



www.atmopaca.org

LIAISON A50 A57 TRAVERSEE SOUTERRAINE DE TOULON SECOND TUBE (SUD)

ANALYSE DES DONNEES DE QUALITE DE L'AIR

NOVEMBRE 2007 A JANVIER 2008

TOULON OUEST, Puits MARCHAND, TOULON EST

Date de publication : [04/2008]
Numéro de projet : 06VAR021

SIÈGE SOCIAL
Le Noilly Paradis
146 rue Paradis – 13 006 Marseille
Tél. : 04 91 32 38 00

ÉTABLISSEMENT DE NICE
Nice Leader - Tour Hermès - DRIRE
64-66 route de Grenoble 06200 Nice
Tél. : 04 93 18 88 00

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE L'ETUDE	3
1.1. OBJECTIFS.....	3
1.2. CHOIX DES SITES D'ECHANTILLONNAGE	3
1.3. PARAMETRES MESURES	4
1.3.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	4
1.3.2. PARAMETRES METEOROLOGIQUES.....	4
2. RESULTATS – DISCUSSION	5
2.1. PARTICULES EN SUSPENSION (POLLUTION AUTOMOBILE)	5
2.1.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	5
2.1.2. EFFETS SANITAIRES	5
2.1.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08	5
2.2. DIOXYDE D'AZOTE (POLLUTION AUTOMOBILE)	10
2.2.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	10
2.2.2. EFFETS SANITAIRES	10
2.2.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07AU 31/01/08	10
2.3. BENZENE (POLLUTION AUTOMOBILE)	13
2.3.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	13
2.3.2. EFFETS SANITAIRES	13
2.3.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08	13
2.4. MONOXYDE DE CARBONE (POLLUTION AUTOMOBILE).....	15
2.4.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	15
2.4.2. EFFETS SANITAIRES	15
2.4.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08	15
2.5. DIOXYDE DE SOUFRE (INDUSTRIE-CHAUFFAGE DOMESTIQUE)	17
2.5.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	17
2.5.2. EFFETS SANITAIRES	17
2.5.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08	17
2.6. EXEMPLES D'EPISODE DE POLLUTION :	18
3. CONCLUSION.....	22
ANNEXES : LISTES DES DEPASSEMENTS DE SEUILS D'INFORMATION ET ALERTE	24

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. OBJECTIFS

L'Etat réalise la traversée souterraine de Toulon avec la mise en service du 2ème tube du tunnel. Tout au long de la phase travaux, un suivi de la qualité de l'air a été confié à Atmo PACA, afin d'évaluer les taux des polluants, et de comparer les concentrations aux seuils réglementaires.

Ce suivi de la qualité de l'air permet donc d'évaluer la pollution induite pendant la phase travaux. En effet, en milieu urbain, l'un des principaux effets des travaux est la perturbation du trafic pendant la période du chantier. Cette phase chantier constitue une période de nuisance particulière, différente de la phase d'exploitation.

Cette période peut se révéler pénalisante pour l'environnement, tant sur les questions de nuisances atmosphériques, qu'acoustiques. La création de pistes, la circulation d'engins motorisés (générateurs et compresseurs...) de centrales d'enrobage ou de bitumes et de certains traitements (chaux et liants hydrauliques...) entraînent une perturbation du milieu urbain non négligeable.

Il est évident que le personnel de chantier reste le plus exposé aux pollutions directes. Néanmoins **l'objectif de cette étude porte sur la prise en compte des effets générés pour les populations riveraines pendant cette phase de travaux.**

Pour réaliser cette surveillance trois stations complémentaires de mesures des polluants ont été ajoutées au réseau permanent de Toulon dans les secteurs proches des travaux du tunnel.

Des pages Internet spécifiques (<http://toulon.airtunnel.atmopaca.org/>), ont été développées et diffusent (en temps réel) au grand public les données de qualité de l'air des stations permanentes et celles mises en œuvre dans ce projet.

1.2. CHOIX DES SITES D'ECHANTILLONNAGE

Les travaux de percement du tunnel se déroulent sur trois secteurs principaux :

- Au Nord, dans le secteur du Puits d'attaque Marchand
- A l'Est et à l'Ouest au niveau de l'emprise des futures tranchées couvertes.

Les émissions atmosphériques sont liées aux modifications temporaires des modes de circulation (déviation sur certains axes, congestions éventuelles occasionnées par les travaux ...), des émissions spécifiques, notamment des engins de chantiers. Les sites de mesures ont, dans ce sens, été implantés (non sans difficultés logistiques et techniques) au plus près des zones de forte activité des travaux, dans des secteurs correspondants autant que possible à l'exposition des riverains les plus proches et où les teneurs risquent d'être les plus élevées.

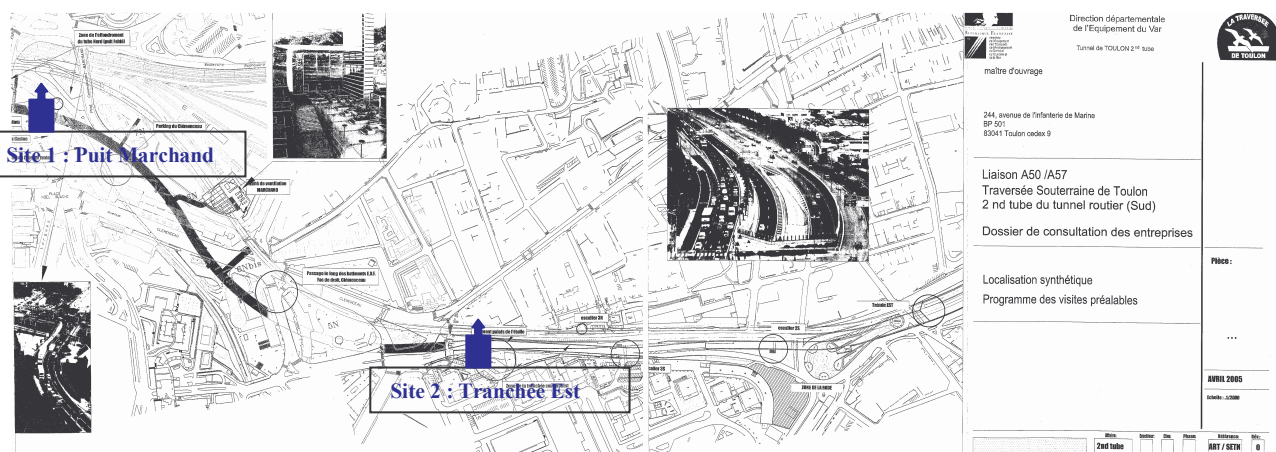
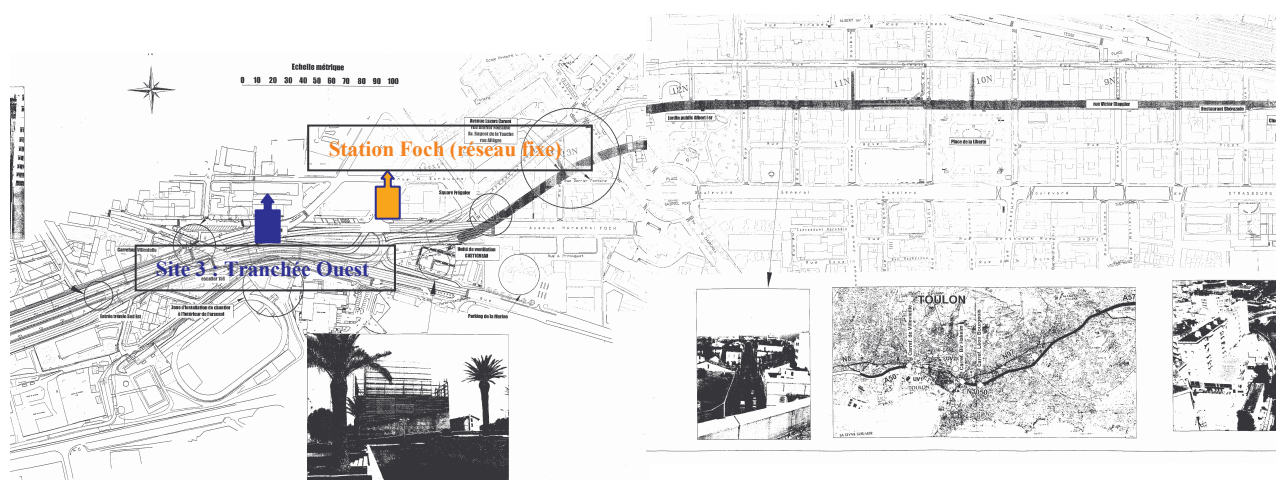
Un site est implanté par secteur :

Site 1 : secteur du puits d'attaque Marchand

Site 2 : tranchée couverte Est

Site 3 : tranchée couverte Ouest.

Figure1 : Emplacement des sites de mesures



1.3. PARAMETRES MESURES

1.3.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

- NO/NO₂ (monoxyde et dioxyde d'azote) traceur de la pollution automobile
- CO (monoxyde de carbone) traceur de la pollution automobile
- PM₁₀ (particules en suspension) et industrielle selon les contextes traceur de la pollution automobile
- O₃ (ozone) traceur de la pollution photochimique
- SO₂ (dioxyde de soufre) et des chauffages domestiques traceur de la pollution industrielle

1.3.2. PARAMETRES METEOROLOGIQUES

- Température
- Humidité
- Direction et vitesse de vent

2. RESULTATS – DISCUSSION

2.1. PARTICULES EN SUSPENSION (POLLUTION AUTOMOBILE)

2.1.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Les particules sont des polluants atmosphériques consistant en un mélange complexe de substances organiques et minérales en suspension dans l'air, sous forme solide et/ou liquide. Ces particules sont de taille, de composition et d'origine diverses. Leurs propriétés se définissent en fonction de leur diamètre aérodynamique appelé taille particulaire.

La fraction thoracique des particules appelée PM₁₀ (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm)

Les particules plus fines, ou fraction alvéolaire, appelées PM_{2,5} (diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm)

La taille des particules détermine leur temps de suspension dans l'atmosphère. En effet, si les PM₁₀ finissent par disparaître de l'air ambiant dans les quelques heures qui suivent leur émission de par l'effet de la sédimentation et des précipitations, les PM_{2,5} peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines. Par conséquent, ces dernières particules peuvent parcourir de longues distances.

