



## **ANNEXE A**

### **BIBLIOGRAPHIE COMPLEMENTAIRE**

- BITHELL, VAGHAN, GRAY Persistence of stratospheric ozone layers in the troposphere Atmosph. Envir., vol 34, pp 2563-2570 2000
- BRONNIMANN Early spring ozone episodes : occurrence and case study Phys. Chem. Earth (C), vol 24 n° 5, pp 531-536 1999
- CHU Meteorological considerations in siting photochemical pollutant monitors Atmosph. Envir., vol 29, pp 2905-2913 1995
- CROXFORD, PENN Siting considerations for urban pollution monitors Atmosph. Envir., vol 32, pp 1049-1057 1998
- DERWENT Ozone formation downwind of an industrial source of hydrocarbons under European conditions Atmosph. Envir., vol 34, pp 3689-3700 2000
- GHATTAS, MARY, RENZI, ROBIN L'ozone dans les Bouches-du-Rhône et une méthodologie de prévision Pollution atmosphérique, n° 167, pp 413-426 2000
- GHIM, OH, CHANG Meteorological effects on the evolution of high ozone episodes in the greater Seoul area J Air & Waste Manage. Assoc., vol 51, pp 185-202 2001
- Groupe de travail de l'Académie des Sciences Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère CR de l'Académie des Sciences 1994
- JENKIN, CLEMITSHAW Ozone and other secondary photochemical pollutants : chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer Atmosph. Envir., vol 34, pp 2499-2527 2000
- MONKS A review of the observations and origins of the spring ozone maximum Atmosph. Envir., vol 34, pp 3545-3561 2000
- PONT, FONTAN Local and regional contributions to photochemical atmospheric pollution in southern France Atmosph. Envir., vol 34, pp 5209-5223 2000
- PONT, FONTAN Comparison between weekend and weekday ozone concentration in large cities in France Atmosph. Envir., vol 35, pp 1527-1535 2001
- RAGA & RAGA On the formation of an elevated ozone peak in Mexico City Atmosph. Envir., vol 34, pp 4097-4102 2000
- REIS, SIMPSON, FRIEDRICH, JONSON, UNGER, OBERMAIER Road traffic emissions - predictions of future contributions to regional ozone levels in Europe Atmosph. Envir., vol 34, pp 4701-4710 2000
- RODRIGUEZ, GUERRA Monitoring of ozone in a marine environment in Tenerife (Canary Islands) Atmosph. Envir., vol 35, pp 1829-1841 2001
- SEBALD, TREFFEISEN, REIMER, HIES Spectral analysis of air pollutants. Part 2 : ozone time series Atmosph. Envir., vol 34, pp 3503-3509 2000
- SILLMAN The relation between ozone, NO<sub>x</sub> and hydrocarbons in urban and polluted rural environments Atmosph. Envir., vol 33, pp 1821-1845 1999
- SMITH, PLANE, NIEN, SOLOMON Nighttime radical chemistry in the San Joaquin Valley Atmosph. Envir., vol 29 n° 21, pp 2887-2898 1995
- SORENSEN, NIELSEN Intrusion of stratospheric ozone to the free troposphere through tropopause folds - a case study Phys. Chem. Earth (B), vol 26 n° 10, pp 801-806 2001
- TULET, MAALEJ, CRASSIER, ROSSET An episode of photooxidant plume pollution over the Paris region Atmosph. Envir., vol 33, pp 1651-1662 1999

- VAUGHAN, GOUGET, O'CONNOR, WIER      Fine-scale layering on the edge of a  
stratospheric intrusion      Atmosph. Envir., vol 35, pp 2215-2221      2001
- VAUTARD, BEEKMANN, ROUX, GOMBERT      Validation of a hybrid forecasting system  
for the ozone concentrations over the Paris area      Atmosph. Envir., vol 35, pp 2449-2461  
2001
- VUKOVICH      The spatial variation of the weekday/weekend differences in the Baltimore area  
J Air & Waste Manage. Assoc., vol 50, pp 2067-2072      2000
- WOLFF, DUNKER, RAO, PORTER, ZURBENKO      Ozone air quality over North  
America : part I - a review of reported trends      J Air & Waste Manage. Assoc., vol 51, pp  
273-282      2001

