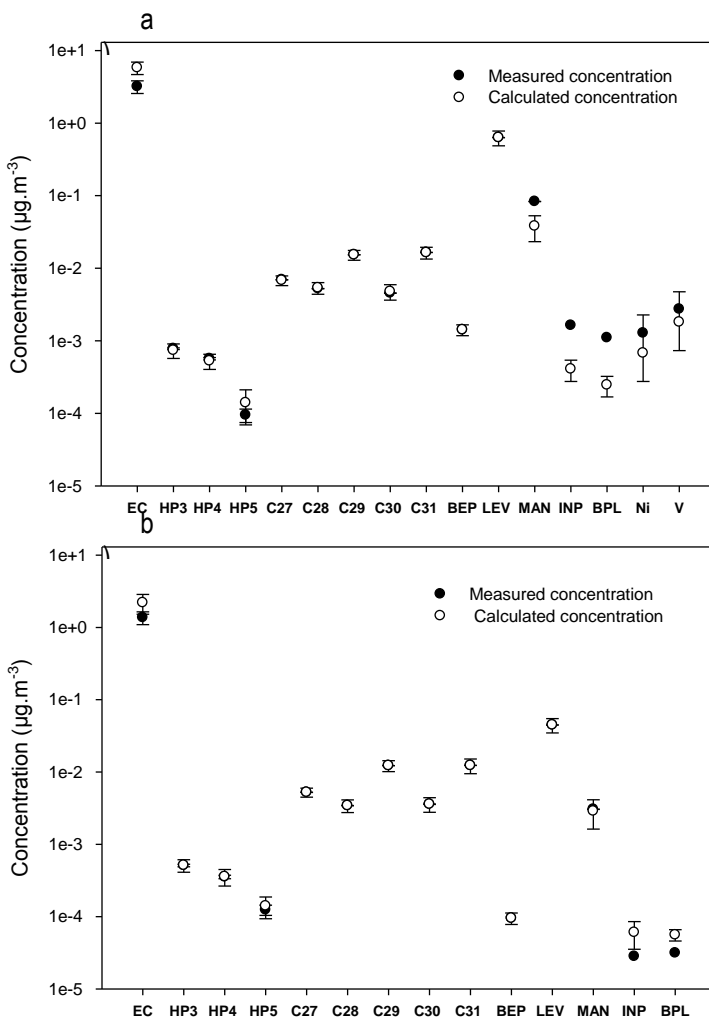
### Sources des PM10

Les sources de PM10 peuvent être extrapolées à partir des estimations des sources portant sur le carbone organique.

Le carbone organique correspond à la masse de carbone et non à la masse de la matière organique (OM). Cette conversion entre OC et OM s'effectue à l'aide de ratios OM-to-OC, relativement bien renseignés dans la littérature. Dans le cadre de cette étude les ratios OM-to-OC choisis sont : 1.2 pour les émissions véhiculaires, combustion de fuel et de gaz naturel (basé sur Aitken et al (2008) [10] et Mohr et al (2009) [10], 1.7 pour la combustion de biomasse (Puxbaum et al., 2007 [10]), 2 pour les débris d'origine végétale (Kunit et Puxbaum, 2007) [10]. Pour la fraction autre OC, en considérant une origine principalement secondaire pour cette fraction, le ratio de conversion adopté est de 2.2 l'été et 1.8 l'hiver (Aitken et al, 2008) [10].

La contribution de chaque source est alors calculée en additionnant à la concentration en OM ainsi calculée, la concentration en EC associée à chaque source et celle des principaux ions inorganiques, connaissant leur proportion par rapport à OC pour chaque source. La fraction secondaire des différents ions (sulfate, nitrate et ammonium) est alors déterminée par différence entre leur concentration mesurée et leur concentration issue des sources primaires.

### Éléments de contraintes



Les figures ci-contre représentent les concentrations recalculées par le modèle CMB à partir des contributions de sources en regard de concentrations mesurées pour chaque campagne tous sites confondus.

On observe globalement un très bon accord entre les concentrations calculées et les concentrations mesurées témoignant de la validité statistiques des modélisations. Les légères différences pouvant être observées sur certains éléments sont classiques et liées principalement aux incertitudes de mesures (analytiques et artefacts de prélèvement) tant sur les profils de sources que sur les mesures de terrains.

**Figure 88 : Concentrations des différents marqueurs mesurées sur le terrain en regard des concentrations recalculées par le modèle (moyenne sur la période d'étude tous sites confondus)**  
 a) Hiver ; b) Été

## ANNEXE 10 : ESTIMATION DE LA FRACTION CRUSTALE

La fraction crustale de la composition chimique des PM, a été estimée à partir de deux approches différentes fréquemment observées dans la littérature (Marelli, 2007). La plus communément utilisée et souvent considérée comme une méthode de référence, se base sur les concentrations en calcium soluble (Putaud et al., 2004<sup>[10]</sup>). L'analyse par chromatographie ionique est une mesure effectuée systématiquement lors de l'analyse de filtre d'aérosol atmosphérique, ceci permet ainsi d'avoir des données de concentrations en calcium soluble et d'avoir une estimation de la fraction crustale sur un maximum d'échantillon. Cependant, cette approche ne peut pas être considérée comme totalement satisfaisante. Elle suggère en effet une nature chimique très homogène des particules constitutives de cette fraction. Ainsi lorsque des analyses de métaux sont disponibles il est préférable d'utiliser la deuxième approche (Malm et al., 1994<sup>[10]</sup>) qui permet de tenir compte de la complexité chimique de cette fraction. Mais les analyses de métaux étant onéreuses, l'analyse ne se fait en général que sur un nombre plus restreint d'échantillons et limite ainsi l'information. Les deux méthodes ont donc été appliquées aux échantillons de cette étude et comparées afin d'obtenir la meilleure estimation possible sur le plus grand nombre de données.

