

Analyse de la qualité de l'air sur le réseau aixois

Eléments de comparaison avec la campagne de 1998

Aix-en-Provence : Entremont et Grand Saint Jean

Du 28 juillet au 27 septembre 2000

Date de publication : mars 2002

Référence dossier : PGR/YCM/RA/07-0900/17

AIRMARAIX pour la surveillance de l'air de l'Est des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse
67-69, avenue du Prado - 13286 Marseille cedex 06 Tél. 04 91 32 38 00 Fax. 04 91 32 38 29
Internet : www.airmaraix.com Serveur téléphonique. 04 91 83 21 83

SOMMAIRE

1. – Présentation	3
2. - Résultats et discussion	6
2.1 Niveaux de pollution et météorologie sur Entremont et Grand Saint Jean	6
2.2 Les polluants automobiles : les oxydes d’azote	9
2.2.1 Respect des normes	10
2.2.2 Comportement des stations	13
2.3 La pollution photochimique : l’ozone	16
2.3.1 Respect des normes	17
2.3.2 Comportement des stations	19
3. – Conclusion	25
ANNEXE 1	26
Fiche présentant les normes	

1 - PRESENTATION

La participation d'Airmaraix à l'étude de la qualité de l'air du réseau aixois - défini selon un plan quinquennal dans la charte de l'environnement -, fait l'objet d'une prestation pour la Direction Générale des Grands Projets, Travaux et Environnement, de la Ville d'Aix-en-Provence.

Les mesures effectuées visent à connaître les transits de pollution sur le secteur aixois. En particulier, les deux sites étudiés ici, Grand Saint Jean et Entremont, s'inscrivent dans la réflexion menée par la ville d'Aix-en-Provence pour évaluer les espaces naturels liés au climatisme aixois. Les mesures permettent d'évaluer un « suivi de l'état de l'air », au cours de campagnes estivales. Les premières, réalisées durant l'été 1998 ont permis d'établir un état de référence. Il sera donc maintenant possible, pour certains polluants, de mettre en évidence les évolutions probables de la qualité de l'air et de déterminer l'impact des aménagements apportés autour de ces deux zones.

Objectifs de l'étude 2000 :

- Réaliser un Etat 2000 et mettre en évidence l'évolution depuis 1998 pour la pollution par les transports et la photochimie : **estimation du niveau de fond respiré par la population sur les deux sites d'implantation des stations d'analyse.**
- Qualifier la pollution en terme de pointes, et par rapport à des normes européennes ou OMS de protection de la santé humaine.
- Analyser les transits de masses d'air polluées par l'ozone sur le bassin d'aix. Proposition d'un modèle empirique pour la détermination de l'ampleur des phénomènes en fonction du temps. Cartographie de quelques épisodes.

Périodes :

Les campagnes de mesure se sont déroulées du 28 juillet au 27 septembre 2000 pour la station d'Entremont et du 28 juillet au 18 septembre pour la station Grand Saint Jean (celle ci ayant été arrêtée antérieurement à celle d'Entremont à cause des inondations qui se sont produites le 19 septembre).

Contexte : Le réseau de stations choisi pour traiter les données concerne le réseau du bassin d'Aix, au sens large.

		Période :		
		28.07.00	18.09.00	27.09.00
Stations prises en compte pour le traitement des données O3	Grand saint Jean (BETA)			
	Entremont (ALPH)			
	Aix Ecole Art (AIXA)			
	Aix Jas de Bouffan (AIXO)			
	Aix Platanes (AIXP)			
	Plan d'Aups – La Sainte Baume (AUPS)			
	Luberon – Auribeau (AURB)			
	Bouc Bel Air (BBAI)			
	Cadarache (CADA)			
	Rousset (ROUS)			
	Berre l'Etang (BETG)			
	Marseille Cinq Avenues (CINQ)			
	Plan de Cuques (CUQU)			
	Les Pennes Mirabeau (MIRA)			
	Rognac (RBRT)			
	Vitrolles (VTRL)			
Stations prises en compte pour le traitement des données NO2	Aix Ecole Art (AIXA)			
	Aix Roy René – Lycée Mignet (AIXC)			
	Aix Jas de Bouffan (AIXO)			
	Aix Platanes (AIXP)			
	Entremont (ALPH)			
	Plan d'Aups – La Sainte Baume (AUPS)			
	Aubagne Est Pénitents (AUBE)			
	Luberon –Auribeau (AURB)			
	Aubagne Foch- (AUBA)			
	Bouc Bel Air (BBAI)			
	Marseille Cinq Avenues (CINQ)			
	Plan de Cuques (CUQU)			
	Marseille Sainte Marguerite (MARG)			
	La Penne sur Huveaune (PENH)			
	Marseille Plombières (PLOM)			
	Marseille Rabatau (RABA)			

Les stations météorologiques prises en compte sont Vitrolles Réaltor et La Gatasse qui donnent la météorologie synoptique sur le bassin d'Aix.

Moyens :

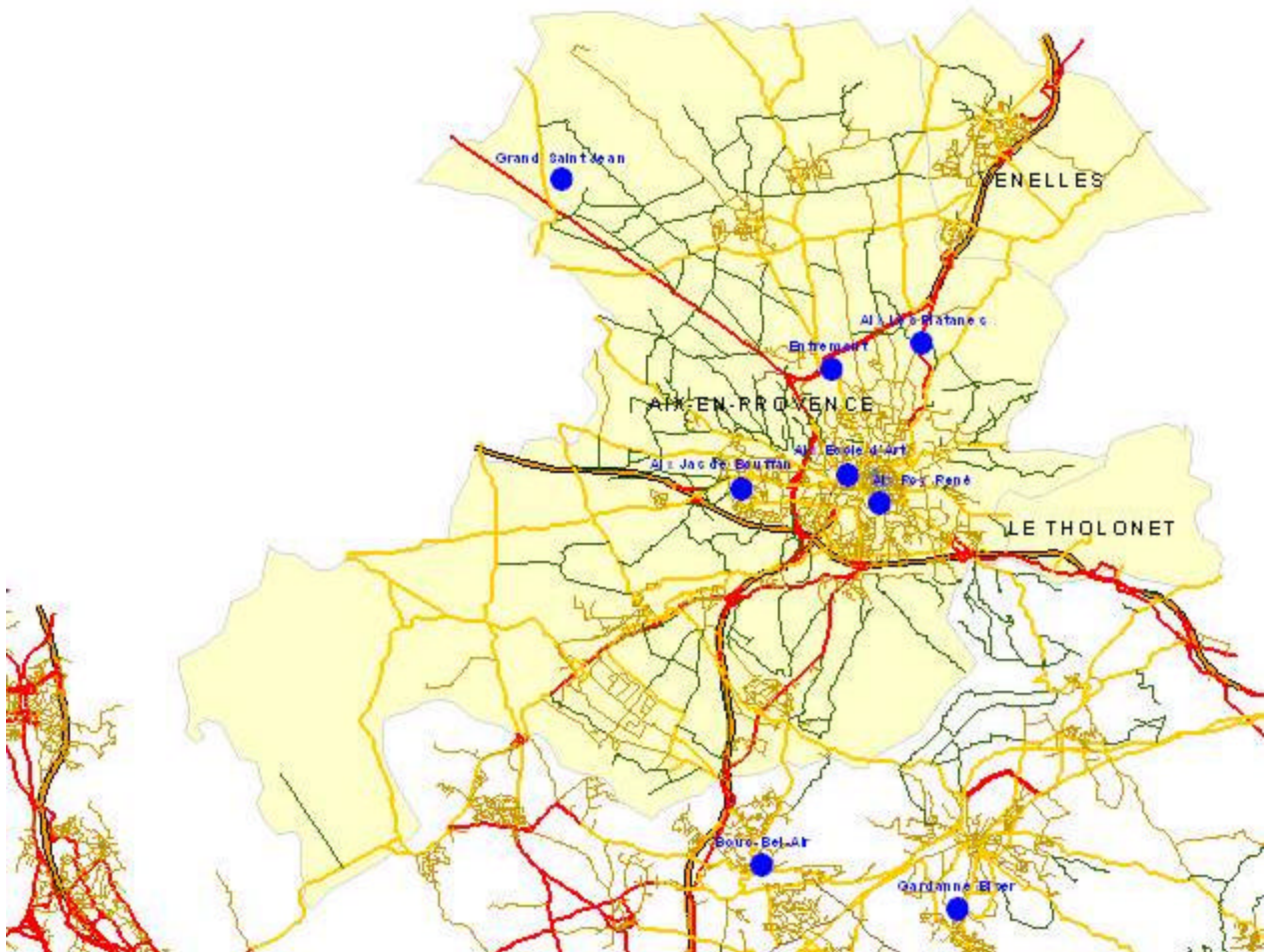
Equipement de la station temporaire d'Entremont – Site archéologique:

NO2 : dioxyde d'azote – NO : Monoxyde d'azote – NOx : Oxydes d'Azote – O3 : Ozone

Equipement de la station temporaire du Grand Saint Jean :

O3 : Ozone

Carte de localisation des stations :



2 – Résultats et discussion

2.1 – Niveaux de pollution et météorologie sur les sites d'Entremont et Grand Saint Jean :

Période de mesures communes aux stations : du 28 juillet au 18 septembre 2000 pour l'ozone et du 28 juillet au 27 septembre 2000 pour les oxydes d'azote :

Quelques résultats : Respect des normes et météorologie sur les sites d'Entremont et du Grand Saint Jean.
Fiche présentant les normes en annexe 1






NIVEAUX EN POLLUANTS SUR LA PERIODE DE MESURES CONCERNEE PAR LE POLLUANT

POLLUANTS		MOYENNE DES MOYENNES HORAIRES	MAXIMUM HORAIRE	RECOMMANDATIONS OMS ou CEE A NE PAS DEPASSER	NOMBRE DE DEPASSEMENTS DU SEUIL
NO ₂ (µg/m ³)	ENTREM	13	83	135 µg/m ³ sur 1 h (Seuil guide)	0
O ₃ (µg/m ³)	GSJEAN	96	278	180 µg/m ³ sur 1 h (Seuil d'information de la population)	20
	ENTREM	96	253		9
	GSJEAN		181	110 µg/m ³ sur 8 h (Seuil pour la protection de la santé)	42
	ENTREM		163 (max sur 8 h-24/j) ^a		38 (Nbre moy 8h-4/j) ^b
NO _x (µg/m ³)	ENTREM	10	79	Pas de norme	/
NO (µg/m ³)	ENTREM	1	38	Pas de norme	/

a : moyenne sur 8 h maximale, par jour, extraite des moyenne 8h glissantes sur la journée

b : moyenne sur 8 h maximale, à partir des moyennes sur 8h calculées quatre fois par jour

