



ASSOCIATION POUR LA MESURE DE LA POLLUTION
ATMOSPHERIQUE DE L'Auvergne

Atmo Auvergne

MEMBRE AGRÉÉ DE LA FÉDÉRATION ATMO FRANCE

Fédération des associations
de surveillance de la
qualité de l'air



Campagne de mesure de l'ozone dans le département du Puy-de-Dôme



De juin à septembre 2011

Atmo Auvergne

25, rue des Ribes
63170 AUBIERE

Tél. : 04 73 34 76 34

Fax : 04 73 34 33 56

Mél : contact@atmoauvergne.asso.fr

Site Internet : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

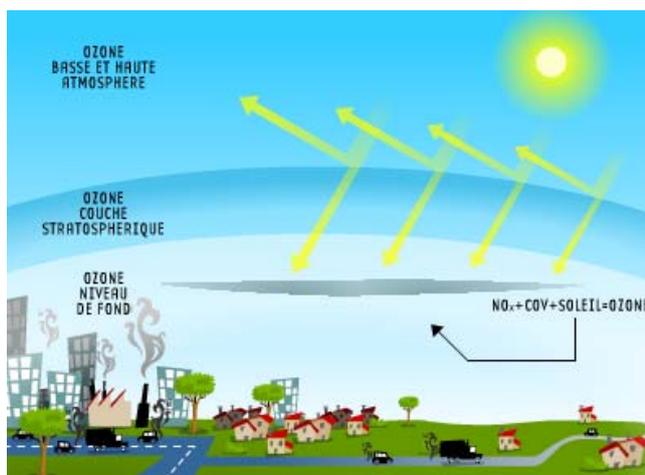
1 Introduction et contexte

La présente étude a pour but de caractériser les niveaux d'ozone dans le département du Puy-de-Dôme, et plus particulièrement sur l'axe Riom – Clermont-Ferrand – Issoire, en insistant sur la partie sud entre Clermont-Ferrand et Issoire. Cette étude permet d'étudier les niveaux d'ozone dans le Val d'Allier, le long de l'autoroute A 75 et l'influence de l'agglomération clermontoise. Les mesures se sont déroulées de début juin à fin septembre 2011.

1.1 Effets de l'ozone sur la santé et sur l'environnement

Dans la stratosphère (entre 10 et 50 km d'altitude environ), l'ozone, gaz de formule chimique O_3 , joue un rôle d'écran naturel et bénéfique vis-à-vis des ultraviolets solaires dangereux pour la matière vivante (c'est le « bon ozone »).

Dans la troposphère (entre 0 et 10 km d'altitude), l'ozone est un polluant dit secondaire car il est produit principalement par la transformation, sous l'effet du rayonnement solaire, des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV) émis majoritairement par les activités humaines. On l'appelle le « mauvais ozone » : l'ozone est un gaz très oxydant, qui à certaines concentrations est connu pour avoir des effets dommageables pour la santé des hommes et des écosystèmes.



Sur l'être humain, l'ozone provoque des irritations des voies respiratoires et des yeux, ainsi que l'affaiblissement du système immunitaire. Certaines personnes sont plus particulièrement sensibles : il s'agit des personnes atteintes de maladies cardiovasculaires et/ou des voies respiratoires comme l'asthme, des enfants âgés de moins de 15 ans (pour lesquels le développement pulmonaire n'est pas encore achevé) et des personnes âgées.

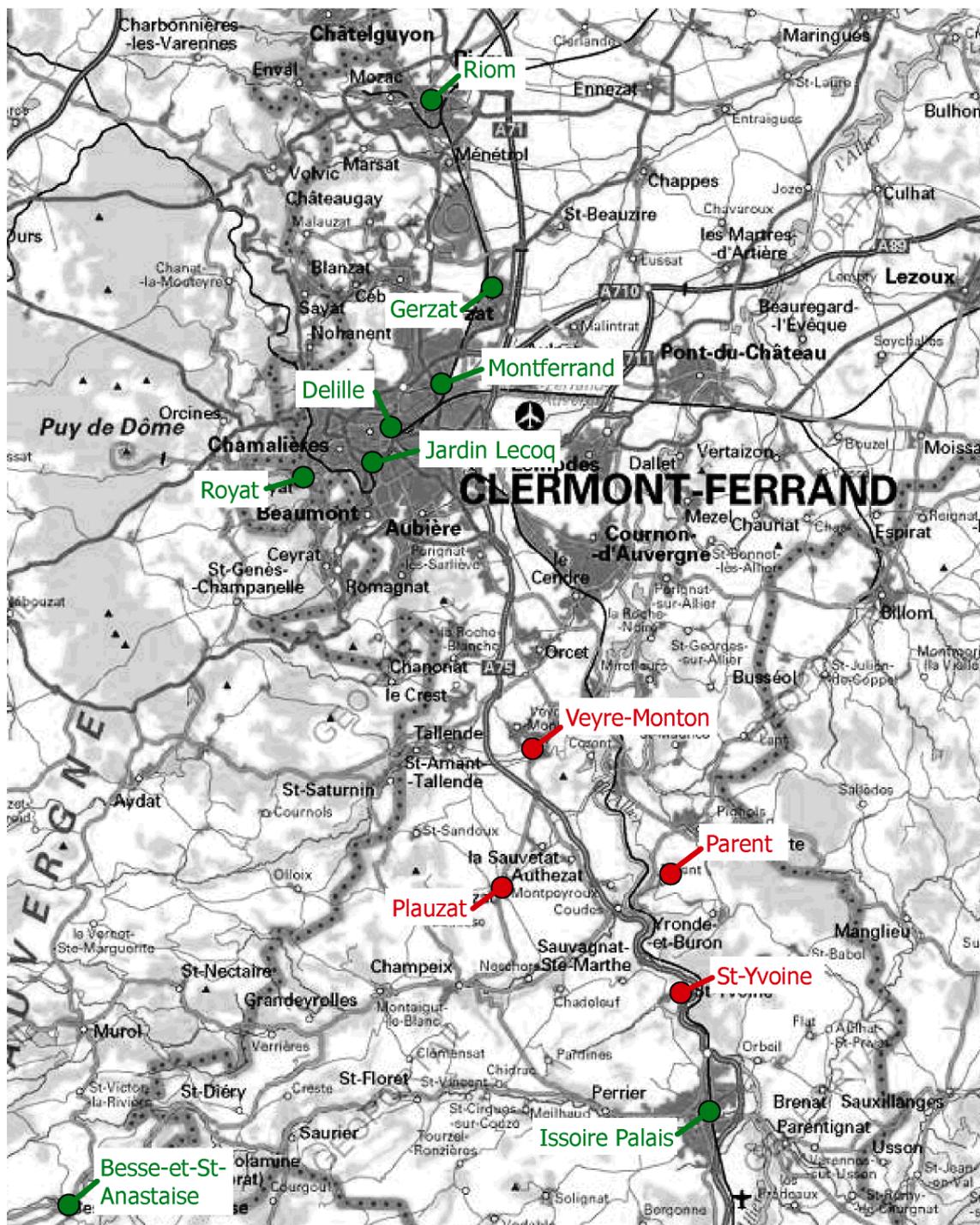
L'ozone a également un effet néfaste sur la végétation. Il pénètre dans les feuilles par les stomates (minuscules orifices situés au niveau de l'épiderme des végétaux et servant aux échanges gazeux) et se dégrade instantanément au contact des cellules, entraînant des réactions en chaîne et aboutissant 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).

