

# Qualité de l'air dans les Parcs Naturels Régionaux

## Mesures réalisées dans le parc régional du Vercors

Convention 2007 – Action 6 Parcs régionaux- Fonctionnement



Les associations ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche font partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Leur mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre, ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche sont garant de la transparence de l'information sur le résultat de leurs travaux.

Conditions de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org), un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'association. Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en termes de «ASCOPARG, ATMO Drôme Ardèche, *Etude de la qualité de l'air dans le Parc Naturel Régional du Vercors - Années 2008-2009* » et mentionner l'origine du financement.
- ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche ne sont en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

## Sommaire

1.	Présentation de l'étude.....	5
1.	Objectifs de cette étude .....	5
2.	Modélisation de la qualité de l'air et impact sur la végétation .....	5
3.	La biosurveillance de la qualité de l'air .....	5
4.	Le Parc Naturel Régional du Vercors .....	5
a.	Présentation du Parc Naturel Régional du Vercors.....	5
b.	La réserve naturelle des Hauts Plateaux .....	8
c.	Occupation du sol.....	8
d.	Emissions de polluants dans le parc du Vercors .....	10
2.	Méthodologie .....	11
1.	Secteurs de mesures .....	11
a.	Influence de l'altitude .....	13
b.	Occupation du sol autour des sites de mesures .....	14
2.	Polluants prospectés .....	17
3.	Techniques de mesures.....	18
c.	Mesures en continu par analyseur .....	18
d.	Mesures par échantillonnage passif pour les oxydes d'azote (NOx), le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) et l'ozone (O <sub>3</sub> ) .....	18
e.	Mesures des retombées atmosphériques de dioxines et métaux lourds par collecteurs de précipitations (jauges Owen).....	19
f.	Mesure des Composés Organiques Volatils (COV) par canisters .....	23
4.	Calendrier de l'étude.....	24
3.	Historiques des mesures de qualité de l'air dans le parc du Vercors .....	25
1.	Les campagnes de mesures ponctuelles .....	25
2.	Le Vercors au cœur du dispositif de surveillance.....	25
4.	Présentation des résultats .....	26
1.	Les oxydes d'azote (NOx et NO <sub>2</sub> ).....	26
a.	Les émissions d'oxyde d'azote dans le Parc Naturel Régional du Vercors.....	26
b.	Effets du dioxyde d'azote sur l'environnement .....	27
c.	Modélisation des niveaux de dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) .....	27
d.	Niveaux mesurés et comparaison par rapport à la réglementation .....	29
2.	Les Composés Organiques volatils (COV).....	31
a.	Les émissions de COV dans le Parc Naturel Régional du Vercors .....	31
b.	Niveaux de benzène et toluène mesurés par tubes à diffusion.....	31
c.	Les COV précurseurs de l'ozone et les composés chlorés à Corrençon en Vercors	32
3.	L'ozone (O <sub>3</sub> ) .....	34
a.	La formation de l'ozone .....	34
b.	Effets de l'ozone sur l'environnement.....	35
c.	Modélisation des niveaux d'ozone dans le parc du Vercors .....	35

d.	Exposition de la végétation et de la forêt à l’ozone .....	37
e.	Exposition de la population à l’ozone.....	44
f.	Mesures d’ozone à Corrençon en Vercors (mesures en continu).....	46
g.	Niveaux d’ozone par tubes à diffusion .....	49
h.	Résultats microcapteurs .....	49
4.	Poussières en suspension (PM <sub>10</sub> ) .....	49
a.	Emissions de poussières dans le Parc Naturel Régional du Vercors.....	49
b.	Modélisation des niveaux de particules (PM <sub>10</sub> ).....	50
5.	Métaux lourds .....	51
a.	Emissions de métaux lourds dans le Parc Naturel Régional du Vercors .....	51
b.	Mesures des retombées atmosphériques de métaux lourds .....	54
c.	Bioaccumulation des métaux lourds .....	56
6.	Dioxines .....	60
a.	Emissions de dioxines dans le Parc Naturel Régional du Vercors .....	60
b.	Mesures des retombées atmosphériques de dioxines .....	61
c.	Bioaccumulation des dioxines.....	62
5.	Bioindication .....	63
a.	Principes .....	63
b.	Méthodologie .....	63
c.	Principaux résultats .....	64
6.	Conclusion.....	65
7.	Annexes .....	67
1.	Localisation des sites de mesures .....	67
2.	Liste des communes appartenant au Parc Naturel Régional du Vercors .....	74
3.	Occupation du sol .....	76

## 1. Présentation de l'étude

L'ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche ont souhaité effectuer une évaluation de la qualité de l'air ambiant dans le parc naturel régional du Vercors. Cette étude a débuté au cours du printemps 2008 avec les premières recherches de site et s'achèvera au cours de l'été 2010. Le présent rapport dresse les principaux résultats issus des campagnes de mesures 2009. Les résultats 2010 permettront par la suite de compléter le rapport définitif à publier à l'automne 2010.

### 1. Objectifs de cette étude

Les objectifs de cette étude sont multiples :

- 1) Dresser un **bilan complet de la qualité de l'air** dans le parc du Vercors et situer le territoire du parc par rapport aux principales valeurs réglementaires concernant les polluants réglementés en air ambiant
- 2) Evaluer l'impact éventuel des **agglomérations voisines** (notamment Grenoble) sur la qualité de l'air du Parc du Vercors
- 3) Evaluer **l'impact de la pollution atmosphérique sur l'écosystème** et plus particulièrement la **végétation**

Afin de répondre à ces différents objectifs, ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG ont réalisé des mesures dans le parc. Ces mesures ont débuté au cours du printemps 2009 pour s'achever au printemps 2010. En parallèle, ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG ont fait procéder à des travaux de bioindication. Ils ont aussi exploité des résultats issus d'un modèle de qualité de l'air (Prév'Alp).

### 2. Modélisation de la qualité de l'air et impact sur la végétation

ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG disposent d'un logiciel de **modélisation de la qualité de l'air** à l'échelle de la région Rhône Alpes. Ce logiciel, Prév'Alp, permet de modéliser la pollution de fond pour plusieurs polluants avec une résolution spatiale de 1km.

L'analyse croisée des résultats issus de la modélisation et des données d'occupation du sol va permettre d'estimer l'exposition de la végétation, et plus particulièrement de la forêt, à la pollution atmosphérique.

### 3. La biosurveillance de la qualité de l'air

Dans le cadre de cette étude, ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG ont eu aussi recours aux techniques de biosurveillance. Pour ce faire, ils ont fait appel à un bureau d'études spécialisé dans la biosurveillance : **Evinerude** ([www.evinerude.fr](http://www.evinerude.fr)).

Evinerude est un bureau d'études en environnement créé en mai 2006 spécialisé dans la bioindication et la cartographie sous Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Cette étude présente l'intérêt de mêler et confronter les mesures classiques de qualité de l'air aux techniques de biosurveillance ; ces techniques sont abordées dans cette étude dans le but de se compléter mutuellement afin d'évaluer au mieux l'impact de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes.

### 4. Le Parc Naturel Régional du Vercors

Dans le cadre de cette étude, l'ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche ont travaillé en collaboration avec l'équipe du parc du Vercors qui a participé activement aux mesures.

#### a. Présentation du Parc Naturel Régional du Vercors

Véritable citadelle naturelle de calcaire, le Parc naturel régional du Vercors s'étend sur 186 000 hectares entre la vallée de l'Isère au nord et le Diois au sud.



Protéger et valoriser ses richesses, maintenir l'activité économique et développer une harmonie entre les hommes et le milieu, sont les objectifs qui ont conduit à la création, le 16 octobre 1970, du Parc naturel régional du Vercors.

Sept régions naturelles composent ce pays magnifique et unique : les Quatre-montagnes, les Coulmes, le Vercors Drômois, le Royans, le Diois, le Trièves et la Gervanne. Côté nord, c'est la rigueur des Alpes sévères ; côté sud, la première douceur du midi méditerranéen (source : site internet du parc naturel régional du Vercors : [www.parc-du-vercors.fr](http://www.parc-du-vercors.fr)).

Le Parc Naturel Régional du Vercors est constitué essentiellement de hauts plateaux : 50% du territoire du parc est compris entre 1000 et 1600m d'altitude (Figure 1).

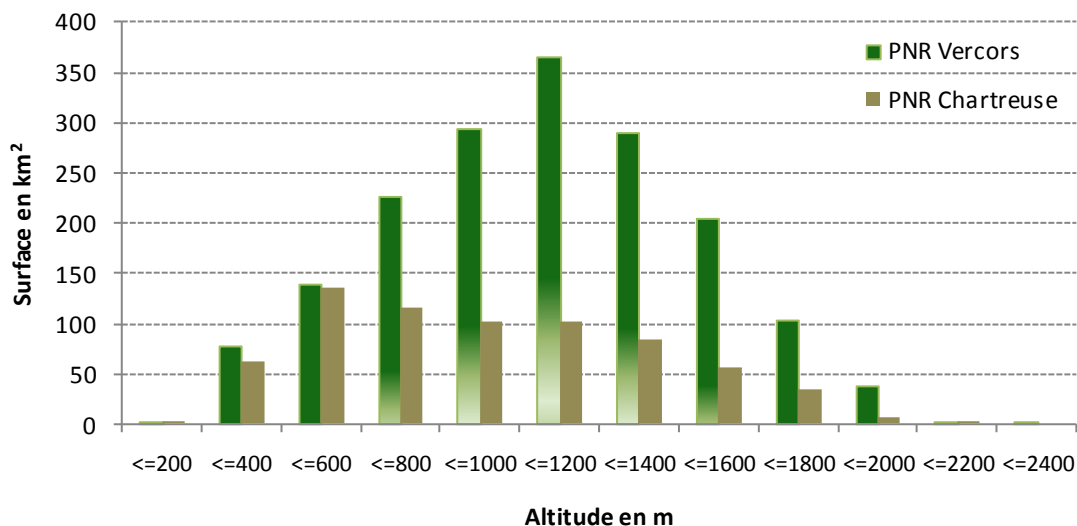


Figure 1 Répartition des différents étages d'altitude dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Cette configuration en plateaux distingue le Parc du Vercors de son voisin, le Parc Naturel Régional de Chartreuse où le relief est plus escarpé.

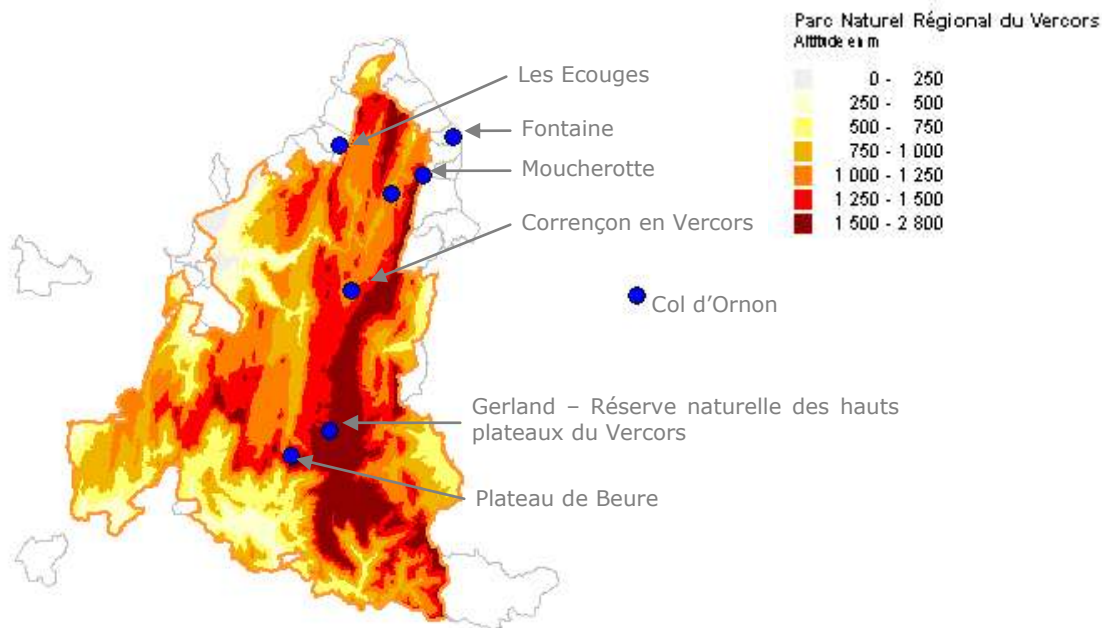


Figure 2 Relief dans le Parc Naturel Régional du Vercors et sites de mesures en bleu

Le tableau suivant donne quelques chiffres clés sur le **domaine d'étude qui compte 62 communes** (en orange sur la figure suivante). Ce domaine d'étude est différent de celui du territoire administratif du Parc Naturel Régional du Vercors qui comptait en septembre 2009 plus de 80 communes (en vert clair sur la figure suivante - source site internet du Parc Naturel Régional du Vercors).



Figure 3 Domaine d'étude en orange et contour du Parc Naturel Régional du Vercors en 2009 (Source : site internet du Parc Naturel Régional du Vercors)

Dans la suite de ce rapport, le terme Parc Naturel Régional du Vercors désignera le **domaine d'étude**.

<b>Parc Naturel Régional du Vercors (=domaine d'étude)</b>	
<b>Nombre de communes</b>	62
<b>Population</b>	33 519 hab en 2007
	Commune la plus peuplée Die (4 355 hab en 2007)
	Commune la moins peuplée Le Chaffal (46 hab en 2007)
<b>Superficie</b>	1 745 km <sup>2</sup>
<b>Altitude moyenne</b>	1060m
	Altitude max 2 341m au Grand Veymont

Tableau 1 Quelques chiffres sur le Parc Naturel Régional du Vercors

#### **b. La réserve naturelle des Hauts Plateaux**

Une partie du massif du Vercors a été classé en Réserve naturelle en 1985, pour préserver l'équilibre entre les milieux naturels et les activités humaines traditionnelles, comme l'exploitation forestière ou la transhumance des troupeaux de moutons.

Cette réserve naturelle est située sur les hauts plateaux entre une altitude de 1 200 et de 2 341 mètres au Grand Veymont (plus haut sommet du massif du Vercors) ; avec ses 17 000 hectares elle constitue la plus grande réserve naturelle de France métropolitaine.



Figure 4 Paysage caractéristique des hauts plateaux du Vercors

#### **c. Occupation du sol**

63% du territoire du Parc Naturel Régional du Vercors est recouvert de forêts. Cette forêt est composée de feuillus sur 20% de la surface totale du parc, de conifères sur 25% et d'un mélange des deux espèces (forêts mélangées) sur 18% du territoire.



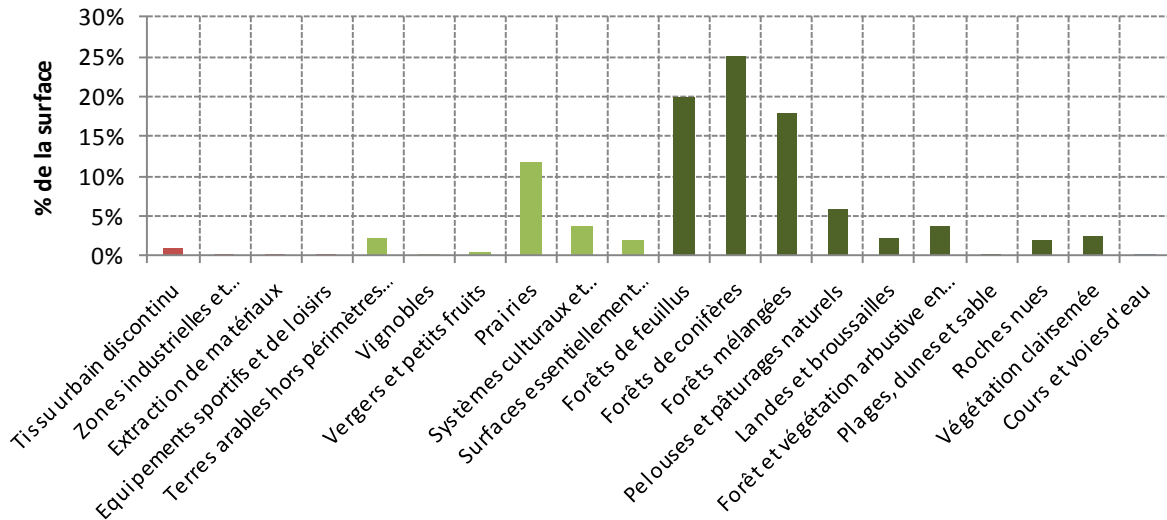


Figure 5 Occupation du sol dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2006 – Source : Corine Land Cover, IFEN

La répartition des différentes essences est fonction de l'altitude : la proportion de conifères devient plus importante avec l'altitude. En parallèle la proportion de feuillus diminue avec l'altitude.

La bioindication ne se faisant que par l'observation de lichens sur des troncs de feuillus, cette répartition des feuillus va limiter les travaux de bioindication. Ainsi, les sites du refuge du Moucherotte (alt.1834m) et des hauts plateaux (alt.1560m) ne feront donc pas l'objet de travaux de bioindication.

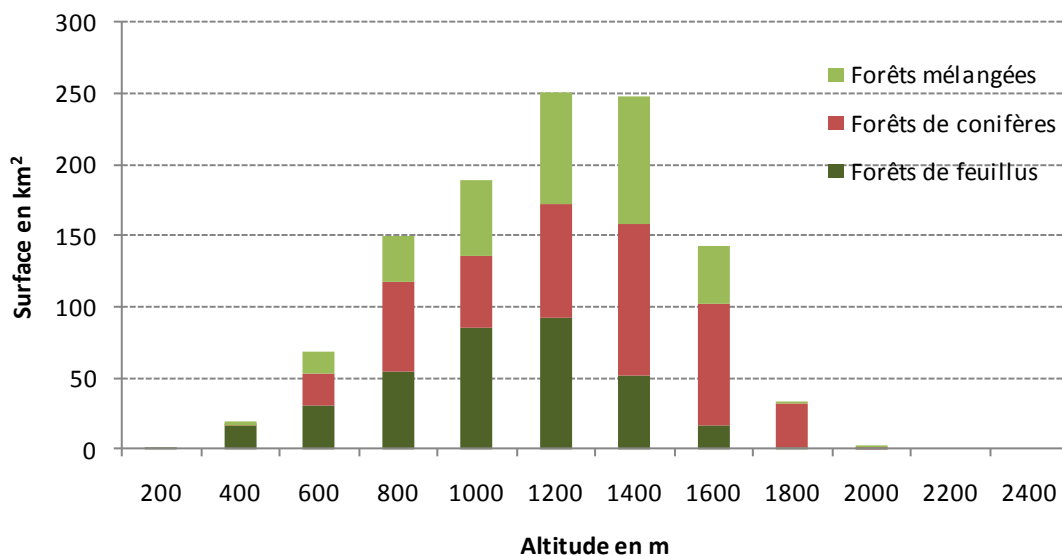


Figure 6 Répartition de la forêt dans le Parc Naturel Régional du Vercors en fonction de l'altitude

La forêt est la plus abondante dans l'étage compris entre 1200 et 1400m d'altitude : elle y occupe plus de 80% de la surface de cette étage. A partir de 1600m, la forêt n'est plus majoritaire : elle est alors présente essentiellement sous forme de conifères.

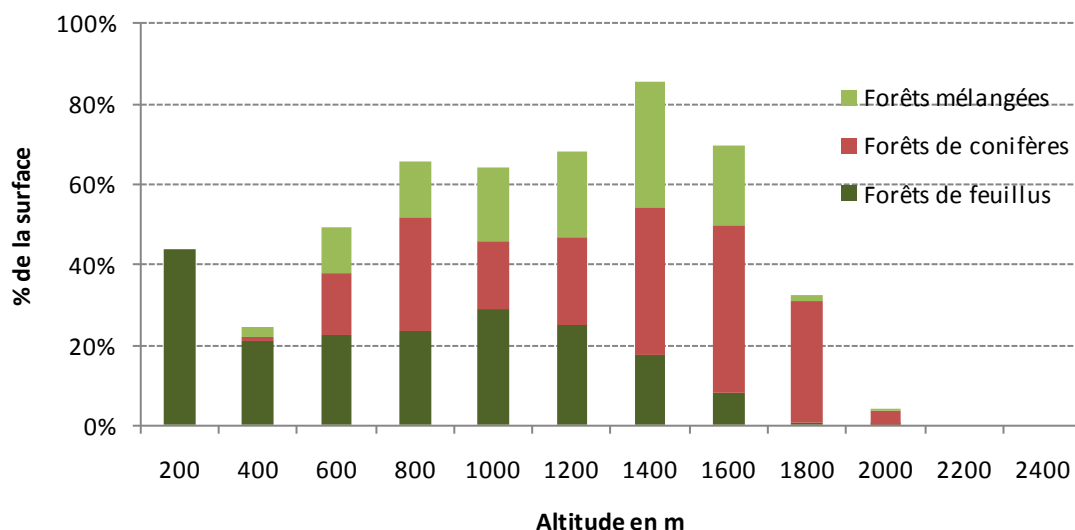


Figure 7 Pourcentage d'occupation du sol par la forêt en fonction de l'altitude

Les surfaces artificialisées (zone urbanisée, commerciales ou industrielle) sont faibles : elles représentent environ 1% de la surface du parc (en rouge sur la Figure 5).

La réserve des Hauts Plateaux du Vercors est occupée en grande partie par les conifères (40%). Les feuillus y sont peu nombreux, ils sont présents sous forme de forêts (1%) ou associés à d'autres essences (forêts mélangées : 7%). Les pelouses et pâturages naturels (19%) accueillent au printemps et en été 15 000 ovins et 300 bovins en transhumance.

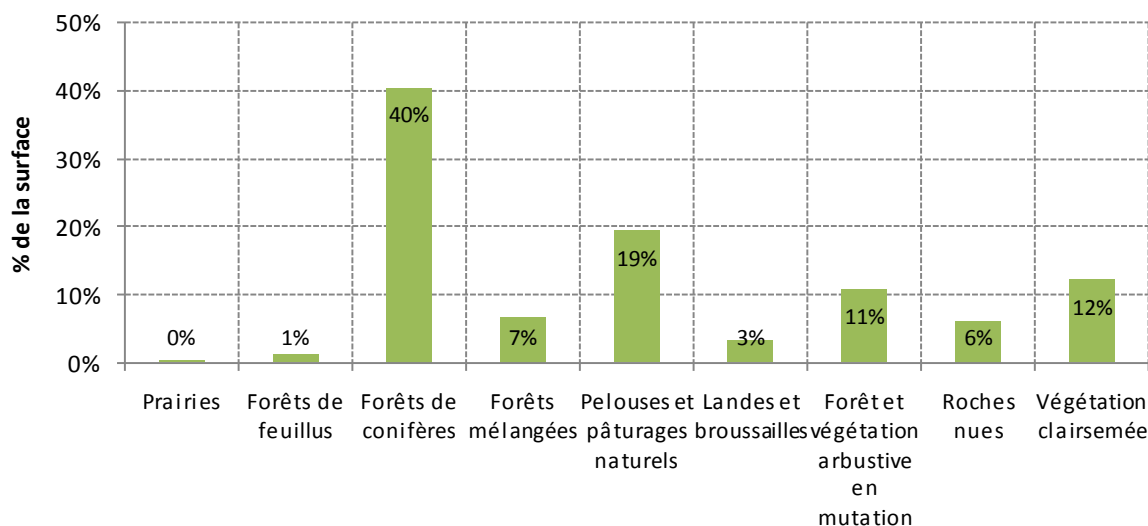


Figure 8 Occupation du sol dans la réserve naturelle des hauts plateaux en 2006 – Source : Corine Land Cover, IFEN

#### d. Emissions de polluants dans le parc du Vercors

Le graphique suivant compare les émissions des principaux polluants dans le Parc Naturel Régional du Vercors avec celles des départements de l'Isère et de la Drôme. Dans le Parc du Vercors, les émissions de la plupart des polluants sont faibles en comparaison de celles des départements de l'Isère et de la Drôme. Une exception concerne cependant les émissions des Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM) qui sont émis

majoritairement par le secteur biotique (notamment la végétation), secteur qui est très présent dans le parc.

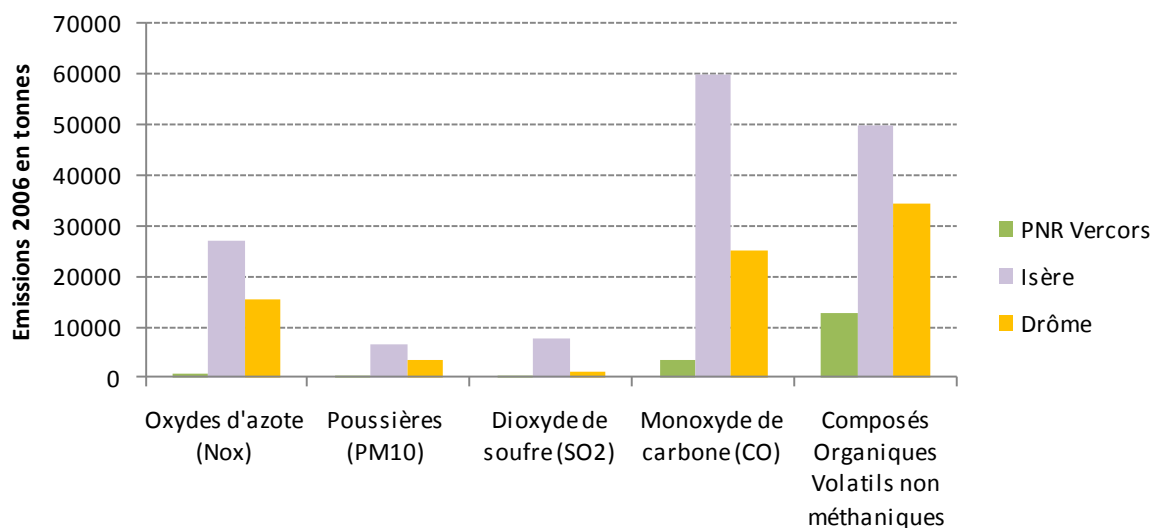


Figure 9 Emissions de polluants dans le Parc Naturel Régional du Vercors

La répartition sectorielle des émissions de chaque polluant sera définie dans la suite du rapport.

## 2. Méthodologie

Les objectifs de cette étude ont orienté le choix des secteurs à investiguer, la nature des polluants à mesurer et les méthodes de mesures.

### 1. Secteurs de mesures

Pour le choix des sites de mesures, ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche se sont rapprochés de l'administration du Parc Naturel Régional du Vercors afin de bénéficier de sa connaissance de l'environnement du parc. Les sites de mesures ont donc été choisis en concertation avec l'équipe du parc.

Les objectifs multiples ont orienté le choix des sites qui sont répartis sur deux axes. L'axe principal nord sud va de l'agglomération de Grenoble (site de Fontaine situé au pied du massif) au sud du massif sur le Plateau de Beure (à proximité du col du Rousset).

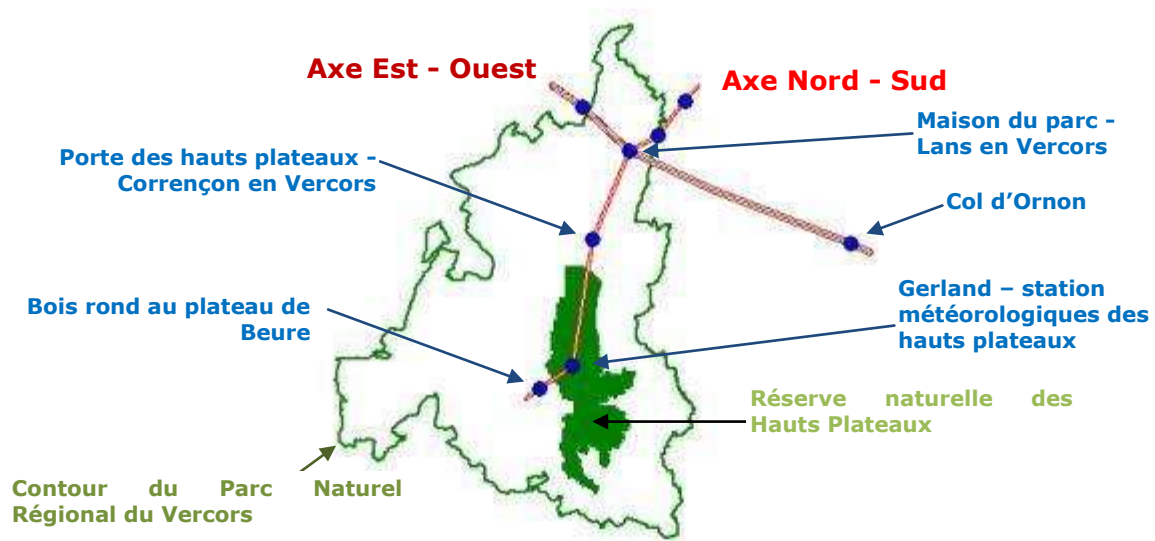


Figure 10 Les deux axes de mesures, les ronds bleus (●) correspondent aux sites de mesures

Un site de référence en milieu rural de montagne a été choisi au col d'Ornon à Chantelouve. Ce site permettra la comparaison des résultats des mesures effectuées dans le massif du Vercors avec un site rural de montagne dans le massif du Taillefer.

Il participe aussi au deuxième axe de mesures qui est orienté Est Ouest. Chacun des deux axes fait environ 40km de long.

Le tableau suivant décrit sommairement les différents sites de mesures. Une description plus complète de ces sites est disponible en annexe 1 de ce document.