RESUME CLIMATOLOGIQUE MENSUEL : MARIGNANE

	AOÛT 2000	SEPTEMBRE 2000
<u>TEMPERATURE</u>		
 MINIMUM ABSOLU	15,7 ° (22/08/00)	11,5 ° (22/09/00)
 MAXIMUM ABSOLU	37,7 ° (26/08/00)	28,8 ° (10/09/00)
<u>INSOLATION</u>		
 DUREE TOTALE EN HEURES ET MINUTES	312 H 49	284H27
<u>PRECIPITATIONS</u>		
 DUREE TOTALE EN HEURES ET MINUTES	17 H 49	23 H 51
 HAUTEUR EN MM ET 1/10°	6,2	77,4

Degrés \ m/s	<2	[2:3[	[3:4[	[4:5[	[5:7[	[7:9[	>=9	Cumul
[350:10[	0.5	0.4	0.6	0.9	2	2.8	10.7	17.4
[10:30[	0.8	1	1.1	0.8	1.6	1.8	2	8.3
[30:50[	0.9	1	1	0.9	0.9	0.1	0	4
[50:70[	1.1	1.1	0.5	0.1	0.1	0		1.8
[70:90[	0.8	0.8	0.8	0.4	0.1	0		2.2
[90:110[	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1			1
[110:130[	0.6	0.5	0.8	0.9	1.2	0.1		3.3
[130:150[	0.5	0.9	1.2	0.6	0.3	0.1	0	3.1
[150:170[	0.8	1.2	1.4	2	3	2	2.3	12
[170:190[	0.8	1.6	1.7	1.7	3.2	1.5	0.6	10.4
[190:210[	0.6	0.8	1	1.1	1.9	0.4		5.2
[210:230[	0.4	0.7	1.1	1.1	1	0.1		4.1
[230:250[	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0		2
[250:270[	0.3	0.3	1	1.1	1.4	0.1		3.9
[270:290[	0.5	0.6	1.5	1.7	1.3	0.4	0	5.5
[290:310[	0.4	0.6	0.5	0.4	0.7	0.3	0.1	2.5
[310:330[	0.4	0.1	0.2	0.3	0.7	0.8	0.9	3
[330:350[	0.5	0.2	0.3	0.3	1.1	3.6	4.7	10.3
Cumul	10.5	12.6	15.8	14.9	21.2	14.2	21.3	100%

Station météorologique de la Gatasse

← **Fréquence (en pourcentage) des vents en fonction de leur direction (en degrés) et de leur vitesse (en m/s)**

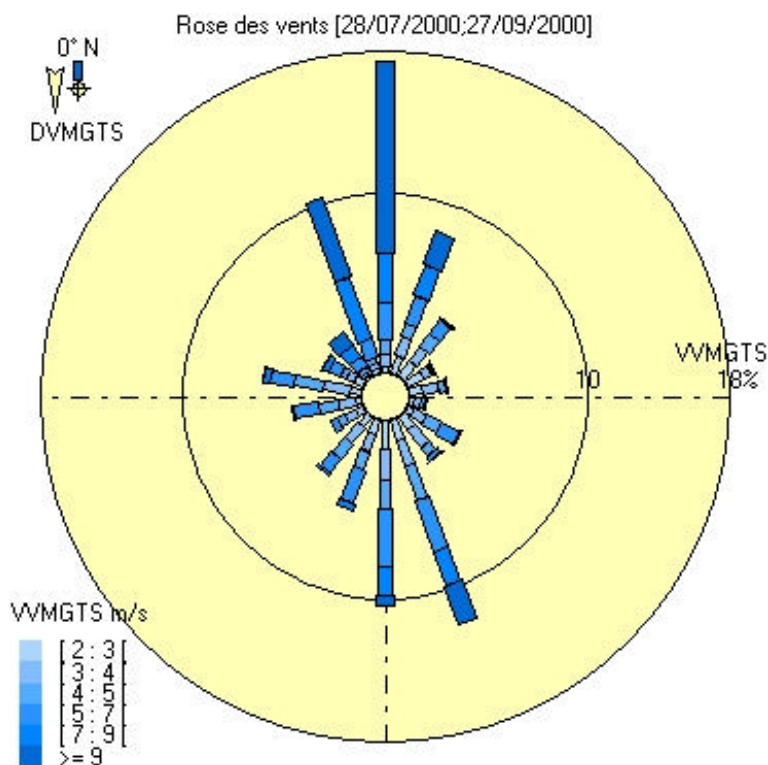
Sur la station météorologique de la Gatasse, il apparaît que les régimes de brises de sud à sud ouest (170 – 270°, de 2 à 5 m/s), propices à la pollution photochimique, ont constitué jusqu'à 19,5% du temps sur la période de mesure.

Le secteur 270 à 10° avec des vitesses de vent au delà de 5m/s (vent de nord ouest modéré ou mistral fort) a totalisé 31% du temps. Ces régimes furent majoritaires sur la période.

Le flux synoptique de nord (270 – 10° ; vitesse < 5m/s) s'est établi pendant 8,6% du temps.

Le régime d'est se décompose pour 10,6% du temps en brises nocturnes faibles (70 – 150° - vitesse comprise entre 0 et 4 m/s) et pour 4,2% en temps pluvieux et orageux (70 – 150° - vitesse > 4 m/s).

Ces fréquences de type de temps dénotent d'un caractère dispersif de l'atmosphère sur la période ; les régimes de brises de mer bien établies sur des journées chaudes et ensoleillées ont grandement contribué à la photochimie. De même, les débuts ou fins de mistral et vent d'ouest ou de nord-ouest faible peuvent également privilégier les fortes teneurs en ozone dans l'atmosphère.



← **Rose des vents : distribution des vitesses de vent par secteur.**

Légende :

VVMGTS : Vitesse du vent à Martigues la Gatasse

DVMGTS : Direction du vent à Martigues la Gatasse

m/s : mètre par seconde

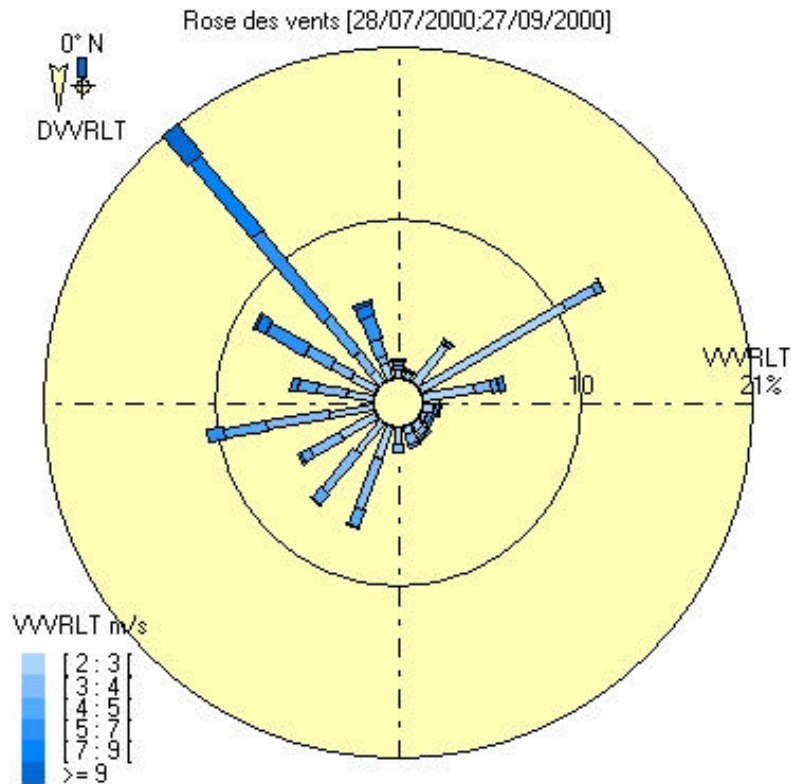
Degrés \ m/s	<2	[2:3[	[3:4[	[4:5[	[5:7[	[7:9[	>=9	Cumul
[350:10[	1.2	0.5	0.3	0.3	0			1.1
[10:30[	2	0.4	0.1		0			0.6
[30:50[	4.6	3.1	0.2	0.1	0			3.4
[50:70[	11.6	10.6	2.2	0.5	0.1			13.4
[70:90[	6.9	3.3	1.1	0.4	0.3			5.2
[90:110[	2.5	0.7	0.1	0.2	0.2			1.2
[110:130[	1.2	0.3	0.1	0.3	0.2			0.9
[130:150[	1.4	0.5	0.4	0.2	0.1			1.2
[150:170[	1.1	0.5	0.6	0.3				1.4
[170:190[	1.8	1	0.5	0.1				1.6
[190:210[	2.3	2.2	3.4	1.2	0.1			6.8
[210:230[	2.2	2.5	3.2	0.9	0			6.6
[230:250[	2.1	2.6	2.1	0.8	0.1			5.6
[250:270[	1.6	2.9	4	2.8	1			10.7
[270:290[	1.3	1.7	1.9	1.2	0.5			5.3
[290:310[	1.3	1.8	1.5	1.8	2.9	0.7	0.1	8.8
[310:330[	1.3	0.9	1.6	3	7	6.1	2.4	21
[330:350[	0.8	1	0.5	1.2	1.5	0.8	0.3	5.2
Cumul	47.1	36.5	23.9	15	14.1	7.6	2.9	100%

Station météorologique de Vitrolles Réaltor

← **Fréquence (en pourcentage) des vents en fonction de leur direction (en degrés) et de leur vitesse (en m/s)**

Ce sont les mêmes types de temps que l'on retrouve sur la station de Vitrolles, par rapport à celle de la Gatasse ; si ce ne sont les directions, légèrement différentes, du fait de la localisation de Vitrolles plus à l'intérieur des terres.