Enfin, l'ozone contribue à l'effet de serre.

1.2 Sites de mesure

Quatre sites temporaires de mesure ont été implantés dans le Puy-de-Dôme de mai à septembre 2011 sur les communes – du nord au sud – de Veyre-Monton, de Plauzat, de Parent et de Saint-Yvoine.

La carte d'implantation des sites de la campagne est indiquée ci-après (en rouge), avec en complément la situation des stations fixes de comparaison mesurant l'ozone dans le Puy-de-Dôme.



Les coordonnées géographiques des sites de la campagne de mesure sont indiquées ci-dessous.

Sites de campagne	Typologie de la station	Emplacement du capteur	Latitude	Longitude	Altitude
Veyre-Monton (63)	Rurale régionale	Dans un local des vestiaires du complexe sportif	45,669	3,163	370 m
Plauzat (63)	Rurale régionale	Remorque sur une parcelle enherbée, au nord-est de Plauzat	45,626	3,153	405 m
Parent (63)	Rurale régionale	Dans une salle au 1 ^{er} étage de la mairie	45,624	3,230	475 m
Saint-Yvoine (63)	Rurale régionale	Dans le local technique à gauche de la mairie	45,585	3,236	475 m

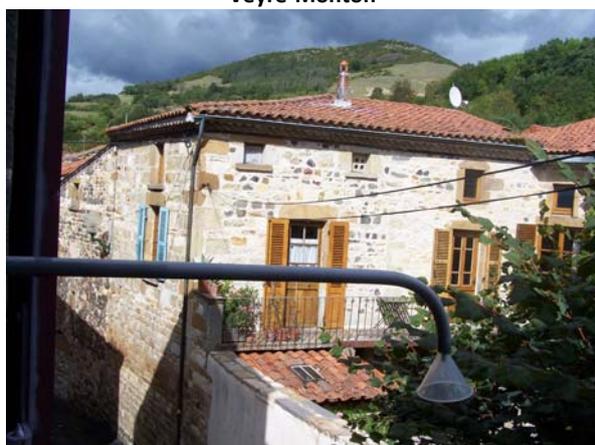
Les photos des sites de la **campagne de mesure** sont présentées ci-après.



Veyre-Monton



Plauzat



Parent



Saint-Yvoine

Les coordonnées géographiques des **sites de comparaison** sont indiquées ci-dessous.

Sites de comparaison	Nom du site de comparaison	Typologie de la station	Emplacement du capteur	Latitude	Longitude	Altitude
Riom (63)	Riom	Urbaine	Sur la façade d'un bâtiment en centre-ville	45,894	3,115	350 m
Gerzat (63)	Gerzat	Péri-urbaine	Cabine fixe	45,824	3,143	330 m
Montferrand (63)	Montferrand	Urbaine	Cabine dans cour de l'école Sainte Thérèse	45,797	3,114	340 m
Clermont-Ferrand Delille (63)	Delille	Urbaine	Cabine sur parking d'immeubles résidentiels	45,781	3,095	370 m
Clermont-Ferrand Lecoq (63)	Jardin Lecoq	Urbaine	Cabine fixe dans le parc	45,772	3,088	390 m
Royat (63)	Royat	Péri-urbaine	Dans une école maternelle	45,765	3,047	520 m
Issoire (63)	Issoire Palais	Urbaine	Sur le toit d'un bâtiment en centre-ville	45,545	3,248	405 m
Besse-et-Saint-Anastaise (63)	Besse	Rurale régionale	Cabine fixe à proximité du stade	45,510	2,930	1050 m

Les photos des sites de la **campagne de comparaison** sont présentées ci-après.



Riom (63)



Gerzat (63)



Montferrand (63)



Delille (63)



Jardin Lecoq (63)



Royat (63)



Issoire Palais (63)



Besse (63)

2 Résultats

A titre comparatif, les paramètres statistiques sont aussi présentés pour les stations fixes :

- rurale : Besse-et-St-Anastaise.
- périurbaines : Gerzat et Royat.
- urbaines : Riom, Montferrand, Delille, Jardin Lecoq et Issoire Palais.

