



www.atmopaca.org

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

ANALYSE DES DONNEES DE QUALITE DE L'AIR (SITE CHANTIER DE PUIITS MARCHAND)

NEUVIEME TRIMESTRE : MESURES AOUT A OCTOBRE 2009

Date de publication : 04/2010
Numéro de projet : 06VAR021

SIÈGE SOCIAL

Le Nôilly Paradis
146 rue Paradis - 13294 Marseille cedex 06
Tél. : 04 91 32 38 00

ÉTABLISSEMENT DE NICE

Nice Leader - Tour Hermès - DREAL
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
1.2.1. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	4
1.2.2. PARAMETRES METEOROLOGIQUES	4
2. METEOROLOGIE	5
2.1. VITESSE ET DIRECTION DU VENT.....	5
2.2. TEMPERATURE ET PRECIPITATIONS	6
3. RESULTATS – DISCUSSION	7
3.1. PARTICULES EN SUSPENSION.....	7
3.1.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	7
3.1.2. EFFETS SANITAIRES.....	7
3.1.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09	8
3.1.4. EVOLUTION TRIMESTRIELLE DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES.....	12
3.2. DIOXYDE D'AZOTE	14
3.2.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	14
3.2.2. EFFETS SANITAIRES.....	14
3.2.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09	14
3.3. MONOXYDE DE CARBONE	17
3.3.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	17
3.3.2. EFFETS SANITAIRES.....	17
3.3.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09	17
3.4. BENZENE (C ₆ H ₆)	18
3.4.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	18
3.4.2. EFFETS SANITAIRES.....	18
3.4.3. TECHNIQUE DE MESURE.....	19
3.4.4. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 4/8 AU 10/11/09	19
4. CONCLUSION.....	20
TABLE DES ILLUSTRATIONS	
FIGURES.....	21
TABLEAUX	21

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. OBJECTIFS

L'Etat réalise la traversée souterraine de Toulon avec la mise en service du 2^{ème} 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 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.

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_airsunnel.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'ÉCHANTILLONNAGE

Les travaux se sont déroulés sur 3 secteurs : Au nord, au Puits d'attaque Marchand, à l'Est et à l'Ouest à l'emprise de la future tranchée couverte.

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.

Pour ce neuvième trimestre, l'activité se concentre sur le seul **secteur du puits d'attaque Marchand.**



Figure 1 : Emplacement des sites de mesures

1.2.1. 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) : traceur de la pollution automobile, industrielle et des émissions naturelles selon les contextes.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et m-p-o-Xylène) : traceur de la pollution automobile et industrielle selon les contextes.

1.2.2. PARAMETRES METEOROLOGIQUES

Données de la station météo France de Toulon la Mitre :

Température,

Direction et vitesse de vent.

Précipitation

Nébulosité

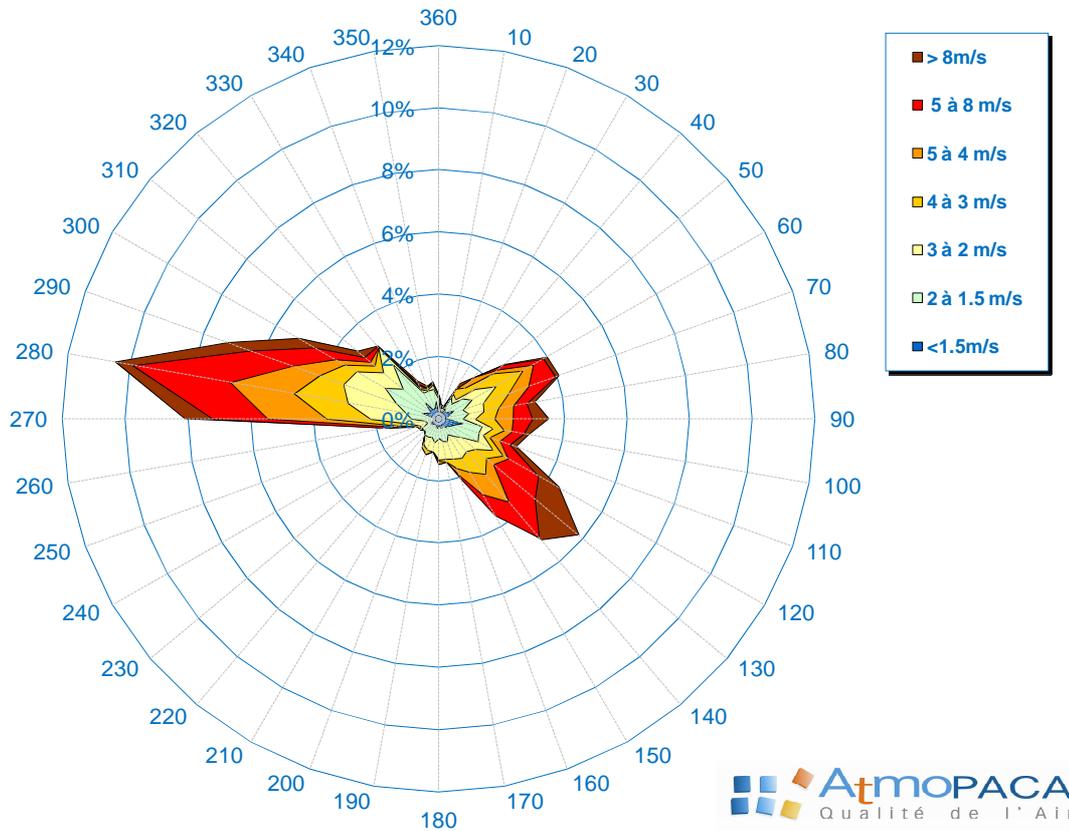
2. METEOROLOGIE

Les paramètres météorologiques sont issus de la station Météo France de Toulon-La Mitre.

Une appréciation préliminaire des conditions météorologiques rencontrées lors des campagnes de mesures permet de mieux appréhender leurs influences sur les niveaux de pollution atmosphérique observés.

2.1. VITESSE ET DIRECTION DU VENT

Les conditions météorologiques jouent un rôle très important de dispersion ou d'accumulation des polluants atmosphériques émis, dans la mesure où plus les conditions sont dispersives, plus les niveaux observés sont faibles. Ces conditions de stabilité ou de dispersion peuvent être définies par un ou plusieurs paramètres météorologiques, comme la hauteur de la couche de mélange, les inversions de température ou la vitesse de vent. Tandis que les deux premiers favorisent l'accumulation de la pollution et permettent d'appréhender la stabilité « verticale » de l'atmosphère, la vitesse de vent peut, au contraire, être considérée comme représentative de la dispersion « horizontale ». Les conditions les plus défavorables à la dispersion de la pollution atmosphérique se rencontrent lorsque les vitesses de vent sont nulles ou très faibles (0 à 2 m/s).



Toulon du 01/08/09 au 31/10/09

Figure 2 : Rose des vents du 01/08 au 31/10/09 à Toulon-La Mitre

Sur la Figure 2, les principaux régimes de vent observés sur le site de la Mitre, sont de secteurs Ouest et Est-Sud-Est.

Les pourcentages des vents compris entre 2 et 5 m/s sont majoritaires avec 43%, les vents forts ne représentent que 22%, dont 7% supérieurs à 8 m/s. Ces conditions sont moins favorables à la dispersion des polluants. Ce trimestre de mesures présente ainsi des conditions variées, qui selon les jours vont être favorables à la dispersion des polluants où à leur accumulation.

2.2. TEMPERATURE ET PRECIPITATIONS

Les émissions de polluants primaires (NOx, PM10, CO), majoritairement générées par l'activité humaine (transport, chauffage, industries...), évoluent selon les saisons et donc la température extérieure. En effet, lorsque la température baisse, les émissions dues au chauffage et au transport augmentent (usage plus important de la voiture particulière).