La dominante Mistral est bien présente ici, ainsi que les brises d'ouest.



← **Rose des vents : distribution des vitesses de vent par secteur.**

2.2 - Les polluants automobiles : les oxydes d'azote

Origine et dynamique

Le NO₂ (dioxyde d'azote) est un polluant d'origine automobile principalement, issu de l'oxydation de l'azote atmosphérique et du carburant lors des combustions à très hautes températures. C'est le NO (monoxyde d'azote) qui est émis à la sortie du pot d'échappement, il est oxydé en quelques minutes en NO₂. Malgré la rapidité de cette réaction, le NO₂ est un polluant secondaire, que l'on retrouve en quantité relativement plus importante à proximité des axes de forte circulation et dans les centres-villes. Il est particulièrement présent lors des conditions de forte stabilité atmosphérique : situations anticycloniques et inversions thermiques en hiver. Les oxydes d'azote sont des précurseurs de la pollution photochimique et de dépôts acides (formation d'acide nitrique).

Effets sanitaires

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

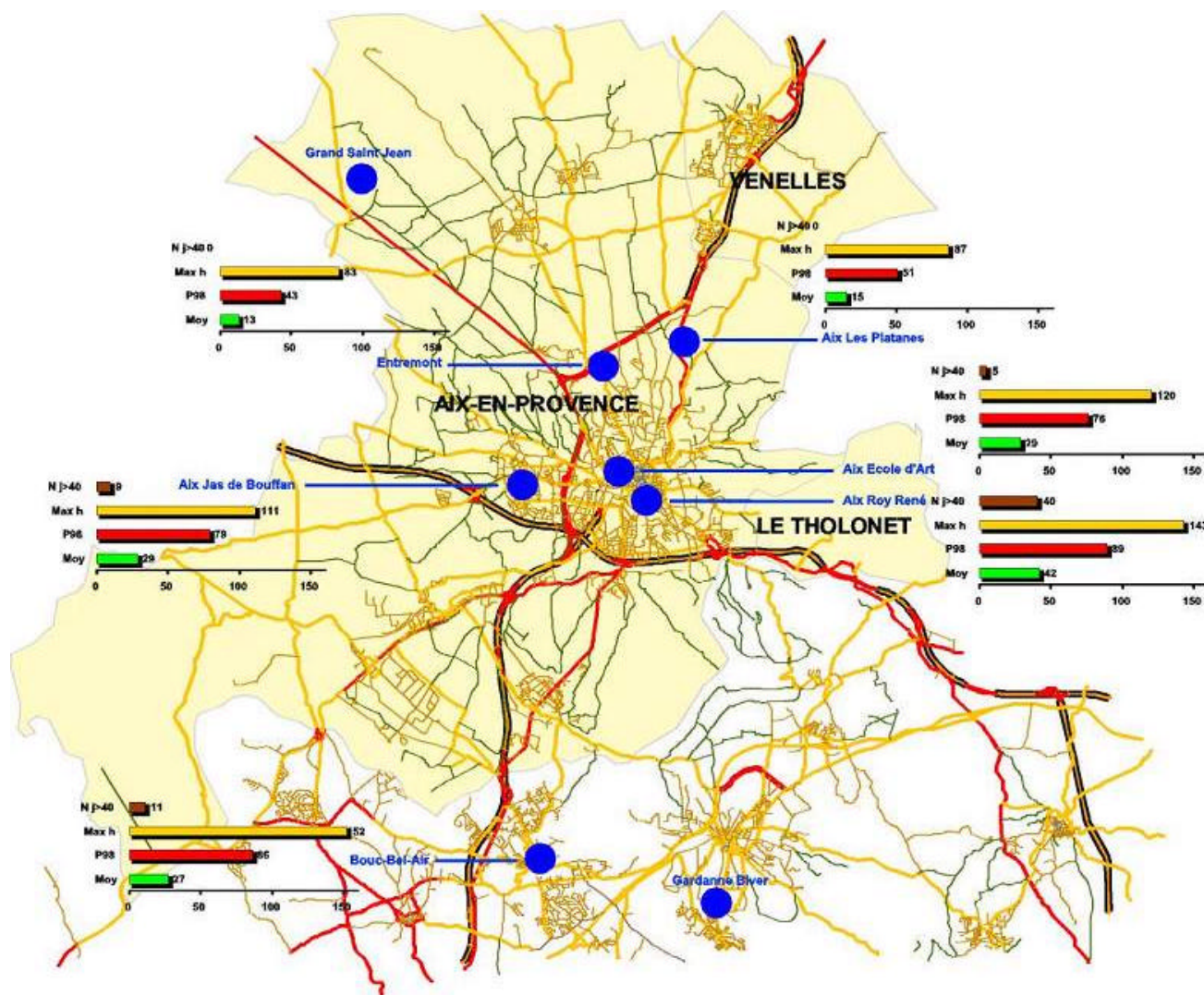
2.2.1 – Respect des normes

Statistiques sur la période du 28.07.00 au 28.09.00 :

CALCUL OMS NO2	N2AIXA	N2AIXC	N2AIXO	N2AIXP	N2ALPH	N2AUPS	N2AUBE	N2AUBA	N2BBAI	N2CINQ	N2CUQU	N2MARG	N2PENH	N2PLOM	N2RABA
Nb Valides	1358	1444	1483	1484	1407	1484	1457	1482	1422	1482	1484	1393	1463	1458	1271
Pourcent Valides	91	97	100	100	95	100	98	100	96	100	100	94	98	98	85
Moyenne	29	42	29	15	13	4	26	60	27	30	19	23	28	78	52
Ecart Type	19	22	21	13	11	7	16	23	23	22	13	20	17	36	23
Percentile 05	6	11	4	2	2	0	7	28	1	7	4	4	4	28	19
Percentile 10	9	14	5	3	3	0	9	32	3	9	6	5	7	35	23
Percentile 20	13	21	10	4	4	0	11	39	6	13	9	8	11	44	31
Percentile 30	16	27	14	6	6	0	14	45	11	16	11	10	17	54	39
Percentile 40	20	33	18	9	8	0	18	51	16	20	14	13	21	65	45
Percentile 50	25	40	24	11	10	1	21	57	21	24	16	16	26	74	51
Percentile 60	30	47	31	15	12	2	26	65	27	29	20	20	31	83	57
Percentile 70	34	54	40	18	16	3	31	72	34	35	23	26	36	95	63
Percentile 80	43	63	49	23	21	6	39	80	45	45	28	35	43	108	70
Percentile 90	55	72	60	32	27	11	50	90	60	59	36	51	52	125	84
Percentile 95	64	81	68	41	35	16	57	98	72	73	43	64	59	141	95
Percentile 96	68	84	71	42	37	18	60	100	74	76	46	68	62	146	99
Percentile 97	72	86	74	46	40	21	64	103	78	83	48	71	64	150	102
Percentile 98	76	89	79	51	43	26	68	108	86	89	53	78	67	157	107
Percentile 99	83	97	83	56	47	33	76	120	96	98	64	92	73	172	111
Nb 10 jours ss val	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb 20 jours ss val	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb 45 jours ss val	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb heures > 135.0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	3	0	0	0	94	2
Nb heures > 200.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
Maximum n 01	120	143	111	87	83	70	101	156	152	154	99	130	92	254	155
Date Max n 01	22/08/00 19:00	22/08/00 19:00	11/09/00 07:00	11/09/00 06:00	22/09/00 20:00	09/09/00 02:00	12/08/00 20:00	25/08/00 16:00	11/09/00 06:00	11/09/00 09:00	11/09/00 10:00	05/09/00 09:00	11/09/00 08:00	11/09/00 08:00	11/09/00 08:00
Maximum n 02	116	116	101	87	78	63	92	148	135	154	93	130	91	219	137
Date Max n 02	22/09/00 19:00	24/08/00 16:00	25/08/00 08:00	11/09/00 07:00	22/09/00 19:00	18/09/00 09:00	05/09/00 19:00	25/08/00 15:00	11/09/00 05:00	25/08/00 09:00	29/08/00 09:00	11/09/00 08:00	11/09/00 10:00	27/09/00 09:00	11/09/00 07:00
Maximum n 03	111	116	100	76	63	63	88	141	130	152	89	129	88	217	131
Date Max n 03	22/09/00 18:00	22/09/00 18:00	22/08/00 20:00	11/09/00 08:00	11/09/00 07:00	18/09/00 07:00	11/09/00 10:00	11/09/00 11:00	11/09/00 07:00	11/09/00 08:00	11/09/00 07:00	11/09/00 09:00	11/09/00 09:00	11/09/00 09:00	19/09/00 07:00
Maximum n 04	111	110	95	76	62	56	86	136	115	130	81	120	84	215	124
Date Max n 04	22/08/00 20:00	24/08/00 19:00	25/08/00 09:00	11/09/00 05:00	28/07/00 07:00	26/09/00 01:00	08/09/00 20:00	25/08/00 11:00	11/09/00 08:00	10/09/00 19:00	08/09/00 09:00	29/08/00 09:00	09/09/00 20:00	22/09/00 09:00	31/07/00 08:00
Maximum n 05	103	110	95	70	57	54	86	134	112	123	81	115	82	206	121
Date Max n 05	22/09/00 20:00	22/09/00 17:00	10/09/00 20:00	12/09/00 08:00	23/08/00 07:00	27/09/00 11:00	11/09/00 11:00	24/08/00 14:00	20/08/00 01:00	26/08/00 10:00	25/08/00 10:00	23/08/00 08:00	10/09/00 20:00	11/09/00 10:00	10/09/00 19:00
Maximum n 06	98	108	92	70	57	53	84	132	110	121	77	109	79	205	121
Date Max n 06	01/08/00 07:00	11/09/00 07:00	22/09/00 19:00	23/08/00 07:00	27/09/00 07:00	25/09/00 06:00	11/09/00 08:00	24/08/00 18:00	23/08/00 01:00	11/09/00 07:00	11/09/00 08:00	22/08/00 10:00	18/09/00 08:00	22/09/00 08:00	09/09/00 20:00
Maximum n 07	95	107	90	65	53	45	83	130	109	120	76	103	78	199	121
Date Max n 07	22/08/00 21:00	25/08/00 09:00	11/09/00 06:00	22/09/00 22:00	11/08/00 07:00	25/09/00 05:00	25/08/00 19:00	24/08/00 19:00	19/08/00 06:00	10/09/00 18:00	29/08/00 10:00	16/08/00 08:00	25/09/00 20:00	22/09/00 10:00	16/09/00 21:00
Maximum n 08	95	107	90	64	53	39	82	129	107	118	72	100	78	182	115
Date Max n 08	28/07/00 07:00	24/08/00 17:00	23/08/00 08:00	22/08/00 23:00	18/08/00 07:00	27/09/00 10:00	25/08/00 21:00	11/09/00 10:00	11/08/00 05:00	08/09/00 20:00	22/09/00 11:00	29/08/00 08:00	30/08/00 10:00	04/09/00 07:00	15/09/00 07:00
Valeur Moy Max	53	61	50	37	26	18	48	86	51	58	35	44	47	130	75
Date Moy Max	22/09/2000	22/09/2000	11/09/2000	11/09/2000	12/08/2000	25/09/2000	11/09/2000	25/08/2000	11/09/2000	25/08/2000	25/08/2000	05/09/2000	22/09/2000	22/09/2000	10/09/2000
Nb jour OMS > 40	5	40	9	0	0	0	4	59	11	13	0	4	9	57	42
Nb heures OMS > 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les sites d'Entremont et d'Aix Platanes sont des sites périurbains dont la moyenne en NO₂ varie de 13 à 15 µg/m³ sur la période. Les percentiles 98 des valeurs horaires et le maximum horaire (respectivement 43 et 51, et, 83 et 87 µg/m³) relevé sur chacun d'eux témoignent de stations peu polluées et dont les pointes apparaissent aux heures de trafic les plus denses, matin et soir. Les émissions proviennent des voies autoroutières à peu de distance de ces lieux (300 à 500 m) ; les immisions sont déjà diluées dans l'atmosphère lorsqu'elles parviennent au niveau des points de prélèvements.