Numéro	Nom du site	Typologie	Commune	Altitude (en m)
1	Fontaine les Balmes	Urbain de fond	Fontaine (38)	209
2	Sommet du Moucherotte	Rural	Saint Nizier du Moucherotte (38)	1834
3	Les Ecogues	Rural	Saint Gervais (38)	1005
4	Maison du Parc	Urbain de fond	Lans en Vercors (38)	1002
5	Porte des hauts plateaux	Rural	Corrençon en Vercors (38)	1165
6	Gerland	Rural	Saint Agnan en Vercors (26)	1560
7	Bois rond	Rural	Saint Agnan en Vercors (26)	1385
8	Col d'Ornon	Rural	Chantelouve (38)	1370

Tableau 2 Sites de mesures

La figure suivante illustre l'implantation des différents sites de cette étude :

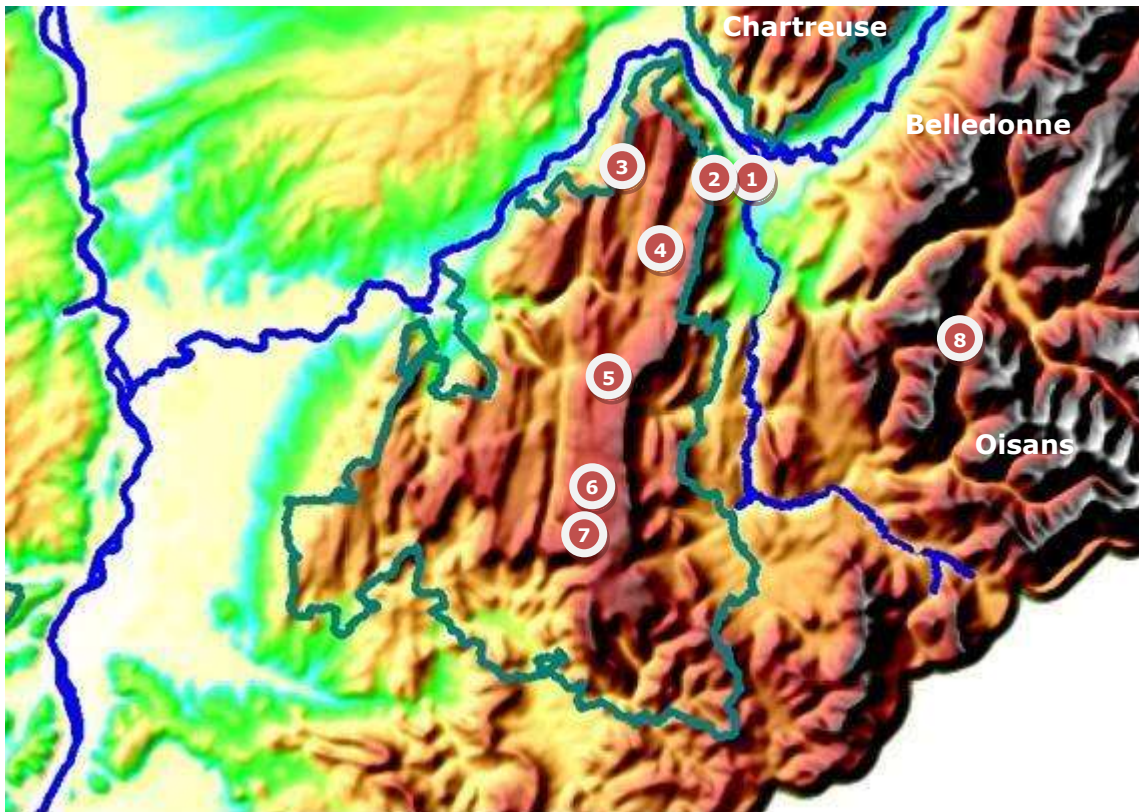


Figure 11 Implantation des sites de mesures – En **vert** les limites du Parc Naturel Régional du Vercors

**a. Influence de l'altitude**

La figure suivante (Figure 12) illustre pour tous les sites de l'étude placés sur l'axe Nord-Sud leur altitude et leur distance par rapport au site de référence de Fontaine les Balmes.

Un des objectifs de cette étude étant d'étudier l'impact éventuel de l'agglomération grenobloise sur la qualité du parc, les sites de mesures ont été choisis sur un axe Nord-Sud. Sur cet axe Nord-Sud, le site de référence de l'étude se situe à Fontaine, le deuxième site le plus proche se situe sur le toit du refuge du Moucherotte à une distance d'environ 6km du site de référence.

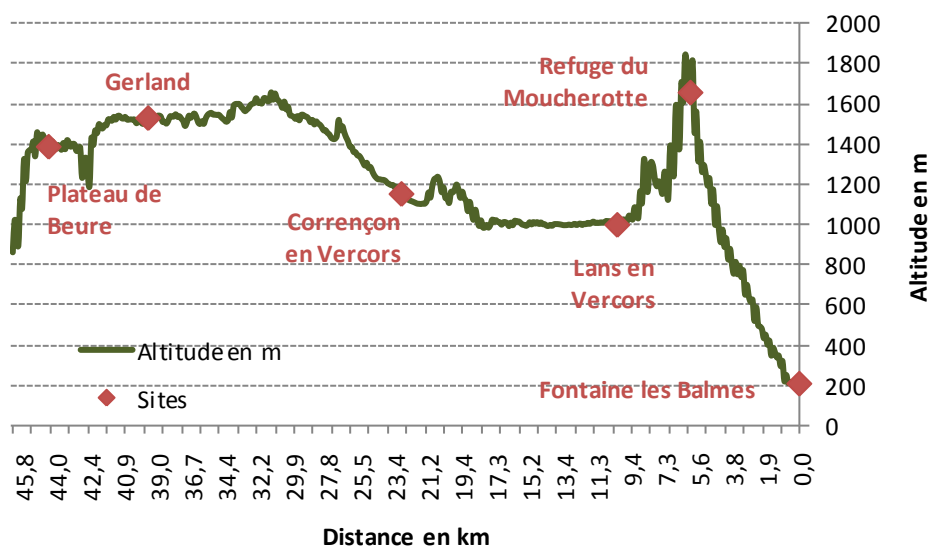


Figure 12 Sites de mesures en fonction de leur altitude et de leur distance par rapport au site de référence

Le site le plus éloigné de cette étude se trouve sur le plateau de Beure, à proximité du col du Rousset et à une distance d'environ 44km du site de référence.

Un axe de mesures Est-Ouest a aussi été réalisé. Il comprend les sites des Ecouges, le site de Lans en Vercors (maison du parc) et le site du Col d'Ornon. Sur cet axe, l'ASCOPARG dispose également d'une station fixe de surveillance de la qualité de l'air à Champs sur Drac.

Sur cet axe Est Ouest, le relief est plus important : il comprend le massif du Vercors (altitude comprise entre 1000 et 1500m), puis le sud grenoblois (vers 200m) et enfin une partie du massif du Taillefer avec des altitudes supérieures à 2000m.

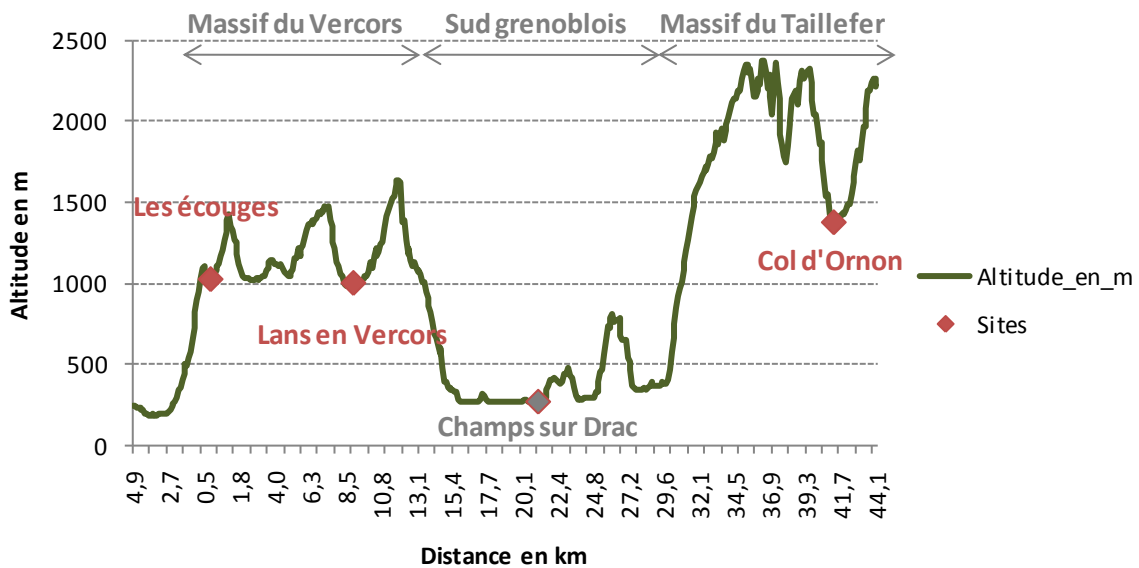
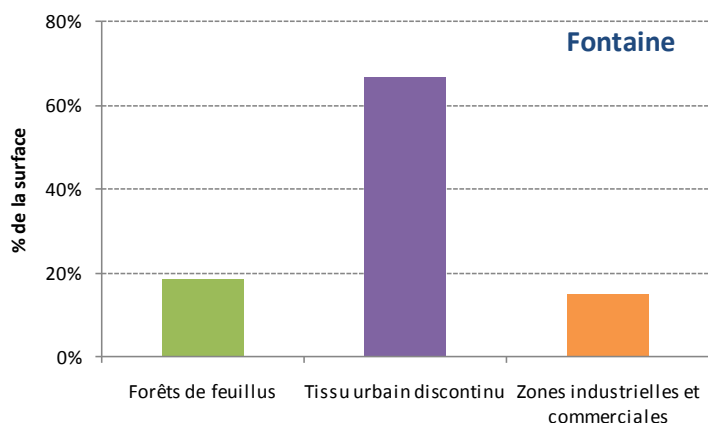


Figure 13 Sites de mesures en fonction de leur altitude sur l'axe Est Ouest. Le site des Ecouges est pris comme référence pour la distance en kilomètre

Cette stratégie d'échantillonnage est régulièrement utilisée pour la surveillance de la qualité de l'air à plus petite échelle autour d'axes de circulation ou de sources ponctuelles (usines, etc.) afin d'étudier la décroissance de la pollution en fonction de la distance à la source.

**b. Occupation du sol autour des sites de mesures**

Les figures suivantes décrivent l'occupation du sol dans un rayon de 1km autour de chacun des sites de mesures :

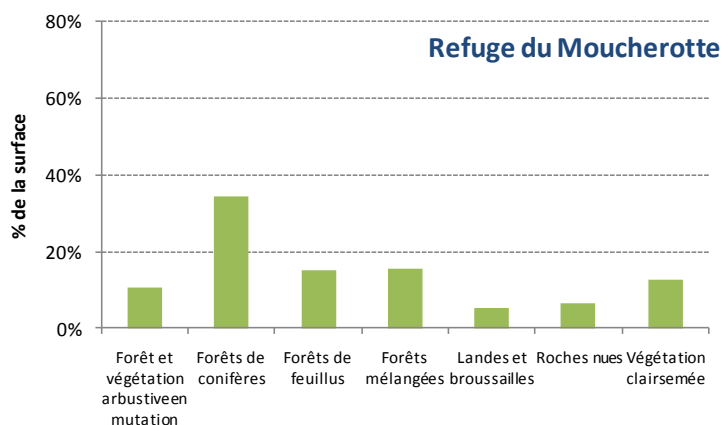


Le site de Fontaine, situé à la périphérie de l'agglomération, sert de référence urbaine. Les zones urbanisées (tissu urbain discontinu, zones industrielles et commerciales) sont majoritaires autour de ce site.

La présence de feuillus en ville a permis la réalisation de travaux de bioindication.

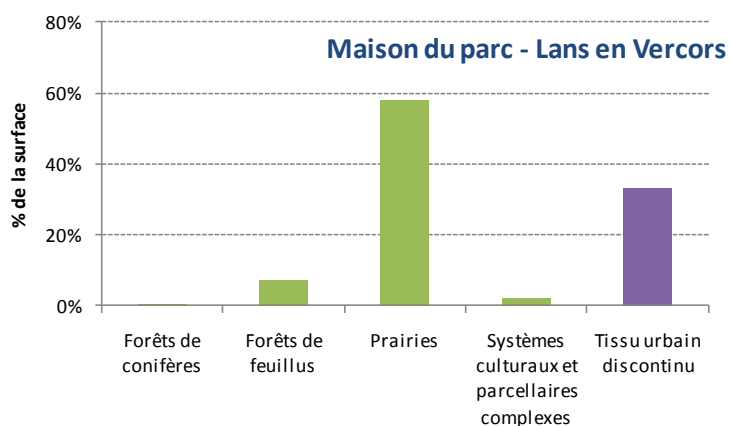
Figure 14 Occupation du sol autour du site de Fontaine – Source : Corine Land Cover, IFEN

Sur le site de Fontaine, des prélèvements de lichens (*Xanthoria*) ont été effectués. Ces prélèvements ont été envoyés en laboratoire afin de doser les métaux lourds et les dioxines.



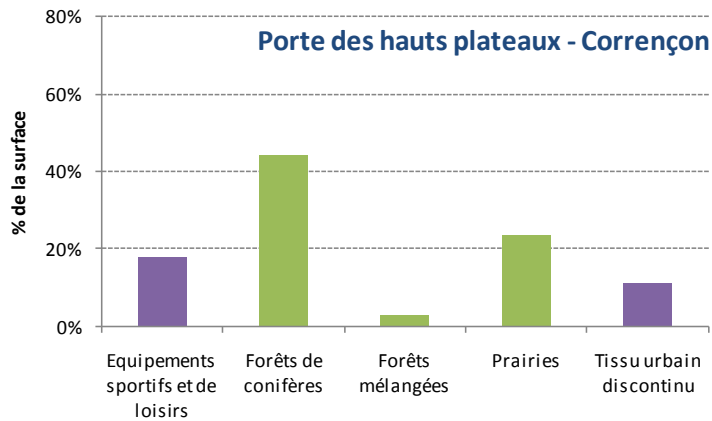
Le site du refuge se situe à proximité du sommet du Moucherotte. Dans ce secteur, le relief est important (falaises), les gammes de végétation rencontrées y sont très nombreuses dans un rayon de 1km.

Figure 15 Occupation du sol dans un cercle de rayon 1km autour du site du refuge du Moucherotte - Source : Corine Land Cover, IFEN



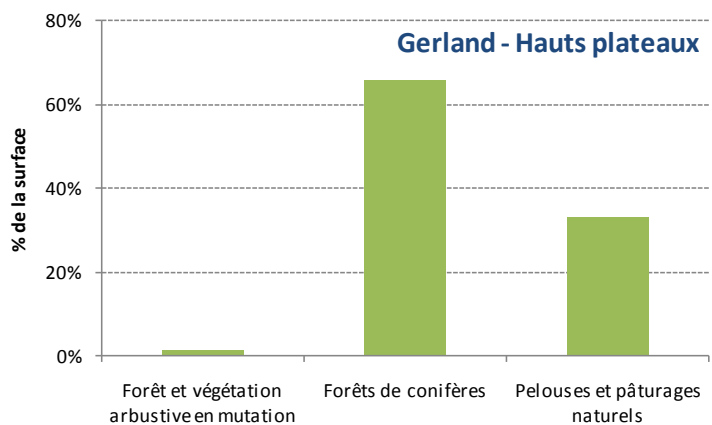
Ce site, implanté à proximité de la maison du parc à Lans en Vercors, est caractéristique des zones urbanisées rencontrées dans le parc du Vercors (les zones urbanisées y sont majoritairement présentes sous la forme de tissu urbain discontinu). Elles sont généralement entourées par les prairies et les zones de culture.

Figure 16 Occupation du sol dans un cercle de rayon 1km autour du site de la maison du parc à Lans en Vercors - Source : Corine Land Cover, IFEN



Ce site se situe à proximité du village de Corrençon en Vercors et du golf (ce qui explique la présence d'équipements sportifs et de loisirs). Sur ce site, la proportion de feuillus est très faible, mais a permis la réalisation des travaux de bioindication (présence de forêts mélangées).

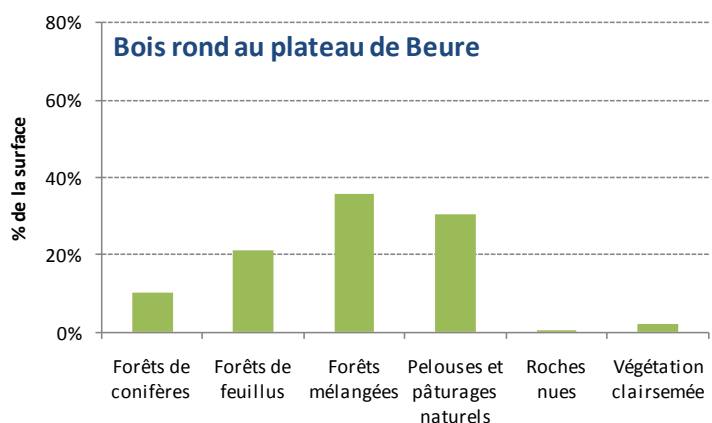
Figure 17 Occupation du sol dans un cercle de rayon 1km autour du site de Corrençon en Vercors - Source : Corine Land Cover, IFEN



Sur ce site, l'absence de feuillus, liée à l'altitude (1560m), n'a pas permis les travaux de bioindication. L'environnement du site est dominé par la présence de conifères et de pâturages.

Figure 18 Occupation du sol dans un cercle de 1km autour du site de Gerland (réserve naturelle des hauts plateaux) - Source : Corine Land Cover, IFEN

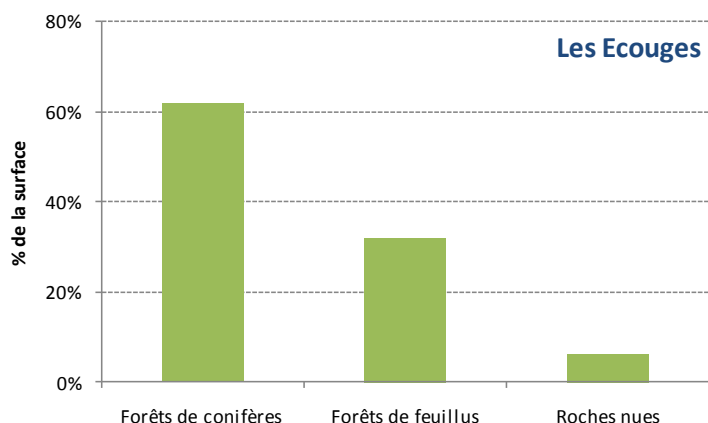
Sur le site de Gerland, des prélèvements de lichens (*Pseudevernia furfuracea*) ont été effectués. Ces prélèvements ont été envoyés en laboratoire afin de doser les métaux lourds et les dioxines.



Ce site se trouve pratiquement à l'extrémité sud du massif du Vercors, à proximité du col du Rousset. La présence de feuillus sur le site de Bois rond a permis la réalisation de la bioindication.

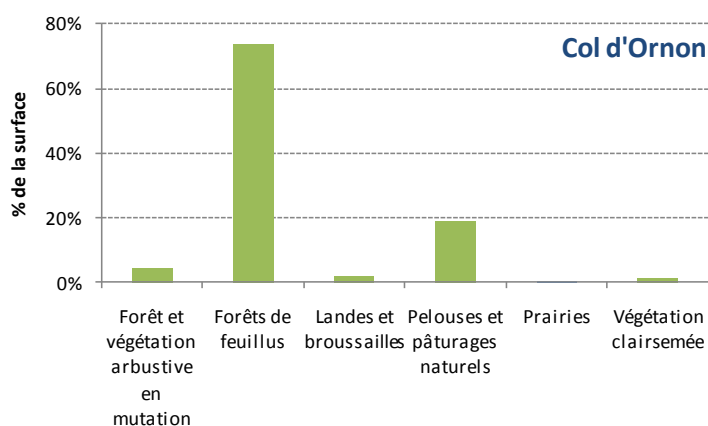
Figure 19 occupation du sol dans un cercle de 1km autour du site du bois rond au plateau de Beure - Source : Corine Land Cover, IFEN





Le site des Ecouges est situé en pleine forêt au Nord Ouest du massif du Vercors. La présence de nombreux feuillus sur ce site a permis la réalisation de la bioindication.

Figure 20 Occupation du sol dans un cercle de 1km autour du site des Ecouges - Source : Corine Land Cover, IFEN



Situé à une altitude de 1370m, le site du col d'Ornon est entouré de forêts de feuillus.

Ce site de référence, situé en milieu rural de montagne, n'a pas donné lieu à des travaux de bioindication.

Au cours de l'année 2009, il aura servi aussi à l'évaluation des niveaux de produits phytosanitaires en zone de fond.

Figure 21 Occupation du sol dans un cercle de 1km autour du site du col d'Ornon - Source : Corine Land Cover, IFEN

## 2. Polluants prospectés

Les polluants prospectés dans le cadre de cette étude sont nombreux :

Polluant	Dispositif de mesures	Nombre de sites	Durée d'échantillonnage
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	Analyseur en continu	1 (+1 site continu du réseau fixe)	8 mois
	Tubes à diffusion	8	4 x 2 semaines
<b>Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)</b>	Tubes à diffusion	8	4 x 2 semaines
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>	Tubes à diffusion	8	4 x 2 semaines
<b>Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Toluène, xylènes</b>	Tubes à diffusion	8	4 x 2 semaines
<b>Composés Organiques Volatils</b>	Canisters	8	24 x 24 heures

<b>Dioxines</b>	Jauges de mesures des retombées	1	2 x 2 mois
<b>Métaux lourds</b>	Jauges de mesures des retombées	1	2 x 2 mois

Tableau 3 Mesures réalisées dans le cadre de cette étude

Cette liste de polluants comprend l’ozone ( $O_3$ ), qui est un indicateur de la pollution atmosphérique photochimique et dont l’impact sur la végétation est avéré et important.

Cette liste comprend aussi les polluants précurseurs de l’ozone que sont les oxydes d’azote ( $NO_x$  et  $NO_2$ ) ainsi que les composés Organiques Volatils (COV).

Sur le site des hauts plateaux du Vercors, l’ASCOPARG procèdera à des mesures simultanées de dioxines et de métaux lourds dans les retombées atmosphériques et dans les lichens.

### 3. Techniques de mesures

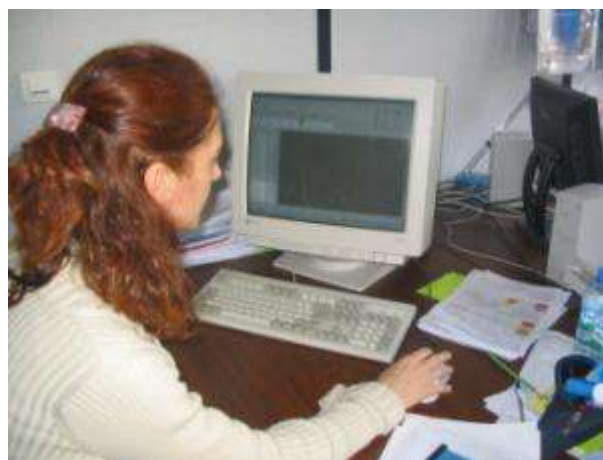
Les méthodes de travail d’ASCOPARG et d’ATMO Drôme Ardèche sont certifiées selon le référentiel d’assurance qualité ISO 9001 pour l’ensemble de son activité et 17025 pour l’activité d’étalonnage et ont été appliquées pour la présente étude (maintenance du parc d’appareils de mesures, traitement des données, conduite de projet).

#### c. Mesures en continu par analyseur

Dans le cadre de cette étude, les mesures en continu par analyseurs automatiques concernent uniquement l’ozone ( $O_3$ ) sur le site de Corrençon en Vercors et sur le site de référence (Fontaine les balmes).



Installation de la cabine de mesures au golf de Corrençon



Les données d’ozone sont transmises au poste central où elles sont validées avant d’être diffusées.

Figure 22 Mesures d’ozone ( $O_3$ ) à Corrençon en Vercors

Pour établir un bilan de la qualité de l’air et estimer l’importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer de données précises (déclinées dans la mesure du possible sur un pas de temps horaire) produites par les analyseurs.

#### d. Mesures par échantillonnage passif pour les oxydes d’azote ( $NO_x$ ), le dioxyde d’azote ( $NO_2$ ) et l’ozone ( $O_3$ )

Par définition, l’échantillonnage passif est basé sur le transfert de matière d’une zone à une autre sans mouvement actif de l’air. Le contact de l’air à analyser avec le réactif du tube (du charbon actif pour les tubes mesurant le benzène et le toluène) est dans ce cas induit par convection naturelle et diffusion (Loi de Fick).

Cette méthode indicative qui donne une moyenne sur une semaine (correspondant à la durée d'exposition du tube dans cette étude) est moins précise que les analyseurs (qui mesurent des concentrations horaires) mais présente l'avantage d'être moins onéreuse et donc de pouvoir multiplier les points de mesures.

Les échantillonneurs passifs (aussi appelés tubes à diffusion passive ou tubes passifs) utilisés dans le cadre de cette étude pour la mesure du benzène et du toluène sont fournis par la Fondation Salvatore Maugeri (Laboratoire italien – PADOVA) et sont analysés par le Laboratoire Interrégional de Chimie de l'ASPA (Association pour la Surveillance de la Pollution Atmosphérique en Alsace – SCHILTIGHEIM, 67).

Les échantillonneurs passifs pour la mesure des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de l'ozone (O<sub>3</sub>) sont fournis et analysés par PASSAM (laboratoire d'analyses – MANNEDORF, Suisse).



Tubes NO<sub>2</sub>



Tubes BTX installés dans leur  
boite de protection



Tubes NO<sub>2</sub> installés dans leur  
boite de protection

Figure 23 Tubes à diffusion

Les échantillonneurs passifs sont exposés dans l'air ambiant pendant une semaine (soit deux semaines de mesures par campagne) puis envoyés pour analyse afin de déterminer la concentration des polluants piégés.

**e. Mesures des retombées atmosphériques de dioxines et métaux lourds par collecteurs de précipitations (jauges Owen)**

Des jauges Owen ont été installées sur la station météorologique de Gerland. Ces jauges permettent la mesure des retombées atmosphériques de dioxines et de métaux lourds.

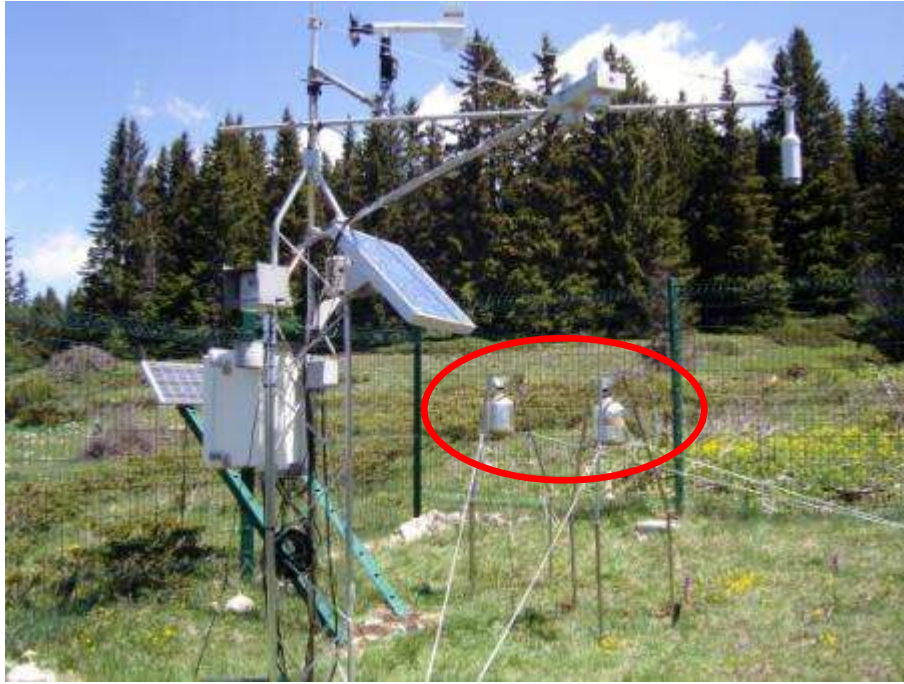


Figure 24 Les jauges Owen (entourées en rouge) ont été installées sur le site de Gerland (station météorologique de la réserve naturelle des hauts plateaux)

Après une exposition de deux mois, les jauges ont été analysées par le laboratoire CARSO (Lyon).

Le tableau suivant (Tableau 4) donne la liste des dioxines et des furanes mesurés dans les retombées atmosphériques sur le site de Gerland.

Dioxines et furannes – 17 congénères les plus toxiques	
Tétrachloro-2,3,7,8 dibenzoparadiioxine	2,3,7,8 TCDD
Pentachloro-1,2,3,7,8 dibenzoparadiioxine	1,2,3,7,8 PeCDD
Hexachloro-1,2,3,4,7,8 dibenzoparadiioxine	1,2,3,4,7,8 HxCDD
Hexachloro-1,2,3,6,7,8 dibenzoparadiioxine	1,2,3,6,7,8 HxCDD
Hexachloro-1,2,3,7,8,9 dibenzoparadiioxine	1,2,3,7,8,9 HxCDD
Heptachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzoparadiioxine	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD
Octachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzoparadiioxine	OCDD
Tétrachloro-2,3,7,8 dibenzofuranne	2,3,7,8 TCDF
Pentachloro-2,3,4,7,8 dibenzofuranne	1,2,3,7,8 PeCDF
Pentachloro-1,2,3,7,8 dibenzofuranne	2,3,4,7,8 PeCDF
Hexachloro-1,2,3,4,7,8 dibenzofuranne	1,2,3,4,7,8 HxCDF
Hexachloro-1,2,3,6,7,8 dibenzofuranne	1,2,3,6,7,8 HxCDF
Hexachloro-1,2,3,7,8,9 dibenzofuranne	2,3,4,6,7,8 HxCDF
Hexachloro-2,3,4,6,7,8 dibenzofuranne	1,2,3,7,8,9 HxCDF
Heptachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzofuranne	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF
Heptachloro-1,2,3,4,7,8,9 dibenzofuranne	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF
Octachloro-1,2,3,4,6,7,8,9 dibenzofuranne	OCDF

Tableau 4 Liste des dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques et dans les lichens

Le tableau suivant décrit la liste des métaux lourds qui ont été mesurés dans les retombées atmosphériques sur le site des hauts plateaux à Gerland. Certains de ces métaux sont réglementés en air ambiant. Cependant, la mesure des retombées peut

aussi fournir des renseignements représentant l'exposition indirecte de la population au travers de la chaîne alimentaire.