Le calcul de la contribution de la fraction crustale à la fraction chimique soluble des PM est donc complexe et sujette à incertitudes. L'intercomparaison des deux méthodes effectuée lors de cette étude doit permettre d'évaluer ces incertitudes et les limites de chacune des méthodes couramment utilisées dans la littérature.

### Méthode 1 : estimation à partir de la concentration en calcium soluble (nssCa<sup>2+</sup>) :

Ce calcul se base sur les concentrations en calcium soluble auxquelles sont appliquées un facteur issu de la littérature pour estimer la fraction crustale contenue dans les PM. Le facteur le plus communément utilisé est celui établi par Putaud et al. (2004)<sup>[10]</sup> :

$$[\text{Dust}] = [\text{nssCa}^{2+}] * 5.6$$

### Méthode 2 : estimation à partir des concentrations en métaux :

L'approche est basée sur les fractions en aluminium (Al), silicium (Si), calcium (Ca), fer (Fe) et titane (Ti) contenues dans les PM et a été développée par Malm et al. (1994)<sup>[10]</sup> :

$$[\text{Dust}] = 2.20[\text{Al}] + 2.49[\text{Si}] + 1.63[\text{Ca}] + 2.42[\text{Fe}] + 1.94[\text{Ti}]$$

Cependant dans le cas du programme Paillon les concentrations en métaux des blancs de filtre étaient très élevées et n'ont pas permis d'obtenir directement les concentrations en Al, Si et Ca dans les échantillons. Pour palier à ce problème, un composé dit de « référence » a été utilisé pour calculer des facteurs d'enrichissement par rapport à un profil de croûte continentale. Ce référent a été identifié comme étant le composé crustale étant le moins influencé par d'autres sources. Pour cela, nous nous sommes notamment intéressés aux Manganèse [Mn], Titane [Ti] et Fer [Fe]. Nous avons ainsi pu observer que pour l'ensemble des sites le rapport [Mn]/[Ti] était stable, indiquant une source commune à ces deux composés, alors que les rapports [Mn]/[Fe] et [Ti]/[Fe] étaient beaucoup plus variables, évoluaient de façon identique et tendaient ainsi à indiquer que le fer avait une origine légèrement différente. Le manganèse et le titane étant connus pour être plus émis par des sources anthropiques, le fer a donc été choisi comme le composé de référence dans notre calcul. Ces différents rapports ont été comparés avec des profils de la littérature :

- - profil de croûte supérieure continentale [Crust], Wedepohl (1985)<sup>[10]</sup>,
- - sortie de pot d'échappement [Diesel], Wang et al. (2003)<sup>[10]</sup>,
- - poussières de route [Road Dust], Wahlin (2006)<sup>[10]</sup>.

La comparaison avec les profils de la littérature nous permet de soutenir que la source majoritaire pour tous ces composés reste principalement la croûte terrestre ce qui limite ainsi les erreurs lors de l'estimation de la contribution des sources crustales de PM (voir Figure 89).

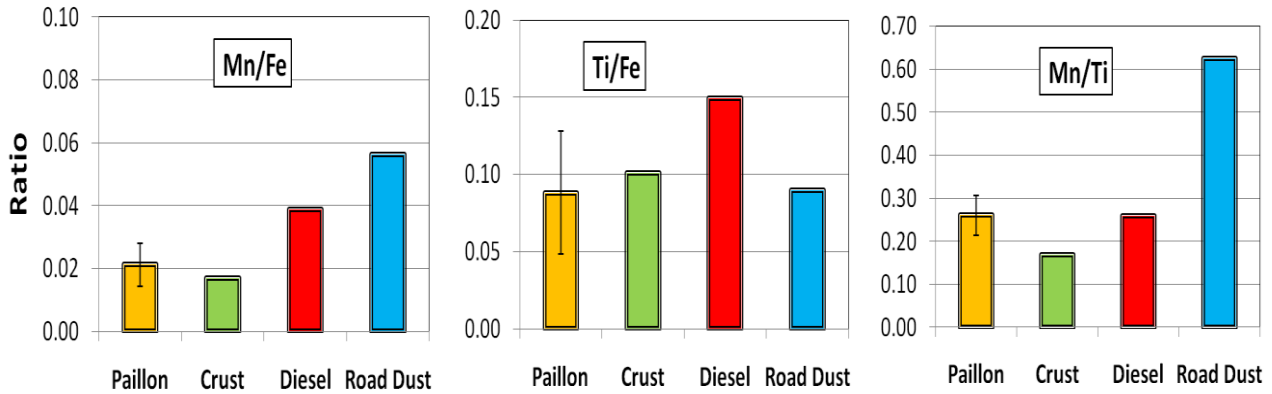


Figure 89 : Comparaison des rapports entre Manganèse, Titane et Fer pour la moyenne des filtres Paillon avec des profils de sources (Croûte, Diesel et poussières de route).

En utilisant le profil de croûte terrestre établi par Wedepohl (1985)<sup>[10]</sup> on a pu définir des rapports d'enrichissement qui peuvent être appliqué à l'équation de Malm et al. (1994)<sup>[10]</sup>. Ainsi,

$$\begin{aligned}
 [Al] &= 0.40*[Fe] \\
 [Si] &= 0.10*[Fe] \\
 [Ca] &= 1.05*[Fe]
 \end{aligned}$$

D'où au final,

$$[Dust]=2.20*(0.40*[Fe])+2.49(0.10*[Fe])+1.63*(1.05*[Fe])+2.42*[Fe]+1.94*[Ti]$$

### Comparaison des deux approches :

Lorsque l'on applique ces deux méthodes à la base de données Paillon, la fraction crustale représente en moyenne ~20% de la composition chimique des PM avec la méthode basée sur le calcium soluble alors qu'elle représente en moyenne près de 40% avec la méthode basée sur les métaux. Ceci confirme bien la sous-estimation de l'approche par le calcium soluble (méthode 1).

