

Analyse sur piste des facteurs gouvernant la remise en suspension des particules dans le sillage des véhicules

Bachar Obeid ^a, Bogdan Muresan-Paslaru ^b, Frédéric Murzyn ^c, Andry Razakamanantsoa ^d

^a ESTACA, ESTACA'Lab – Laval, F-53000 Laval, France
^b AME-EASE, Université Gustave Eiffel, F-44340 Bouguenais, France
^c ESTACA, ESTACA'Lab – Bordeaux, F-33400 Talence, France
^d GERS-GIE, Université Gustave Eiffel, F-44340 Bouguenais, France



Contexte

La pollution atmosphérique est considérée au niveau européen comme la première cause environnementale de maladies et de décès évitables [1]

65% des poussières routières sont attribuées aux routes non revêtues [2]

Des mesures ont été prises par les professionnels pour inhiber les émissions de particules et réduire la consommation d'eau dédiée à l'arrosage [3]

La modification des caractéristiques aérodynamiques des véhicules qui circulent sur le chantier (ajout d'appendices, chargement de la benne, vitesse de circulation) est le dernier point non abordé [4]

Objectif & approche

Essais sur piste pour caractériser l'envol des particules dans le sillage de deux véhicules : un véhicule de tourisme et un camion de chantier

- Mesures sur une piste où des particules ont préalablement été déposées à une concentration surfacique donnée (400 g/m²) et selon un agencement défini
- Etude de l'influence de la vitesse de circulation et des bavettes (et de la forme du chargement d'un camion) sur la remise en suspension et la dispersion des PM₁, PM_{2,5} et PM₁₀.
- Identification des sources d'émissions

Dispositifs

- 9 micro-capturs de type HM3301 pour mesures des PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁
- 10 micro-capturs de type AtmoTrack pour mesures des PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁

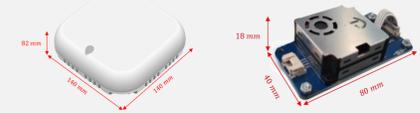


Figure 1 : Capturs AtmoTrack et HM3301

- Un véhicule Renault Clio III et un camion benne Mercedes AROCS 8x4

Méthodologies

9 micro-capturs HM3301 installés sur des poteaux à 2 m de la route
 6 micro-capturs AtmoTrack installés sur des poteaux à 4 m de la route

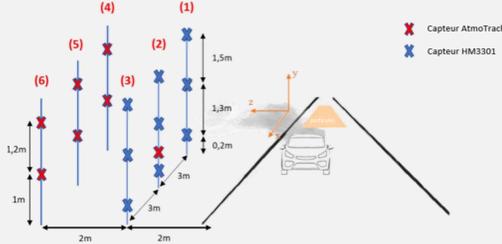


Figure 2 : Installation des capturs fixes pendant les essais avec la Clio III

6 micro-capturs AtmoTrack installés sur deux poteaux à 3 m de la route

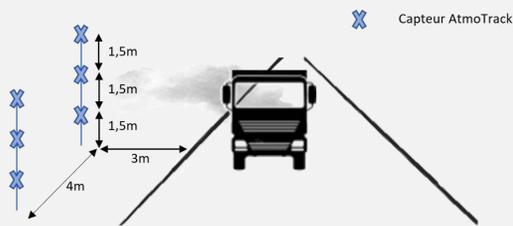


Figure 3 : Installation des capturs fixes pendant les essais avec le camion

Clio III: 2 micro-capturs derrière les pneus arrière du véhicule
 1 micro-captur dans le plan de symétrie du véhicule

Camion: 2 micro-capturs dans le plan des pneus gauches
 2 micro-capturs dans le plan de symétrie du camion

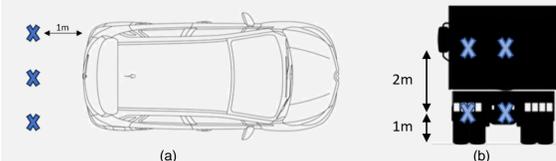


Figure 4 : Installation des capturs mobiles sur (a) la Clio III (b) le camion

Pour les deux véhicules, trois configurations de bavettes :

