L'air est essentiel à chacun et mérite l'attention de tous.



ETUDE

Evaluation des micro-capteurs next-PM/NEMo TERA Environnement

Campagnes de mesures janvier/février 2020

Rapport- version du 05/05/2020

Air Breizh 3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes Tél : 02 23 20 90 90 - Fax : 02 23 20 90 95



Etude réalisée par Air Breizh en partenariat avec le laboratoire TERA Environnement



Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant et un lieu donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} aout 2016 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Breizh est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats de mesures et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet www.airbreizh.asso.fr, résumé dans ses publications, ...

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh. Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne - contrôle qualité

Rédacteur	Validation
Olivier CESBRON	Gaël LEFEUVRE
Ingénieur chargé d'études	Directeur
et	et
Maël JAN	Joël GRALL
Technicien d'études	Responsable service technique

Relecture externe

Fiona Pelletier Ingénieure support capteurs TERA Environnement Vincent RICARD
Directeur des
laboratoires TERA
Environnement



Synthèse de l'étude

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le laboratoire TERA Environnement.

Pourquoi ces tests?

Depuis quelques années, des micro-capteurs de pollution se développent offrant de nouvelles perspectives dans le domaine de la mesure jusqu'à présent centrée sur les mesures homologuées (analyseurs fixes).

Pour les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, ces outils peuvent permettre d'obtenir des mesures « indicatives » de la qualité de l'air qui viendraient compléter les méthodes de références notamment dans le cas de problématiques locales nécessitant plusieurs mesures en continu et en simultané.

C'est dans ce contexte qu'Air Breizh a souhaité mener des tests métrologiques sur le capteur next-PM/NEMo proposé par le laboratoire TERA Environnement.

Cette expérimentation a été réalisée en janvier/février 2020 sur le site trafic Rennes Laënnec, doté d'appareils de mesures homologués pour la surveillance de la qualité de l'air.

Quels sont les résultats?

Plusieurs configurations ont été testées lors de cette expérimentation concernant le mode d'alimentation et la fréquence de mesures.

La **fiabilité** des instruments a été jugée satisfaisante atteignant des taux de recouvrement de l'ordre de 100% durant la période d'essai.

La **reproductibilité** des instruments a été satisfaisante que ce soit pour les particules PM10 et PM2.5 et quel que soit le pas de temps retenu (journalier ou horaire).

La comparaison des données avec la méthode de référence (BAM) a été satisfaisante pour les PM2.5. Les coefficients de corrélation sont respectivement de l'ordre de 0.8 et 0.6 pour des pas de temps journaliers et horaires.

Concernant les PM10, dont la variabilité est sans doute plus élevée, un échantillonnage tous les 2.5 minutes s'avère nécessaire pour garantir une corrélation acceptable (coefficient de l'ordre de 0.6).

Les valeurs obtenues pour ces coefficients de corrélation montrent que les mesures des micro-capteurs sont synchrones avec l'appareil de référence. Dans ce cas, une correction des données serait envisageable pour améliorer ces résultats.

Quelques améliorations techniques ont été proposées notamment en termes d'accessibilité des données mais également concernant la méthode de chauffage du capteur qui semble présenter des limites lors de conditions de saturation. Des développements sont en cours.

Quelles sont les perspectives?

Ces résultats montrent que les micro-capteurs next-PM/NEMo peuvent être utilisés en autonomie pour la mesure indicative des particules PM10 et PM2.5 dans l'air ambiant (pas de temps horaire ou journalier). Quelques développements en cours permettront d'améliorer leur utilisation et leurs performances.

Quelques recommandations ont été formulées telles que la diminution de la fréquence de mesures pour des mesures en situation trafic et la réalisation de tests de comparaison avec des appareils de référence avant/après les mesures. Ces recommandations sont à adapter en fonction du contexte de la mesure.

Sommaire

Sy	nthèse de l'étude	3
I.	Contexte	6
II.	Critères d'évaluation	7
 .		
 IV.	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	
		_
ľ	V.1. Les instruments utilisés IV.1.1 Les micro-capteurs next-PM/NEMo	
	IV.1.2 L'analyseur de référence de type BAM	
ľ	V.2. Conditions expérimentales des capteurs	11
	IV.2.1 Site de mesures retenu	11
	IV.2.2 Déroulement de l'évaluation	12
V.	Résultats et interprétations	14
V	/.1. Export des données	14
V	/.2. Taux de recouvrement des appareils	14
	/.3. Compatibilité de la gamme de mesures de l'instrument avec les conditio	
	estest	
\	/.4. Reproductibilité des mesures	15
•	V.4.1 Données journalières	
	V.4.2 Données horaires	18
V	/.5. Comparaison avec l'analyseur de références (BAM)	22
	V.5.1 Données journalières	
	V.5.2 Données horaires	
\	/.6. Retour d'expérience technique sur les micro-capteurs	
VI.	Conclusion – perspectives de mesures	30
An	nnexe I : Présentation d'Air Breizh	31
	Présentation d'Air Breizh	
	Missions d'Air Breizh	
	Réseau de surveillance en continu	
A	•	
	nnexe II : Graphiques de corrélation - tests de reproductibilité (donné	
	oraires)	54
	nnexe III : Graphiques de corrélation – comparaison à la référence	
(d	onnées horaires)	37



Figure 1 : Illustration des principaux éléments du micro-capteur next-PM/NEMo...... 10