Cette sous-estimation pourrait être expliquée par :

le facteur 5.6 a été déterminé pour le site de Monte Cimone qui est un site d'altitude éloigné des sources et l'absence de remise en suspension par les véhicules sur ce site peut ainsi en parti expliquer la sous-estimation de ce facteur,

les roches des carrières présentes autour des sites de Paillon sont probablement enrichies en calcium par rapport à celles du site de Monte Cimone.

La comparaison plus détaillée entre les deux méthodes permet de mettre en évidence que le ratio  $[Dust]/[nssCa^{2+}]$  est plutôt de l'ordre de 13 l'été et 7 l'hiver dans l'environnement étudié au lieu de 5.6 (valeur habituellement utilisée). Ainsi une correction peut être appliquée sur la base de données en calcium afin de déterminer la fraction crustale des PM des échantillons pour lesquels les données de métaux n'ont pu être obtenues.

Ainsi lorsque l'analyse des métaux n'a pu être réalisée, le calcul de fraction crustale peut se faire par une combinaison des deux approches d'estimation :

$$\begin{aligned}
 \text{En été : } [Dust] &= [nssCa^{2+}] * 13 \\
 \text{En hiver : } [Dust] &= [nssCa^{2+}] * 7
 \end{aligned}$$

# ANNEXE 11 : EVOLUTION DES PROFILS HORAIRES DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES

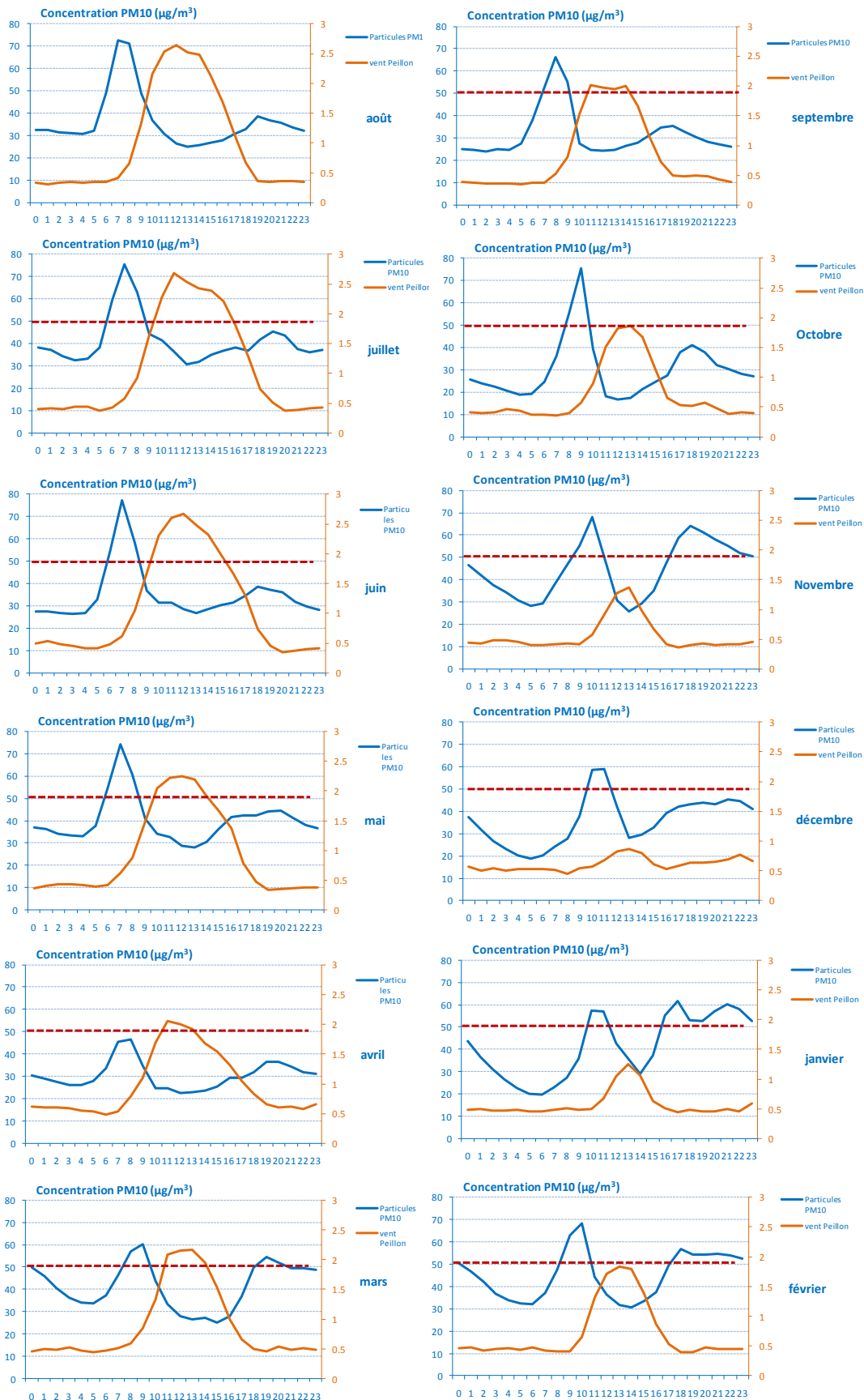


Figure 90 : Profils horaire en particules dans la vallée de Contes sur les 12 mois de l'année 2009