Métal	Symbole	
Antimoine	Sb	
Arsenic	Sn	Réglementé en air ambiant
Baryum	Ba	
Cadmium	Cd	Réglementé en air ambiant
Chrome	Cr	
Cobalt	Co	
Cuivre	Cu	
Manganèse	Mn	
Mercure	Hg	
Nickel	Ni	Réglementé en air ambiant
Plomb	Pb	Réglementé en air ambiant
Thallium	Tl	
Vanadium	V	
Zinc	Zn	

Tableau 5 Liste des métaux lourds mesurés dans les retombées atmosphériques et dans les lichens

Les métaux lourds ont été analysés par ICP/MS (Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer). Les analyses de dioxines et furanes sont effectuées en utilisant un chromatographe capillaire haute résolution couplé à un spectromètre de masse haute résolution. Le laboratoire CARSO est accrédité COFRAC pour la réalisation de ces analyses.

Les résultats des mesures de retombées effectuées sur les hauts plateaux du Vercors seront comparés aux mesures de retombées effectuées dans le cadre du programme d'étude sur les dioxines et les métaux lourds en Rhône Alpes.



Figure 25 Sites de mesures des retombées atmosphériques de métaux lourds et de dioxines



Figure 26 Jauges de mesures des retombées atmosphériques installées sur le site urbain de Lyon Centre (à gauche) et sur le site rural de Saint Germain aux Monts d'Or (à droite)

Ce programme d'étude comporte plusieurs sites de mesures des métaux lourds et dioxines dans les retombées atmosphériques et dans l'air ambiant dont:

- **Lyon Centre** : station de référence urbaine installée sur l'immeuble de la communauté urbaine du Grand Lyon.
- **Saint Germain au Mont d'Or** : station de référence rurale installée à Saint Germain au Mont d'Or

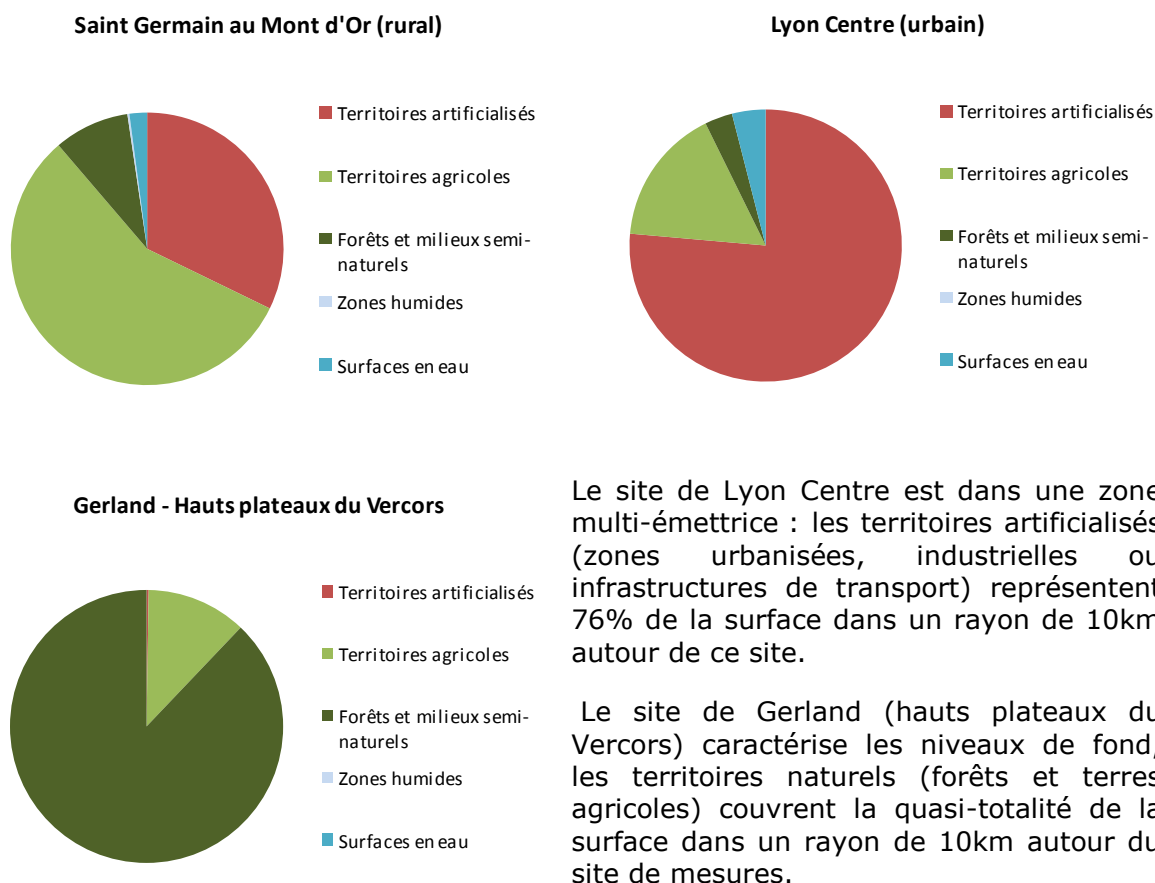


Figure 27 Occupation du sol dans un rayon de 10km autour des sites de mesures des retombées atmosphériques – Source : IFEN, Corine Land Cover

Les autres sites de ce programme concernent essentiellement des zones de proximité industrielle.

**f. Mesure des Composés Organiques Volatils (COV) par canisters**

Les Composés Organiques Volatils ont été mesurés par canisters sur le site de Corrençon en Vercors. Ces prélèvements, d'une durée de 24 heures, ont ensuite été analysés dans le laboratoire de chimie de l'ASCOPARG à Grenoble.



Canister

Analyse des canisters en laboratoire à Grenoble

Figure 28 Mesure des Composés Organiques Volatils par canisters

Le tableau suivant donne la liste des 41 Composés Organiques Volatils qui ont été mesurés. Cette liste permet de différencier les COV légers (moins de 6 carbones) et lourds qui font partie des précurseurs de l'ozone. La liste des COV comprend aussi quelques COV toxiques dont ceux qui font partie des COV chlorés.

COV Légers		COV lourds		COV Toxiques	
Nom	Formule	Nom	Formule	Nom	Formule
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1-Hexène	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	1-1 dichloroethane	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>
Ethylène	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1-2 dichloroethylene	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Benzène	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1-2 dichloroethane	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>
Propène	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	Isooctane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	1-1-1 trichloroethane	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>
Isobutane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	tetrachloromethane	CCl <sub>4</sub>
Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Toluène	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	trichloroethylene	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>
Acétylène	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	1-1-2 trichloroethane	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>
Trans-2-Butène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Ethylbenzène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	tetrachloroethylene	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>
1-Butène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Méta+Para-Xylène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	chlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl
Cis-2-Butène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Ortho-Xylène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	Styrene	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>
Isopentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1,3,5-Triméthylbenzène	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	p-dichlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>
Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1,2,4-Triméthylbenzène	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>		
1,3-Butadiène	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	1,2,3-Triméthylbenzène	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>		
Trans-2-Pentène	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>				
1-Pentène	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>				
Cis-2-Pentène	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>				
Isoprène	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>				

Tableau 6 Liste des Composés Organiques Volatils (COV)

#### 4. Calendrier de l'étude

Le comportement des polluants atmosphériques locaux (processus de transport et d'accumulation des polluants) est fortement lié aux conditions climatiques (pluviométrie, vent, température et ensoleillement).

**L'hiver**, la réactivité photochimique des polluants est faible. Les polluants primaires, comme les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et poussières en suspension (PM<sub>10</sub>) peuvent être présents à des concentrations importantes, car les phénomènes météorologiques sont favorables à leur accumulation dans l'atmosphère (absence de dispersion verticale des polluants liée à une inversion de température qui confine les polluants dans les basses couches de l'atmosphère).

**L'été**, la réactivité photochimique des polluants est plus importante. La température et le rayonnement solaire plus élevés jouent un rôle déterminant en influençant la vitesse de nombreuses réactions chimiques et favorisent l'apparition de polluants dits « secondaires » dont l'ozone (O<sub>3</sub>).

Le comportement des polluants atmosphériques locaux est lié aux conditions climatiques et donc aux saisons. En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air sur un territoire, mais aussi dans le temps, les mesures doivent être également réparties dans l'année avec un **minimum de 8 semaines de mesures**, soit 14% de l'année (directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.



### 3. Historiques des mesures de qualité de l'air dans le parc du Vercors

#### 1. Les campagnes de mesures ponctuelles

Le territoire du Vercors a fait l'objet de nombreuses mesures de la qualité de l'air. Ces mesures s'effectuaient dans le cadre d'une évaluation locale de la qualité de l'air ou participaient à des programmes d'étude à l'échelle régionale ou nationale comme les cartographies régionales de l'ozone, du dioxyde d'azote et du benzène.



Mesure des hydrocarbures aromatiques polycycliques à Méaudre en 2004



Cartographie régionale du dioxyde d'azote et du benzène en 2005 – Site de Saint Agnan en Vercors



Evaluation de la qualité de l'air dans le département de l'Isère - Lycée climatique de Villard de Lans en 2006

Figure 29 Mesures dans le Vercors

#### 2. Le Vercors au cœur du dispositif de surveillance

Depuis 2007, le territoire du Vercors participe au dispositif de surveillance de la qualité de l'air. A ce titre, ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG ont implanté dans le Vercors durant les printemps et étés 2007, 2008 et 2009 une station de mesures de l'ozone. Cette station a été intégrée au dispositif régional de surveillance de la qualité de l'air comme site représentatif de la **zone alpine**.



La Chapelle en Vercors - 2007



Saint Martin en Vercors - 2008



Corrençon en Vercors - 2009

Figure 30 Les stations de surveillance de l'ozone dans le parc du Vercors

La station du Plan du lac située dans le parc national de la Vanoise à Termignon (Savoie) (alt.2380m) complète le dispositif régional de surveillance de l'ozone dans la zone alpine.



Figure 31 Zones de surveillance en Rhône Alpes

En Rhône Alpes, la **zone alpine** représente 31% de la surface totale de la région et 6% de la population de la région.

Elle englobe les zones montagneuses de l'Est de la région.

## 4. Présentation des résultats

### 1. Les oxydes d'azote (NOx et NO<sub>2</sub>)

#### a. Les émissions d'oxyde d'azote dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Le monoxyde d'azote (NO) est émis lors des combustions de carburants et plus généralement de combustibles fossiles. En effet, le NO est issu de la combinaison à haute température de l'oxygène et de l'azote de l'air ( $N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$ ).

Dans l'air, une partie du NO se recombine très rapidement (quelques secondes à quelques minutes) pour former du NO<sub>2</sub> ( $2 NO + O_2 \rightarrow 2 NO_2$  ou  $NO + O_3 \rightarrow 2 NO_2$ ).

Cette transformation rapide du NO en NO<sub>2</sub> explique le fait que le NO<sub>2</sub> est aussi considéré comme un polluant primaire.

Le terme oxydes d'azote (NOx) désigne le monoxyde d'azote (NO) et l'ensemble des composés issus de l'oxydation du NO, dont principalement le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).

Le transport routier (en **rouge** sur les figures suivantes) est le premier émetteur de NOx dans le Vercors avec 54% des émissions totales. Dans les départements de l'Isère et de la Drôme, le transport routier est aussi le premier émetteur de NOx avec 61% des émissions.

Dans le parc du Vercors, la part du secteur **industriel** dans les émissions de NOx est quasi nulle. Zone rurale, la part du secteur de **l'agriculture et de la sylviculture** est importante (36% des émissions totales).

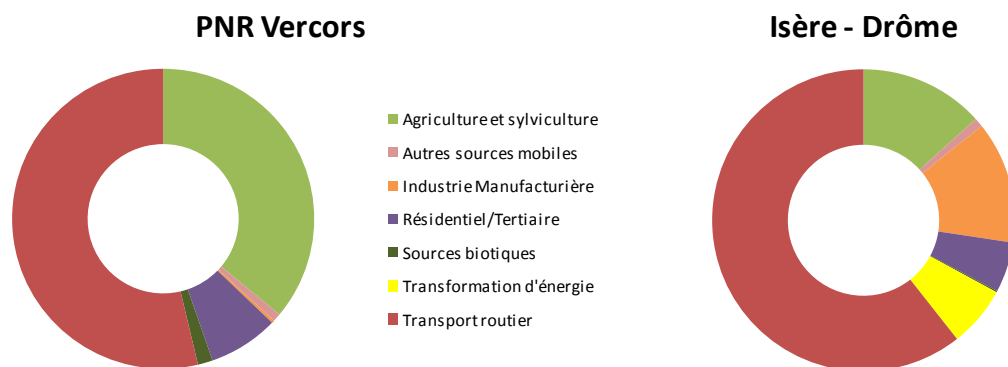


Figure 32 Emissions d'oxydes d'azote (NOx) dans le Parc Naturel Régional du Vercors (à gauche) et dans les départements de l'Isère et de la Drôme (à droite) en 2006 – Version 2008-3

Les émissions de NOx sont concentrées à proximité des zones urbanisées du parc et des routes. Dans la réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors (en blanc sur la figure suivante), les émissions d'oxydes d'azote sont quasiment nulles.

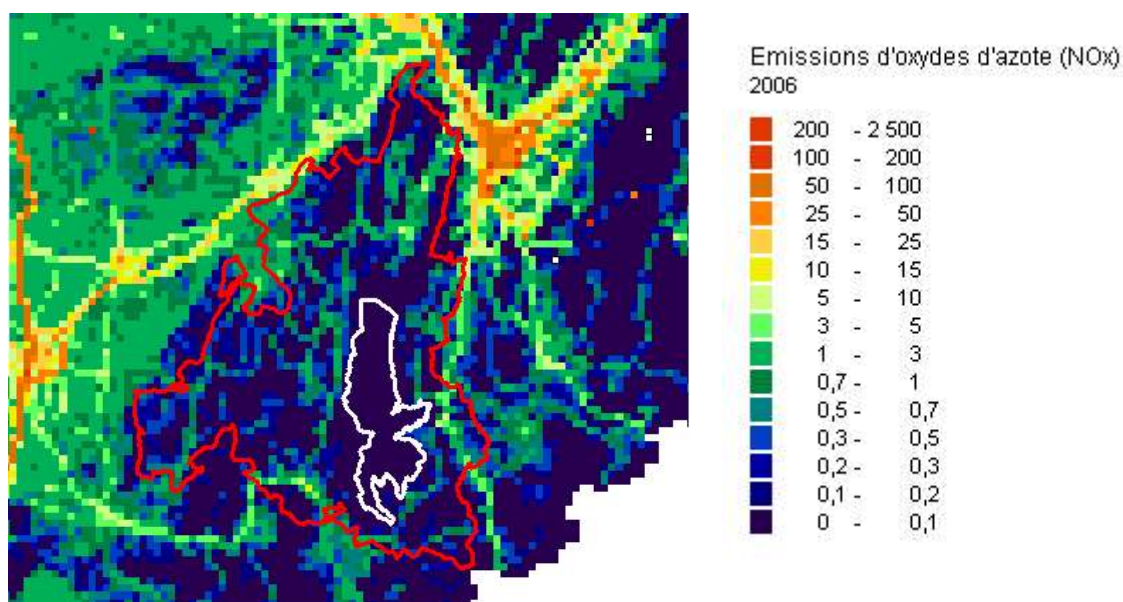


Figure 33 Emissions d'oxydes d'azote en tonnes par an dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2006 – Version 2008-3

#### b. Effets du dioxyde d'azote sur l'environnement

Le dioxyde d'azote contribue aux phénomènes de pluies acides, de par son caractère de polluant acide et par son rôle dans la pollution photo-oxydante. Il participe également à la formation de l'ozone troposphérique, dont il est l'un des précurseurs, à la dégradation de la couche d'ozone et à l'effet de serre.

Enfin, même si les dépôts d'azote possèdent un certain pouvoir nutritif, à long terme, ces apports peuvent créer un déséquilibre nutritif dans le sol qui se répercute par la suite sur les végétaux.

#### c. Modélisation des niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

ATMO Drôme Ardèche et ASCOPARG disposent d'un outil (Prév'alp) permettant de modéliser la pollution de fond de plusieurs polluants à l'échelle de la région avec une résolution de 1km.

Le modèle Prevalp permet d'obtenir des cartographies horaires des concentrations d'ozone (O<sub>3</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules en suspension (PM<sub>10</sub>) sur

l'ensemble de la région Rhône-Alpes, calculées à partir du cadastre des émissions et de prévisions météorologiques. Il est utilisé principalement pour les prévisions de qualité de l'air diffusées au grand public, telles que l'indice ATMO ou les risques de dépassement des seuils réglementaires.

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) pour l'année 2008.

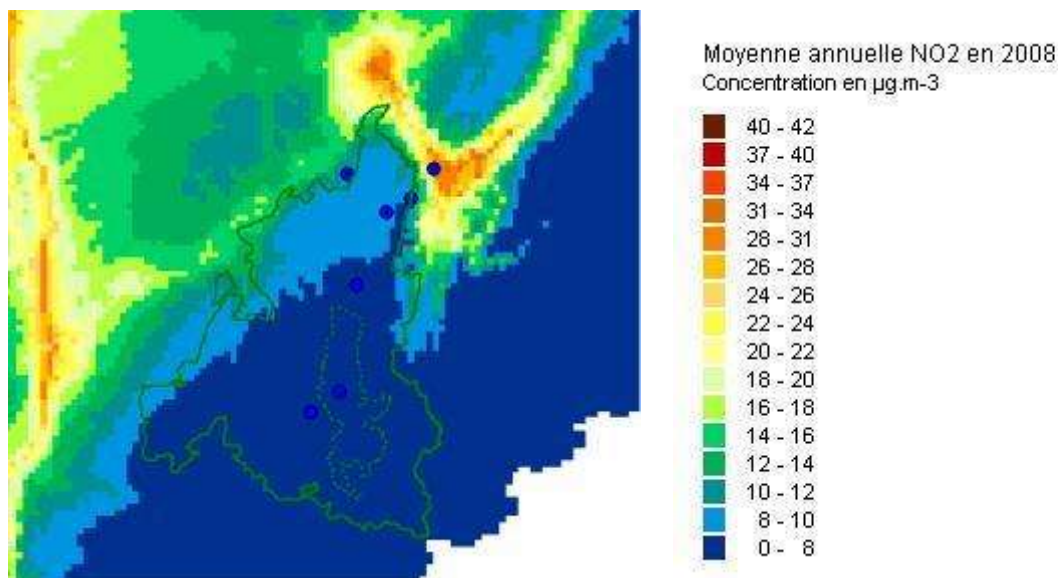


Figure 34 Concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en 2008- Résultats issus de la modélisation par Prévalp - Le trait vert correspond au contour du Parc Naturel Régional du Vercors, le trait vert en pointillé correspond au contour de la réserve naturelle des hauts plateaux

Dans le Parc Naturel Régional du Vercors, les concentrations de fond en dioxyde d'azote sont faibles. Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote sont inférieures à 8 µg.m<sup>-3</sup> dans 75% du parc. Elles restent aussi bien inférieures à celles modélisées dans l'agglomération de Grenoble.

En l'absence de source, les niveaux de dioxyde d'azote sont très faibles et homogènes dans la réserve des hauts plateaux : ils sont compris entre 4 et 7 µg.m<sup>-3</sup>.

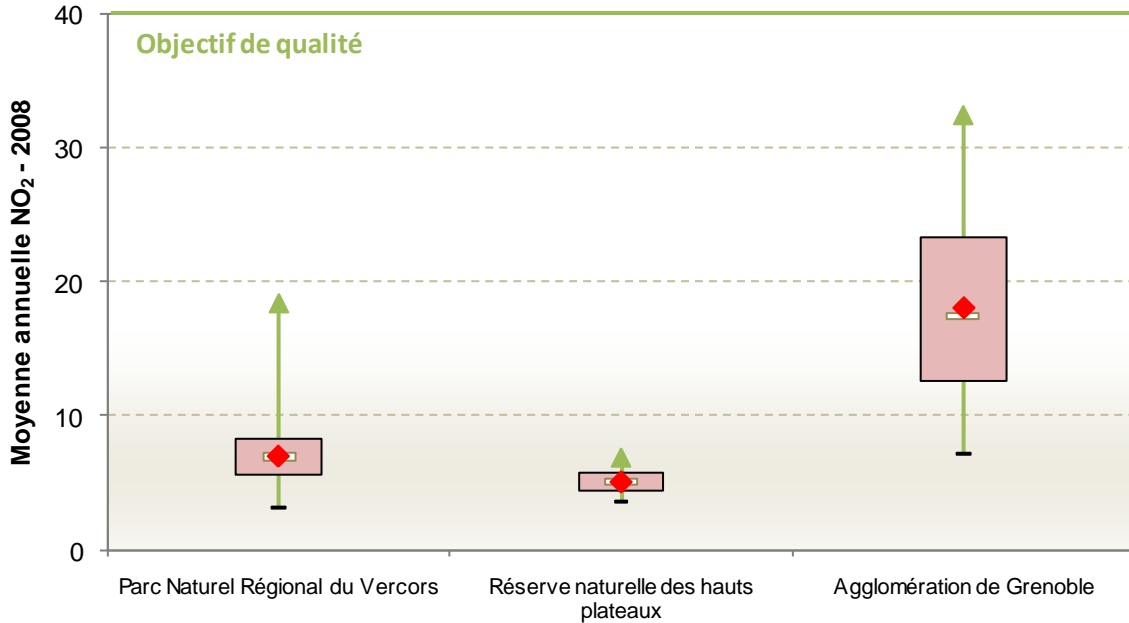


Figure 35 Statistiques des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

**d. Niveaux mesurés et comparaison par rapport à la réglementation**

Sur l'ensemble des sites du parc (2009\_PARC\_02 à 2009\_PARC\_07), les niveaux moyens de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont bien inférieurs à ceux mesurés sur la station urbaine de référence (2009\_PARC\_01).

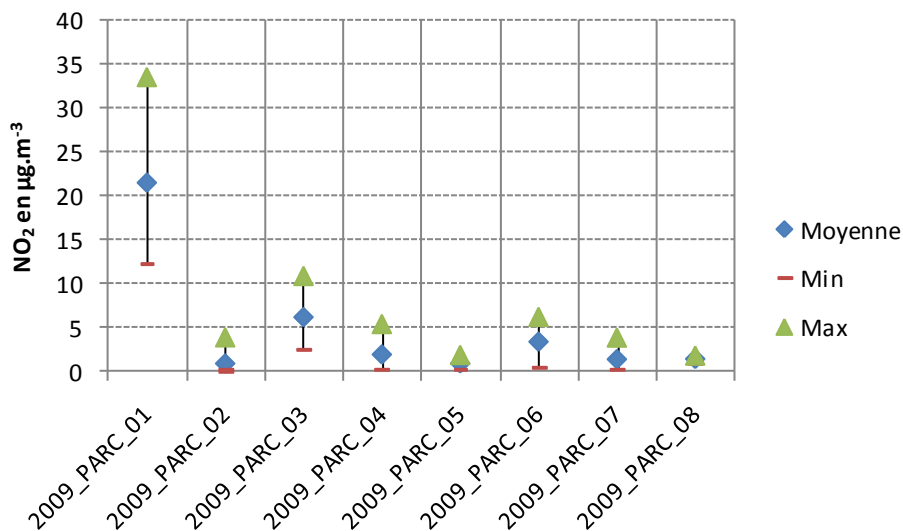


Figure 36 Mesures de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) par tubes à diffusion passive dans le parc naturel régional du Vercors

Sur le territoire du parc du Vercors, les niveaux de dioxyde d'azote les plus importants ont été mesurés à Lans en Vercors (2009\_PARC\_03) qui est une des zones les plus urbanisées du parc.

La diminution des concentrations s'observe avec l'augmentation de la distance par rapport à l'agglomération. Cette diminution est liée d'une part à la diminution des émissions et d'autre part au relief (visible sur le site du Moucherotte situé en altitude et à moins de 10km de Grenoble).

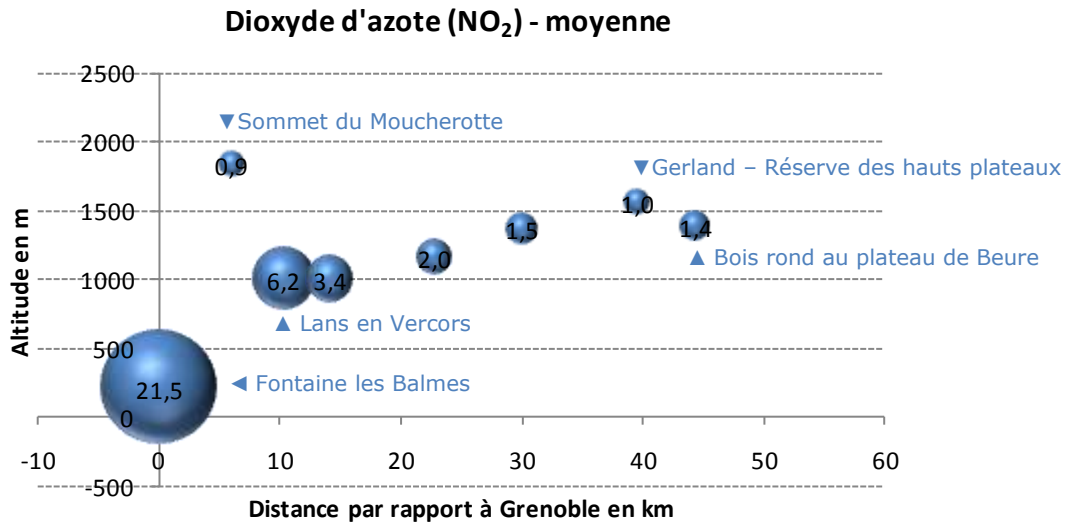


Figure 37 Concentration moyenne en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en fonction de la distance à Grenoble et de l'altitude

Des mesures d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>) ont aussi été réalisées. Sur les sites du parc (2009\_PARC\_02 à 2009\_PARC\_07), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) sont faibles et représentés essentiellement sous leur forme de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).

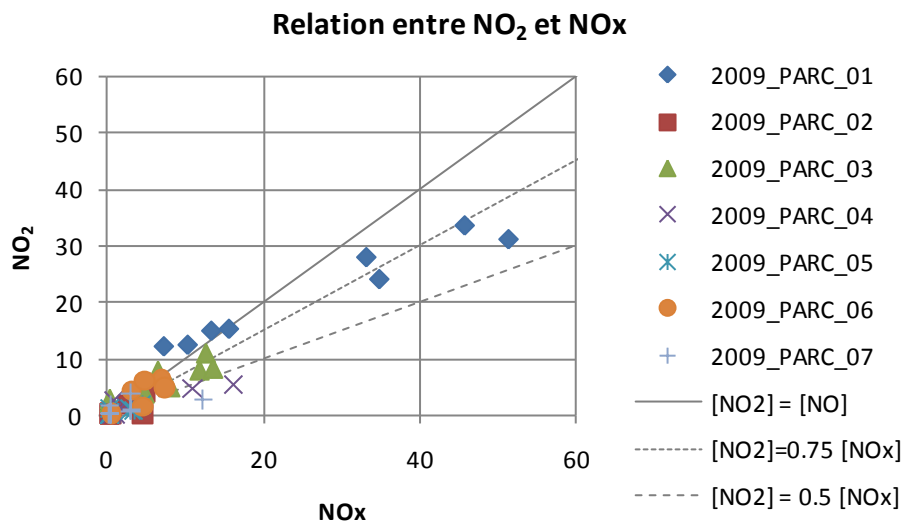


Figure 38 Relation entre dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> = NO+NO<sub>2</sub>)

Sur le site de référence urbaine (2009\_PARC\_01), les niveaux d'oxydes d'azote sont importants en automne et en hiver (supérieurs à 30 µg.m<sup>-3</sup>) : ils sont liés à une pollution locale (le NO représente entre 50 et 75% des oxydes d'azote). A cette période, les oxydes d'azote sont présents sous deux formes, le monoxyde d'azote (NO) qui est directement émis par les sources de pollution et sa forme oxydée le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).

## 2. Les Composés Organiques volatils (COV)

### a. Les émissions de COV dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Les émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques sont dominées par le secteur biotique dans le parc du Vercors. Ce secteur représente à lui seul 92% des émissions totales de COV non méthaniques.

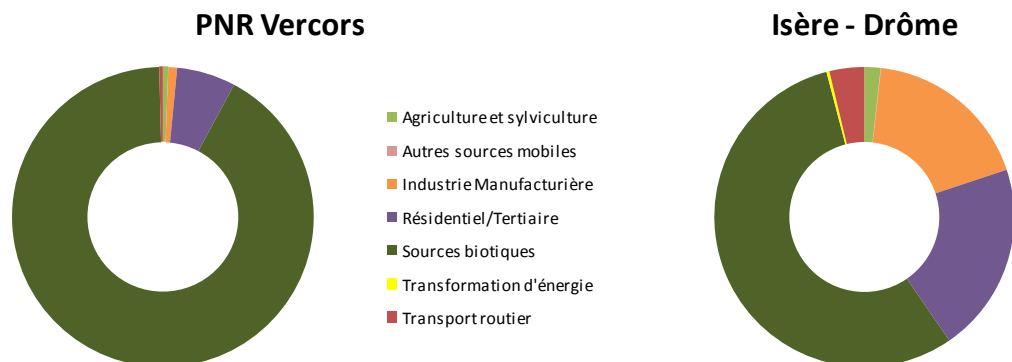


Figure 39 Emissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques dans le Parc Naturel Régional du Vercors (à gauche) et dans les départements de l'Isère et de la Drôme (à droite) en 2006 – Version 2008-3

Dans le Vercors, le secteur biotique constitue une source importante de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques. Les émissions de COVNM ne sont donc pas limitées aux seules zones urbanisées.

