



INFLUENCE DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE BUS DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE SUR LES CONCENTRATIONS D'OXYDES D'AZOTE ET DE PARTICULES FINES À PROXIMITÉ DES BUS

CAMPAGNE DE MESURES 2013

Marta Dominik-Sègue

Ingénieur d'études Air Normand



CONTEXTE

2007 : Etude EXPOSILLA



Principales conclusions :

- Impact important de la technologie et de la distance du véhicule émetteur du sillage (PM, NO, NO₂) (position de l'échappement)
- Les concentrations moyennes dans le sillage de bus urbains diesel avec FAP catalytique dépassent la valeur guide pour la protection de la santé (OMS)



CONTEXTE

2012 : acquisition par la Métropole Rouen Normandie de 38 véhicules répondant aux nouvelles exigences environnementales (Euro V).

- **37 avec l'échappements verticaux**
- **1 véhicule hybride diester/électrique**



ENJEUX SCIENTIFIQUES

2013 : nouvelle étude

- évaluer le bénéfice sur la qualité de l'air respiré **dans l'habitable des véhicules** qui suivent des nouvelles générations des bus en terme de particules en suspension, de NO, de NO₂ et de CO
- évaluer le bénéfice sur les concentrations en NO₂ et PM_{2,5} **en proximité de la voie de circulation** en site propre des bus urbains en centre-ville, concentrations auxquelles sont exposés transitoirement les piétons et de façon plus durable les riverains.

APPROCHE CHOISIE

3 microenvironnements investigués :

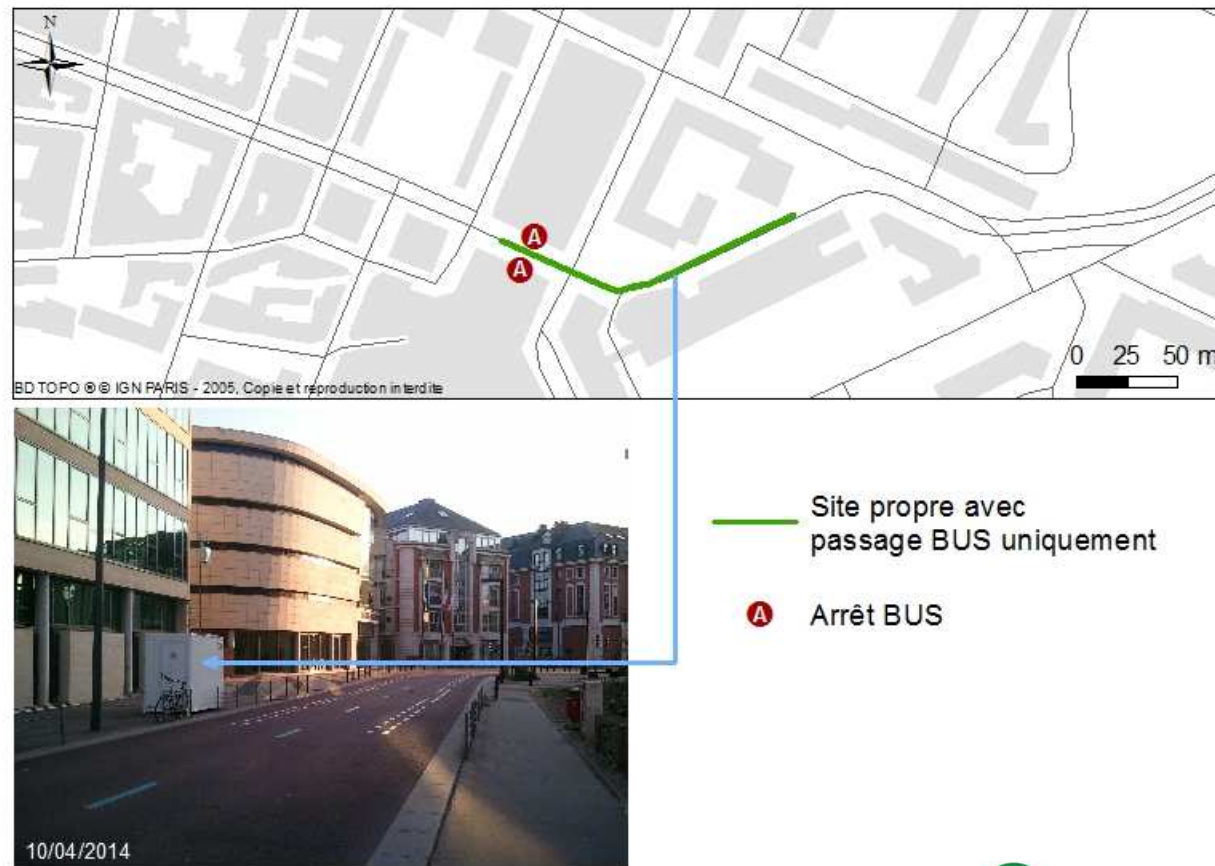
- habitacle d'un véhicule circulant derrière le bus
- air extérieur au-dessus du trottoir (2,75 m)
- à la hauteur d'un 1^{er} étage (5 m)

Les mesures en habitacle ont été réalisées par le Centre d'Etude et de Recherche Technologique en Aérothermique et Moteurs (CERTAM).

CHOIX DU SITE

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR 1/2

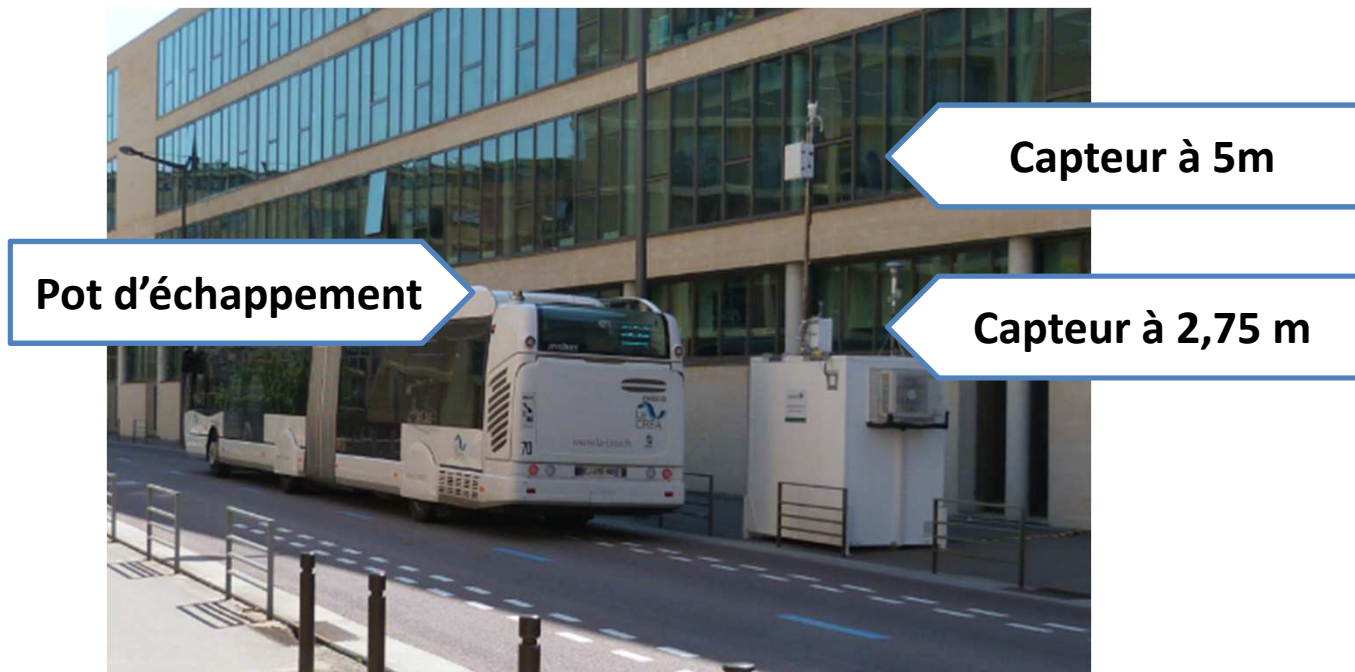
rue Robert Schuman – devant l'Hôtel de Région