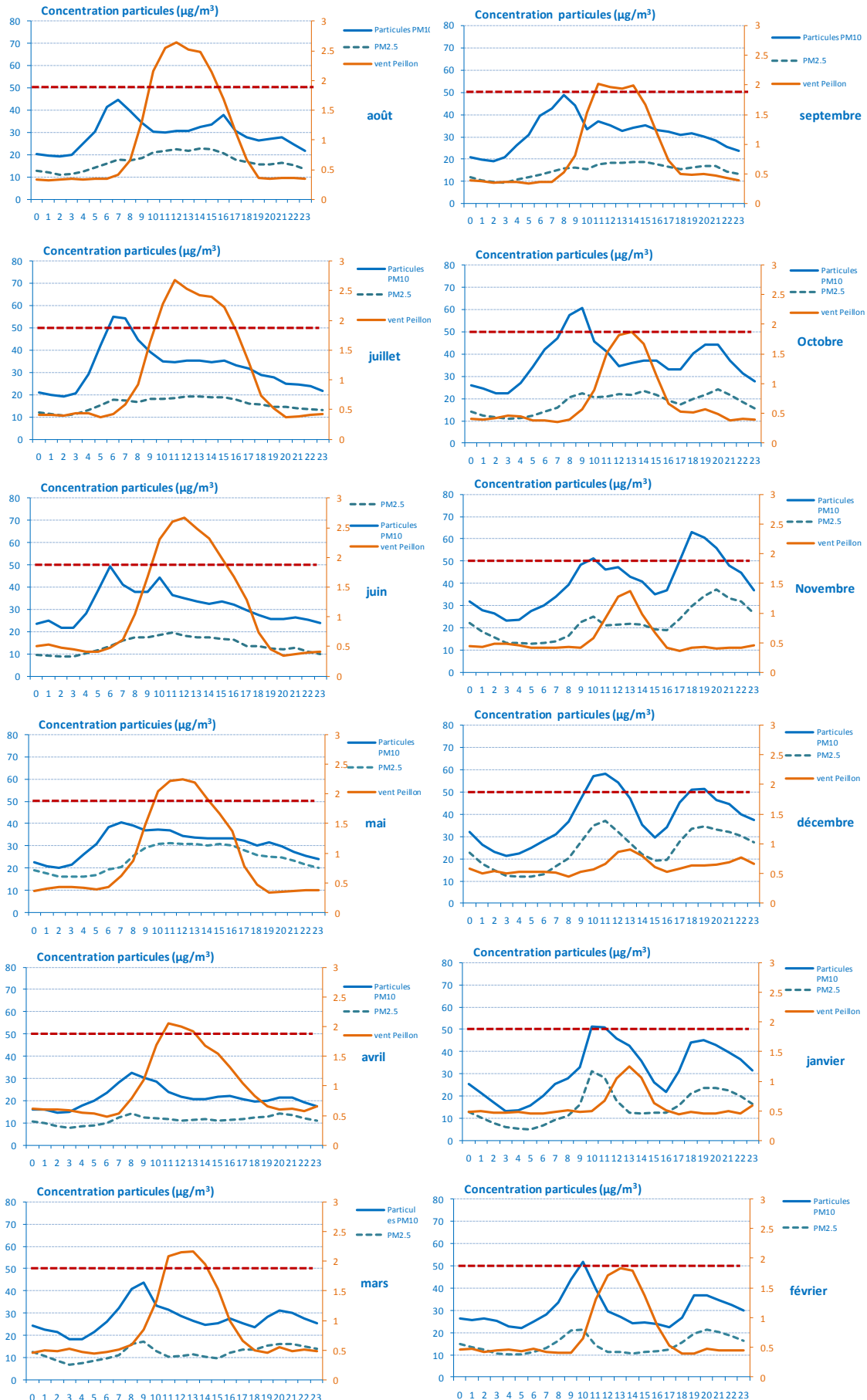


Figure 91 : Profils horaire en particules (PM10 & 2,5) dans la vallée de Peillon sur les 12 mois de l'année 2009