La pluviométrie influe principalement sur le taux de particules fines en suspension dans l'air : les précipitations ramenant les polluants au sol par lessivage de l'atmosphère, la concentration en particules fines diminue. A l'inverse, par temps sec et stable, les particules ont tendance à s'accumuler, ce qui se traduit souvent par une moindre visibilité, l'atmosphère devenant plus « opaque ».

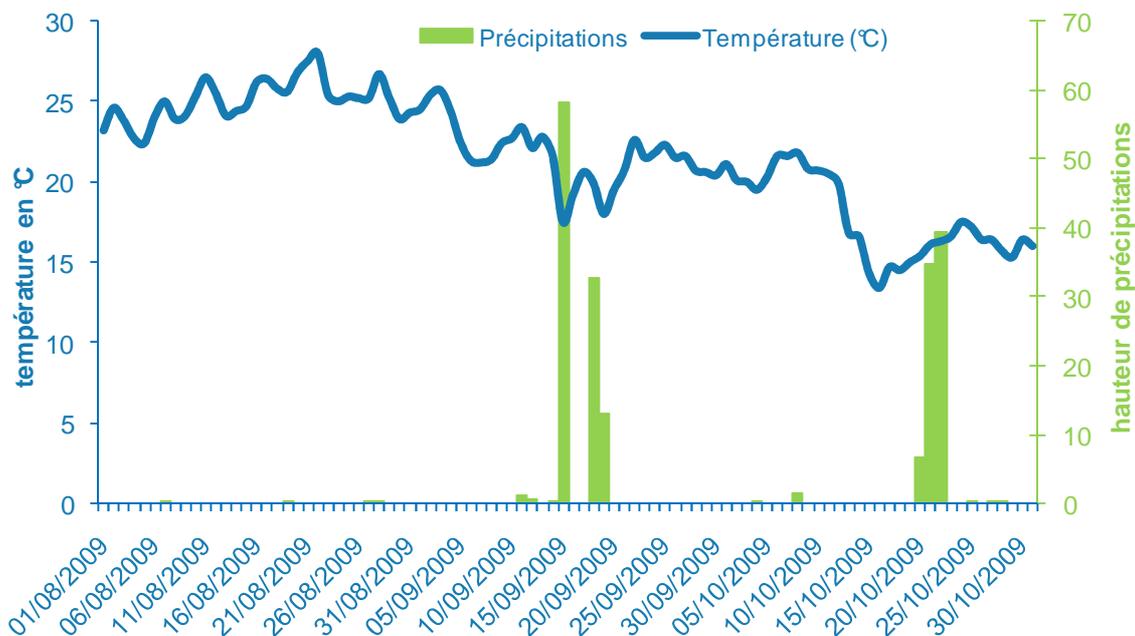


Figure 3 : Evolution de la température et des précipitations du 01/08 au 31/10/09

Au cours de ce trimestre, la température journalière diminue progressivement de 28°C à la mi-août à 14°C fin octobre. La moyenne sur la période est de 21,5 °C. Le maximum atteint 28 °C le 22 août et le minimum de 13,4 °C est observé le 16 octobre.

Trois épisodes pluvieux se distinguent nettement, deux à la mi-septembre et un du 20 au 22 octobre. Le cumul de précipitations est important avec 190 mm, ce malgré le faible nombre de jours de pluie. Dans cette période estivale et automnale, les trois épisodes pluvieux ont induit, sur ces périodes, un important lessivage de l'atmosphère et ainsi une diminution significative des concentrations en particules dans l'air ambiant.

3. RESULTATS – DISCUSSION

3.1. PARTICULES EN SUSPENSION

3.1.1. 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 PM2,5 (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm).

La taille des particules détermine leur temps de suspension dans l'atmosphère. En effet, si, sous l'effet de la sédimentation et des précipitations, les PM10 finissent par disparaître de l'air ambiant dans les quelques heures suivant leur émission, les PM2,5 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 chimique 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.

3.1.2. EFFETS SANITAIRES

Leurs 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 PM2,5.

Les études les plus récentes, effectuées dans le cadre du programme CAFE (Clean Air for Europe) permettent de chiffrer les impacts des PM2,5 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 PM2,5 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.

3.1.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09

La réglementation française définit pour les particules PM10 deux normes :

- Pour la pollution atmosphérique chronique ; c'est la moyenne annuelle,
- Pour les épisodes de courte durée ; par le nombre de dépassement de la moyenne journalière.

Le Tableau 1, ci-dessous, présente la synthèse des résultats en particules de l'agglomération toulonnaise.

Tableau 1 : Synthèse des niveaux de PM₁₀ du 01/08 au 31/10/09

PM ₁₀ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch	Toulon Chalucet	Hyères
Taux de fonctionnement de l'analyseur (en %)	99%	99%	100%	98%
Moyenne 01/08 au 31/10/09	48	36	30	25
Maximum horaire* du 01/08 au 31/10/09	720 3/8/09 9:00	846 9/9/09 21:00	117 1/10/09 10:00	94 24/9/09 8:00
Maximum journalier du 01/08 au 31/10/09	159 3-août-09	118 9-sept.-09	63 29-oct.-09	48 30-sept.-09
Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine du 01/08 au 31/10/09 50 µg/m ³ /jour, tolérance 35 jours/an	37	13	9	0
Nombre de jours de dépassement de la valeur équivalente au seuil d'information et recommandations à la population (80 µg/m ³ /24h) du 01/08 au 31/10/09	3	1	0	0
Nombre de jours de dépassements de la valeur équivalente au seuil d'alerte (125 µg/m ³ /24h) du 01/08 au 31/10/09	1	0	0	0

*les données horaires sont fournies à titre indicatif, aucune norme relative à cette échelle temporelle n'existe.

RESPECT DES NORMES A L'ECHELLE ANNUELLE

La **valeur limite annuelle** pour la protection de la santé humaine relative aux PM10, est fixée à 40 µg/m³. **Sur la période du 1^{er} août au 31 octobre 2009**, elle est **dépassée** sur la zone chantier de **Puits Marchand** avec **48 µg/m³** mais elle est respectée sur les trois autres stations urbaines de l'agglomération (Foch, Chalucet et Hyères) avec respectivement 36, 30 et 25 µg/m³. De par son implantation « trafic », le site de Toulon-Foch est plus exposé aux émissions liées à la circulation que les sites urbains de Chalucet et Hyères.

RESPECT DES NORMES A L'ECHELLE DE LA JOURNEE

Concernant la pollution de « pointe », il existe une valeur limite journalière (50 µg/m³) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an ainsi que des seuils d'information et d'alerte à la population.

Sur la période du 1^{er} août au 31 octobre 2009, la valeur limite journalière (50 µg/m³) n'est **pas respectée** sur le site de **Puits Marchand** avec **37 jours de dépassement**.

Sur ce site en proximité des travaux, la **valeur** relative au **seuil d'information** et de recommandations à la population (80 µg/m³/24h) a été **atteinte à 3 reprises**, contre 1 fois pour le site trafic de Toulon Foch.

De même, la **valeur équivalente au seuil d'alerte** (125 µg/m³/24h) a été **dépassée 4 fois** sur le site du chantier. Ces résultats indiquent sur le trimestre 9 des niveaux élevés en lien avec les activités du chantier.