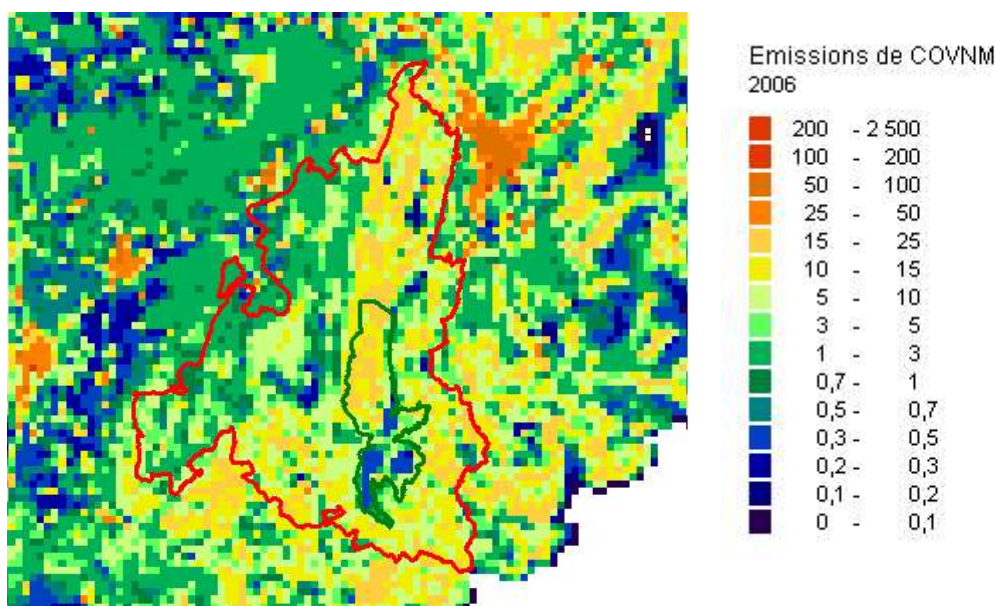


Figure 40 Emissions de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) en tonnes par an dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2006 – Version 2008-3

### b. Niveaux de benzène et toluène mesurés par tubes à diffusion

Benzène

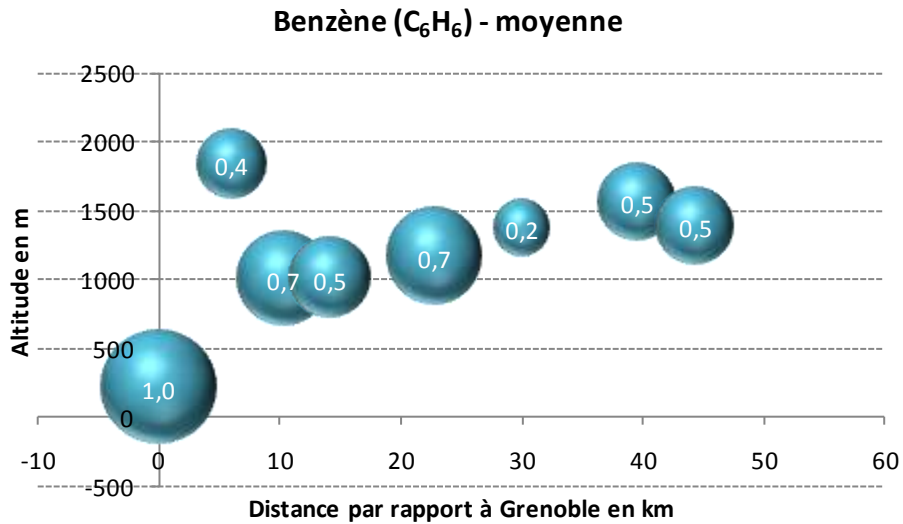


Figure 41 Concentration moyenne en benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) en fonction de la distance à Grenoble et de l'altitude

Toluène

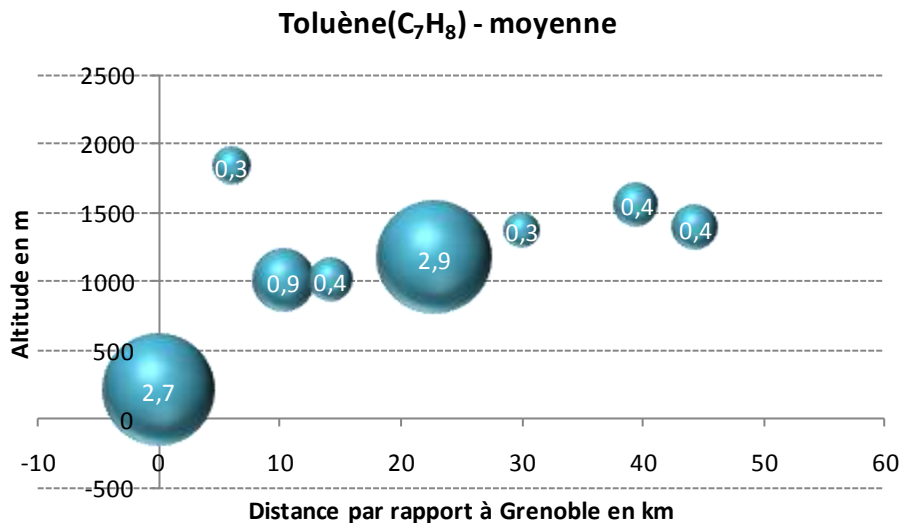


Figure 42 Concentration moyenne en benzène (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) en fonction de la distance à Grenoble et de l'altitude

**c. Les COV précurseurs de l'ozone et les composés chlorés à Corrençon en Vercors**

Le graphique suivant illustre les résultats des mesures de Composés Organiques Volatils à Corrençon en Vercors pendant la campagne estivale (6 prélèvements pour le site du Parc du Vercors).

Les quantités de COV mesurés sur le site du Parc du Vercors (Corrençon) sont inférieures à celles mesurées sur les autres sites de la région.



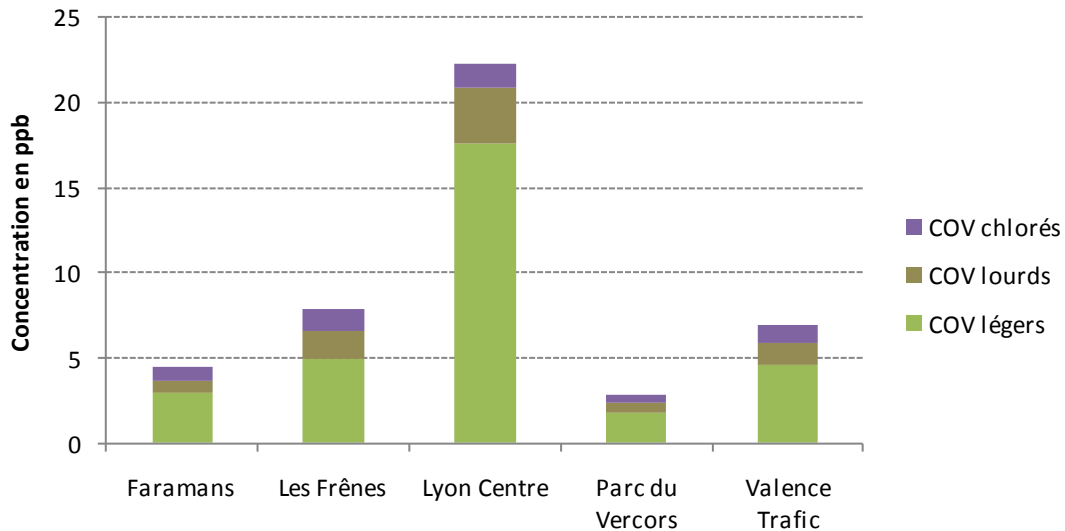


Figure 43 Répartition des Composés Organiques Volatils en juillet 2009

Les graphiques suivants permettent de distinguer les différents composés organiques volatils.

Parmi les COV légers, les plus importantes concentrations d'isoprène sont mesurées sur le site du parc du Vercors. En effet, l'isoprène est un composé Organique Volatil léger produit naturellement par les plantes (notamment les arbres à feuilles caduques), les animaux et les êtres humains. Par exemple, la vitesse à laquelle l'isoprène est produit dans le corps humain est d'environ 17 mg/jour pour une personne pesant 70 kg. Il est largement répandu à l'état naturel, en faibles concentrations, ainsi que dans de nombreux aliments.

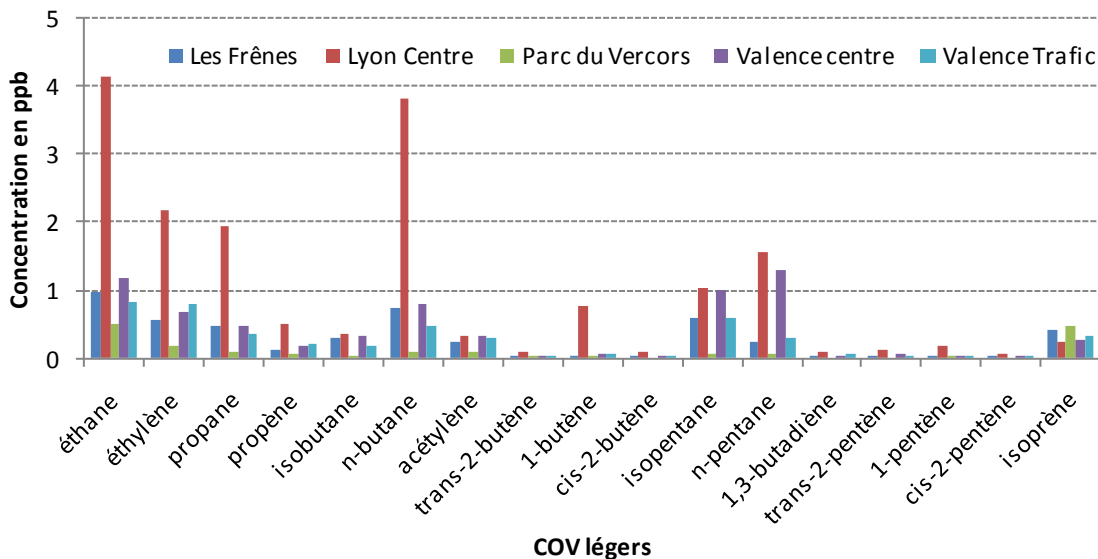


Figure 44 Concentrations de Composés Organiques Volatils légers pendant la campagne estivale (juillet 2009)

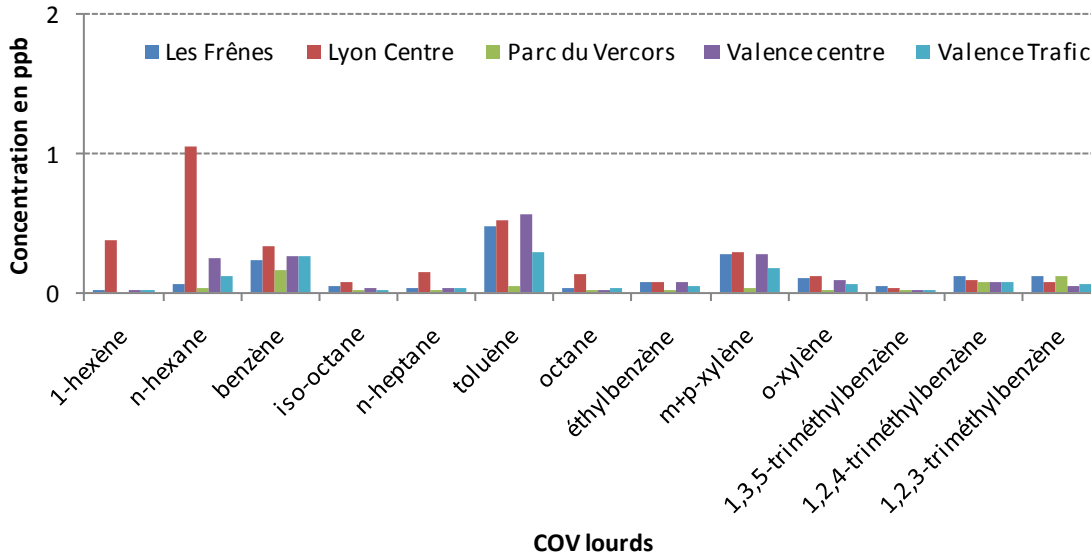


Figure 45 Concentrations de Composés Organiques Volatils lourds pendant la campagne estivale (juillet 2009)

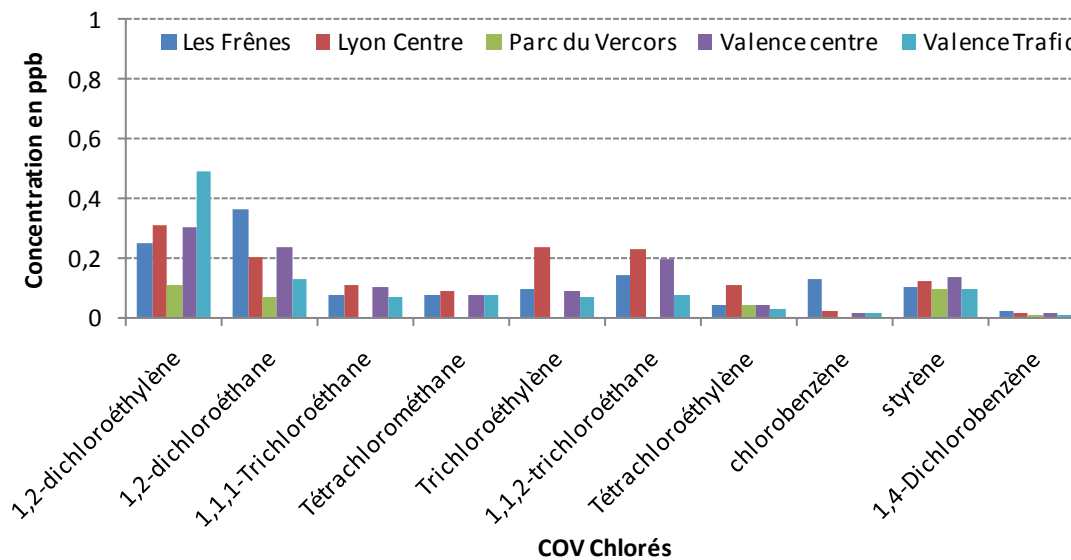


Figure 46 Concentrations de Composés Organiques Volatils chlorés pendant la campagne estivale (juillet 2009)

Vieillessement des masses d'air

### 3. L'ozone (O<sub>3</sub>)

#### a. La formation de l'ozone

L'ozone n'est pas directement rejeté par une source de pollution, il n'est donc pas présent dans les gaz d'échappement des véhicules ou les émissions industrielles. Il se forme par une réaction chimique initiée par les rayons UV du soleil, à partir de polluants dits « précurseurs », les oxydes d'azote et les composés organiques volatils.

### b. Effets de l'ozone sur l'environnement

L'ozone est un puissant gaz oxydant qui a des effets néfastes sur la **végétation** : il perturbe la croissance de certaines espèces, entraîne des baisses de rendement des cultures, provoque des nécroses foliaires.

L'ozone pénètre dans les feuilles par les stomates (minuscules orifices situés au niveau de l'épiderme des végétaux et servant aux échanges gazeux) et se dégrade instantanément au contact des cellules, entraînant des réactions en chaîne et aboutissant à la mort de celles-ci.

Sur les plantes les plus sensibles, les symptômes sont identifiables dans un premier temps par la présence de nécroses foliaires et ensuite par la chute prématurée des feuilles. Ces pertes foliaires entraînent des **diminutions de croissance** et un **affaiblissement des plantes**, les rendant plus sensibles aux **attaques parasitaires** (insectes, champignons) et aux **aléas climatiques** (sécheresse).



Aiguilles de sapin pectiné ne présentant pas de symptômes d'ozone. Le feuillage, prélevé à l'ombre, reste uniformément vert.



Exemple typique de photobleaching dû à l'ozone sur des aiguilles de sapin pectiné. Sur une branche éclairée, une décoloration des aiguilles exposées à la lumière est notée. L'intensité de cette décoloration augmente avec l'âge des aiguilles.

Figure 47 Exemple de symptôme de l'ozone sur le sapin – Source site internet du Groupe International d'Etudes des Forêts Sud Européennes ([www.ozone-pollution.com](http://www.ozone-pollution.com))

L'ozone contribue par ailleurs au phénomène des pluies acides et à l'effet de serre. Enfin, il attaque et dégrade certains matériaux (le caoutchouc par exemple).

### c. Modélisation des niveaux d'ozone dans le parc du Vercors

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles en ozone ( $O_3$ ) pour l'année 2008.

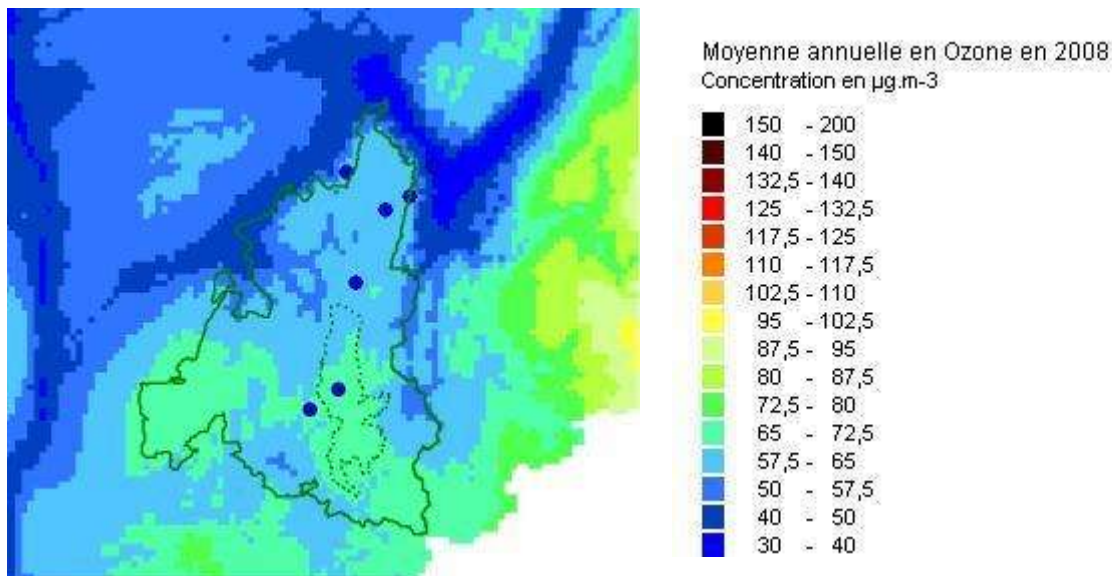


Figure 48 Concentration moyenne annuelle en ozone (O<sub>3</sub>) en 2008- Le trait vert correspond au contour du Parc Naturel Régional du Vercors, le trait vert en pointillé correspond au contour de la réserve naturelle des hauts plateaux

La répartition des concentrations moyennes en ozone est différente de celle du dioxyde d'azote (page 28) : cette répartition est liée au mode de formation et de destruction de l'ozone.

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles d'ozone (O<sub>3</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules (PM<sub>10</sub>) sur l'axe Nord-Sud en 2008.

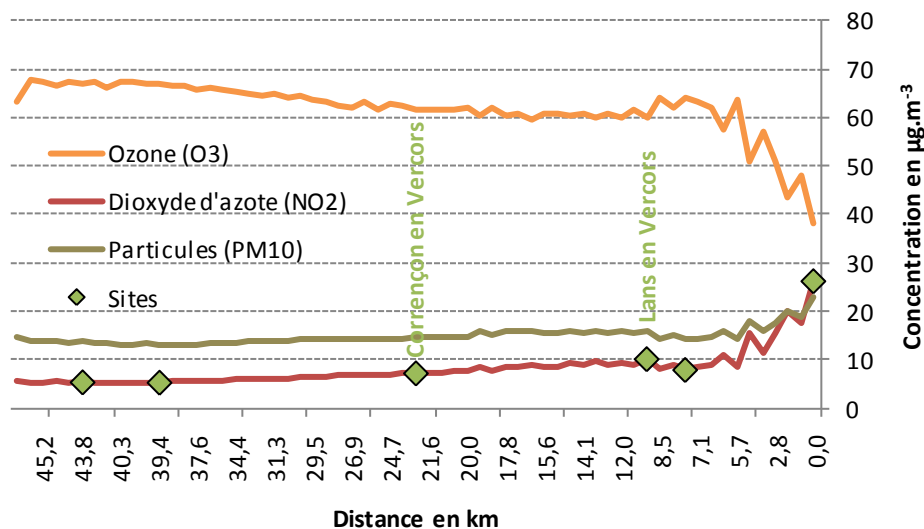


Figure 49 Modélisation des concentrations moyennes annuelles d'ozone (O<sub>3</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules (PM<sub>10</sub>) sur l'axe Nord-Sud

Les concentrations moyennes en ozone sont ainsi plus importantes dans le sud du parc et dans la réserve des hauts plateaux.

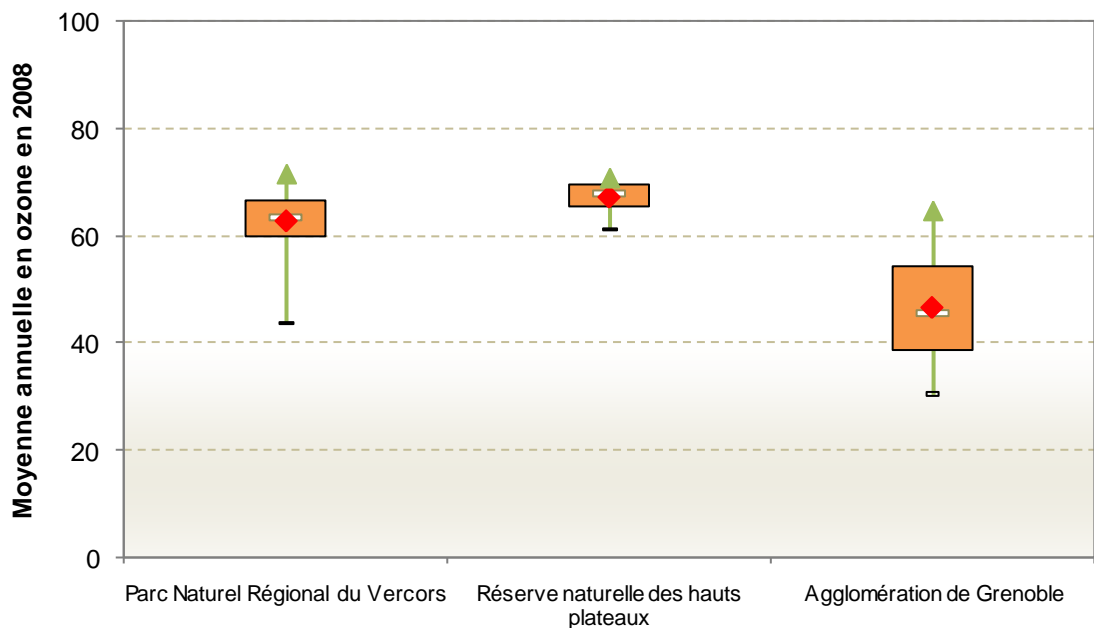


Figure 50 Statistiques des concentrations moyennes annuelles en ozone

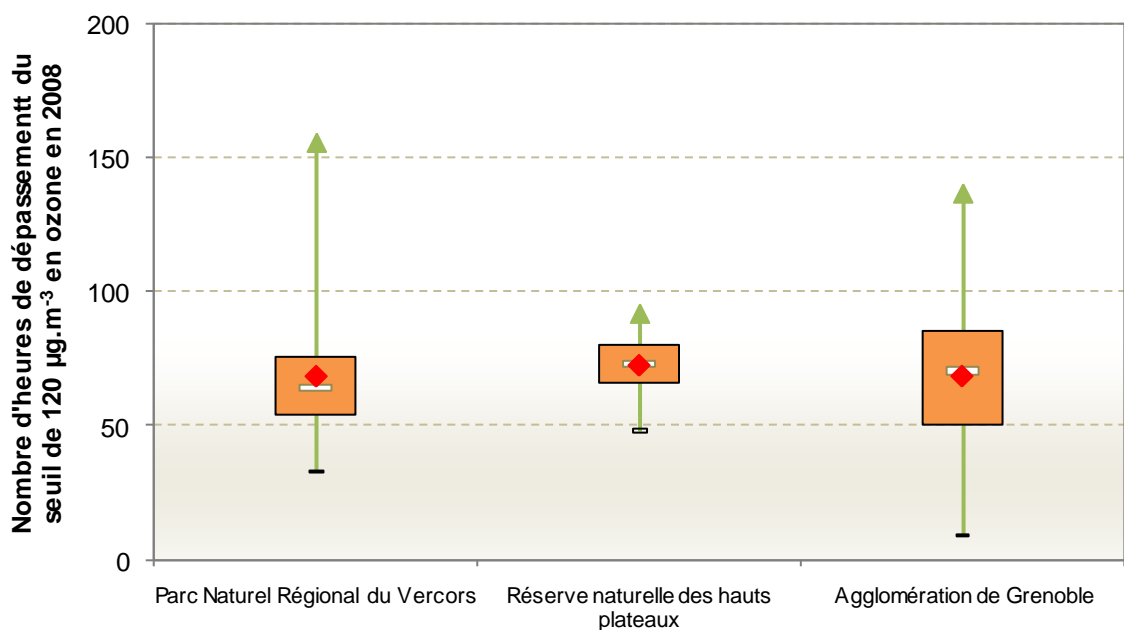


Figure 51 Statistiques du nombre d'heures de dépassements du seuil de 120 µg.m<sup>-3</sup> en ozone en 2008

#### d. Exposition de la végétation et de la forêt à l'ozone

La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe définit pour la protection de la végétation une valeur cible et un objectif à long terme tous deux basés sur le calcul de l'AOT40.

**L'AOT 40**, exprimé en µg.m<sup>-3</sup> par heure, signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 40 parties par milliard (40 ppb soit 80 µg.m<sup>-3</sup>), durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs sur 1 heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures.

La valeur cible de l'AOT 40, pour la protection de la **végétation**, calculée à partir de valeurs moyennes horaires mesurées de mai à juillet est égale à **18 000**  $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ . L'objectif à long terme est fixé à **6 000**  $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ .

	Période de calcul de la moyenne	Mode de calcul	Valeur à respecter	Date à laquelle la valeur réglementaire doit être respectée
<b>Valeur cible</b>	Mai à juillet	AOT 40 (calculé à partir de valeurs sur une heure) – Moyenne calculé sur 5 ans	<b>18 000</b>	1.1.2010
<b>Objectif à long terme</b>	Mai à juillet	AOT 40 (calculé à partir de valeurs sur une heure)	<b>6 000</b>	Non précisé

Tableau 7 Valeurs réglementaires concernant l'ozone pour la protection de la végétation

Il existe aussi un AOT 40 pour la protection de la **forêt**, calculé aussi à partir des valeurs moyennes horaires mesurées d'avril à septembre (Tableau 8). Cet AOT 40 est aussi fixé à 18 000  $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ .

	Période de calcul de la moyenne	Mode de calcul	Valeur à respecter	Date à laquelle la valeur réglementaire doit être respectée
<b>Valeur cible</b>	Avril à septembre	AOT 40 (calculé à partir de valeurs sur une heure) – Moyenne calculé sur 5 ans	<b>18 000</b>	1.1.2010

Tableau 8 Valeur réglementaire concernant l'ozone pour la protection de la forêt

La figure suivante (Figure 52) illustre la cartographie régionale de ces deux AOT40 en 2008.

La valeur cible pour la protection de la végétation (AOT40 >18000  $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ ) n'est pas respectée dans la moyenne vallée du Rhône et dans les zones montagneuses de l'Est de la région.

La valeur cible pour la protection de la forêt (AOT40 Forêt >18000  $\mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ ) n'est pas respectée dans la majeure partie de la région Rhône Alpes. La zone qui respecte l'AOT 40 pour la protection de la forêt concerne la Loire (hors zone du Pilat).