CHOIX DU SITE

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR 2/2

- Mesures : **du 15 au 31 mai 2013**
- Polluants mesurés : **NO, NO₂, NO_x, PM2.5**

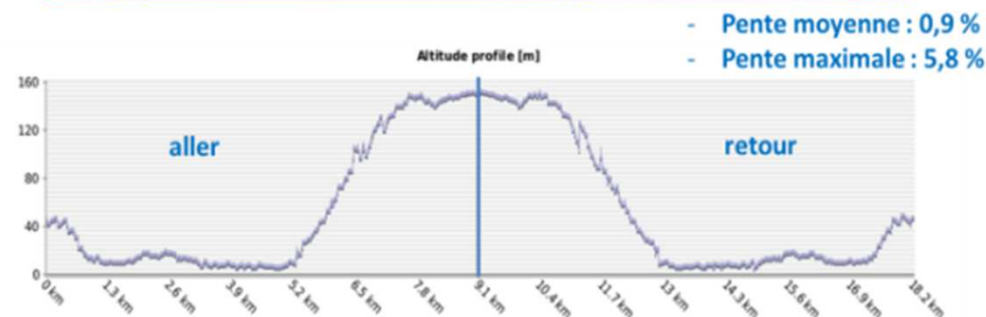


CHOIX DU SITE

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE 1/3

- **parcours sur une ligne de BHNS avec un parcours varié :**
 - 2 km de **montée** continue sans arrêt
 - 2 km de **descente** continue sans arrêt
 - 2x4 km de zone urbaine en site propre relativement **plane** et **dégagée** avec de **nombreux arrêts fonctionnels**
 - 2x3 km de **zone urbaine de bâti** à proximité.

Profil du parcours - Relief



CHOIX DU SITE

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE 2/3

- Mesures : **du 22 au 27 Mai 2013** → 14 suivis de bus réalisés pour les 2 sens de circulation
- Polluants mesurés : **NO, NO₂, NO_x, PM1, CO**



Acquisition vidéo et
télémétrie laser



Analyseurs de gaz et groupe
climatiseur



granulomètre
ELPI

CHOIX DU SITE

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE 3/3



CARACTÉRISTIQUES DES BUS SUIVIS

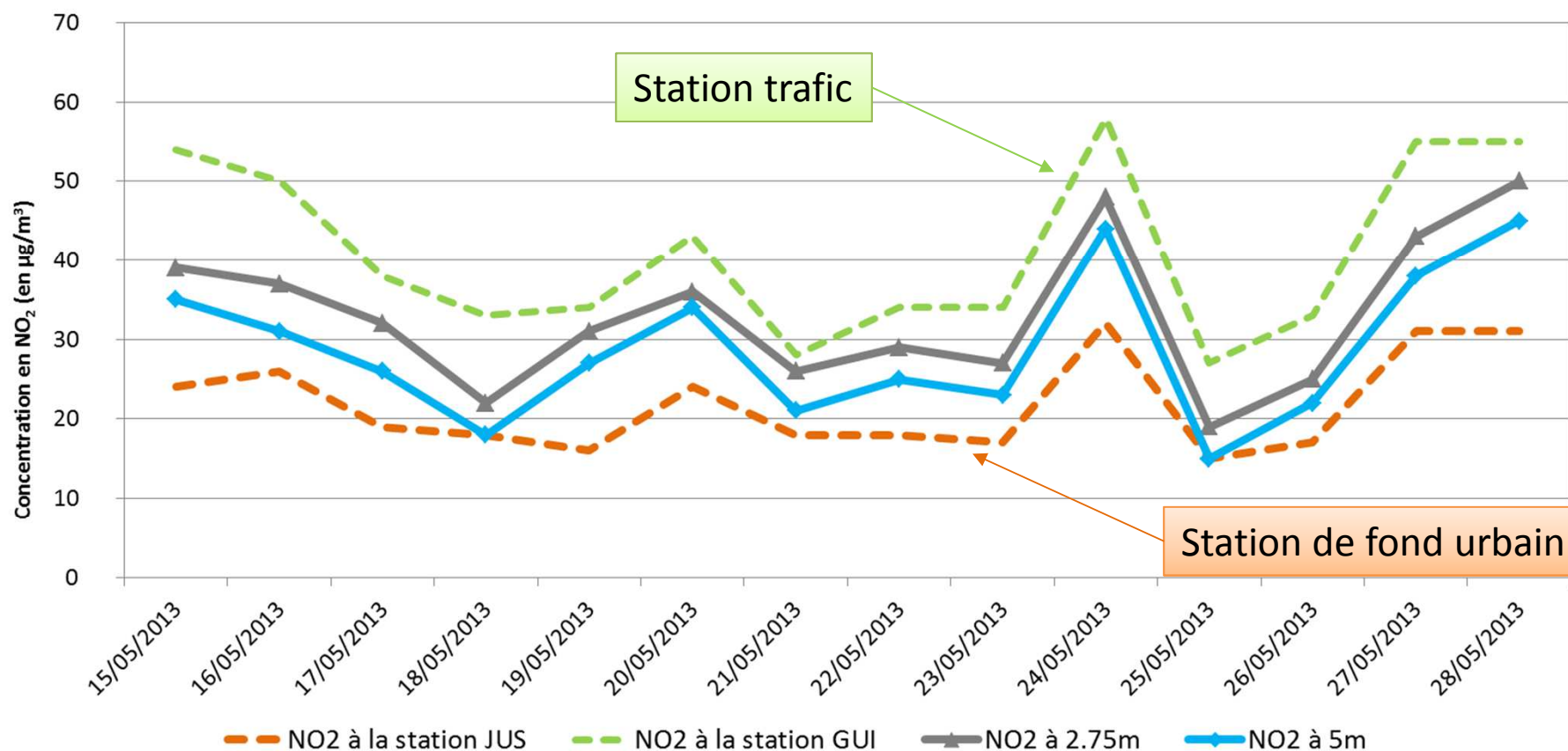
14 suivis de bus : **4 x Agora, 4 x Citélis, 5 x Néo Créalis, 1 x Hybride**

