

# UNE CAMPAGNE DE MESURE DE L'OZONE SUR LE MOURRE NÈGRE (Grand Luberon - Vaucluse)

Sébastien MATHIOT\*

## QU'EST CE QUE L'OZONE ?

L'ozone est un gaz odorant découvert à la fin du siècle dernier. Sa molécule contient trois atomes d'oxygène ( $O_3$ ). Ce gaz est un constituant naturel de l'air que l'on retrouve principalement dans la stratosphère entre 12 et 45 km d'altitude. C'est à cette altitude que se constitue la couche protectrice d'ozone qui filtre les rayons ultraviolets du soleil et protège ainsi la Terre et ses habitants.

Près du sol, dans la troposphère, l'air ne contient naturellement que très peu d'ozone. Ce sont à la fois des sources naturelles et des sources anthropiques (industries, transport) qui sous l'action du soleil permettent la création de ce composé.

## Généralités sur l'ozone troposphérique

Ce gaz résulte d'un mécanisme particulièrement complexe mettant en jeu un certain nombre de polluants comme les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils. Sous l'effet

du rayonnement solaire (énergie UV), la rencontre de ces polluants « précurseurs » va donner naissance à ce gaz très oxydant qu'est l'ozone. À chaque instant, la concentration d'ozone présente dans la troposphère est le résultat du bilan entre des réactions simultanées de formation et de destruction.

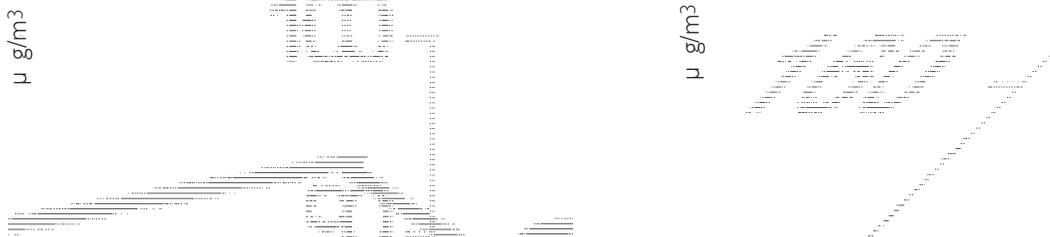
La complexité du phénomène est encore renforcée par la diversité des échelles spatiales concernées. L'ozone formé à l'échelle locale, contribue à l'augmentation des concentrations observées à des échelles spatiales qui vont du régional au global. Ce polluant est dit voyageur.

L'été est la période de l'année durant laquelle on mesure les concentrations d'ozone les plus importantes et c'est durant les heures les plus chaudes de la journée (en début d'après midi) que l'on observe les valeurs de pointes. Dans notre région, les belles journées estivales avec alternance de brise de terre et brise de mer sont particulièrement propices au phénomène de pollution photochimique par l'ozone.

Fig. 1 : profils types pour l'ozone

### Profil annuel type d'une station de plaine

### Profil journalier type d'une station de plaine en



\* Technicien d'exploitation - AIRFOBEP (Association pour la surveillance de la qualité de l'air de la région de l'étang de Berre), Route de la Vierge, 13500 Martigues.

Les gênes ressenties varient d'un individu à l'autre. Les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques et les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone. Les effets sur la santé sont fonction du volume d'air inhalé, de la durée d'exposition et du niveau des concentrations d'ozone. Plusieurs manifestations sont possibles : toux, inconfort thoracique, inspiration profonde douloureuse, essoufflement, irritations nasale, oculaire ainsi qu'au niveau de la gorge.

La végétation et notamment les arbres sont également affectés par cette pollution estivale.

L'ozone est le principal acteur de la pollution photooxydante, il contribue à l'effet de serre et aux pluies acides.

Des valeurs de référence (Union européenne) visent ce composé permettant ainsi d'évaluer les niveaux de pollution, de fond et de pointe.