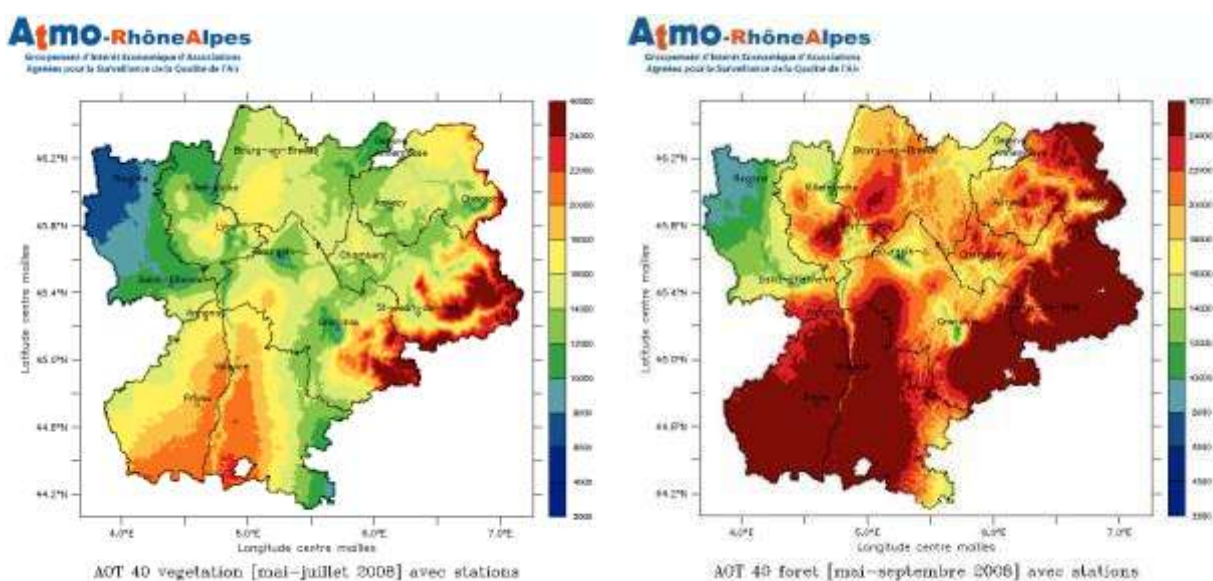
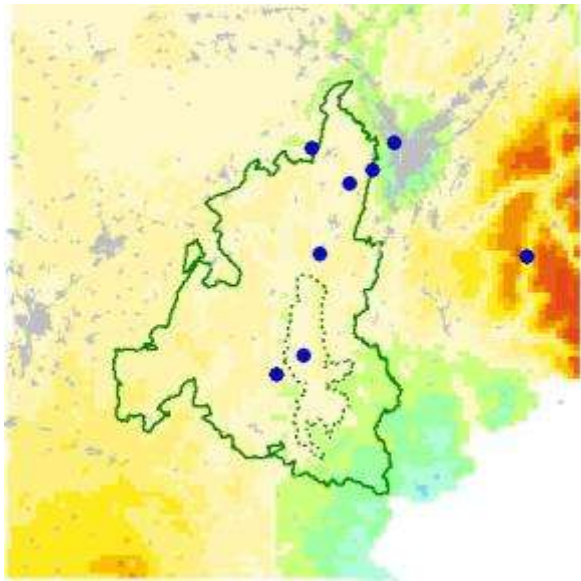
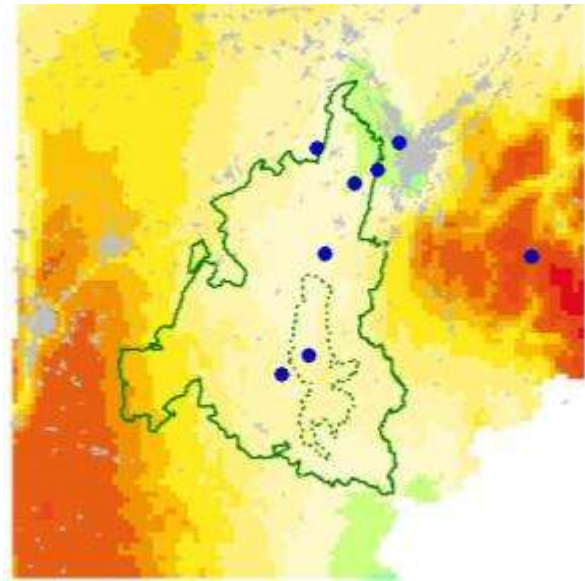


Figure 52 Cartographie de l'AOT40 pour la protection de la végétation (à gauche) et pour la protection de la forêt (à droite) en Rhône Alpes en 2008

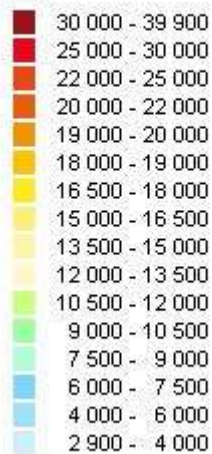


AOT 40 Végétation en 2007



AOT 40 Végétation en 2008

**AOT40 Végétation**  
 $\mu\text{g.m}^{-3}\cdot\text{h}$

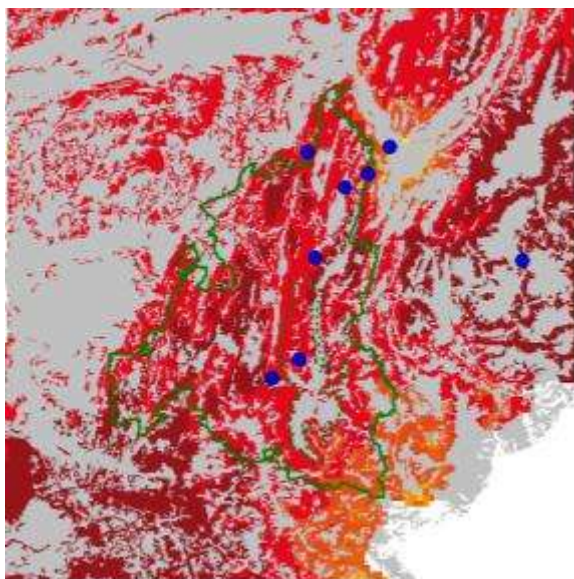


Le calcul de l'AOT 40 Végétation varie beaucoup d'une année à l'autre ; il est fonction des conditions climatiques qui favorisent la formation de l'ozone en plus ou moins grande quantité.

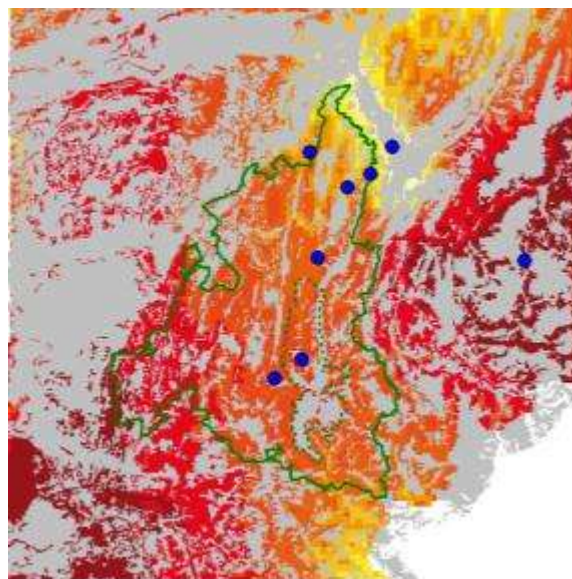
Figure 53 Modélisation de l'AOT 40 végétation dans le Parc Naturel du Vercors en 2007 (gauche) et en 2008 (droite) – Sur cette carte, l'AOT 40 Forêt n'est visible que pour les zones recouvertes de végétation

L'exposition de la forêt à l'ozone concerne essentiellement le sud de la région (Drôme et Ardèche) et les zones montagneuses de l'est de la région (Sud Isère, l'est de la Savoie et de la Haute Savoie).

L'ensemble du territoire du parc du Vercors ne respectait pas en 2007 et en 2008 la valeur définie par l'AOT 40 la forêt.

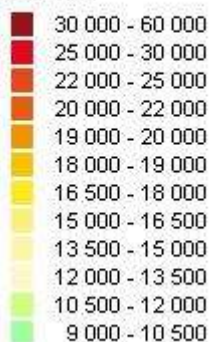


AOT 40 Forêt en 2007



AOT 40 Forêt en 2008

**AOT Forêt**  
µg.m-3.h



Le calcul de l'AOT 40 Forêt varie beaucoup d'une année à l'autre ; il est fonction des conditions climatiques qui favorisent la formation de l'ozone en plus ou moins grande quantité.

Figure 54 Modélisation de l'AOT 40 forêt dans le Parc Naturel du Vercors en 2007 (gauche) et en 2008 (droite) – Sur cette carte, l'AOT 40 Forêt n'est visible que pour les zones recouvertes de forêt

Entre 2008 et 2009, l'AOT 40 pour la **végétation** a peu varié sur la réserve des hauts plateaux du Vercors: l'intégralité du territoire de la réserve naturelle des hauts plateaux respectait ces deux années l'AOT40 pour la **végétation**.

En 2007, l'intégralité du territoire du parc respectait l'AOT40 pour la protection de la végétation. En 2008, les niveaux d'ozone étaient un peu plus importants : une partie du territoire du parc ne respectait pas l'AOT 40 pour la protection de la végétation.



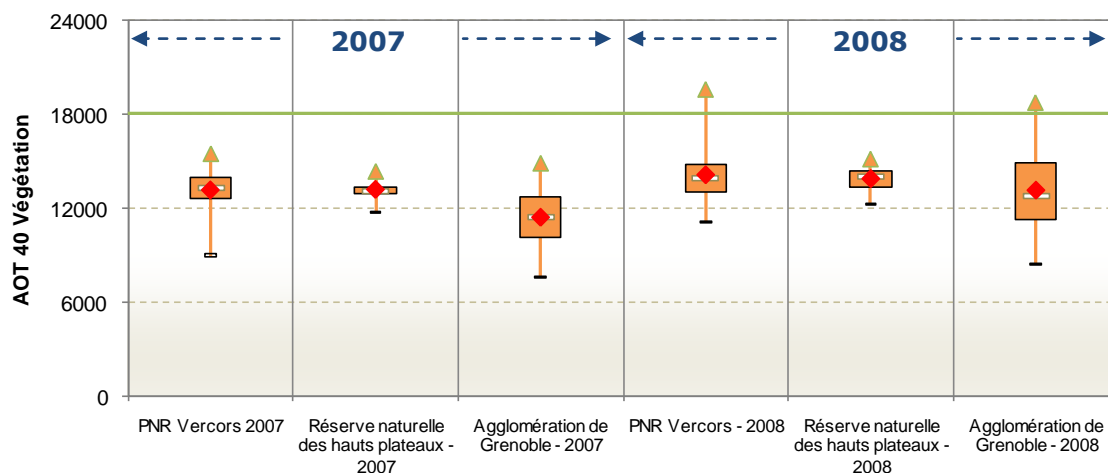


Figure 55 Statistiques de l'AOT40 pour la protection de la **végétation** en 2007 et 2008

Concernant la protection de la forêt, la totalité du parc du Vercors et de la réserve naturelle des hauts plateaux ne respectaient pas en 2007 l'AOT40 pour la protection de la forêt (Figure 56).

En 2008, une petite partie du parc respectait l'AOT 40 pour la protection de la forêt.

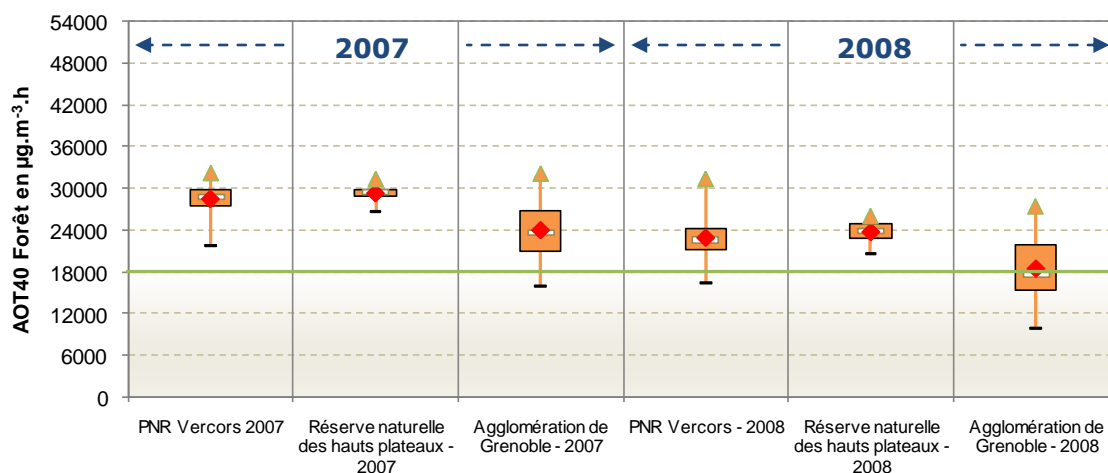


Figure 56 Statistiques de l'AOT 40 pour la protection de la **forêt** en 2007 et 2008

Les graphiques suivants illustrent l'exposition des surfaces forestières du Parc Naturel du Vercors à l'ozone (AOT40 pour la protection de la forêt). Les surfaces sont distinguées selon les essences (exposition des feuillus sur la Figure 57, des conifères sur la Figure 58 et des forêts mélangées sur la Figure 59).

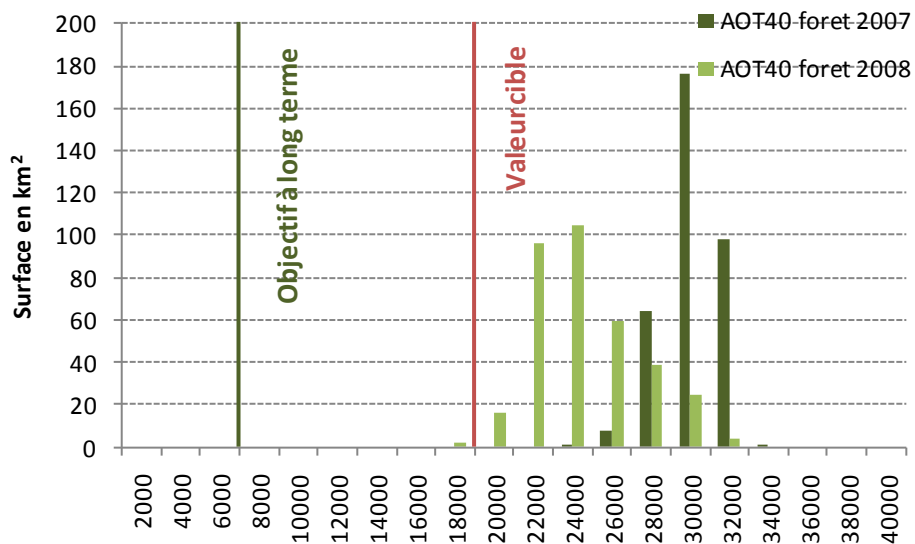


Figure 57 Exposition de la forêt de **feuillus** du Parc Naturel Régional du Vercors à l'ozone en 2007 et 2008

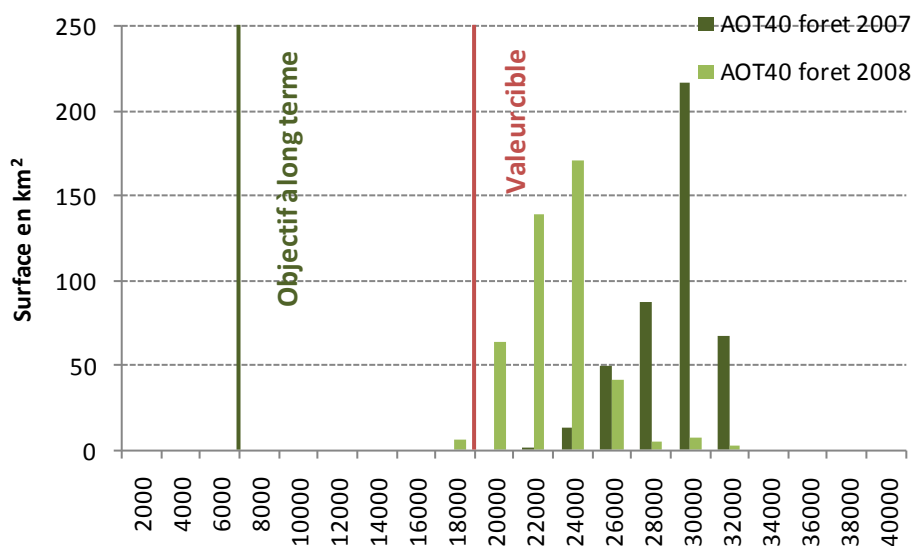


Figure 58 Exposition de la forêt de **conifères** du Parc Naturel Régional du Vercors à l'ozone en 2007 et 2008

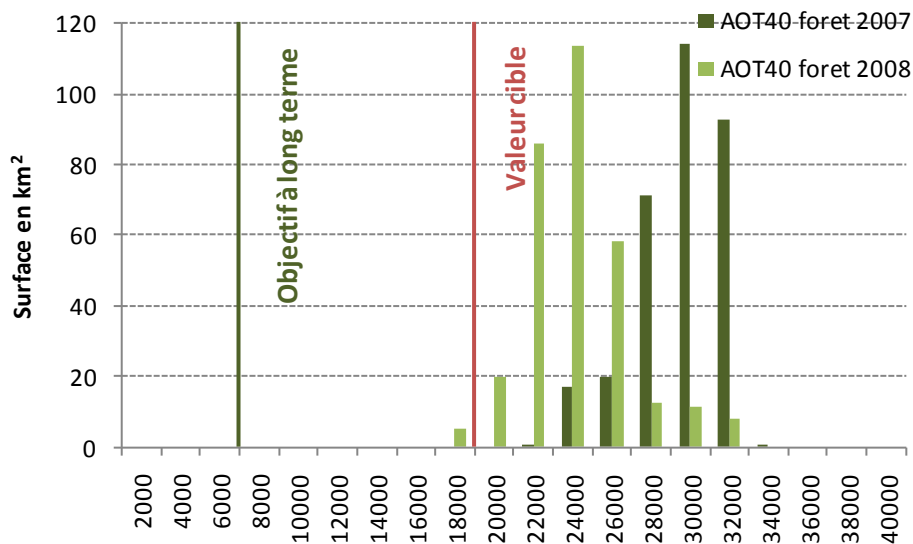


Figure 59 Exposition de la forêt **mélangée** du Parc Naturel Régional du Vercors à l’ozone en 2007 et 2008

Sur les années 2007 et 2008, l’ensemble des forêts du Parc Naturel Régional du Vercors a été exposée à l’ozone avec un AOT40 Forêt supérieur à 18000 µg.m<sup>-3</sup>.h sur la quasi-totalité de la surface forestière du parc.

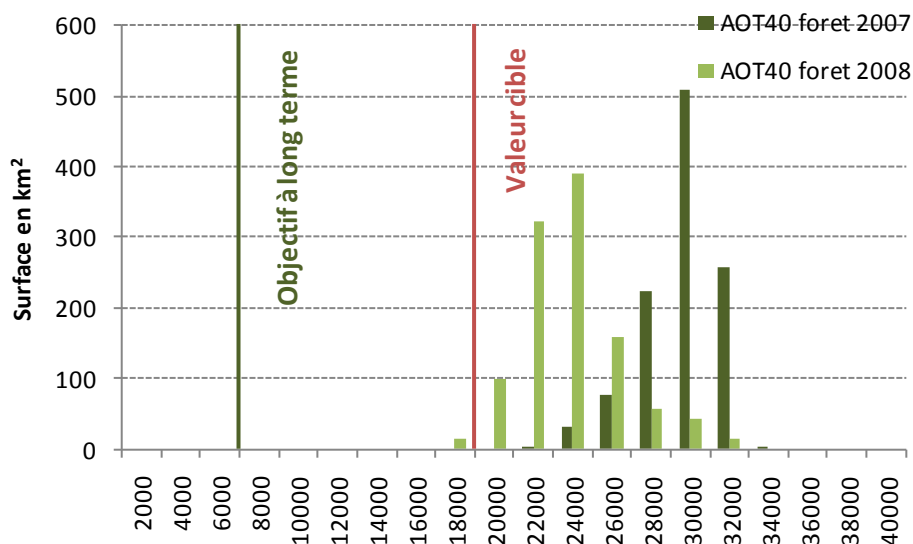


Figure 60 Exposition de la **forêt de feuillus, conifères et mélangée** du Parc Naturel Régional du Vercors à l’ozone en 2007 et 2008

Sur le tracé Est-Ouest, les concentrations moyennes de polluants primaires (dioxyde d’azote et particules) sont les plus importantes dans le secteur du sud grenoblois (Figure 61). En parallèle, les concentrations d’ozone les plus faibles sont modélisées dans ce secteur.

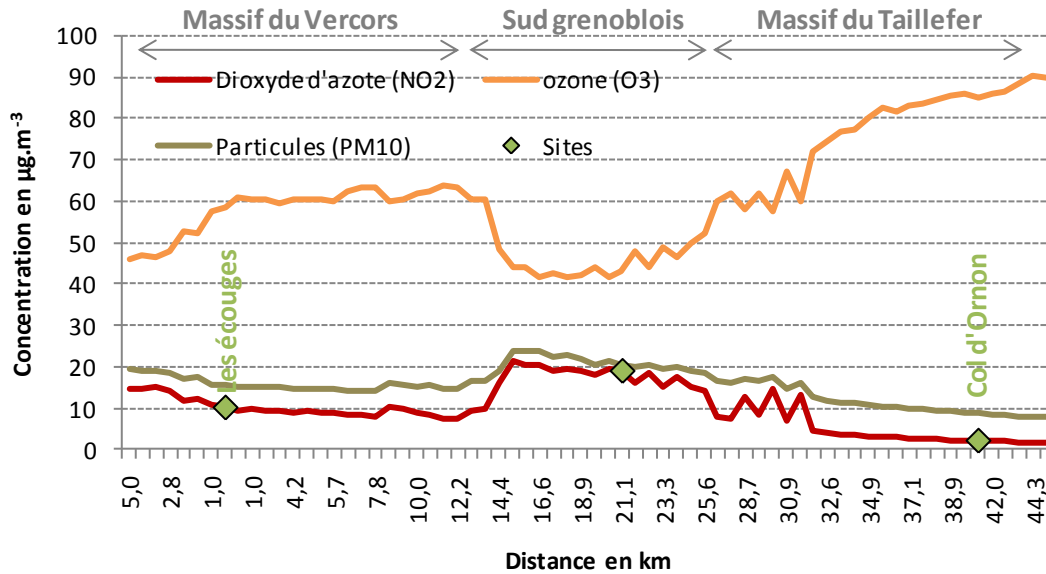


Figure 61 Modélisation des concentrations moyennes annuelles d'ozone (O<sub>3</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules (PM<sub>10</sub>) sur l'axe Est Ouest – La référence pour la distance est prise au site des Ecouges

Sur l'axe Est Ouest, une partie de la zone du sud grenoblois et le massif du Taillefer ne respectent pas la valeur cible pour l'ozone (Figure 62).

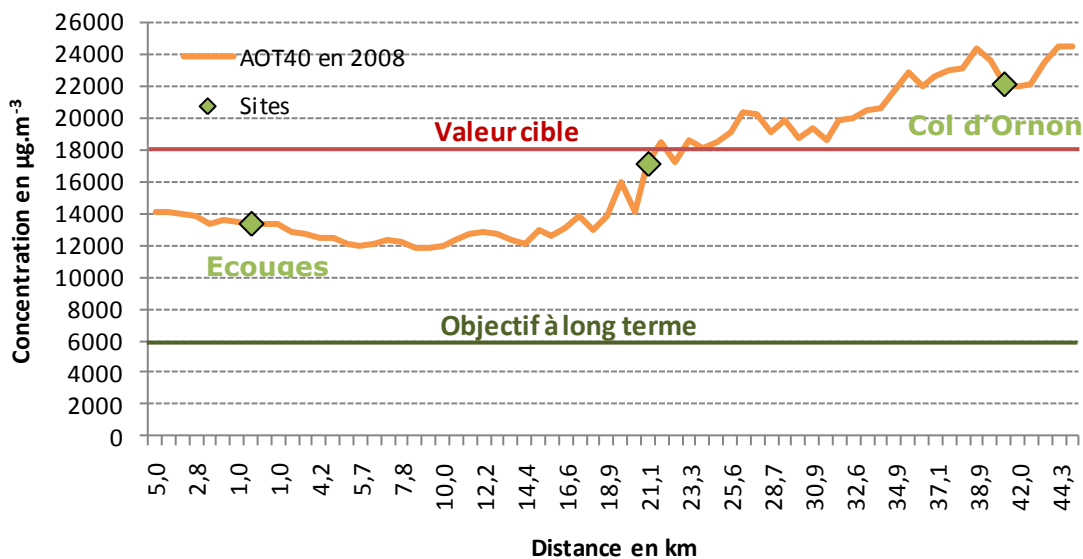


Figure 62 Modélisation de l'AOT40 sur l'axe Est Ouest – La référence pour la distance est prise au site des Ecouges

#### e. Exposition de la population à l'ozone

La directive 2008/CE/50 du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe définit une valeur cible pour la protection de la population (Tableau 9).

Objectif	Période de calcul de la moyenne	Valeur cible	Date à laquelle la valeur réglementaire doit être respectée
Protection de la	Maximum journalier de la	<b>120 µg.m<sup>-3</sup></b> valeur à ne pas dépasser	1.1.2010

Tableau 9 Valeur cible pour la protection de la santé humaine

La figure suivante illustre le nombre de dépassements du seuil journalier de  $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur 8 heures en ozone sur les territoires du Parc du Vercors, sur la réserve des hauts plateaux et dans l'agglomération grenobloise. Si ce nombre de dépassement est supérieur à 25 pour une année, la valeur cible concernant la protection de la santé humaine n'est pas respectée cette année.

Ce nombre de dépassements varie d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques. En 2007, ce nombre de dépassements était plus important qu'en 2008. En 2007, 75% du territoire du Parc Naturel du Vercors n'était pas conforme à cette valeur cible. En 2008, 75% du territoire du Parc avait un nombre de dépassements journalier du seuil de  $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur 8 heures inférieur à 14.

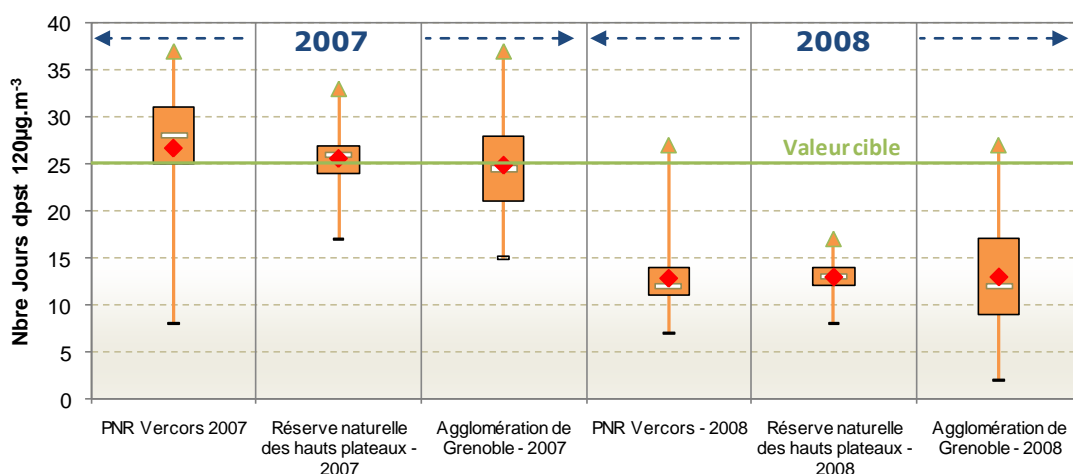


Figure 63 Statistique du nombre de dépassements du seuil journalier de  $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur 8h

La figure suivante illustre l'exposition de la population du Vercors à l'ozone en fonction du nombre de dépassements de la **valeur cible**. En 2007, environ 75% de la population du Vercors était exposé à un air ne respectant pas la valeur cible pour l'ozone (nombre de dépassements supérieur à 25). En 2008, ce pourcentage est pratiquement nul (0,1%).

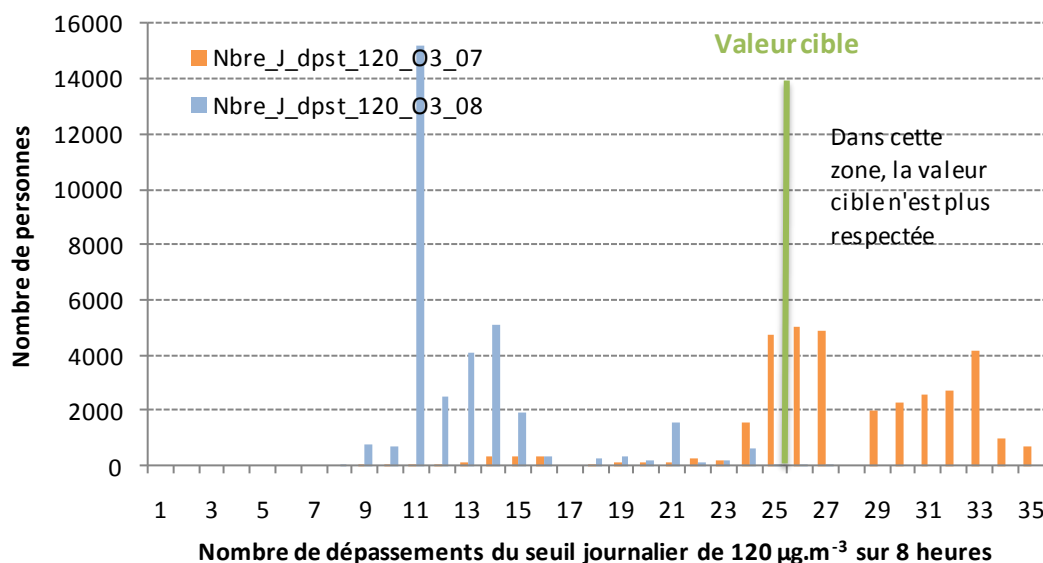


Figure 64 Exposition à l’ozone des populations vivant dans le Parc Naturel Régional du Vercors – Dans la zone d’étude, la population totale en 2006 était de 34 000 habitants.

**f. Mesures d’ozone à Corrençon en Vercors (mesures en continu)**

Un analyseur permettant la mesure en continu de l’ozone a été installé à Corrençon en Vercors en 2009. Le principe de cette mesure était identique à celles réalisées dans les stations fixes des réseaux de surveillance de la qualité de l’air.

Cette mesure d’ozone à Corrençon en Vercors était aussi intégrée au dispositif préfectoral en cas d’épisode de pollution atmosphérique. Le site de Corrençon en Vercors était rattaché à la zone alpine.

Le tableau suivant récapitule les principaux résultats des mesures d’ozone effectuées en Rhône Alpes sur des sites ruraux fixes (Charavines, Le Casset) et sur des stations rurales estivales (Corrençon en Vercors, Saint Martin en Vercors, La Chapelle en Vercors).

Site de mesures	Année	Altitude	Département	Taux de fonctionnement horaire	Moyenne annuelle horaire	Percentile 50 horaire	Percentile 98 horaire	Maximum horaire
Corrençon en Vercors	2009	1165	Isère	43%	66	71	129	166
Vercors (Saint Martin en Vercors)	2008	730	Drôme	53%	48	44	117	149
Vercors sud (La Chapelle en Vercors)	2007	908	Drôme	73%	69	67	128	176
Charavines	2007	491	Isère	97%	56	52	136	185
Charavines	2008	491	Isère	98%	51	48	122	150
Drôme Rurale Sud	2007	460	Drôme	97%	69	68	133	207
Drôme Rurale Sud	2008	460	Drôme	96%	70	69	126	191
Le Casset (Parc National des Ecrins)	2007	1755	Hautes Alpes	97%	94	93	136	166
Le Casset (Parc National des Ecrins)	2008	1755	Hautes Alpes	89%	92	91	135	161

Figure 65 Statistiques horaires des mesures d’ozone en zone rurale

La figure suivante (Figure 66) illustre les statistiques des concentrations horaires d’ozone (O<sub>3</sub>) sur plusieurs sites de typologie différente en 2009.