	AGORA	CITELIS	NEO CREALIS	HYBRIDE
Carburant	Gazole	Diester	Diester	Diester
Additif	-	-	AdBlue	AdBlue
Filtre à particules	FAP (en retro-fit)	FAP	-	-
Norme EURO	Euro II	Euro III	Euro V	Euro V
Echappement	BAS	BAS	HAUT	BAS

RÉSULTATS – STATION AIR NORMAND

DIOXYDE D'AZOTE

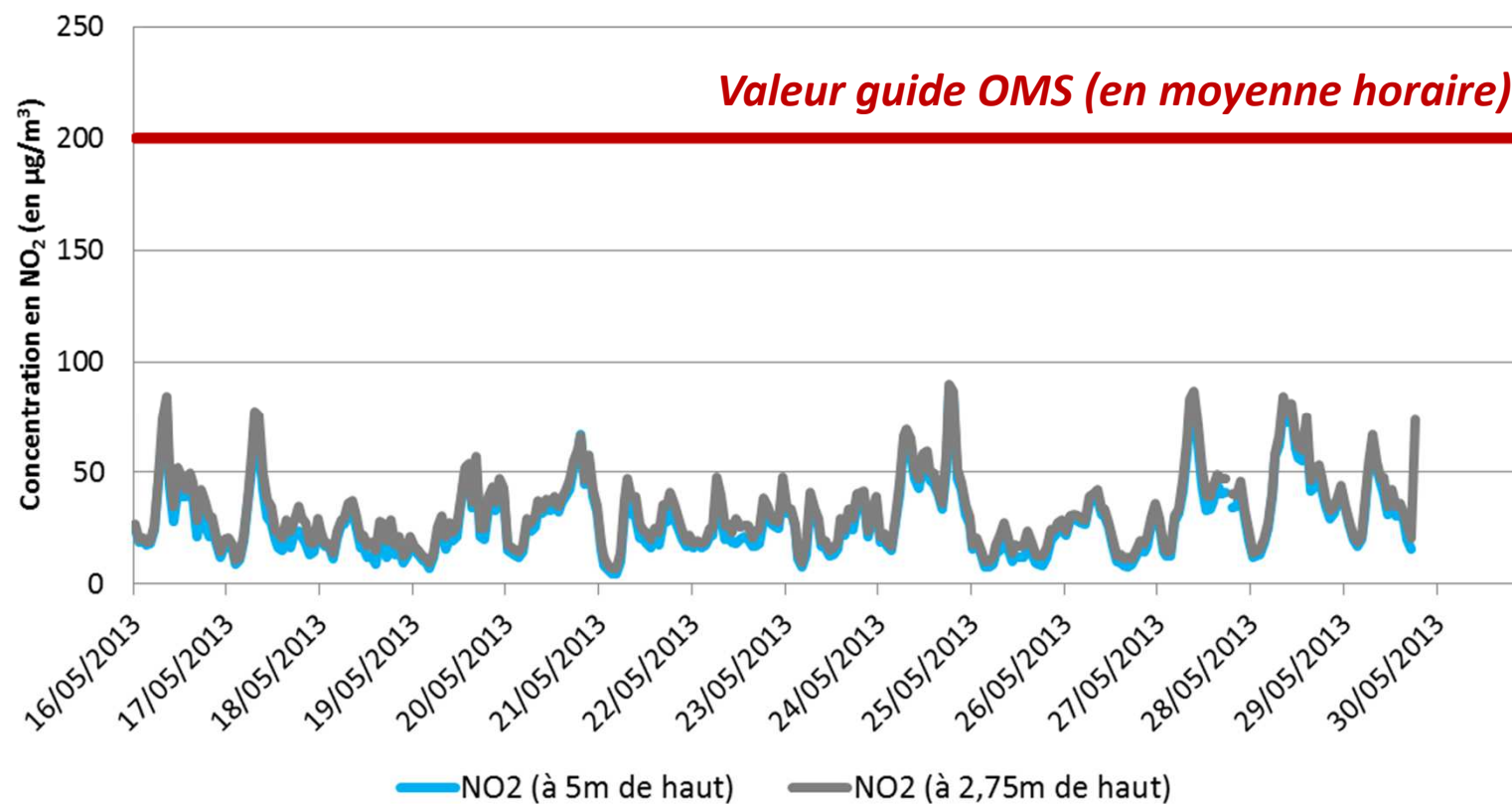
Moyennes journalières en NO₂



RÉSULTATS – STATION AIR NORMAND

DIOXYDE D'AZOTE

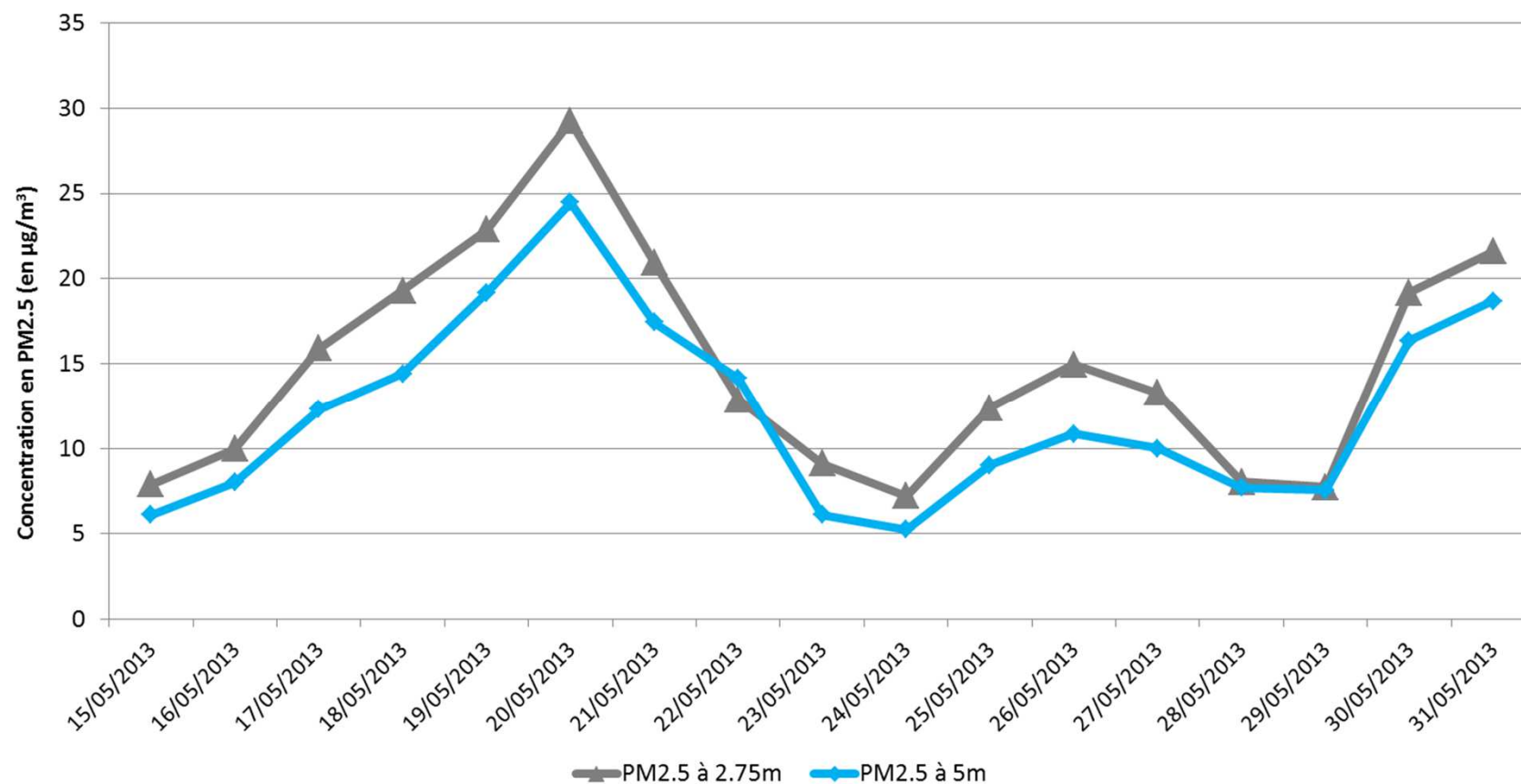
Moyennes horaires en NO₂



RÉSULTATS – STATION AIR NORMAND

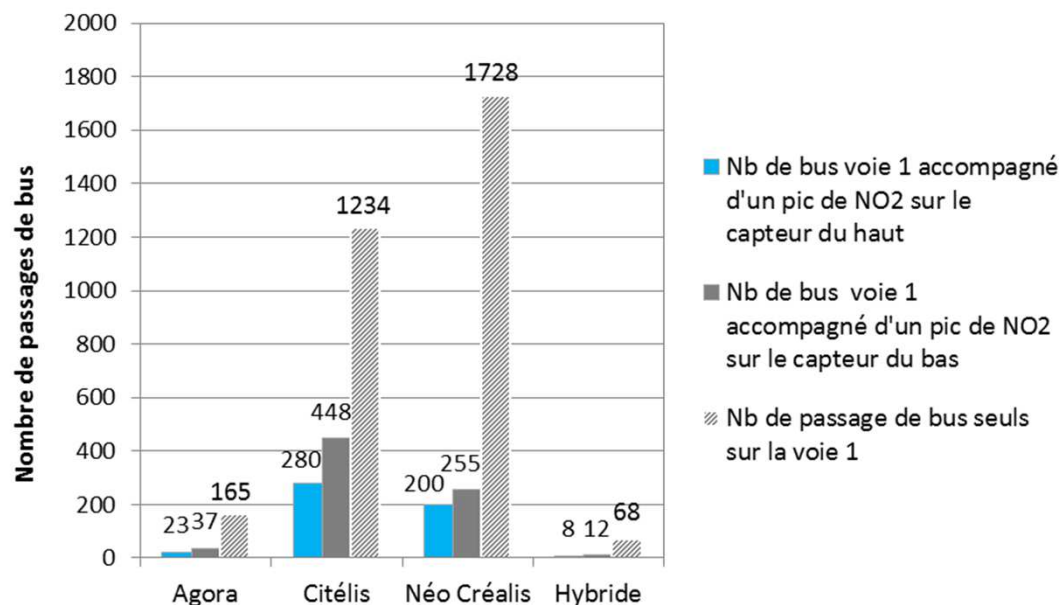
PARTICULES EN SUSPENSION PM2,5

