

QUAND LE BÉTON SE FAIT DÉPOLLUANT

Gian Luca GUERRINI, Enrico PECCATI

CTG Italcementi Group, Bergame, Italie

Le présent article expose les résultats d'une campagne de surveillance de l'environnement dans une rue du centre de Bergame, en Italie: **l'action de dépollution d'un revêtement en pavés de béton photocatalytique TX Aria®**, suivie par l'analyse des niveaux **d'oxydes d'azote (NOx)** et le contrôle des paramètres environnementaux.

La chaussée et le trottoir ont été rénovés fin septembre 2006 sur une section d'environ 500 m de long représentant une surface active d'environ 12.000 m².

Le projet a fait l'objet de deux campagnes successives de surveillance environnementale (de deux semaines chacune) en novembre 2006 et janvier 2007.

Ces deux campagnes ont mis en évidence une réduction efficace des polluants par le revêtement photocatalytique, attestée par les concentrations inférieures à celles du site de référence à revêtement asphalté.

La durée des campagnes de surveillance peut être considérée comme statistiquement significative, à la différence de toutes les expériences précédemment réalisées sur les matériaux photocatalytiques, effectuées sur une journée seulement.

1. INTRODUCTION

La **photocatalyse** est appliquée depuis plus de dix ans à divers matériaux – et notamment à des liants cimentaires – dans le but d'obtenir une action « autonettoyante » et, plus récemment, « dépolluante ». En particulier, les recherches en cours révèlent que les matériaux cimentaires contenant du dioxyde de titane (TiO₂) présentent un fort potentiel de réduction de la pollution urbaine. Les produits cimentaires photocatalytiques peuvent par exemple éliminer des polluants tels que les NOx, les SOx, le NH₃, le CO, les composés organiques volatils (COV) tels que le benzène et le toluène, les chlorures organiques, les aldéhydes et les aromatiques polycondensés.

Cette technique est d'autant plus efficace que les surfaces (horizontales ou verticales) sont importantes. A cet égard, la construction de ce type de revêtement pour des rues, routes, parkings, carrefours, stations essence et péages très fréquentés semble être la meilleure solution pour optimiser la dépollution par photocatalyse.

Des expériences importantes ont été réalisées récemment au Japon, en Italie, en France, en Belgique et aux Pays-Bas (essentiellement sur des routes et des revêtements composés de pavés de béton).

A l'heure actuelle, différentes solutions sont envisageables pour développer cette technologie favorable à l'environnement, qui peut sensiblement **améliorer la qualité de vie**.

Plusieurs matériaux cimentaires et produits associés ont d'ores et déjà été largement validés en laboratoire.

Le point clé reste toutefois la démonstration de leurs propriétés photocatalytiques en conditions réelles. A cette fin, plusieurs projets pilotes ont été réalisés afin de démontrer l'action dépolluante (en termes de NOx) de produits photocatalytiques à base ciment TX Aria®, comprenant un programme de surveillance. En raison du niveau élevé d'investissement en équipements et des coûts associés à la gestion du programme de surveillance, cette activité reste limitée à des projets ponctuels ou à des campagnes de mesures de courte durée, ce qui signifie, dans certains cas, que les données collectées ne suffisent pas à une évaluation statistique acceptable.

Il convient en outre de prendre en compte les variations des conditions météorologiques locales, ce qui rend l'approche plus complexe.

Deux expériences pionnières, menées en Italie, ont permis d'enregistrer les niveaux de réduction de NOx à Segrate (route cimentée) et à Calusco (pavés de revêtement).

Le présent article décrit l'un des premiers exemples d'une approche de surveillance plus large adoptée dans le cadre d'un projet représentatif récemment achevé à Bergame, en Italie.

2. DESCRIPTION DU PROGRAMME EXPERIMENTAL

Le présent article expose les résultats d'une campagne de surveillance environnementale dans la Via Borgo Palazzo à Bergame : **l'action de dépollution d'un revêtement en pavés de béton photocatalytique TX Aria® posé sur la rue**, suivie par l'analyse des niveaux d'oxydes d'azote (NOx) et le contrôle des paramètres environnementaux. (Figure 1)

Le projet de rénovation de la chaussée et du trottoir a été achevé fin septembre 2006. Des pavés gris (dimensions : 145 x 145 x 90 mm) ont été utilisés pour la rénovation de la chaussée, tandis que les trottoirs ont été revêtus de pavés rouges (175 x 115 x 60 mm et 115 x 115 mm).

Le projet a porté sur une section de chaussée d'environ 500 m de long, représentant une surface active d'environ 12.000 m².