Valeurs de référence/Directive Européenne du 21/09/92/		
Seuil pour la protection de la santé	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne sur 8 h
Seuil d'information de la population	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne sur 1 h
Seuil d'alerte de la population	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne sur 1 h
Seuil pour la protection de la végétation	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne sur 24 h
Seuil pour la protection de la végétation	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne sur 1 h

Tabl. 1 : valeurs de référence pour l'ozone.

## État des lieux

L'ensemble de la planète est concerné par ce phénomène de pollution par l'ozone. Depuis le début du siècle, les concentrations de fond ont été multipliées par 4 dans l'hémisphère Nord. De  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  environ elles sont aujourd'hui passées à  $70-90\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne (Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Mai 96).

Depuis une dizaine d'années les réseaux français de surveillance de la qualité de l'air agréés par le Ministère de l'environnement mesurent ce composé sur l'ensemble du territoire.

En France, des dépassements du seuil horaire d'information de la population ( $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont perceptibles chaque année en période estivale sur plusieurs points de l'hexagone. La région Provence-Alpes-Côte-d'Azur est l'une des régions les plus affectée par cette pollution photochimique par l'ozone. Les conditions sont en effet réunies sur cette région en termes d'émissions de polluants précurseurs à l'ozone (agglomérations Aix/Marseille, Toulon, Nice et Zone industrielle de l'Étang de Berre) ainsi qu'en terme de conditions météorologique (ensoleillement abondant). La surveillance de l'ozone, jadis cantonnée en périphérie de ces pôles émetteurs, s'étend maintenant sur l'ensemble de la région au travers de campagnes de mesure temporaires réalisées pour la plupart en période estivale.

## Mesures au Mourre Nègre du 15 Juillet 1997 au 5 Août 1997

Le réseau de surveillance AIRFOBEP a mené une campagne de mesure avec le laboratoire de surveillance de la qualité de l'air de la région PACA au cours de l'été 1997 sur le massif du Luberon, au Mourre Nègre. Un panel de polluants atmosphériques a été appréhendé dont l'ozone, principal objectif de cette campagne de mesure.

Pour ce qui est des polluants dits primaires (émis directement par une source) les concentrations rencontrées en ce lieu sont voisines des seuils de détection des appareils de mesure (quasiment nulles).

Pour ce qui est de l'ozone, le constat est bien différent. Les valeurs de référence tant au niveau de la santé humaine que de la protection de la végétation ont été atteintes. Les seuils afférents à la pollution de fond (long pas de temps) ont été très fréquemment dépassés.

Valeurs de référence Union européenne	Nombre de dépassements
Protection de la santé 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 h	<b>27</b> (11j/21j possibles)
Information de la population 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 h	<b>8</b> (2j/21 j)
Alerte de la population 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 h	0
Protection de la végétation 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 h	<b>19</b> (19j/20j)
Protection de la végétation 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 h	2 (1j/21j)

Tabl. 2 : bilan vis-à-vis des valeurs de référence.

## Profil d'ozone journalier type

Le profil journalier type est calculé en moyennant heure par heure toutes les journées de cette campagne de mesure (du 15 Juillet 1997 au 5 Août 1997).