COMPARAISON DES EVOLUTIONS JOURNALIERES

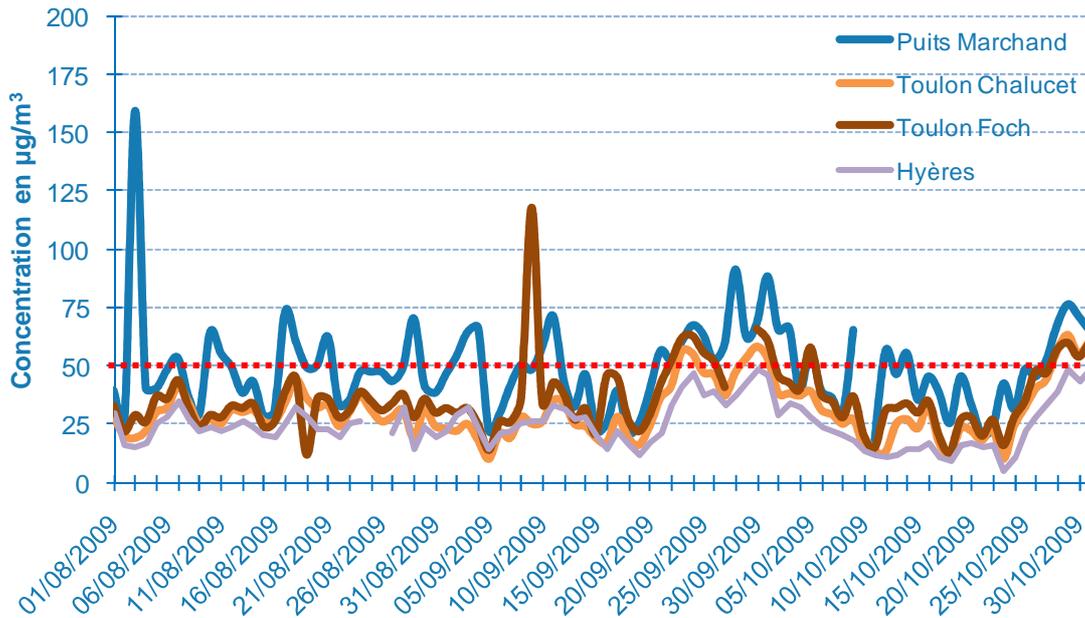


Figure 4 : Niveaux moyens journaliers en PM10 du 01/08 au 31/10/09

Comme l'indique la Figure 4, les particules fines évoluent de façon assez comparable sur les quatre stations fixes de l'agglomération :

- **Une journée se distingue nettement sur la station de proximité trafic Toulon Foch** avec un important pic de particules mesuré le 9 septembre 2009. Cette concentration en particules atypique a été associée aux travaux de remplissage, avec de la terre meuble, des bacs présents à une cinquantaine de mètres de la station. Cette activité a entraîné un fort ré-envol de particules dans l'air ambiant.

La courbe représentant le site de Puits Marchand évolue de façon similaire aux autres sites, mais elle se distingue sur plusieurs journées avec de très fortes concentrations en particules, dépassant la valeur journalière de 50 µg/m³. Ces événements ponctuels s'étalent sur un ou plusieurs jours avec des pointes significatives sur 37 jours dont les plus importantes sont le 3 août, le 28 septembre et le 1 octobre.

Le site de Puits Marchand affiche la moyenne la plus élevée avec 48 µg/m³ soit 33% de plus qu'à la station fixe de Toulon-Foch (cf tableau 1). Durant cette période estivale, **37** dépassements de la valeur limite journalière (50 µg/m³) ont été enregistrés à Puits Marchand, contre **13** en proximité du trafic à Toulon Foch et **9** sur le site urbain de Toulon Chalucet.

A parti du 20 septembre 2009, 9 dépassements des 50 µg/m³/j ont été observés sur la station de référence de Toulon Chalucet. Ces épisodes sont enregistrés sur l'ensemble des stations de Toulon centre (Chalucet, Foch et Puits Marchand). Les sites de Puits Marchand et Foch enregistrent des concentrations plus élevées en raison de la proximité des sources.

COMPORTEMENT MOYEN JOURNALIER ET HEBDOMADAIRE

Les Figure 6 et Figure 5 montrent les variations moyennes des concentrations pendant la journée et la semaine. **Le profil horaire de Puits marchand** est très différent de celui du trimestre précédent, les pics associés aux trajets quotidiens domicile-travail sont beaucoup plus présents et s'additionnent aux émissions des travaux. Les pics de trafic sont mis en évidence sur le site de proximité de Toulon Foch, avec un pic matinal plus marqué à 8h avec 58 µg/m³. Les profils des sites urbains mesurent un pic de particules le matin, mais ils sont plus lissés avec une concentration de base de 20 µg/m³.

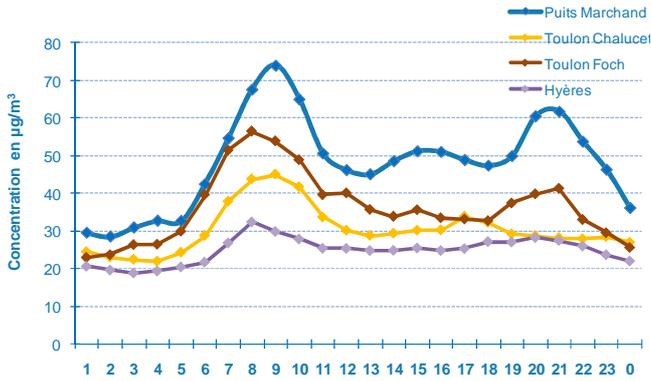


Figure 5 : Profils moyens journaliers de PM₁₀ du 01/08 au 31/10/09

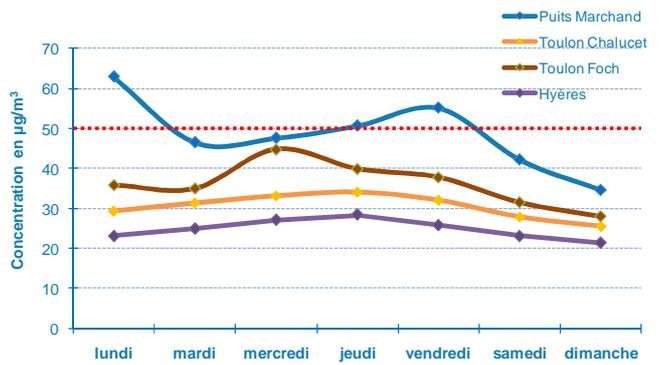


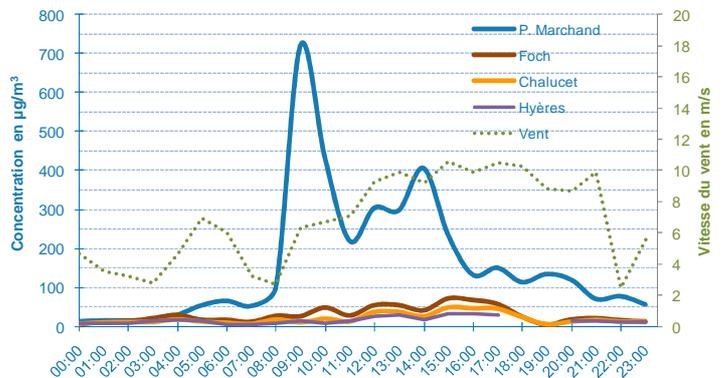
Figure 6 : Profils moyens hebdomadaires de PM₁₀ du 01/08 au 31/10/09

Les profils hebdomadaires montrent également la spécificité des sites Toulon Foch et Puis Marchand. Le premier en proximité du trafic enregistre des concentrations moindres le week-end liées à la diminution du trafic, tandis que sur le site de Puits Marchand l'arrêt des activités de chantier le week-end, induit des concentrations en particules beaucoup plus faibles le dimanche. Les concentrations sur les sites urbains de l'agglomération toulonnaise restent en moyenne relativement stables sur la semaine.