Quantification des teneurs en dioxyde d'azote, par stations, sur le bassin d'Aix



LEGENDE :

Dioxyde d'azote (µg/m ³)			
Moy	Moyenne	N j>40	Nombre de jour ou une moyenne journalière > 40 µg/m ³ s'est produite
Max h	Maximum horaire	P98	Percentile 98 des valeurs horaires *

* seuil en deçà duquel l'échantillon des valeurs horaires est composé de 98 % de la distribution.

??

Sur Aix Roy René - typologie de proximité -, la moyenne sur la période a été de $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit une teneur d'environ 45 % plus élevée que celles enregistrées sur les stations urbaines Aix Ecole d'Art et ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et Aix Jas de Bouffan ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La zone « centre urbain », caractérisée par ses teneurs de fond à partir des stations Aix Ecole d'Art et Aix Jas de Bouffan, est sujette à des teneurs chroniques de l'ordre de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette pollution par le trafic est nettement plus importante (le double) que sur la couronne périphérique Nord (Moy. $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Aix-Platanes et $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Entremont).

Par rapport à l'année 98, l'écart est peu important : la pollution péri-urbaine nord est restée stable avec $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La moyenne en centre urbain était de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 98, contre 29 en 2000 (différence de 7 % environ).

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne (Aix Ecole d'Art et Aix Jas de Bouffan)	Moyenne (Entremont et G St Jean ou Aix Platanes)
1998	27	14
2000	29	14

Aucun dépassement de la valeur seuil $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été relevé sur les sites climatiques et ces dépassements sont peu probables, du fait de la situation aérée de ces sites, et, de plus en hauteur pour Entremont.

Le seul dépassement de la valeur seuil, de $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été enregistré sur Aix Roy René en proximité le 22/08. Le maximum horaire pour les autres stations urbaines fut de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le 11/09 pour Aix Ecole d'Art et de $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le 11/09 pour Aix Jas de Bouffan.

Ces pointes se sont toujours produites aux heures de circulation les plus denses et par conditions météorologiques stables (ensoleillées et sans vent).

En 1998, aucun dépassement n'avait été relevé. Le maximum horaire fut de $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Aix Roy René, le 7 juillet 1998.

2.2.2 - Comportement des stations

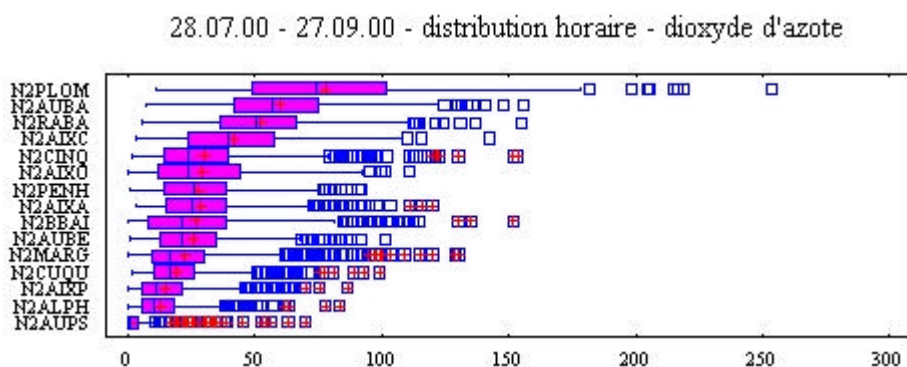
Rapport NO/NO₂ :

Le rapport NO/NO₂ pour la station Entremont est de 0,08; sans changement depuis 1998 (rapport de 0,1 alors). Ce rapport faible indique un lieu soumis à une pollution faible et importée.

Distribution horaires :

Les boîtes de dispersion sur les données horaires ci-dessous montrent également la position de la station climatique Entremont (notée ALPH) par rapport aux autres. Sa distribution se rapproche de celles de stations rurales (Aups,...) ou périurbaines peu chargées en NO₂ (Plan de Cuques, Aix Platanes,...)

Les données de chaque échantillon sont divisées en quartiles. La «boîte» contient 50 % des valeurs. La médiane est représentée par la ligne verticale (croix rouge). A plus de 1,5 fois l'écart interquartile figurent les points extrêmes correspondant aux concentrations les plus élevées.



Corrélations entre les stations :

Tableau des corrélations horaires

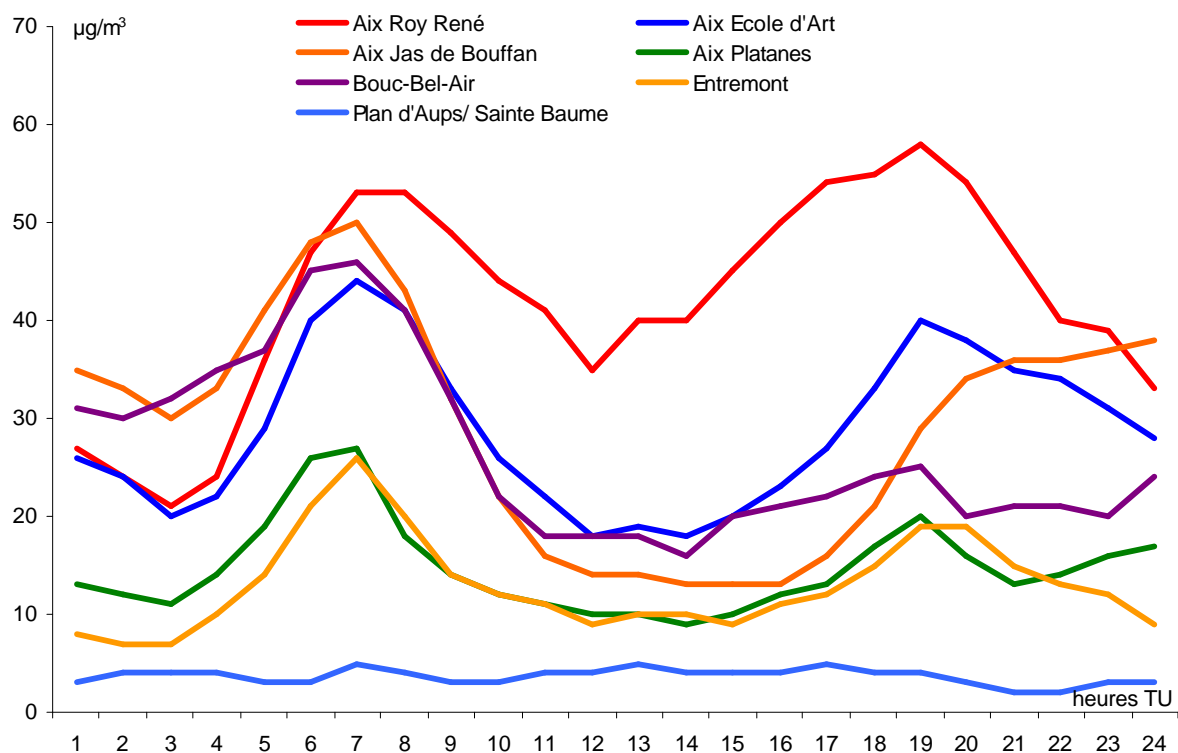
	N2AIXA	N2AIXC	N2AIXO	N2AIXPL	N2ENTR	N2BBAI
N2AIXA		0,65	0,71	0,55	0,62	0,32
N2AIXC			0,37	0,42	0,54	0,30
N2AIXO				0,53	0,53	0,51
N2AIXPL					0,59	0,54
N2ENTR						0,38
N2BBAI						

Les corrélations les plus marquées s'observent entre Aix Jas de Bouffan et Aix Ecole d'Art correspondant aux deux stations les plus urbaines d'Aix en Provence.

Entremont, également, est bien corrélée à Aix Ecole d'Art, à raison de 62 %. Sans être complètement représentatives du site d'Entremont, les teneurs relevées sur la station Aix Ecole d'Art pourront constituer des indications pour ce site.