Moyennes journalières en PM2,5



RÉSULTATS – STATION AIR NORMAND

ANALYSE DE L'INFLUENCE DES BUS SUR LES CONCENTRATIONS EN NO₂



Hypothèse

On considère qu'il y a un pic de NO₂ quand la concentration mesurée au temps t est 30% supérieure à la moyenne des concentrations mesurées sur les 30 dernières secondes.

Agora ➡ **22%** de passages accompagnés d'un pic de NO₂ sur le capteur du bas

Citélis ➡ **36%** de passages accompagnés d'un pic de NO₂ sur le capteur du bas

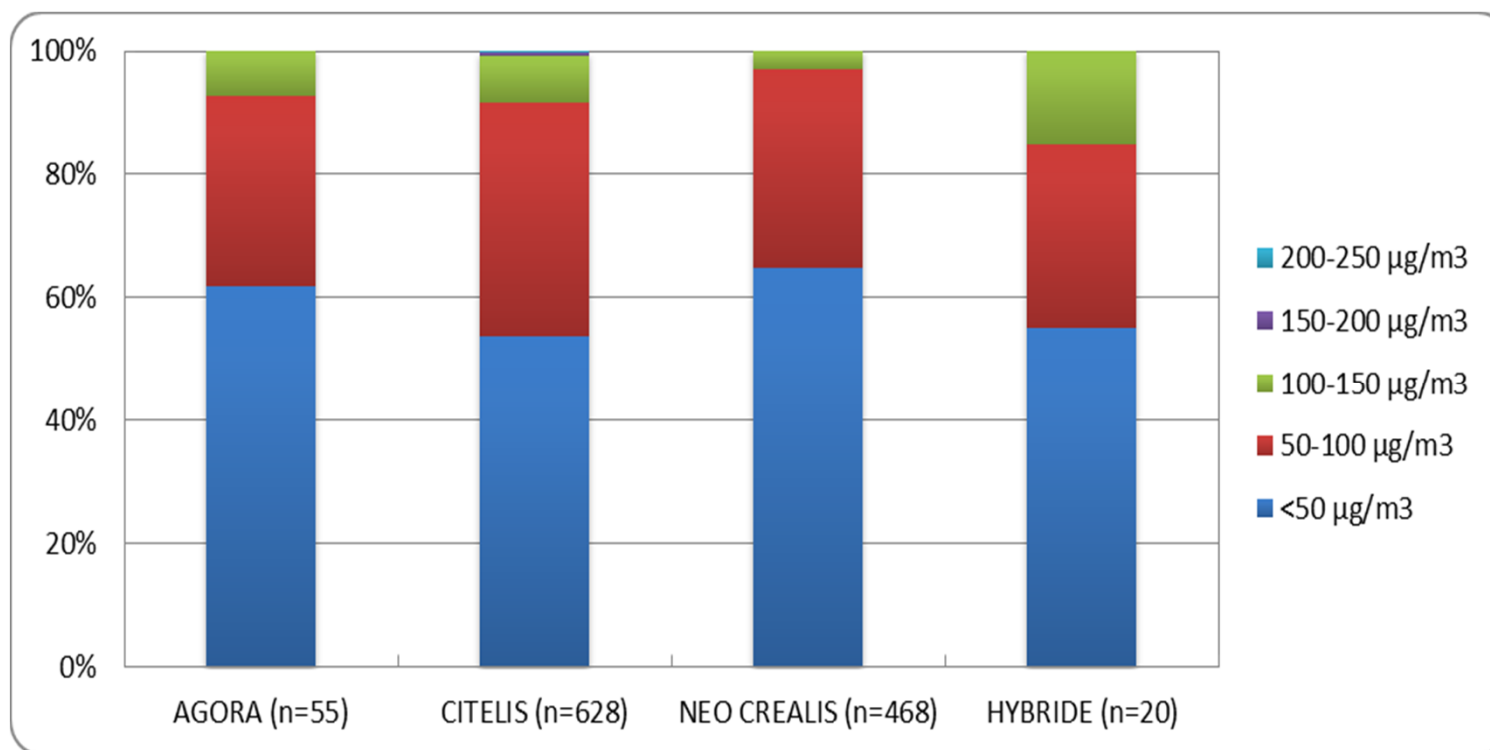
Néo Créalis ➡ **15%** de passages accompagnés d'un pic de NO₂ sur le capteur du bas