Cette figure permet de distinguer 3 types de sites en fonction des concentrations d’ozone :

- Les sites **urbains** (Fontaine les Balmes) et **périurbains** (Champs sur Drac, Grenoble périurbain sud) ont un percentile 50 inférieur à 50 µg.m<sup>-3</sup>. La gamme de concentrations est moins large : 50% des valeurs sont comprises entre 25 et 92 µg.m<sup>-3</sup>. Dans les environnements urbains et périurbains. Les émissions de polluants primaires participant au cycle de l’ozone troposphérique (formation et destruction) sont importantes. Les variations horaires des concentrations d’ozone sont importantes au cours d’une même journée.

- Les sites **ruraux** (Charavines, Drôme Rural Sud, etc...), ces sites ont des percentiles 50 supérieurs à  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  et une gamme de concentrations large (50% des valeurs sont comprises entre 28 et  $104 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les stations rurales).
- Les sites **ruraux de montagne** (Le Casset, Parc National des Ecrins, alt.1755m), ces sites ont un percentile 50 inférieur et une gamme de concentration très faible : 50% des valeurs sont comprises entre 25 et  $51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Sur ces sites, éloignés des sources de pollution, l'activité photochimique de formation de l'ozone est plus faible qu'en milieu urbain. Les concentrations horaires en ozone varient peu au cours d'une journée.

Les différences entre les sites s'expliquent notamment par le cycle complexe de l'ozone dans les basses couches de l'atmosphère.

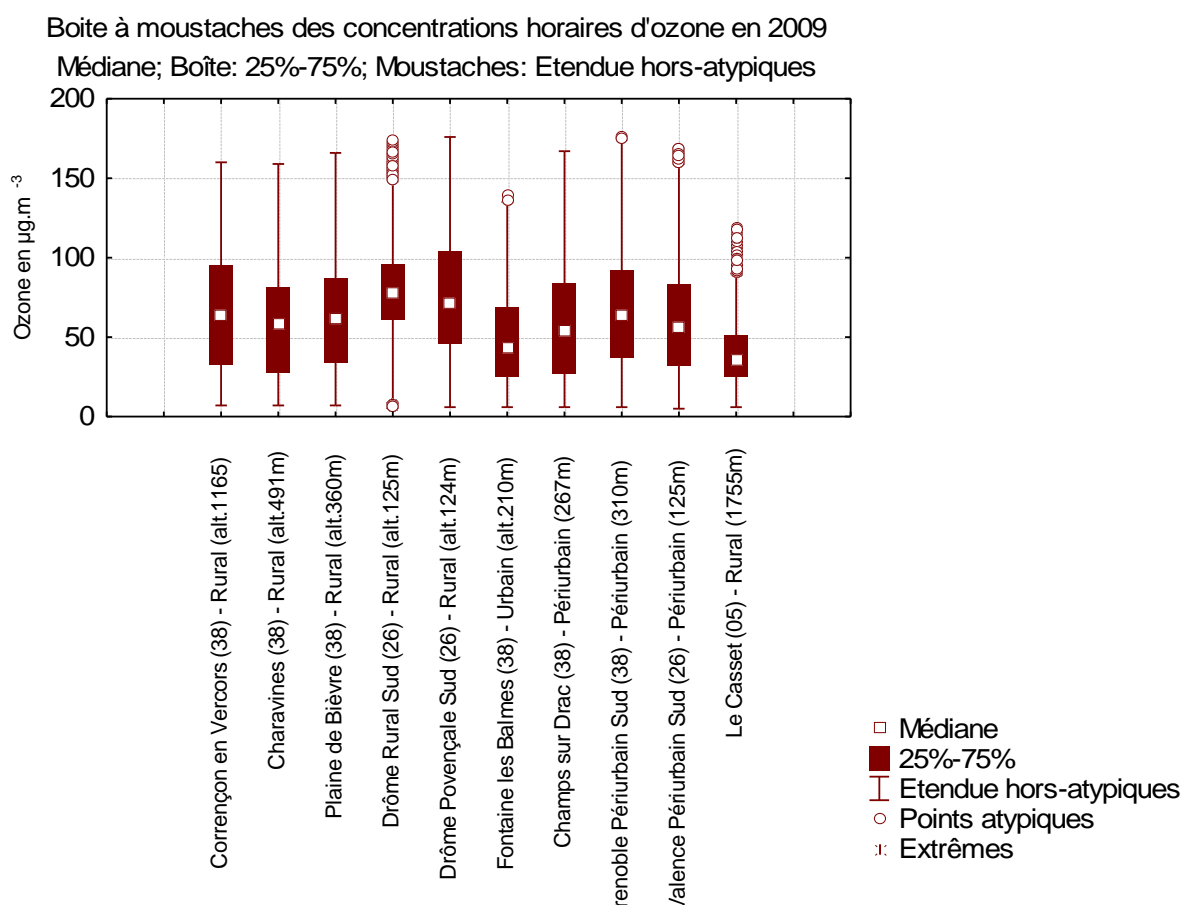


Figure 66 Boite à moustaches des concentrations horaires d'ozone (O<sub>3</sub>) en 2009

La figure suivante (Figure 67) illustre les concentrations horaires d'ozone le 8 juillet 2009 sur plusieurs sites. Les niveaux en ozone à **Corrençon en Vercors** sont proches de ceux mesurés sur la station de **Charavines**. La corrélation est forte entre la station de Corrençon en Vercors et les autres stations rurales de l'Isère (coefficient de corrélation égal à 0,8 entre le site de Corrençon en Vercors et la station de Charavines).

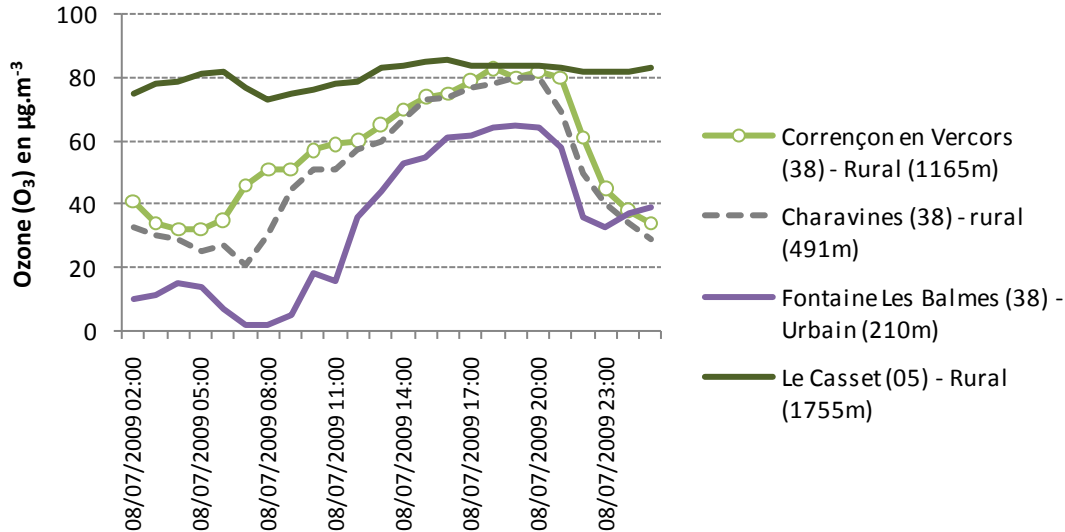


Figure 67 Concentrations horaires en ozone ( $O_3$ ) sur plusieurs sites de mesures

Sur les sites urbains, les concentrations en ozone varient en fonction de l'activité photochimique avec une alternance de phases de destruction et de formation. En milieu urbain, l'ozone est consommé vers 8h du matin lorsque les émissions de polluants primaires sont importantes (pic d'oxydes d'azote lié au trafic automobile le matin). En effet, en grande quantité les oxydes d'azote ( $NO_x$ ) favorisent la destruction de l'ozone.

Dans la journée, les ratios de polluants primaires deviennent ensuite favorables à la formation photochimique d'ozone (formation d'ozone jusqu'à 20h le 8 juillet).

Les sites ruraux ont des niveaux de polluants primaires plus faibles qu'en milieu urbain. En milieu rural, la consommation d'ozone le matin est très faible. La journée, les ratios de polluants primaires restent néanmoins favorables à la formation d'ozone et permettent l'observation en été de dépassements du seuil d'information et de recommandations dans les zones rurales.

Les niveaux d'ozone au **Casset** (alt.1755m) sont pratiquement constants ( $\sim 80 \mu g.m^{-3}$ ). Les très faibles niveaux de polluants primaires ne permettent pas l'observation de variations importantes d'ozone au cours d'une même journée. Les dépassements des seuils réglementaires concernant l'ozone sont moins fréquents sur les sites ruraux de montagne.

Pour les différentes stations rurales, les valeurs des AOT40 végétation et forêt sont fonction des conditions climatiques et géographiques.

Pour la station du Parc National des Ecrins (Le Casset), les niveaux d'ozone sont pratiquement constants d'une année sur l'autre. Du fait de l'altitude et de son éloignement par rapport aux grandes sources de pollution, cette station rurale a eu pendant 3 années consécutives des valeurs d'AOT 40 forêt élevées et nettement supérieures à  $18\ 000 \mu g.m^{-3}.h$ .

Les AOT 40 deux stations rurales de Charavines et du Sud de la Drôme sont fonctions des conditions climatiques.



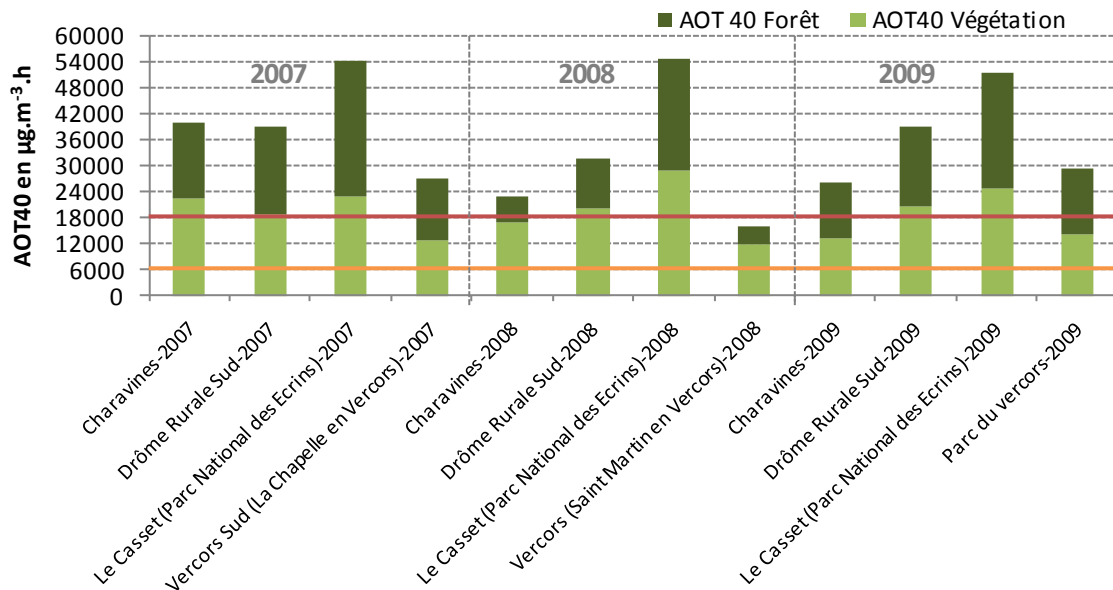


Figure 68 AOT40 végétation et forêt sur les stations rurales de mesures de l'ozone dans la Drôme, les Hautes Alpes et l'Isère entre 2007 et 2009

#### g. Niveaux d'ozone par tubes à diffusion

Les résultats des mesures d'ozone par tubes ne sont pas encore disponibles. Les résultats de ces mesures seront présentés dans le rapport final.

#### h. Résultats microcapteurs

Les résultats des mesures par microcapteurs d'ozone ne sont pas encore disponibles. Les résultats de ces mesures seront présentés dans le rapport final.

### 4. Poussières en suspension (PM<sub>10</sub>)

Le terme PM<sub>10</sub> désigne l'ensemble des poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns ou micromètres (10<sup>-6</sup>m ou 0,0001cm).

Depuis quelques années, les particules fines en suspension constituent une problématique importante : d'une part elles sont nocives d'un point de vue sanitaire, et d'autre part les niveaux moyens de particules n'ont pas diminué de manière significative depuis 5 ans.

#### a. Emissions de poussières dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Les émissions de PM<sub>10</sub> sont faibles dans le Parc Naturel Régional du Vercors en comparaison de celles des départements de l'Isère et de la Drôme.

Dans le Parc Naturel Régional du Vercors, les émissions de poussières par le secteur résidentiel sont majoritaires. 94% des émissions totales de poussières (PM<sub>10</sub>) sont liées à l'utilisation du bois comme mode de chauffage.

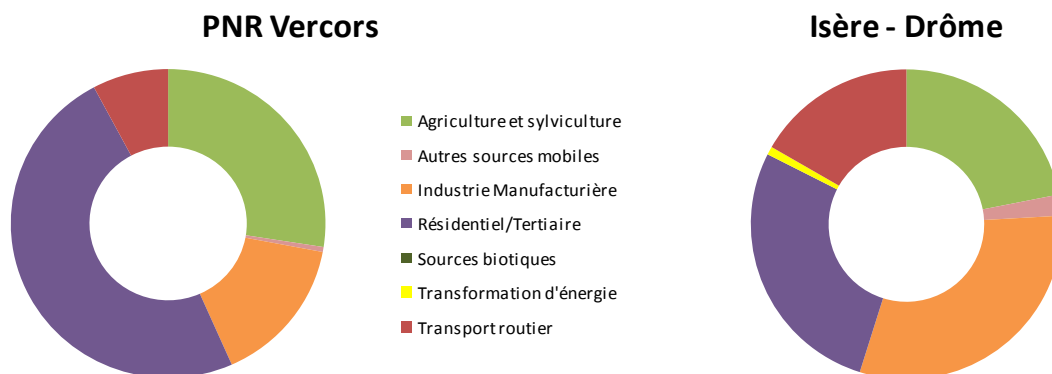


Figure 69 Emissions de poussières (PM<sub>10</sub>) dans le Parc Naturel Régional du Vercors (à gauche) et dans les départements de l'Isère et de la Drôme en 2006 – Version 2008-3

Le secteur de l'agriculture et de la sylviculture constitue le deuxième secteur émetteur avec 27% des émissions. Ces émissions englobent les activités liées à la culture (épandages d'engrais, remise en suspension de poussières due aux labours et utilisation d'engins agricoles).

Les émissions de poussières (PM<sub>10</sub>) sont concentrées sur les zones urbanisées du parc du Vercors.

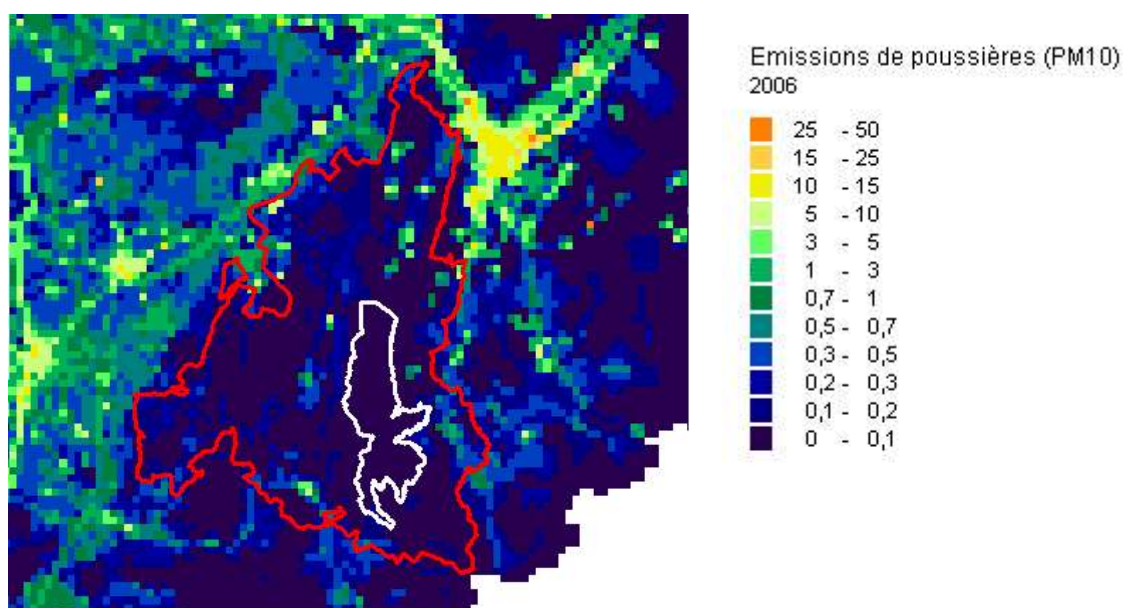


Figure 70 Emissions annuelles de poussières (PM<sub>10</sub>) en tonnes par an dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2006

#### b. Modélisation des niveaux de particules (PM<sub>10</sub>)

Dans le Parc Naturel Régional du Vercors, les concentrations de fond en poussières sont faibles.

La figure suivante illustre les concentrations moyennes annuelles en poussières dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2008.

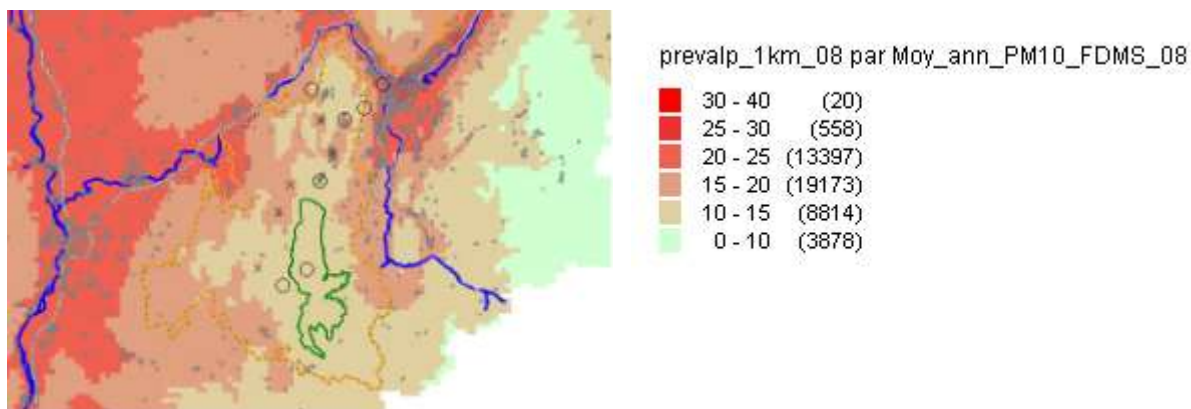


Figure 71 Concentrations moyennes annuelles en poussières (PM<sub>10</sub>) en 2008 – Résultats issus de la modélisation par Prévalp. Le trait vert correspond au contour de la réserve des hauts plateaux du Vercors, les zones en gris correspondent aux zones urbaines.

Dans la réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors, les concentrations en poussières sont homogènes et proches de celles rencontrées en milieu rural (~13 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle).

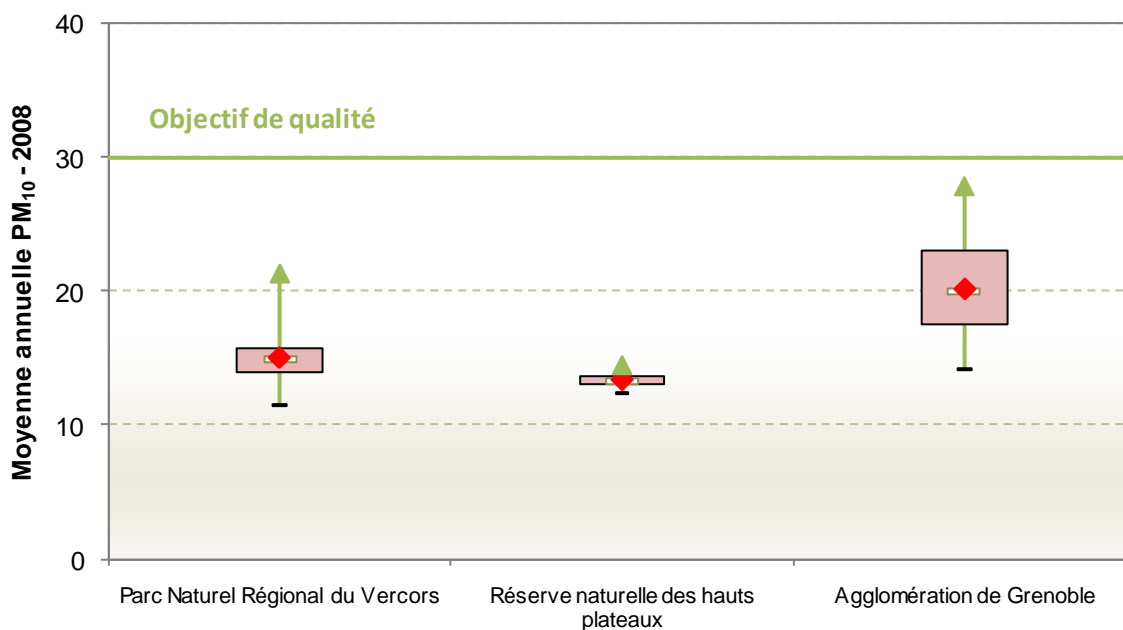


Figure 72 Statistiques des concentrations moyennes annuelles de poussières en suspension PM<sub>10</sub>

## 5. Métaux lourds

### a. Emissions de métaux lourds dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Les émissions **anthropogéniques** totales de métaux lourds sont faibles sur le territoire du parc en comparaison de celles des départements de l'Isère et de la Drôme.

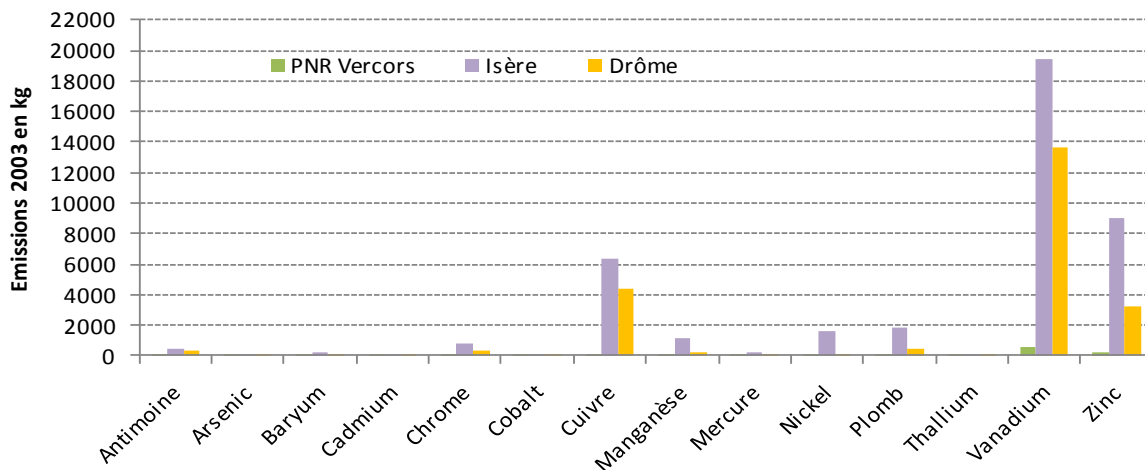


Figure 73 Emissions de métaux lourds dans le Parc Naturel Régional du Vercors, l'Isère et la Drôme en 2003

Selon le métal considéré, la proportion des secteurs d'activité varie dans les émissions. Pour le cuivre, les deux secteurs les plus importants en Isère sont le transport routier (usure des freins) et l'usure des caténaires.

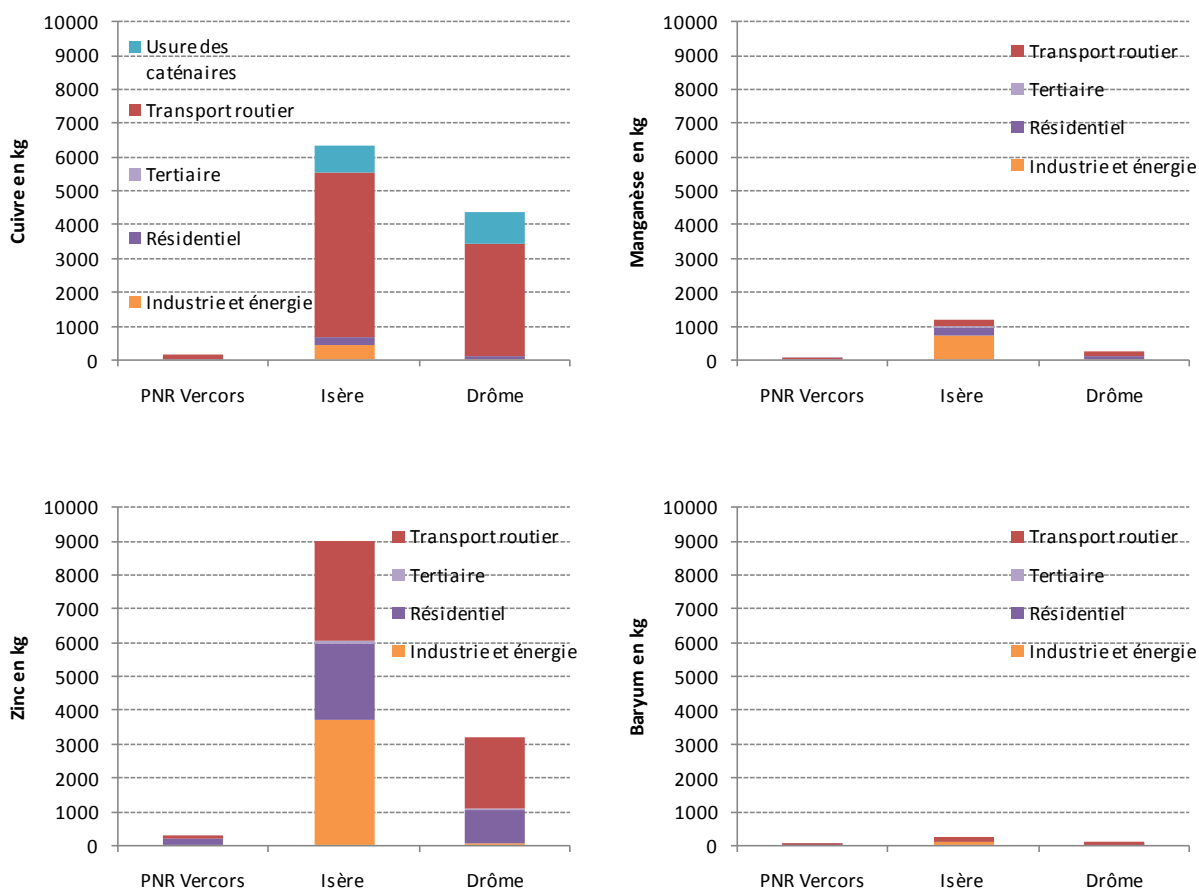


Figure 74 Répartition sectorielle des émissions de cuivre, manganèse, zinc et baryum dans le parc du Vercors, l'Isère et la Drôme en 2003 - Version 2008-1

Sur le territoire du parc du Vercors, le transport routier est le premier émetteur de métaux lourds devant le secteur résidentiel. Les émissions du transport routier sont composées essentiellement de vanadium, de cuivre et de zinc.

Les émissions de métaux lourds liées au secteur résidentiel sont moins importantes, elles contiennent surtout du zinc.

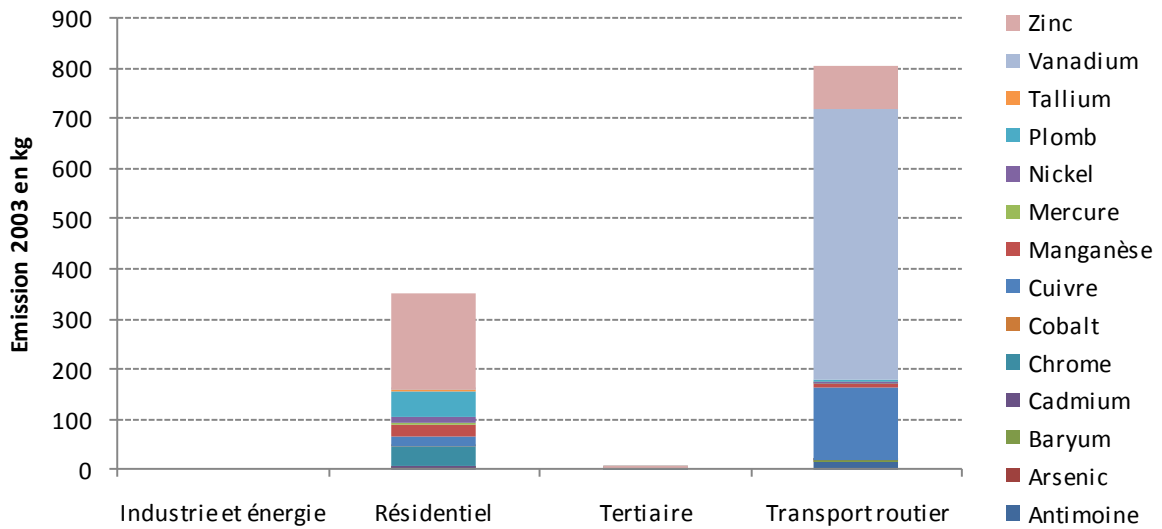


Figure 75 Emissions des métaux lourds de chaque secteur d'activité dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2003 – Version 2008-1

Dans le Vercors, le vanadium représente près de la moitié des émissions de métaux lourds. Cette émission est liée au transport routier. Le zinc représente le deuxième métal lourd en termes d'émission ; il est émis par le secteur résidentiel et le transport routier. Le cuivre est le 3<sup>ème</sup> métal lourd en termes d'émission.