Il est important de noter que l'été 2011 n'a pas été propice à la formation d'ozone localement dans le département du Puy-de-Dôme.

Toutes les concentrations indiquées dans les tableaux et graphiques ci-après sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Paramètres	Riom (63)	Gerzat (63)	Montferrand (63)	Delille (63)	Jardin Lecoq (63)	Royat (63)	Veyre-Monton (63)	Plauzat (63)	Parent (63)	Saint-Yvoine (63)	Issoire Palais (63))	Besse (63)
Moyenne	69	58	62	58	59	63	54	58	69	65	57	74
Médiane horaire	69	59	63	59	59	62	53	57	67	65	58	74
Maximum journalier	116	98	102	100	99	101	85	90	102	99	92	112
Maximum 8-horaire *	154	145	141	149	130	125	150	131	135	140	138	127
Percentile 99.9 horaire **	160	151	154	141	153	146	151	143	142	144	142	130
Maximum horaire	179	158	163	149	159	152	165	158	154	154	152	133

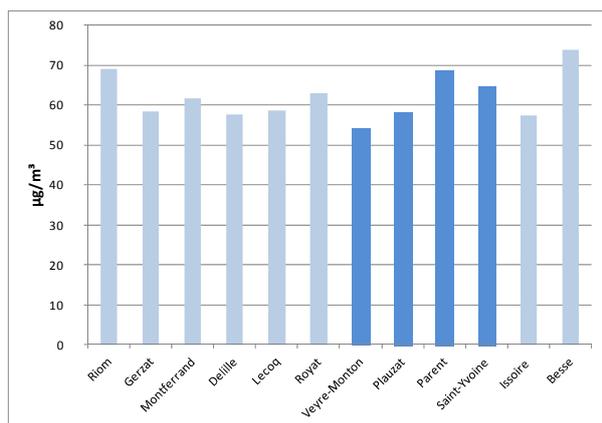
Paramètres statistiques (mesures du 01/06/2011 au 30/09/2011)

Nota bene :

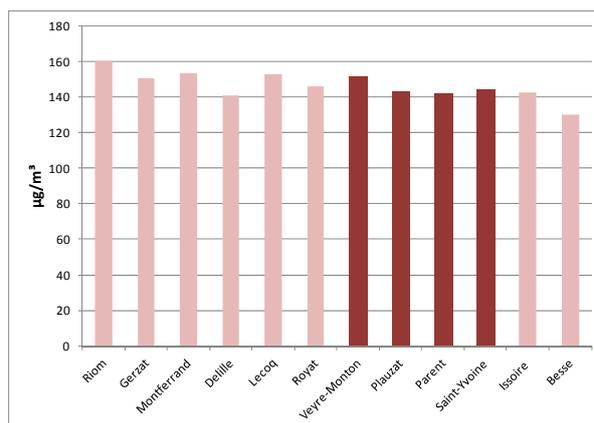
* Maximum 8-horaire : maximum des moyennes glissantes sur 8 heures.

** Percentile 99.9 horaire : valeur au-dessus de laquelle se situent 0,1 % des concentrations les plus élevées.

Dans les histogrammes ci-dessous sont représentés deux de ces paramètres, avec en clair les sites de comparaison.



Concentrations moyennes durant la campagne (du 01/06/2011 au 30/09/2011)



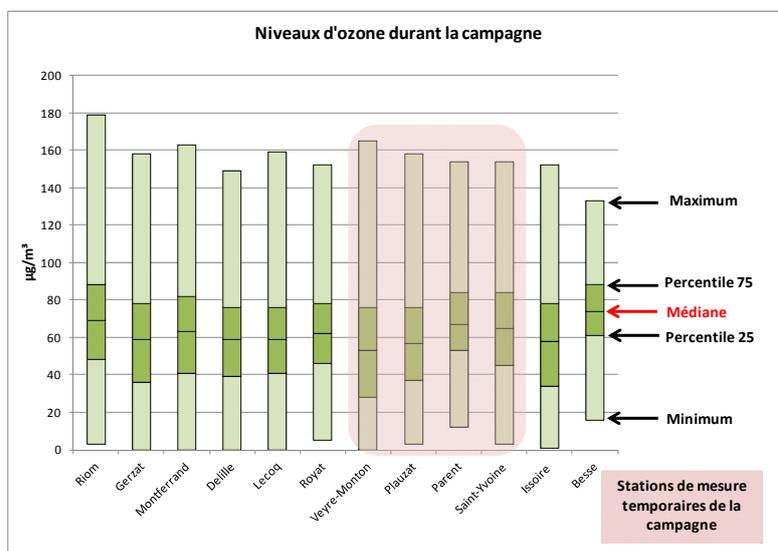
Percentiles 99.9 horaires durant la campagne (du 01/06/2011 au 30/09/2011)

Niveaux horaires durant la campagne (01/06/2011 au 30/09/2011).

Nota bene :

Percentile 25 : borne au-dessous de laquelle se situent 25 % des valeurs les plus faibles.

Percentile 75 : borne au-dessus de laquelle se situent 25 % des valeurs les plus élevées.



2.1 Niveaux moyens et maxima

En termes de **valeurs moyennes**, les stations de Parent et de Saint-Yvoine présentent les teneurs en ozone les plus élevées (supérieures à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) des sites de mesure temporaires. La commune de Veyre-Monton se détache avec une concentration moyenne égale à $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur moyenne la plus faible de l'ensemble des sites de mesure de cette campagne (sites fixes et sites temporaires).

