



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

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

SIXIEME TRIMESTRE : MESURES NOVEMBRE 2008 A JANVIER 2009

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	5
3. RESULTATS – DISCUSSION	7
3.1. PARTICULES EN SUSPENSION (POLLUTION AUTOMOBILE)	7
3.1.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	7
3.1.2. EFFETS SANITAIRES.....	7
3.1.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/08 AU 31/01/09.....	8
3.1.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION	11
3.2. DIOXYDE D'AZOTE (POLLUTION AUTOMOBILE)	12
3.2.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	12
3.2.2. EFFETS SANITAIRES.....	12
3.2.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/08 AU 31/01/09.....	12
3.2.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION	15
3.3. MONOXYDE DE CARBONE (POLLUTION AUTOMOBILE).....	16
3.3.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	16
3.3.2. EFFETS SANITAIRES.....	16
3.3.3. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 01/11/08 AU 31/01/09.....	16
3.3.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION	18
3.4. BENZENE (POLLUTION AUTOMOBILE).....	18
3.4.1. ORIGINE ET DYNAMIQUE	18
3.4.2. EFFETS SANITAIRES.....	18
3.4.3. MOYENS TECHNIQUES.....	18
3.4.4. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 28/10/08 AU 03/02/09.....	19
3.4.5. RESPECT DE LA REGLEMENTATION	19
4. ZOOM SUR LES PM10.....	21
4.1. EVOLUTIONS TRIMESTRIELLES	21
4.2. ETUDE SUR LES JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA VL.....	22
5. CONCLUSION.....	24

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.

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,

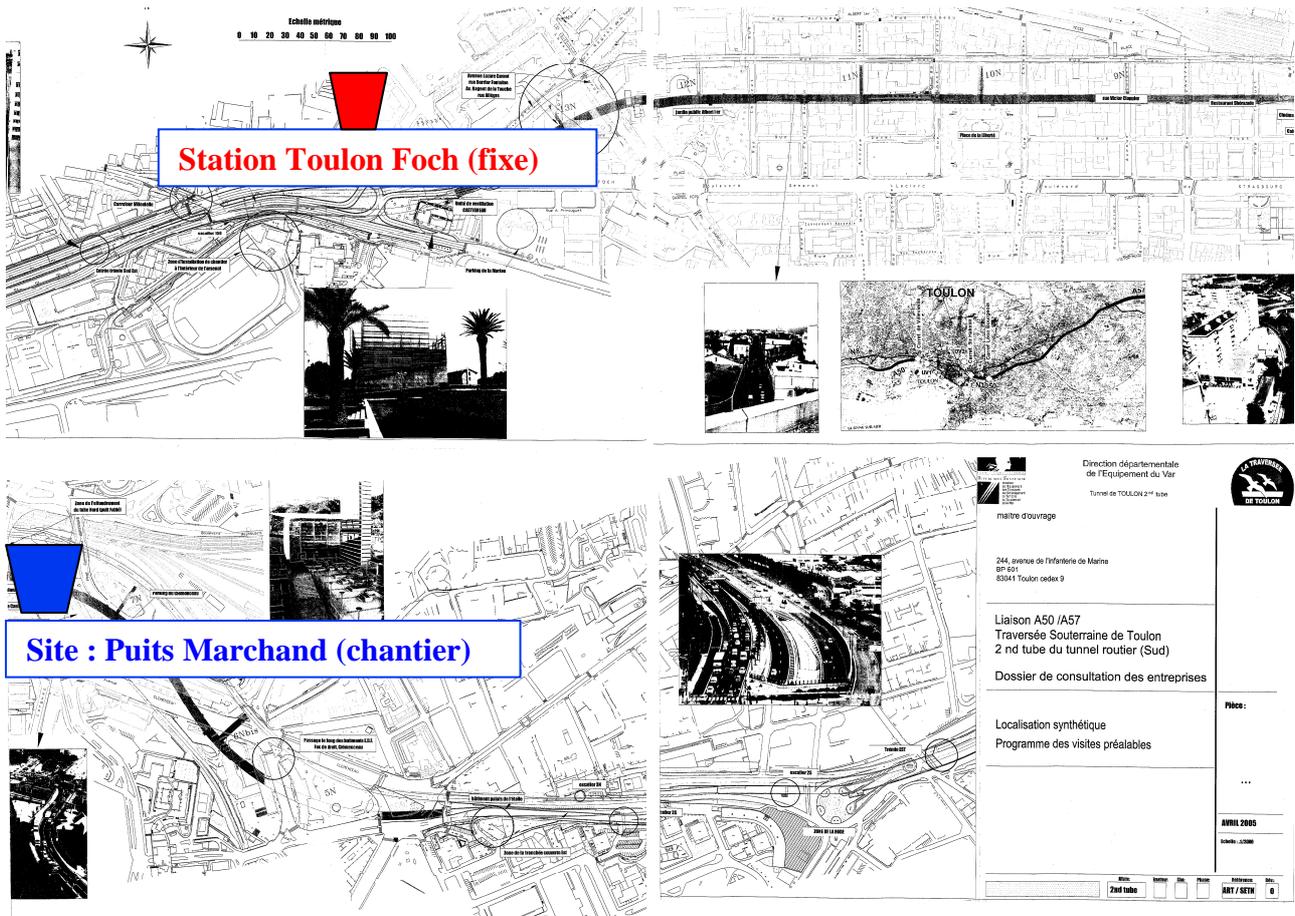
A l'Est et à l'Ouest de l'emprise de la future tranchée couverte.

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.

Un seul site reste en fonctionnement pour ce sixième trimestre

Site : 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 et industrielle selon les contextes.

1.2.2. PARAMETRES METEOROLOGIQUES

Température,

Direction et vitesse de vent.

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

En effet 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 ». Ainsi les conditions les plus défavorables à la dispersion de la pollution atmosphérique se rencontrent-elles lorsque les vitesses de vent sont nulles ou très faibles (0 à 2 m/s).

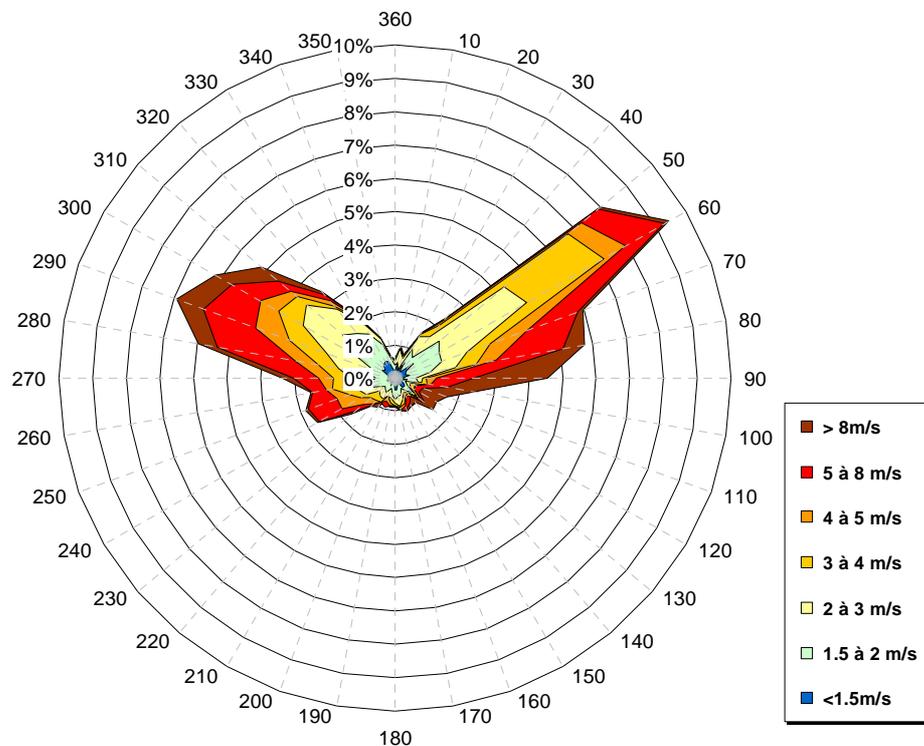


Figure 1 : Rose des vents du 01/11/08 au 31/01/09 à Toulon-La Mitre

Sur la Figure 1, les principaux régimes de vent observés sur le site de la Mitre, sont de secteurs Est-Nord-Est et Ouest-Nord-Ouest. Les pourcentages de vents forts et faibles sont comparables, avec 30% de vents supérieurs ou égaux à 5 m/s (rouge et bordeaux) et 28 % pour les vents inférieurs à 2 m/s. Ce trimestre de mesures présente ainsi autant de conditions favorables à la dispersion des polluants qu'à leur accumulation.

2.2. TEMPERATURE ET PRECIPITATIONS

Les émissions de polluants primaires (NO_x, PM₁₀, CO), majoritairement générées par l'activité humaine (transport, chauffage, industries...), évoluent selon les saisons et donc de 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 notamment 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, les particules ont tendance à s'accumuler, ce qui se traduit souvent par une moindre visibilité, l'atmosphère devenant plus « opaque ».