Vanadium, zinc et cuivre représentent 85% des métaux lourds émis sur le territoire du parc.

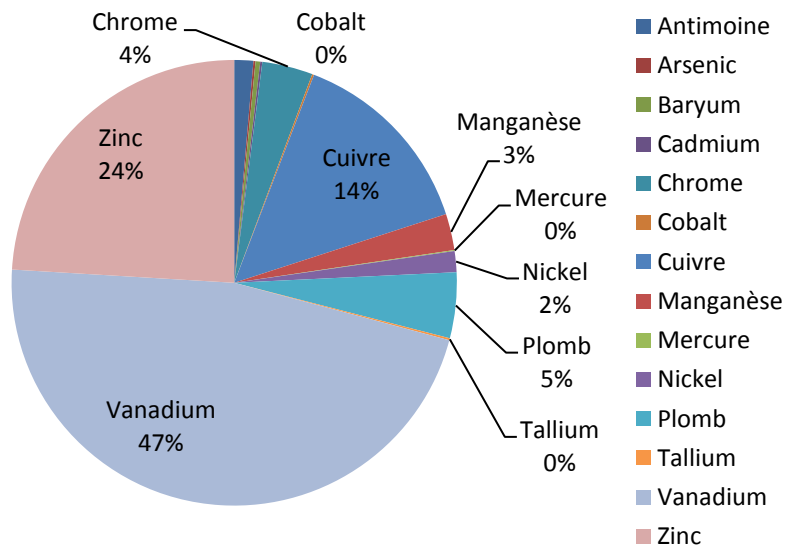


Figure 76 Répartition spécifique des émissions de métaux de métaux lourds dans le Parc Naturel Régional du Vercors en 2003

Cependant, cette répartition des émissions de métaux ne préfigure pas ce que sera la répartition des métaux dans les retombées atmosphériques.

En effet, si pour le plomb, les apports atmosphériques sont essentiellement d'origine d'anthropique, dans le cas des autres métaux les émissions atmosphériques naturelles peuvent être également importantes. Ces émissions naturelles sont difficiles à évaluer de part la complexité et l'importance des phénomènes (érosion des sols par le vent, éruption volcanique, embruns marins, feux de forêts, etc.)

**b. Mesures des retombées atmosphériques de métaux lourds**

La Figure 77 illustre les retombées de métaux lourds sur les sites de Gerland (réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors), site de Lyon Centre (référence urbaine dans l'agglomération de Lyon), site de Saint Germain (référence rurale à Saint Germain au Mont d'Or).

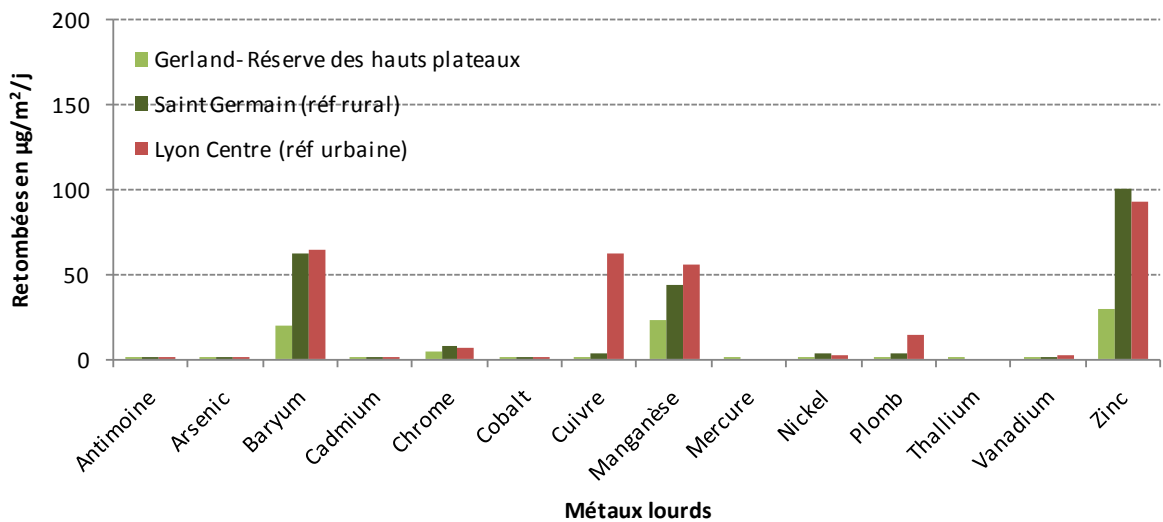


Figure 77 Retombées de métaux lourds entre juin et juillet 2009 sur le site de Gerland (réserve naturelle des hauts plateaux), de Lyon Centre (référence urbaine) et à Saint Germain (référence rurale)

Les retombées de métaux lourds sont pratiquement 3 fois plus importantes sur les sites de Lyon Centre (x2,97) et de Saint Germain en Mont d'Or (x2,86).

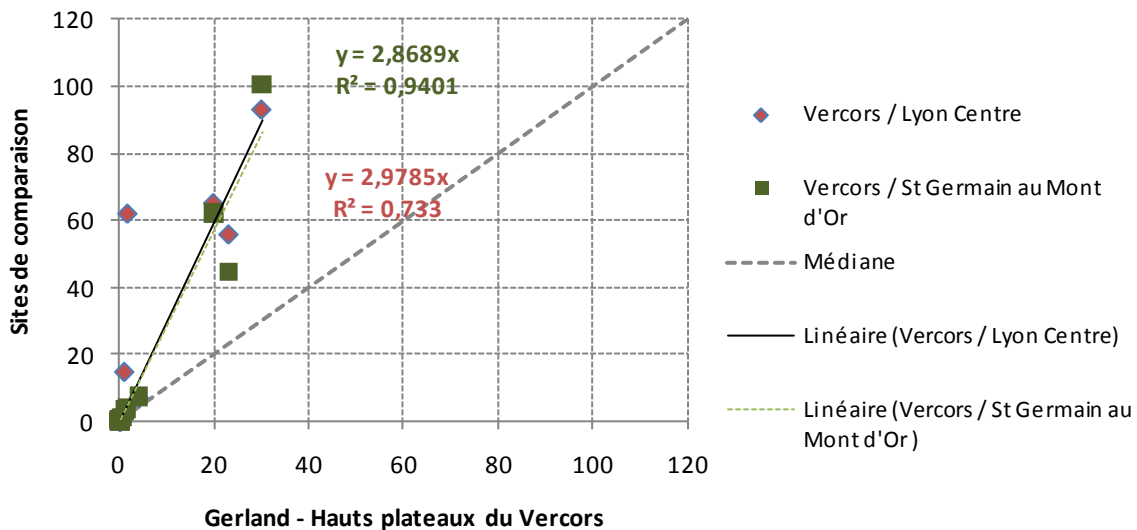
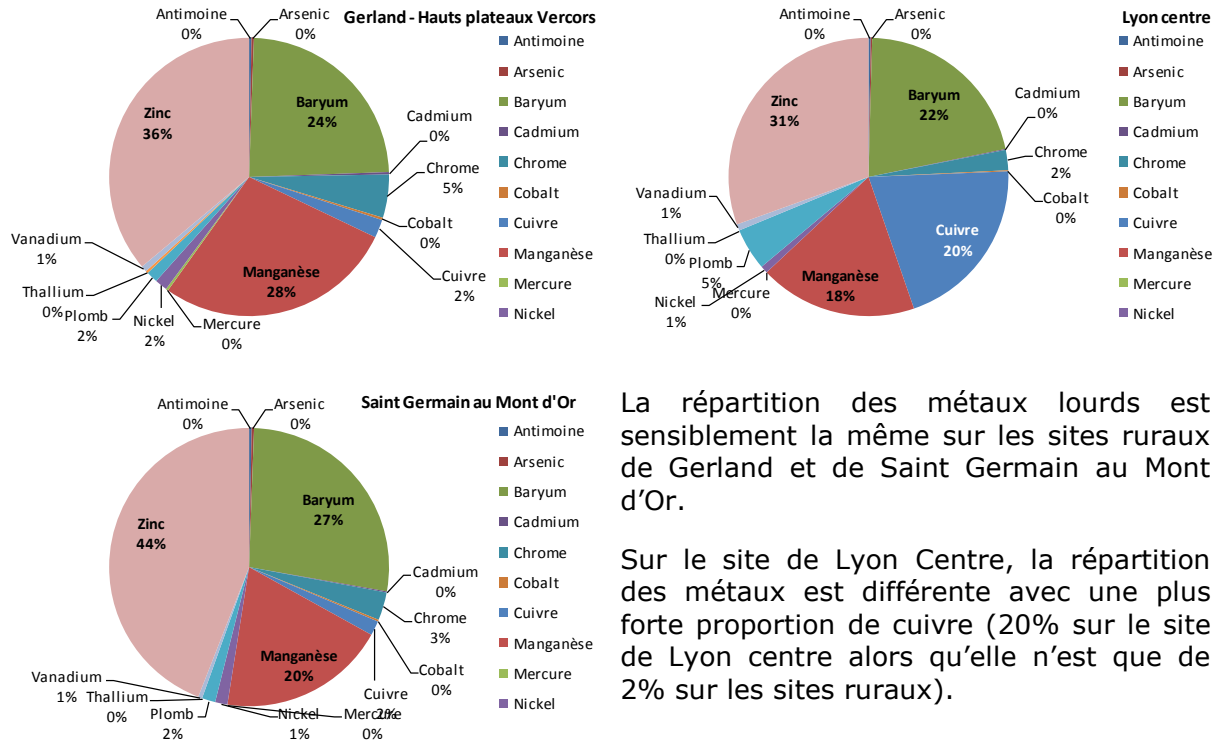


Figure 78 Corrélation entre les métaux lourds lors de la campagne de juin à juillet 2009

Les graphiques suivants illustrent la répartition de chaque métal dans les retombées totales sur les sites de Lyon Centre (référence urbaine), Saint Germain au Mont d'Or (référence rurale dans le Rhône) et Gerland (réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors).



La répartition des métaux lourds est sensiblement la même sur les sites ruraux de Gerland et de Saint Germain au Mont d'Or.

Sur le site de Lyon Centre, la répartition des métaux est différente avec une plus forte proportion de cuivre (20% sur le site de Lyon centre alors qu'elle n'est que de 2% sur les sites ruraux).

Figure 79 Répartition des métaux lourds lors de la campagne de juin à juillet 2009

La plus forte proportion de cuivre sur le site de Lyon Centre peut être liée au trafic automobile. En effet, dans l'agglomération lyonnaise, le transport routier représente 84% des émissions de cuivre.

Des mesures de retombées atmosphériques ont été réalisées au printemps 2009 sur plusieurs sites de l'agglomération grenobloise. Sur ces sites, les profils de répartition des métaux lourds sont similaires à ceux des sites de référence dans le département du Rhône (Lyon centre et Saint Germain au Mont d'Or). Cependant, les quantités totales de métaux sont moins importantes sur les sites de l'agglomération grenobloise.

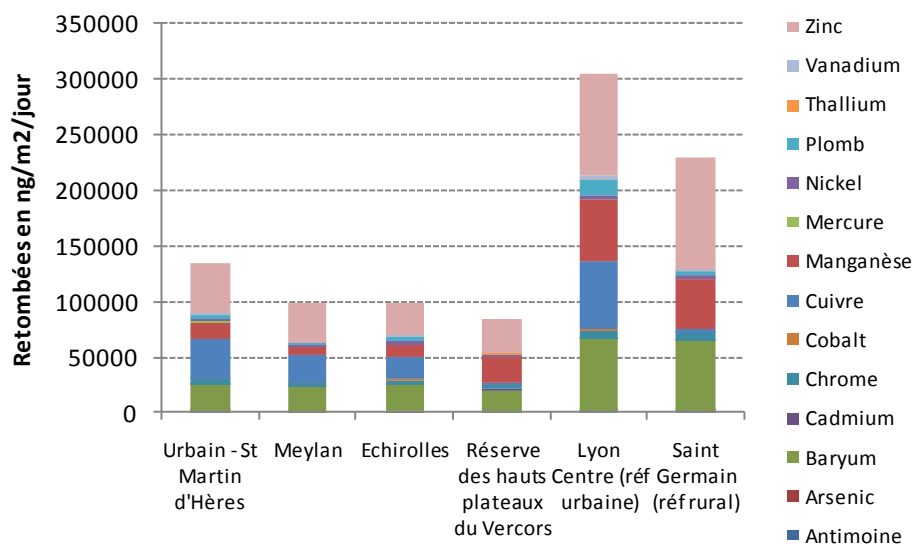


Figure 80 Retombées de métaux lourds sur les sites de Saint Martin d'Hères (mesures des retombées de février à avril 2009), Meylan (février à avril 2009), Echirolles (mars à mai 2009) et sur les sites de référence de Lyon centre et Saint Germain au Mont d'Or

Les retombées atmosphériques de métaux lourds ne sont pas réglementées en France. Certains pays comme l'Allemagne ont fixé des valeurs limites :

Valeurs limites TA Luft 2002	Retombées en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$
<b>Cadmium</b>	2
<b>Mercure</b>	1
<b>Arsenic</b>	4
<b>Plomb</b>	100
<b>Nickel</b>	15
<b>Thallium</b>	2

Tableau 10 Valeurs limites de retombées atmosphériques de métaux lourds en Allemagne

Les mesures de retombées atmosphériques sur les hauts du plateau du Vercors ne sont représentatives que d'une partie de l'année. Les résultats des retombées de métaux lourds sur les hauts plateaux du Vercors sont inférieurs aux valeurs réglementaires définies par la réglementation allemande (Tableau 10).

### c. Bioaccumulation des métaux lourds

Lors de cette étude, ASCOPARG et le bureau d'études Evinerude ont réalisé des prélèvements de lichens corticoles sur les sites de Fontaine (site urbain de fond dans l'agglomération de Grenoble) et des Hauts plateaux (site rural dans la réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors).

Ces prélèvements de lichens ont été envoyés en laboratoire (CARSO, Lyon) où les métaux lourds et les dioxines ont été dosés.

Le tableau suivant illustre les concentrations de métaux lourds sur la matière brute.



Site & date de prélèvement	Nature du lichen	Antimoine	Arsenic	Baryum	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Manganèse	Mercure	Nickel	Plomb	Thallium	Vanadium	Zinc
<b>Fontaine 03/07/09</b>	Lichen corticole Xanthoria	< 4,5	<2,26	20,4	<0,46	3,0	2,7	15,0	52,4	0,1	4,1	7,4	<2,2	3,1	155
<b>Hauts Plateaux 02/07/09</b>	Lichen corticole Pseudevernia furfuracea	< 4,6	<2,33	17,8	<0,46	<2,3	<2,3	< 5	39,7	0,1	<2,3	<4,6	<2,3	<2,3	41,0

Tableau 11 Concentration en métaux lourds sur la matière brute

Le tableau suivant illustre les concentrations de métaux lourds sur la matière sèche. Pour les deux prélèvements, la matière sèche représentait environ 92% de la matière totale.

Site & date de prélèvement	Nature du lichen	Antimoine	Arsenic	Baryum	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Manganèse	Mercure	Nickel	Plomb	Thallium	Vanadium	Zinc
<b>Fontaine 03/07/09</b>	Lichen corticole Xanthoria	< 4,9	<2,44	22	<0,5	3,4	2,9	16,1	56,7	0,059	4,4	8	<2,4	3,40	167,2
<b>Hauts Plateaux 02/07/09</b>	Lichen corticole Pseudevernia furfuracea	< 5	<2,52	19,2	<0,5	<2,5	<2,52	< 5	42,9	0,11	<2,5	< 5	<2,5	<2,5	44,4

Tableau 12 Concentration en métaux lourds sur la matière sèche

Le graphique suivant illustre les concentrations de métaux lourds dans la matière **sèche** des deux prélèvements.

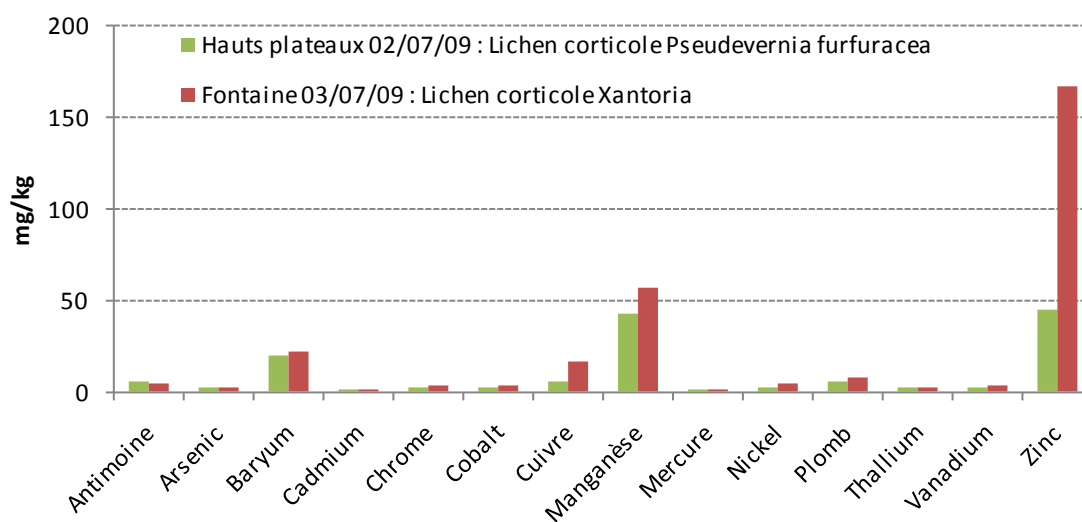


Figure 81 Concentration en métaux lourds dans la matière sèche pour les prélèvements réalisés le 2 juillet 2009 sur les hauts plateaux du Vercors et le 3 juillet 2009 à Fontaine

Les concentrations de métaux dans la matière sèche est plus importante sur le site de Fontaine.

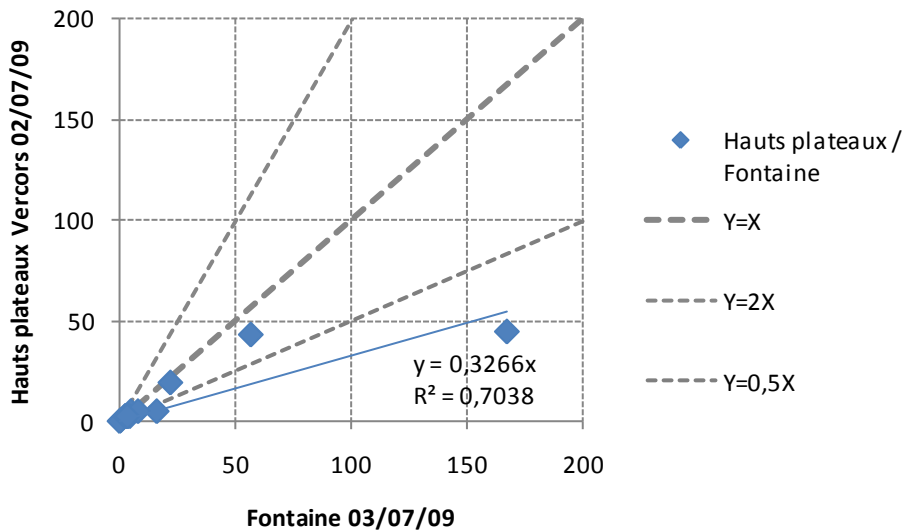
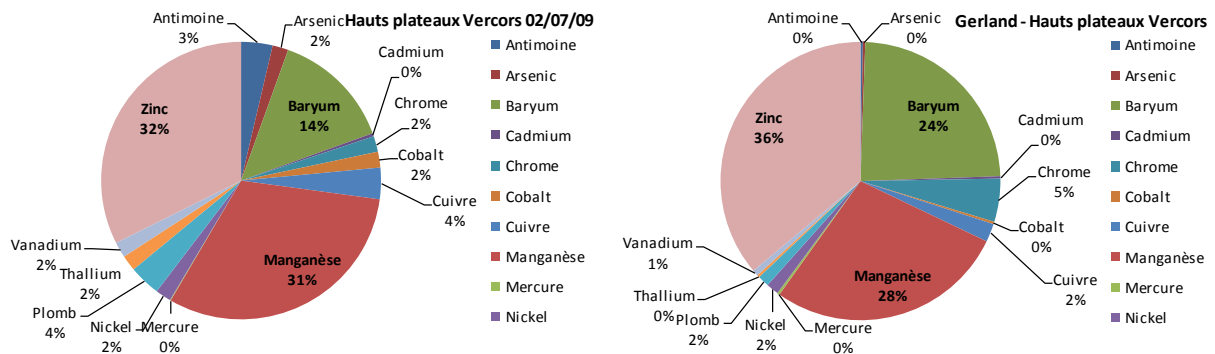


Figure 82 Corrélation entre les concentrations en métaux lourds du site des hauts du Vercors (en ordonnées) et le site de Fontaine (en abscisse)

Les figures suivantes illustrent la répartition des concentrations de métaux lourds dans les retombées atmosphériques et dans les lichens pour le site des hauts plateaux du Vercors.

Sur le site des hauts plateaux, le zinc, le baryum et le manganèse constituent respectivement 77% des métaux présents dans les lichens et 88% des métaux présents dans les retombées atmosphériques totales.



Concentrations en métaux lourds dans les lichens sur les hauts plateaux du Vercors (à gauche) et dans les retombées atmosphériques totales sur les hauts plateaux du Vercors (à droite)

Figure 83 Répartition des métaux lourds dans les lichens (à gauche) et dans les retombées atmosphériques (à droite) sur le site des hauts plateaux du Vercors

Sur le site de Fontaine, la proportion de zinc dans les lichens est plus importante que dans les lichens des hauts plateaux du Vercors (57% à Fontaine et 32% sur les hauts plateaux du Vercors).

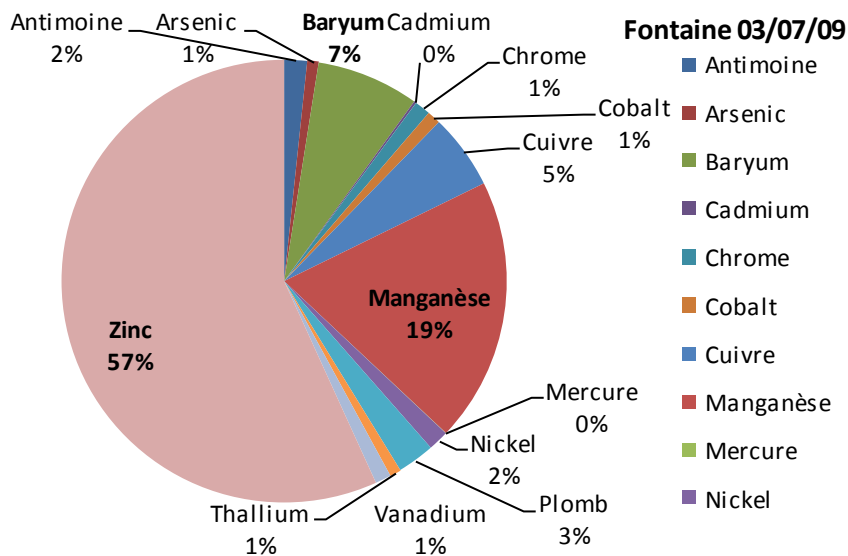


Figure 84 Répartition des métaux lourds dans les lichens sur le site de Fontaine (agglomération de Grenoble)

La figure suivante (Figure 85) illustre le facteur d'accumulation sur le site des hauts plateaux du Vercors.

Ce facteur d'accumulation est important ( $\times 10\ 000$  à  $\times 25\ 000$ ) pour l'antimoine, l'arsenic, le cobalt et le thallium.

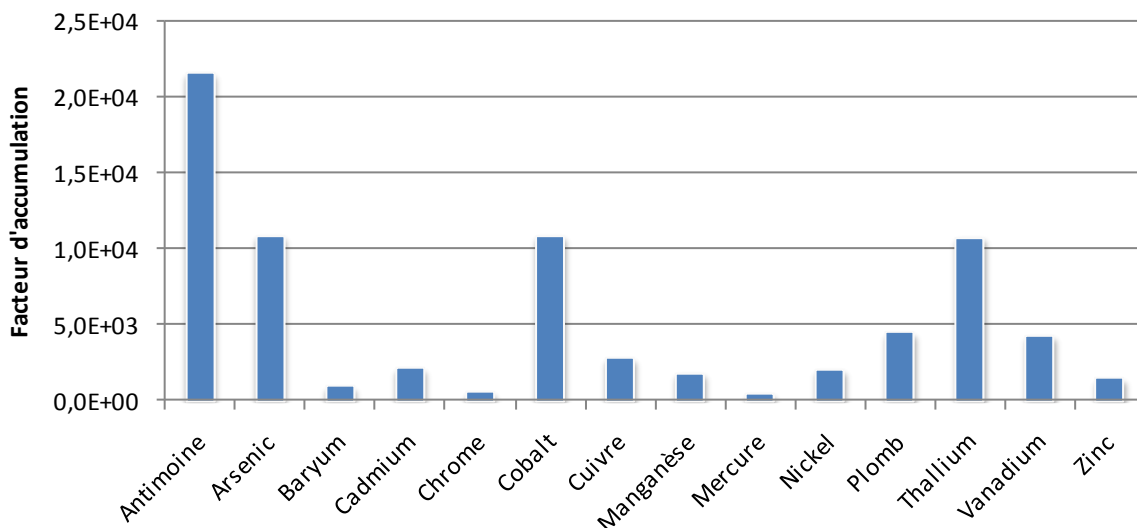


Figure 85 Facteur d'accumulation sur le site des hauts plateaux du Vercors

A titre de comparaison, la figure suivante illustre les analyses de métaux lourds dans les mousses. Ces analyses ont été réalisées en 1996 dans le cadre d'une étude nationale portant sur les retombées atmosphériques de métaux en France et l'estimation par dosage dans les mousses.

Dans le cadre de cette étude, des prélèvements de mousse ont été effectués au Clot de la Balme à Corrençon en Vercors. JA03a et JA03b correspondent au même site de

mesures où ont été prélevées deux espèces de mousses différentes (Hylocomium Splendens pour le prélèvement JA03a et Hypnum Cupressiforme pour le prélèvement JA03b).

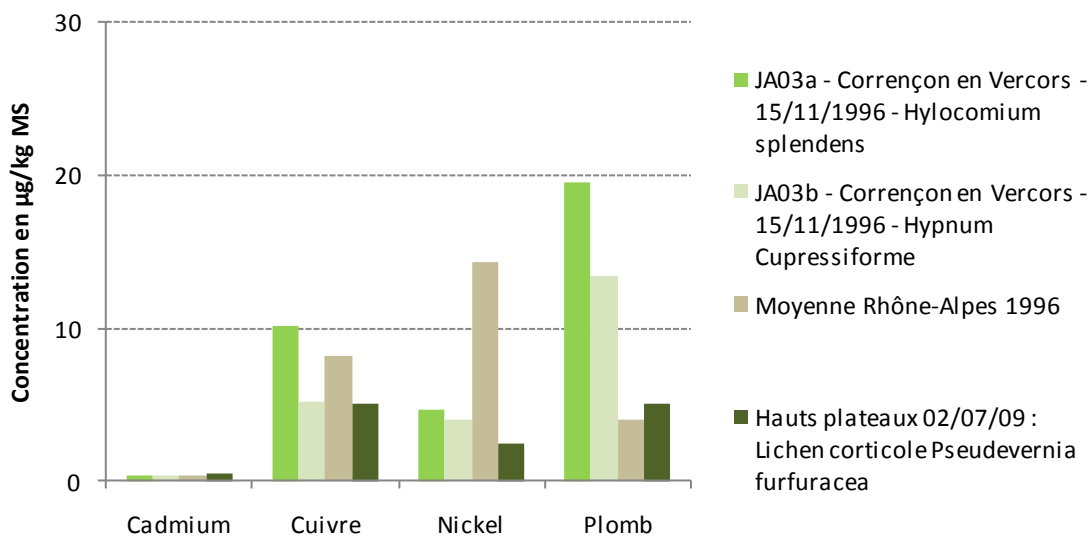


Figure 86 Comparaison avec les analyses de métaux lourds réalisées en 1996 sur des échantillons de mousse prélevés à Corrençon en Vercors

## 6. Dioxines

### a. Emissions de dioxines dans le Parc Naturel Régional du Vercors

Les émissions de dioxines sont faibles dans le Parc Naturel Régional du Vercors en comparaison de celles des départements de l'Isère et de la Drôme.

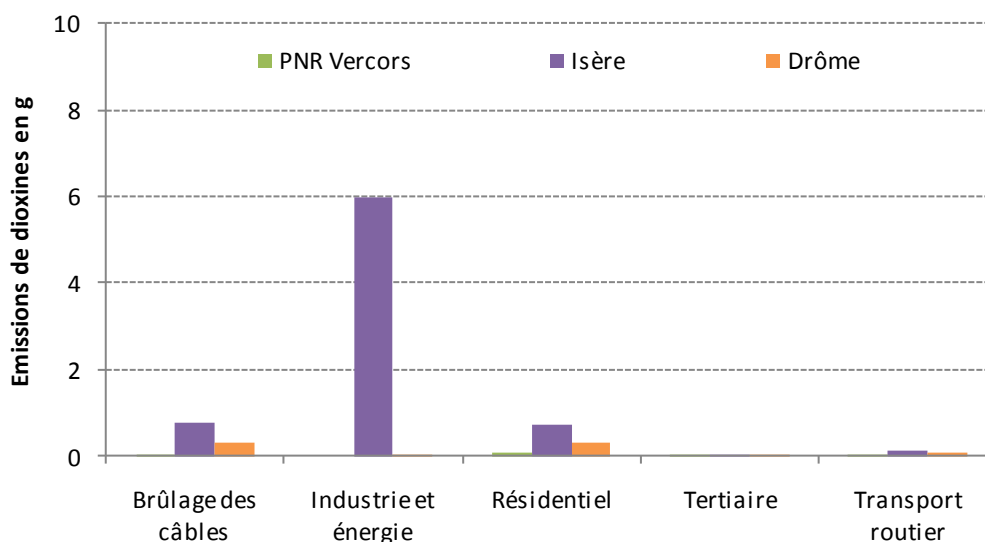


Figure 87 Emissions de dioxines dans le Parc Naturel Régional du Vercors, l'Isère et de la Drôme en 2003

Dans le Parc Naturel Régional du Vercors, le premier émetteur de dioxine est le secteur résidentiel. Le chauffage au bois représente environ 67% des émissions totales de dioxines dans le Parc Naturel Régional du Vercors.

