

# Approche expérimentale pour la quantification des émissions de COVs des enrobés bitumineux en phase d'usage et leur dépendance à la température

Antoine MASSROUA<sup>1</sup>, Bogdan MURESAN<sup>2</sup>, Manolis N. ROMANIAS<sup>3</sup>, Frédéric THEVENET<sup>3</sup>, Vincent GAUDEFROY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ Gustave Eiffel, MAST-MIT, F-44344 Bouguenais, France  
<sup>2</sup> Univ Gustave Eiffel, AME-EASE, F-44344 Bouguenais, France  
<sup>3</sup> IMT Nord Europe, Institut Mines-Télécom, University of Lille, Center for Energy and Environment, F-59000 Lille, France

## Contexte

- Qualité de l'air urbain : émissions de COVs en phase d'usage des chaussées [1-3]
- Effet aggravant du réchauffement climatique (+5 °C prévue en 2100) [4-5]
- Connaissances limitées et absence de techniques de mesure dédiées
- Pas de prise en compte de ces émissions dans les inventaires de sources de pollution (CITEPA)
- Surfaces bitumineuses : jusqu'à 40% dans les zones urbaines (Nantes Métropole : réseau routier ≈ 35 km<sup>2</sup> (6%) (estimations))

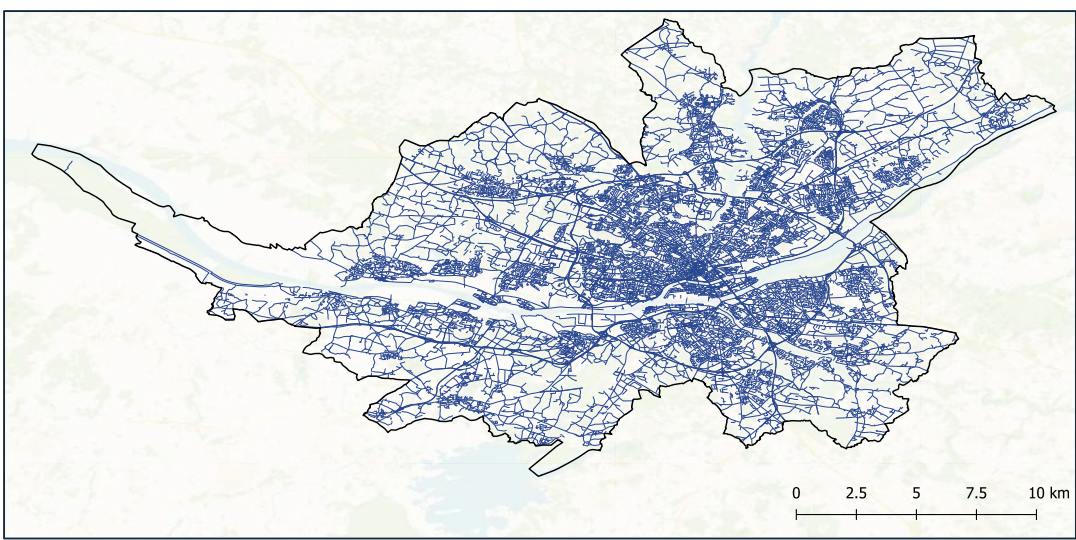


Fig.1 : Exemple d'un réseau routier de Nantes Métropole

## Objectifs

- Développer une méthodologie expérimentale de laboratoire (chambre climatique)
- Quantifier les émissions de composées organiques volatiles (COVs) en phase d'usage
- Étudier l'effet de la température et de la formulation des mélanges pour couche de roulement
- Alimenter les inventaires d'analyse de cycle de vie (ACV)