Les particules peuvent être primaires ou secondaires en fonction de leur mécanisme de formation.

L'émission directe des particules primaires dans l'atmosphère est le résultat de procédés anthropiques ou naturels. Les principales sources anthropiques sont la combustion de gazole (diesel des véhicules automobiles ; l'utilisation de combustibles domestiques solides (charbon, lignite et biomasse) ; les activités industrielles (construction, secteur minier, cimenteries, fabrication de céramique et de briques, fonderie) ; l'érosion des chaussées sous l'effet de la circulation routière et l'abrasion des pneus et des freins ; et les travaux d'excavation et les activités minières.

Les particules secondaires sont formées dans l'atmosphère, généralement sous l'effet de la réaction chimique des polluants gazeux. Elles sont le résultat de la transformation atmosphérique des oxydes d'azote principalement émis par la circulation automobile et certains procédés industriels, et de l'anhydride sulfureux provenant de combustibles contenant du soufre. Les particules secondaires sont surtout présentes dans les matières fines.

2.1.2. EFFETS SANITAIRES

Ses effets sur la santé sont une altération de la fonction respiratoire chez l'enfant en particulier, une irritation des voies respiratoires inférieures, des effets mutagènes et cancérogènes (dus notamment aux hydrocarbures aromatiques polycycliques, HAP, adsorbés à la surface des particules) et une mortalité prématurée. Selon leurs tailles, ces particules fines ont une pénétration différente dans le système respiratoire ; plus elles sont fines, plus elles sont susceptibles de pénétrer profondément dans le système respiratoire, jusqu'au niveau des alvéoles pulmonaires pour les PM_{2,5}.

Les études les plus récentes, effectuées dans le cadre du programme CAFE (Clean Air for Europe) permettent de chiffrer les impacts des PM_{2,5} sur les populations des pays de l'Union européenne : en Europe (UE-25), les études estiment à 350.000 le nombre de décès prématurés (dont 680 enfants) attribuables à la pollution par les poussières fines. Les PM_{2,5} présentes dans l'atmosphère raccourcissent actuellement l'espérance de vie statistique dans l'UE de plus de 8 mois, soit une perte annuelle totale de 3,6 millions d'années de vie.

2.1.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08

Six stations seront utilisées dans l'analyse des résultats, trois stations permanentes et les trois stations du chantier :

Foch : station urbaine fortement influencée par le trafic,

Chalucet : station urbaine,

Ouest : station spécifique au chantier

Puits Marchand : station spécifique au chantier

Est : station spécifique au chantier

Gardanne : station industrielle des Bouches du Rhône

Tableau1: évaluation des niveaux de PM₁₀ (Période du 01/11/07 au 31/01/08)

PM ₁₀ en µg/m ³ .	Foch	Chalucet	Ouest	Puits March	Est	Gardanne
Taux de fonctionnement de l'analyseur (en %)	63.0	87.0	96.7	98.7	96.7	96.7
Moyenne sur la période (01/11/07 au 31/01/08)	53	33	53	46	87	50
Moyenne annuelle (01/02/07 au 31/01/08) (Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m ³ /an : objectif 01/01/05)	45	31	-	-	-	43
Maximum horaire (01/11/07 au 31/01/08)	438	146	550	307	1336	253
Maximum journalier (01/11/07 au 31/01/08)	131	81	199	107	554	103
Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine ¹ (50 µg/m ³ /jour, tolérance 35 jours/an : objectif 01/01/05)	30	14	44	35	51	41
Nombre de jours de dépassement du seuil d'information et recommandation de la santé humaine (80 µg/m ³ /24h) pour la période du 01/11/07 au 31/01/08.	6	1	11	6	26	11
Nombre de jours de dépassements du seuil d'alerte (125µg/m ³ /24h) pour la période du 01/11/07 au 31/01/08	1	0	2	0	15	0

• Analyse du tableau

Comme pour les trois premiers mois de mesures :

- Le site mesurant le moins de Poussières Fines (en moyenne, en maxima horaires et journaliers) est le site urbain de Toulon Chalucet. Ce site de fond urbain mesure fort logiquement des niveaux moins élevés que le site de proximité trafic de Toulon Foch et présente des niveaux fréquemment rencontrés dans les centres des villes.

- Les sites spécifiques aux zones chantiers ainsi que la station Toulon Foch (fortement impactée par l'activité chantier de la zone Ouest) mesurent les niveaux les plus élevés en particules fines sur toute la période d'étude. Les niveaux enregistrés sur ces sites sont supérieurs à ceux mesurés sur le site de Gardanne² qui jusqu'alors surclassait toutes les stations de la région PACA en matière de niveaux de PM10.

Toutes les stations, à l'exception de Toulon Ouest et Puits Marchand enregistrent des moyennes comparables ou à la hausse par rapport aux trois premiers mois de mesures. Toulon Ouest enregistrant une baisse notable de la moyenne (85 µg/m³ pour les trois premiers mois de mesures, contre 53 pour ce second trimestre), Puits Marchand mesurant 52 µg/m³ contre 46 µg/m³ au premier trimestre.

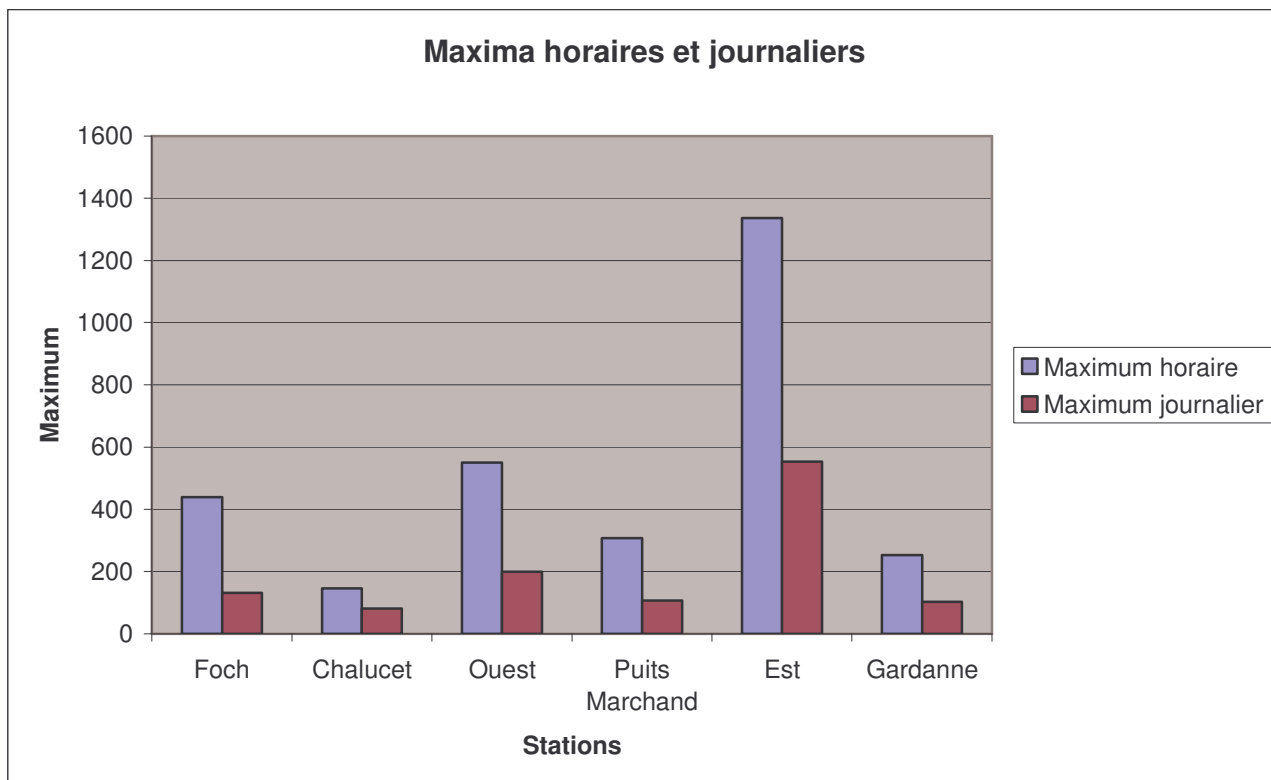
• Maxima horaires et journaliers

Le site chantier mesurant de loin les valeurs les plus élevées en particules fines est Toulon Est avec un maximum horaire sur la période de 1336 µg/m³/h (au premier trimestre c'était la station Ouest qui était dans ce cas de figure). Les plus forts maxima horaires sont enregistrés sur les sites spécifiques au chantier et surtout le site de Toulon Est avec des niveaux très élevés qui ne correspondent pas à des niveaux habituellement observés dans les centres urbains. (Voir graphe ci-après)

¹ Nombre de jours de dépassement pendant la période trimestrielle de mesures (01/11/07 au 31/01/08)