## **ANNEXE B**

### **FICHE D'ENQUETE SUR LES EPISODES INEXPLIQUES**



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

## ENQUETE SUR LES ARTEFACTS DANS LA MESURE DE L'OZONE

---

RESEAU : Correspondant :  
Téléphone : e-mail :

---

VILLE : STATION :  
Nature (urbaine de fond, proximité, industrielle, rurale) :

ANALYSEUR D'OZONE : marque : Type  
Installé depuis :

---

### DESCRIPTION DU PIC NON IDENTIFIE

DATE : Heure début :  
Heure du maximum : Heure fin :

Concentrations indiquées (préciser les unités) :  
Avant le pic : Maximum : Après le pic :

Pic sur un autre polluant : OUI :  NON :   
Lequel (NOx, SO<sub>2</sub>, poussières...) :

#### PARAMETRES METEO. A VOTRE DISPOSITION LORS DE L'EPISODE :

Direction du vent : Vitesse :  
Température : Pluie, soleil etc. :

#### PARAMETRES METEO. 12 A 24 HEURES AVANT L'EPISODE :

Direction du vent : Vitesse :  
Température : Pluie, soleil etc. :

---

COMMENTAIRES, REMARQUES, INFORMATIONS PARTICULIERES :

---

*NB : est-il possible d'avoir une copie du fichier de l'épisode (pics + météo) sous format lisible par Excel ? Merci*

---

A retourner à : Isabelle ZDANEVITCH - INERIS – DRC/AIRE  
BP2 – 60550 VERNEUIL EN HALATTE

Tél. 03 44 55 63 90

Fax 03 44 55 63 02

e-mail : [Isabelle.Zdanevitch@ineris.fr](mailto:Isabelle.Zdanevitch@ineris.fr)

## **ANNEXE C**

### **NOTE DES ASSOCIATIONS DU MIDI SUR L'EPISODE DU 21 MARS 2001**



## Pic d'ozone du 21 mars 2001

*mercredi 18 avril 2001*

### Communiqué de presse du 21 mars 2001

*Le 21 mars dernier, le pourtour de l'Etang de Berre et la région aixoise ont été témoins d'un épisode de pollution par l'Ozone d'une rare intensité, qui a nécessité que le Préfet prenne des mesures d'urgence. Une cellule d'experts au sein des réseaux de surveillance de la qualité de l'air Airmaraix et Airfobep a analysé ce qui s'est passé ce jour-là. Outre une atmosphère très stable favorisant l'accumulation des polluants, une forte concentration de certains types d'hydrocarbures dans l'air, d'origine industrielle, pourrait expliquer un phénomène aussi important.*

L'ozone est un gaz qui se forme sous l'action du soleil à partir de polluants, dits "précurseurs", que sont les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV : vapeurs d'essence, solvants, etc.). La quantité d'ozone fabriquée dépend de l'intensité des rayons du soleil, de la quantité de NOx et de COV présents mais aussi du rapport de leurs concentrations (COV/NOx) : si beaucoup de NOx sont présents, moins d'ozone est fabriqué.

Voici le scénario qui semble le plus probable :

Dans la nuit du 20 au 21 mars et une bonne partie de la journée du 21, le vent était presque inexistant. Une couche d'air plus chaud quelques centaines de mètres au-dessus du sol a bloqué l'ascension des émissions. Les polluants émis sur la région sont donc restés là où ils étaient émis et se sont accumulés.