## Matériels et méthodes

### 1. Développement du montage expérimental

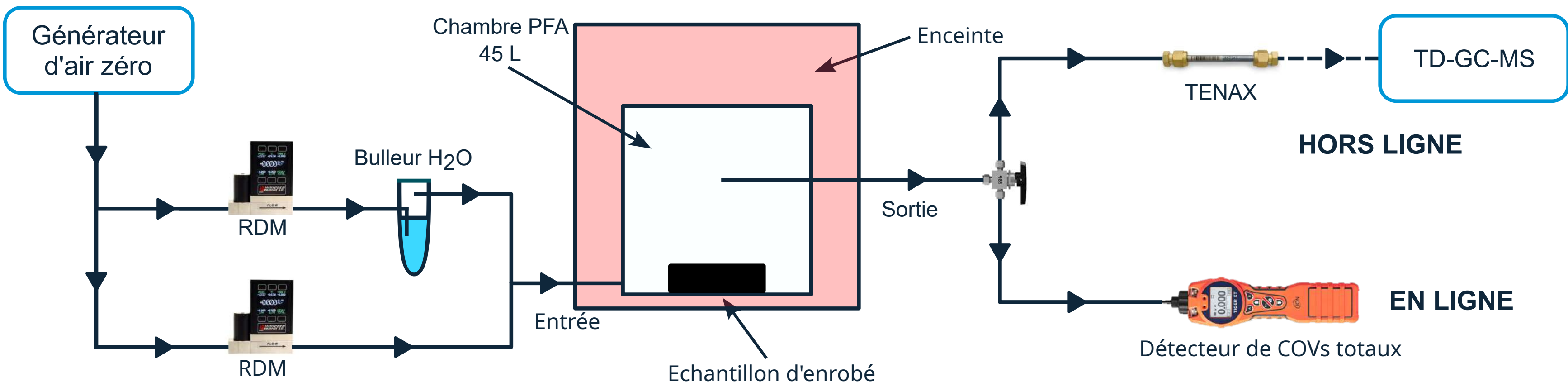


Fig.2 : Chambre climatique pour simuler des conditions d'exposition réalistes des enrobés bitumineux

### 2. Formulations des mélanges étudiés

	BBSG	BBTM
Teneur en vide (%)	6	15
Teneur en liant (%)	4.76	5.57
Module de richesse K	3.62	3.97
Grade de bitume	35/50	35/50



Fig.3 : Photo capturée d'un échantillon de BBSG (φ225 mm x h20 mm) et en configuration d'essai dans la chambre en PFA