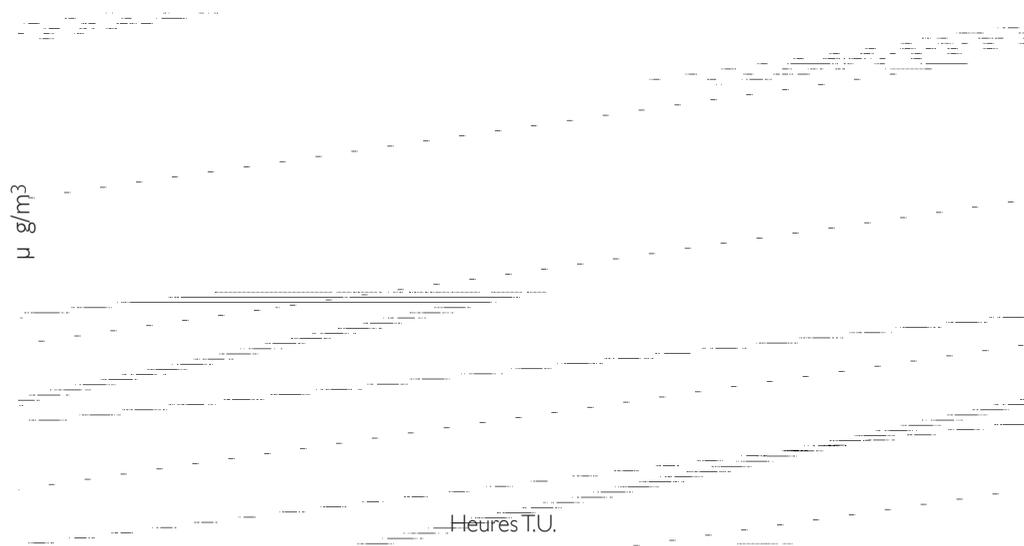


Fig. 2 : profils journaliers types d'ozone (PJT)

Le profil type du site du Luberon ne ressemble pas aux profils d'ozone des stations de mesure conventionnelles de plaine. Le site du Mourre Nègre, du fait de sa situation en altitude, a un comportement très particulier. On ne retrouve pas le profil type dit « en cloche » des sites urbains ou ruraux se situant en plaine.

Le site de mesure du Plan d'Aups, implanté sur le massif de la Sainte-Baume (Bouches-du-Rhône), a un profil type comparable à celui relevé dans le Luberon. Ces deux sites sont en altitude et sont dans des situations analogues vis-à-vis des principaux émetteurs du département des Bouches-du-Rhône (relativement à l'écart mais sous les vents par moments, notamment en été).

On note plusieurs catégories distinctes de sites de mesure d'ozone : Les sites d'altitude, les sites traditionnels de plaine et les sites sous influence directe de zones productrices d'ozone local.

Les sites de mesure positionnés en altitude reçoivent d'importants apports d'ozone provenant de la troposphère libre. La convection orographique inhérente à ces

sites de mesure interdit la formation d'une couche nocturne stable au voisinage du sol. Il n'y a donc jamais emprisonnement d'un stock limité d'ozone

susceptible d'être rapidement consommé par divers processus biologiques et physico-chimiques (puits d'ozone). La concentration d'ozone sur de tels sites varie donc peu au cours d'une journée. Elle est représentative de la concentration d'ozone de la couche intermédiaire ou de la troposphère libre (niveau de fond).

Pour les sites traditionnels de plaine, le profil « en cloche » doit être interprété comme une modulation en négatif du niveau de fond par les pièges d'ozone au sol.

Quant à la production photochimique locale (observée sur des sites se trouvant dans le panache des sources), elle se superpose à ce comportement de base.

Les profils types de ces deux sites d'altitude (Luberon et Sainte-Baume) ont une allure générale semblable mais comporte quelques différences en milieu de journée. Les apports locaux sont mis en évidence à ces moments-là sur chacun des sites.

## Profil type obtenu par vent fort.

Le comportement de l'ensemble des sites de mesure d'une zone soumise à des vents forts est identique. Le brassage de l'air réalisé ces jours-là fait apparaître un profil de concentrations d'ozone identique sur la totalité des sites de mesure. La concentration maximale atteinte en cours de journée est voisine de la valeur moyenne d'ozone de cette zone.

L'exemple ci-dessous montre le profil d'ozone livré par des stations de mesure situées en altitude, en plaine, en milieu urbain et en milieu rural sur une vaste zone qui correspond approximativement aux limites du département des Bouches-du-Rhône.