Au cours du trimestre 9, les jours de dépassements sur les différentes stations de surveillance montrent deux situations de profil horaire, en fonction des conditions météorologiques et des émissions locales.

La journée du lundi 3 août 2009 enregistre des concentrations élevées en particules (720 µg/m³) sur le site de chantier de Puits Marchand à 9h du matin. Ces pics ne sont pas du tout corrélés avec les concentrations mesurées sur les sites trafic et urbains de l'agglomération. Les vents importants mesurés sur le site sont à l'origine de la remise en suspension des particules terrigènes présentes sur le sol nu du site des travaux. L'activité des travaux est probablement aussi à l'origine d'une part de ces concentrations.

3 août 2009



31 octobre 2009

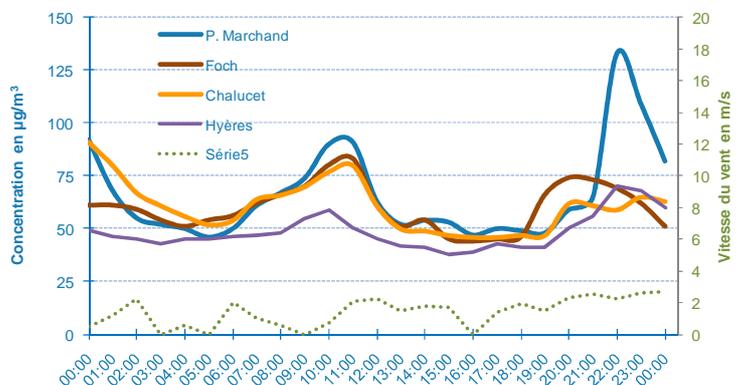


Figure 7 : Concentrations horaires en particules PM₁₀ sur l'agglomération toulonnaise les 3 août et 31 octobre 2009

La journée du samedi 31 octobre 2009 enregistre des concentrations horaires importantes sur l'ensemble des sites de l'agglomération toulonnaise, les conditions météorologiques très stables, vent faible et faible hauteur de la couche de mélange atmosphérique, sont propices à l'accumulation des polluants particulaires. Une pointe plus marquée sur le site de Puits Marchand est enregistrée à 22h, issue d'une source très locale de particules.

RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES ET LA METEOROLOGIE

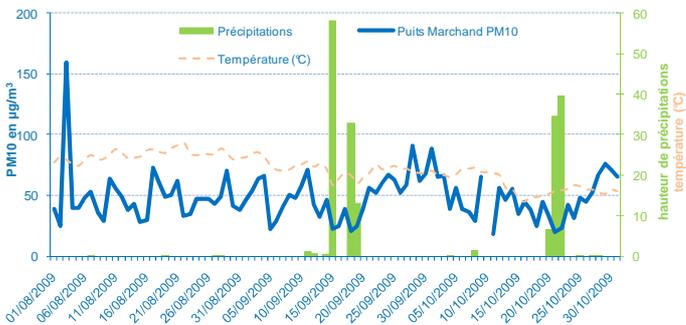
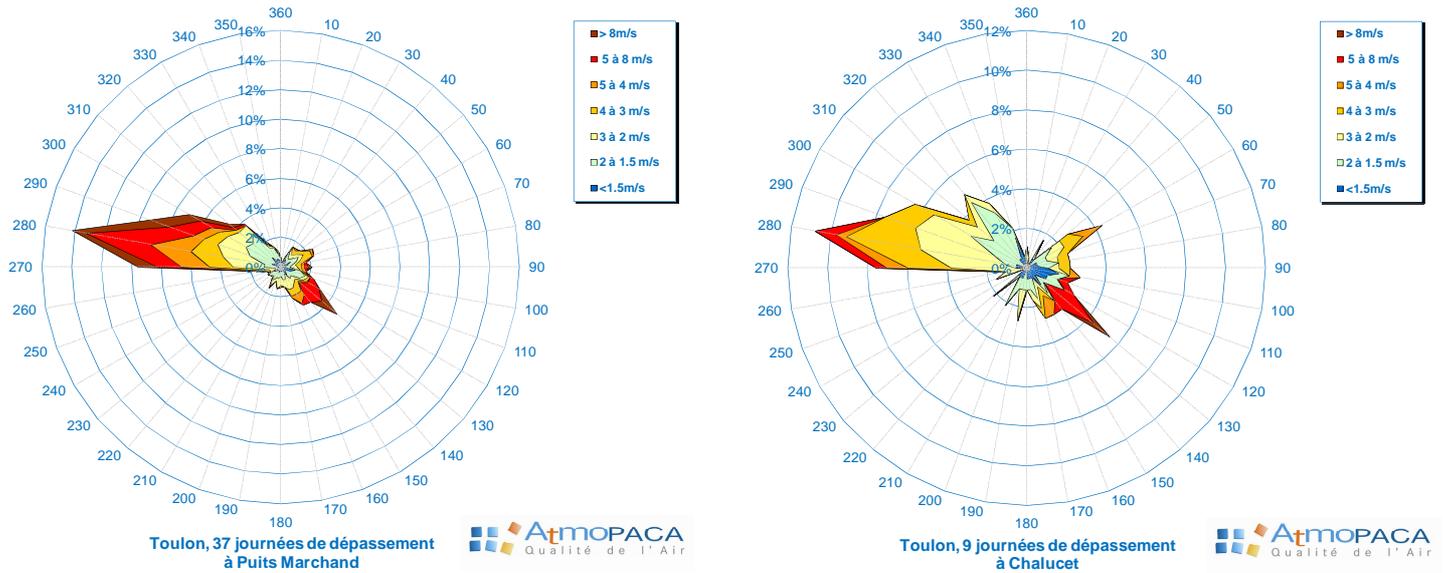


Figure 8 : Niveaux journaliers en PM₁₀ à Puits Marchand, pluviométrie, température et vent du 01/08 au 31/10/09

Ces trois mois de mesures concernent la période estivale, les trois épisodes pluvieux ont mesuré un cumul de précipitation de 190 mm. La pluviométrie a eu un impact sur les concentrations en particules lors de ces journées en lessivant l’atmosphère des particules.

L’action du vent peut remettre en suspension des particules et ainsi entraîner une augmentation des concentrations dans l’air ambiant. On note ainsi que sur les **37 jours de mesures où la station de Puits Marchand dépasse la valeur réglementaire de 50 µg/m³/j**, les vents sont majoritairement de secteur Ouest, avec une proportion importante de vent fort (>5 m/s, 18%) à très fort (>8 m/s, 6%).

La part de vent fort sur les périodes de dépassement est cependant plus faible que lors des trimestres précédents (7 et 8). Cela s’explique par l’étude des journées de dépassement du 50 µg/m³/j sur le site urbain de Toulon Chalucet, qui montre que sur les neuf journées les vents sont majoritairement faibles (<2 m/s, 55%). La forte stabilité atmosphérique sur ces journées favorise l’accumulation des polluants dans l’air ambiant urbain, entraînant des dépassements de la valeur seuil journalière. Sur ces journées, le site de Puits Marchand exposé en plus aux émissions très locales des travaux dépasse logiquement la valeur limite de concentration en particules.

Ainsi sur les **37 dépassements journaliers mesurés sur le site de Puits Marchand, 24 % sont dus à l’association d’une pollution urbaine (9 jours) à laquelle s’ajoutent les émissions locales des travaux**. Sur les neuf journées (23, 24, 29, 30/09 ; 1, 28, 29, 30 et 31/10), les concentrations horaires entre les deux sites sont assez bien corrélées, avec des pics spécifiques au site de suivi des travaux sur le modèle de la journée du 31 octobre (cf : Figure 7).