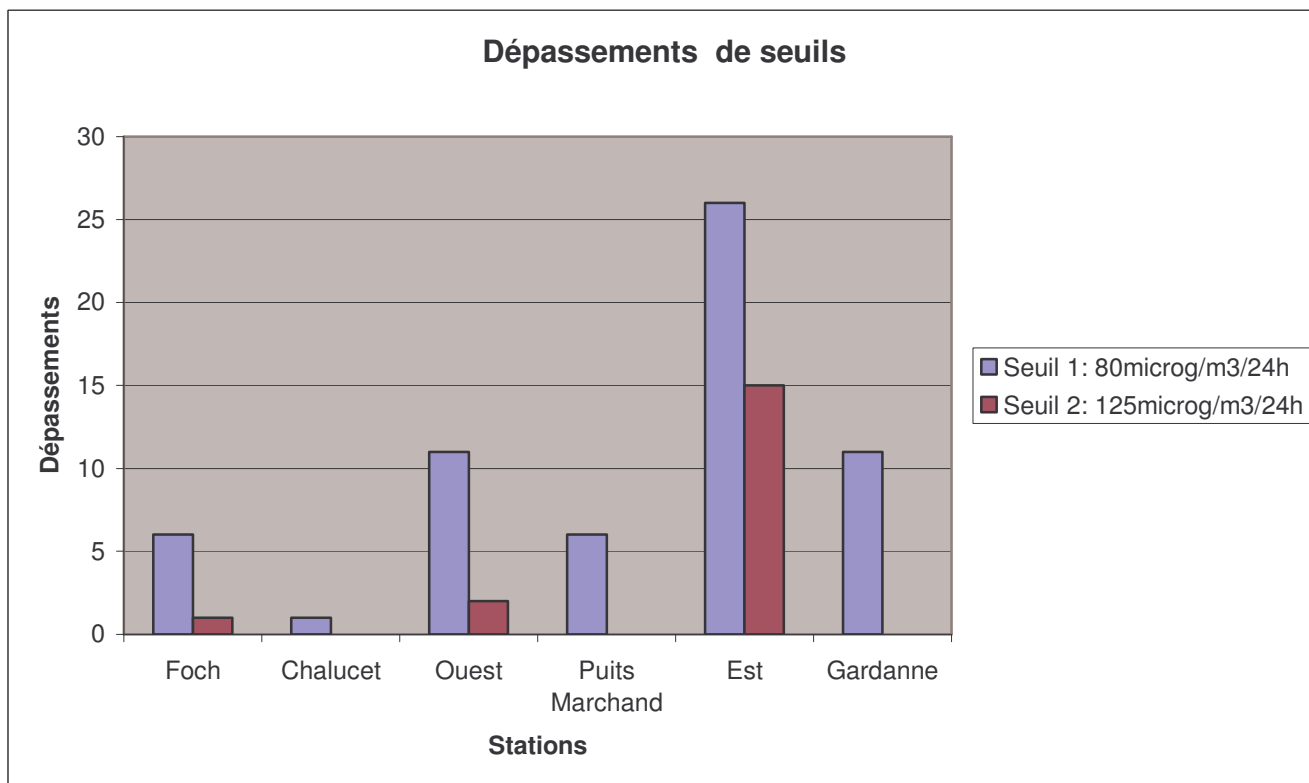
² Ce site est en Région Provence Alpes Côtes d'Azur celui qui mesure historiquement le plus de particules fines (en moyenne et maximum annuel). Cette station est située à proximité d'une usine de fabrication de bauxite et d'alumine.

Figure 2 : Maxima horaires et journaliers (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



• **Dépassement de seuils**

Figure 3 : Dépassements de seuils (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



Liaison A50 A57 Traversée souterraine de Toulon Second Tube (Sud)

Pour ce second trimestre de suivi et par rapport au premier trimestre, nous constatons sur le site de Toulon Est, une augmentation du nombre de jours de dépassement à la fois du seuil d'information et recommandation de la santé humaine **80 µg/m³/24h** (26 jours de dépassements) et du seuil d'alerte **125µg/m³/24h** (15 jours de dépassements). Au premier trimestre, les jours de dépassements étaient de 3 jours pour le seuil d'alerte et de 8 jours pour le seuil d'information (voir partie annexe, pour le bilan des dépassements de seuil au second trimestre, sur les autres sites).

Les samedis et dimanches, les niveaux en particules fines (PM10) mesurés sur ces trois sites chantiers sont très comparables à ce qui est mesuré sur l'ensemble des sites urbains. En semaine (jours travaillés), les niveaux en particules y sont très élevés et bien supérieurs aux niveaux habituellement mesurés en site urbain (le site de Toulon Foch étant mis à part car doublement impacté par la zone Ouest du chantier : augmentation du trafic et remises en suspension des PM10).

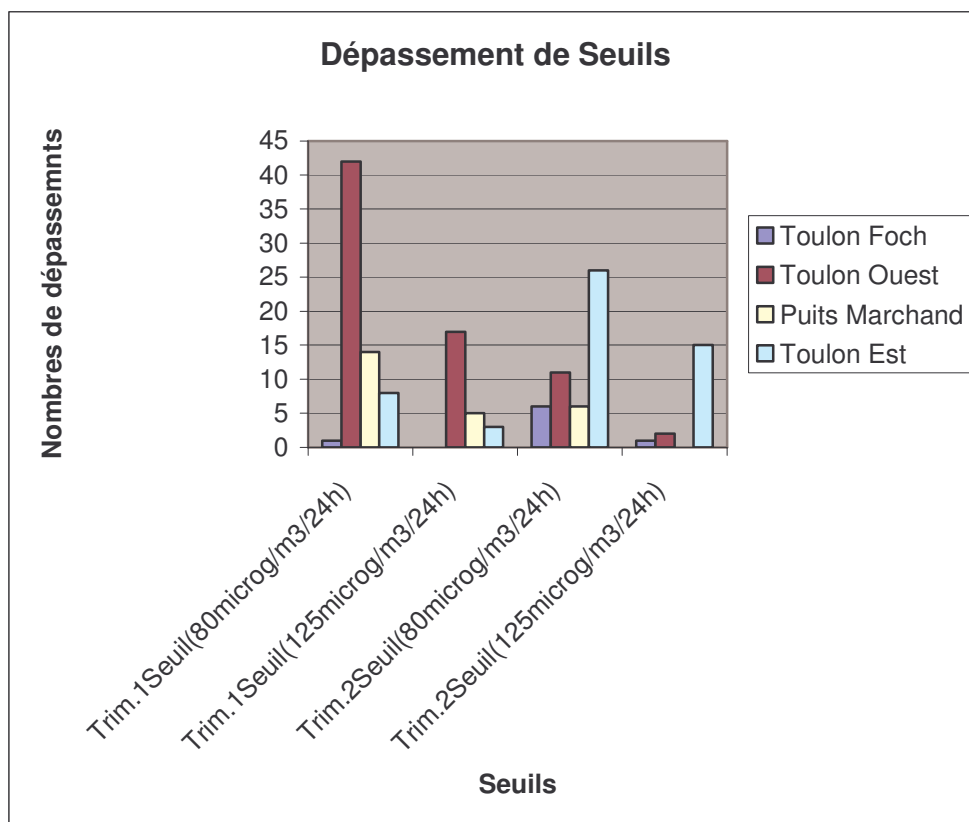
L'ensemble des sites chantier dépasse (pendant la période d'étude) :

- la valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine fixée à 40 µg/m³/an,
- la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine (50µg/m³/an à ne pas dépasser plus de 35 jours par an).

La quasi-totalité des dépassements de seuils d'information et d'alerte sur la zone d'étude (comprenant les stations urbaines et chantiers) est à mettre à l'actif des trois stations spécifiques aux zones chantiers (voir tableau récapitulatif des dépassements de seuil d'information et d'alerte en annexe).

• Comparaison des deux trimestres

Figure 4 : Comparaison du nombre de jours de dépassements de seuils entre les deux premiers trimestres



Que ce soit en dépassement du seuil d'alerte ou de recommandation de la santé humaine, nous constatons une augmentation de la teneur en nombre de jours pour les particules fines PM10 sur la station Toulon Est et Toulon Foch par rapport au premier trimestre. Sur le second trimestre de mesures, on observe une nette diminution de ces seuils pour les deux autres sites chantier (Toulon Ouest et Puits Marchand).

- Commentaires sur les origines des particules

Les trois principales origines possibles des particules sont :

- les émissions directes (trafic diesel),
- la remise en suspension par le vent,
- la transformation chimique des polluants gazeux en particules.

Comme pour le premier trimestre de mesure, les résultats d'analyses montrent que l'essentiel des particules mesurées sur les sites spécifiques au chantier, est directement lié aux activités du chantier (circulation de véhicules à l'origine de remises en suspension de poussières, émissions de particules fines issues de la combustion...).

Comme montré lors du premier trimestre de mesure, sur ce second trimestre la remise en suspension (par le vent et les activités chantiers) semble être un élément prépondérant à l'origine des fortes pointes en particules fines (voir partie analyse des jours particuliers partie 2.6).

- Etudes complémentaires sur les particules PM10 et PM2.5

Etant données les concentrations très élevées en PM10 obtenues sur les zones chantiers, il a été convenu entre Atmo PACA et la DRE (Direction régionale de l'Equipement) que puisse être menés un certain nombre d'actions complémentaires permettant de mieux connaître la nature des particules émises sur les zones chantiers.

Deux sites seront étudiés : un site chantier encore opérationnel (Puits Marchand) et un site urbain (Toulon Chalucet) pour comparaison.

Les prélèvements PM10 (particules inférieures à 10 microns) et PM2.5 (particules inférieures à 2.5 microns) seront réalisés via quatre Partisols + :



Photo d'un Partisol +

Le Partisol + est équipé d'un changeur automatique de filtres de capacité 14 filtres. Le Partisol + permet la collection automatique de filtres (jusqu'à 14 échantillons des fractions PM10, PM2.5 selon la tête de prélèvement utilisée).

Descriptif du matériel qui sera utilisé pour l'étude :

- Site chantier : deux Partisols + (PM10 et PM2.5)
- Site urbain : deux Partisols + (PM10 et PM2.5)

Ensuite, nous allons analyser les rapports PM2.5/PM10 entre sites :

- Etudes minéralogiques sur les PM2.5 et PM10, pour connaître la part des terrigènes et des argiles (carbonates, argiles...);
- Etudes chimiques sur les PM2.5 et PM10 (Al, Ca, métaux lourds) ;
- Etudes de la partie organique (carbone élémentaire et carbone organique) réalisées sur les PM2.5 (particules inférieurs à 2.5microns).

2.2. DIOXYDE D'AZOTE (POLLUTION AUTOMOBILE)

2.2.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Le NO₂ (dioxyde d'azote) est un polluant dont l'origine principale est le trafic routier, 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. La rapidité de cette réaction fait que le NO₂ est considéré comme un polluant primaire. On le 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).

2.2.2. 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.