En termes de **valeurs maximales journalières**, une analyse similaire est conduite. Les stations de Parent et de Saint-Yvoine présentent les maximums journaliers les plus élevés des sites temporaires avec des valeurs respectives de $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis que les deux autres stations ne dépassent pas $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui correspond aux valeurs minimales tous sites confondus.

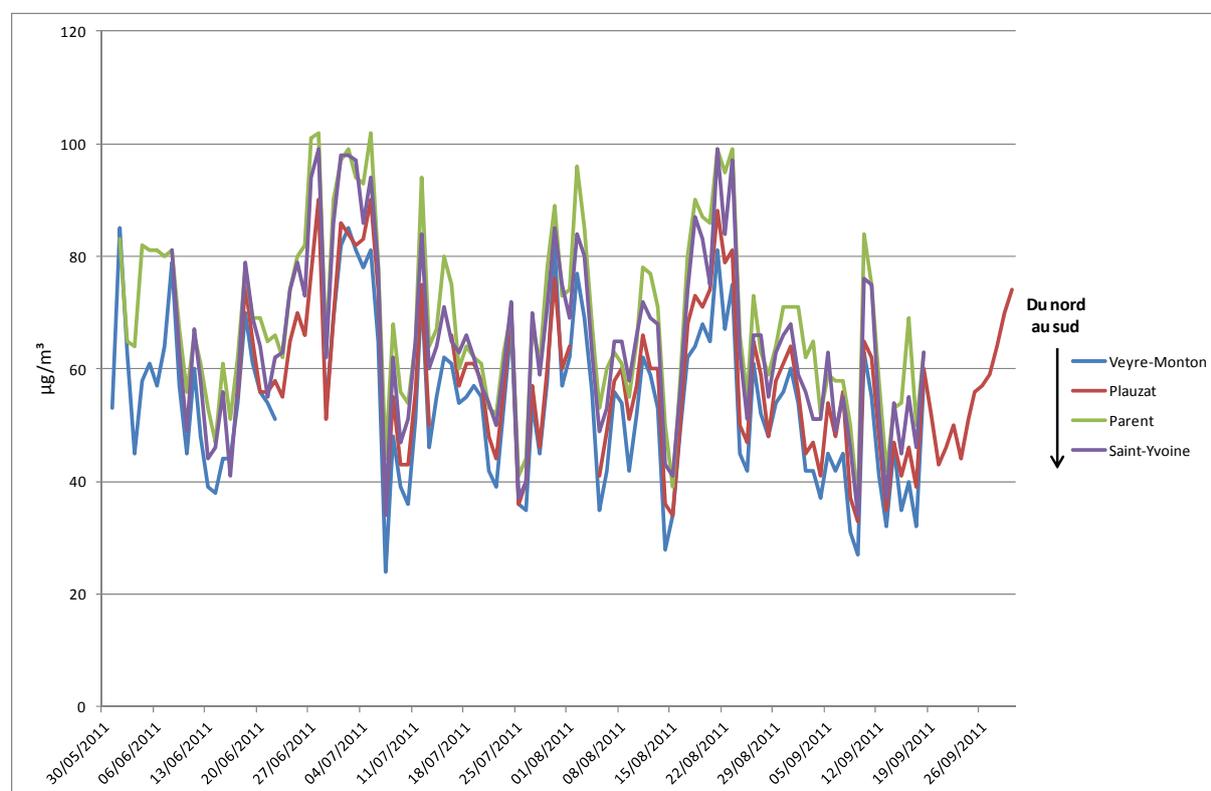
En termes de **valeurs maximales horaires**, l'ensemble des sites temporaires a connu un maximum horaire supérieur à $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Et à l'inverse des valeurs moyennes et maximales journalières, ce sont les sites de Plauzat et de Veyre-Monton qui ont présenté les valeurs maximales horaires les plus élevées.

De façon générale, la moyenne journalière des quatre sites temporaires de mesure ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est semblable à celle des sites de comparaison ($62 \mu\text{g}/\text{m}^3$). On observe tout de même pour les stations placées spécialement pour la campagne **une augmentation des concentrations en ozone (valeurs moyennes et maxima journaliers) en allant vers le sud et l'est**.

2.2 Evolution des concentrations journalières

Sur un site donné, les concentrations d'ozone sont fortement dépendantes des conditions météorologiques, et notamment de l'ensoleillement, mais également de la présence des différents composés précurseurs de l'ozone.

L'évolution des concentrations journalières sur les quatre sites temporaires de mesure est indiquée dans le graphique ci-après.



Evolution des concentrations journalières d'ozone sur les sites temporaires (01/06/2011 au 30/09/2011)

Sur l'ensemble des sites, les valeurs moyennes journalières varient de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les sites temporaires, les valeurs vont de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le graphique montre des **variations journalières relativement proches** pour l'ensemble des sites de mesure. Comme indiqué auparavant, le site de Parent présente les concentrations en ozone les plus élevées de tous les sites, alors que la station de Veyre-Monton affiche les teneurs en ozone les plus faibles.