## ANNEXE 12 : ÉTUDE DES CORRELATIONS ENTRE LES DIFFERENCES DES MESURES ENTRE LES JOURS OUVRES ET LES SAMEDIS

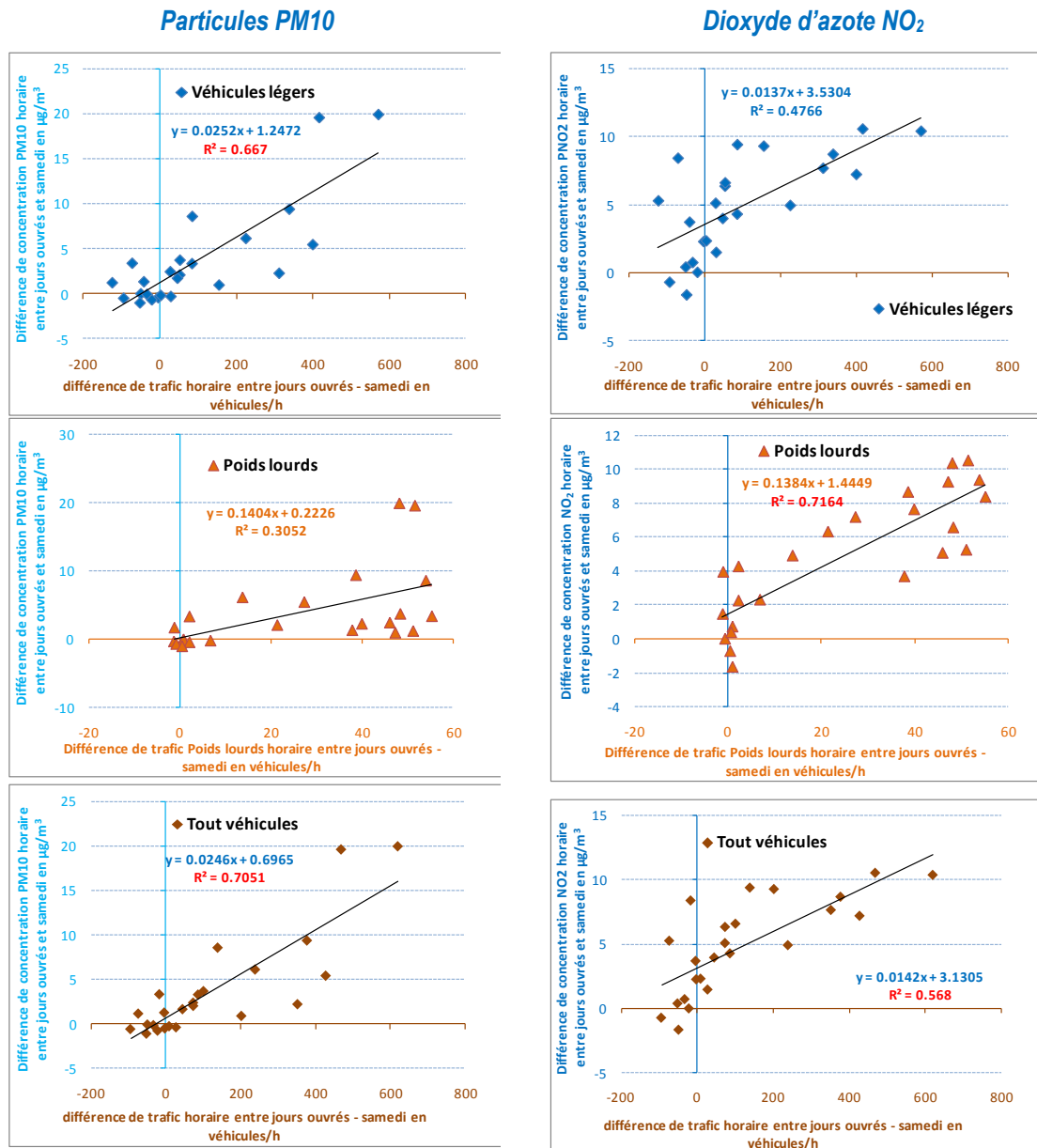
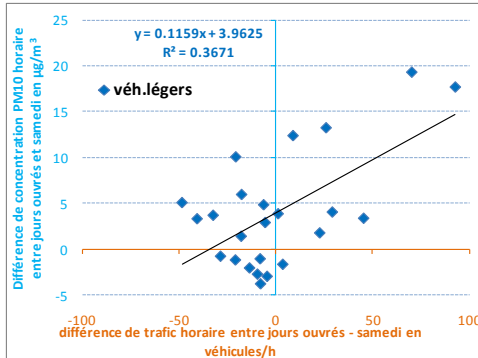
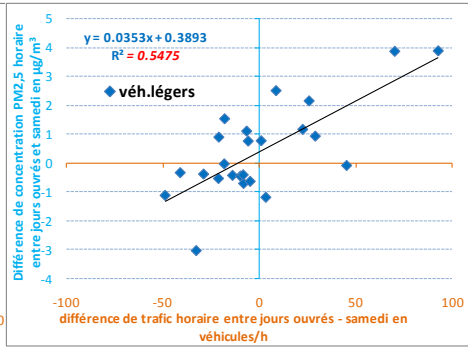


Figure 92 : Contes, corrélation entre les différences de trafic et de concentration des profils horaires entre jours ouvrés et samedi

Particules PM10



Particules PM2.5



Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

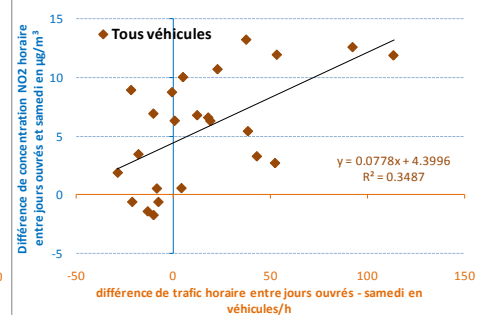
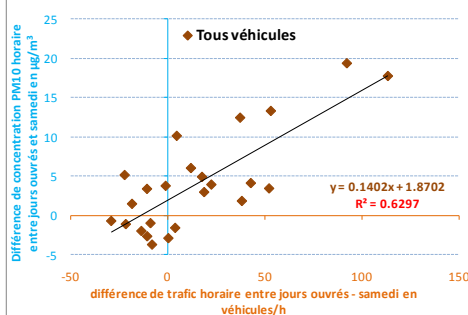
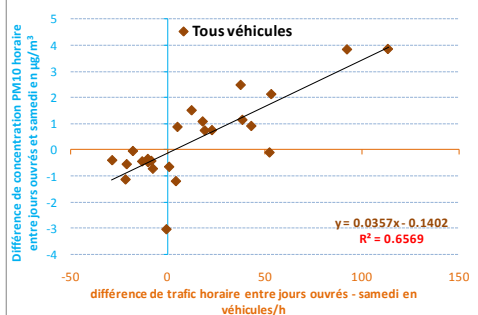
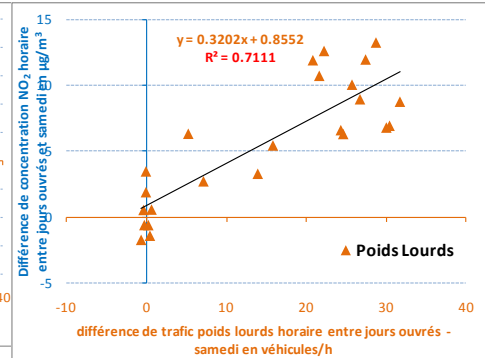
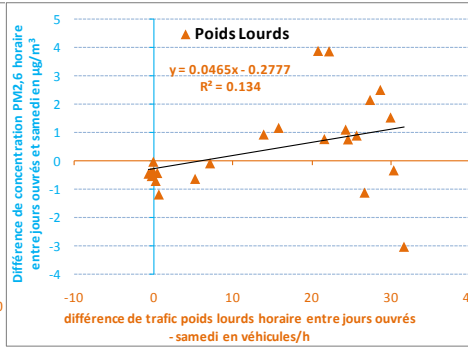
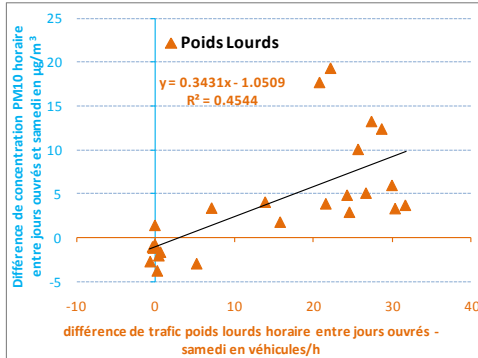
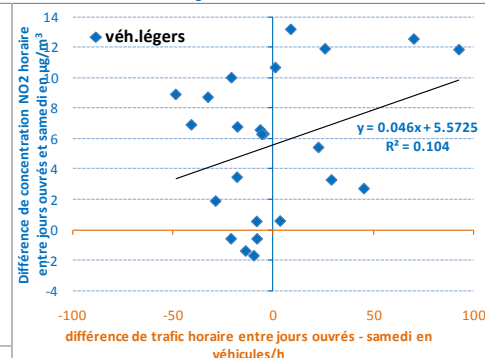