Figure 1 : Via Borgo Palazzo, après rénovation

La surveillance environnementale a été assurée par deux campagnes successives, de deux semaines chacune :

- 1ère campagne : du 6 au 17 novembre 2006
- 2ème campagne : du 15 au 26 janvier 2007

Ces périodes sont en effet particulièrement favorables en termes de niveau d'ensoleillement pour l'activation photocatalytique. En termes de qualité de l'air, de très fortes concentrations en polluants ont été enregistrées en novembre 2006, particulièrement pendant la deuxième semaine de la campagne. Les valeurs de janvier 2007, beaucoup plus faibles, ont toutefois confirmé les niveaux de pollution élevés de cette zone urbaine.

Ces campagnes ont été menées sous le contrôle de l'ARPA (Agence Régionale pour la Protection de l'Environnement), qui a supervisé l'étalonnage des équipements de surveillance utilisés.

Des mesures ont été prises sur deux sites distincts (Figure 2) :

- Un premier site d'essai, servant de base pour la zone où les pavés photocatalytiques ont été posés à la fois sur la chaussée et sur les trottoirs ;
- Un deuxième site d'essai, avec un revêtement en béton bitumineux classique pour référence.

Ces sites ont été sélectionnés à l'issue d'essais préliminaires effectués avant la rénovation, en fonction de la géométrie de la rue et de l'influence potentielle du trafic. Des mesures préliminaires prises sur ces deux sites (en février 2004 et mars 2006, à raison d'une semaine pour chaque essai) ont en effet produit des valeurs quotidiennes de NOx très proches, en deux points différents.



Figure 2 : Position des noxmètres dans la rue



Figure 3 : station de mesure mobile

Au cours de la première campagne d'essai, des analyseurs de NOx par chimiluminescence (Figure 3) placés sur les deux sites de mesure ont été utilisés. Les échantillons de gaz ont été analysés à une hauteur d'environ 1 m. Pendant la deuxième campagne d'essai, quatre analyseurs par chimiluminescence ont été utilisés simultanément, soit deux par site d'essai, afin de réaliser des analyses à deux hauteurs différentes (30 et 180 cm).

Les analyseurs ont été paramétrés pour mesurer les valeurs de concentration dans l'air de NOx, de NO et de NO2 en parties par billion (ppb) en volume (fréquence : une mesure par minute).

Le processus d'échantillonnage a été mené conformément aux recommandations d'Euroairnet, en fonction de la hauteur et de la distance des points de mesure par rapport au flux de circulation et à leur emplacement sur les sections de chaussée étudiées.

Outre les mesures d'oxydes d'azote, les données météorologiques les plus significatives (humidité, température, vent, nébulosité, pression, intensité lumineuse, visibilité et précipitations atmosphériques) ont également été enregistrées. Le nombre de véhicules circulant pendant la journée a également été mesuré.

Les équipements suivants ont été utilisés :

- Analyseurs par chimiluminescence AC 32 d'ENVIRONNEMENT S.A.
- Système d'étalonnage VE 3 M d'ENVIRONNEMENT S.A.
- Thermo-hygromètre TESTOR 171 de Testo
- Luxmètre Testo 545
- Photo-radiomètre UVA, UVB, RAD – Delta OHM DO 9721
- Anémomètre à fil chaud Testo 425
- Bouteilles de NOx certifiées pour l'étalonnage.

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Au cours de la période de suivi de novembre 2006, les conditions météorologiques ont été particulièrement bonnes et ensoleillées, sauf le tout dernier jour, au cours duquel le temps s'est dégradé et la pluie a commencé à tomber.

Au cours de la deuxième campagne de mesure (janvier 2007), les conditions météo étaient les suivantes :

- Semaine 1 – Lundi au dimanche – conditions relativement bonnes. La luminosité correspondait aux conditions types des jours d'hiver avec des jours plus courts ;
- Semaine 2 – Alternance de pluie et de neige avec une faible visibilité diurne. De plus, en raison de la présence de deux chantiers à proximité, un trafic de poids lourds qui a renforcé la circulation et affecté les mesures prises sur le site à revêtement photocatalytique a été enregistré. Pour la même raison, la chaussée est restée sale (salissures et boue) pendant plusieurs jours, ce qui a réduit la surface active utile. Le site de référence (chaussée asphaltée) n'a subi aucun inconvénient particulier.

Il convient en outre de souligner que la vitesse du vent a été négligeable pendant toute la durée des deux campagnes. Les deux campagnes ont mis en évidence une réduction efficace des polluants par le revêtement photocatalytique, attestée par les concentrations inférieures à celles du site de référence à revêtement asphalté.

Au cours de la première campagne d'essai et en ce qui concerne les moyennes quotidiennes de concentration de polluants de 9h00 à 17h00 (durée du jour), **un écart moyen de 40 %** entre les deux sites (différence calculée par rapport à la valeur « asphalte » enregistrée) a été observé.