Hybride ➡ **18%** de passages accompagnés d'un pic de NO₂ sur le capteur du bas

RÉSULTATS — STATION AIR NORMAND

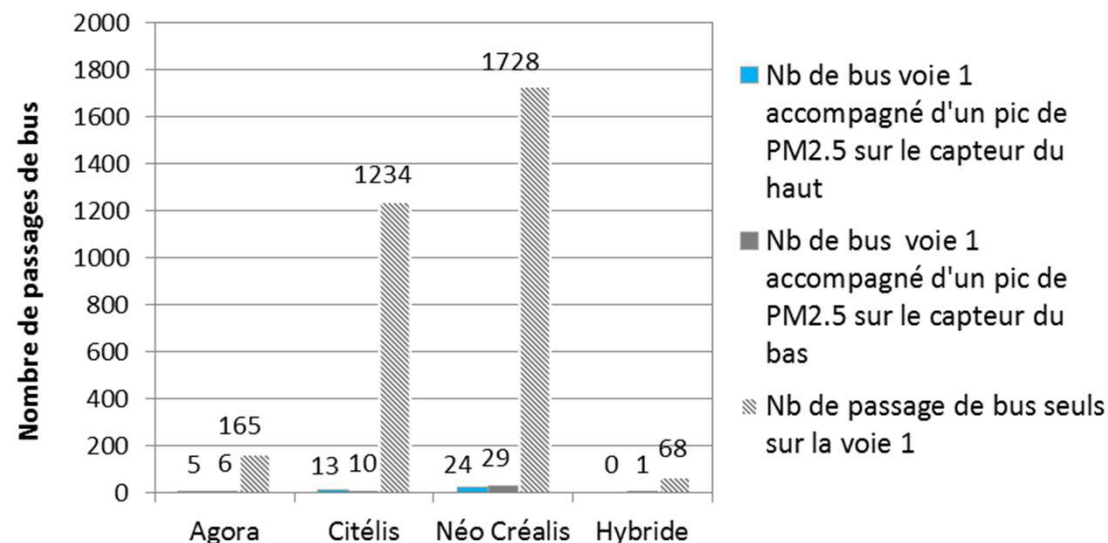
ANALYSE DE L'INFLUENCE DES BUS SUR LES CONCENTRATIONS EN NO_2

Fréquence de la hauteur des pics du NO_2 en fonction du type de bus pour le capteur du bas pour les deux sens de la circulation (n= nombre de pics)



RÉSULTATS – STATION AIR NORMAND

ANALYSE DE L'INFLUENCE DES BUS SUR LES CONCENTRATIONS EN PM_{2,5}



Hypothèse

On considère qu'il y a un pic de PM_{2,5} quand la concentration mesurée au temps t est 30% supérieure à la moyenne des concentrations mesurées sur les 30 dernières secondes.

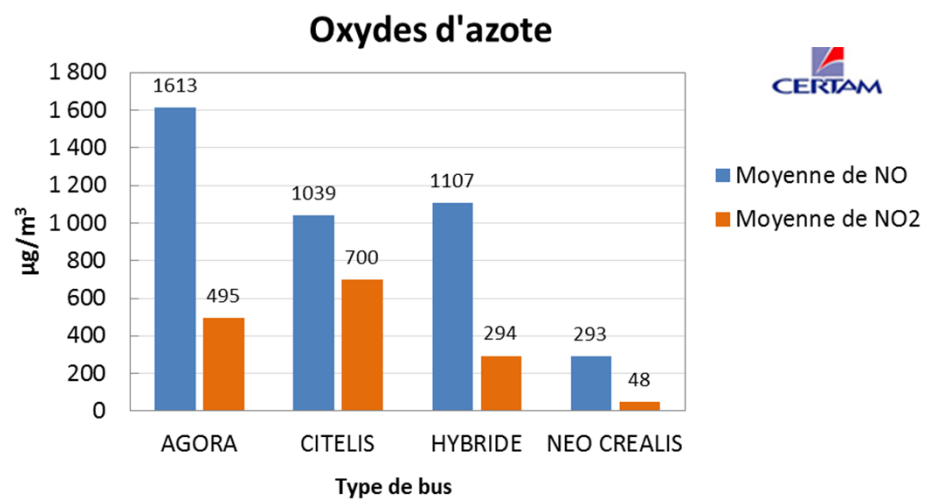
Agora ➡ **4%** de passages accompagnés d'un pic de PM_{2,5} sur le capteur du bas

Citélis ➡ **1%** de passages accompagnés d'un pic de PM_{2,5} sur le capteur du bas

Néo Créalis ➡ **2%** de passages accompagnés d'un pic de PM_{2,5} sur le capteur du bas

Hybride ➡ **2%** de passages accompagnés d'un pic de PM_{2,5} sur le capteur du bas

RÉSULTATS DE MESURE DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE : NO_x



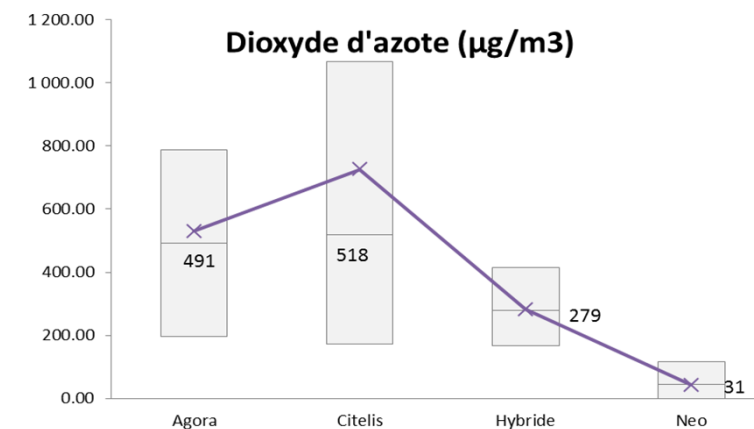
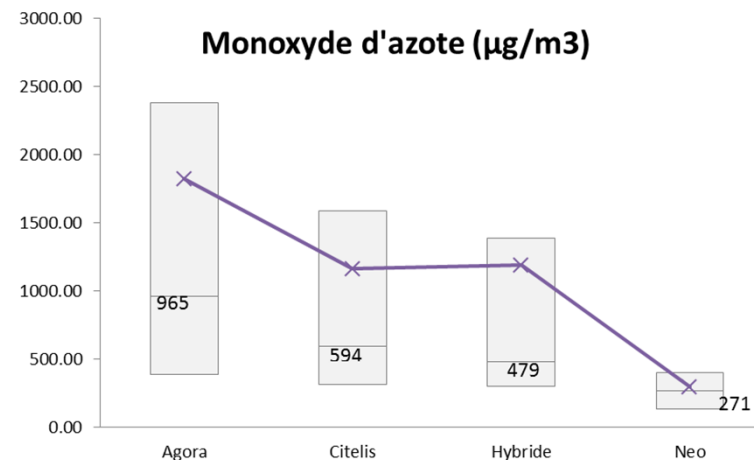
Nombre de suivis :