Malgré un été peu propice à la formation d’ozone, on observe durant la période estivale 2011 plusieurs **épisodes notables de pollution photochimique** :

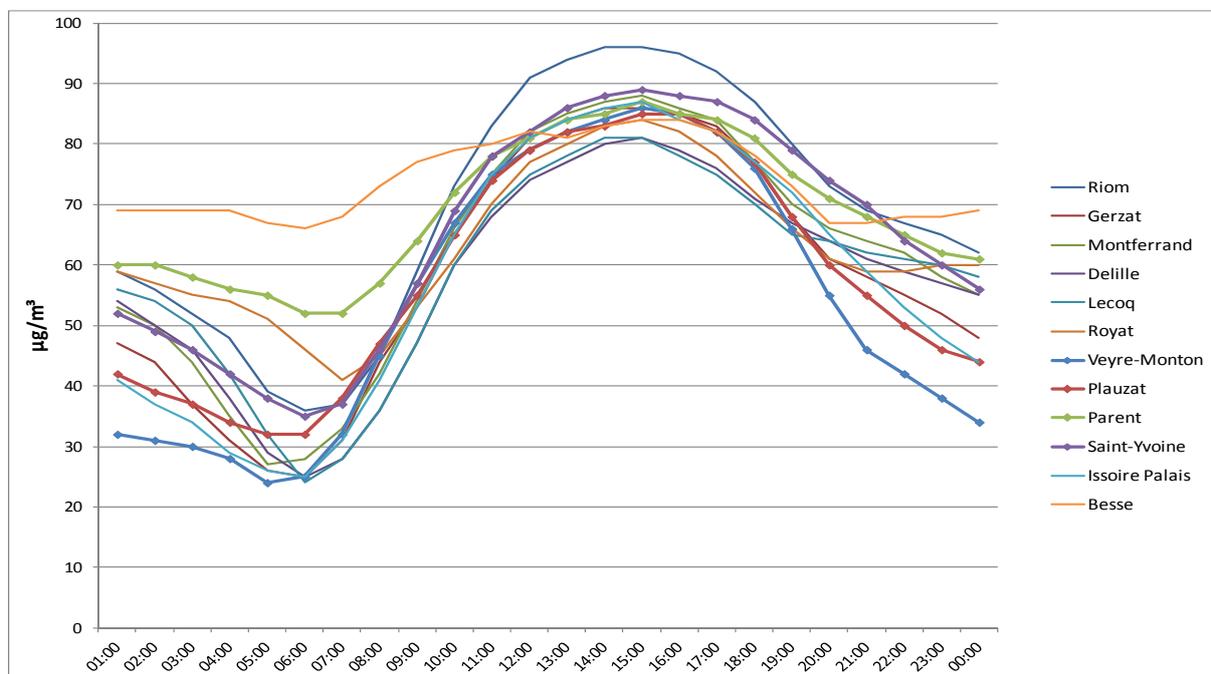
- Les 7 et 8 juin 2011,
- **Du 27 juin au 5 juillet 2011,**
- Les 12 et 15 juillet 2011,
- Du 29 juillet au 2 août 2011,
- **Du 19 au 23 août 2011,**
- Le 10 septembre 2011.

Les caractéristiques des épisodes « en gras » sont données en §2.4, car dans ces deux cas, le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures a dépassé $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur cible pour la protection de la santé humaine) sur une ou plusieurs stations de mesure de la campagne.

Il faut également noter un épisode de forte pollution photochimique à la fin du mois de septembre, qui débordera sur le mois d’octobre, mais l’absence de données sur la majorité des sites de mesure temporaires ne nous permet pas de traiter cet épisode.

2.3 Evolution des concentrations horaires (étude des profils journaliers)

Le profil journalier des concentrations enregistrées entre le 1^{er} juin et le 30 septembre 2011 est indiqué sur le graphique ci-après.



Profil journalier des concentrations d’ozone durant la campagne (01/06/2011 au 30/09/2011). Les curseurs sont affichés pour les courbes des sites de la campagne de mesure

Trois types de cycles diurnes (jour/nuit) peuvent être identifiés sur le graphique ci-dessus :

- Un type de cycle ayant une amplitude jour/nuit importante ($58,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne) et dans lequel on trouve la majorité des stations dont Veyre-Monton avec l’amplitude la plus élevée mesurée avec Issoire ($62 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces sites sont situés, (sauf Saint-Yvoine), à une altitude maximale de 405 m,
- Un type de cycle pour lequel l’amplitude jour/nuit est marquée, mais dans une moindre mesure, dans lequel on peut inclure la station temporaire de Parent ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ainsi que la station permanente de Royat ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$), qui sont parmi les sites de plus haute altitude (entre 475 m et 520 m),
- Un type de cycle ayant une amplitude jour/nuit faible ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$), correspondant seulement à la station rurale de Besse-et-St-Anastaise, situé à l’altitude la plus élevée de l’ensemble des sites pris en compte lors de cette campagne.

Ce graphique permet de conclure que **l’amplitude des cycles diurnes de concentration en ozone s’atténue avec l’altitude, même si les écarts ne sont pas toujours importants.**

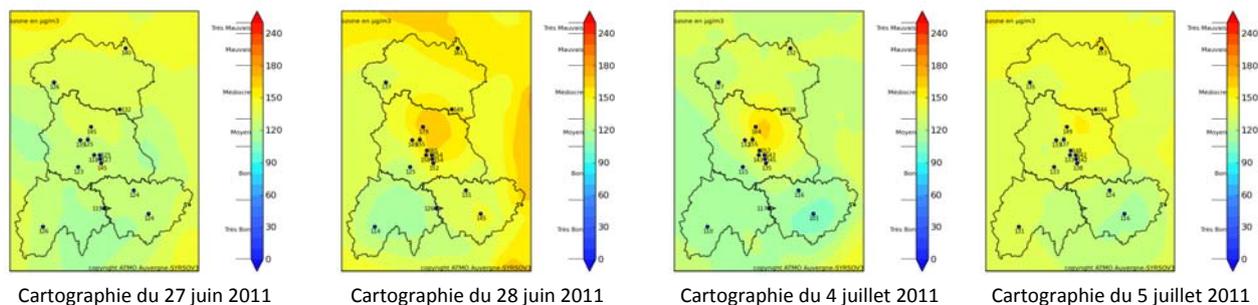
De plus, à l’exception de la station de Parent, les trois autres sites de mesure temporaires, situés en zone rurale, ont des amplitudes jour/nuit proches des sites urbains et périurbains de comparaison.