Liste des figures

Figure 2 : Appareil de mesures BAM 1020 (vue de l'intérieur)
Figure 4 : Environnement du point de mesures, boulevard Laënnec à Rennes (35)
Figure 5 : Evolution des données journalières PM2.5 sur les capteurs next-PM/NEMo en phase I
(en µg/m³)
Figure 6 : Evolution des données journalières PM2.5 sur les capteurs next-PM/NEMo en phase II
(en µg/m³)
Figure 7 : Corrélation des moyennes journalières entre les capteurs 558 et 183 pour les PM10 (en
μg/m ³)
Figure 8 : Corrélation des moyennes journalières entre les capteurs 558 et 183 pour les PM2.5 (en
μg/m³)
Figure 9 : Evolution des données horaires PM2.5 sur les capteurs next-PM/NEMo en phase I (en
μg/m³)
Figure 10 : Evolution des données horaires PM2.5 sur les capteurs next-PM/NEMo en phase II (en
μg/m³)
Figure 11 : Corrélation des moyennes horaires entre les capteurs 787 et 183 pour les PM10 (en
μg/m³)21
Figure 12 : Corrélation des moyennes horaires entre les capteurs 787 et 183 pour les PM2.5 (en
μg/m³)21
Figure 13 : Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de
référence BAM pour les PM10 (en μg/m³)
Figure 14: Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de
référence BAM pour les PM2.5 (en µg/m³)
Figure 15 : Evolution des données journalières PM2.5 entre les capteurs et la référence en phase I
(en μg/m³)
Figure 16 : Evolution des données journalières PM2.5 entre les capteurs et la référence en phase II (en µg/m³)24
Figure 17: Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de
référence BAM pour les PM10 (en µg/m³)
Figure 18: Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de
référence BAM pour les PM2.5 (en µg/m³)
Figure 19 : Evolution des données horaires PM2.5 entre les capteurs et la référence en phase I (en
μ g/m ³)
Figure 20 : Evolution des données horaires PM2.5 entre les capteurs et la référence en phase II
(en µg/m³)
(Fg /
Liste des tableaux
Tableau 1 : Références réglementaires pour les PM10 et PM2.5 [article R221-1 du Code de
l'Environnement]8
Tableau 2 : Caractéristiques principales du capteur next-PM/NEMo [source TERA Environnement]
9
Tableau 3 : Caractéristiques du site urbain trafic « Rennes Laënnec »
Tableau 4 : Synthèse des conditions expérimentales
Tableau 5 : Taux de recouvrement des instruments du 20/01 au 20/02/20
Tableau 6 : Gamme de mesures des instruments durant la période d'essai
Tableau 7 : Paramètres de corrélation entre micro-capteurs (données journalières)
Tableau 8 : Paramètres de corrélation entre micro-capteurs (données horaires)
rabicad 5 . Farametres de confeiation entre chaque capteur et la reference (données journalieres)

Tableau 10 : Paramètres de corrélation entre chaque capteur et la référence (données horaires) 25



I. Contexte

En France, la surveillance dans l'air ambiant des particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns (PM10) et 2.5 microns (PM2.5) est réglementée.

A ce titre, elles font parties des composés mesurés par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) depuis de nombreuses années. La technique de mesures des particules s'est au cours du temps améliorée et automatisée, permettant actuellement le suivi en continu des concentrations dans l'air.

Depuis quelques années, des micro-capteurs de pollution se développent offrant de nouvelles perspectives dans le domaine de la mesure jusqu'à présent centrée sur les mesures homologuées (analyseurs fixes).

Pour les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, ces outils peuvent permettre d'obtenir des mesures « indicatives » de la qualité de l'air qui viendraient compléter les méthodes de références notamment dans le cas de problématique locale nécessitant plusieurs mesures en continu et en simultané.

Dans ce contexte, Air Breizh, en partenariat avec TERA Environnement, a réalisé une évaluation de la qualité métrologique des micro-capteurs next-PM, intégrés dans une station NEMo extérieure d'Ethera, sur la base d'essais d'inter-comparaison avec une station de référence.

Les tests ont été réalisés sur la station trafic 'Laënnec', située le long du boulevard du même nom à Rennes, durant une période d'un mois du 20/01 au 20/02/20.

L'objectif de cette évaluation était de vérifier l'usage de l'association de la station NeMO avec le micro-capteur next-PM pour la surveillance en air ambiant extérieur des niveaux de concentrations en particules PM10 et PM2.5 en situation trafic.

Trois micro-capteurs next-PM/NEMo ont été testés.

Les résultats du présent rapport ne sont valables que pour ce type de configuration.



II. Critères d'évaluation

La qualité métrologique des micro-capteurs a été évaluée sur la base des critères suivants :

1. Gamme de mesures :

Il s'agit de vérifier que la gamme de mesures de l'appareil est compatible avec les concentrations observées dans la situation d'exposition expérimentée.

2. Fiabilité - Taux de recouvrement des données :

La fiabilité des instruments, en fonction notamment du mode d'énergie, a été appréhendée via le calcul du taux de recouvrement. Il est calculé comme suit :

Taux de recouvrement (%) = N_{capteur} / N_{mesure}

Avec N_{capteur}: nombre de données horaires du capteur N_{mesure}: nombre total d'heures sur la période de mesures

3. Reproductibilité:

Les données de mesures des 3 micro-capteurs ont été comparées entre elles sous la forme de graphique 'nuage de points'. Les paramètres de la droite de corrélation (choix du modèle de régression linéaire) ont été analysés comme suit :

Le coefficient de détermination (R²) a d'abord été observé pour vérifier si les variations des microcapteurs étaient simultanées. Un R² proche de 1 signifie que les données du capteur et de la référence sont synchrones.

Dans un second temps, nous avons observé la valeur de la pente (p) de cette droite de régression qui caractérise le décalage des mesures entre capteur. Plus la valeur de la pente sera proche de 1, plus les mesures seront proches entre deux capteurs.

4. Justesse - comparaison à la référence :

Les données de chacun des capteurs ont été comparées à l'appareil de référence sous la forme d'un graphique. Les paramètres de la droite de corrélation ont été interprétés comme suit.