AGORA : 4

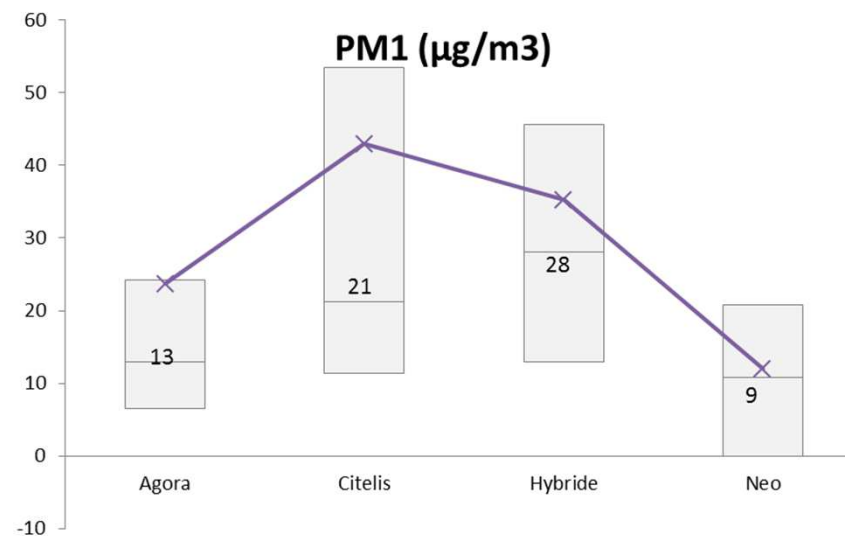
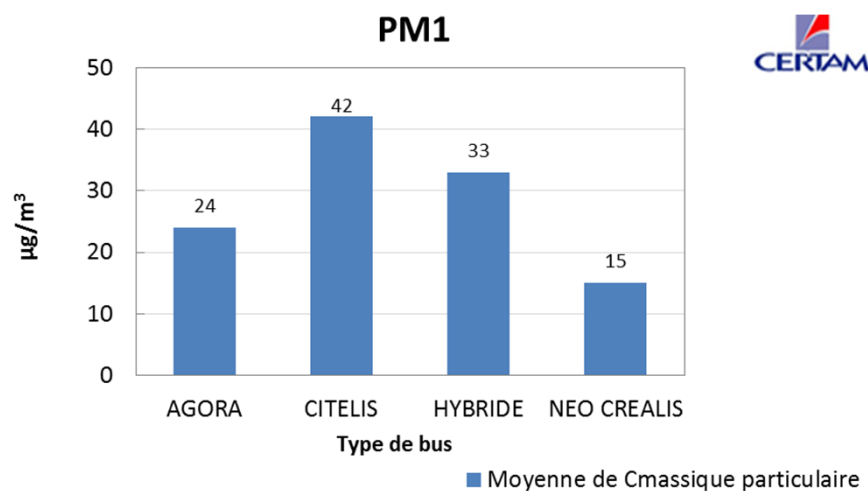
CITELIS : 4

HYBRIDE : 1

NEO CREALIS : 5



RÉSULTATS DE MESURE DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE : **PM1**



Nombre de suivis :

AGORA : 4

CITELIS : 4

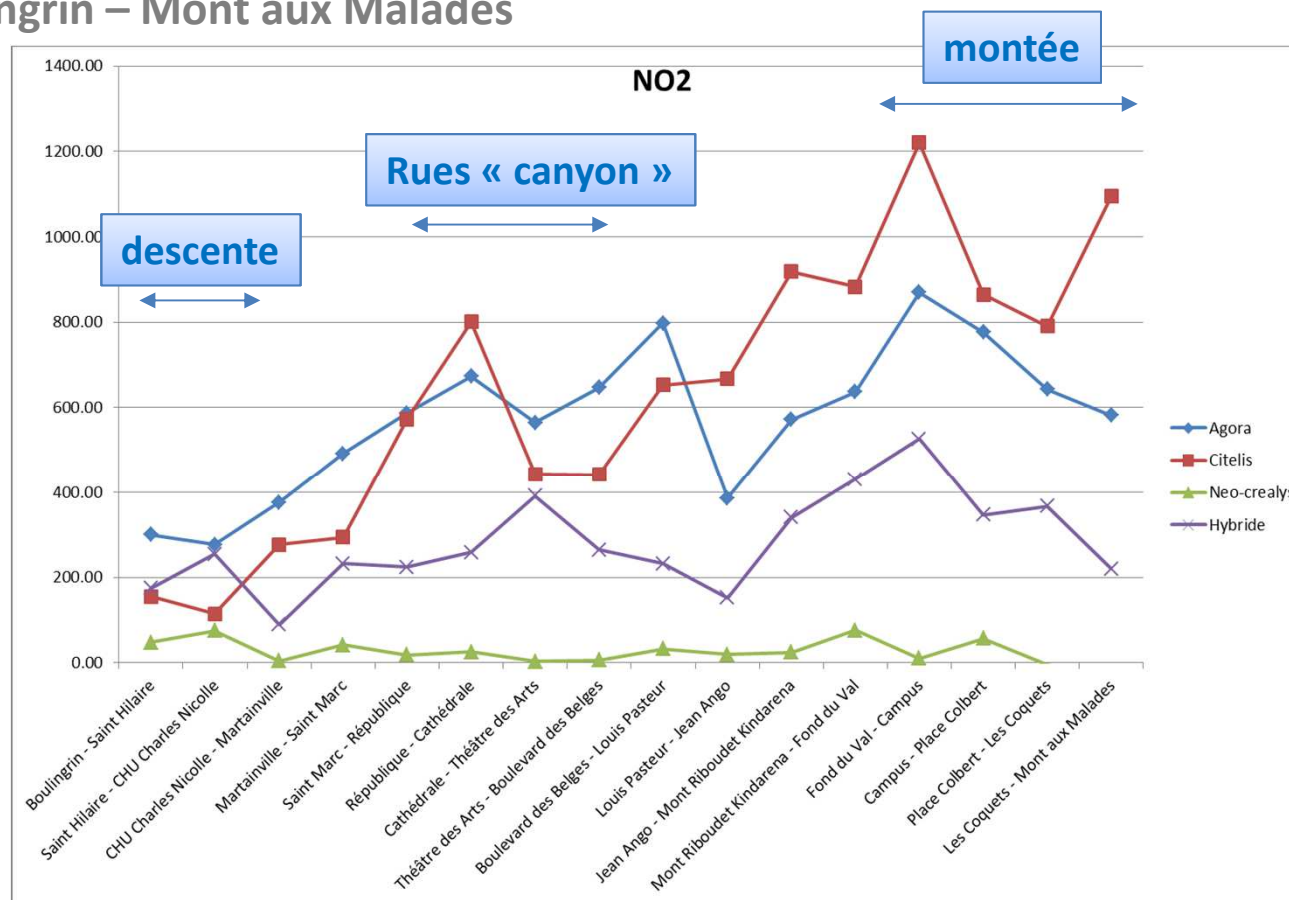
HYBRIDE : 1

NEO CREALIS : 5

RÉSULTATS DE MESURE DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE

EVOLUTION EN FONCTION DU SENS DE CIRCULATION : DIOXYDE D'AZOTE

Sens : Boulingrin – Mont aux Malades



Nombre de suivis :