2.4 Focus sur quelques épisodes de pollution photochimique

Les éléments ci-après caractérisent les deux principaux épisodes de pollution à l’ozone, identifiés au cours de la période estivale 2011.

2.4.1 Episode du 27 juin au 5 juillet 2011

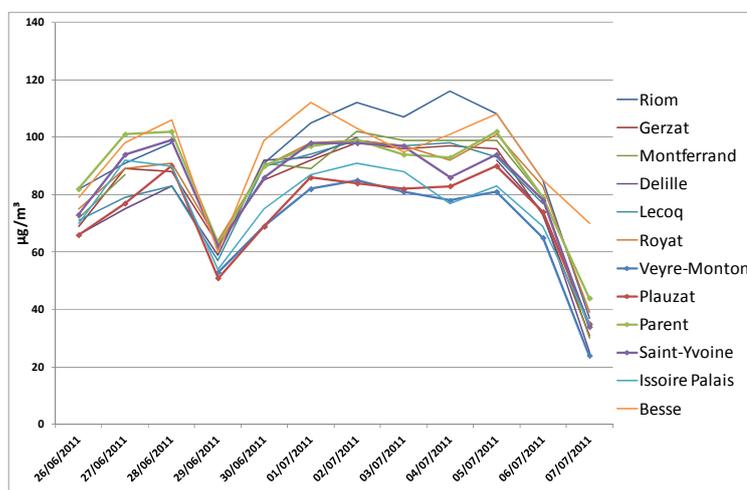
Les illustrations ci-dessous présentent quelques cartographies d’observation des maxima horaires en ozone du 27 juin au 5 juillet 2011.



Les **valeurs moyennes journalières** durant l’épisode sont présentées dans le graphique ci-contre.

Sur l’ensemble des stations, la **valeur cible pour la protection de la santé humaine** ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 heures) a été **dépassée 48 fois** au total.

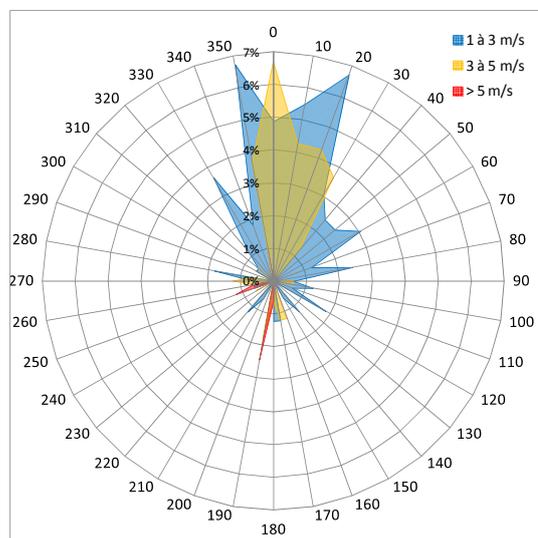
Evolution des concentrations horaires :
Le 28 juin, les valeurs horaires d’ozone sont supérieures à $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l’ensemble des sites temporaires ainsi que sur 5 sites fixes. Le 4 juillet, les stations ont toutes atteint et dépassé le seuil des $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sauf Issoire et Besse. Les maxima relevés durant cet épisode (et sur la campagne) sont enregistrés sur les communes de Veyre-Monton ($165 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de Riom ($179 \mu\text{g}/\text{m}^3$) le 28 juin.



Evolution des concentrations journalières d’ozone sur les sites de la campagne et de comparaison (du 26 juin au 7 juillet 2011)

Malgré un épisode orageux les 28 et 29 juin entraînant une baisse de l’insolation et des températures, les **conditions climatiques** étaient favorables à la formation de l’ozone troposphérique localement : un anticyclone favorisant les fortes chaleurs (27°C à 37°C) était en place depuis le 25 juin avec des durées d’insolation très importantes (7 jours entre 11.2 h et 15 h d’ensoleillement par jour).

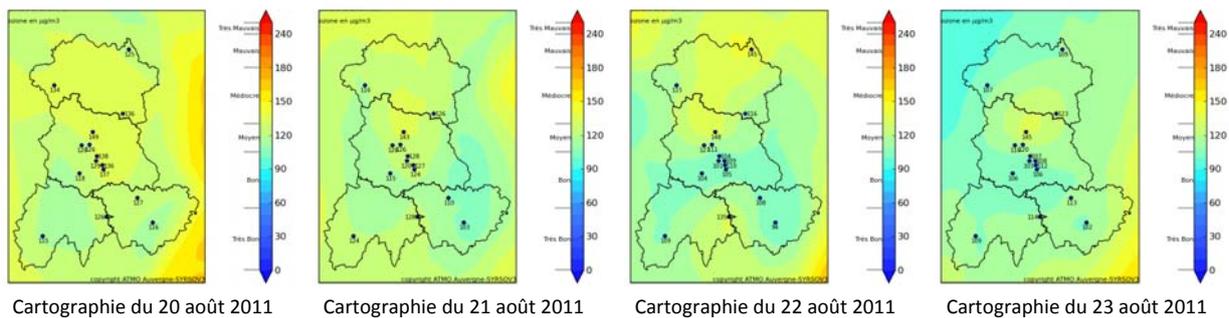
Le **vent dominant**, plutôt faible durant l’épisode, d’origine **nord** comme l’indique la rose des vents ci-contre, aurait pu – au vu des cartographies d’observation – accentuer les niveaux d’ozone des sites de mesure temporaires par l’apport d’ozone de l’agglomération clermontoise s’il avait été plus puissant.