Les figures 4 et 5 présentent les valeurs moyennes pour les NOx et le NO, respectivement (écarts quotidiens d'environ 30 à 66 %).

Les figures 6 et 7 présentent un exemple de valeurs de NOx enregistrées le 7 novembre 2006 pour une période de 24h00 et de 9h00 à 17h00. De fait, les valeurs de NOx sont très proches la nuit, lorsque le trafic est quasi inexistant, mais deviennent très différentes du début de la matinée à la fin de soirée. Plus particulièrement, à partir de 9h30 – lorsque le rayonnement solaire augmente – la zone revêtue de pavés photocatalytiques a toujours présenté des valeurs de NOx inférieures à celles de la zone de référence, revêtue d'asphalte, avec un écart moyen de 47 % par rapport à la « valeur asphalte ».



Figure 4 : Valeurs moyennes de NOx pour la première campagne

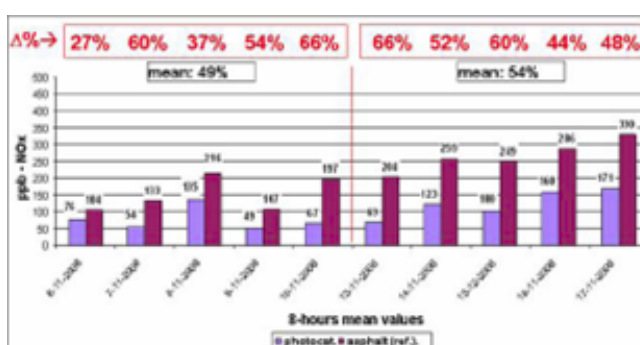


Figure 5 : Valeurs moyennes de NO pour la première campagne

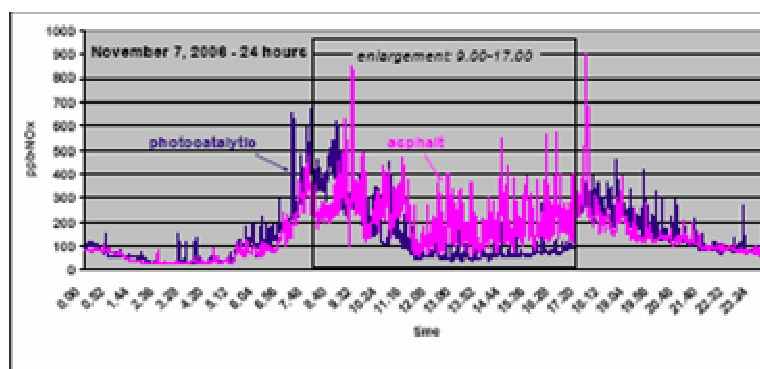


Figure 6 : Valeurs de NOx sur 24 h (de 0h00 à 0h00) le 7 novembre 2006

Autre aspect marquant de cet effet dépolluant : le 7 novembre 2006 **une réduction des pics de pollution** instantanée et des fluctuations plus faibles sur le revêtement photocatalytique par rapport à la zone asphaltée ont été enregistrées.

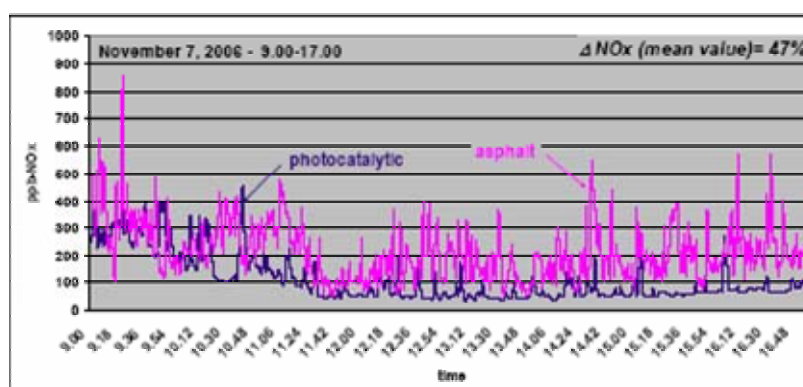


Figure 7 : Valeurs de NOx en journée (de 9h00 à 17h00) le 7 novembre 2006

Au cours de la deuxième campagne d'essai, en janvier 2007, une réduction de la pollution a de nouveau été observée, avec les mêmes remarques concernant la plus faible luminosité et les plus faibles valeurs absolues de pollution moyenne de jour (avec des écarts de NOx de 20 à 40 % environ). Plus particulièrement au cours de la deuxième semaine, les précipitations, et, à certains moment, le verglas en journée, ont eu un impact négatif sur les résultats.