2.2.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08

Tableau2:évaluation des niveaux de NO₂

NO ₂ en µg/m ³ .	Foch	Chalucet	Ouest	Puits March	Est	Gardanne
Taux de fonctionnement des analyseurs (en%)	62.2	99.9	95.7	99.8	99.5	50
Moyenne sur la période (01/11/07 au 31/01/08)	70	50	53	56	68	33
Moyenne annuelle (01/02/07 au 31/01/08) (Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m ³ /an : objectif 01/01/10)	62	44	-	-	-	31
Maximum horaire (Seuil de recommandation : 200 µg/m ³ /h)	286	208	277	218	212	110
Nombre d'heures de dépassement de l'objectif de qualité (PRQA PACA : 135 µg/m ³ /h, tolérance 17 jours/an)	136	55	77	67	127	0
Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine (200 µg/m ³ /h, tolérance 18 heures/an : objectif 01/01/10) pour la période du 01/11/07 au 31/01/08	30	1	15	2	3	0
Maximum journalier pour la période du 01/11/07 au 31/01/08	131	105	108	106	121	62

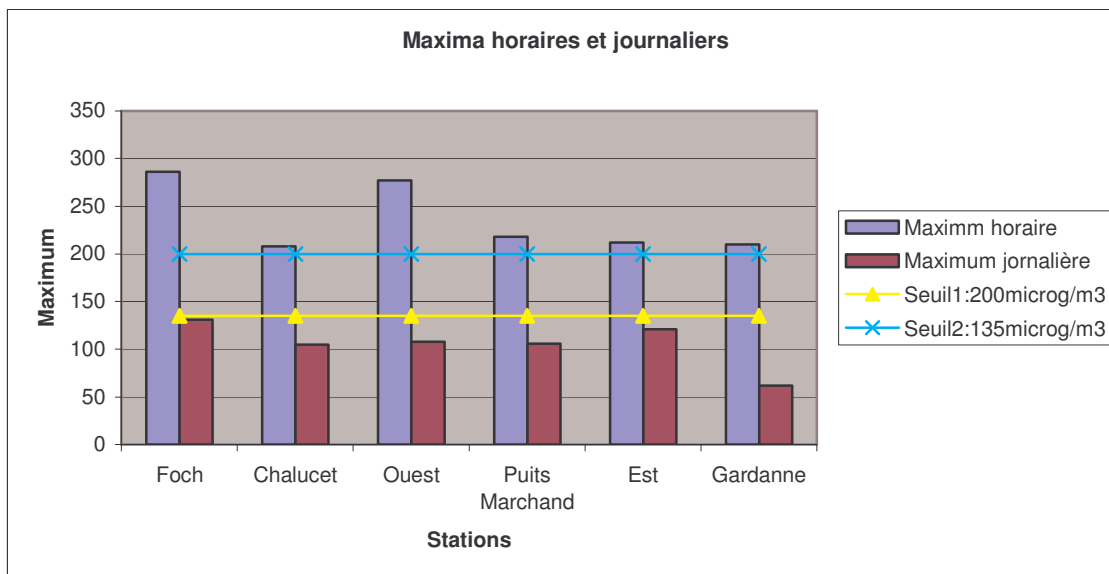
- **Analyse du tableau**

Sur la période d'étude, le site enregistrant la moyenne la plus élevée en Dioxyde d'Azote (NO₂) est le site de Toulon Foch (station urbaine fortement influencée par le trafic) qui enregistre une moyenne légèrement supérieure à celle du site Toulon Est (station spécifique au chantier).

Entre le premier et second trimestre de mesure, il est à noter que la moyenne en dioxyde d'azote a augmenté notablement sur deux des sites à savoir : Toulon Chalucet (50 µg/m³ contre 43 au premier trimestre) et surtout Toulon Est (68 µg/m³ contre 48 au premier trimestre). La période hivernale plus favorable à la stagnation des polluants explique une partie de ce delta. La forte augmentation sur le site Est doit elle être mise en lien avec une augmentation fort probable des sources d'émissions à proximité de la station de surveillance spécifique à cette zone chantier

- **Maxima horaires et journaliers**

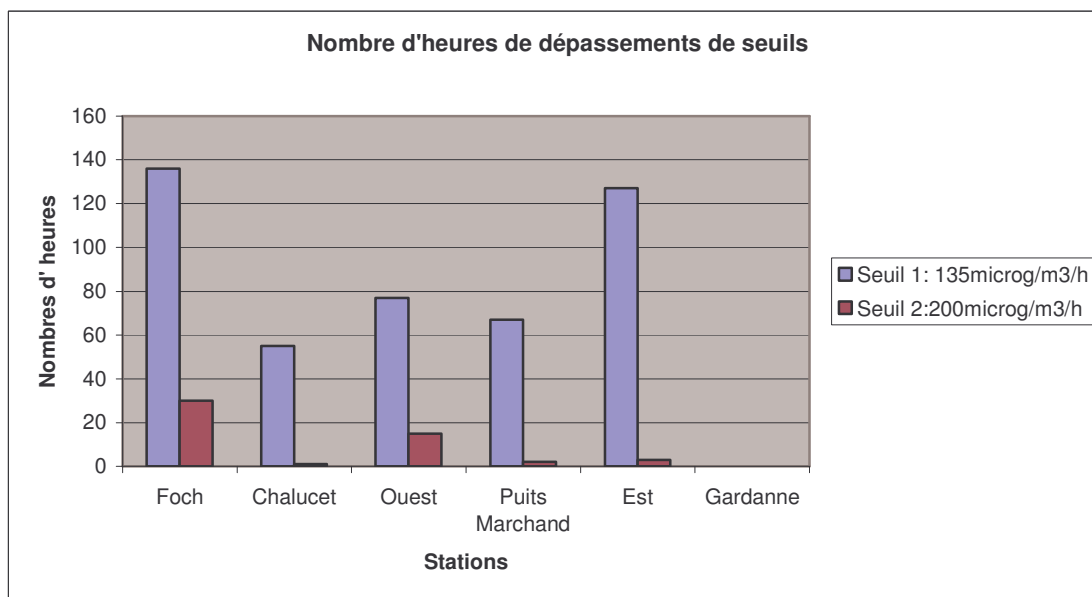
Figure 5 : maxima horaires et journaliers (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



Les plus forts maximums horaires sont mesurés respectivement sur les sites de Toulon Foch et Toulon Ouest. Les maxima en dioxyde d'azote enregistrés sur les deux sites chantier Puits Marchand et Toulon Est sont à l'image de ce qui est mesuré sur le site de fond urbain de Toulon Chalucet et du site industriel de Gardanne.

- **Dépassement de seuils**

Figure 6 : Dépassements de seuils (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



Il est intéressant de constater que pour le nombre d'heures de dépassements de l'objectif de qualité (135 microg/m³/h) le site chantier Toulon Est est dans les mêmes ordres de grandeurs que le site trafic Toulon Foch. Sur la base des six premiers mois de mesures, tous les sites spécifiques aux zones chantiers risquent de dépasser la valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine fixée à 40µg/m³/an (au même titre que les sites urbains de Toulon Foch et Toulon Chalucet).

Comme sur les autres sites, le week-end, il y a peu d'émission de monoxyde d'azote (polluant émis directement à la sortie des pots d'échappements, et qui s'oxyde rapidement au contact de l'air en dioxyde d'azote) sur ces trois zones chantiers.

- **Comparaison des deux trimestres**

Par comparaison entre le premier et second trimestre d'étude, nous constatons une augmentation du maximum horaire en dioxyde d'azote sur les stations chantiers Toulon Ouest et Toulon Est (à un moindre degré les stations de Chalucet et Gardanne) ainsi qu'une diminution sur Puits marchand.

Figure 7 : Comparaison des maxima horaires pour les deux premiers trimestres

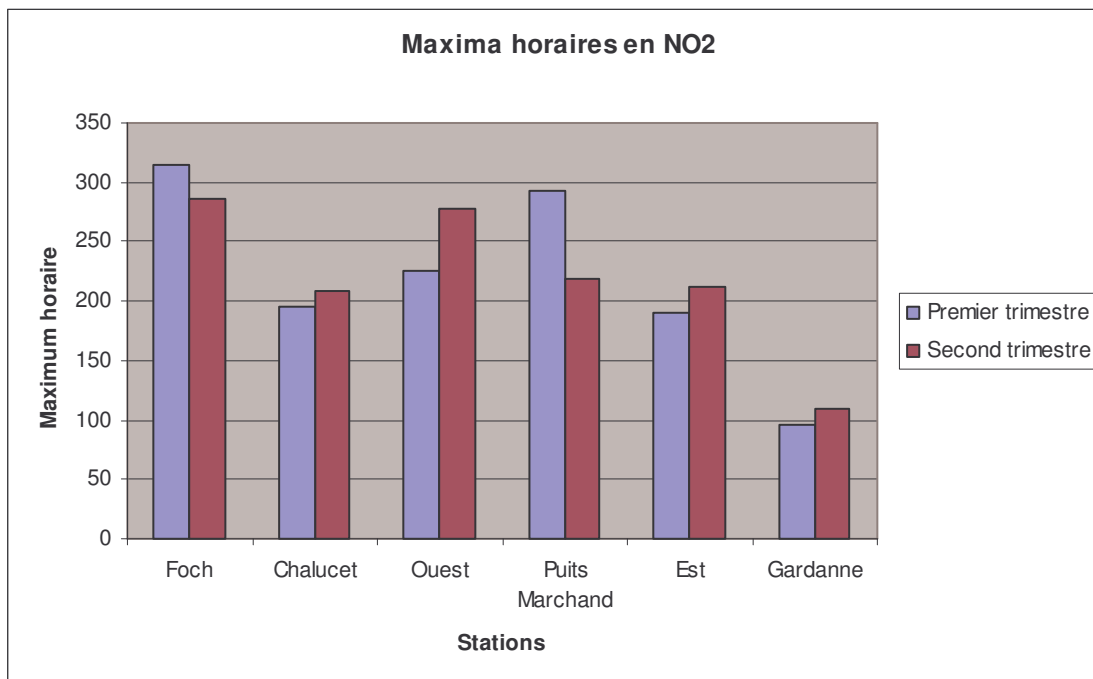
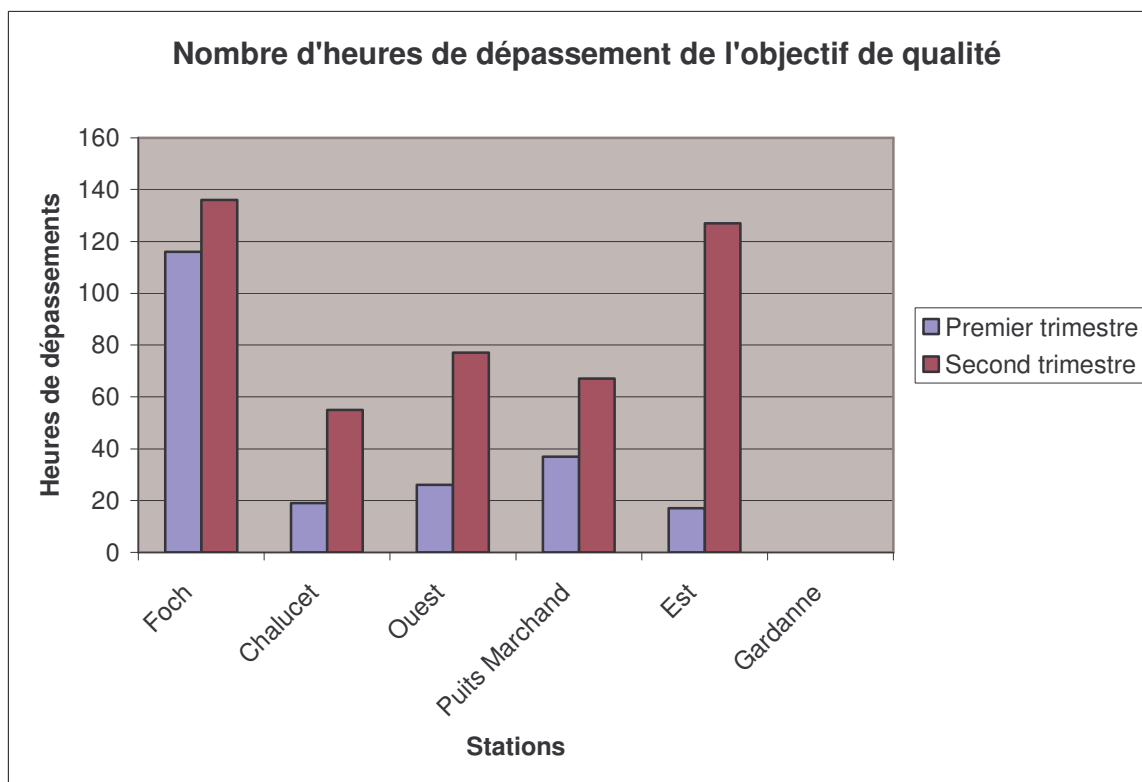