- (a) Sans bavette
- (b) Avec deux bavettes installées derrière les pneus arrière du véhicule
- (c) Avec une longue bavette qui occupe toute la largeur du véhicule



Figure 5 : Trois configurations de bavettes (a) sans bavette (b) deux bavettes (c) une longue bavette

Sol, conditions météorologique et configurations testées:

Nature du sol: sol prélevé sur un chantier à Val d'Europe (classe A2: sable fin argileux et limon)

Répartition des particules de sol: un rectangle ayant les mêmes dimensions que le véhicule (400 g/m²)

Météo: vent calme (vitesse < 1 m/s) et humidité relative entre 18% et 40%

Véhicule	Clio III	Camion
Vitesse de circulation (km/h)	30, 50, 70	30, 50
Type de bavettes	0, 1, 2	0, 1, 2
Type de bache	-	Avec et sans

Tableau 1 : Configurations testées pour chaque véhicule

Pour les micro-capturs statiques fixés sur les poteaux, la somme (S) des concentrations de particules s'envolant après le passage du véhicule :

$$S = \sum_0^L \sum_{R_0}^{R_1} \sum_{t_0}^{t_1} c(x, y, t) \quad \text{où } c(x, y, t) \geq 2 \times C_f$$

Pour les micro-capturs mobiles installés sur le véhicule, la somme (M) des concentrations de particules s'envolant après le passage du véhicule :

$$M = \sum_0^L \sum_{t_0}^{t_1} c(z, t) \quad \text{où } c(z, t) \geq 2 \times C_f$$

c est la concentration instantanée des particules et C_f la concentration de fond

Résultats

Données des capturs fixes (Clio III)

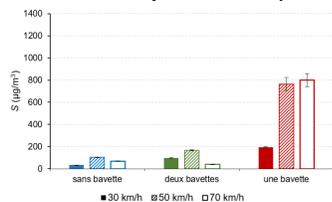


Figure 6: Concentration des PM₁₀ en fonction de la configuration des bavettes et de la vitesse de circulation

- L'installation d'une longue unique bavette favorise le plus la remise en suspension des particules, quelle que soit la vitesse de circulation
- À 30 et 50 km/h, la circulation sans bavette est la plus efficace pour réduire la quantité de particules remises en suspension
- A 70 km/h, l'installation de deux bavettes limite le plus la remise en suspension des particules

Données des capturs mobiles (Clio III)

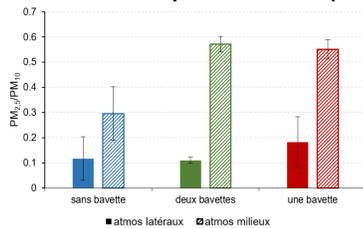


Figure 7: Ratio PM_{2,5}/PM₁₀ calculé à partir des mesures mobiles à 30 km/h

- Plus de 82% des particules détectées derrière les pneus sont des PM₁₀, quelle que soit la configuration de bavette et la vitesse de circulation
- Les PM_{2,5} sont principalement détectées dans le plan central du véhicule

Données des capturs fixes (Camion)

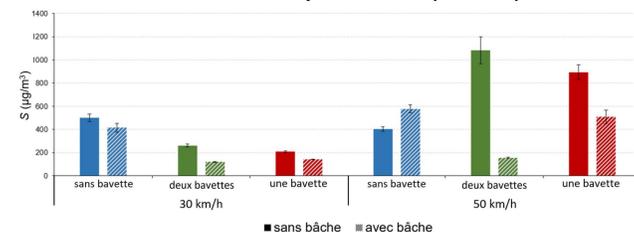


Figure 8: Concentration des PM₁₀ en fonction de la configuration des bavettes, de la configuration de la benne et de la vitesse de circulation