3.1.4. EVOLUTION TRIMESTRIELLE DES CONCENTRATIONS EN PARTICULES

L'évolution des concentrations en particules sur les différents sites, est étudiée à partir des concentrations moyennes mesurées au cours des différents trimestres, correspondant à la pollution chronique, et à partir du nombre de dépassement de la valeur limite journalière, correspondant à des épisodes de pollution.

Comme indiqué sur la Figure 9, ci-dessous, pour le site de Puits Marchand et à chaque trimestre, les niveaux de PM10 dépassent la valeur limite annuelle ; cette dernière n'est donc pas respectée en proximité des travaux. La comparaison avec les sites Toulon-Foch (trafic) et Toulon Chalucet (urbain) confirme l'influence des travaux sur le site de Puits Marchand sur les concentrations en particules dans l'air ambiant. Les sites de l'agglomération toulonnaise (Foch et Chalucet) respectent en 2008 et début 2009 la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

En comparaison du trimestre précédent, les concentrations en particules ont diminué sur les sites de Foch et Puits Marchand et elle est restée stable sur le site de Chalucet. **Le trimestre 9, sur la même période de l'année mesure des concentrations plus faibles que le trimestre 1 et plus élevées que le trimestre 5 sur les sites de Foch et Puits Marchand. Les concentrations moyennes à Chalucet sur ces trimestres (1, 5 et 9) restent stables.**

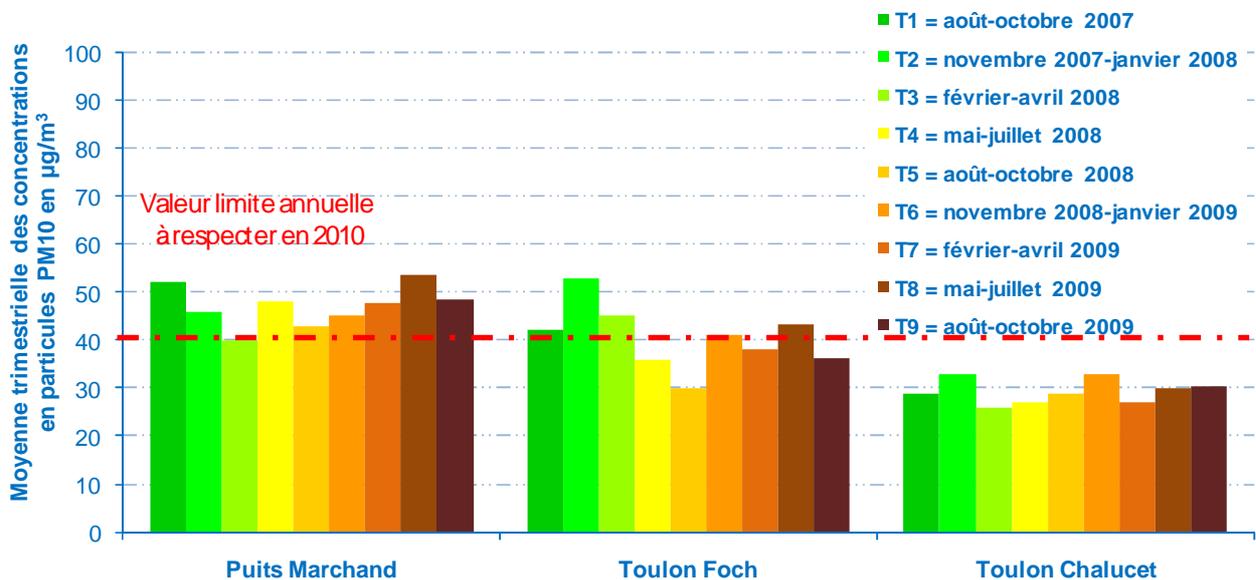


Figure 9: Evolution des moyennes trimestrielles en PM10 à Puits Marchand, Toulon Foch et Toulon Chalucet

La Figure 10 montre, par rapport au trimestre 8, **une diminution significative** du nombre de dépassement de 50 µg/m³/j (VL) sur le site de Toulon Foch, une légère diminution à Puits Marchand et une augmentation des dépassements sur Chalucet.

Le trimestre 9, de par ces conditions météorologiques, a été plus propice à l'accumulation dans l'air ambiant des particules dans l'agglomération toulonnaise (9 dépassements à Chalucet). Ceci n'a pas conduit à une augmentation des dépassements sur les sites à grande proximité des sources. Il semble y avoir eu moins de ré-envol sur le site des travaux, les émissions étaient plus faibles en août et les 3 épisodes de précipitation ont lessivés l'atmosphère en septembre et octobre.



Figure 10 : Evolution du nombre de dépassements de la VL journalière

3.2. DIOXYDE D'AZOTE

3.2.1. 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. Le NO (monoxyde d'azote) émis à la sortie du pot d'échappement, est oxydé en quelques minutes en NO₂. La rapidité de cette réaction permet de considérer le NO₂ 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).

3.2.2. 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.

3.2.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09

La réglementation française définit pour le dioxyde d'azote des niveaux réglementaires sur différentes échelles temporelles afin de prendre en compte les effets sur la santé à court, moyen et long terme. Ainsi, la pollution atmosphérique de fond (effets chroniques) est suivie à l'échelle de l'année et la pollution de pointe (effets aigus) est surveillée à l'échelle horaire.

Le Tableau 2, ci-dessous, présente la synthèse des résultats en dioxyde d'azote (NO₂) de l'agglomération toulonnaise.

Tableau 2 : Synthèse des concentrations en NO₂ du 01/08 au 31/10/09

NO ₂ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch	Toulon Chalucet	Toulon Arsenal
Taux de fonctionnement	81.7%	98.7%	99.8%	91.8%
Moyenne du 01/08 au 31/10/09 Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m ³ /an	54	59	36	37
Maximum horaire du 01/08 au 31/10/09	239 24/10/09 8:00	219 13/10/09 6:00	164 11/9/09 9:00	167 11/9/09 9:00
Maximum journalier du 01/08 au 31/10/09	123 02/10/2009	94 13/10/2009	61 01/10/2009	64.0 30/10/2009
Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine du 01/08 au 31/10/09 200 µg/m ³ /h, tolérance 18 heures/an	5	2	0	0

RESPECT DES NORMES A L'ECHELLE ANNUELLE

L'objectif de qualité annuel pour le dioxyde d'azote de 40 µg/m³ est également la valeur limite annuelle applicable en 2010 définie dans la directive européenne. Comme indiqué sur le Tableau 2, **cette valeur n'est pas respectée pendant les trois mois de mesures sur le site de Toulon Foch et de Puits Marchand.**

RESPECT DES NORMES A L'ECHELLE HORAIRE

La valeur horaire équivalente au seuil d'information et de recommandations à la population est de 200 µg/m³. Elle a été atteinte à **2 reprises le même jour sur le site de Toulon Foch (13 octobre)** et à **5 reprises sur le site de Puits Marchand (les 1^{er} et 24 octobre)**. Ces dépassements n'ont pas donné lieu à l'activation de la procédure d'information et de recommandation de la population, car les conditions de déclenchement de 2 sites fixes dépassant simultanément n'étaient pas réunies.