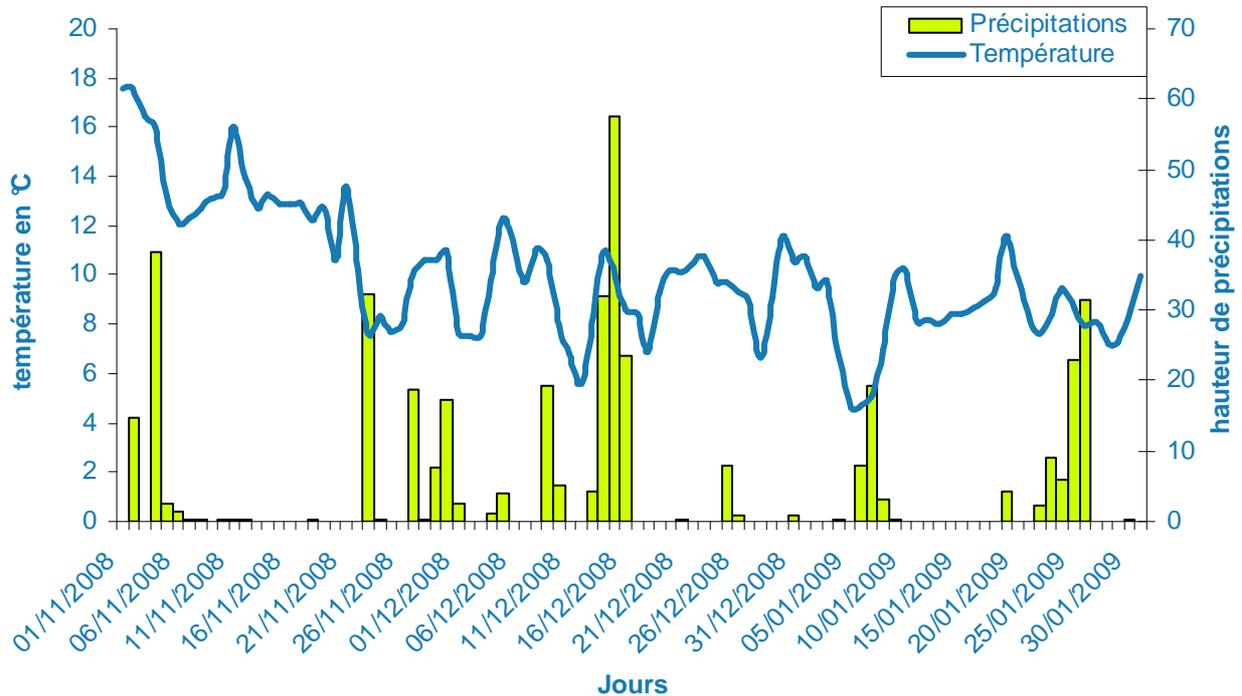


Figure 2 : évolution de la température et des précipitations du 01/11/08 au 31/01/09

Au cours de ce trimestre, la température diminue, en cohérence avec la saison. La moyenne sur la période est de 10 °C. Le maximum atteint 17,6 °C le 1^{er} novembre et le minimum de 4,6 °C est observé le 5 janvier.

Quelques épisodes pluvieux se distinguent début novembre ainsi que la première quinzaine de décembre. La fin du mois de janvier affiche également de nombreuses pluies. Le cumul de précipitations est de 400 mm.

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 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.

3.1.2. 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 cancérigènes (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 01/11/08 AU 31/01/09

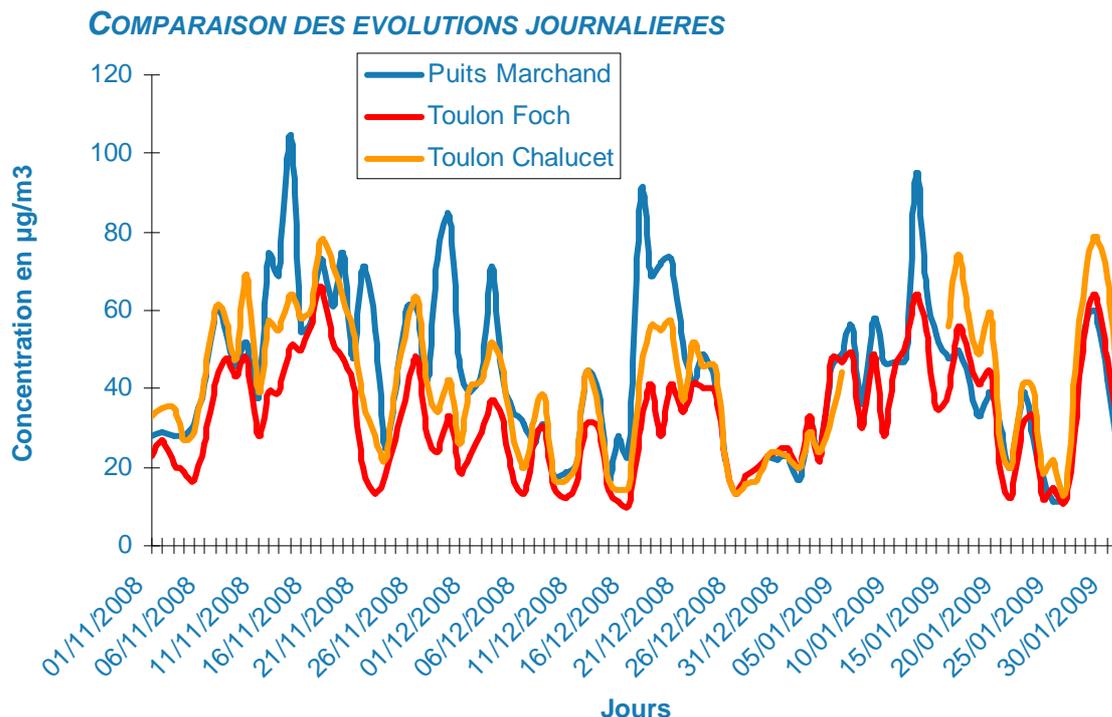


Figure 3 : Niveaux moyens journaliers en PM10 du 01/11/08 au 31/01/09

Comme l'indique la Figure 3, les particules fines évoluent de façon comparable sur les deux stations fixes de Toulon. La courbe représentant le site de Puits Marchand suit globalement les mêmes variations mais se distingue par plusieurs journées de fortes concentrations. Ces évènements ponctuels ne caractérisent pas une pollution de fond mais des épisodes supplémentaires localisés sur le site.

Le site de Puits Marchand affiche la moyenne la plus élevée avec $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit 36% de plus qu'à la station fixe de Toulon-Foch (cf tableau 1). Durant cette période hivernale, 31 dépassements de la valeur limite journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été enregistrés à Puits Marchand et seulement 11 à Toulon-Chalucet.

La valeur de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h}$ correspondant au seuil d'information et de recommandations à la population a été atteinte à 4 reprises, avec une valeur maximale de $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 14 novembre ($84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 29 novembre ; $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 17 décembre ; $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 12 janvier). Le 12 janvier, une hausse des concentrations a été observée sur la majorité des stations permanentes, pouvant être liée à une pollution particulaire généralisée et expliquer ainsi une part du dépassement. La différence reste néanmoins attribuable à des phénomènes locaux. Ces résultats élevés, traduisent bien les évolutions observées à la Figure 3.

Tableau 1 : récapitulatif des niveaux de PM₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09

PM ₁₀ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Taux de fonctionnement de l'analyseur (en %)	96,6	100	91,6
Moyenne du 01/11/08 au 31/01/09	45	41	33
Maximum horaire du 01/11/08 au 31/01/09	425 Le 14/11/2008 à 22h	127 Le 12/01/09 à 11h	148 Le 18/11/08 à 11h
Maximum journalier du 01/11/08 au 31/01/09	105 Le 14/11/2008	66 Le 17/11/2008	79 Le 29/01/09
Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine du 01/11/08 au 31/01/09 (50 µg/m ³ /jour, tolérance 35 jours/an : objectif 01/01/05)	31	11	26
Nombre de jours de dépassement de la valeur équivalente au seuil d'information et recommandations à la population (80 µg/m ³ /24h) du 01/11/08 au 31/01/09	4	0	0
Nombre de jours de dépassements de la valeur équivalente au seuil d'alerte (125µg/m ³ /24h) du 01/11/08 au 31/01/09	0	0	0