Le coefficient de détermination (R²) a été utilisé pour analyser la capacité du capteur à produire des mesures fidèles au regard des mesures de références. Un R² proche de 1 signifie que les données du capteur et de la référence sont synchrones. Dans le cas d'un R² trop faible (<0.5), l'analyse de la pente (ci-après) devient secondaire puisque les mesures du capteur et de la référence ne sont pas simultanées.

La valeur de la pente (p) de la droite de régression a ensuite permis de caractériser la capacité du capteur à produire des mesures justes par rapport à l'instrument de référence. Si les mesures sont identiques, la pente sera égale à 1. Si la valeur de la pente s'éloigne de l'idéal mais que le R² est satisfaisant, le comportement du capteur est répétable dans le temps, une correction peut alors lui être attribuée.



III. Rappel de la réglementation

Les particules PM10 et PM2.5 sont règlementées dans l'air ambiant par la Directive 2008/50/CE transcris en droit Français dans le code de l'environnement (article R-221-1).

Les valeurs de référence sont définies selon plusieurs pas de temps allant de la journée à l'année (cf. tableau 1).

Tableau 1 : Références réglementaires pour les PM10 et PM2.5 [article R221-1 du Code de l'Environnement]

Polluants	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil d'information	Seuil d'alerte
PM10	En moyenne annuelle: 40 µg/m³ En moyenne journalière: 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	En moyenne annuelle : 30 μg/m³	50 μg/m³	80 µg/m³ ou 50 µg/m³ sur persistance
PM2.5	En moyenne annuelle : 25 μg/m³	En moyenne annuelle : 10 μg/m³		



IV. Matériel et méthode

IV.1. Les instruments utilisés

IV.1.1 Les micro-capteurs next-PM/NEMo

Les informations figurant dans ce chapitre nous ont été communiquées par TERA Environnement.

Le micro-capteur next-PM/NEMo se compose de la manière suivante :

- le sensor, conçu par TERA Sensor qui assure la mesure des particules ;
- la balise NEMo, qui assure le conditionnement du sensor, son paramétrage et le stockage des données. Elle a déjà été approuvée pour la mesure de polluants gazeux dans l'air intérieur. Pour permettre des mesures en air extérieur, l'ensemble est disposé dans un abri permettant de le protéger contre la pluie.
- une solution de transmission des données sur un cloud, ici Sigfox.

Le principe de mesure du sensor est optique avec un chemin fluidique pour les particules présentes dans l'air qui sont aspirées à travers le capteur par un flux forcé. Les particules passent devant un laser et le rayon les dévie en fonction de leur taille. La diffraction de la lumière est alors détectée au moyen d'un double photodétecteur.

Les caractéristiques du sensor conçu par TERA Sensor sont reprises dans le tableau 2.

Des tests d'inter-comparaison du sensor avec un appareil de référence ont déjà été menés par TERA Sensor. En revanche, la solution complète sensor/balise Nemo/transmissions Sigfox n'a jamais été évaluée en comparaison d'un appareil de référence. Il s'agit de l'objectif de la présente étude.

Tableau 2 : Caractéristiques principales du capteur next-PM/NEMo [source TERA Environnement]

Spécificités	Capteur next-PM/NEMo	
Technologie de détection	Optique	
Polluants ciblés	PM10 – PM2.5 – PM1	
Durée de vie (utilisation continue)	10 000 h	
Gamme de mesure PM10 – PM2.5 – PM1 sensor	Optique PM10 – PM2.5 – PM1 10 000 h 0 – 1000 µg/m³ < 1 µg/m³ 10 sec -20 à +70°C 0 – 95 %RH 500 – 1500 hPa 10 sec 2 paramétrages testés: - Une mesure toutes les 2,5 min - Une mesure toutes les 10 min De 2 à 7 % en fonction de la fréquence d'échantillonnage retenue La connexion du sensor next-PM avec la station est filaire (type UART) et le micro-capteur NEMo communique lui en Sigfox	
Limite de détection PM10 sensor	< 1 μg/m³	
Temps de chauffe sensor	10 sec	
	-20 à +70°C	
Conditions d'utilisation	0 – 95 %RH	
	500 – 1500 hPa	
Durée échantillonnage	10 sec	
Fréquence échantillonnage	 Une mesure toutes les 2,5 min 	
Echantillonnage horaire		
Mode de communication	(type UART) et le micro-capteur NEMo communique lui en	
Alimentation	Panneau solaire ¹	

¹ Le dispositif n'a pas été conçu pour un raccordement au secteur. Ce dernier est possible grâce au câble USB, bien que ce dernier ait été prévu pour le transfert des données. Pour cette raison, cette utilisation peut comporter des risques électriques. Des développements sont en cours.





Figure 1 : Illustration des principaux éléments du micro-capteur next-PM/NEMo

IV.1.2 L'analyseur de référence de type BAM

Le principe de fonctionnement d'un analyseur de poussière type BAM 1020, consiste à déterminer, grâce à une jauge bêta, la quantité d'énergie absorbée par un échantillon exposé à la source radioactive à partir de laquelle est déduite la concentration en particules.

Une jauge béta se compose d'une source de carbone 14 émettrice de rayons béta de très faible intensité et d'un détecteur de rayonnements radioactifs : le tube Geiger-Muller (GM). Ce dernier est fixé à une distance donnée en aval du ruban filtrant qui collecte les particules en suspension dans l'air.

Lors de la détermination d'une masse déposée à la fin de chaque période, la source est positionnée face au dépôt et au compteur GM.

Les rayons bêtas de faible énergie sont absorbés par la matière par collision avec les électrons dont le nombre est proportionnel à la masse surfacique.

La mesure consiste à calculer la différence d'absorption entre le filtre vierge au début et le filtre exposé en fin de période.