### 3. Validation du système

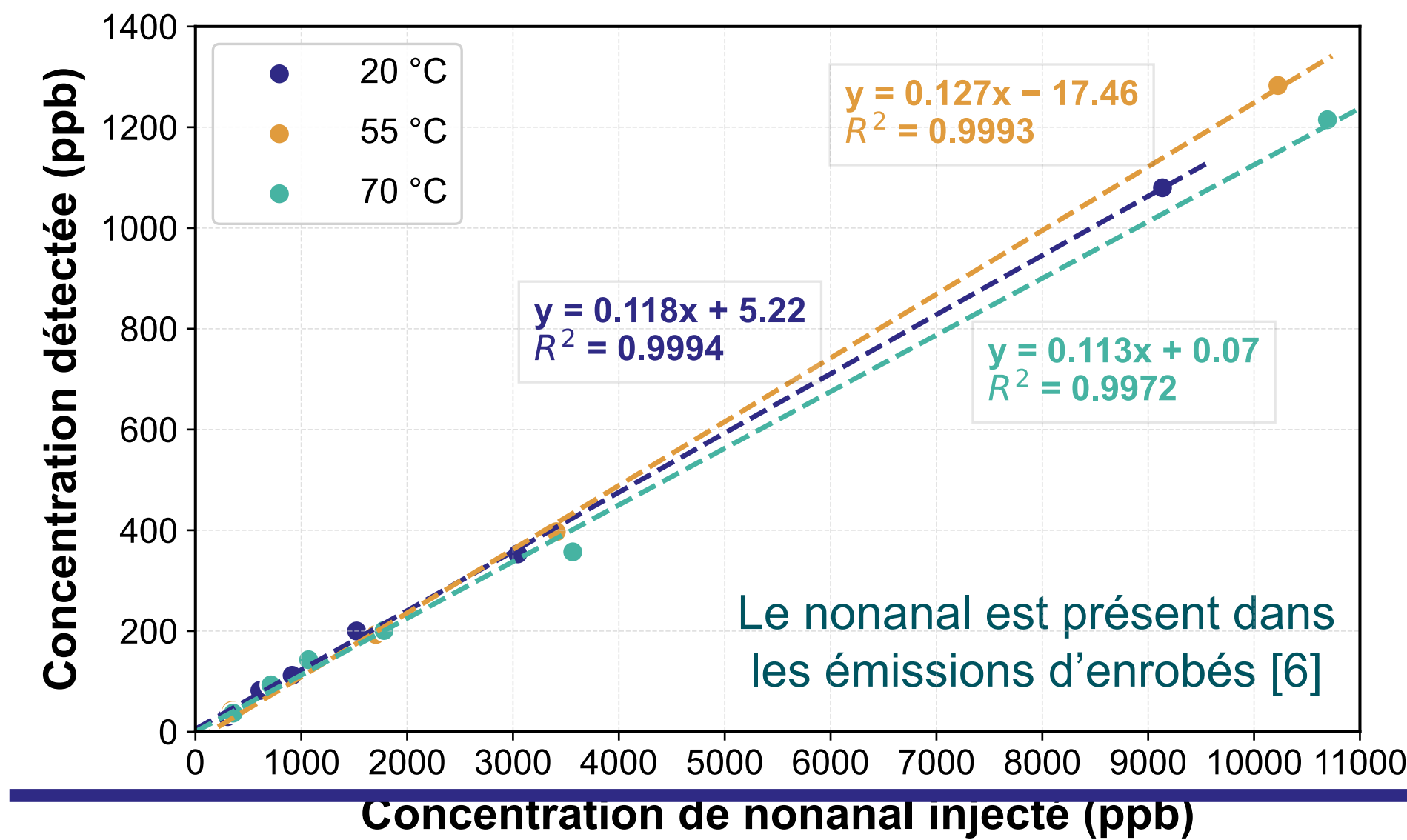


Fig. 4 : Droites d'étalonnages obtenues aux différentes températures d'analyse

### 4. Protocole expérimental à résolution temporelle

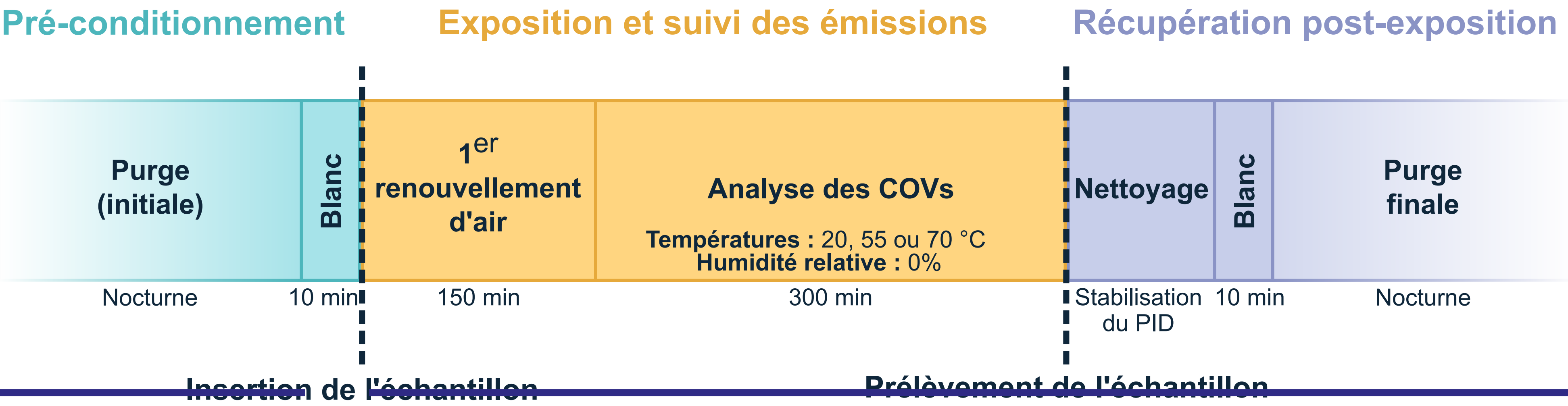


Fig. 5 : Cycle d'essai de mesure des COVs émis en fonction du temps avec les durées de phase associées