COMPARAISON DES EVOLUTIONS JOURNALIERES ET HORAIRES

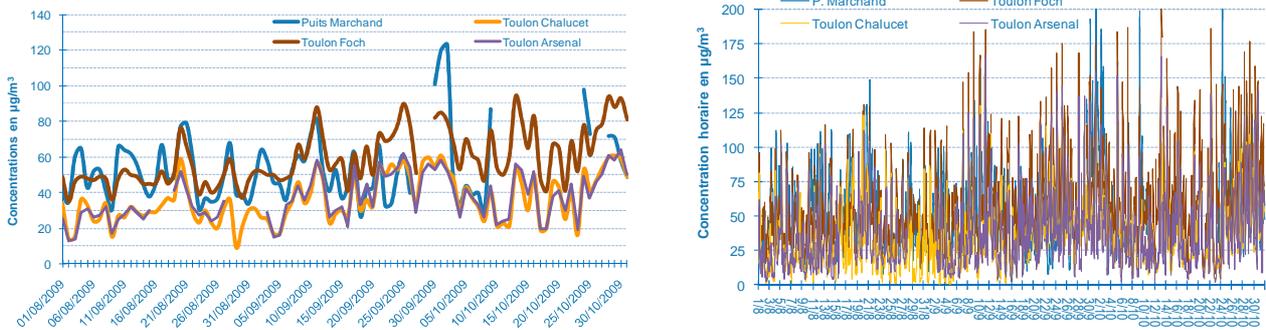


Figure 11 : Evolution journalières et horaires en NO₂ du 01/08 au 31/10/09

Les concentrations en dioxyde d'azote suivent des variations très similaires sur les deux sites urbains de l'agglomération (Toulon Chalucet et Arsenal).

Les sites de Toulon Foch et de Puits Marchand sont soumis à des teneurs plus élevées avec des variations parfois distinctes. La proximité des sources d'émissions du trafic et des travaux influence significativement les concentrations mesurées sur ces deux sites. Les dépassements de la valeur du seuil d'information de 200 µg/m³/h à 5 reprises sur les journées du 1^{er} et 24 octobre 2009, caractérisent une activité importante des travaux sur le site.

De façon générale, les moyennes de ce trimestre sont plus élevées que les précédents, car les conditions météorologiques et les émissions ont été plus propices à l'accumulation des polluants primaires gazeux : 59 µg/m³ à Toulon-Foch, 54 µg/m³ à Puits Marchand, 37 µg/m³ à Toulon Arsenal, 36 µg/m³ à Toulon-Chalucet.

COMPORTEMENT MOYEN JOURNALIER ET HEBDOMADAIRE

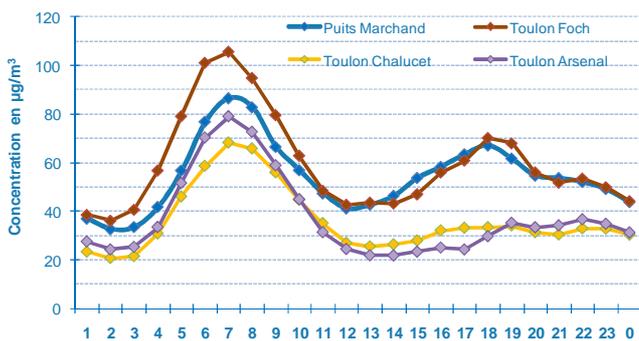


Figure 12 : Profils moyens journaliers en NO₂ du 01/08 au 31/10/09

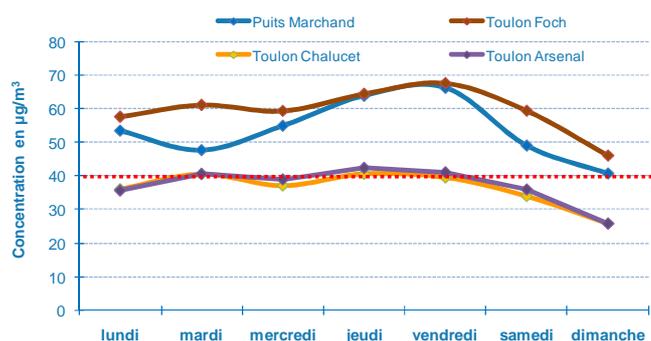


Figure 13 : Profils moyens hebdomadaires en NO₂ du 01/08 au 31/10/09

Sur les profils horaires en dioxyde d'azote, les pics correspondants aux déplacements domicile-travail, apparaissent nettement. Le pic du matin est plus marqué sur le site « trafic » de Toulon-Foch, qui est plus exposé aux émissions issues du transport. Le site de Puits Marchand est également soumis au trafic lié au chantier et au trafic routier local, ce qui explique des valeurs supérieures à celles des sites urbains de Toulon Chalucet et Arsenal, ces derniers mesurent bien le pic du matin, mais pas celui du soir en raison des conditions généralement plus dispersives en fin d'après midi.

La Figure 13 présente les concentrations moyennes journalières sur la semaine. Elle montre une diminution des teneurs le week-end, liée à la baisse d'activité mettant ainsi en évidence l'influence de la circulation sur l'ensemble des quatre sites, dont celui de Puits Marchand. Les profils montrent également une très bonne corrélation entre les sites urbains de Toulon Arsenal et de Chalucet

ETUDE D'UNE DES JOURNEES DE DEPASSEMENT EN DIOXYDE D'AZOTE :

La Figure 14 présente les concentrations horaires en dioxyde d'azote sur la journée du 1^{er} octobre. Trois dépassements horaires de la valeur seuil de 200 µg/m³ en dioxyde d'azote ont été enregistrés ce jour là sur le site de Puits Marchand. Cet épisode est associé à des conditions météorologiques stables favorisant l'accumulation des polluants. A ces conditions météorologiques spécifiques doit nécessairement être associées une activité émettrice, tel que l'activité du chantier et des engins utilisés.

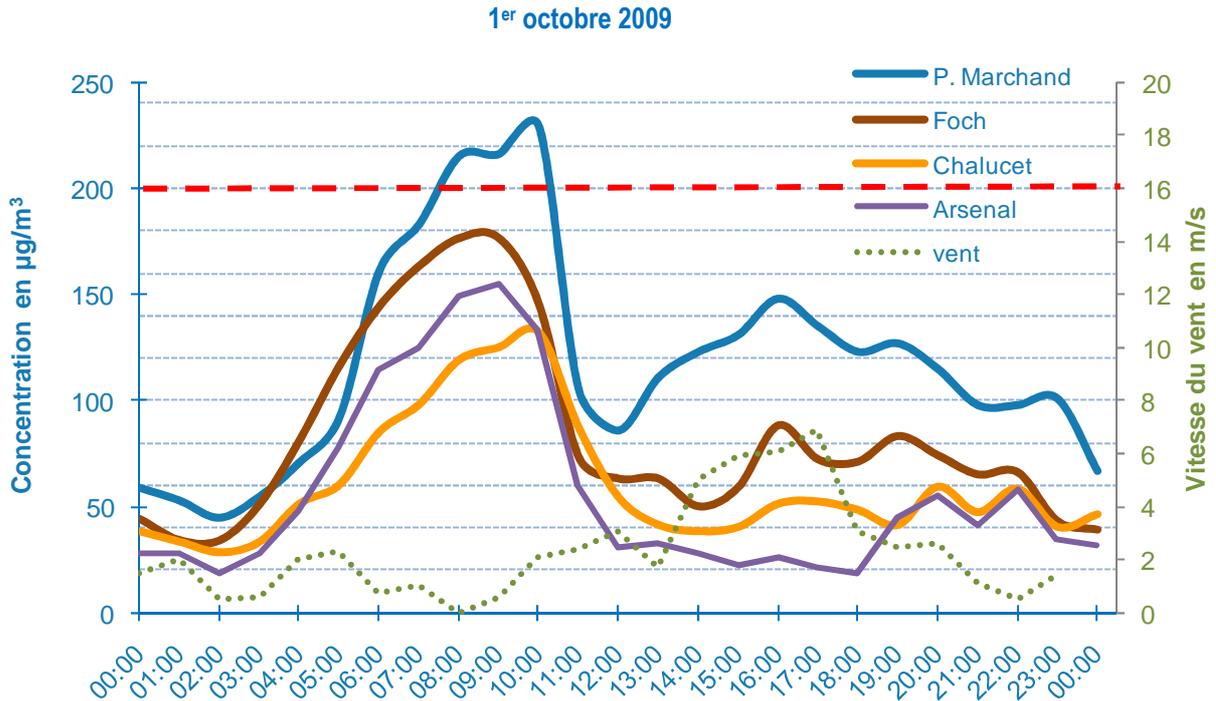


Figure 14 : Concentrations horaires en dioxyde d'azote (NO₂) sur l'agglomération Toulonnaise le 1^{er} Octobre 2009

3.3. MONOXYDE DE CARBONE

3.3.1. 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 le chauffage domestique. 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.