Profils journaliers :

PROFIL HORAIRE EN NO₂ DU 28/07 AU 28/09



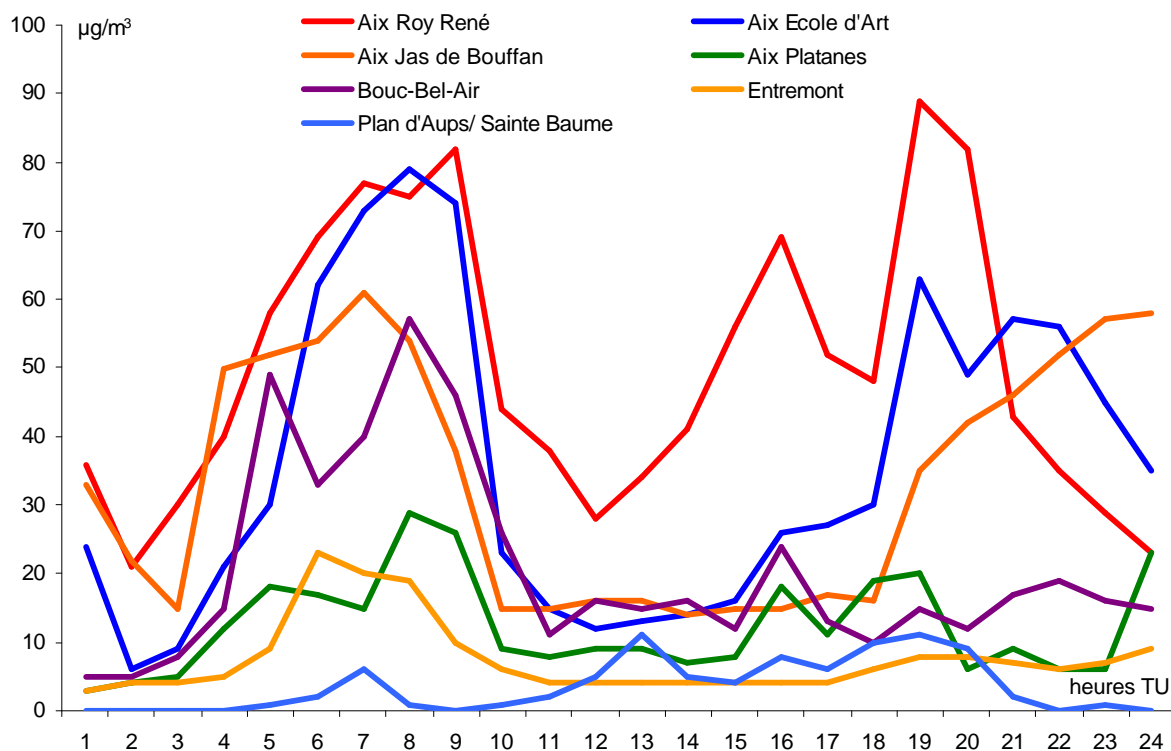
Les stations d'Entremont et d'Aix Platanes sont très corrélées en terme de profils journaliers, à ceci près que ces profils montrent des pics de concentrations observés en soirée sur Entremont et persistants sur l'heure suivante pendant que la pollution intra-muros diminue.

Le pic est moins net en soirée car l'atmosphère est moins stable qu'au petit matin.

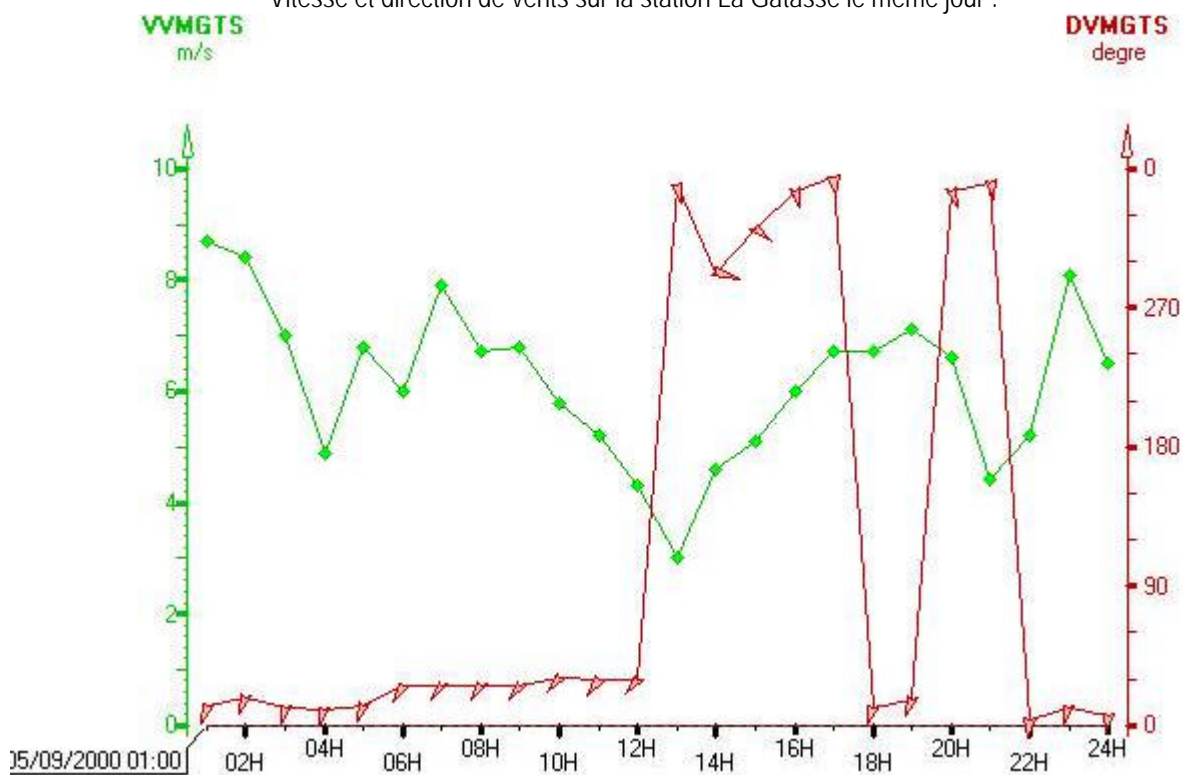
Ces deux stations possèdent un niveau de fond sur la journée faible de l'ordre de 10 µg/m³ ; l'influence du trafic routier aux heures de pointe est bien la cause des pics de pollution.

Cas de journées polluées et météorologie associée - Descriptif des types de temps – descriptif des phénomènes

5 septembre 2000



Vitesse et direction de vents sur la station La Gatasse le même jour :



Quelques journées appartenant à la période de mesure ont présenté un caractère modérément pollué par le trafic. Le 5 septembre 2000 en fait partie.

L'originalité des pics de concentration le matin du 5 septembre sur l'agglomération aixoise, réside dans le fait qu'ils parviennent à des teneurs horaires supérieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quelle que soit leur station d'appartenance (hormis Aix Platanes et Entremont). Ceci démontre l'homogénéité de cet épisode » qui concerne toute l'agglomération d'Aix Roy René et périphérie.

La météorologie associée était un régime de brise terre/mer à caractère stable le matin et peu propice à la dispersion des polluants.

APPARITION DE LA POLLUTION PAR LE DIOXYDE D'AZOTE ET METEOROLOGIE ASSOCIEE - sur Aix en Provence -

POINTE DU MATIN OU DU SOIR	METEO ASSOCIEE	AMPLEUR DU PHENOMENE
Emissions importantes dues au trafic ? ? Jours de Semaine	Temps stable (par ex : anticyclonique ensoleillé) Pas de vent	« Stations centre et périphérie » Risque : + +
? ? Jours de Semaine	Brises faibles ou modérées	« Stations centre » Risque +
? ? Jours de Semaine	Autres types de temps	Risque faible
? ? Samedi, Dimanche et jours fériés		Pas de risque

2.3 - La pollution photochimique : l'ozone

Origine et dynamique

L'O₃ (ozone) est un polluant issu de réactions complexes faisant intervenir les NOX (oxydes d'azote) et les COV (composés organiques volatils) sous l'action du rayonnement solaire. C'est donc un polluant secondaire, par opposition au NO et aux COV qui sont des polluants primaires précurseurs.

De part ses conditions de formation, l'ozone est présent surtout en été et pendant les heures les plus ensoleillées de la journée. De fortes concentrations d'ozone sont observées jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres des points d'émissions des polluants primaires et ceci sur des zones très vastes, fréquemment à l'échelle d'un département. A contrario, sur les centres villes la formation d'ozone n'est pas favorisée : consommation par le NO (monoxyde d'azote) et formation d'acide nitrique et de dioxyde d'azote. Cette propriété des centres villes à agir comme des « puits d'ozone » fait souvent appeler la pollution photochimique « pollution des champs ».

Effets sanitaires

Ses effets sur la santé correspondent à une irritation des muqueuses bronchiques et oculaires, une altération de la fonction respiratoire chez l'enfant en particulier, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique

Le niveau troposphérique moyen pour l’ozone sur la période varie de 105 à 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement sur les stations de Plan d’Aups et Auribeau (Lubéron).

Par rapport à ce niveau de fond troposphérique moyen, les stations ci-après présentent des teneurs de l’ordre de :

↘	24 % inférieur	↓	Grand Saint Jean / Entremont
↘	36 % inférieur	↓	Aix Platanes / Aix Ecole d’Art
↘	40 % inférieur	↓	Aix Jas de Bouffan

Le constat était le même pour l’année 1998 avec des stations aixoises périurbaines dont les teneurs étaient de l’ordre de 34 % inférieures au niveau moyen troposphérique ; l’agglomération aixoise se comportant plutôt comme un « puit d’ozone ».

Du bassin de l’Arc au Lubéron, entre 4 et 20 heures de dépassement du seuil d’information de la population, ont été enregistrées en fonction des stations.

Les maximums atteints sur les stations d’Entremont, Aix Platanes et Aix Ecole d’Art lors de ces épisodes photochimiques étaient assez semblables; sur ces mêmes journées, les concentrations atteintes étaient plus faibles sur Aix Jas de Bouffan et nettement plus élevées sur Grand Saint-Jean, en zone rurale, sous le panache de l’agglomération aixoise.

Exemple : Maximums horaires en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les journées du 10 et du 25 août 2000

JOURNEES	10 août 2000	25 août 2000
Grand Saint-Jean	213	278
Entremont	209	253
Aix Platane	197	231
Aix Ecole d’Art	191	242
Cadarache	189	250
Aix Jas de Bouffan	182	221
Auribeau		200

Le seuil de $110\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures (seuil de protection de la santé C. E. E) et celui de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par heure (C. E. E. – Protection végétation) étaient dépassés en 98 sur toutes les stations, et le sont encore en 2000.