Figure 93 : Peillon, corrélation entre les différences de trafic et de concentration des profils horaires entre jours ouvrés et samedi



## 10. REFERENCES

- Aiken, A. C.; DeCarlo, P. F.; Kroll, J. H.; Worsnop, D. R.; Huffman, J. A.; Docherty, K. S.; Ulbrich, I. M.; Mohr, C.; Kimmel, J. R.; Sueper, D.; Sun, Y.; Zhang, Q.; Trimborn, A.; Northway, M.; Ziemann, P. J.; Canagaratna, M. R.; Onasch, T. B.; Alfarra, M. R.; Prevot, A. S. H.; Dommen, J.; Duplissy, J.; Metzger, A.; Baltensperger, U.; Jimenez, J. L.: O/C and OM/OC Ratios of Primary, Secondary, and Ambient Organic Aerosols with High-Resolution Time-of-Flight Aerosol Mass Spectrometry, *Environmental Science & Technology*, 12, 4478-4485, 2008
- Agrawal, H.; Welch, W. A.; Miller, J. W.; Cocker, D. R.: Emission measurements from a crude oil tanker at sea, *Environmental Science & Technology*, 19, 7098-7103, 2008.
- Atmo PACA, 2008, Protocole d'étude PM10 de la vallée du Paillon – caractérisation des particules PM10
- Atmo PACA, 2009, Mesure du benzo(a)pyrène [http://www.atmopaca.org/files/ml/2009\\_BaP.pdf](http://www.atmopaca.org/files/ml/2009_BaP.pdf)
- Atmo PACA, 2009, Mesure des métaux lourds [http://www.atmopaca.org/files/ml/2009\\_ResultatsMetauxLourds.pdf](http://www.atmopaca.org/files/ml/2009_ResultatsMetauxLourds.pdf)
- Atmo PACA, 2010 Mesure de HAP à St André de la Roche : [http://www.atmopaca.org/files/et/100110\\_BR\\_St\\_Andre\\_mesure\\_HAP.pdf](http://www.atmopaca.org/files/et/100110_BR_St_Andre_mesure_HAP.pdf)
- Atmo PACA, 2010, Etude complémentaire du Tunnel de Toulon – Caractérisation des particules issues du chantier pendant la phase travaux du second tube du Tunnel.
- Aymoz G, Jaffrezo JL, Cozic J, Chapuis D, and Maenhaut W (2007) Seasonal variations of PM10 main constituents in two valleys of the French Alps. I : Carbonaceous fraction. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 661-675.
- Brémond, D.V., H. Cachier, and P. Buad-Menard. 1989. Particulate carbon in the Paris region atmosphere. *Environmental Technology Letters* 10: pp. 339-396.
- Chiappini L., N. Marchand (LCP-IRA), 2009, CARA Caractérisation Chimique des Particules Veille sur les études de sources, rapport LCSQA INERI.
- Carrega P., Climat et pollution atmosphérique en poussières (Pm10) : rôles relatifs des émissions et de la dispersion dans une vallée de l'arrière-pays niçois (Contes sud-est de la France) en 2000 ». Actes du XVIe Colloque international de l'A.I.C., Varsovie, septembre 2003.
- Carrega P., Relations climat-pollution atmosphérique en particules à Contes (06). Rapport final dactylo. 48 p. 2002.
- Carrega P., Contes (Alpes-Maritimes françaises) : une vallée continentale et mal ventilée bien que proche de la mer. *Publications de l'A.I.C.*, Vol. 12, pp. 34-42. 2000.
- Decesari, S., M. Facchini, S. Fuzzi, and E. Tagliavini, 2000. Characterization of water-soluble organic compounds in atmospheric aerosol: A new approach, *J. Geophys. Res.*, 105(D1), 1481–1490.
- Decesari S., Facchini M.C., Matta E., Lettini F., Mircea M., Fuzzi S., Tagliavini E., Putaud J.-P. 2001. Chemical features and seasonal variation of fine aerosol water-soluble organic compounds in the Po Valley, Italy. *Atmospheric Environment* 35, 3691-3699.
- Decesari S., M. C. Facchinia, E. Mattaa, M. Mirceaa, S. Fuzzi, A. R. Chughtaib and D. M. Smith, 2002. Water soluble organic compounds formed by oxidation of soot. *Atmospheric Environment* 36: pp 1827-1832.
- Directive 2008/50/CE (2008) Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.
- El Haddad, I.; Marchand, N.; Dron, J.; Temime-Roussel, B.; Quivet, E.; Wortham, H.; Jaffrezo, J. L.; Baduel, C.; Voisin, D.; Besombes, J. L.; Gille, G.: Comprehensive primary particulate organic characterization of vehicular exhaust emissions in France, *Atmospheric Environment*, 39, 6190-6198, 2009.
- El Haddad, I; Marchand, N., Wortham, H., Piot, C., Besombes, J.L., Cozic, J., Chauvel, C., Armengaud, A., Robin, A., Jaffrezo, J.L. Primary sources of PM2.5 particles in an industrial Mediterranean city, Marseille. Submitted to ACPD, 2010a.
- El Haddad, I; Marchand, N., Temime-Roussel, B., Wortham, H., Piot, C., Besombes, J.L., Baduel, C., Voisin, D., Armengaud, A., Jaffrezo, J.L. Insights into the secondary fraction of the organic aerosol in a Mediterranean urban area: Marseille. Submitted to ACPD, 2010b.
- Facchini, Fuzzi, zappoli, Andracchio, Gelencsér, Kiss, Krivacsy, et al, Partitioning of the organic aerosol component between fog droplets and interstitial air, *Journal of Geophysical Research* November 1999 Vol 104, 26821-26832.