COMPORTEMENT MOYEN JOURNALIER

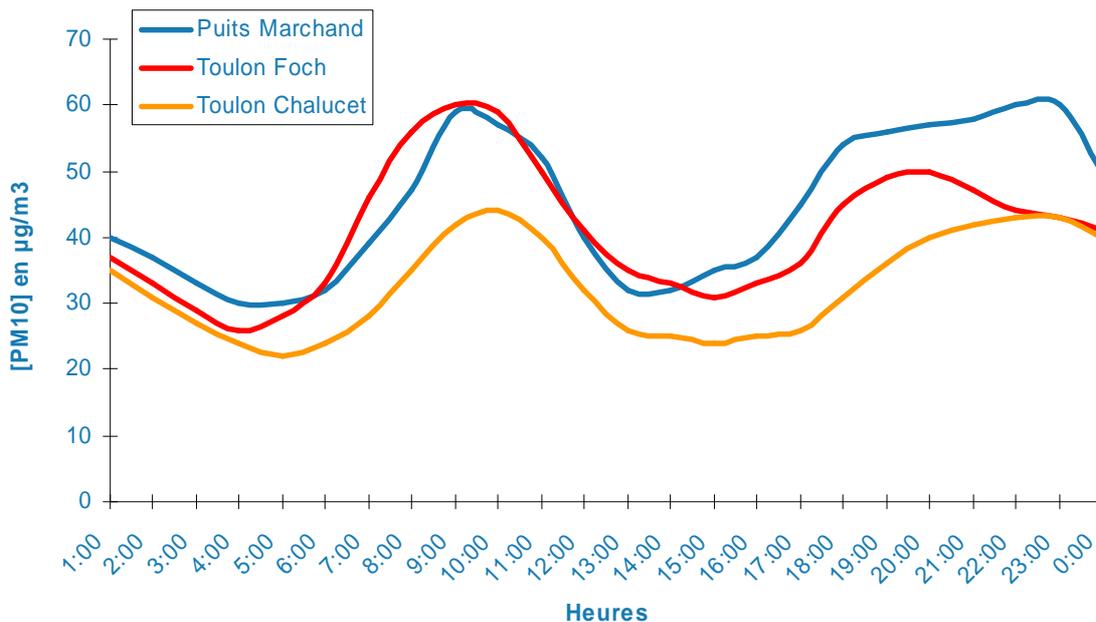


Figure 4 : profils moyens journaliers de PM₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09

La Figure 4 illustre les variations moyennes des concentrations au cours de la journée, permettant ainsi de distinguer les plages horaires les plus impactées. Les pics dits « trafic » liés aux trajets quotidiens domicile-travail sont nettement mis en évidence, avec un pic matinal plus marqué. Le soir, une plus importante dispersion tend à aplanir le pic. Pour le site de Puits Marchand, les niveaux remontent en fin de soirée.

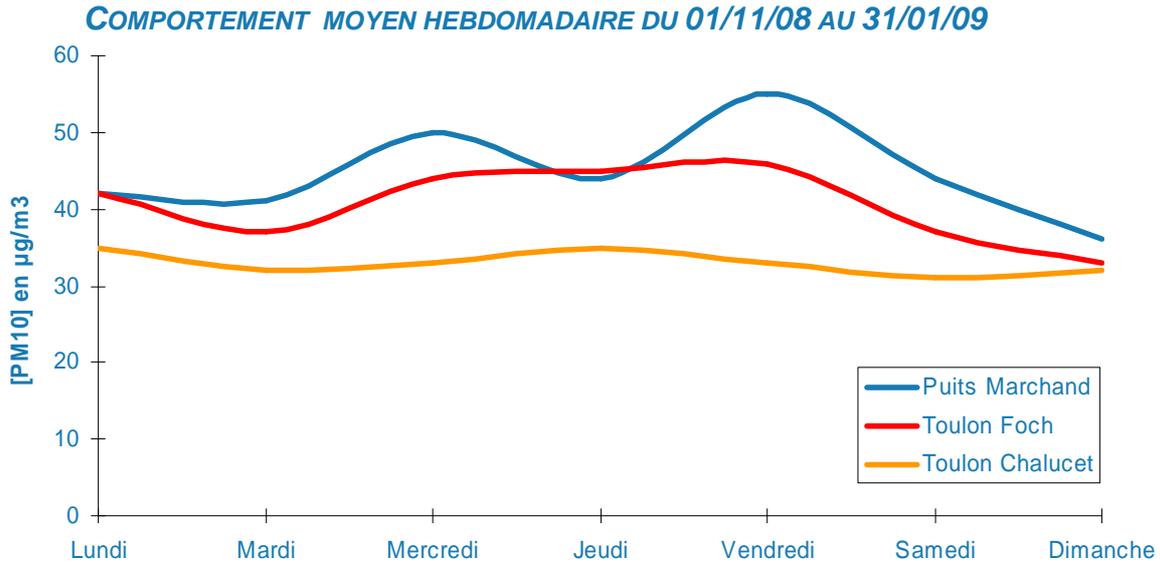


Figure 5 : profils moyens hebdomadaires de PM₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09

Les niveaux de particules peuvent également varier en fonction des jours de la semaine. Le profil moyen hebdomadaire (Figure 5) révèle des comportements différents selon les sites de mesures. Ainsi à Toulon-Chalucet, les teneurs se maintiennent autour de 30 µg/m³ alors qu'à Puits Marchand elles oscillent d'un jour à l'autre avec une hausse le mercredi et le vendredi et une baisse le dimanche. Ces variations sont essentiellement attribuables aux fortes valeurs qui influencent beaucoup la moyenne. En effet, environ 20% des concentrations supérieures à 50 µg/m³ sont observées ces deux jours et seulement 6% le dimanche.

RELATION AVEC LA METEOROLOGIE

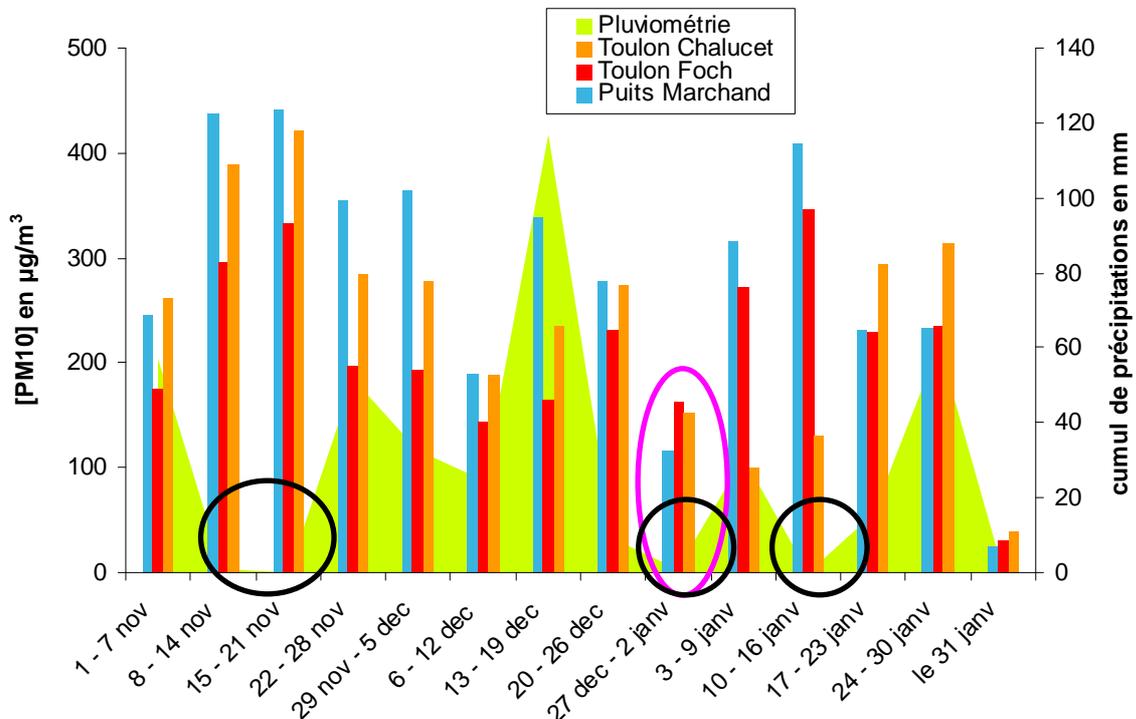


Figure 6 : niveaux hebdomadaires en PM₁₀ à Puits Marchand et pluviométrie du 01/11/08 au 31/01/09

Ces trois mois de mesures englobent la période de Noël, qui certes génère beaucoup de déplacements, mais comptabilise globalement moins de circulation quotidienne en raison des congés. Cela peut être à l'origine de la baisse des teneurs moyennes sur cette semaine, comme indiqué en rose sur la Figure 6. Notons que le chantier était arrêté pendant cette période. D'autres facteurs influents, comme les conditions météorologiques, peuvent expliquer les variations mesurées. La pluviométrie notamment a un impact non négligeable car le lessivage de l'atmosphère ramène au sol les particules présentes dans l'air ambiant, diminuant ainsi les niveaux. En effet, les valeurs les plus élevées sont observées par faible pluviométrie (en noir sur le graphe). Durant cette période, les précipitations ont été nombreuses avec un cumul de 400 mm. En revanche, l'action du vent peut remettre en suspension des particules et ainsi entraîner une hausse des niveaux. Les faibles teneurs mesurées pendant l'arrêt du chantier au moment de Noël, confirment, au-delà des conditions météorologiques, le fort impact des travaux sur la qualité de l'air. Ainsi les émissions des particules mesurées sur ce site sont directement liées aux activités du chantier (engins, émissions de particules fines issues de la combustion, remise en suspension de poussières, ...).