Dans les zones de Marseille et Aix, les polluants proviennent principalement du trafic routier et le rapport COV / NOx est resté défavorable à la création d'ozone, ce que confirment les mesures faites par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

Dans la zone de l'Etang de Berre, l'atmosphère a dû être particulièrement chargée en COV, notamment en aldéhydes et alcènes réactifs, issus de l'activité pétrochimique (près de 70% des polluants proviennent de l'activité industrielle<sup>1</sup>). Le rapport COV/NOx était alors très favorable à la fabrication d'ozone, grâce à ces composés, même si le ciel était voilé. Dès que le soleil s'est levé, les réactions chimiques se sont accélérées et une bulle d'ozone concentrée est apparue sur l'Etang de Berre.

En fin de journée, un léger vent de sud-ouest s'est levé et a dispersé cette bulle vers Bouc-Bel Air, Aix en Provence et Rousset où des pointes, plus faibles, ont été enregistrées.

Après enquête, la DRIRE n'a pourtant noté aucun incident notable chez des industriels.

Cet épisode illustre la nécessité de bien connaître les sources de polluants à l'origine de l'ozone, les phénomènes chimiques et climatiques en cause afin de comprendre et prévoir les épisodes de pollution et de définir des mesures efficaces d'action à la source (en particulier vis-à-vis des industriels) pour limiter la pollution autant que faire ce peut.

---

<sup>1</sup> Source: CITEPA 1992



## Le contexte

### *Quelques chiffres clés sur les émissions de précurseurs (oxydes d'azote et COV) sur la zone<sup>1</sup>*

Sur les Bouches du Rhône, la répartition entre les émissions d'oxydes d'azote et de Composés Organiques Volatils (COV) est très contrastée.

Autour de l'Etang de Berre les émissions de précurseurs sont majoritairement liées à l'activité industrielle avec près de 70 % des oxydes d'azote et des COV, alors que dans la zone Marseille ce ratio s'inverse en faveur des transports, 87 % d'oxydes d'azote et 98 % des COV.

### *Point sur les conditions météorologiques particulières de cette journée – Météo-France Direction Interrégionale du Sud-Est – Bernard Sol*

Les conditions météorologiques du 21 mars 2001 étaient **particulièrement stables** : peu de convection **avec un air subsident** (chaud et sec) dont la base était située entre 500 et 700 mètres d'altitude, bloquant la dispersion verticale des polluants et un vent quasiment nul, notamment autour de l'Etang de Berre. Cette stabilité de l'atmosphère a été observée dès le début de la nuit du 20 mars.

Les conditions de températures et de rayonnement étaient conformes aux normales saisonnières pour une journée printanière : maximum de températures **20.3 °C à 15h00 locales et un rayonnement cumulé entre 13 et 14 heures de 222 j/cm<sup>2</sup>**.

Par ailleurs, un voile nuageux couvrait le département, **nébulosité totale de 7**. Des éclaircies ont néanmoins pu se produire localement.

## Les niveaux d'ozone relevés par Airmaraix et Airfobep pendant l'épisode

Tableau récapitulatif des dépassements du seuil d'information et d'alerte en ozone le 21 mars 2001

Site de mesure	Nombre de dépassement du seuil 180 µg/m <sup>3</sup> /h	Maximum horaire	Heure du maximum horaire
<b>MARIGNANE</b>	5	<b>387</b>	12 h
<b>Vitrolles</b>	3	<b>356</b>	13 h
<b>Berre l'Etang</b>	3	241	13 h
<b>Sausset les Pins</b>	1	282	14 h
<b>Rognac</b>	3	271	15 h
<b>P/Mirabeau</b>	1	219	16 h
<b>Bouc Bel Air</b>	2	211	17 h
<b>Rousset</b>	1	189	17 h
<i>Concentrations d'ozone exprimées en microgramme par mètre cube d'air (µg/m<sup>3</sup>) en Heures TU (il faut ajouter une heure pour obtenir les heures locales)</i>			

\*

## Premiers éléments d'explications de l'épisode : Professeur Toupance, LISA

Les premières simulations des processus photochimiques réalisées par le LISA sur des épisodes de pollution des étés 1999 et 2000 sur la zone pour le programme ESCOMPTE, montrent des **vitesse de formation d'ozone extrêmement hétérogènes sur la zone**.