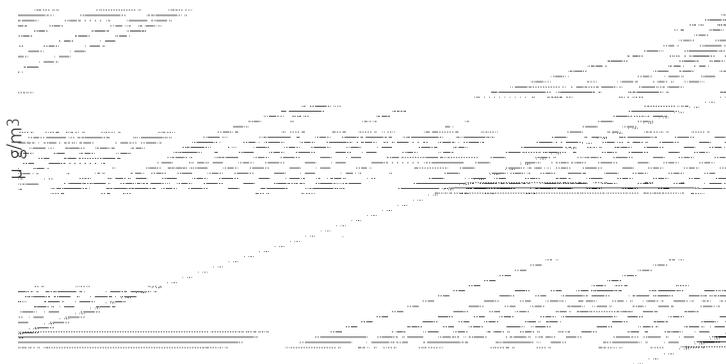


Fig. 3 : évolution des concentrations d'ozone

Dès l'apparition du mistral le 24 Juillet en fin de journée, les profils de ces différents sites deviennent semblables. Ils le restent jusqu'au moment où le vent faiblit, le 26 Juillet en fin d'après-midi. À ce moment-là, les différents sites de mesure retrouvent leur spécificité comme la chute soudaine des concentrations en fin de journée pour les sites urbains.

Le vent relativement fort provoque donc un brassage d'air qui conduit à observer en tout point de ce secteur géographique, des concentrations d'ozone très proches les unes des autres.

## Valeur de fond

Les deux sites d'altitude (Luberon et Sainte-Baume) enregistrent durant la nuit et jusqu'en milieu de matinée, des concentrations d'ozone voisines et relativement stables. Cette valeur est représentative du niveau de fond de la troposphère libre ou de la couche intermédiaire. Les apports locaux (production photochimique à partir d'émissions locales) affectent ensuite ces deux sites à différents niveaux, selon les conditions météorologiques du jour.

En regard des concentrations observées durant les premières heures de la journée sur ces deux sites, la valeur de fond de l'atmosphère libre ou de la couche intermédiaire sur ce secteur géographique se situe à pareille époque aux alentours de  $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

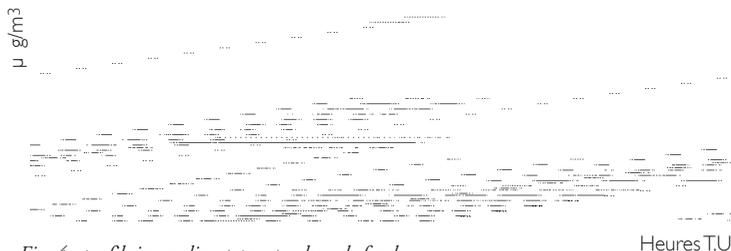


Fig. 4 : profils journaliers types et valeur de fond

Heures T.U.

## Les apports locaux

Sur les deux sites d'altitude on enregistre la production photochimique issue des émetteurs locaux (bassin industriel de l'étang de Berre et agglomération marseillaise) lorsque le régime de brises de mer est présent. L'établissement des brises de mer s'opère vers 10h locale (8h TU) au cours de journées estivales caractérisées par une météorologie anticyclonique. Les deux sites ont

enregistré des dépassements du seuil horaire de  $180\mu\text{g}/\text{m}^3$  uniquement ces jours-là. Le graphique ci-dessous montre le comportement de ces deux sites d'altitude sur la totalité de cette campagne de mesure. Nous avons fait apparaître le seuil d'information de la population de  $180\mu\text{g}/\text{m}^3$  ainsi que le niveau de fond de  $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