3.1.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION

La réglementation française définit pour les particules PM10 deux normes :

- Pour la pollution atmosphérique chronique (moyenne annuelle),
- Pour les épisodes de courte durée (moyenne journalière)

Tableau 2 : comparaison des niveaux de PM₁₀ aux valeurs réglementaires pour 2008

PM ₁₀ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Moyenne annuelle sur l'année 2008 (Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m ³ /an : objectif 01/01/05)	44	28	38
Nombre de jours de dépassement de la valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine (50 µg/m ³ /jour, tolérance 35 jours/an : objectif 01/01/05)	90	20	80
Nombre de jours de dépassement de la valeur équivalente au seuil d'information et recommandation à la population (80 µg/m³/24h) pour l'année 2008	24	1	4
Nombre de jours de dépassements de la valeur équivalente au seuil d'alerte (125µg/m³/24h) pour l'année 2008	4	0	1

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. Elle est **dépassée** sur la zone chantier de **Puits Marchand** avec 44 µg/m³ mais est respectée sur les deux stations urbaines de Toulon (Chalucet et Foch) avec respectivement 28 et 38 µg/m³. De par son implantation « trafic », le site de Toulon-Foch est plus exposé aux émissions liées à la circulation.

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.

La valeur limite journalière (50 µg/m³) n'est **pas respectée** sur le site de **Puits Marchand** qui enregistre 90 jours de dépassements contre 35 autorisés. Cette valeur réglementaire est respectée uniquement sur la station urbaine de Toulon-Chalucet, le site trafic de Toulon-Foch présentant 80 dépassements.

Sur le site de Puits Marchand, la **valeur** relative au **seuil d'information** et de recommandations à la population (80 µg/m³/24h) a été **atteinte 24 fois**, bien plus fréquemment que sur les deux autres stations, comptant moins de 5 dépassements chacune. De même, la **valeur** équivalente au **seuil d'alerte** (125 µg/m³/24h) a été **dépassée à 4 reprises**, uniquement sur le site du chantier. Ces résultats indiquent bien des niveaux généralement élevés en lien avec les activités du chantier.

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 01/11/08 AU 31/01/09

COMPARAISON DES EVOLUTIONS HORAIRES

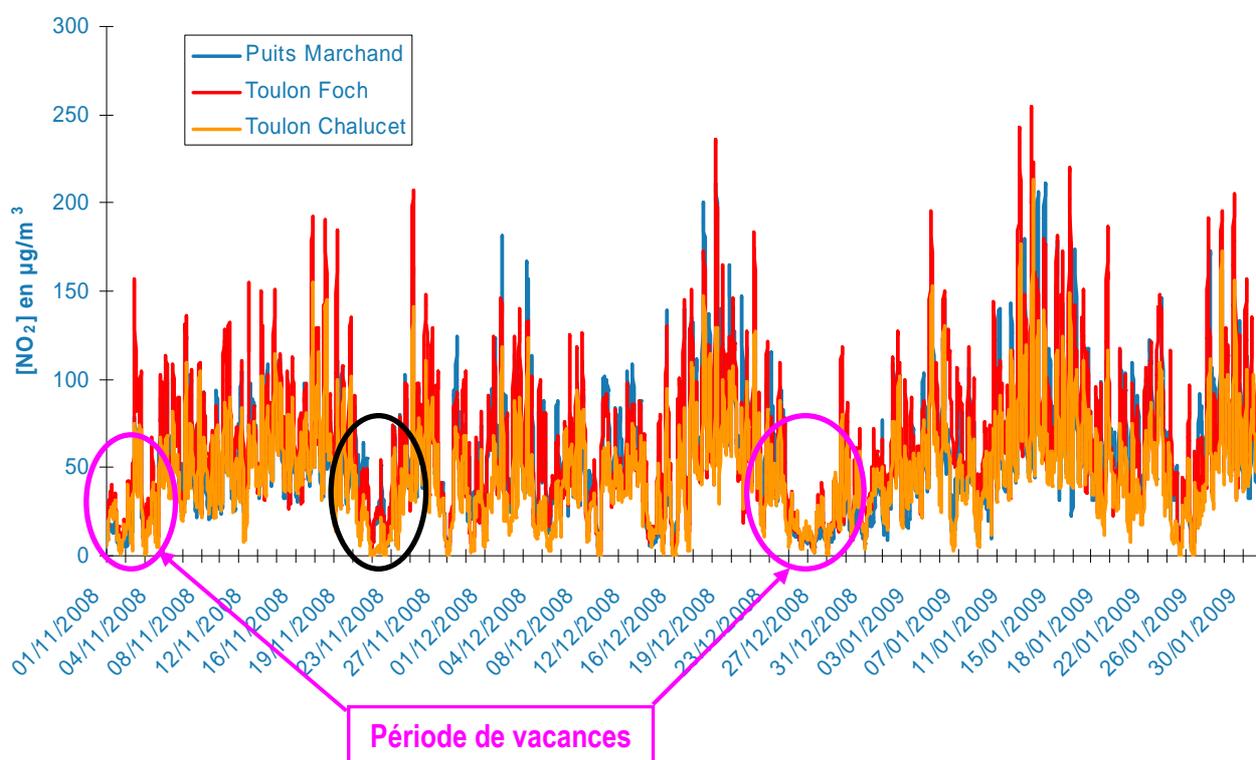


Figure 7 : niveaux moyens horaires en NO₂ du 01/11/08 au 31/01/09

Les concentrations en dioxyde d'azote suivent des variations similaires sur les trois sites. Le site de Toulon Foch semble soumis à des teneurs plus élevées, ce qui est cohérent avec sa typologie de station « trafic », implantée au plus près des voies de forte circulation. De façon générale, les moyennes de ce trimestre sont élevées : 62 µg/m³ à Toulon-Foch, 57 µg/m³ à Puits Marchand et 46 µg/m³ à Toulon-Chalucet. Cette hausse

des valeurs est habituelle en hiver, saison où les émissions sont plus nombreuses (chauffage et circulation) et les conditions atmosphériques propices à l'accumulation.

Ainsi, les maxima horaires dépassent la valeur limite pour la protection de la santé humaine (200 µg/m³) et atteignent 210 µg/m³ à Puits Marchand, 213 µg/m³ à Toulon-Chalucet et 254 µg/m³ à Toulon-Foch.

Des niveaux plus faibles apparaissent néanmoins comme en début novembre et fin décembre en raison des vacances scolaires avec des déplacements moins nombreux (cercles roses) ou entre le 20 et le 24 novembre (cercle noir). Cette période présente, en effet, une forte dispersion atmosphérique avec une vitesse de vent moyenne de l'ordre de 8 m/s (et des pointes à 17 m/s) alors qu'elle est de 4 m/s pour l'ensemble du trimestre.

Tableau 3 : récapitulatif des niveaux de NO₂ du 01/11/08 au 31/01/09

NO ₂ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Taux de fonctionnement	99.8	99.9	99.7
Moyenne du 01/11/08 au 31/01/09	57	46	62
Maximum horaire du 01/11/08 au 31/01/09	210 Le 19/12/08 à 8h	213 Le 13/01/09 à 10h	254 Le 13/01/09 à 7h
Maximum journalier du 01/11/08 au 31/01/09	107 Le 18/12/08	91 Le 13/01/09	123 Le 13/01/09
Nombre d'heures de dépassement de l'objectif de qualité (PRQA PACA : 135 µg/m ³ /h) du 01/11/08 au 31/01/09	66	25	111
Nombre d'heures de dépassement de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine du 01/11/08 au 31/01/09 (200 µg/m ³ /h, tolérance 18 heures/an : objectif 01/01/10)	3	1	15