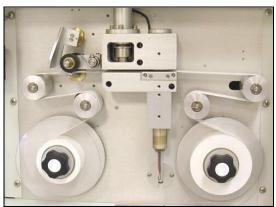


Figure 2 : Appareil de mesures BAM 1020 (vue de l'intérieur)

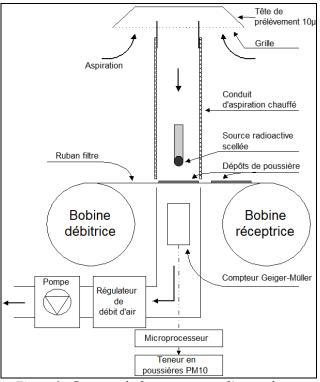


Figure 3 : Principe de fonctionnement d'un analyseur BAM

IV.2. Conditions expérimentales des capteurs

IV.2.1 Site de mesures retenu

Les mesures ont été réalisées sur le site **urbain trafic** 'Laënnec' situé sur le boulevard du même nom à Rennes (35).

Il s'agit d'un des deux sites trafic de Rennes dont l'objectif est de mesurer les concentrations maximales auxquelles la population résidant près d'une voie à fort trafic est susceptible d'être exposée.

Cette station est intégrée au dispositif régionale de l'association (cf. annexe I).

La typologie des stations de surveillance de la qualité de l'air est déterminée par des critères fixés dans un guide national, réalisé par le LCSQA².

Pour une station de typologie trafic, les critères déterminant concernent notamment la distance à la voie de circulation la plus proche (<10m) ainsi que l'éloignement au carrefour le plus proche (>25m). En revanche, il n'y a pas de seuil minimal de niveau de trafic à respecter.

Dans le cas de la station Rennes Laënnec, le trafic sur le boulevard est de l'ordre de 9500 véhicules par jour (tableau 3). Les tests ne sont valables dans le cadre de cette configuration de mesures.

² LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, organisme chargé d'assurer la coordination technique du dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France

Guide : Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA, Février 2017)



Les principales caractéristiques de cette station de mesures sont les suivantes :

Tableau 3 : Caractéristiques du site urbain trafic « Rennes Laënnec »

	Caractéristiques	Station urbaine trafic Laënnec
	Adresse	16 boulevard Laënnec 35700 RENNES
Localisation	Coordonnées Lambert X	352 945 m
	Coordonnées Lambert Y	6 788 952 m
Mesures	Paramètres surveillés	NOx PM10 (BAM) PM2.5 (BAM)
	Densité de population (rayon 1 km)	8 248 hab/km²
Environnement du point de	Distance à la voie la plus proche	5.70 m
mesures	Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)	9 442 véh/jr



Figure 4 : Environnement du point de mesures, boulevard Laënnec à Rennes (35)

IV.2.2 Déroulement de l'évaluation

Cette étude visait à évaluer trois micro-capteurs next-PM/NEMo sur un site urbain trafic selon des modes d'alimentation et des fréquences d'échantillonnage différents.

Deux micro-capteurs ont été branchés sur le secteur et un micro-capteur a été raccordé à un panneau solaire assurant son autonomie (tableau 4).



Cette expérimentation s'est découpée en 2 phases :

- Phase I: du 20/01 au 12/02, soit 23 jours, les micro-capteurs ont été configurés selon une fréquence d'échantillonnage de 10 minutes. Il s'agit de la configuration par défaut proposée par TERA Environnement pour une campagne de mesures. Elle garantit le maintien du fonctionnement du capteur en fonctionnement sur panneau solaire.
- Phase II: du 12/02 au 20/02/20, soit pendant 8 jours, les capteurs ont été configurés avec une fréquence d'échantillonnage de 2 minutes et 30 secondes. Il est important de préciser que cette fréquence de mesures a été testée dans le cadre de cette expérimentation uniquement et sur une durée limitée puisqu'elle n'est pas compatible avec le réseau Sigfox. Pour cette raison, elle ne doit pas été programmée sans en référer à TERA Environnement.

Ces tests visaient à étudier si une augmentation de la fréquence de mesures tendait à améliorer la corrélation avec l'appareil de référence.

Plus le rapport temps de mesure sur périodicité de mesure (nommé ci-après temps d'échantillonnage en %) sera élevé, plus le capteur pourra intégrer les nombreuses variations de concentrations en particules dans ses mesures. La réponse sera ainsi moins « bruitée ».

Au contraire, plus la fréquence de mesures sera importante, plus le système sera énergivore ce qui abaissera son autonomie.

N° capteur Date de **Temps Station** (mode Date de fin **Echantillonnage** début échantillonnage alimentation) 787 10 sec (secteur) 20/01/2020 12/02/2020 d'échantillonnage 1.7 % toutes les 10 min Site trafic 558 (secteur) Laënnec 10 sec 12/02/2020 20/02/2020 d'échantillonnage 6,7% 183 toutes les 2,50 min

Tableau 4 : Synthèse des conditions expérimentales

(panneau solaire)



V. Résultats et interprétations

L'utilisation des micro-capteurs next-PM/NEMo dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air ambiant en situation trafic a été évaluée via différents critères détaillés dans le présent chapitre réservé aux résultats.

V.1. Export des données

Les données de mesures sont visualisables en temps réel dans un cloud. En raison de contraintes liées à l'affichage des données sur cette interface (limitation du nombre mesure et du nombre de chiffre par mesure du fait du réseau Sigfox), il est préférable de récupérer les données directement sur le micro-capteur via un logiciel spécifique (Profil'Air Manager).

Les données brutes sont récupérées dans un fichier type csv selon la fréquence de mesures programmée dans le capteur.

Pour permettre de comparer les données des micro-capteurs aux analyseurs de références, les données brutes ont été agrégées sur un pas de temps horaire puis journalier.

V.2. Taux de recouvrement des appareils

Pour assurer une bonne représentativité des mesures sur la période d'évaluation, le taux de recouvrement des appareils sur la période de mesures doit être satisfaisant. Ils sont présentés dans le tableau 5.