- Favez, O.; Haddad, I. E.; Piot, C.; Boréave, A.; Abidi, E.; Marchand, N.; Jaffrezo, J.-L.; Besombes, J.-L.; Personnaz, M.-B.; Sciare, J.; Wortham, H.; George, C.; D'Anna, B.: Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 5295-5394, 2010.
- Fine, P. M.; Cass, G. R.; Simoneit, B. R. T.: Chemical Characterization of Fine Particle Emissions from the Fireplace Combustion of Woods Grown in the Southern United States, *Environmental Science & Technology*, 7, 1442-1451, 2002.
- Fine P. M., Phuleria H., C. Sioutas, 2004 : [Air quality impacts of the october 2003 Southern California wildfires](#) *Journal of Aerosol Science*, Volume 35, Supplement 2, July 2004, Pages 785-796
- Gilles Aymoz, 2005, Etude de la fraction carbonée de l'aérosol atmosphérique à Chamonix et St Jean de Maurienne : évolutions saisonnières, sources et caractéristiques chimiques. Université Joseph Fourier (Grenoble 1).
- Graham, B., O. L. Mayol-Bracero, P. Guyon, G. C. Roberts, S. Decesari, M. C. Facchini, P. Artaxo, W. Maenhaut, P. Köll, and M. O. Andreae, 2002. Water-soluble organic compounds in biomass burning aerosols over Amazonia Water-soluble>1. Characterization by NMR and GC-MS. *J. Geophys. Res.*, 107 (D20), 8047, 8062.
- Guinot Benjamin, Résultats préliminaires des mesures Lidar effectuées dans les vallées de Peillon et de Contes en décembre 2008.
- Jaffrezo JL, Calas N and Boucher M (1998) Carboxylic acids measurements with ionic chromatography. *Atm. Envir.*, 32, 2705-2708.
- Jaffrezo JL, Aymoz G, Delaval C, and Cozic J (2005) Seasonal evolution of the soluble fraction of particulate organic carbon in Alpine Valleys. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 2809-2821.
- Jaffrezo JL, Pré-rapport sur les mesures chimiques de la campagne d'hiver dans la vallée du Peillon, 2009
- Kotzick R. and R. Niessner, 1999. The effects of aging processes on critical supersaturation ratios of ultrafine carbon aerosols. *Atmospheric Environment* 33: pp 2669-2677.
- Kunit, M.; Puxbaum, H.: Enzymatic determination of the cellulose content of atmospheric aerosols, *Atmospheric Environment*, 8, 1233-1236, 1996.
- Krivácsy Z., Hoffer A., Sárvári Zs., Temesi D., Baltensperger U., Nyeki S., Weingartner E., Kleefeld S. and Jennings S.G., 2001. Role of organic and black carbon in the chemical composition of atmospheric aerosol at European background sites, *Atmospheric Environment*, Volume 35 (36), Pages 6231-6244.
- Léosphère ; LiQA : Lidar pour la Qualité de l'Air, Evaluation de l'apport de cette technologie Lidar pour la cartographie en temps réel de la pollution particulaire. Guinot Benjamin, Loaëc Sophie, Fofana Mamadou,
- Malm, W. C., Sisler, J. F., Huffman, D., Eldred, R. A., and Cahill, T. A.: Spatial and seasonal trends in particle concentration and optical extinction in the United States, *J. Geophys. Res.*, 99(D1), 1347-1370, 10.1029/93JD02916, 1994.
- Marchand, N. Etude de la composante organique de l'aérosol atmosphérique : cas de deux vallées alpines (Chamonix et Maurienne) et développement analytique. Thèse, LCME Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement, Université Chambéry Annecy de Savoie, 2003.
- Marelli, L. 2007. Contribution of natural sources to air pollution levels in the EU - a technical basis for the development of guidance for the Member States. JRC, Rapport EUR 22779 EN.
- Mohr, C.; Huffman, J. A.; Cubison, M. J.; Aiken, A. C.; Docherty, K. S.; Kimmel, J. R.; Ulbrich, I. M.; Hannigan, M.; Jimenez, J. L.: Characterization of Primary Organic Aerosol Emissions from Meat Cooking, Trash Burning, and Motor Vehicles with High-Resolution Aerosol Mass Spectrometry and Comparison with Ambient and Chamber Observations, *Environmental Science & Technology*, 7, 2443-2449, 2009.
- Putaud JP., Raes F., Van Dingenen R., Brüggemann E., Facchini MC., Decesari S., Fuzzi S., Gehrig R., Hüglin C., Laj P. et al., A European aerosol phenomenology--2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe, *Atmospheric Environment*, Volume 38, Issue 16, May 2004, Pages 2579-2595.
- Putaud JP, Van Dingenen R, Dell'Acqua A, Raes F, Matta E, Decesari S, Facchini MC, and Fuzzi S.: Size-segregated aerosol mass closure and chemical composition in Monte Cimone (I) during MINATROC, *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 889-902., 2004.