COMPORTEMENT MOYEN JOURNALIER

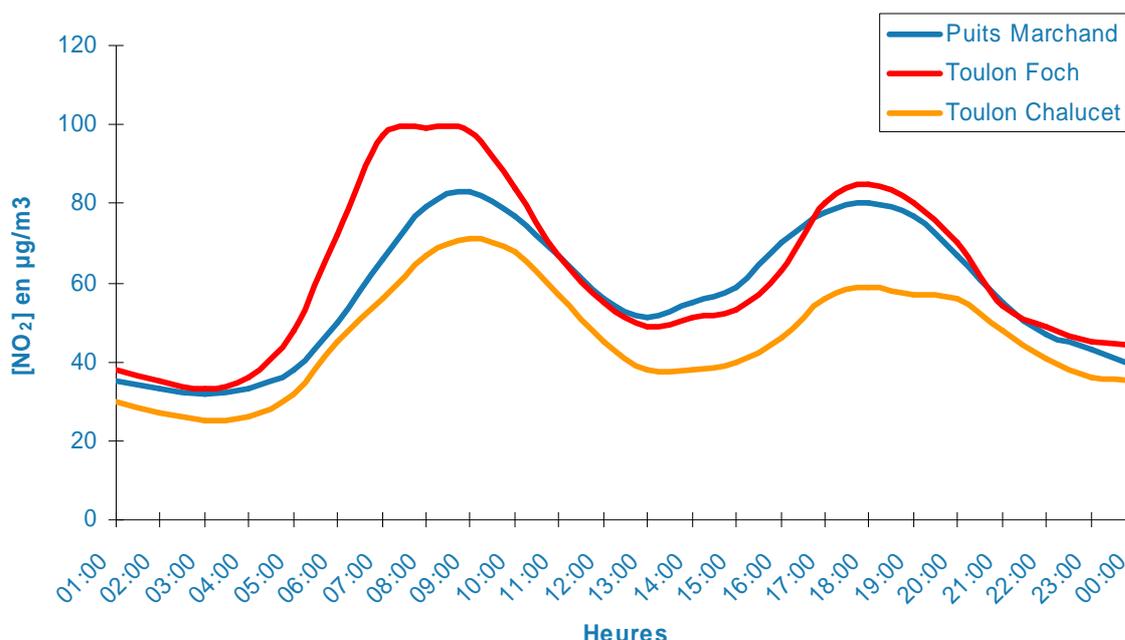


Figure 8 : profils moyens journaliers de NO₂ du 01/11/08 au 31/01/09

Sur la Figure 8, les pics correspondants aux déplacements domicile-travail, apparaissent nettement. Ils sont plus marqués sur le site « trafic » de Toulon-Foch, plus exposé aux émissions issues du transport. Le site de

Puits Marchand est également soumis au trafic lié au chantier, ce qui explique des valeurs supérieures à celles de Chalucet, site urbain de fond.

COMPARAISON DES EVOLUTIONS JOURNALIERES

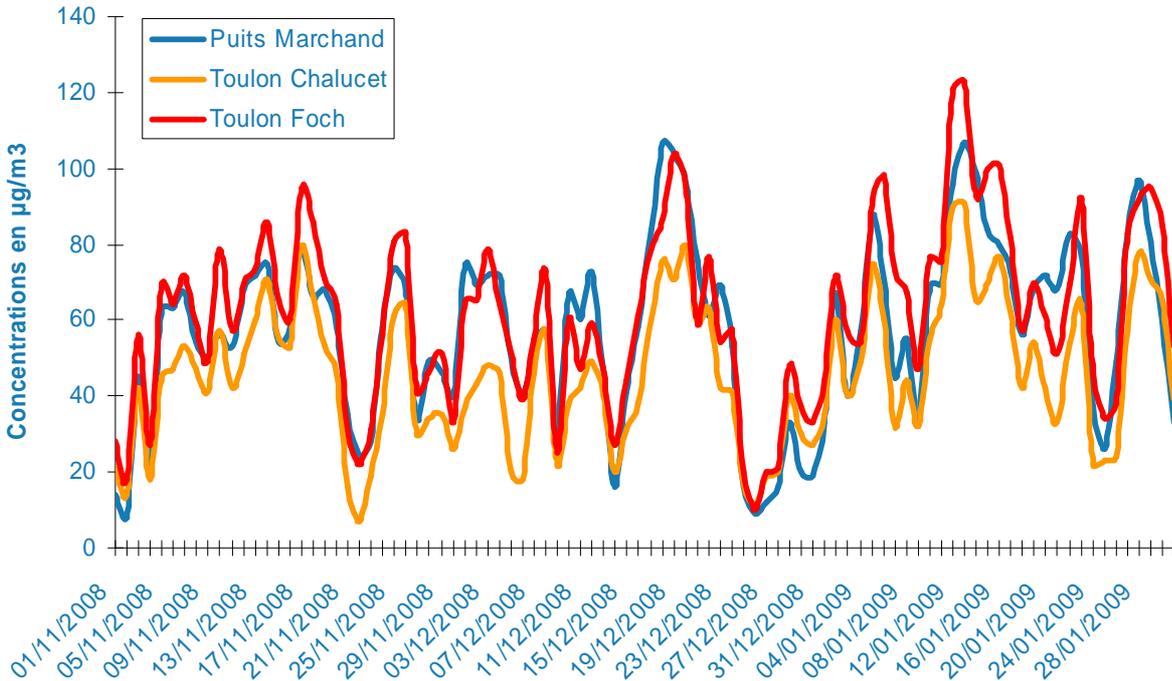


Figure 9 : niveaux moyens journaliers en NO₂ du 01/11/08 au 31/01/09

Les teneurs journalières ci-dessus coïncident avec les évolutions horaires indiquées à la Figure 7. En effet, les trois sites montrent, en général, un comportement semblable indiquant des sources communes et globales. A l'inverse des PM10, les valeurs les plus élevées ne sont pas mesurées sur le site de Puits Marchand mais à la station trafic de Toulon-Foch.

Durant ce trimestre, les faibles valeurs observées sont imputables à la baisse d'activités durant les vacances scolaires ou à des conditions météorologiques dispersives.

COMPORTEMENT MOYEN HEBDOMADAIRE

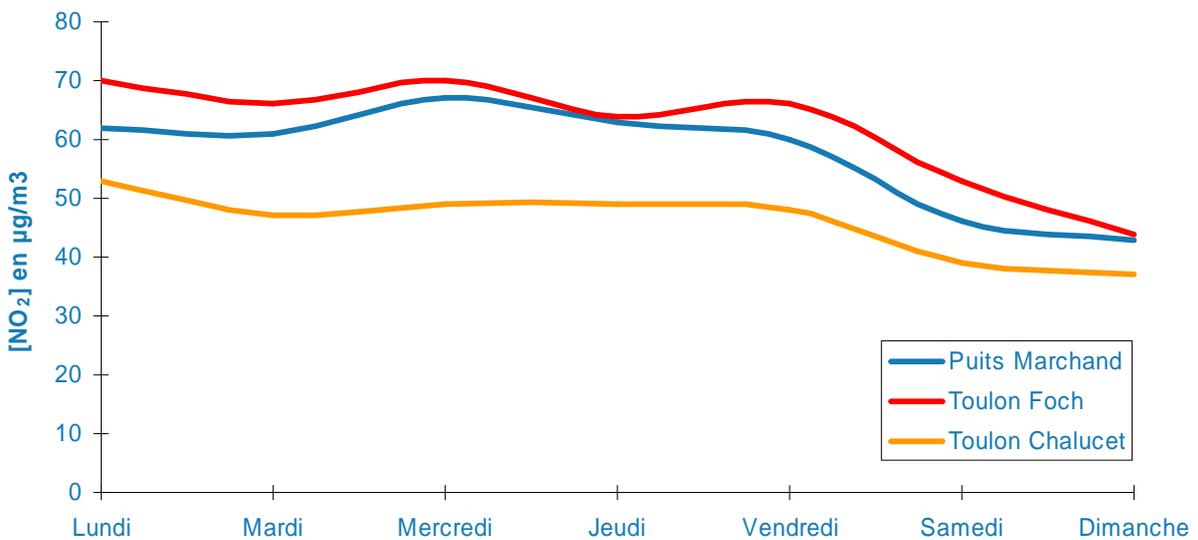


Figure 10 : profils moyens hebdomadaires de NO₂ du 01/11/08 au 31/01/09

La Figure 10 présente pour la semaine, les variations d'un jour à l'autre. Elle montre une diminution des teneurs le week-end, liée à la baisse d'activités mettant ainsi en évidence l'influence de la circulation sur l'ensemble des trois sites, dont celui de Puits Marchand.

3.2.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION

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.

Tableau 4 : comparaison des niveaux de NO₂ aux valeurs réglementaires pour 2008

NO ₂ en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Moyenne annuelle sur l'année 2008 (Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : 40 µg/m ³ /an : objectif 01/01/05)	49	40	54
Nombre de jours avec un dépassement de l'objectif de qualité (PRQA PACA: 135 µg/m ³ /h, tolérance 17 jours/an)	21	24	87
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)	2	0	39
Nombre d'heures de dépassement de la valeur équivalente au seuil d'information et recommandations à la population (200 µg/m³) pour l'année 2008	2	0	39
Nombre d'heures de dépassement de la valeur équivalente au seuil d'alerte (400 µg/m³) pour l'année 2008	0	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 4 : comparaison des niveaux de NO₂ aux valeurs réglementaires pour 2008, cette valeur **n'est respectée** sur **aucun** des trois sites pour l'année 2008.

RESPECT DES NORMES A L'ECHELLE DE L'HEURE

Concernant la pollution de pointe, la réglementation autorise 18 dépassements de la valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine (200 µg/m³). Le site de **Puits Marchand** en compte 2 **respectant** ainsi la norme. En revanche, avec 39 dépassements sur la station de **Toulon-Foch**, la **réglementation n'est pas respectée**.