Phase I Phase II Echantillonnage 10 min Echantillonnage 2,5 min Alimentation PM10 PM10 PM2,5 PM2,5 next PM 787 sur secteur 100% 100% 35% 35% next PM 558 100% 100% 100% 100% sur secteur sur panneau solaire 100% next PM 183 100% 86% 86%

Tableau 5 : Taux de recouvrement des instruments du 20/01 au 20/02/20

Durant la **phase I** du test (échantillonnage des capteurs toutes les 10 minutes), les taux de recouvrement des micro-capteurs fonctionnant sur secteur (787 et 558) ou en autonomie (183) ont été de 100% sur la période, ce qui est très satisfaisant.

Lors de la **phase II** des essais (échantillonnage toutes les 2.5 min), l'un des deux capteurs fonctionnant sur secteur (787) s'est arrêté après 2 jours de mesures, expliquant le faible taux de recouvrement sur la période (35%). Un problème au niveau du branchement électrique de l'appareil est suspecté. Nous y reviendrons dans le chapitre V.6 (Axes d'améliorations).

Pour les autres capteurs, les taux de fonctionnement sont satisfaisants sur la période du test que ce soit avec une alimentation sur secteur (558) ou via un panneau solaire (183).

Pour ce dernier, le taux de recouvrement de 86% et lié à son arrêt anticipé le 19/02 à 9h pour une raison indéterminée. En revanche, la fréquence de mesures de 2 min et 30 sec semble compatible avec son mode d'alimentation par panneau solaire ce qui est très positif.

V.3. Compatibilité de la gamme de mesures de l'instrument avec les conditions du test

D'après le constructeur, la gamme de mesures du « sensor » est compris entre 0 et 1000 µg/m³.

En situation de fond urbain et/ou de proximité trafic, cette valeur maximale n'est jamais atteinte dans notre région.

Le tableau 6 présente les gammes de concentrations mesurées par les trois appareils pendant la période d'essai.

Phase I Phase II Echantillonnage 10 min Echantillonnage 2,5 min PM2,5 PM2,5 PM10 PM10 next PM 787 0 à 174 4 à 32 0 à 61 2 à 17,5 next PM 558 0 à 188 0 à 41 0 à 22 0 à 85 next PM 183 0 à 249 0 à 88 0 à 31 0 à 17

Tableau 6 : Gamme de mesures des instruments durant la période d'essai

100% des valeurs mesurées par les micro-capteurs sont compris dans la gamme de mesures définies par le constructeur. La valeur horaire maximale est de $249 \, \mu g/m^3$.

On note toutefois que les gammes de mesures ont été nettement différentes entre les deux phases des tests.

V.4. Reproductibilité des mesures

La reproductibilité des trois capteurs a été vérifiée pour les données journalières et horaires et selon les deux fréquences d'échantillonnage testées (phase I 10 min et phase II 2,5 min).

Ce critère n'a pas pu être vérifié à partir des données brutes car la synchronisation des appareils n'est pas réalisable.

V.4.1 Données journalières

Le tableau suivant résume les paramètres de corrélation entre les micro-capteurs next-PM/NEMo lors des deux phases de test.

Les moyennes journalières ont été calculées de 0h à 0h ce qui explique que le nombre maximal de jours pris en compte (22 jours en phase I par exemple) soit inférieur à la période totale de l'essai (23 jours en phase I).



Tableau 7 : Paramètres de corrélation entre micro-capteurs (données journalières)

Phase test	Nb moy journalière calculée	Paramètres	Paramètres corrélation	787 vs 558	787 vs 183	558 vs 183
Phase I:			Pente	0,66	0,93	1,41
10 min	22	DM2 F	Ordonnée à l'origine	1,11	0,94	-0,22
20			R ²	0,99	0,99	1,00
Dhara II.		PM2,5	Pente x x	1,32		
Phase II : 2,5 min	7		Ordonnée à l'origine	x	x	0,59
2,5			R ²	x	х	0,94
Dh I		PM10	Pente	0,68	0,93	1,35
Phase I: 10 min	22		Ordonnée à l'origine	1,76	1,49	-0,20
10 11111			R²	0,98	0,99	0,99
		LIVITO	Pente	Х	Х	1,22
Phase II : 2,5 min	7		Ordonnée à l'origine	Х	Х	1,33
2,3 111111			R ²	х	х	0,95

x : non exploité, seuls 2 jours valides pour le capteur 787

Pour les PM2.5 et les PM10, **les coefficients de régression R² sont tous supérieurs à 0.9** ce qui met en évidence une faible dispersion des données sur ce pas de temps.

Pour les trois capteurs et quelles que soient les conditions des tests, les pentes des droites de régression linéaire entre capteur sont comprises entre 0.7 et 1.4.

Les ordonnées à l'origine sont inférieures à 2 µg/m³ ce qui parait peu significatif en moyenne journalière.

Ces résultats signifient que selon un pas de temps journalier, les données des capteurs sont synchrones et que le décalage entre-elles est de +/- 30 à 40%.

L'analyse plus fine des résultats montre que le micro-capteur 558 présente des valeurs supérieures à celles des deux autres micro-capteurs 787 et 183 (cf. figure 5 et 6) ce qui explique les valeurs de pente plus élevées. La différence entre ce capteur et les deux autres s'accentue lorsque la gamme de mesures est plus élevée.

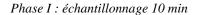
En revanche, les résultats des corrélations entre les micro-capteurs 787 et 183 pour les PM10 et PM2.5 sont très satisfaisantes avec des pentes de 0.93 et des R² de 0.99 quel que soit le temps d'échantillonnage (cf. figure 7).

L'impact de l'augmentation de la fréquence de mesures sur la reproductibilité a pu être caractérisé seulement pour le couple de capteur 558 vs 183 (en raison du faible jeu de données journalières valides sur le capteur 787 lors de la phase II).