Rose des vents du 27 juin au 5 juillet 2011, calculée à partir des relevés météo de la station Météo-France d’Aulnat(63)

2.4.2 Episode du 19 au 23 août 2011

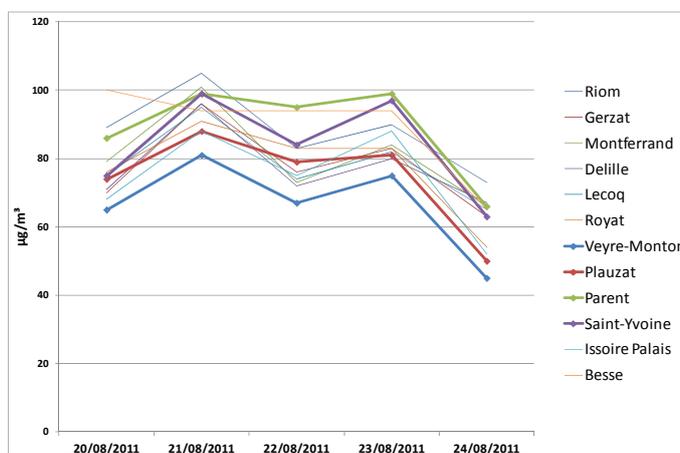
Les illustrations ci-dessous présentent les cartographies d'observation des maxima horaires en ozone du 20 au 23 août 2011.



Les valeurs moyennes journalières durant l'épisode sont présentées dans le graphique ci-contre.

Les stations temporaires de Veyre-Monton, Plauzat et Saint-Yvoine, ainsi que les stations de Riom et de Montferrand ont **dépassé au moins une fois la valeur cible pour la protection de la santé humaine** ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 heures) durant cet épisode.

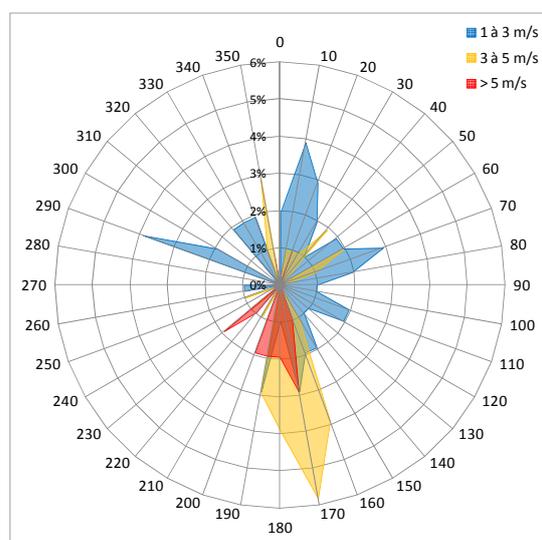
Evolution des concentrations horaires :
L'épisode a été moins fort que celui de la fin juin, malgré cela, le 20 août, l'ensemble des sites (excepté Besse) a dépassé $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et les maxima de cet épisode ont été mesurés ce jour avec $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint-Yvoine, $138 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Veyre-Monton et $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Riom. Les 19 et 21 août, trois sites de mesure permanents et six sites fixes ont atteint ou dépassé $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Enfin, les 22 et 23 août, tous les sites ont dépassé $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Evolution des concentrations journalières d'ozone sur les sites de la campagne et de comparaison (du 20 au 24 août 2011)

Les conditions climatiques étaient propices à la formation de l'ozone troposphérique localement : les températures ont augmenté à partir du 15 août atteignant un maximum de 39.3°C à Issoire le 22 août. La durée d'insolation moyenne entre le 19 et le 22 août était de 11.4 heures.

Les vents ont eu une dominance nord au début de la période puis la tendance s'est inversée dès le 21 août avec des vents dominants du sud qui ont également été nettement plus puissants que les vents des 19 et 20 août. Ces vents du sud ont limité l'apport des polluants primaires issus de l'agglomération clermontoise et ont envoyé ceux-ci vers le nord, ce qui a eu pour conséquence les concentrations les plus importantes pour la commune de Riom (cf cartographies d'observation de l'ozone).



Rose des vents du 19 au 23 août 2011, calculée à partir des relevés météo de la station Météo-France d'Aulnat (63)

3 Comparaison avec les normes

Les valeurs applicables en 2011 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des différents critères nationaux de la qualité de l'air concernant l'ozone sont présentées dans le tableau suivant :

Critère	Paramètre statistique	Valeur applicable	Remarque
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	maximum journalier de la moyenne sur 8 heures	120	en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
Objectif de qualité pour la protection de la végétation	AOT 40 (mai - juillet)	6 000	en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (valeur à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile, la moyenne étant calculée sur 3 ans)	120	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valeur cible pour la protection de la végétation	AOT 40 (de mai à juillet, moyenne sur 5 ans)	18 000	en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
Seuil d'information et de recommandation	moyenne horaire	180	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population	Moyenne horaire	240	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence : - 1 ^{er} seuil - 2 ^{ème} seuil - 3 ^{ème} seuil	moyenne horaire	240 300 360	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur 3 h consécutives)

Le tableau ci-après indique le nombre de jours dépassant la valeur cible pour la protection de la santé humaine, le nombre de dépassements du seuil d'information et de recommandation à la population, ainsi que l'AOT 40 (Accumulated Over Threshold of 40 ppb).

L'AOT 40, exprimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, correspond à la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (soit 40 ppb) et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant une période donnée (mai-juin-juillet) en utilisant uniquement les valeurs horaires mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures (heure de l'Europe centrale).