La valeur équivalente au seuil d'information et de recommandations à la population est de 200 µg/m³/h. Elle a été atteinte à 2 reprises sur le site de Puits Marchand et 39 fois sur la station de Toulon-Foch. N'étant pas dans les conditions de déclenchement (2 sites fixes), ces dépassements n'ont pas donné lieu à l'activation de la procédure.

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 01/11/08 AU 31/01/09

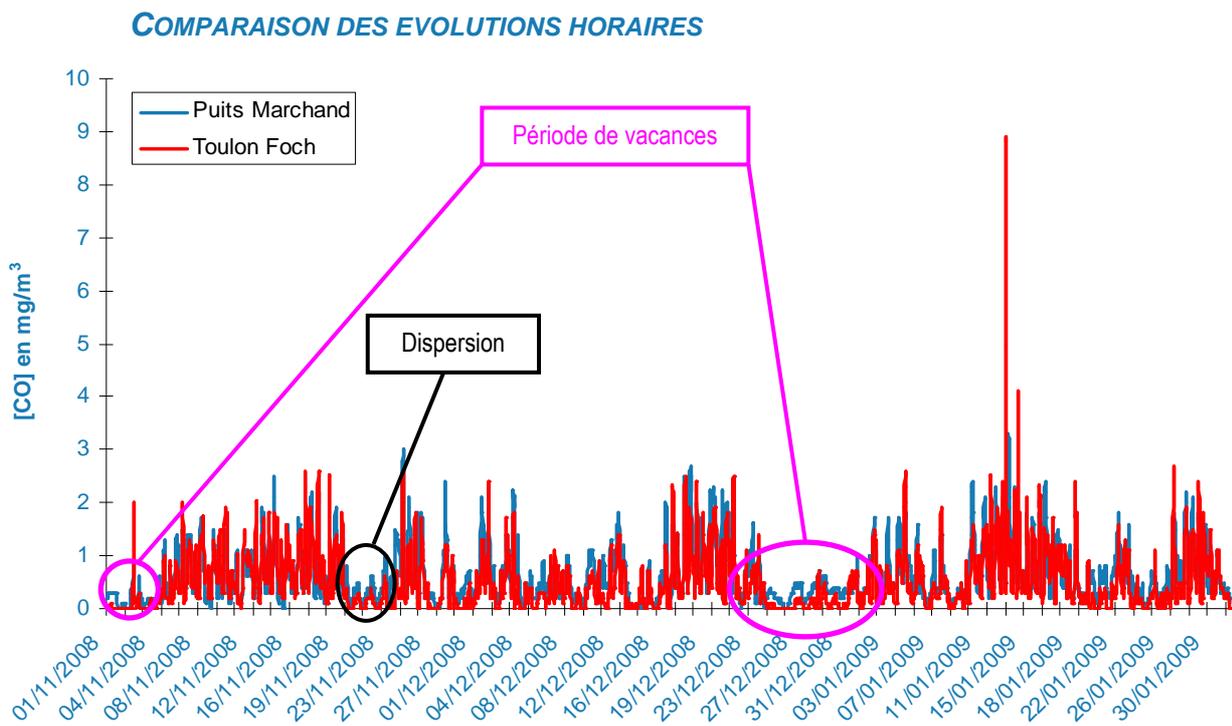


Figure 11 : niveaux moyens horaires en CO du 01/11/08 au 31/01/09

De façon générale, les fortes émissions en monoxyde de carbone apparaissent lorsque des véhicules roulent au ralenti.

Les concentrations en monoxyde de carbone, bien que faibles d'un point de vue réglementaire (cf Figure 11), sont en hausse par rapport au précédent trimestre et ce, sur les deux sites de Puits Marchand et Toulon-Foch. Cette augmentation est en lien avec la période de mesure, l'hiver générant des émissions plus nombreuses et présentant des conditions météorologiques favorables à l'accumulation des polluants.

Les moyennes respectives sont de 0,6 mg/m³ à Puits Marchand et 0,5 mg/m³ à Toulon-Foch.

Comme pour le dioxyde d'azote, les valeurs les plus faibles sont observées durant les vacances scolaires (début novembre et fin décembre) avec des déplacements moins nombreux et donc une meilleure fluidité de circulation (cercles roses) ou entre le 20 et le 24 novembre (cercle noir). Cette période présente, en effet, une forte dispersion atmosphérique avec une vitesse de vent moyenne de l'ordre de 8 m/s (et des pointes à 17 m/s) alors qu'elle est de 4 m/s pour l'ensemble du trimestre.

Tableau 5 : récapitulatif des niveaux de CO du 01/11/08 au 31/01/09

CO en mg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch
Taux de fonctionnement du 01/11/08 au 31/01/09	99.8	99.6
Moyenne du 01/11/08 au 31/01/09	0.6	0.5
Maximum horaire du 01/11/08 au 31/01/09	3.3 Le 13/01/09 à 19h	8.8 Le 13/01/09 à 14h
Maximum journalier du 01/11/08 au 31/01/09	1.4 Le 13/01/09	1.6 Le 13/01/09
Valeur limite en moyenne sur 8h du 01/11/08 au 31/01/09 (valeur limite : 10 mg/m ³)	2.4	2.8

COMPARAISON DES EVOLUTIONS JOURNALIERES

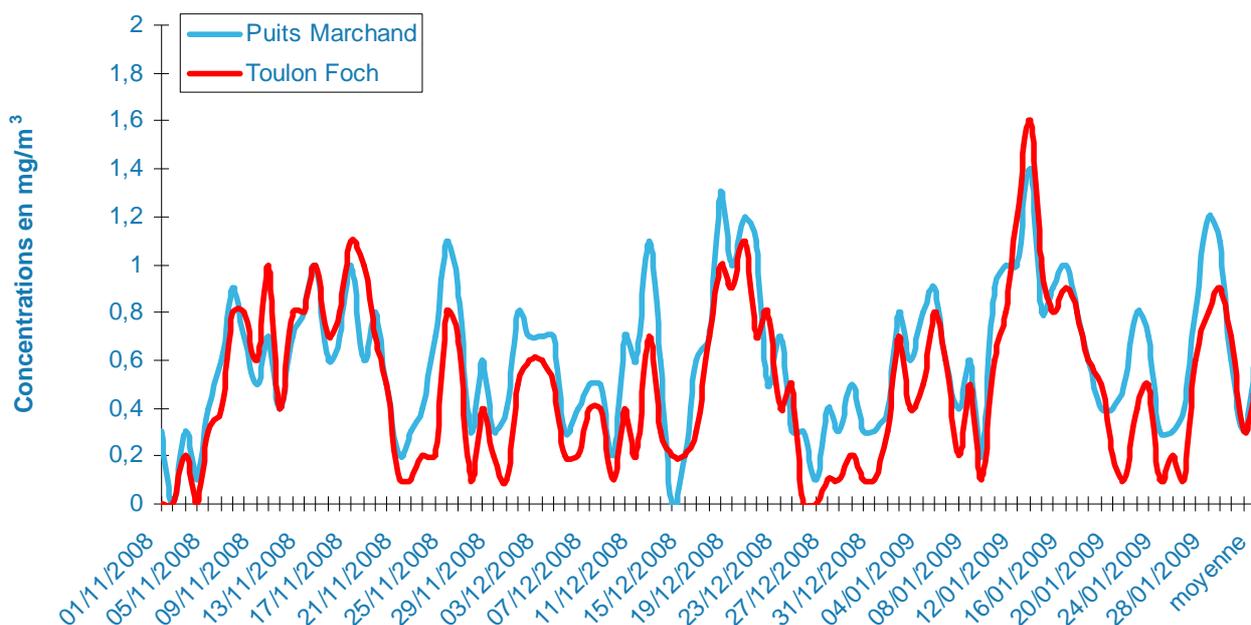


Figure 12 : niveaux moyens journaliers en CO du 01/11/08 au 31/01/09

La Figure 12 permet de mieux visualiser la différence de concentrations entre les deux sites. Il apparaît ainsi que les niveaux sur Puits Marchand sont supérieurs à ceux de Toulon Foch. Ceci s'explique par l'activité des engins de chantiers sur le site de Marchand roulant à faible vitesse, conditions favorables aux fortes émissions en CO. Le site de Toulon-Foch est certes exposé à un trafic plus important en volume mais plus fluide (exception faite des situations d'embouteillages).

3.3.4. RESPECT DE LA REGLEMENTATION

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.

Tableau 6 : comparaison des niveaux de CO à la valeur réglementaire pour 2008

CO en mg/m ³	Puits Marchand	Toulon Foch
Valeur limite en moyenne sur 8h (valeur limite : 10 mg/m ³) pour l'année 2008	2.2	1.7

Cette valeur est **respectée** sur les deux sites, pour l'année 2008.

3.4. BENZENE

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 est particulièrement présent sur les axes encombrés, où les véhicules circulent à petite vitesse et sont amenés à faire de fréquents changements de régime. En effet, il entre dans la composition des essences. 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.

3.4.3. MOYENS TECHNIQUES

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.