Quelle que soit la fréquence d'échantillonnage, les coefficients de régression R² sont satisfaisants entre les capteurs 558 et 183. Une légère amélioration de la pente de la droite de corrélation a été observée entre les deux phases de test : 1.41 à 1.32 pour les PM2.5 et 1.35 à 1.22 pour les PM10.

Cela pourrait toutefois être lié à la gamme de mesures différente lors des deux essais (cf. V.3).

Les évolutions des moyennes journalières obtenues avec les trois micro-capteurs sont présentées sur les graphiques de la page suivante.



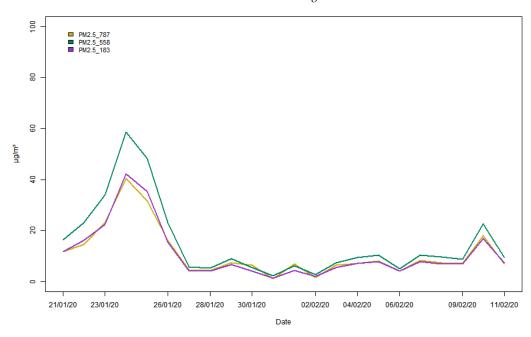


Figure 5 : Evolution des données journalières <u>PM2.5</u> sur les capteurs next-PM/NEMo en <u>phase I</u> (en μg/m³)



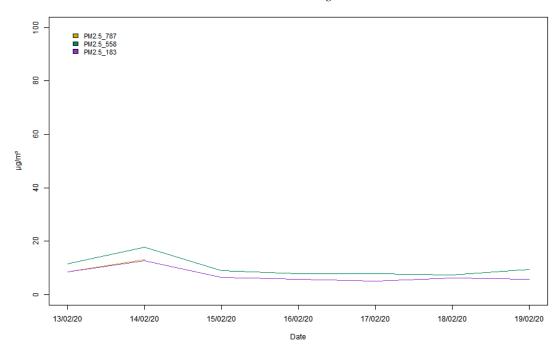


Figure 6 : Evolution des données journalières <u>PM2.5</u> sur les capteurs next-PM/NEMo en <u>phase II</u> (en μg/m³)



Quelques exemples de graphiques de corrélation sont présentés ci-après.

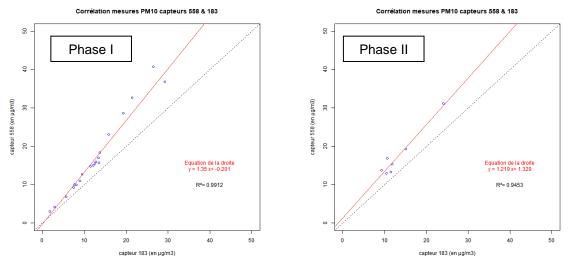


Figure 7 : Corrélation des moyennes journalières entre les capteurs 558 et 183 pour les PM10 (en μg/m³)

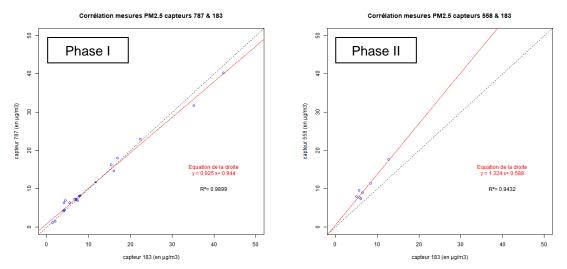


Figure 8 : Corrélation des moyennes journalières entre les capteurs 558 et 183 pour les PM2.5 (en µg/m³)

V.4.2 Données horaires

Le tableau suivant résume les paramètres de corrélation entre les micro-capteurs next-PM/NEMo lors des deux phases de test.



Tableau 8 : Paramètres de corrélation entre micro-capteurs (données horaires)

Phase test	Nb valeurs horaires	Paramètres	Paramètres corrélation	787 vs 558	787 vs 183	558 vs 183
Phase I:			Pente	0,66	0,89	1,33
10 min	548	PM2,5	Ordonnée à l'origine	0,96	1,18	0,55
10 11111			R²	0,98	0,97	0,96
61 11		PIVIZ,3	Pente 0,72	0,72	1,01	1,26
Phase II : 2,5 min	185		Ordonnée à l'origine	0,32	0,14	0,82
2,3			R²	0,98	0,98	0,83
Dha a a Li		- PM10	Pente	0,70	0,82	1,12
Phase I: 10 min	548		Ordonnée à l'origine	0,99	2,90	3,47
10 11111			R²	0,95	0,95	0,90
Phase II : 2,5 min	185		Pente	0,73	0,96	1,19
			Ordonnée à l'origine	0,95	0,79	1,37
			R ²	0,97	0,96	0,82

Capteur 787 : données horaires sur 2 jours de mesures seulement

Les coefficients de régression R² sont généralement supérieurs à 0.95 excepté pour la comparaison des capteurs 558 vs 183 en phase II uniquement (R² à 0.8).

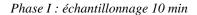
Les capteurs 787 et 183 présentent les meilleurs résultats avec des coefficients de régression et des pentes très proches de 1.

Comme observé pour les données journalières, le capteur 558 présente des valeurs supérieures à celles des deux autres capteurs 787 et 183.

Pour ces mêmes capteurs, l'augmentation de la fréquence de mesures a contribué à améliorer la reproductibilité.

Cette amélioration pourrait toutefois être liée à la différence des gammes de mesures entre les deux phases du test (figures 9 et 10).

Les reproductibilités des mesures horaires entre les 3 capteurs sont jugées satisfaisantes.