Figure 8 : Evaluation du nombre de jours de dépassements de l'objectif qualité pour les deux trimestres



On constate une augmentation du nombre de dépassements d'objectif qualité en NO₂ sur toutes les stations. Ce constat est logique au regard de la période hivernale, généralement plus favorable à une stagnation de polluants gazeux (phénomène d'inversion thermique). Une forte augmentation est à noter pour le site chantier Toulon Est durant ce second trimestre.

2.3. BENZENE (POLLUTION AUTOMOBILE)

2.3.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Le benzène est un polluant majoritairement issu, en milieu urbain, de la pollution par les transports. Il est particulièrement présent sur les axes encombrés, où les véhicules circulent à petite vitesse et sont amenés à faire de fréquents changements de régime.

2.3.2. EFFETS SANITAIRES

Le benzène est un toxique, et un cancérigène classé dans le premier groupe. Son impact sur la santé peut se faire soit par exposition brève à des doses fortes, soit par exposition chronique à des doses relativement faibles.

2.3.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08

Tableau3: évaluation des niveaux de BTX

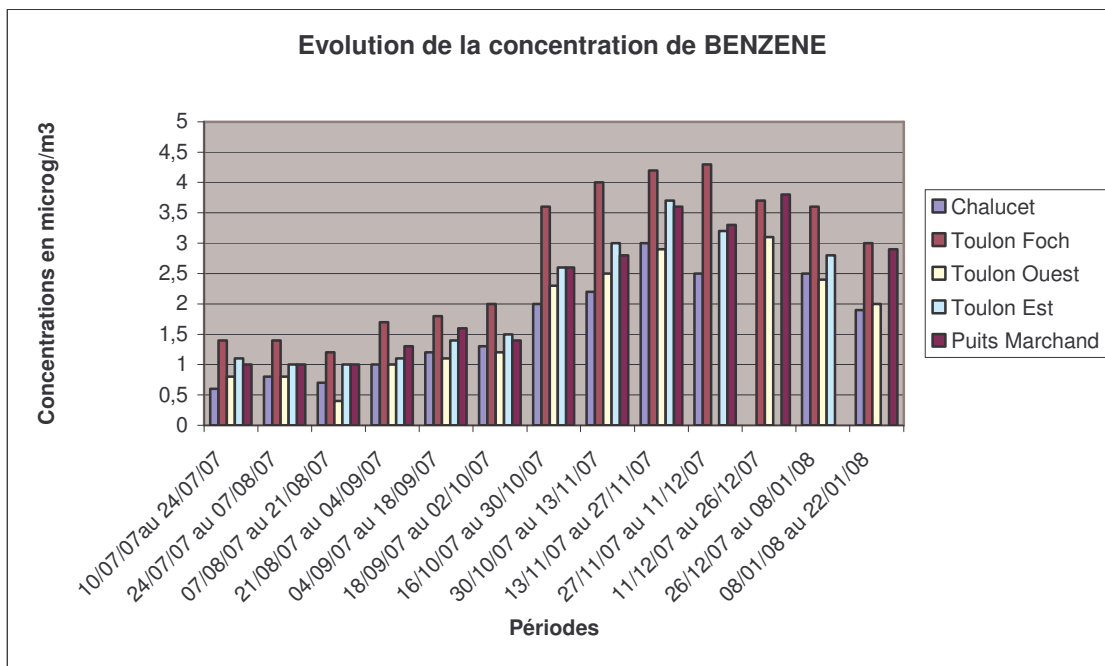
Début	Fin	Chalucet	Foch	Ouest	Est	Puits Marchand
27/12/06	10/01/07	3,4	4,1			
10/01/07	23/01/07	2,4	3,2			
23/01/07	06/02/07	4,1	4,8			
06/02/07	20/02/07	2,2	2,8			
20/02/07	06/03/07	1,6	2,3			
06/03/07	20/03/07	2,1	2,8			
20/03/07	03/04/07	1,5	2,2			
03/04/07	17/04/07	1,5	2,1			
17/04/07	02/05/07	1,1	1,5			
02/05/07	15/05/07	0,9	1,8			
15/05/07	29/05/07	0,8	1,5			
29/05/07	12/06/07	0,8	1,6			
12/06/07	26/06/07	0,8	1,4			
26/06/07	10/07/07	0,6	1,4			
10/07/07	24/07/07	0,6	1,4	0,8	1,1	1,0
24/07/07	07/08/07	0,8	1,4	0,8	1,0	1,0
07/08/07	21/08/07	0,7	1,2	0,4	1,0	1,0
21/08/07	04/09/07	1,0	1,7	1,0	1,1	1,3
04/09/07	18/09/07	1,2	1,8	1,1	1,4	1,6
18/09/07	02/10/07	1,3	2,0	1,2	1,5	1,4
16/10/07	30/10/07	2,0	3,6	2,3	2,6	2,6
30/10/07	13/11/07	2,2	4,0	2,5	3,0	2,8
13/11/07	27/11/07	3,0	4,2	2,9	3,7	3,6
27/11/07	11/12/07	2,5	4,3	-	3,2	3,3
11/12/07	26/12/07	-	3,7	3,1	-	3,8
26/12/07	08/01/08	2,5	3,6	2,4	2,2	2,8
08/01/08	22/01/08	1,9	3,0	2,0	-	2,3
Moyenne		2,3	3,7	2,5	2,9	3

- **Analyses du tableau**

Sur la période considérée (en rouge), les trois stations chantiers sont autant marquées par une pollution au benzène que les stations urbaines d'Atmo PACA que sont Toulon Foch et Chalucet. Les niveaux mesurés sur ces sites restent en effet légèrement inférieurs à ce qui est mesuré en site de proximité trafic (Toulon Foch).

- **Evolution et comparaison des deux trimestres**

Figure 9 : Evolution de la concentration en Benzène depuis début juillet 2007



Les teneurs enregistrées pour le second trimestre, dépassent l'objectif de qualité fixé à 2µg/m³ annuel.

Nous constatons en moyenne sur l'ensemble des stations une augmentation nette de la teneur en benzène par rapport au premier trimestre. Cette augmentation est due à la période hivernale favorable à une plus forte stagnation des polluants.

2.4. MONOXYDE DE CARBONE (POLLUTION AUTOMOBILE)

2.4.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Le CO (monoxyde de carbone) est un polluant issu de combustions incomplètes.

Il est principalement émis par l'automobile (à faible vitesse : ralentissements, bouchons), mais aussi par les chauffages domestiques. On le retrouve surtout à proximité des axes à fort trafic et en milieu confiné. Il est plus particulièrement présent lors des conditions de forte stabilité atmosphérique : situations anticycloniques et inversions thermiques en hiver qui limitent sa dispersion habituellement rapide.

2.4.2. EFFETS SANITAIRES

Il provoque une baisse de l'oxygénation du sang (hypoxie) en se fixant à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine. C'est aussi un neurotoxique (céphalées, troubles du comportement, vomissements) et un myocardiotoxique. Il provoque également des troubles sensoriels (vertiges).

2.4.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08

Tableau4: évaluation des niveaux de CO

CO en mg/m ³ .	Foch	Ouest	Puits Marchand	Est
Taux de fonctionnement des analyseurs (%)	66.3	99.2	97.4	95.7
Moyenne sur la période	0.5	6.4	0.8	5.5
Maximum horaire	3.5	32.5	3.6	31.2
Nombre d'heures de dépassement de la recommandation (Organisation Mondiale de la Santé : 30 mg/m ³ /h)	0	2	0	1
Maximum journalier	1.3	14.5	1.8	11.7

Remarque : la valeur limite pour la protection de la santé est fixée à 10mg/m³/8h

- Analyses du tableau**

Sur la période considérée, la station Toulon Ouest enregistre 428 dépassements de la valeur limite pour la protection de la santé humaine qui est de 10mg/m³ moyenne /8h. La station Toulon Est quant à elle enregistre 173 dépassements de cette valeur guide. Les stations de Puits marchand et la station Foch respectent cette valeur limite.