En terme de pollution de fond, une stabilité des teneurs apparaît entre les deux saisons estivales 1998 et 2000.

En terme d’épisodes et de pollution de pointe, la différence entre les nombres de dépassements aux normes est à attribuer à une météorologie différente d’un été sur l’autre.

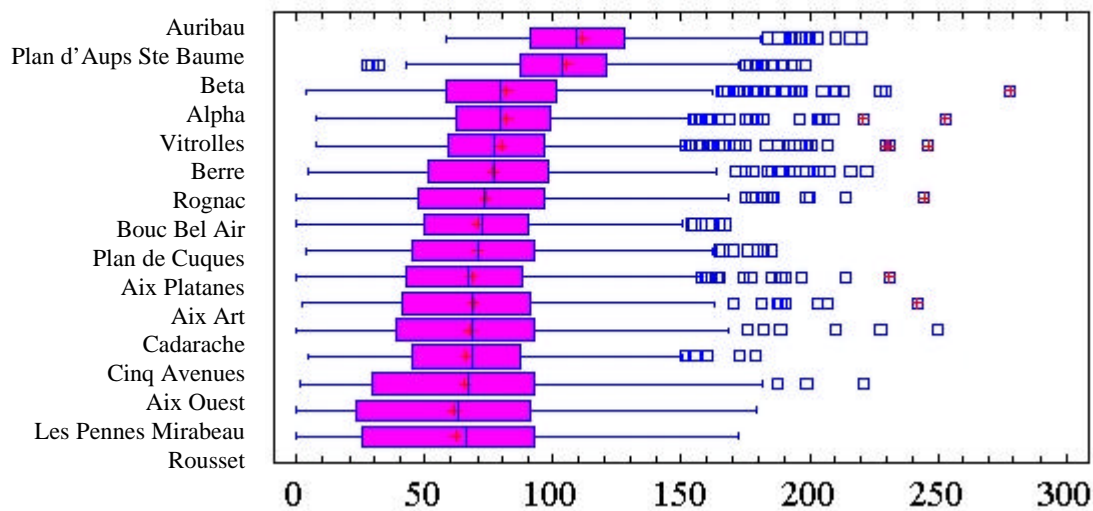
2.3.2 - Comportement des stations

Distribution horaire :

Les stations Grand Saint-Jean, Entremont, Vitrolles, Berre et Rognac affichent des moyennes et médianes élevées et sont soumises à une dynamique importante, ce qui est visible à l'étalement de leurs valeurs horaires. La partie sud (Vitrolles, Berre, Rognac) se situant à l'origine des épisodes correspond à une zone comprenant une grande quantité de précurseurs de l'ozone.

En revanche, la partie Nord (Saint-Jean, Entremont) subit l'impact des masses d'air polluées, transportées par vent faible ou modéré, qui se rechargent localement en précurseurs en passant sur l'agglomération d'Aix.

28.07.00 - 18.09.00 - distribution horaire - ozone



Corrélations :

COEFFICIENTS DE CORRELATION CALCULES A PARTIR DES SERIES HORAIRES

	Aix Platanes	Aix Ecole d'Art	Aix Jas de Bouffan	Entremont	Plan d'Aups/ Ste Baume	Auribeau	Bouc Bel Air	Grand St Jean	Berre	Cadarache/ Vallée de la Durance	Pennes Mirabeau	Rognac	Rousset	Vitrolles
Aix Platanes		0,90	0,91	0,83	0,52	0,32	0,78	0,92	0,84	0,83	0,83	0,86	0,86	0,80
Aix Ecole d'Art			0,93	0,86	0,58	0,35	0,76	0,88	0,78	0,76	0,81	0,84	0,84	0,82
Aix Jas de Bouffan				0,77	0,49	0,27	0,79	0,88	0,86	0,82	0,88	0,88	0,88	0,81
Entremont					0,64	0,43	0,68	0,85	0,68	0,69	0,65	0,75	0,74	0,78
Plan d'Aups/ Sainte Baume						0,61	0,44	0,57	0,40	0,50	0,37	0,45	0,50	0,56
Auribeau							0,15	0,38	0,17	0,35	0,09	0,2	0,24	0,31
Bouc Bel Air								0,71	0,82	0,74	0,82	0,82	0,77	0,80
Grand St Jean									0,78	0,78	0,78	0,84	0,82	0,80
Berre										0,78	0,86	0,82	0,80	0,86
Cadarache/ Vallée de la Durance											0,76	0,79	0,84	0,80
Mirabeau												0,87	0,82	0,80
Rognac													0,84	0,89
Rousset														0,77
Vitrolles														

CORRELATIONS > 0,9

CORRELATIONS 0,85 < X < 0,90

Les corrélations les plus importantes (> à 0,9) apparaissent entre la station d'Aix Platanes et celles d'Aix Jas de Bouffan, Aix Ecole d'Art et de Grand Saint Jean ; cette corrélation étant de 0,83 avec Entremont. La corrélation augmente à 0,86 quand on considère Entremont et Aix Ecole d'Art.

Les corrélations entre les stations du nord de la zone d'Aix sont équivalentes. Néanmoins, géographiquement, des rapprochements logiques peuvent être faits : Aix Platanes peut être représentative de la zone Puyricard – Grand Saint Jean, et celle d'Aix Ecole d'Art peut être représentative d'Entremont.

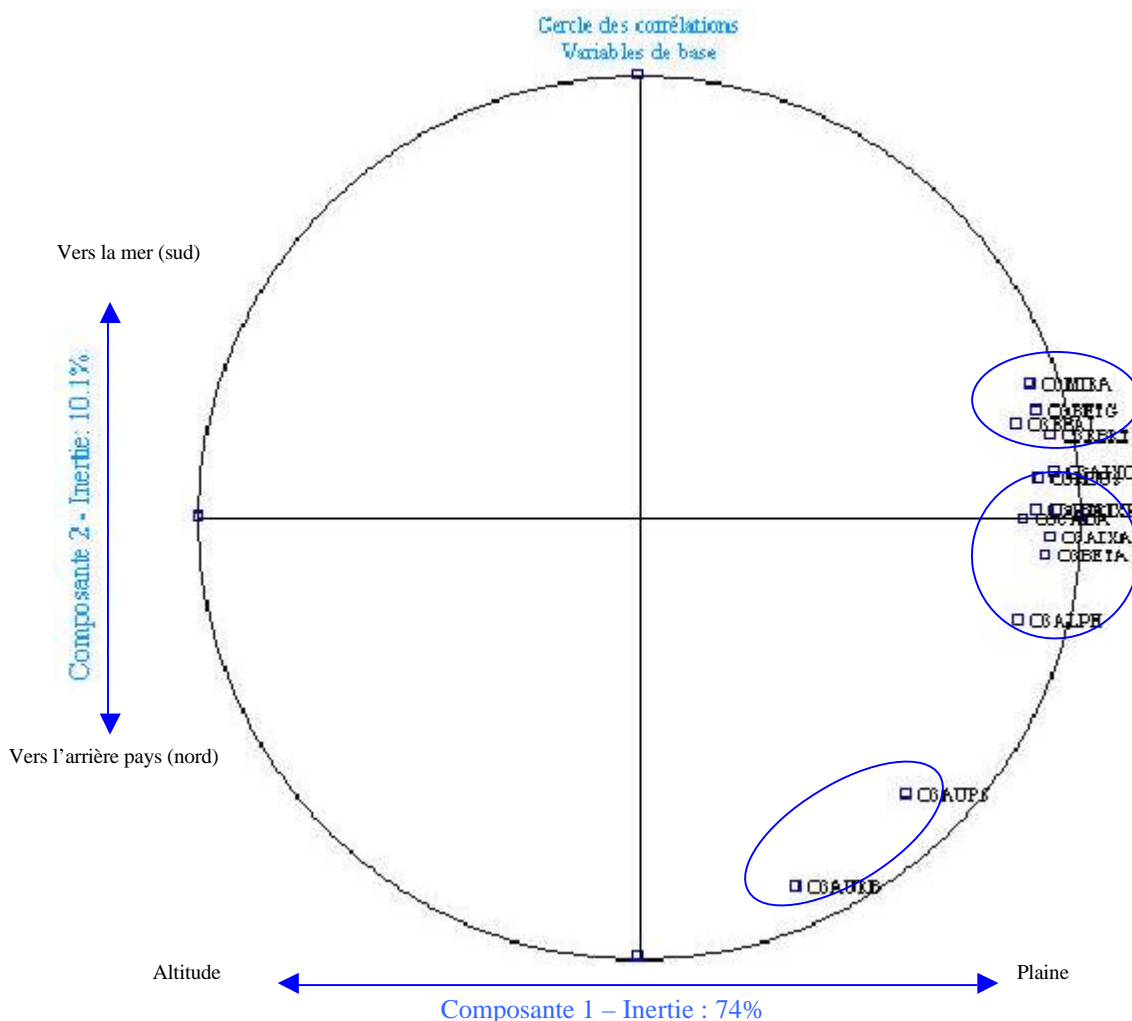
Analyse multivariée :

L'analyse en composantes principales (A.C.P) permet d'obtenir une carte des individus en fonction de leur proximité et une carte des variables (c'est le cas ici) en fonction de leur corrélation. L'ACP consiste à rechercher un petit nombre de nouvelles variables synthétiques, appelées composantes principales, non corrélées entre elles et résumant aussi bien que possible les données de départ (tableau : variables (stations de mesures) fois individus (valeurs horaires en ozone)).