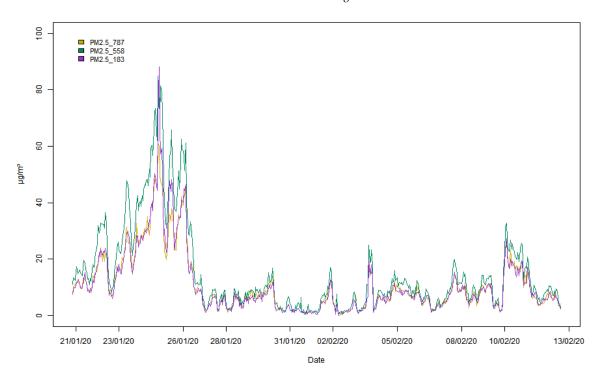
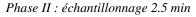


Figure 9 : Evolution des données horaires <u>PM2.5</u> sur les capteurs next-PM/NEMo en <u>phase I</u> (en μg/m³)



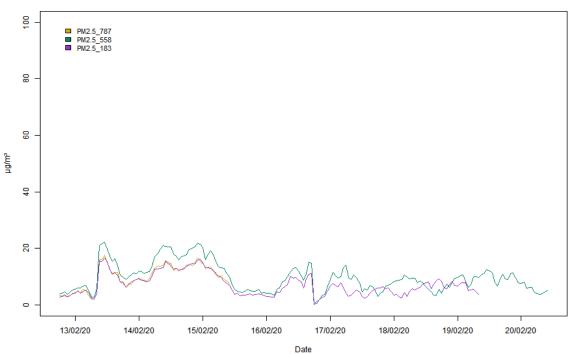


Figure 10 : Evolution des données horaires <u>PM2.5</u> sur les capteurs next-PM/NEMo en <u>phase II</u> (en µg/m³)



Quelques exemples de graphiques de corrélation sont présentés ci-après. Ils sont tous repris en Annexe II.

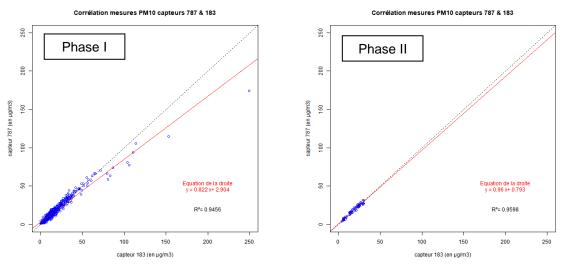


Figure 11 : Corrélation des moyennes horaires entre les capteurs 787 et 183 pour les PM10 (en μg/m³)

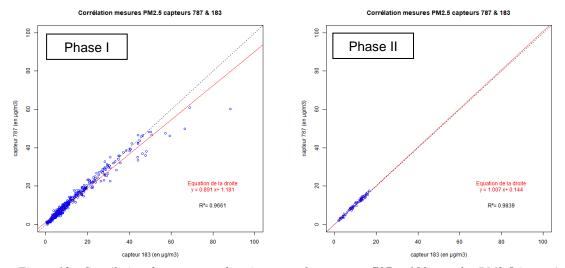


Figure 12 : Corrélation des moyennes horaires entre les capteurs 787 et 183 pour les PM2.5 (en μg/m³)

L'étude de corrélation entre les mesures PM10 et PM2.5 de trois capteurs next-PM/NEMo a permis de mettre en évidence des réponses reproductibles des instruments comme en témoigne :

- les coefficients de corrélation proche de 1 ;
- les pentes généralement comprises entre 0.7 et 1.3 ;
- les ordonnées à l'origine inférieures à quelques microgrammes ce qui montre un faible décalage des capteurs même pour des valeurs faibles.

L'un des capteurs présente des valeurs supérieures aux deux autres ce qui dégrade légèrement les résultats. Les deux autres sont très reproductibles.

Au vu de la bonne corrélation des capteurs entre eux, une correction pourrait être réalisée.

L'augmentation de la fréquence de mesures améliore légèrement la reproductibilité des capteurs.

Il s'agit dans un second temps de comparer ces données à celles de l'analyseur de référence.

V.5. Comparaison avec l'analyseur de références (BAM)

La comparaison des données des capteurs next-PM/NEMo avec celles de l'analyseur de référence est réalisée pour les données journalières puis horaires.

V.5.1 Données journalières

Les résultats des paramètres de la droite de régression sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Paramètres de corrélation entre chaque capteur et la référence (données journalières)

Phase test	Nb jrs	Paramètres	Paramètres corrélation	787 vs Réf	558 vs Réf	183 vs Réf	
Discount 1			Pente	1,01	1,56	1,09	
Phase I: 10 min	22		Ordonnée à l'origine	-0,36	-2,42	-1,35	
10 11111			R ²	0,79	0,82	0,79	
61		PM2,5	Pente	х	1,50	1,03	
Phase II : 2,5 min	7		Ordonnée à l'origine	х	-0,88	-0,35	
2,3 111111			R ²	х	0,85	0,74	
Discount 1			Pente	0,97	1,42	1,03	
Phase I: 10 min	22		Ordonnée à l'origine	-2,51	-6,38	-3,99	
10 111111			PM10	R ²	0,48	0,50	0,48
Phase II : 2,5 min	7	PIVITO	Pente	х	0,72	0,56	
			Ordonnée à l'origine	х	3,34	2,23	
			R²	х	0,89	0,85	

x : non exploité, seuls 2 jours valides pour le capteur 787

Concernant les **PM2.5**, les coefficients de régression entre les micro-capteurs et la référence sont assez homogènes, compris entre 0.74 et 0.85 ce qui traduit des mesures jugées synchrones avec la référence.

Les coefficients de régression sont peu différents entre les deux phases de test : une légère amélioration est constatée pour le capteur 558 contrairement au capteur 183.

Les pentes des droites de corrélation sont comprises entre 1.01 à 1.09 pour les capteurs 787 et 183. En revanche, pour le capteur 558, la pente est plus élevée (1.5 à 1.56) indiquant une surestimation du capteur par rapport à la référence.

Pour les **PM10**, les coefficients de régression lors de la phase I sont de l'ordre de 0.5. Les pentes des droites de régression sont proches de 1 pour les capteurs 787 et 183. Le capteur 558 présente une pente plus élevée traduisant une surestimation par rapport à la référence.