Les deux sites Toulon Ouest et Toulon Est (spécifiques au chantier) enregistrent les teneurs horaires et journalières les plus fortes. Ce constat est à mettre en relation avec les activités chantiers (compresseurs, véhicules lourds...). Ces valeurs sont supérieures à celles enregistrées au premier trimestre.

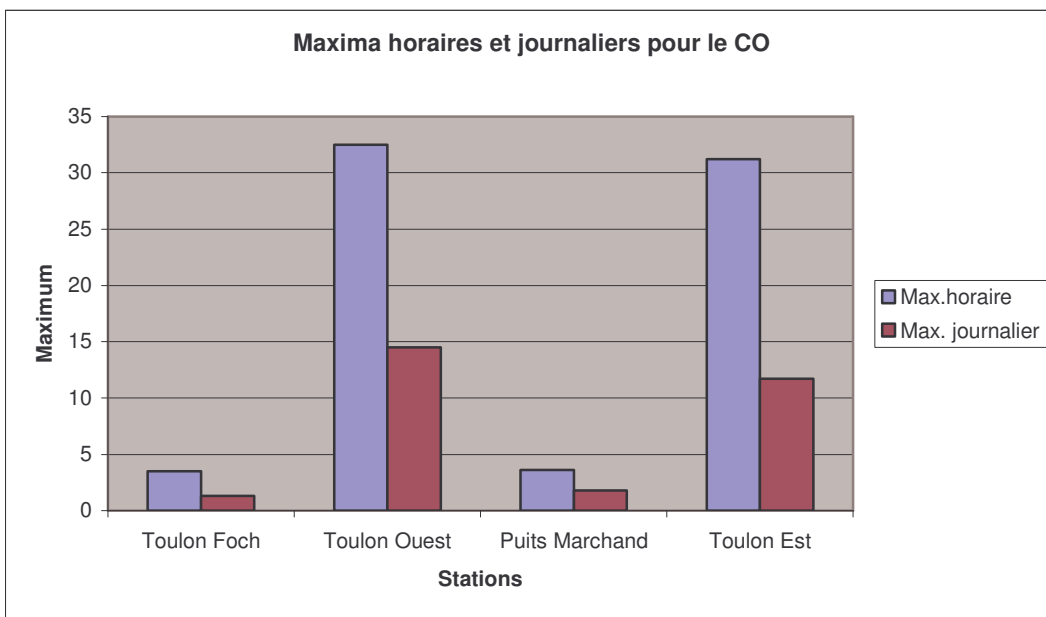
Le second trimestre enregistrent beaucoup plus de dépassements de la valeur limite pour la protection de la santé humaine (10mg/m³/moyenne/8h) :

Premier trimestre : Toulon Ouest 106 dépassements et Toulon Est 40 dépassements.

Second trimestre : Toulon Ouest 428 dépassements et Toulon est 173 dépassements.

- Maxima horaires et journaliers

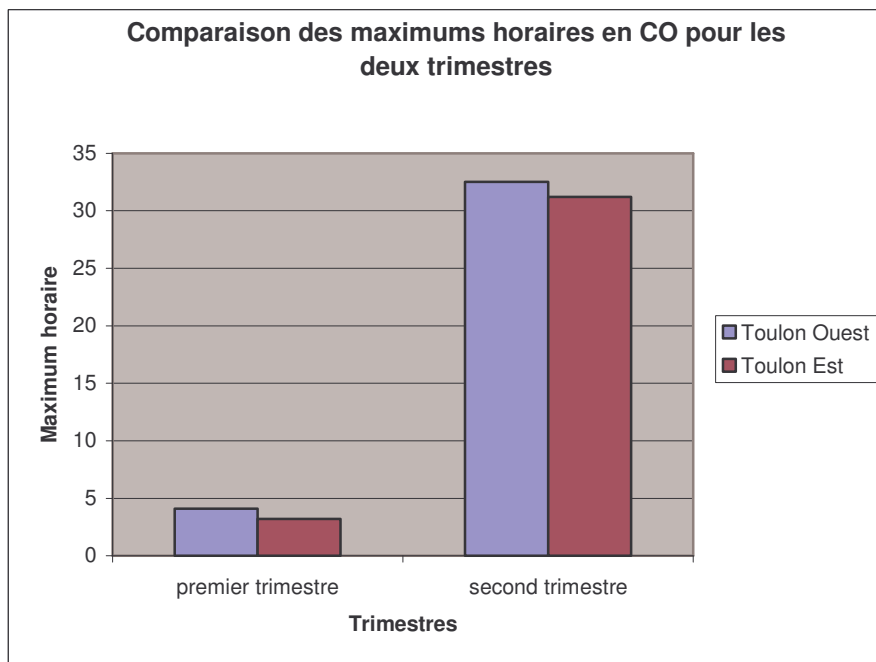
Figure 10 : Maxima horaires et journaliers en CO (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



Nous remarquons que Toulon Ouest et Toulon Est sont les deux sites chantier où les maximums horaires et journaliers atteignent les valeurs les plus élevées.

- Comparaison des deux trimestres

Figure11 : Maxima horaires pour Toulon Ouest et Est (Période du 01/11/07 au 31/01/08)



Nous constatons une augmentation des teneurs en monoxyde de carbone sur deux des trois stations spécifiques au chantier que sont Toulon Ouest et Toulon Est par comparaison au premier trimestre. Ceci est certainement dû à une augmentation des sources émettrices (sur ces deux zones chantiers), mais également à une période hivernale où les concentrations sont toujours supérieures aux périodes estivales.

2.5. DIOXYDE DE SOUFRE (INDUSTRIE-CHAUFFAGE DOMESTIQUE)

2.5.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Le SO₂ (dioxyde de soufre) est un polluant d'origine principalement industrielle, issu de la combustion de produits pétroliers. En ville, il provient des activités anthropiques et notamment des combustions au fuel (chauffages domestiques).

Il est particulièrement présent lors des conditions de forte stabilité atmosphérique : situations anticycloniques et inversions thermiques en hiver. De plus en situation de vent moyen ou fort, la pollution industrielle peut être rabattue au sol et retomber en panache sous le vent des points d'émissions (cheminées d'usine). Ce polluant est un précurseur des dépôts acides (acide sulfurique).

2.5.2. EFFETS SANITAIRES

Ses effets sur la santé sont une altération de la fonction respiratoire chez l'enfant en particulier, une exacerbation des gênes respiratoires, des troubles de l'immunité du système respiratoire, un abaissement du seuil de déclenchement chez l'asthmatique, une mortalité prématurée. De plus, c'est un cofacteur de la bronchite chronique.

2.5.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/07 AU 31/01/08

Tableau5: évaluation des niveaux de SO₂

SO ₂ en µg/m ³ .	Toulon Ouest	Marseille Cinq Avenue (site urbain)
Taux de fonctionnement des analyseurs (%)	100	100
Moyenne sur la période	1	6
Moyenne annuelle [année] (Objectif de qualité : 50 µg/m ³ /an)	-	5
Maximum horaire (Seuil de recommandation : 300 µg/m ³ /h)	32	101
Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine (350 µg/m ³ /h, tolérance 24 heures/an : objectif 01/01/05)	0	0
Maximum journalier	6	21
Nombre de jours de dépassement de valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine (125 µg/m ³ /jour, tolérance 3 jours/an : objectif 01/01/05)	0	0

- Analyses et comparaison des deux trimestres**

Les teneurs en dioxyde de soufre ne semblent pas refléter un impact particulier de l'activité chantier (constat identique au premier trimestre de mesures).

Les concentrations mesurées restent bien en deçà des normes en vigueur (comme sur la globalité du réseau Atmo PACA).

Nous constatons une stagnation des teneurs en dioxyde de soufre par rapport au premier semestre.

2.6. EXEMPLES D'EPISODE DE POLLUTION :

- 09 novembre 2007

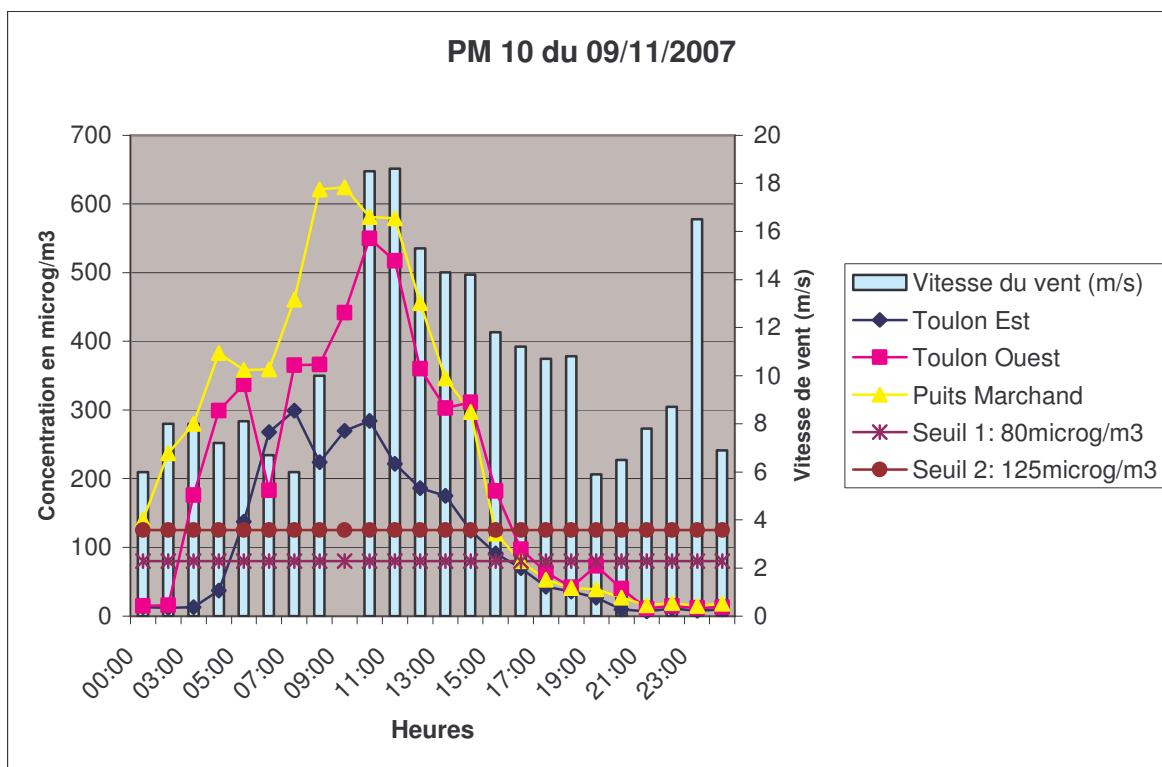
- ✓ Analyse des particules fines

La vitesse du vent va intervenir en tant que facteur de ventilation de la zone considérée.