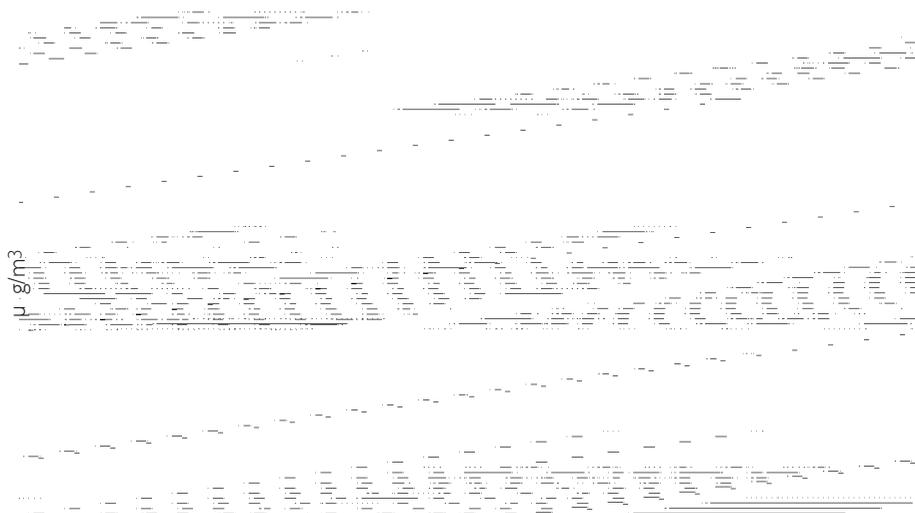


Fig. 5 : évolution des concentrations d'ozone pour les sites d'altitude au cours de cette campagne de mesure.

## Dépassements horaires du seuil $180\mu\text{g}/\text{m}^3$

Le tableau qui suit mentionne le nombre d'heures de dépassement ainsi que la valeur horaire maximale atteinte, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au cours de cette campagne de mesure.

	22/07	23/07	24/07	29/07	30/07
Luberon	7 heures max. h : 205	1 heure max. h : 180	0 h	0 h	0 h
Sainte-Baume	0 h	2 heures max. h : 187	4 heures max. h : 213	3 heures max. h : 233	2 heures max. h : 195
Direction centrale du vent	Sud-ouest	Sud-ouest; Ouest	Ouest	Ouest	Ouest

Tabl. 3 : nombre de dépassements du seuil horaire d'information de la population au cours de cette campagne de mesure.

En regard du graphique et du tableau ci-dessus et en ce qui concerne les journées qui ont enregistré un dépassement du seuil de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on constate que ces deux sites ne sont pas affectés les mêmes jours, hormis le 23 Juillet. Ce fut le seul épisode de pollution généralisée à l'ensemble du département des Bouches-du-Rhône survenu au cours de cette campagne de mesure. Cette journée a vu 15 stations de mesure sur 24 enregistrer au moins une heure supérieure à  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dont les deux sites d'altitude. En ce qui concerne les autres jours, pour une typologie de brise de mer donnée, un seul de ces deux sites est concerné. Le site du Luberon semble être concerné par des épisodes de pollution photochimique lorsque les brises de mer viennent franchement du Sud. Le site de la Sainte-Baume l'est quant à lui lorsque les brises sont plus d'Ouest. Ce dernier cas s'est produit plus fréquemment au cours de cette campagne de mesure.

## CONCLUSION

En raison de sa situation sommitale, ce point de mesure est un lieu où les concentrations d'ozone rencontrées sont voisines de la valeur de fond. Cette valeur est relativement élevée en période estivale sur ce secteur géographique (proche de  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le seuil de protection de la population de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 8 heures et donc fréquemment atteint sur ce site.

De fait de sa situation particulière vis-à-vis d'importants pôles émetteurs de polluants précurseurs à l'ozone (principalement la zone de l'Étang de Berre), ce lieu se trouve de plus régulièrement en période estivale (Brises de mer) soumis à des phénomènes de pollution photochimique par l'ozone (dépassement du seuil d'information de la population).

## PERSPECTIVE

Suite à cette brève campagne de mesure, nous avons décidé d'installer une station d'observation d'ozone en ce lieu du Luberon. Ce point de mesure situé au Mourre Nègre permettra d'effectuer le suivi du niveau de fond d'ozone sur ce secteur géographique. Un analyseur d'ozone a donc été installé depuis le début du mois de juin 1998 que nous allons maintenir sur site une année durant. Cette station d'observation permettra d'appréhender l'évolution des concentrations d'ozone et participera à d'autres études menées sur la problématique de l'ozone dans notre région (modélisation numérique méso-échelle...).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Académie des sciences, 1993, *Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère*, Rapport n° 30, Octobre 1993.

Conseil supérieur d'hygiène publique de France, 1996, *L'ozone indicateur majeur de la pollution photochimique en France* (Mai 1993).