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

3.4.4. RESULTATS SUR LA PERIODE DU 28/10/08 AU 03/02/09

COMPARAISON DES EVOLUTIONS MOYENNES

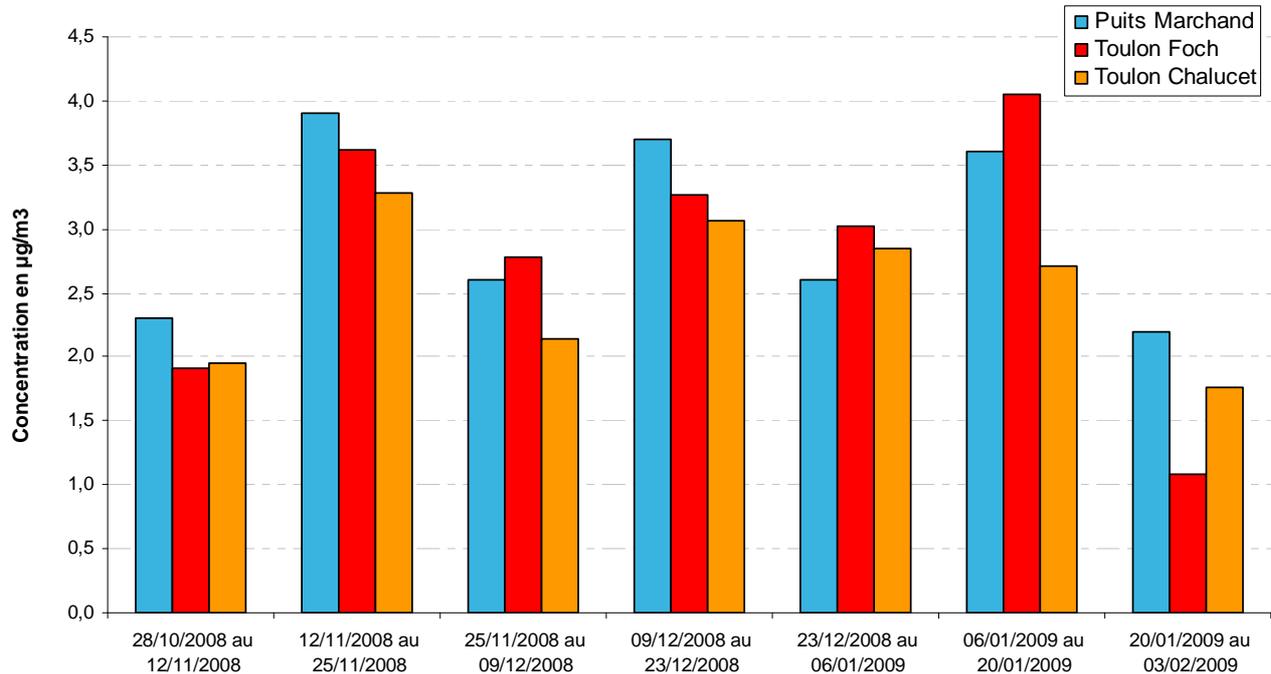


Figure 13 : niveaux moyens en benzène du 28/10/08 au 03/02/09

Les niveaux moyens sont, dans l'ensemble, plus élevés sur le site de Puits Marchand que sur les deux stations fixes de Toulon-Chalucet et Toulon-Foch.

Les moyennes respectives sur cette période sont 3 µg/m³ à Puits Marchand, 2,8 µg/m³ à Toulon-Foch et 2,5 µg/m³ à Toulon-Chalucet.

Le benzène étant un bon traceur de la congestion de circulation, il est cohérent que les niveaux les plus élevés soient mesurés sur le site chantier.

Tableau 7 : récapitulatif des niveaux de benzène du 28/10/08 au 03/02/09

benzène en µg/m ³	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Moyenne du 28/10/08 au 06/02/09	3	2.5	2.8
Maximum sur une quinzaine	3.9 Du 12/11/08 au 25/11/08	3.3 Du 12/11/08 au 25/11/08	4.1 Du 06/01/09 au 20/01/09

3.4.5. RESPECT DE LA REGLEMENTATION

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 (dégressive jusqu'en 2010).

Tableau 8 : comparaison des niveaux de benzène aux valeurs réglementaires pour 2008

benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Puits Marchand	Toulon Chalucet	Toulon Foch
Objectif de qualité pour l'année 2008 (valeur: 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	1.6	1.8
Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine (valeur limite : 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	1.6	1.8

La valeur limite est **respectée** sur les trois sites, pour l'année 2008.

4. ZOOM SUR LES PM10

4.1. EVOLUTIONS TRIMESTRIELLES

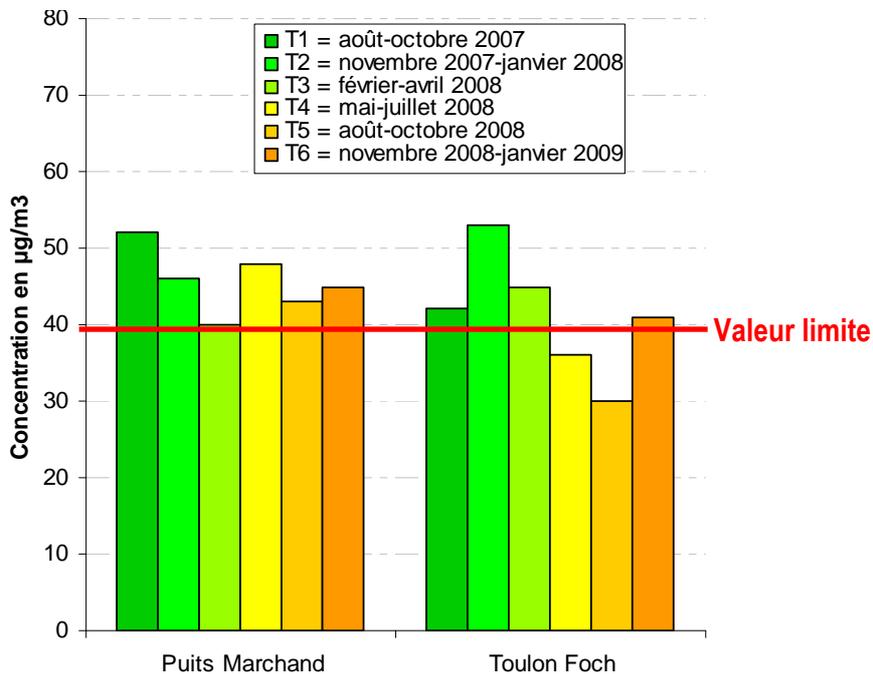


Figure 14: Evolution des moyennes trimestrielles en PM10 à Puits Marchand et Toulon Foch

Comme indiqué sur la Figure 14, 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 pour l'année 2008. La comparaison avec le site trafic de Toulon-Foch, pourtant très exposé mais ne dépassant pas les normes en PM10, confirme l'influence des travaux sur la qualité de l'air.

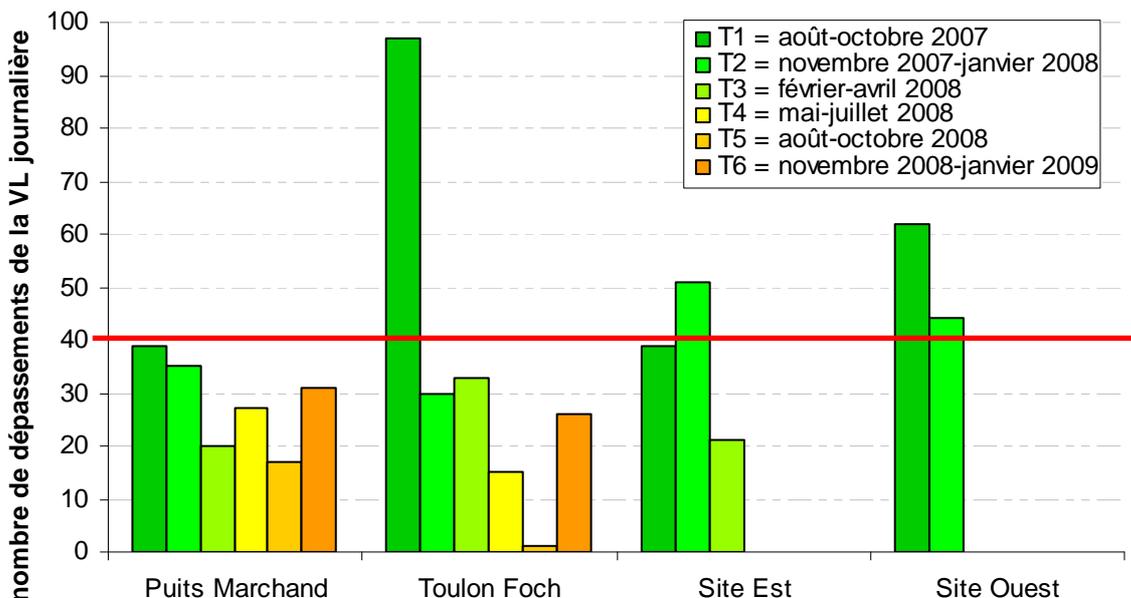


Figure 15 : Evolution du nombre de dépassements de la VL journalière

La Figure 15 montre une hausse du nombre de moyennes journalières supérieures à 50 µg/m³ (VL) sur le site de Puits Marchand au cours du dernier trimestre. Les nombreux dépassements constatés sur les sites Est et Ouest, ainsi qu'à Toulon-Foch (situé à 120 m du site Ouest) sont survenus lors de la phase de creusement.