Par vent faible, les particules vont avoir tendance à stagner au sol et leurs teneurs dans l'air ambiant vont par conséquent diminuer.

Par vent fort en revanche, il y a création d'une turbulence marquée qui va augmenter le volume contaminé tout en augmentant la concentration des particules fines.

Figure 12 : Evolution des niveaux de pollution en PM10 le 09 novembre 2007



Le détail de cette journée (en temps universel : Heures Locales = heures TU + 1 heure), montre que :

- Les vitesses de vents sont très élevées tout au long de la journée et surtout vers le début de l'après midi ;
- Les concentrations en PM10 sont très élevées de 00 :00 à 17 :00 heures TU ;

Les concentrations en particules augmentent car il y a remise en suspension par le vent.

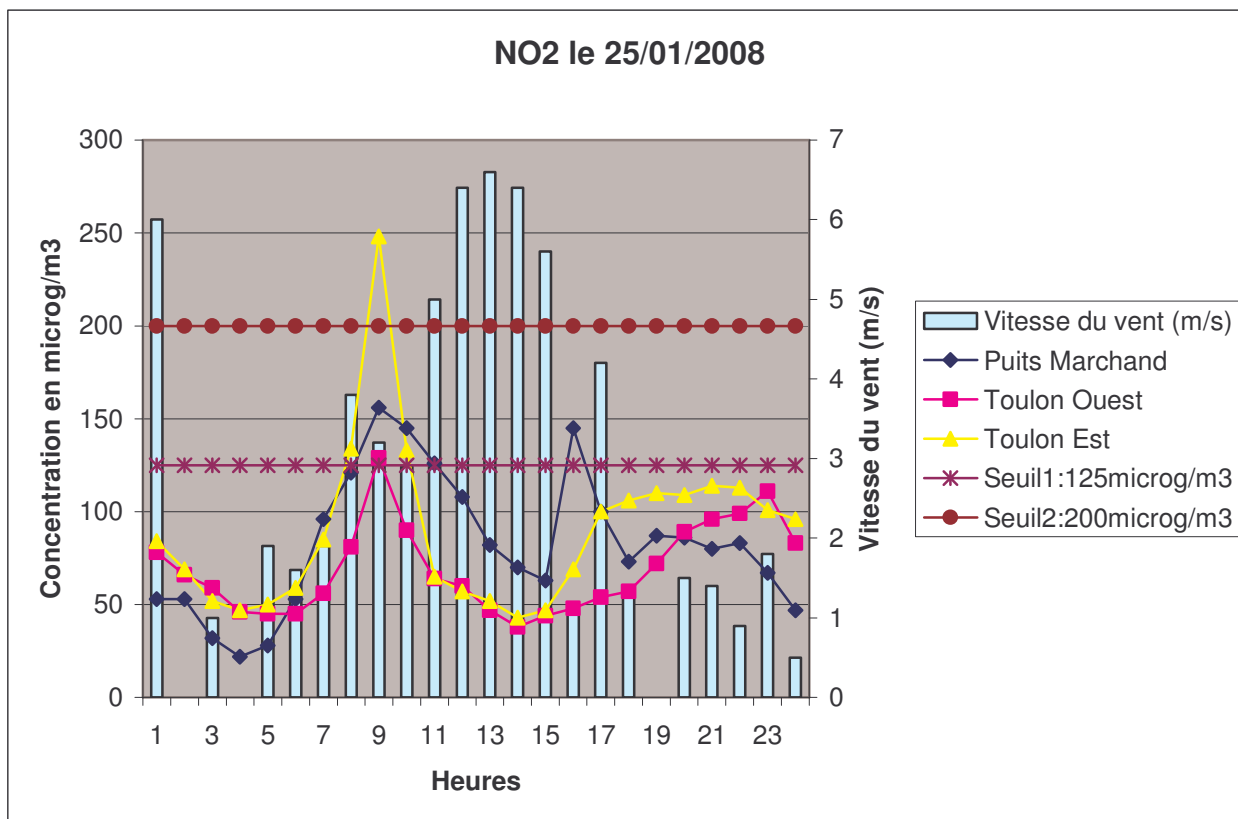
Une absence de précipitation est défavorable à la dispersion des polluants.

- L'ensemble des sites 'chantier' dépassent entre 05h00 et 15h00 le seuil d'information et recommandation de la santé humaine (80microg/m3) et le seuil d'alerte (125 microg/m3)

- 25 janvier 2008

- ✓ Analyses du dioxyde d'azote

Figure 13 : Evolution des niveaux de pollution en NO2 le 25 janvier 2008



Le zoom sur cette journée (en temps universel : Heures Locales = heures TU + 1 heure), montre que :

- Les vitesses de vents sont très élevées de 5 heures à 17 heures TU ;

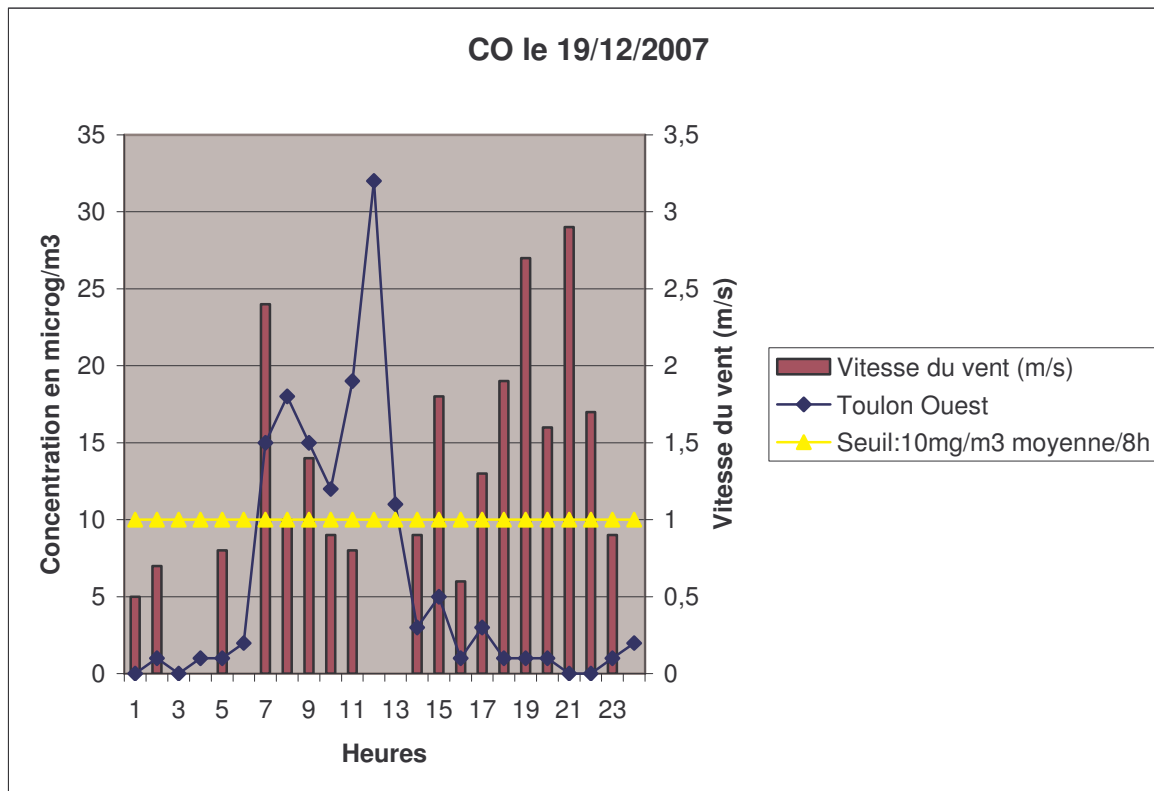
Les concentrations en dioxyde d'azote restent en moyenne en deçà du seuil de l'objectif qualité (135 microg/m³/h) et de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine (200microg/m³/h).

- Absence de précipitation qui est un facteur défavorable à la dispersion.

- 19 décembre 2007

- ✓ Analyse du monoxyde de carbone

Figure 14 : Evolution des niveaux de pollution le 19 décembre 2007



- Le vent est ici un facteur très favorable à la dispersion, puisque plus le vent est fort, moins la concentration de monoxyde de carbone est importante.
- Le monoxyde de carbone (CO) est un produit de combustion incomplète. Il est principalement émis par les véhicules. Ce composé est très toxique. Il s'oxyde facilement dans l'air en dioxyde de carbone (CO₂), les concentrations mesurées sont donc représentatives de l'impact direct de l'activité à proximité de la station (engins...). On remarque que son effet néfaste se fait le plus sentir entre 7 et 13 heures au moment où le chantier est en plein travaux (camions, et autres engins motorisés).
- Ce jour, il y a eu de la pluie entre 3 et 7 heures du matin. Les précipitations ont considérablement atténué les concentrations en polluant dans l'air en entraînant et/ou diluant une grande partie des polluants vers le sol.