Pour les quatre stations de mesure spécialement installées pour cette campagne, les valeurs de l'AOT 40 ne peuvent pas être calculées car aucune mesure n'est disponible pour le mois de mai. Cependant, une valeur partielle (en rouge dans le tableau qui suit) a été déterminée à partir des données des mois de juin et juillet. Ces valeurs ne sont en aucun cas pertinentes pour une quelconque comparaison avec les AOT 40 des autres stations. Les cumuls n'étant calculé que sur les mois de juin et juillet, les valeurs affichées sont donc sous-estimées. Il est toutefois judicieux de comparer ces mesures avec l'objectif de qualité de $6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$.

Sites	Nb de jours avec moyenne 8-horaires $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Nb. de moy. horaires $\geq 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	AOT 40 corrigé en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ mai – juillet
Riom	18 soit 15 % du temps	0	19 229
Gerzat	4 soit 3 % du temps	0	12 726
Montferrand	9 soit 8 % du temps	0	12 698
Delille	0 soit 0 % du temps	0	7 860
Jardin Lecoq	2 soit 2 % du temps	0	10 469
Royat	2 soit 2 % du temps	0	11 386

Sites	Nb de jours avec moyenne 8-horaires $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Nb. de moy. horaires $\geq 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	AOT 40 corrigé en $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ mai – juillet
Veyre-Monton	7 soit 7 % du temps	0	nd (6 822)
Plauzat	5 soit 5 % du temps	0	nd (9 191)
Parent	5 soit 5 % du temps	0	nd (6 739)
Saint-Yvoine	9 soit 9 % du temps	0	nd (8 617)
Issoire Palais	4 soit 3 % du temps	0	12 015
Besse-et-St-Anastaise	3 soit 3 % du temps	0	12 235

La valeur cible pour la protection de la santé humaine autorise 25 jours de dépassement par an, en moyenne sur 3 ans, durant lesquels le maximum journalier de la concentration 8-horaire peut dépasser $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce critère normatif est difficilement comparable aux données présentes étant donnée la durée limitée de la campagne, mais les résultats obtenus font apparaître une année 2011 qui a été de façon générale peu affectée par la pollution photochimique. En effet, entre le 1^{er} juin et le 30 septembre 2011, 5 à 9 dépassements ont été dénombrés sur les sites de mesure et 0 (Delille) à 18 (Riom) dépassements sur les sites de comparaison. Le site de Riom, sur l'année 2011 (entre le 1^{er} janvier et le 1^{er} novembre) a toutefois largement dépassé la valeur cible avec 44 jours de dépassement de la concentration 8-horaire de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aucun dépassement de seuil horaire d'information et de recommandation de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été enregistré. Cependant, le 28 juin 2011, durant le premier épisode de pollution photochimique, une valeur horaire de $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été mesurée à Riom.

L'AOT 40 est un indicateur d'exposition des végétaux à l'ozone. L'objectif de qualité correspondant (fixé à $6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) est dépassé sur l'ensemble des sites de mesure, et même très largement pour certains. On remarque que les valeurs des sites temporaires, même si elles sont sous-estimées en raison de l'absence des mesures en mai, sont toutes supérieures à l'objectif de qualité pour la protection de la végétation.

4 Conclusions

Malgré une pollution photochimique de faible ampleur, les mesures d'ozone qui ont été conduites sur quatre sites mobiles ruraux installés de juin à septembre 2011 dans le sud du Puy-de-Dôme, ont permis de mieux déterminer le comportement de ce polluant dans ce département. Plusieurs éléments de cette campagne peuvent être retenus :

- L'été 2011 n'a pas été particulièrement propice à la formation d'ozone **localement** dans le Puy-de-Dôme. Les concentrations en ozone n'ont pas été très fortes, que ce soit en termes de pics de pollution (aucun dépassement du seuil de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que de niveaux chroniques (pas de moyenne journalière supérieure à $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les quatre sites mobiles et à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les autres sites).
- **Six épisodes de pollution à l'ozone** ont été détectés durant la période estivale 2011 : les 7 et 8 juin, du 27 juin au 5 juillet, les 12 et 15 juillet, du 29 juillet au 2 août, du 19 au 23 août et le 10 septembre.
- On observe une **concentration moyenne en ozone moindre** dans les zones de plus faible altitude (Veyre-Monton et Plauzat). A contrario, ces moyennes tendent à augmenter dès lors que l'on s'élève (Parent et Saint-Yvoine). Concernant les valeurs horaires lors des épisodes de pollution photochimique, les sites les plus proches de l'agglomération clermontoise présentent les valeurs les plus fortes, confirmant le transport de polluants précurseurs de l'ozone à partir de l'agglomération. La distance des sites de mesure à l'autoroute A75 ne semble pas jouer de rôle primordial dans la formation de l'ozone.
- Il serait intéressant d'étudier le comportement de l'ozone au **nord de Clermont-Ferrand** et en Limagne, toujours sur un axe nord-sud afin d'évaluer la possibilité de transfert de la pollution photochimique (qui apparaît plus importante sur ce secteur) vers le nord du département.
- **Concernant les valeurs réglementaires :**
 - o Le seuil horaire d'information et de recommandation de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassé.
 - o La valeur cible pour la protection de la santé humaine applicable en 2011 est vraisemblablement respectée pour l'année 2011 sur l'ensemble des sites mobiles. Cependant, à Riom, cette valeur cible de 25 jours par an en moyenne sur 3 ans sera probablement dépassée, en particulier en raison des dépassements de l'année 2011.
 - o L'objectif de qualité pour la protection des écosystèmes (AOT 40) est dépassé pour tous les sites mobiles, et cela malgré des données incomplètes, comme il l'est régulièrement sur l'ensemble des sites ruraux auvergnats.