4.2. ÉTUDE SUR LES JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA VL

Comme

mentionné

dans

le

Tableau 1, 31 dépassements de la valeur limite journalière ont été enregistrés au cours de ce trimestre, alors que les travaux sont majoritairement souterrains depuis le 3^{ème} trimestre.

La comparaison avec paramètres météorologiques peut apporter quelques explications.

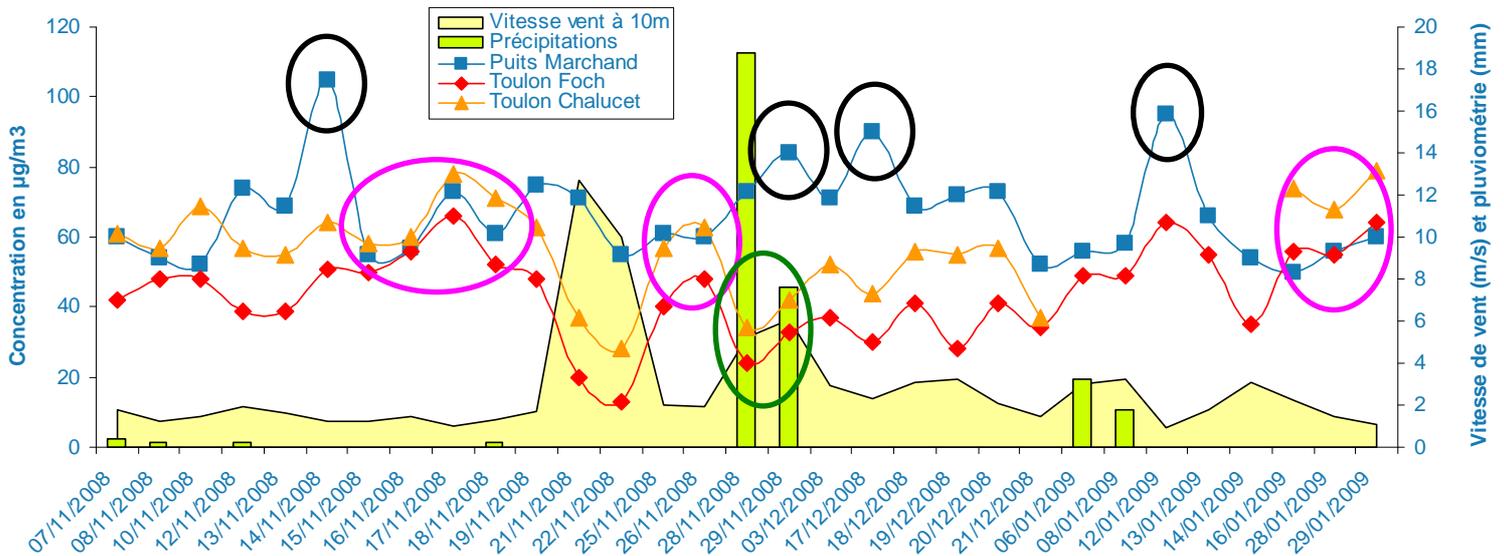


Figure 16 : Niveaux de PM10 et météorologie lors des jours de dépassements de la valeur limite sur le site de Puits Marchand

La Figure 16 met en relation les niveaux de PM10 sur l'agglomération avec la vitesse du vent et la pluviométrie. En effet la hausse des niveaux peut être due à des épisodes globaux et non à une pollution locale et ces valeurs élevées se retrouvent alors sur l'ensemble de l'agglomération, du département ou de la région. C'est le cas notamment à mi et fin novembre et fin janvier avec des concentrations comparables sur les 3 stations (cercles roses).

L'influence de la pluviométrie sur le taux de particules dans l'air est particulièrement visible les 28 et 29 novembre sur les stations de Toulon-Foch et Toulon-Chalucet (cercle vert) avec une chute des valeurs. En revanche, sur le site de Puits Marchand, les niveaux restent élevés, signe d'émissions importantes très localisées.

De même, les 14 et 29 novembre, le 17 décembre et le 12 janvier (cercles noirs), les concentrations à Puits Marchand, bien supérieures aux autres sites, témoignent d'une pollution particulière locale, liée à l'activité sur le chantier.

5. CONCLUSION

Au cours de ce sixième trimestre (du 01/11/08 au 31/01/09), les niveaux de tous les polluants mesurés sur le site de Puits Marchand sont en augmentation par rapport au précédent trimestre. Cette hausse est cohérente avec la saison. En effet, en hiver des émissions supplémentaires sont enregistrées dues au chauffage et à l'utilisation plus marquée de la voiture. De plus, la stabilité de l'atmosphère favorise le phénomène d'accumulation ce qui tend à augmenter la concentration des polluants.

Comparativement aux stations permanentes de Toulon (Foch et Chalucet), le site de Puits Marchand présente les niveaux les plus élevés en PM10 et en monoxyde de carbone. Bien qu'inférieures à celles du site trafic de Toulon-Foch, de fortes valeurs de dioxyde d'azote sont relevées à Puits Marchand.

Ainsi, à Puits Marchand, la moyenne en PM10, la moyenne et le maximum horaire en dioxyde d'azote dépassent les valeurs réglementaires sur ce trimestre. Ces dernières étant calculées sur la base d'une année civile annuelle, le respect ou non de la réglementation ne peut être définitif sur ce trimestre.

En revanche, sur l'année 2008 (en tenant compte des précédents trimestres), la réglementation n'est pas respectée pour les PM10. En effet, avec $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la moyenne annuelle sur le site chantier dépasse la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De même, 90 dépassements de la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été comptabilisés sur ce site alors que 35 sont autorisés.

De plus pour le dioxyde d'azote, la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est pas respectée avec $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A titre indicatif, les deux sites de Toulon-Foch et Toulon-Chalucet ne respectent pas cette norme.

Enfin, concernant le benzène, la moyenne annuelle est supérieure à l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (échéance 2010) est respectée.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 : Rose des vents du 01/11/08 au 31/01/09 à Toulon-La Mitre	5
Figure 2 : évolution de la température et des précipitations du 01/11/08 au 31/01/09	6
Figure 3 : Niveaux moyens journaliers en PM ₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09	8
Figure 4 : profils moyens journaliers de PM ₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09	9
Figure 5 : profils moyens hebdomadaires de PM ₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09.....	10
Figure 6 : niveaux hebdomadaires en PM ₁₀ à Puits Marchand et pluviométrie du 01/11/08 au 31/01/09.....	10
Figure 7 : niveaux moyens horaires en NO ₂ du 01/11/08 au 31/01/09	12
Figure 8 : profils moyens journaliers de NO ₂ du 01/11/08 au 31/01/09	13
Figure 9 : niveaux moyens journaliers en NO ₂ du 01/11/08 au 31/01/09	14
Figure 10 : profils moyens hebdomadaires de NO ₂ du 01/11/08 au 31/01/09	14
Figure 11 : niveaux moyens horaires en CO du 01/11/08 au 31/01/09	16
Figure 12 : niveaux moyens journaliers en CO du 01/11/08 au 31/01/09.....	17
Figure 13 : niveaux moyens en benzène du 28/10/08 au 03/02/09.....	19
Figure 14: Evolution des moyennes trimestrielles en PM ₁₀ à Puits Marchand et Toulon Foch	21
Figure 15 : Evolution du nombre de dépassements de la VL journalière	21
Figure 16 : Niveaux de PM ₁₀ et météorologie lors des jours de dépassements de la valeur limite sur le site de Puits Marchand	23

Tableaux

Tableau 1 : récapitulatif des niveaux de PM ₁₀ du 01/11/08 au 31/01/09	9
Tableau 2 : comparaison des niveaux de PM ₁₀ aux valeurs réglementaires pour 2008	11
Tableau 3 : récapitulatif des niveaux de NO ₂ du 01/11/08 au 31/01/09.....	13
Tableau 4 : comparaison des niveaux de NO ₂ aux valeurs réglementaires pour 2008	15
Tableau 5 : récapitulatif des niveaux de CO du 01/11/08 au 31/01/09	17
Tableau 6 : comparaison des niveaux de CO à la valeur réglementaire pour 2008	18
Tableau 7 : récapitulatif des niveaux de benzène du 28/10/08 au 03/02/09.....	19
Tableau 8 : comparaison des niveaux de benzène aux valeurs réglementaires pour 2008	20