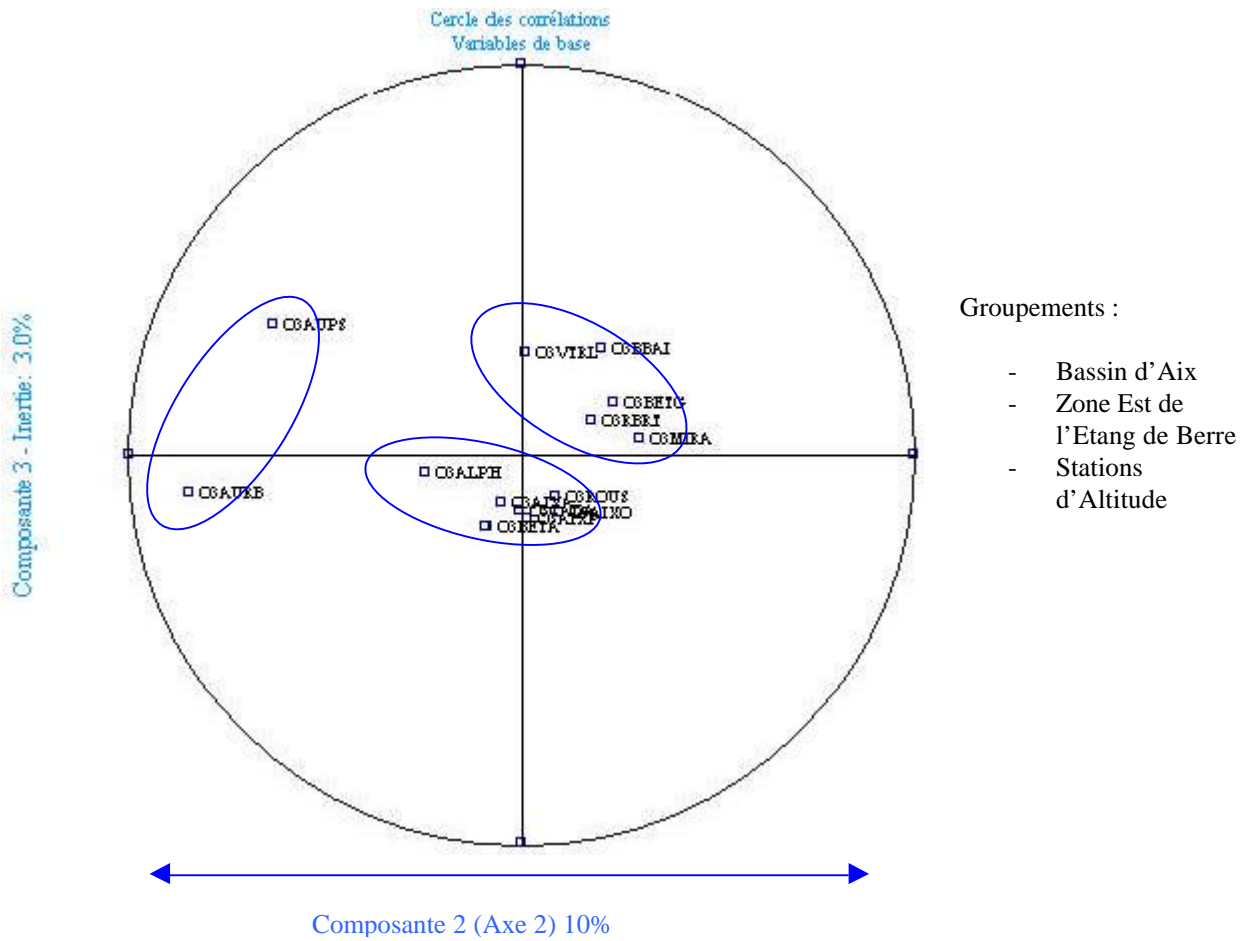
Les constructions des composantes principales utilisent une approche géométrique avec le critère de l'inertie (Pearson). L'interprétation des 3 premières composantes est illustrée ci après.

L'ACP regroupe 74 % de l'analyse sur l'axe 1, 10 % sur l'axe 2 et 3 % sur l'axe 3. Aussi, les axes 1 et 2 suffisent pour interpréter les résultats :

Les stations Aups et Auribeau sont à part et semblent atypiques : elles se situent plus à gauche de la première composante, et sont regroupées vers la partie « stations d'altitude » plutôt que stations « de plaine ». Leur comportement est assez semblable. En raisonnant de la même façon pour les autres stations, il apparaît qu'elles correspondent plutôt à des stations de plaine qui se démarquent de leur position selon la deuxième composante. On regroupe donc les stations par rapport à leur situation géographique.



Enfin, on retrouve le même type de regroupement par rapport à l'axe 3 :



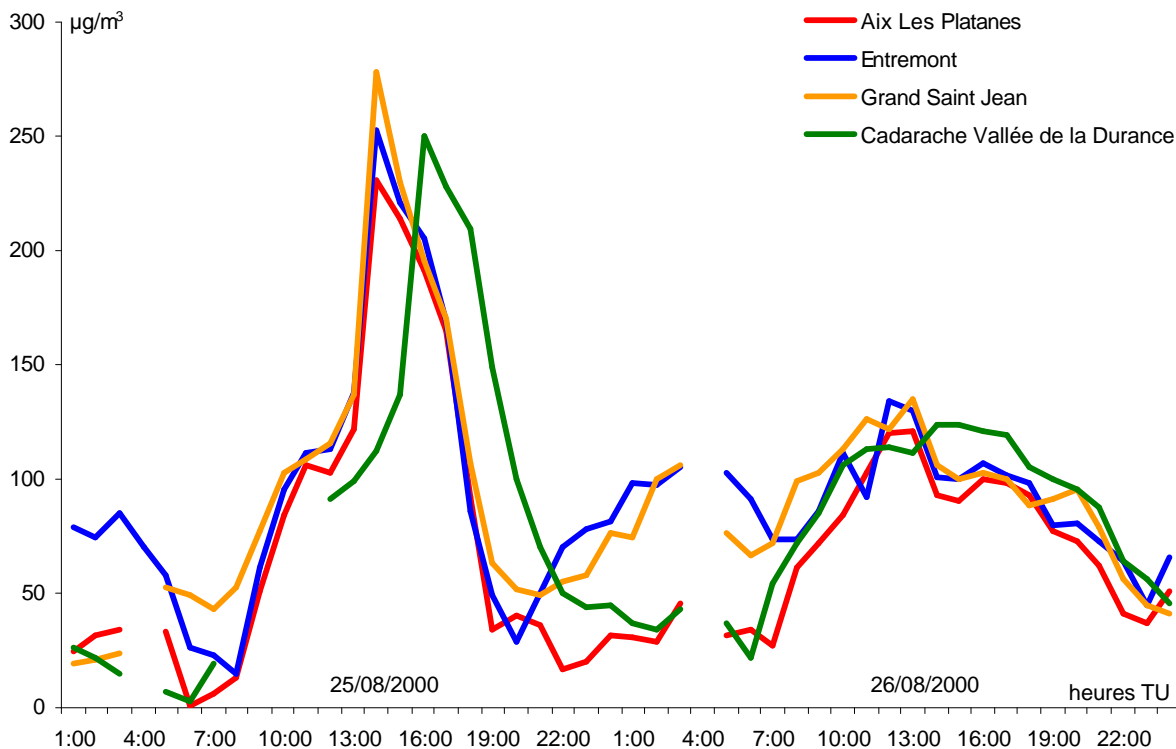
Les groupements qui ressortent sont naturels : bassin d'Aix, zone de l'Etang de Berre et stations d'Altitude. A noter le comportement un peu atypique d'Entremont qui se démarque légèrement de son groupe d'origine (Aix) en intégrant une composante « altitude ».

Cas de journées polluées et météorologie associée - Descriptif des types de temps – descriptif des phénomènes

Le schéma classique de pollution photochimique sur le nord-est des Bouches du Rhône s'est reproduit plusieurs fois durant l'été :

Par régime de vents de sud-ouest à 3m/s (brises composées), les nappes d'air chargées en ozone migrent de la zone de l'étang de Berre sur Aix en Provence puis, sur Puyricard (Grand Saint Jean), la vallée de la Durance (Cadarache) et le Lubéron (Auribeau), la vallée de Gardanne étant légèrement épargnée. C'est le cas de la journée du 25 août 2000.

La chronologie d'apparition des pics signe le passage de la nappe d'air polluée du sud vers le nord.