La nuit et le week-end (de nuit et de jour), les deux postes ont enregistré des valeurs de NOx très similaires en raison du trafic réduit. Ces valeurs correspondaient aux niveaux de pollution urbaine « de fond ».

Dans la journée, en semaine 1, les tendances quotidiennes ont été similaires pour les deux sites, avec des pics de concentration aux heures de trafic intense (Figure 8).

Au cours de cette deuxième campagne, les pics de pollution instantanée correspondant aux valeurs de concentration enregistrées pendant les périodes de surveillance en journée ont été nettement plus faibles, avec des fluctuations réduites sur la zone à revêtement photocatalytique (Figure 8). Ce phénomène avait déjà été observé au cours des précédentes campagnes de surveillance des précédentes applications expérimentales de Segrate, près de Milan et de Calusco, près de Bergame (Italie).

La comparaison des données de NOx enregistrées sur chaque site de mesure au moyen de deux noxmètres différents, placés l'un à 30 cm et l'autre à 180 cm au-dessus du sol, a donné les résultats les plus pertinents.

L'analyse statistique a déterminé que, pour le revêtement asphalté, les valeurs de concentration étaient plus élevées près du sol. Ce résultat était prévisible en raison du niveau de pollution plus élevé provoqué par les gaz d'échappement des véhicules et de la tendance des NOx à stagner dans les couches d'air les plus basses, en contact avec le sol. A l'inverse, pour le revêtement photocatalytique, les valeurs les plus élevées ont été relevées au point de mesure situé à 180 cm au-dessus du sol. Les écarts liés à l'élévation, en termes de NOx et de NO, étaient d'environ 10 % (Tableau 1).

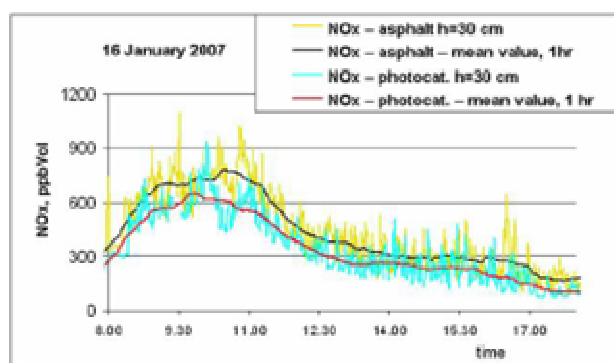


Figure 8 : Tendance des valeurs de NOx en journée (16 janvier 2007)

Tableau 1 : Ecart entre les valeurs de NOx, calculées du 15 au 18 janvier 2007 (de 8h00 à 18h00, chaque jour)

Distance au-dessus du sol	Concentration dans la zone à revêtement photocatalytique (valeur moyenne)		Concentration dans la zone à revêtement asphalté (valeur moyenne)		Ecart entre les deux sites, en %	
	NOx	NO	NOx	NO	NOx	NO
30 cm	250 ppb	194 ppb	336 ppb	270 ppb	30%	33%
180 cm	260 ppb	201 ppb	316 ppb	248 ppb	20%	20%

L'efficacité du revêtement photocatalytique en TX Aria® de la section étudiée a été confirmée au cours des deux périodes de surveillance environnementale.

La durée des campagnes de surveillance peut être considérée comme statistiquement significative, à la différence de toutes les expériences précédemment réalisées sur les matériaux photocatalytiques, beaucoup plus courtes (une journée).

4. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus par le programme de surveillance ont confirmé **la grande efficacité des pavés photocatalytiques TX Aria®** utilisés, déjà établie par de précédent projets pilotes (comparaison entre une zone photocatalytique et une zone de référence asphaltée).

En particulier, **l'activité dépolluante a été clairement démontrée** par les mesures effectuées à deux distances différentes du sol.



Les résultats doivent encore être vérifiés au cours d'une période de l'année plus favorable en termes de luminosité (printemps/été/automne) et sur une plus longue durée (plusieurs mois). De fait, l'analyse statistique présente une grande complexité, toutes les données relatives aux NOx devant être corrélées à celles correspondant aux niveaux de pollution locale ainsi qu'aux données météorologiques.

En ce qui concerne les actions à venir, il faut impérativement adopter un système de surveillance automatique, afin d'optimiser la collecte des données, en fonction de la durée du programme (mesure déjà programmée pour 2008).

La chaussée de Vanves, en France, près de Paris s'inscrit comme une nouvelle action pour prouver l'efficacité de l'action dépolluante d'un béton TX Aria®. Des mesures sur les concentrations en NOx se poursuivront sur toute l'année 2008.

Par ses solutions, ITALCEMENTI œuvre pour l'amélioration du cadre de vie.