• Samedi 29 décembre 2007

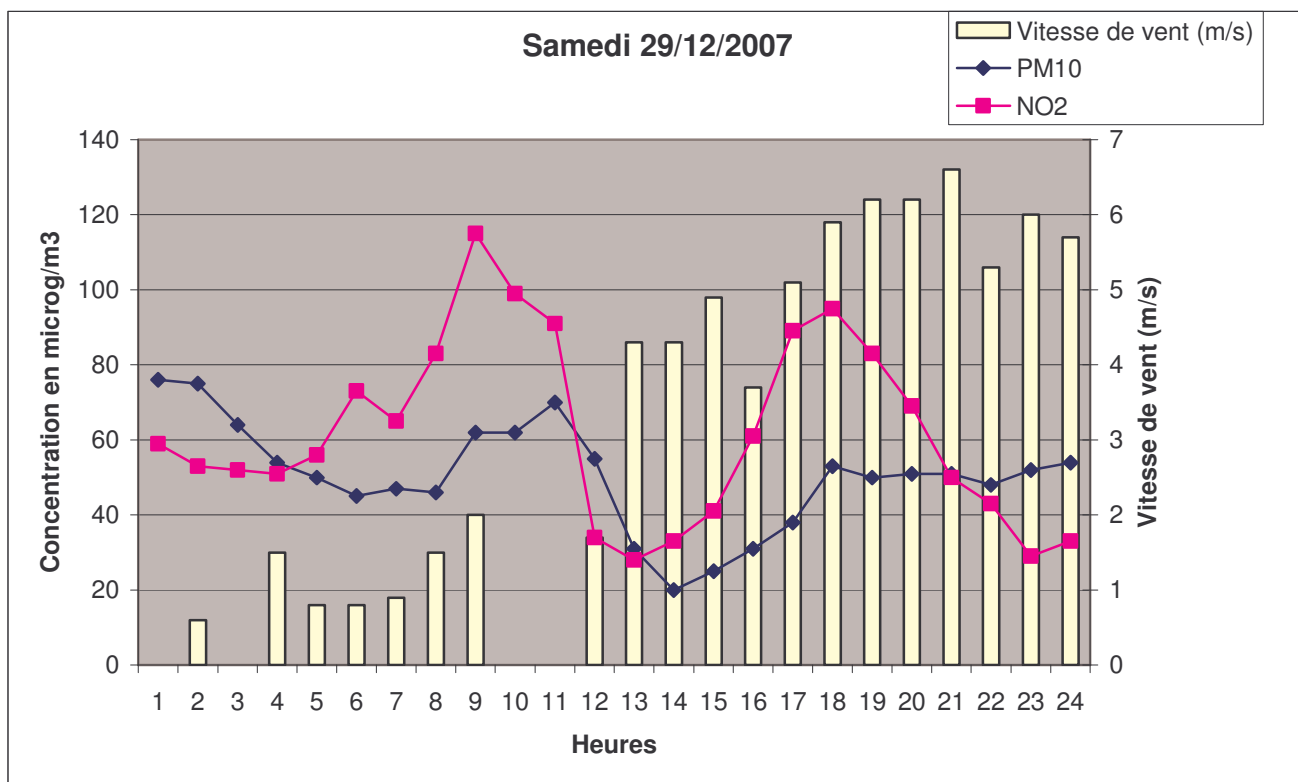
✓ Analyse des PM10 et NO2 du site Toulon Ouest

On constate que pour une journée non travaillée, les concentrations en particules sont très faibles par rapport aux jours de semaines (travaux actifs sur les zones chantiers).

En effet :

- Les niveaux en polluants particuliers sont restés faibles tout au long de cette journée, au contraire des teneurs en dioxydes d'azote car à proximité du trafic.
- Les vitesses de vents ont été particulièrement modérées.
- Pas de dépassement de valeur limite en ce jour de repos pour le chantier.

Figure 15 : Evolution des niveaux de pollution le 29 décembre 2007



3. CONCLUSION

L'analyse de ce second trimestre de mesures en continu, montre que :

- **Pour les particules**

Les particules doivent être essentiellement d'origine terrigène (de terre). Elles sont arrachées du sol sous l'action du vent, puis dispersées dans l'atmosphère. Les valeurs sont plus élevées en semaine que durant le week-end car cela correspond à la reprise du travail sur le chantier et à une augmentation des sources motorisées d'émissions et de remise en suspension (camions, engins de chantier ...). L'impact du chantier est très important sur les concentrations en PM10 dans l'air ambiant (les particules inférieures à dix microns) en effet les valeurs observées près du chantier sont significativement plus élevées que celle observées sur les stations urbaines et industrielles de l'ensemble du réseau Atmo PACA.

Sur tous les sites spécifiques au chantier, les niveaux de particules sont très élevés et dépassent souvent :

- ✓ la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine (50 microg/m³/24h),
- ✓ le seuil d'information et recommandation de la santé humaine (80 microg/m³/24h),
- ✓ le seuil d'alerte (125microg/m³/24h).

Ces analyses (période de mesures de novembre 2007 à janvier 2008) tendent à montrer que le site spécifique au chantier de Toulon Est a subi une augmentation de la concentration en particules en comparaison au premier trimestre (période de mesures d'août à octobre 2007). Par contre une diminution de concentration est observée sur les deux autres stations spécifiques au chantier à savoir Toulon Ouest et Puits Marchand par rapport au premier trimestre.

- **Pour le dioxyde d'azote (NO₂)**

Sur le chantier, la source véhiculaire est majoritaire. Le site de Toulon Est présente des teneurs en NO₂ beaucoup plus élevées que sur les deux autres sites du chantier que sont Toulon Ouest et Puits Marchand. En général les concentrations en dioxyde d'azote sont plus importantes que pour le premier trimestre, cela est en partie dû à la période hivernale.

- **Le monoxyde de carbone (CO)**

Ce sont les sites Toulon Ouest et Toulon Est qui enregistrent les concentrations les plus importantes. L'impact direct des sources émettrices du chantier, a été plus marqué lors de ce second trimestre de mesures. Ceci est certainement à mettre au profit de conditions météorologiques hivernales plus favorables à la stagnation des polluants.

- **Le dioxyde de soufre (SO₂)**

Les concentrations pour le dioxyde de soufre restent du même ordre que celles du premier trimestre.

- **Paramètres météorologiques**

Le paramètre météorologique à influence directe sur la dispersion des polluants est le vent.

- ✓ Pour les particules fines : le vent constitue un paramètre augmentant les concentrations en PM10. Le vent (voir journées types) semble ainsi être à l'origine de phénomènes de remise en suspension des particules fines.
- ✓ Pour les polluants gazeux : le vent constitue le paramètre turbulent par excellence. La vitesse du vent intervient en tant que facteur de ventilation de la zone travaux. Par vent faible, les polluants vont avoir tendance à stagner et les taux de pollution augmenter. En revanche, par vent fort, il y a création d'une turbulence marquée qui va augmenter le volume contaminé tout en diminuant la concentration de polluant.

- **Impact sur le voisinage et les salariés**

Ces résultats montrent une dégradation de la qualité de l'air respiré à la fois pour le voisinage le plus proche, mais également pour les salariés du chantier.

Les Indices de Qualité de l'air spécifiques aux trois zones chantiers, sont les jours ouvrés, très régulièrement compris en 8 (Mauvais) et 10 (Très Mauvais) alors que les samedis et dimanches sont jusqu'alors majoritairement restés entre 3 et 4 (Bon).

Cette mauvaise qualité de l'air est à mettre en grande partie, en lien direct avec les niveaux de poussières mesurées sur ces trois zones chantiers.

Liaison A50 A57 Traversée souterraine de Toulon Second Tube (Sud)

- **Evaluation des effets de la pollution de l'air au voisinage du chantier**

L'évaluation révèle un impact significatif du chantier sur la pollution de l'air au voisinage du chantier en ce qui concerne les particules fines. Cela implique certainement de pouvoir dans l'avenir mettre en œuvre un dispositif de prévention, visant - autant que possible- à réduire les concentrations des particules.

- **Analyses complémentaires**

Les analyses complémentaires par Partisols +, des particules PM10 et PM2.5 permettront de mieux définir l'origine des particules mesurées sur sites (part terrigène, part de combustion...)

Liaison A50 A57 Traversée souterraine de Toulon Second Tube (Sud)

✓ Le mois de décembre 2007

	Dates	Nb de dépassements	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l				
			1/1 2	2/1 2	3/1 2	4/1 2	5/1 2	6/1 2	7/1 2	8/1 2	9/1 2	10/1 2	11/1 2	12/1 2	13/1 2	14/1 2	15/1 2	16/1 2	17/1 2	18/1 2	19/1 2	20/1 2	21/1 2	22/1 2	23/1 2	24/1 2	25/1 2	26/1 2	27/1 2	28/1 2	29/1 2	30/1 2	31/1 2				
PM10 80µg/m3	Chaluçet	1																																			
	Est	3												1						1	1																
	Foch	6												1	1				1	1	1																
	Marchand	2																		1	1																
	Ouest	4													1	1					1	1															
PM10 125µg/m3	Chaluçet	0																																			
	Est	0																																			
	Foch	0																																			
	Marchand	0																																			
	Ouest	0																																			
NO2 200 µg/m3	Chaluçet	3													1						1	1															
	Est	0																																			
	Foch	4													1	1																					
	Marchand	0																																			
	Ouest	0																																			

Liaison A50 A57 Traversée souterraine de Toulon Second Tube (Sud)

✓ Le mois de janvier 2008

	Dates	Nb de dépassements	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	
			1/	2/	3/	4/	5/	6/	7/	8/	9/	10/	11/	12/	13/	14/	15/	16/	17/	18/	19/	20/	21/	22/	23/	24/	25/	26/	27/	28/	29/	30/	31/	
PM10 80µg/m3	Chalucet	0																																
	Est	12							1	1						1	1				1	1	1	1				1			1	1		
	Foch	0																																
	Marchand	1																					1											
	Ouest	2																								1								1
PM10 125µg/m3	Chalucet	0																																
	Est	8							1	1						1	1				1	1								1	1			
	Foch	1																				1												
	Marchand	0																																
	Ouest	0																																
NO2 200 µg/m3	Chalucet	0																																
	Est	0																																
	Foch	1																																
	Marchand	0																																
	Ouest	0																																