- L'augmentation de la vitesse cause une augmentation des émissions
- L'utilisation d'une bache réduit significativement les émissions
- L'utilisation des deux bavettes et d'une bache est recommandée pour réduire la remise en suspension des particules, quelle que soit la vitesse de circulation du camion

Données des capturs mobiles (Camion)

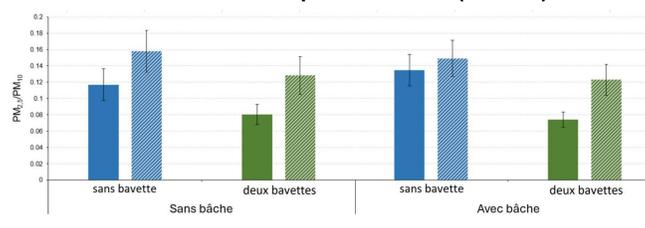


Figure 9: Ratio PM_{2,5}/PM₁₀ calculé à partir des mesures mobiles à 30 km/h

- La quantité des PM_{2,5} détectée dans le plan central est légèrement supérieure à celle derrière les pneus
- Plus de 84% des particules détectées derrière le camion sont des PM₁₀

Les sources des émissions (Clio III)

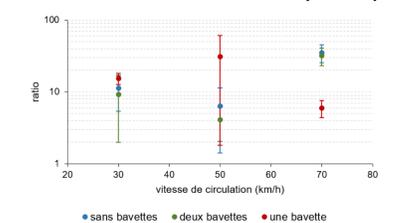


Figure 10: **Rapport** entre les concentrations de PM₁₀ mesurées par les capturs latéraux et celles mesurées par le capteur central en fonction de la vitesse de circulation

- Les concentrations des particules mesurées derrière les pneus sont toujours supérieures à celles mesurées dans le plan central du véhicule, quelle que soit la vitesse de circulation et la configuration de bavette
- Le ratio PM_{pneus}/PM_{plan central} atteint parfois des valeurs supérieures à 35

Les sources des émissions (Camion)

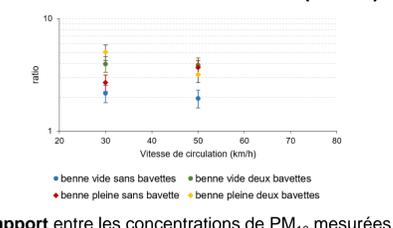


Figure 11: **Rapport** entre les concentrations de PM₁₀ mesurées par le capteur latéral inférieur et celles mesurées par le capteur central inférieur en fonction de la vitesse de circulation

- Les concentrations des particules mesurées derrière les pneus sont toujours supérieures à celles mesurées dans le plan central du véhicule
- Le ratio PM_{pneus}/PM_{plan central} atteint une valeur maximale de 5

Conclusions

- Clio III**
 - Pour limiter la remise en suspension des particules, il est recommandé de rouler sans bavette
 - Les pneus sont les sources principales de la remise en suspension des particules
- Camion**
 - Pour limiter la remise en suspension des particules, il est recommandé de rouler avec deux bavettes et une benne bâchée
 - Les pneus peuvent remettre jusqu'à 5 fois plus de particules que l'écoulement de soubassement
- Perspectives**
 - Etude en soufflerie de l'écoulement se développant dans le sillage d'un camion de chantier
 - Simulation numérique de l'écoulement et de la dispersion des particules dans le sillage d'un camion de chantier

Références

- Commission européenne. "Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions", rapport technique, 2013.
- Tony Greening. "Quantifying the impacts of vehicle-generated dust: a comprehensive approach", World Bank, Washington DC, USA, 2011
- UGE, FNTP, UMTM et SPTF. "Recommandations pour la gestion des émissions de poussières et de l'usage de l'eau lors de la circulation sur pistes non revêtues", rapport technique, Université Gustave Eiffel, Marne-la-Vallée, 2021.
- Mickael Le Vern. "Etude expérimentale des mécanismes et des conditions d'envol des poussières. Application aux chantiers de terrassement", Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes, 2021