## Calcul des facteurs d'émission et résultats

$$FE_{inst(t)} = C_{(t)} \times 12.187 \times \left( \frac{9 \times 12.01}{273.15 + T} \right) \times \frac{Q \times 10^{-3}}{60 \times S}$$

$FE_{inst(t)}$  : Facteur d'émission instantané ( $\mu\text{g eqC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 $C_{(t)}$  : Concentration de COVs détectée (ppb)  
 $Q$  : Débit d'air ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )  
 $S$  : Surface de l'échantillon ( $\text{m}^2$ )  
$$FE_{tot} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N FE_{inst,i} \Delta t$$

$FE_{tot}$  : Facteur d'émission total ( $\mu\text{g eqC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$ )  
 $\Delta t$  : Temps d'acquisition du détecteur (s)  
 $m$  : Masse de l'échantillon (kg)

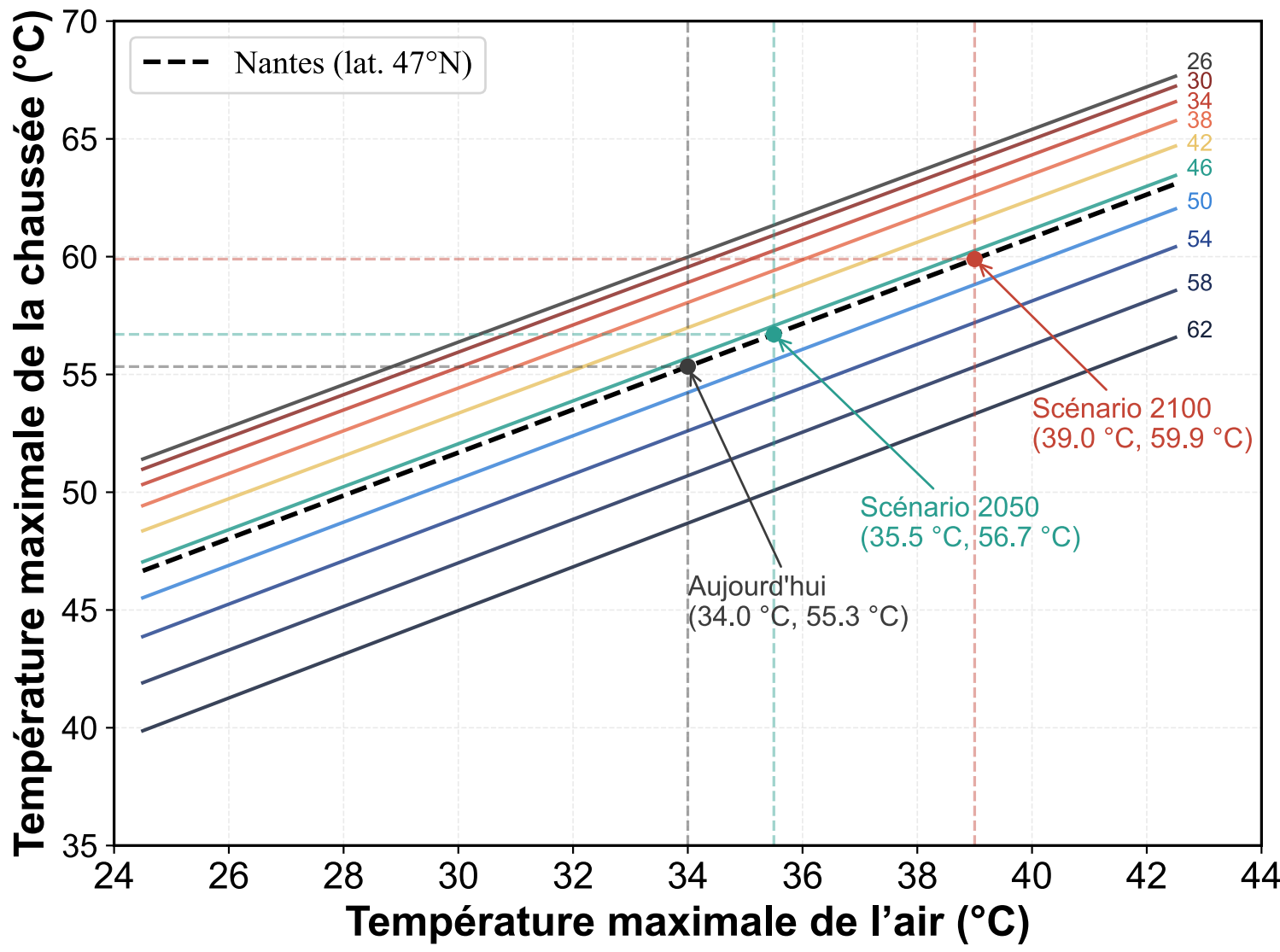


Fig. 6 : Température de la chaussée en fonction de la température de l'air et de la latitude [5, 7]