AGORA : 4

CITELIS : 4

HYBRIDE : 1

NEO CREALIS : 5

RÉSULTATS DE MESURE DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE

EVOLUTION EN FONCTION DU SENS DE CIRCULATION : PM₁

Sens : Boulingrin – Mont aux Malades

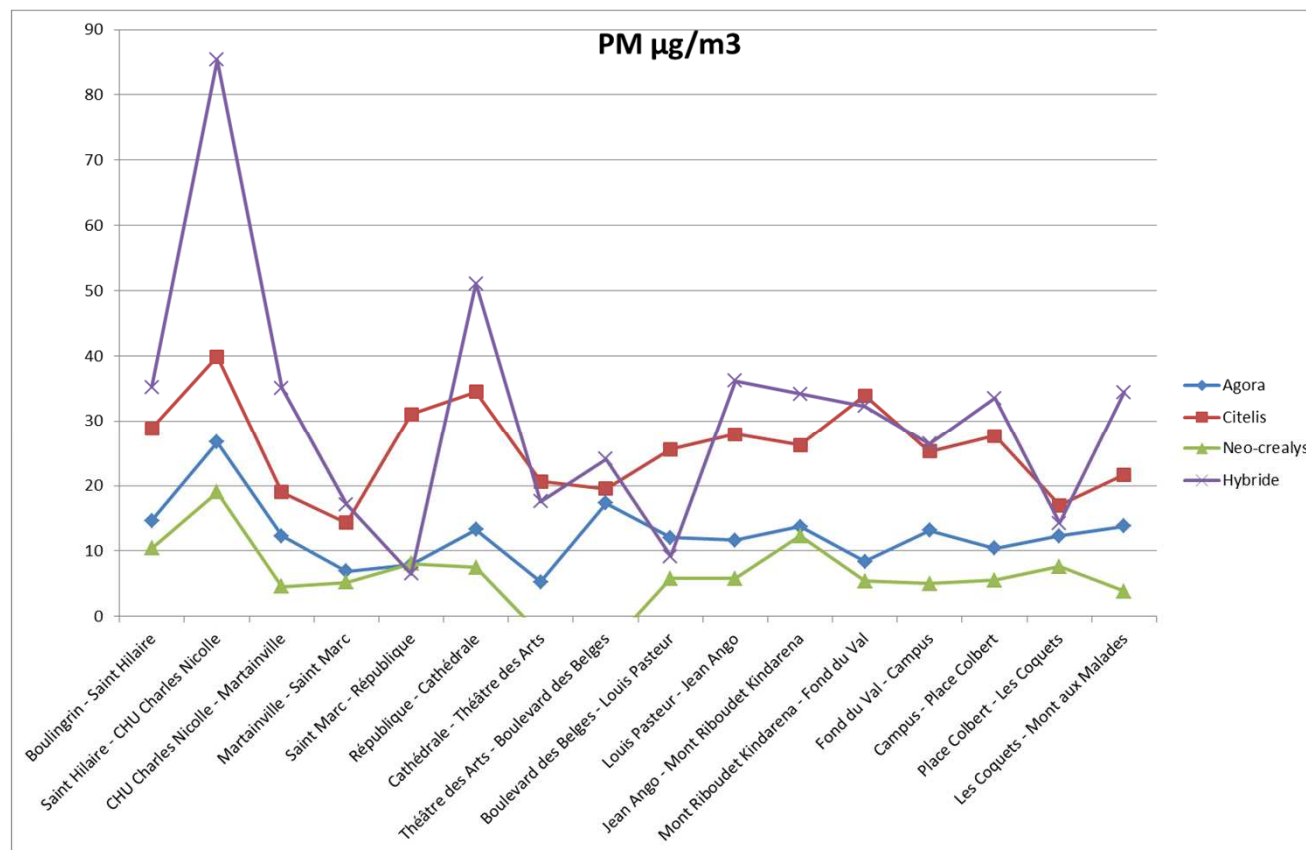
Nombre de suivis :