### b. Mesures des retombées atmosphériques de dioxines

Les mesures de retombées effectuées sur le site de Gerland sur les hauts plateaux du Vercors en juin et juillet 2009 montrent des niveaux légèrement plus faibles que celles des sites de Lyon Centre (référence urbaine) et Saint Germain au Mont d'Or (référence rurale dans le Rhône).

Les résultats des mesures de retombées de dioxines sont exprimés sous forme d'une **teneur globale** de dioxines dans le milieu considéré, exprimée à l'aide de l'indice international de toxicité **I-TEQ**. Cette teneur est obtenue en sommant les concentrations de chaque congénère (chaque dioxine) pondérées par leur **facteur d'équivalence toxique** (ETF) respectif.

Les **facteurs d'équivalence toxique** ou « toxic equivalent factor (TEF) » sont des coefficients de pondération qui expriment la toxicité relative de chaque substance (appelée congénère) de manière individuelle par rapport à la substance de référence de la famille. Ces coefficients de pondération se fondent sur les similarités structurales entre les molécules et l'hypothèse d'un mécanisme d'action commun. Actuellement, des TEF existent pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques halogénés (HAPH), qui regroupent notamment les dioxines et les PCB.

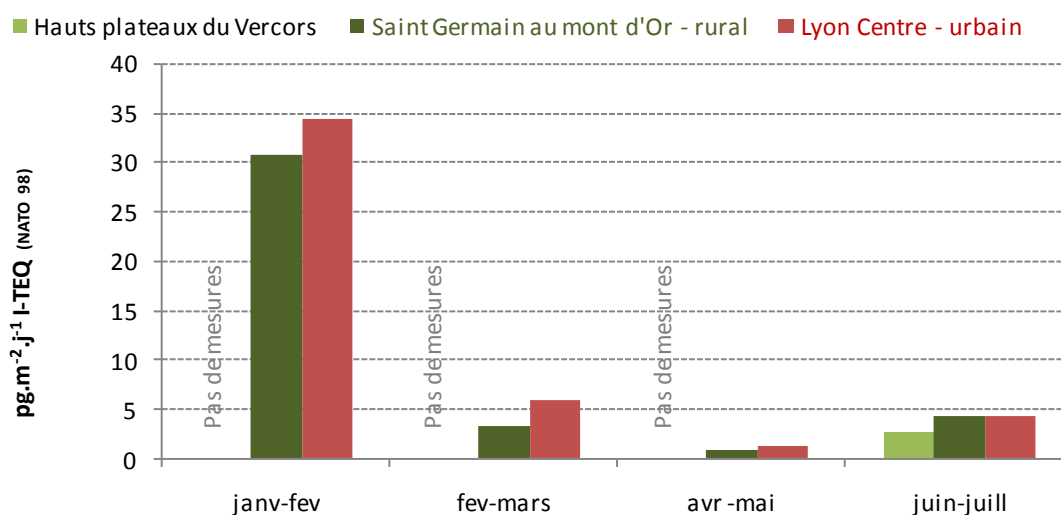


Figure 88 Evolution des taux de retombées atmosphériques de dioxines et furanes pour les sites de référence rhonalpains comparés aux prélèvements effectués sur le site des hauts plateaux du Vercors

Les saisons printanières et estivales ne sont pas favorables à l'observation de forts taux de dioxines dans les retombées.

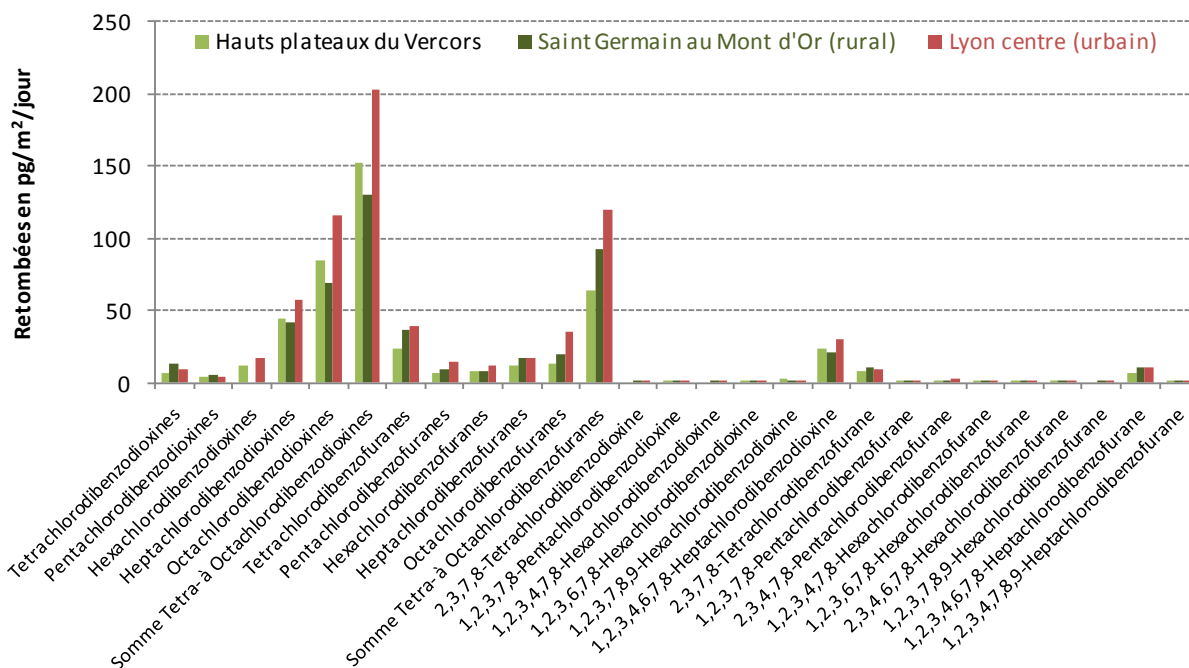


Figure 89 Retombées de dioxines entre juin et juillet 2009 sur les sites des hauts plateaux du Vercors, Saint Germain au Mont d'Or et Lyon centre.

La répartition des congénères dans les retombées de dioxines est similaire sur les 3 sites de mesures.

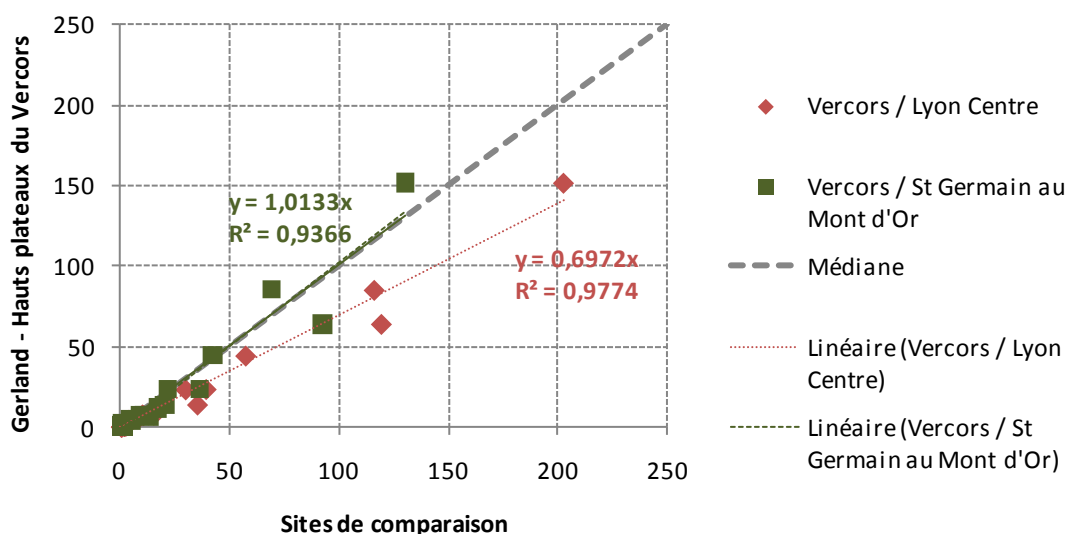


Figure 90 Corrélation entre les différents congénères lors de la campagne de juin à juillet 2009

### c. Bioaccumulation des dioxines

Les résultats des dosages de lichens prélevés sur les hauts plateaux et à Fontaine dans l'agglomération de Grenoble ne sont pas encore disponibles.

## 5. Bioindication

### a. Principes

La biosurveillance de la qualité de l'air utilise les organismes vivants pour évaluer leur exposition aux contaminants atmosphériques et/ou pour mesurer des effets biologiques induits sur ces organismes. Ces mesures ne permettent pas d'évaluer les concentrations et/ou flux de dépôts de contaminants atmosphériques mais renseignent sur le niveau d'exposition des organismes utilisés.

Les lichens (ou champignons lichénisés) sont des organismes vivants particulièrement bien adaptés pour l'étude des contaminants atmosphériques aussi bien gazeux que particulaires.



Lichen : *Xanthoria parietina*

Nom : *Pseudevernia furfuracea*

Un autre lichen observé à

Lieu : Plateau de Beure

Lieu : Les Ecouges

Corrençon en Vercors

Figure 91 Quelques lichens rencontrés dans le cadre de cette étude

Le protocole employé dans cette étude suit la norme **NF X43-903 (Détermination d'un indice biologique de lichens épiphytes (IBLE))**.



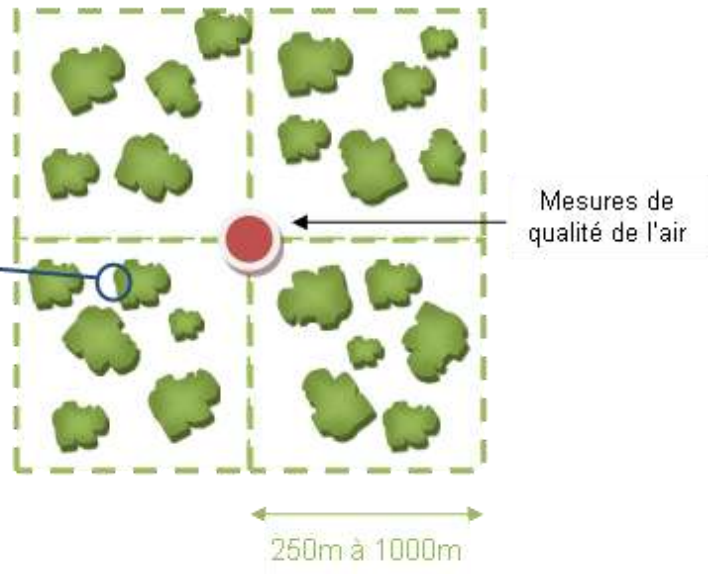
Les travaux de bioindication ont été réalisés par le bureau d'étude Evinerude, ils ont débuté au cours du printemps 2008.

A la fin du mois de novembre 2009, tous les sites de cette étude n'ont pas encore fait l'objet de bioindication.

### b. Méthodologie

La stratégie d'échantillonnage s'appuie sur **l'observation des lichens** épiphytes<sup>1</sup> dans des mailles de 250m à 1000m autour du site faisant l'objet de bioindication.

<sup>1</sup> Qui pousse sur les parties aériennes (troncs, branches) de végétaux ligneux en particulier des arbres



La norme utilisée dans le cadre de cette étude définit une méthode de détermination de l'Indice Biologique de Lichens Epiphytes (IBLE).

L'IBLE est un indice de biodiversité qui permet d'évaluer les réponses écologiques des lichens épiphytes, en tant qu'intégrateurs des conditions environnementales (qualité de l'air, climat, etc.).

#### **c. Principaux résultats**

Les résultats de la bioindication ne sont pas encore disponibles. Ils seront intégrés au rapport final.



## 6. Conclusion

Dans le cadre de cette convention, ASCOPARG et ATMO Drôme Ardèche mènent une étude de la qualité de l'air sur le territoire du **Parc Naturel Régional du Vercors**. Cette étude s'appuie sur plusieurs outils et se déroule en 3 grandes étapes :

- L'analyse des résultats des campagnes de mesures précédemment effectuées dans le Vercors,
- l'exploitation des résultats issus du cadastre des émissions et de la modélisation
- des nouvelles mesures de qualité de l'air associées à des travaux de bioindication

L'objectif de cette étude est de dresser un **bilan de la qualité de l'air** dans le Parc Naturel Régional du Vercors ainsi qu'une **évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la végétation**.

A la date du 20 novembre 2009, plus de la moitié des actions prévues dans le cadre de cette étude ont été effectuées. En effet, les premières mesures ont commencé au cours du printemps 2009 avec l'installation d'une cabine de mesures à Corrençon en Vercors.

Concernant ces mesures d'ozone à Corrençon en Vercors, les niveaux sont proches de ceux d'autres sites du Vercors (Saint Martin en Vercors en 2008, La chapelle en Vercors en 2007). **Ces niveaux d'ozone sont caractéristiques de ceux rencontrés dans des sites ruraux de moyenne montagne.**

Des mesures des retombées atmosphériques de métaux lourds et de dioxines ont aussi été réalisées pendant 4 mois sur les hauts plateaux du Vercors. Ce rapport intermédiaire présente les résultats de ces mesures. Pour les métaux lourds et les dioxines, les retombées atmosphériques totales sur le site des hauts du Vercors sont inférieures à celles des autres sites de la région.

L'analyse des métaux lourds dans les lichens montre une bonne corrélation avec les éléments retrouvés dans les retombées sur le site des hauts plateaux. Dans les lichens récoltés en ville de Grenoble, les éléments traces métalliques issus des activités anthropiques (notamment du trafic automobile) sont majoritaires (forte proportion de zinc).

Sur les 4 campagnes de mesures par tubes à diffusion, deux ont été effectuées à ce jour : une campagne de mesures en été (juillet 2009) et une autre en automne (novembre 2009). Ce rapport ne présente pas les résultats de ces deux campagnes. Cependant, une première analyse des résultats de la campagne estivale confirme les résultats issus de la modélisation des oxydes d'azote et de l'ozone. Ces premiers résultats montrent une diminution en oxydes d'azote en lien avec l'altitude et l'éloignement par rapport à l'agglomération grenobloise. A l'inverse, ces résultats montrent un enrichissement en ozone avec l'altitude et la distance par rapport à l'agglomération.

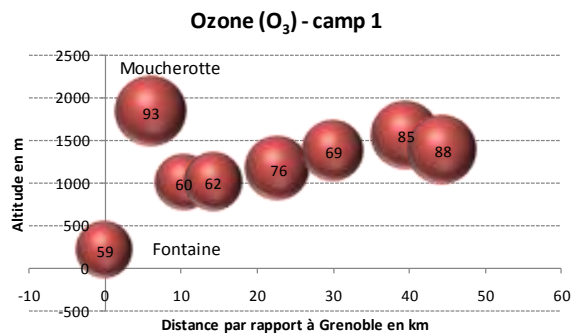
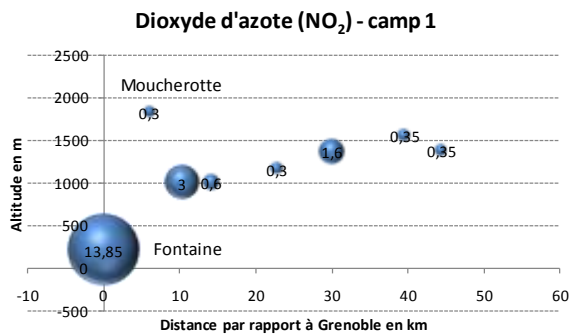


Figure 92 Concentrations en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et en ozone (O<sub>3</sub>) mesurés lors de la campagne d'été (juillet 2009).

L'ensemble des résultats de cette étude devrait être disponible au cours du deuxième semestre 2010.

## 7. Annexes

### 1. Localisation des sites de mesures

Fontaine les Balmes		Code site : 2009_ASC_PARC_Vercors_01	
<b>Typologie :</b> Station urbaine de fond (station de l'ASCOPARG depuis 1999)		<b>Polluants mesurés en continu:</b>	
<b>Adresse :</b> 31bis Avenue Lénine – 38600 FONTAINE		Oxydes d'azote (NOx)	
<b>Coordonnées :</b> X : 711074, Y : 5007628 (UTM31)		Poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns ( $10^{-6}$ m)	
<b>Altitude :</b> 209m		Ozone (O <sub>3</sub> )	
		Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) jusqu'en juillet 2008	
		<b>Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :</b>	
		Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td <sup>2</sup>	
		Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) : 8 semaines / td	
		Benzène, toluène, xylène <sup>3</sup> : 8 semaines / td	
		Ozone (O <sub>3</sub> ) : 8 semaines / td	
			
Les tubes à diffusion sont installés sur le lampadaire jaune		▲ La station fixe de Fontaine les Balmes – en arrière plan le Moucherotte	
			

Tableau 13 Site de Fontaine les Balmes

<sup>2</sup> td = tubes à diffusion (dispositifs simples de mesures)

<sup>3</sup> Benzène, Toluène et xylènes font partie de la famille des Composés Organiques Volatils

## Refuge du Moucherotte

**Typologie :** site rural de montagne

**Adresse :** Refuge du Moucherotte – Saint Nizier du Moucherotte

**Coordonnées :** X : 707371, Y : 5002857 (UTM31)

**Alt (en m) :** 1834m

**Code site :** 2009\_ASC\_PARC\_Vercors\_02

**Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :**

Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) : 8 semaines / td

Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 8 semaines / td

Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td

Ozone (O<sub>3</sub>) : 8 semaines / td



▲ refuge du Moucherotte



▲ Les appareils de mesures sont installés sur le toit du refuge du Moucherotte



Le site du Moucherotte est propriété du Conseil Général de l'Isère qui le gère en tant qu'espace naturel sensible

Tableau 14 Site du Moucherotte

**Maison du parc du Vercors**

**Code site : 2009\_ASC\_PARC\_Vercors\_03**

**Typologie :** site représentatif de la zone urbanisé de Lans en Vercors

**Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :**

**Adresse :** Chemin des fusillés – Lans en Vercors

Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td

Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 8 semaines / td

**Coordonnées :** X : 703475, Y : 5000643 (UTM31)

Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td

Ozone (O<sub>3</sub>) : 8 semaines / td +  $\mu$ capteur<sup>4</sup>

**Altitude :** 1002m



Les tubes à diffusion sont installés sur la station phénoclim



Un microcapteur ozone a été installé dans le jardin de la maison du parc



Le site de mesures est localisé dans le jardin de la maison du Parc Naturel Régional du Vercors

Tableau 15 Site de Lans en Vercors

<sup>4</sup> Le  $\mu$ capteur O<sub>3</sub> est un capteur permet le suivi en continu des concentrations d'ozone (O<sub>3</sub>). Deux appareils de ce type sont utilisés dans le cadre de cette étude

**Corrençon en Vercors – Porte des hauts plateaux** Code site : 2009\_ASC\_PARC\_Vercors\_04

**Typologie :** site rural

**Adresse :** Golf de Corrençon en Vercors

**Coordonnées :** X : 698456, Y : 4988631 (UTM31)

**Altitude :** 1165m

**Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :**

Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td

Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 8 semaines / td

Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td

Ozone (O<sub>3</sub>) : 8 semaines / td + analyseur

31COV / canister<sup>5</sup>



▲ La cabine de mesures est installée à côté du practice du golf



Le site de Corrençon en Vercors est situé sur le domaine de la porte des hauts plateaux à proximité du practice du golf

Tableau 16 Site de Corrençon en Vercors – Porte des hauts plateaux

<sup>5</sup> Le canister est un dispositif de mesures qui à partir d'un prélèvement d'air (8L) permet la mesure des 31 Composés Organiques Volatils qui sont considérés comme précurseurs de l'ozone (O<sub>3</sub>).




Réserve des hauts plateaux	Code site : 2009_ASC_PARC_Vercors_05
<p><b>Typologie :</b> site rural</p> <p><b>Adresse :</b> Station météorologique des hauts plateaux – Lieu dit « Gerland » - Réserve des Hauts Plateaux</p> <p><b>Coordonnées :</b> X : 695670, Y : 4971186 (UTM31)</p> <p><b>Altitude :</b> 1560m</p>	<p><b>Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :</b></p> <p>Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td</p> <p>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 8 semaines / td</p> <p>Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td</p> <p>Ozone (O<sub>3</sub>) : 8 semaines / td + <math>\mu</math>capteur</p> <p>Métaux lourds + dioxines / jauges<sup>6</sup></p>
	
<p>▲ Jauges de mesures des retombées installées sur la station de mesures des hauts plateaux</p>	<p>▲ La station de mesures météorologiques des hauts plateaux</p>
	
<p>Réserve Naturelle des Hauts Plateaux</p>	

Tableau 17 Site de Gerland – Réserve des hauts plateaux

<sup>6</sup> Les jauges OWEN sont des collecteurs qui permettent de quantifier les retombées sèches et humides de métaux lourds et de dioxines.

**Les écouges (gîte la trace)**

**Code site : 2009\_ASC\_PARC\_Vercors\_06**

**Typologie :** site rural

**Adresse :** Gîte la Trace aux Ecouges - Saint Gervais

**Coordonnées :** X : 696931, Y : 5006725 (UTM31)

**Altitude :** 1005m

**Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :**

Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td

Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : 8 semaines / td

Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td

Ozone (O<sub>3</sub>) : 8 semaines / td



▲ Station météorologique des Ecouges

▲ En arrière plan le gîte « la trace »



**Contacts :** Le site des Ecouges fait partie des espaces naturels sensibles gérés par le Conseil Général de l'Isère

Tableau 18 Site des Ecouges



<b>Bois rond (montagne de Beure)</b>	<b>Code site : 2009_ASC_PARC_Vercors_07</b>
<b>Typologie :</b> site rural <b>Adresse :</b> Saint Agnan en Vercors <b>Coordonnées :</b> X : 691070, Y : 4968011 (UTM31) <b>Altitude :</b> 1385m	<b>Polluants mesurés dans le cadre de cette étude :</b> Oxydes d'azote (NOx) : 8 semaines / td Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) : 8 semaines / td Benzène, toluène, xylène : 8 semaines / td Ozone (O <sub>3</sub> ) : 8 semaines / td



▲ Les appareils de mesures sont installés à proximité du téléski des bergers (station du col du Rousset)



Tableau 19 Site de la montagne de Beure

## 2. Liste des communes appartenant au Parc Naturel Régional du Vercors

Nom Commune	Superficie en km <sup>2</sup>	Altitude commune min	Altitude commune max	Altitude Commune moy	Pop 1999	Pop 2007
AUBERIVES-EN-ROYANS	5,09804	177	326	246	327	358
AUTRANS	43,8591	1010	1703	1311	1541	1669
BEAUVOIR-EN-ROYANS	2,04045	180	599	352	70	70
CHATEAU-BERNARD	18,2873	800	2228	1273	168	272
CHATELUS	12,5765	240	1252	534	94	82
CHICHILIANNE	61,6922	800	1977	1476	207	271
CHORANCHE	10,5799	240	1200	570	130	130
CLELLES	20,5977	527	1480	811	378	482
CORRENCON-EN-VERCORS	39,1966	1051	2227	1405	322	378
ENGINS	20,8756	564	1668	1247	420	452
GRESSE-EN-VERCORS	80,2836	990	<b>2314</b>	<b>1532</b>	299	379
LE GUA	28,6234	340	2119	973	1713	1849
IZERON	16,975	180	1425	667	609	657
LANS-EN-VERCORS	39,1068	920	1945	1239	2026	2461
MALLEVAL	14,1554	584	1455	1028	31	55
MEAUDRE	33,6792	960	1624	1179	1039	1248
MIRIBEL-LANCHATRE	9,52023	424	1487	811	251	379
LE MONESTIER-DU-PERCY	15,1417	600	1790	913	166	182
MONTAUD	14,3555	355	1543	847	383	575
PERCY	15,7914	600	1802	1017	111	119
PONT-EN-ROYANS	2,85485	200	767	420	917	877
PRESLES	25,481	471	1368	1021	89	97
RENCUREL	34,5338	643	1591	1126	298	306
SAINT-ANDEOL	29,6991	772	2052	1447	123	115
SAINT-ANDRE-EN-ROYANS	10,4731	238	986	433	297	329
SAINT-GUILLAUME	13,4742	560	1696	952	270	254
SAINT-MARTIN-DE-CLELLES	14,9628	524	1659	974	118	126
SAINT-MICHEL-LES-PORTES	21,298	561	1920	1073	143	175
SAINT-NIZIER-DU-MOUCHEROTTE	11,3401	831	1876	1210	805	877
SAINT-PIERRE-DE-CHERENNES	11,9048	180	1391	754	355	459
SAINT-ROMANS	17,0642	<b>170</b>	836	275	1410	1530
VILLARD-DE-LANS	66,9258	733	2145	1304	3798	4126
BEAUFORT-SUR-GERVANNE	9,54608	281	815	416	312	336
BOUVANTE	<b>84,3717</b>	324	1682	1116	223	239
LE CHAFFAL	11,6671	702	1374	978	38	<b>46</b>
CHAMALOC	22,0295	483	1645	901	101	117
ECHEVIS	11,1893	284	1237	618	52	60
PONET-ET-SAINT-AUBAN	13,3873	360	1012	586	89	121

LA CHAPELLE-EN-VERCORS	45,3412	563	1511	1019	662	662
CHATILLON-EN-DIOIS	28,1004	514	2015	1033	523	603
GLANDAGE	52,3804	736	2028	1277	84	84
MARIGNAC-EN-DIOIS	18,4823	540	1609	823	135	156
ROMEYER	39,9656	480	1992	1031	154	202
SAINTE-EULALIE-EN-ROYANS	6,05993	187	1029	430	507	499
SAINT-JULIEN-EN-VERCORS	18,4407	456	1584	987	194	218
GIGORS-ET-LOZERON	35,2362	360	1117	718	156	172
LAVAL-D'AIX	19,8467	433	2031	1278	89	121
OMBLEZE	45,004	401	1560	1055	66	66
ORIOLE-EN-ROYANS	16,0698	239	1199	593	377	505
SAINT-AGNAN-EN-VERCORS	83,9433	730	1694	1275	402	434
SAINT-LAURENT-EN-ROYANS	27,5503	180	1362	763,276	1218	1322
SAINT-MARTIN-EN-VERCORS	26,8902	699	1551	1052	295	359
COMBOVIN	35,6568	345	1138	745	361	417
DIE	57,4767	368	1892	654	4451	4355
SAINT-ANDEOL	13,4455	442	1109	660	34	50
VASSIEUX-EN-VERCORS	47,8263	1040	1639	1198	290	362
LEONCEL	42,8657	447	1438	1033	55	47
PLAN-DE-BAIX	19,532	361	1079	751	134	142
ROCHECHINARD	9,73042	240	1224	620	113	121
SAINTE-CROIX	10,9463	360	996	598	90	98
TRESCHEU-CREYERS	82,1432	600	1936	1274	108	132
SAINT-JULIEN-EN-QUINT	47,6413	500	1677	899	142	134
<b>Total</b>	<b>1745,2136</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30363</b>	<b>33519</b>

Tableau 20 Informations concernant les 62 communes du Parc (charte initiale)

### 3. Occupation du sol

Le tableau suivant décrit l'occupation du sol dans le Parc Naturel Régional du Vercors.

Nomenclature CLC		Surface en km <sup>2</sup>	% du PNR
<b>Territoires artificialisés</b>	Tissu urbain discontinu	13,91	0,8%
	Zones industrielles et commerciales	0,28	0,0%
	Extraction de matériaux	0,71	0,0%
	Equipements sportifs et de loisirs	1,53	0,1%
<b>Territoires agricoles</b>	Terres arables hors périmètres d'irrigation	37,15	2,1%
	Vignobles	0,98	0,1%
	Vergers et petits fruits	7,92	0,5%
	Prairies	204,82	11,7%
	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	63,80	3,6%
	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	34,18	2,0%
<b>Forêts et milieux semi naturels</b>	<b>Forêts de feuillus</b>	<b>348,87</b>	<b>19,9%</b>
	<b>Forêts de conifères</b>	<b>439,42</b>	<b>25,1%</b>
	<b>Forêts mélangées</b>	<b>314,79</b>	<b>18,0%</b>
	Pelouses et pâturages naturels	102,73	5,9%
	Landes et broussailles	37,80	2,2%
	Forêt et végétation arbustive en mutation	64,83	3,7%
	Plages, dunes et sable	0,33	0,0%
	Roches nues	32,50	1,9%
	Végétation clairsemée	42,95	2,5%
<b>Surface en eau</b>	Cours et voies d'eau	1,07	0,1%

Tableau 21 Occupation du sol dans le PNR du Vercors – Source : IFEN, Corine Land Cover

Le tableau suivant décrit l'occupation du sol dans la réserve naturelle des Hauts Plateaux du Vercors.

Nomenclature CLC		Surface en km <sup>2</sup>	% de la réserve
<b>Territoires agricoles</b>	Prairies	0,14	0%
<b>Forêts et milieux semi naturels</b>	Forêts de feuillus	2,03	1%
	<b>Forêts de conifères</b>	<b>71,19</b>	<b>40%</b>
	Forêts mélangées	11,83	7%
	<b>Pelouses et pâturages naturels</b>	<b>33,94</b>	<b>19%</b>
	Landes et broussailles	5,62	3%
	<b>Forêt et végétation arbustive en mutation</b>	<b>19,01</b>	<b>11%</b>
	Roches nues	10,91	6%
Végétation clairsemée	21,38	12%	

Tableau 22 Occupation du sol dans la réserve naturelle des Hauts Plateaux - - Source : IFEN, Corine Land Cover