- Putaud J.P., R. Van Dingenen, A. Alastuey, H. Bauer, W. Birmili, J. Cyrus, H. Flentje, S. Fuzzi, R. Gehrig, H.C. Hansson, R.M. Harrison, H. Herrmann, R. Hitznerberger, C. Huglin, A.M. Jones, A. Kasper-Giebl, G. Kiss, A. Koussa, T.A.J. Kuhlbusch, G. Loschau, W. Maenhaut, A. Molnar, T. Moreno, J. Pekkanen, C. Perrino, M. Pitz, H. Puxbaum, X. Querol, S. Rodriguez, I. Salma, J. Schwarz, J. Smolik, J. Schneider, G. Spindler, H. ten Brink, J. Tursic, M. Viana, A. Wiedensohler, F. Raes, A European aerosol phenomenology - 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe, *Atmospheric Environment*, 44,10, 1308-1320, 2010.
- Puxbaum, H., A. Caseiro, A. Sa´nchez-Ochoa, A. Kasper-Giebl, M. Claeys, A. Gelencse´r, M. Legrand, S. Preunkert, and C. Pio (2007), Levoglucosan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background, *J. Geophys. Res.*, 112, D23S05, doi:10.1029/2006JD008114.
- Puxbaum, H.; Caseiro, A.; Sanchez-Ochoa, A. n.; Kasper-Giebl, A.; Claeys, M.; Gelencser, A. s.; Legrand, M.; Preunkert, S.; Pio, C.: Levoglucosan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background, *J. Geophys. Res.*, 2007.
- Rogge, W. F.; Hildemann, L. M.; Mazurek, M. A.; Cass, G. R.; Simoneit, B. R. T.: Sources of Fine Organic Aerosol .5. Natural-Gas Home Appliances, *Environmental Science & Technology*, 13, 2736-2744, 1993a
- Rogge, W. F.; Hildemann, L. M.; Mazurek, M. A.; Cass, G. R.; Simoneit, B. R. T.: Sources of Fine Organic Aerosol .4. Particulate Abrasion Products from Leaf Surfaces of Urban Plants, *Environmental Science & Technology*, 13, 2700-2711, 1993c
- Rogge, W.F., L.M. Hildemann, M.A. Mazurek, and G.R. Cass. 1993b. Sources of fine organic aerosol. 2. Noncatalyst and catalyst-equipped automobiles and heavy duty diesel trucks. *Environmental Science and Technology* 27: pp. 636-651.
- Ruellan, S., H. Cachier, A. Gaudichet, P. Masclet, and J. Lacaux, 1999. Airborne aerosols over central Africa during the Experiment for Regional Sources and Sinks of Oxidants (EXPRESSO), *J. Geophys. Res.*, 104(D23), 30,673–30,690.
- Ruellan, S., and H. Cachier. 2001. Characterization of fresh particulate vehicular exhausts near a Paris high flow road. *Atmospheric Environment* 35: pp. 453-468.
- Saxena P., Hildemann L., 1996: Water-soluble organics in atmospheric particles: A critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidates compounds, *J. Atmos. Chem.* 24, 57-109.
- Sempere R., Kawamura K. 1994: Comparative contributions of dicarboxylic acids and related polar compounds in snow, rain and aerosols from urban atmosphere. *Atmospheric Environment* 28, 449-459.
- Simoneit B. R. T., Schauer J. J., Nolte C. G., Oros D. R., Elias V. O., Fraser M. P., Rogge W. F., Cass G. R., 1999 : Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles, *Atmospheric Environment*, Volume 33, Issue 2, January 1999, Pages 173-182.
- Sullivan, A.P., Weber, R.J., Clements, A.L., Turner, J.R., Bae, M.S., and Shauer J.J., 2004. A method for on-line measurements of water soluble organic carbon in ambient aerosol particles: Results from an urban site. *Geophys. Res. Lett.*, 31.
- Zappoli, S., A. Andracchio, S. Fuzzi, M.C. Facchini, A. Gelencsér, G. Kiss, Z. Krivácsy, A. Molnár, E. Mészáros, H.C. Hansson, K. Rosman and Y. Zebühr. 1999. Inorganic, organic and macromolecular components of fine aerosol in different areas of Europe in relation to their water solubility. *Atmospheric Environment* 33, 17 : pp. 2733-2743.
- Wahlin, P., Berkowicz, R., and Palmgren, F.: Characterisation of traffic-generated particulate matter in Copenhagen, *Atmospheric Environment*, 40, 2151, 2006.
- Wang, Y.-F., Huang, K.-L., Li, C.-T., Mia, H.-H., Luo, J.-H., and Tsai, P.-J.: Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine, *Atmospheric Environment*, 37, 4637–4643, 2003.
- Wedepohl, K.H.: The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 59, No. 7, pp. 1217-1232, 1995.
- Weitkamp, E. A.; Lipsky, E. M.; Pancras, P. J.; Ondov, J. M.; Polidori, A.; Turpin, B. J.; Robinson, A. L.: Fine particle emission profile for a large coke production facility based on highly time-resolved fence line measurements, *Atmospheric Environment*, 36, 6719-6733, 2005.