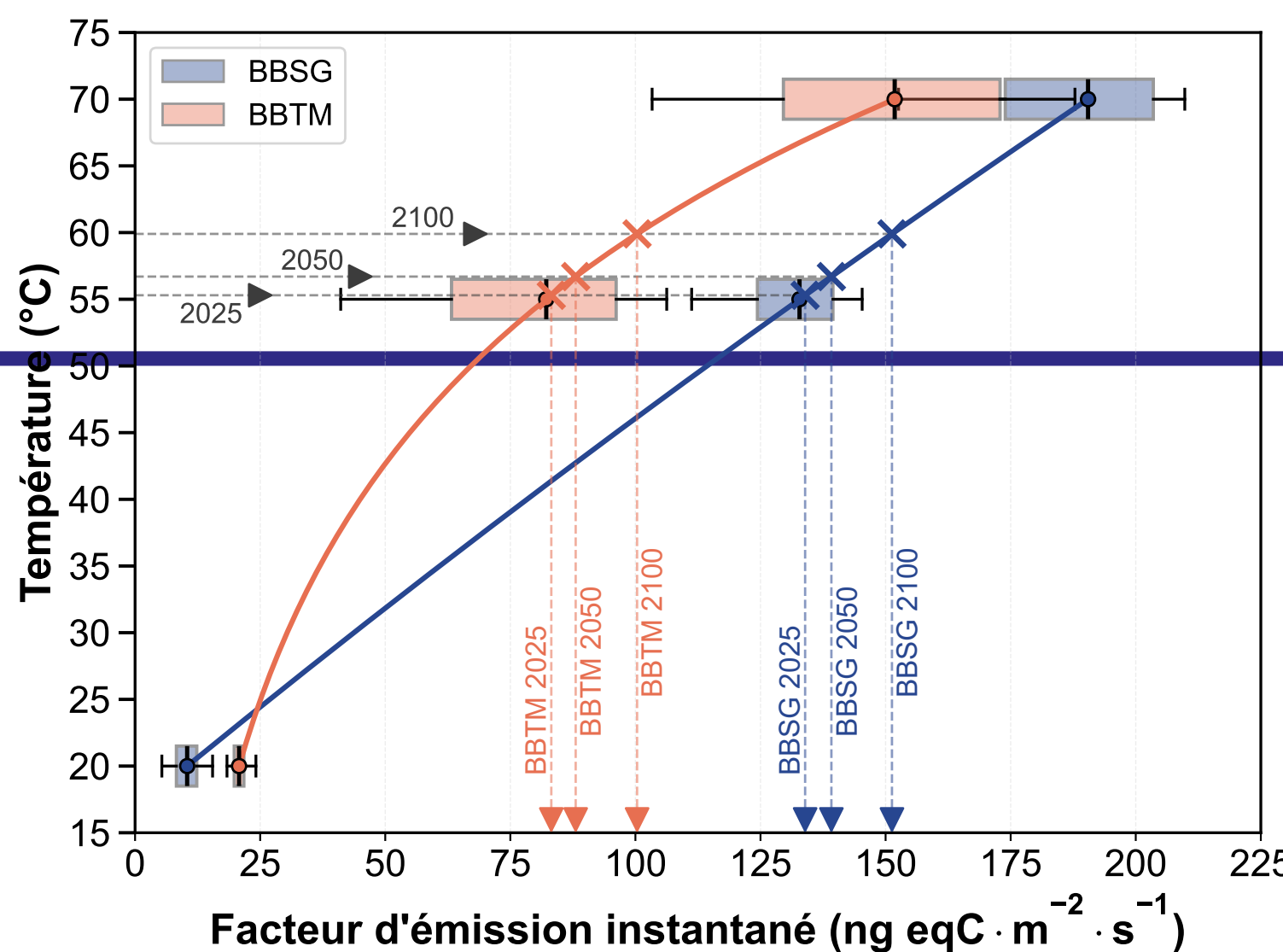


Fig. 7 : Facteurs d'émission du BBSG et BBTM avec leurs estimations dans le futur

### Pour Nantes Métropole

- Masse de COVs émis par an :**
- ✓ 2025 : 60.2 tonnes
  - ✓ Scénario 2050 : 64.9 tonnes (+7.8%)
  - ✓ Scénario 2100 : 73.2 tonnes (+21.6%)

- Contribution dans la pollution générée par le trafic routier :**
- ✓ 2025 : 1-5%
  - ✓ Scénario 2050 : 3-12%
  - ✓ Scénario 2100 : 8-25%

## Conclusions et perspectives

- Les chaussées sont des sources de COVs
- Dépendance non linéaire des émissions en fonction de la température
- Chambre climatique : préfiguration d'outils pour la normalisation
- Analyse des COVs dans des conditions climatiques complétées (humidité, UV, vieillissement)
- Développement de matériaux plus résilients (par rapport au réchauffement climatique)

## Remerciements / Contact

Les auteurs remercient la région « Pays de la Loire » pour son financement sous le numéro 2023\_05985 et l'ADEME financeur du projet STREETS sous le numéro 2262D0087



Antoine MASSROUA  
antoine.massroua@univ-eiffel.fr  
Article de revue : MASSROUA et al. 2026

## Références

[1] Khare, P., Machesky, J., Soto, R., He, M., Presto, A. A., & Gentner, D. R. (2020). Asphalt-related emissions are a major missing nontraditional source of secondary organic aerosol precursors. *Science Advances*, 6(36), eabb9785. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abb9785>  