AGORA : 4

CITELIS : 4

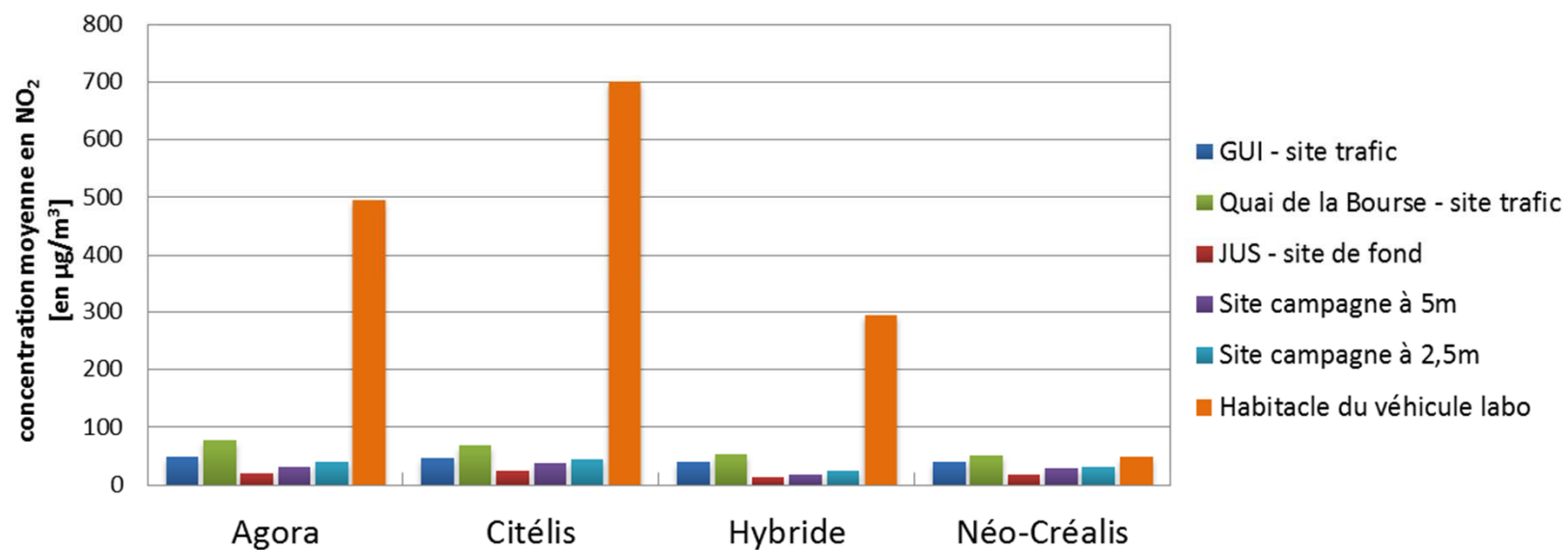
HYBRIDE : 1

NEO CREALIS : 5



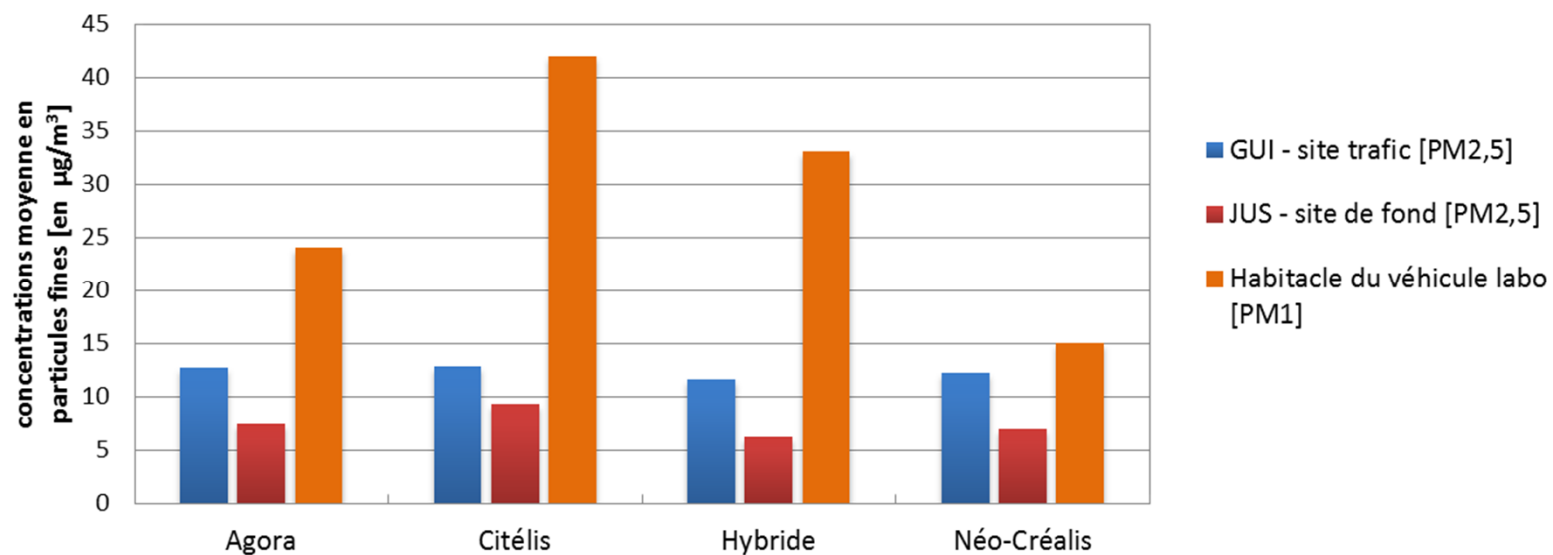
COMPARAISON DES MESURES DE LA QAE ET DES MESURES DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE

DIOXYDE D'AZOTE



COMPARAISON DES MESURES DE LA QAE ET DES MESURES DANS L'HABITACLE DU VÉHICULE

PARTICULES FINES



CONCLUSION 1/4

- Impact bénéfique de l'introduction des nouvelles générations de bus EuroV Néo Créalis à échappement vertical sur la qualité d'air dans l'habitacle des véhicules insérés dans leur sillage : **réduction d'un facteur 3 à 15** des concentrations moyennes selon les polluants considérés.
- la valeur guide horaire de l'OMS pour la protection de la santé pour le dioxyde d'azote ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été **respectée uniquement pendant le suivi des bus Néo Créalis** dans l'habitacle du véhicule suiveur

CONCLUSION 2/4

- il est difficile de quantifier les bénéfices relatifs entre l'architecture verticale et les améliorations moteur → **nécessité d'une métrologie à l'échappement en situation réelle**
- A défaut de disposer des mesures à l'émission sur les bus suivis, un comparatif basé sur les valeurs d'émissions réglementaires des bus obtenues sur bancs à rouleaux à l'UTAC a été effectué par le CERTAM

Emissions normalisées	NEO CREALIS	HYBRIDE	CITELIS	AGORA	Ratio NEO CREALIS/CITELIS
NO _x	27	18	25	100	1
PM1	14	10	7	100	2

Polluant	concentrations en suivi de Néo Créalis	concentrations en suivi de Citélis	Ratio Néo Créalis/Citélis
NO _x	341	1739	0.2
PM1	15	42	0.4

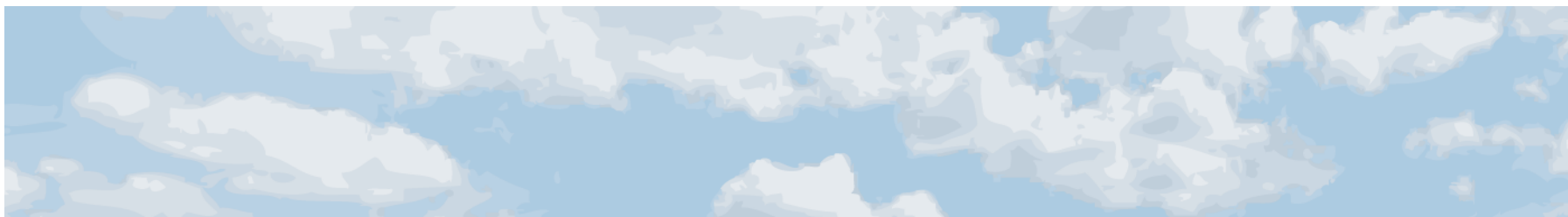
Facteur de dispersion
= 5

CONCLUSION 3/4

- Pour **le bus Hybride**, du fait du faible échantillon et du manque d'information sur les périodes pendant lesquelles le véhicule utilise le mode hybride et à quel pourcentage, il est difficile de conclure sur les résultats de mesures de ce type de véhicule.
- Surémission potentielle en mode thermique en côte peut-être lié au **sous-dimensionnement du moteur thermique** du fait de l'hybridation
- Intérêt d'approfondir l'analyse de ces technologies hybrides sur l'exposition des populations sur un échantillon plus important de véhicules suivis.

CONCLUSION 4/4

- Impact du trafic bus sur les concentrations des polluants mesurés en proximité des bus. Cet impact est surtout visible en ce qui concerne les concentrations des NO et NO₂
- Echappement vertical des bus Néo Créalis n'engendre pas de concentration plus élevée ni au niveau du trottoir, ni au niveau du premier étage.
- La fréquence de relevé de pics de NO₂ lors du passage des bus est apparue moindre pour les bus NéoCréalis que pour les autres types de bus.



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Rapport téléchargeable sur : www.airnormand.fr