Les **vitesse de formation les plus fortes** sont observées **près des sources d'émission**, notamment industrielles. Le secteur de Berre semble particulièrement favorable à la formation d'ozone (rapport COV sur NOx favorable et grande quantité de précurseurs), ce qui se traduit par des vitesses de production d'ozone localement fortes, de l'ordre de quelques dizaine de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à l'heure, alors que sur le reste du domaine les vitesses de formation sont de quelques  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette différence de vitesse de production d'ozone est essentiellement conditionnée par l'état chimique de masse d'air, notamment le rapport COV/NOx et la quantité de précurseurs présents sur le site. Les pointes étant apparues alors que le ciel était voilé et le soleil pas encore à son zénith, les concentrations en radicaux dans l'atmosphère ont dû être très importantes et probablement issues d'aldéhydes (radicaux par photolyse) ou d'alcènes réactifs (radicaux par ozonolyse des alcènes). L'apparition du pic dans une zone à forte activité pétrochimique rend très plausible de fortes concentrations dans l'air de ces composés.

**Dans le cas du 21 mars**, le rayonnement solaire a permis le développement des processus photochimiques sur le département. La grande stabilité de l'air a conduit, sur les zones de forte production d'ozone, notamment celle de Berre-Marignane, à un enrichissement de la masse d'air en ozone pendant plusieurs heures. La dispersion verticale et horizontale très limitée a entraîné la formation d'une « bulle » dans la zone d'émission des précurseurs où l'ozone était très concentré. Cette « bulle » a très légèrement diffusé vers le Sud Ouest (flux très léger de Nord Est) au le milieu de l'épisode touchant les secteurs de Istres, Martigues, Sausset, les Pins. Puis lorsqu'une légère brise de Sud Ouest s'est établie, elle a été entraînée vers le Nord Est avec un effet de dilution et de dispersion du panache, secteurs de Bouc Bel Air, Rousset et Aix en Provence.

L'extension Nord a été limitée du fait du déclenchement tardif de ce flux de Sud Ouest. En fin de journée, les processus photochimiques déclinent et les niveaux d'ozone diminuent.

Un des points remarquables de cet épisode est le fort contraste constaté entre la zone de l'Etang de Berre où les émissions sont à majorité industrielle et la zone urbaine de Marseille où elles sont plutôt automobile. La charge sans doute plus élevée en oxydes d'azote sur Marseille n'a pas favorisé la formation d'ozone, les processus photochimiques ont plutôt conduit à une formation d'acide nitrique (composé non mesurés par les capteurs), alors qu'autour de l'Etang de Berre le « contexte » chimique était favorable à la formation d'ozone.

## Perspectives

Une étude complémentaire, concernant cet épisode, sera réalisée afin de mieux comprendre ce qui conduit à de tels niveaux, pour éventuellement prévoir ces épisodes. Ces travaux s'appuieront notamment sur les premières simulations numériques d'épisodes passés réalisées au LISA, sur l'analyse d'épisodes similaires, notamment celui de novembre 1997 et sur l'étude des émissions de la zone de Berre-Marignane

Cet épisode illustre la nécessité de mieux documenter et connaître les émissions de NOx et de COV sur la zone, notamment dans le secteur de Berre. Ce point fait l'objet d'une collaboration des trois réseaux de la région en liaison avec le programme Escompte. L'objectif de ce programme est de développer un outil capable de fournir les émissions anthropiques et biogéniques au pas de temps horaire et kilométrique sur la région.

Il montre également l'apport important des travaux de modélisation déterministe qui permettront, à moyen terme, non seulement de fournir des éléments pour mieux comprendre les épisodes de pollution photochimique, mais surtout de mieux déterminer quelle est la part des différents émetteurs dans ces processus, d'affiner les politiques de réduction nécessaire (intégrer en particulier les sources industrielles) et de mieux prévoir ces épisodes de pollution.

### Cartographie de l'épisode – Logiciel Surfer – interpolation par krigeage linéaire (en Heures TU)