[2] Lasne, J., Lostier, A., Romanias, M. N., Vassaux, S., Lesueur, D., Gaudion, V., Jamar, M., Derwent, R. G., Dusanter, S., & Salameh, T. (2023). VOC emissions by fresh and old asphalt pavements at service temperatures: Impacts on urban air quality. *Environmental Science: Atmospheres*, 3(1601–1619), 10.1039/D3EA00034F. <https://doi.org/10.1039/D3EA00034F>  
[3] Kriech, D. M., Crawford, A. C., Smith, L. A., Osborn, L. V., & Kriech, A. J. (2022). Characterizing asphalt emissions under in-service conditions. *Atmospheric Environment: X*, 16, 100196. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4219551>  
[4] European Environment Agency. (2020). Air quality in Europe: 2020 report. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/786656>  
[5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>  
[6] Lostier, A., Sarica, T., Lasne, J., Roose, A., Sartelet, K., Jamar, M., Gaudion, V., Dusanter, S., Lesueur, D., Chen, H., Salameh, T., & Romanias, M. N. (2025). Real-World Asphalt Pavement Emissions: Combining Simulation Chamber Measurements and City Scale Modeling to Elucidate the Impacts on Air Quality. *ACS ES&T Air*, 2(3), 426–435. <https://doi.org/10.1021/acsestair.4c00323>  
[7] Solaimanian, M., & Kennedy, T. W. (1993). Predicting Maximum Pavement Surface Temperature Using Maximum Air Temperature and Hourly Solar Radiation. *Transportation Research Record*, 1417.