3.3.2. EFFETS SANITAIRES

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

3.3.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/08 AU 31/10/09

Une seule valeur réglementaire existe pour ce polluant. Il s'agit de la valeur limite équivalente à la concentration moyenne sur 8h, établie à 10 mg/m³.

Cette valeur est respectée sur les deux sites, sur la période de mesure.

Tableau 3 : Récapitulatif des niveaux de CO du 01/08 au 31/10/09

CO en mg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch
Taux de fonctionnement du 01/08 au 31/10/09	99%	94%
Moyenne du 01/08 au 31/10/09	0.4	0.6
Maximum horaire du 01/08 au 31/10/09	10.0 19/10/09 20:00	3.0 29/10/09 17:00
Maximum journalier du 01/08 au 31/10/09	1.5 19-oct.-09	1.8 30-oct.-09
Valeur limite en moyenne sur 8h du 01/08 au 31/10/09 (valeur limite : 10 mg/m ³)	3.1	2.4

COMPARAISON DES EVOLUTIONS JOURNALIERES ET HORAIRES

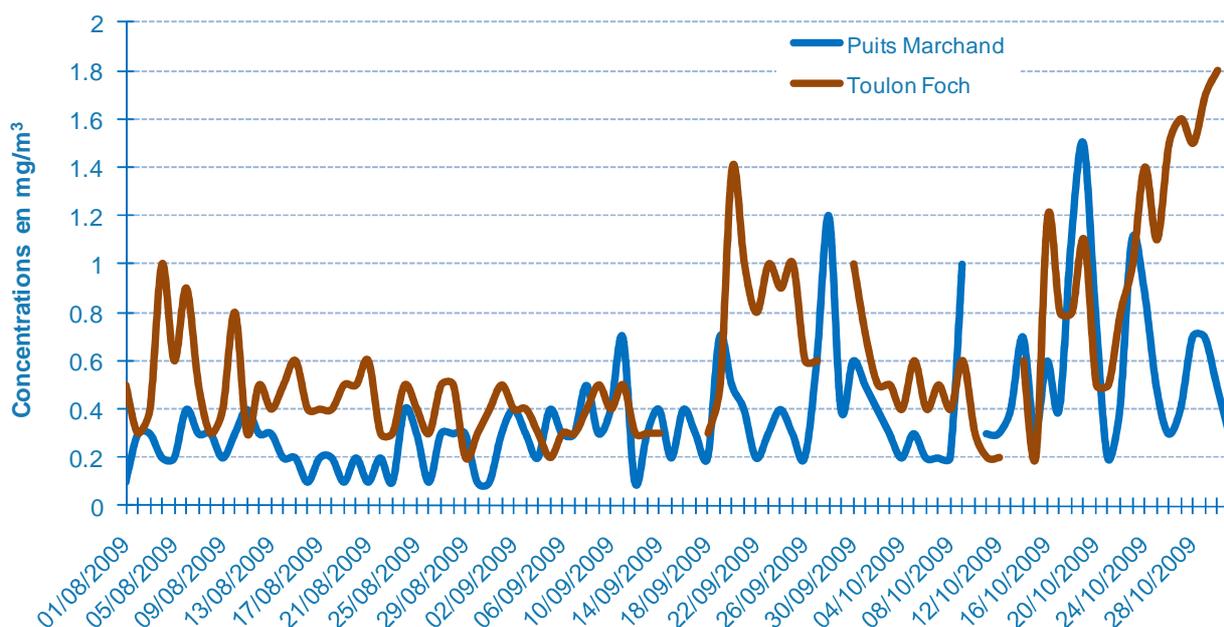


Figure 15 : Niveaux moyens journaliers en CO du 01/08 au 31/10/09

De façon générale, les fortes émissions en monoxyde de carbone apparaissent lorsque des véhicules roulent à faible vitesse. Sur cette période les concentrations à Toulon Foch sont supérieures à celle du site travaux de Puits Marchand, ce qui s'explique par un trafic plus dense roulant à faible vitesse à proximité de la station trafic.

Les moyennes respectives sont de 0,4 mg/m³ à Puits Marchand et 0,6 mg/m³ à Toulon-Foch. On note une nette diminution à Toulon Foch par rapport au trimestre précédent.

3.4. BENZENE (C₆H₆)

3.4.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE

Le benzène (C₆H₆) est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Ce polluant est majoritairement issu, en milieu urbain, de la pollution par les transports. Il entre dans la composition des essences. En effet, 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. Au 1er janvier 2000, la teneur en benzène des carburants est passée de 5% à 1% en volume. Ainsi, les émissions ayant pour origine les transports ont ainsi diminué de 47% (54% pour le seul transport routier) du total des émissions entre 2000 et 2006.

3.4.2. EFFETS SANITAIRES

En exposition aiguë, les effets du benzène sur la santé se caractérisent le plus souvent par des troubles du système nerveux (fatigues, vertiges, céphalées, sensation d'ivresse et d'euphorie, des irritations des voies respiratoires, des conjonctivites oculaires et des irritations de la peau.

En exposition chronique (exposition prolongée ou répétitive), le benzène agit comme un agent cancérogène¹ et mutagène.

¹ Mis en évidence en 1987 avec sa classification par le CIRC dans le groupe 1 (substance prouvée cancérogène pour l'homme)

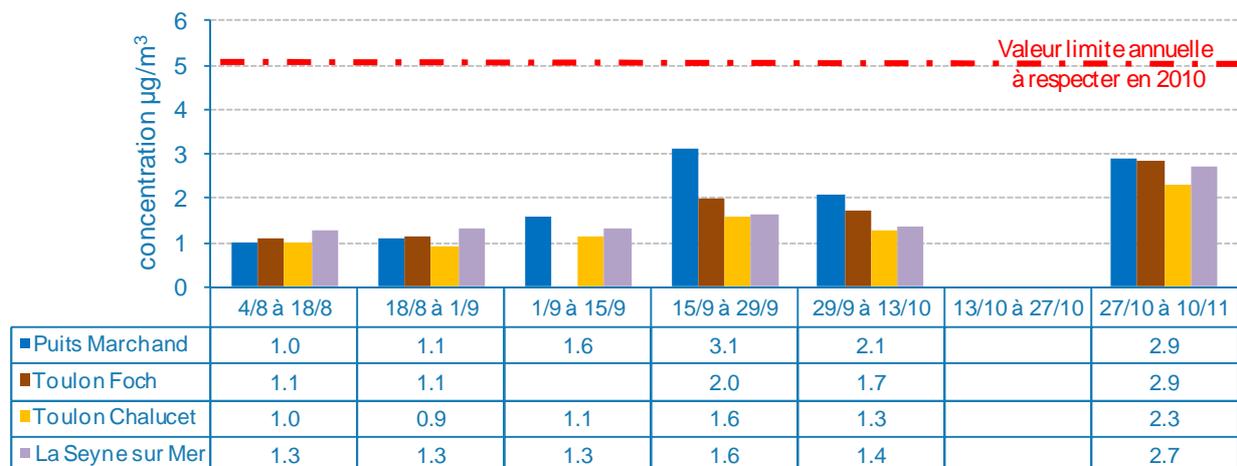
3.4.3. TECHNIQUE DE MESURE

L'évaluation du benzène est effectuée à l'aide de capteurs passifs et non d'analyseurs automatiques. Cette méthode dite passive mesure la concentration moyenne d'un polluant sur une durée d'exposition adaptée. Pour le benzène, les capteurs sont implantés sur chaque site et relevés toutes les 2 semaines permettant un suivi continu.