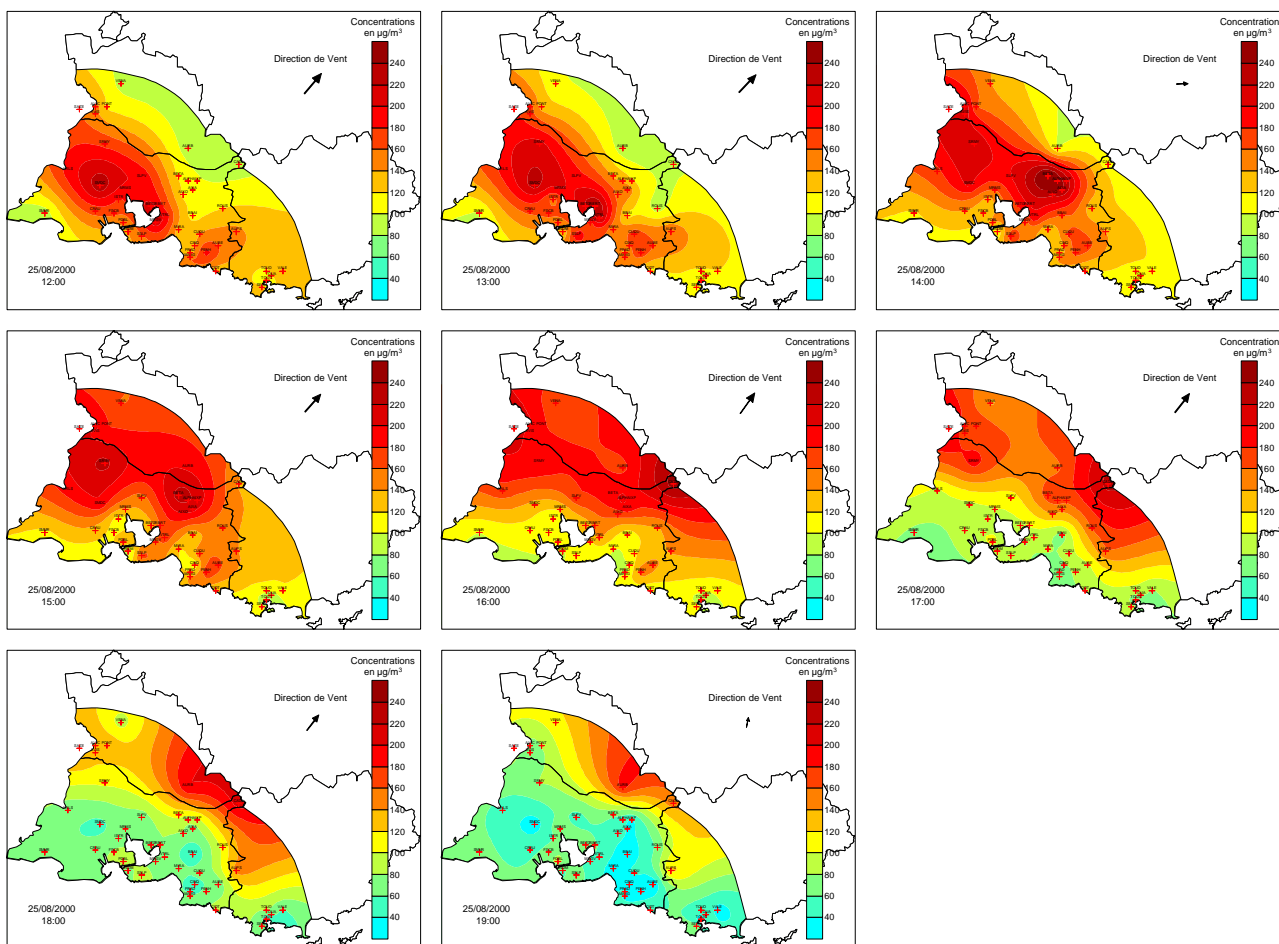


Déclenchement des procédures de recommandation pour l'ozone

Les procédures de recommandation Nord Est des Bouches-du-Rhône qui ont été déclenchées durant la période de la campagne intègrent également la zone nord d'Aix : les stations Entremont, Grand Saint-Jean et Aix Platanes ont montré alors des dépassements quasi systématiques du seuil $180\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces procédures, au nombre de 13 sur l'ensemble de l'été, eurent lieu sur les journées des 12 mai, 4 juin, 6, 18, 21 et 31 juillet, 8, 9, 16, et 25 août, et 11 septembre 2000.

Exemple : journée du 25 août 2000 : visualisation du déplacement de la pollution – méthode d'interpolation par krigeage linéaire (logiciel SURFER):



Durant l'épisode du 25 août 2000, les précurseurs de l'ozone émis en quantité sur le pourtour de l'Etang de Berre (COV, NOX, ...) ont initié des réactions photochimiques à cet endroit (Berre, Istres puis Marignane). Sous l'effet des brises de sud-ouest, les nappes d'air chargées en ozone se sont déplacées vers le nord et le nord-est du département entraînant sur leur passage de nombreux dépassements du seuil de recommandation de la population ($180\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{heure}$ – Tons rouges). L'évacuation s'est faite par les vallées du Rhône et de la Durance.

Cette journée-là, les températures furent particulièrement chaudes (Max $34,6^\circ$ à Marignane) ; et le rayonnement intense ($2130\text{ J}/\text{cm}^3$).

3 - Conclusion

A conditions météorologiques quasi-équivalentes en 1998 et 2000, dominées par des régimes de brises alternées, deux constats majeurs apparaissent :

☞ La pollution moyenne par les transports, chronique sur la station d'Entremont mais également sur le réseau Aixois, s'est maintenue au même niveau (soit $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ dioxyde d'azote en moyenne pour Entremont et de l'ordre de 29 sur le centre urbain).

La pollution de pointe, estimée à partir de la station Aix-Centre, quant à elle, a légèrement régressé, la fréquence des pointes estivales et les maximums horaires atteints étant un peu moins importants en 2000.

☞ La pollution photochimique procède par épisodes de grande ampleur géographique qui s'initient en général sur la zone de l'Etang de Berre et transitent via Aix vers la Vallée de la Durance (régime de Sud-Ouest) ou la Vallée du Rhône (Flux de sud).

A moindre échelle, la station Aix Platanes est bien corrélée à celle de Grand Saint Jean, et celle d'Aix Ecole d'Art à celle de Entremont ; ceci en terme de dépassements (jusqu'à 20h de dépassements du seuil d'information de la population suivant les stations) et niveaux chroniques enregistrées.

Aussi, Aix Ecole d'Art et Aix Platanes peuvent être représentatives, respectivement des zones d'Entremont et Grand Saint Jean.

PERSPECTIVES :

Un suivi en matière de pollution par les transports semble pertinent sur Entremont, en particulier si des aménagements sur site venaient à être construits ou si des modifications majeures d'ouvrages à proximité (Echangeurs, doublage de voies...) venaient à modifier notablement le trafic.

La pollution photochimique, peut tout à fait être évaluée sur la zone nord d'Aix à l'aide du réseau fixe de mesures aixois. Des campagnes temporaires (laboratoires mobiles, par exemple) permettront de vérifier cette adéquation selon un échéancier plus lâche, 5 ans, 10 ans...

ANNEXE 1

Normes CEE 99 et OMS pour l'Europe 96

NO₂ en (µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Horaire	400	/	/	Seuil d'Alerte	Décret français 06/05/1998
3Heures	400	/	/	Seuil d'Alerte	Directive européenne 22/04/1999
Horaire	135	17 jours/an	/	Objectif de Qualité	PRQA PACA 1999
Horaire	135	P 98	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998
Horaire	40	P 50	/	Objectif de Qualité	PRQA PACA 1999
Horaire	40	P 50	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998
Horaire	200	18 h/an	Application : 300 01/01/2001 : 290 01/01/2002 : 280 01/01/2003 : 270 01/01/2004 : 260 01/01/2005 : 250 01/01/2006 : 240 01/01/2007 : 230 01/01/2008 : 220 01/01/2009 : 210 01/01/2010 : 200	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Horaire	200	P98	/	Valeur Limite	Décret français 06/05/1998
Horaire	200	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
Annuel	40	/	Application : 60 01/01/2001 : 58 01/01/2002 : 56 01/01/2003 : 54 01/01/2004 : 52 01/01/2005 : 50 01/01/2006 : 48 01/01/2007 : 46 01/01/2008 : 44 01/01/2009 : 42 01/01/2010 : 40	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Annuel	40	/	01/01/2010	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

SO₂ en (µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
10 minutes	500	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
Horaire	600	/	/	Seuil d'Alerte	Décret français 06/05/1998
3 heures	500	/	/	Seuil d'Alerte	Directive européenne 22/04/1999
Horaire	350	24 h/an	Application : 500 01/01/2001 : 470 01/01/2002 : 440 01/01/2003 : 410 01/01/2004 : 380 01/01/2005 : 350	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Journalier	125	3 jours/an	01/01/2005	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Journalier	125	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
Annuel et Hiver	20	/	01/01/2001	Seuil de protection de la végétation	Directive européenne 22/04/1999
Annuel	50	/	/	Recommandation	OMS pour l'Europe 1996

O₃ en (µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Horaire	360	/	/	Seuil d'Alerte	Décret français du 06/05/1998
Horaire	360	/	/	Seuil d'Alerte	Directive européenne 21/09/1992
Horaire	180	/	/	Seuil d'information de la population	Directive européenne 21/09/1992
Horaire	200	/	/	Seuil de protection de la végétation	Directive européenne 21/09/1992
Horaire	200	/	/	Seuil de protection de la végétation	Décret français 06/05/1998
8 Heures	110	/	/	Seuil de protection de la santé	Directive européenne 21/09/1992
8 Heures	110	/	/	Seuil de protection de la santé	Décret français 06/05/1998
8 heures	120	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
Journalier	65	/	/	Seuil de protection de la végétation	Directive européenne 21/09/1992
Journalier	65	/	/	Seuil de protection de la végétation	Décret français 06/05/1998

CO en (mg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
15 minutes	100	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
30 minutes	60	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
Horaire	30	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
8 heures	10	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996
8 heures	10	/	Application : 16 01/01/2003 : 14 01/01/2004 : 12 01/01/2005 : 10	Valeur Limite	Directive européenne 13/12/2000
8 heures	10	/	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998

PM₁₀ en (µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Journalier	50	35 jours/an	Application : 75 01/01/2001 : 70 01/01/2002 : 65 01/01/2003 : 60 01/01/2004 : 55 01/01/2005 : 50	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Annuel	40	/	Application : 48 01/01/2001 : 46 01/01/2002 : 45 01/01/2003 : 43 01/01/2004 : 42 01/01/2005 : 40	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Annuel	30	/	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998

Plomb (en µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Annuel	0.5	/	Application : 1 01/01/2001 : 0.9 01/01/2002 : 0.8 01/01/2003 : 0.7 01/01/2004 : 0.6 01/01/2005 : 0.5	Valeur Limite	Directive européenne 22/04/1999
Annuel	0.5	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

Annuel	0.5	/	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998
Annuel	2	/	/	Valeur Limite	Décret français 06/05/1998

Cadmium (en ng/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Annuel	5	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

Mercure (en µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Annuel	1	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

Arsenic (en µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Exposition à vie	1.5x10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹ *			Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

* l'exposition à vie d'une population à une concentration d'1 µg/m³ d'arsenic risque de provoquer une augmentation de 15 cancers pour 10 000 habitants

Nickel (en µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Exposition à vie	3.8x10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹ *			Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996

* l'exposition à vie d'une population à une concentration d'1 µg/m³ de nickel risque de provoquer une augmentation de 38 cancers pour 100 000 habitants

Benzène (en µg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
Annuel	2	/	/	Objectif de Qualité	Décret français 06/05/1998
Annuel	5	/	Application : 10 01/01/2006 : 9 01/01/2007 : 8 01/01/2008 : 7 01/01/2009 : 6 01/01/2010 : 5	Valeur Limite	Directive européenne 13/12/2000
Exposition à vie	6x10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹ *				

* l'exposition à vie d'une population à une concentration d'1 µg/m³ de benzène risque de provoquer une augmentation de 6 cancers pour 1 000 000 d'habitants

Formaldéhyde (en mg/m³)

Pas de temps	Valeur	Tolérance	Application	Type	Origine
30 minutes	0.1	/	/	Valeur Guide	OMS pour l'Europe 1996