Les capteurs utilisés permettent également de mesurer d'autres Composés Organiques Volatiles (COV) : le toluène, l'éthylbenzène, les m+p-xylènes et le o-xylène. Les résultats pour ces composés sont présentés à titre indicatif, car ils donnent des indications intéressantes sur les sources à proximité, mais il n'existe pas actuellement de valeurs réglementaires dans l'air ambiant pour ces polluants.

3.4.4. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 4/8 AU 10/11/09

La réglementation a défini deux valeurs annuelles pour le benzène. L'objectif de qualité est fixé à 2 µg/m³ et la valeur limite pour la protection de la santé humaine est établie à 5 µg/m³ applicable au 1^{er} janvier 2010.



* la station de la Seyne sur Mer a dû être déplacé, les prélèvements en BTEX ont été maintenu afin d'assurer un historique. Pour des raisons techniques les mesures n'ont pas pu avoir lieu du 13 au 27 octobre.

Figure 16 : Niveaux moyens journaliers en benzène 4/8 au 10/11/09

Les moyennes respectives sur cette période sont 2 µg/m³ à Puits Marchand, 1,8 µg/m³ à Toulon-Foch et 1,4 µg/m³ à Toulon-Chalucet.

Sur cette période "estivale" les concentrations moyennes en benzène respectent la valeur limite annuelle et l'objectif de qualité. Le rapport toluène sur benzène sur le site Puits marchand est de 9.9 et indique la présence d'une source d'émission en toluène au niveau du chantier.

Tableau 4 : Récapitulatif des niveaux en benzène et des COV analysés

benzène en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch	Toulon Chalucet	La Seyne-sur-Mer
Moyenne du 28/4 au 4/8/09 (valeur limite : 5 µg/m ³ ; objectif de qualité : 2 µg/m ³)	2.0	1.8	1.4	1.6
Maximum sur une quinzaine	3.1	2.9	2.3	2.7
toluène (moyenne)	19.5	6.9	2.3	4.1
éthylbenzène (moyenne)	3.0	2.0	1.4	1.8
m+p-xylène (moyenne)	9.9	6.7	4.7	5.7
o-xylène (moyenne)	3.9	2.6	1.9	2.2
rapport toluène / benzène	9.9	3.9	1.7	2.6

4. CONCLUSION

Le neuvième trimestre (du 01/08 au 31/10/09), de par ces **conditions météorologiques**, a été **plus propice à l'accumulation** dans l'air ambiant des particules dans l'agglomération toulonnaise (9 dépassements à Chalucet). Cela n'a pas conduit à une augmentation des dépassements sur les sites à grande proximité des sources, car il y a eu **moins de ré-envoi sur le site de suivi des travaux**, des **émissions du trafic routier moins nombreuses en aout** et les **3 épisodes de précipitation** ont lessivés pendant quelques jours l'atmosphère en septembre et en octobre.

Les situations de pollution importante sur le site de Puits Marchand ont donc diminué par rapport au trimestre 8, mais **les concentrations mesurées restent supérieures aux valeurs réglementaires**. Le site de **Toulon Foch** enregistre une **diminution importante de sa concentration moyenne en particules et du nombre jour supérieur à la valeur limite**.

Pour le dioxyde d'azote, les deux sites urbains de l'agglomération (Toulon Chalucet et Arsenal) sont bien corrélés. Les sites de Toulon Foch et de Puits Marchand sont soumis à des teneurs plus élevées avec des variations parfois distinctes. La proximité des sources d'émissions trafic et des travaux influence significativement les concentrations mesurées sur ces deux sites.

Les moyennes de ce trimestre sont plus élevées, car les conditions météorologiques et d'émission ont été plus propices à l'accumulation des polluants primaires gazeux sur les mois de septembre et d'octobre. Le site de Puits marchand enregistre 5 dépassements de la valeur du seuil d'information de 200 µg/m³/h pour les journées du 1er et 24 octobre 2009, caractérisant une activité importante des travaux.

Ainsi, à Puits Marchand durant le neuvième trimestre de l'étude :

- Pollution chronique :

Les moyennes sur ce trimestre en particules en suspension PM10 et en dioxyde d'azote dépassent les valeurs réglementaires (à respecter sur la base de l'année civile).

La concentration moyenne en benzène sur ce trimestre respecte la valeur limite de 5 µg/m³ et l'objectif de qualité de 2 µg/m³.

- Episodes de pollution :

37 dépassements de la valeur limite journalière en particules PM10, le site ne respecte pas la tolérance de 35 dépassements autorisés sur l'année.

3 dépassements en particules de la valeur équivalente au seuil d'information et recommandations à la population (80 µg/m³/24h).

1 dépassement en particules de la valeur équivalente au seuil d'alerte en particules (125 µg/m³/24h)

5 dépassements en dioxyde d'azote de la valeur du seuil d'information de 200 µg/m³/h sur les journées du 1er et 24 octobre 2009

Les maxima horaires en monoxyde de carbone respectent les valeurs réglementaires.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Emplacement des sites de mesures	3
Figure 2 : Rose des vents du 01/08 au 31/10/09 à Toulon-La Mitre.....	5
Figure 3 : Evolution de la température et des précipitations du 01/08 au 31/10/09.....	6
Figure 4 : Niveaux moyens journaliers en PM ₁₀ du 01/08 au 31/10/09	9
Figure 5 : Profils moyens journaliers de PM ₁₀ du 01/08 au 31/10/09	10
Figure 6 : Profils moyens hebdomadaires de PM ₁₀ du 01/08 au 31/10/09	10
Figure 7 : Concentrations horaires en particules PM ₁₀ sur l'agglomération toulonnaise les 3 août et 31 octobre 2009	10
Figure 8 : Niveaux journaliers en PM ₁₀ à Puits Marchand, pluviométrie, température et vent du 01/08 au 31/10/09	11
Figure 9: Evolution des moyennes trimestrielles en PM ₁₀ à Puits Marchand, Toulon Foch et Toulon Chalucet	12
Figure 10 : Evolution du nombre de dépassements de la VL journalière	13
Figure 11 : Evolution journalières et horaires en NO ₂ du 01/08 au 31/10/09.....	15
Figure 12 : Profils moyens journaliers en NO ₂ du 01/08 au 31/10/09.....	15
Figure 13 : Profils moyens hebdomadaires en NO ₂ du 01/08 au 31/10/09.....	15
Figure 14 : Concentrations horaires en dioxyde d'azote (NO ₂) sur l'agglomération Toulonnaise le 1 ^{er} Octobre 2009	16
Figure 15 : Niveaux moyens journaliers en CO du 01/08 au 31/10/09	18
Figure 16 : Niveaux moyens journaliers en benzène 4/8 au 10/11/09.....	19

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des niveaux de PM ₁₀ du 01/08 au 31/10/09.....	8
Tableau 2 : Synthèse des concentrations en NO ₂ du 01/08 au 31/10/09	14
Tableau 3 : Récapitulatif des niveaux de CO du 01/08 au 31/10/09	17
Tableau 4 : Récapitulatif des niveaux en benzène et des COV analysés	19