L'augmentation de la fréquence de mesures en phase II a contribué à améliorer nettement la corrélation des mesures avec la référence (R² de 0.9) pour les capteurs 558 et 183. En revanche, une dégradation de la pente est constatée qui s'explique probablement par la gamme de mesure plus faible lors de la phase II.

Quelques exemples de graphiques de corrélation sont présentés ci-après.

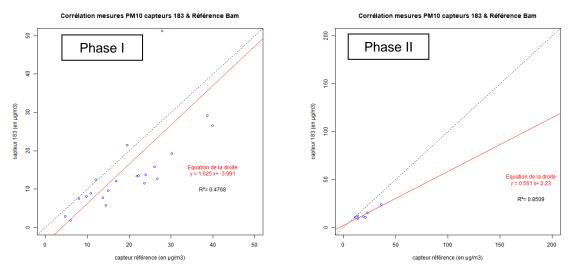


Figure 13 : Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de référence BAM pour les PM10 (en µg/m³)

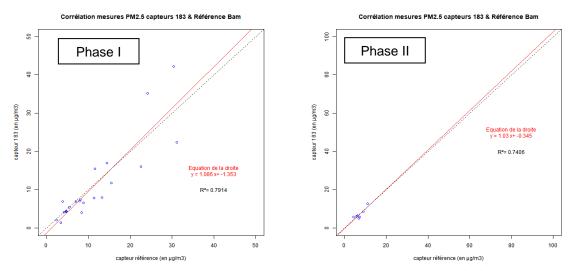


Figure 14 : Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de référence BAM pour les PM2.5 (en µg/m³)

Les deux graphiques de la page suivante présentent l'évolution des concentrations journalières durant les deux phases de test successives.

Durant la première phase, on note une surestimation des micro-capteurs next-PM/NEMo par rapport à la référence.

Cela concerne les trois journées du 24 au 26/01. Lors de cette période, les taux d'humidité sont restés élevés, au-delà de 80% et souvent proches de la saturation, ce qui pourrait expliquer la surestimation des données de mesures des micro-capteurs malgré la présence d'un chauffage du flux d'air entrant dans le sensor.

Sur le reste de la période, les mesures journalières des micro-capteurs et de la référence sont proches.

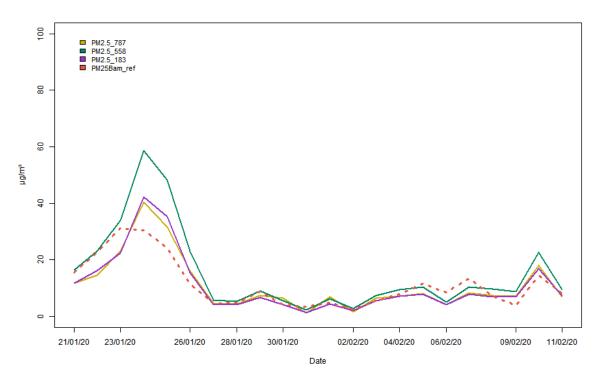


Figure 15 : Evolution des données journalières $\underline{PM2.5}$ entre les capteurs et la référence en $\underline{phase\ I}$ (en $\mu g/m^3$)

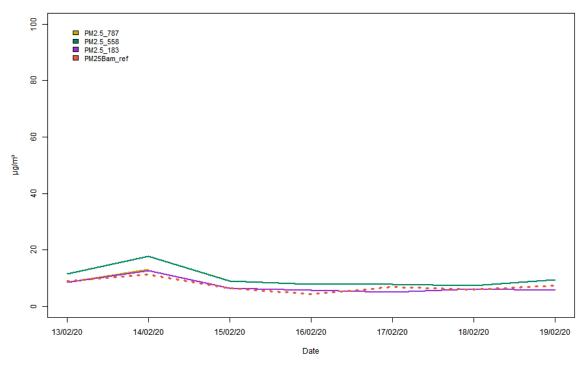


Figure 16 : Evolution des données journalières $\underline{PM2.5}$ entre les capteurs et la référence en $\underline{phase\ II}$ (en $\mu g/m^3$)



V.5.2 Données horaires

Les résultats des corrélations entre les données horaires des micro-capteurs et l'analyseur de référence sont les suivants.

Tableau 10 : Paramètres de corrélation entre chaque capteur et la référence (données horaires)

Phase test	Nb valeurs horaires	Paramètres	Paramètres corrélation	787 vs Réf	558 vs Réf	183 vs Réf
Dha a a L		• PM2,5	Pente	0,89	1,35	0,93
Phase I: 10 min	548		Ordonnée à l'origine	0,87	-0,09	0,43
10 11111			R ²	0,63	0,65	0,57
DI			Pente	0,68	0,96	0,65
Phase II : 2,5 min	185		Ordonnée à l'origine	3,66	2,88	2,51
2,3 111111			R ²	0,43	0,45	0,39
Dhana I.			Pente	0,64	0,93	0,65
Phase I: 10 min	548		Ordonnée à l'origine	3,90	3,39	3,59
10 111111		PM10	R ²	0,22	0,27	0,18
Phase II : 2,5 min	185	MITO	Pente	0,45	0,62	0,51
			Ordonnée à l'origine	6,43	4,78	3,62
			R ²	0,53	0,53	0,58

Pour les **PM2.5**, les coefficients de régression sont de l'ordre de 0.6 en phase I avec une pente de l'ordre de 0.9 pour les capteurs 787 et 183 et 1.4 pour le capteur surestimant les mesures (558).

L'augmentation de la fréquence de mesure (phase II) a étonnement contribué à dégrader le coefficient de régression (compris entre 0.4 à 0.5). Il est fort probable que ce constat soit lié à la faible gamme des mesures en phase II qui entraine une incertitude plus importante à la fois des micro-capteurs et de l'appareil de référence.

Pour les **PM10**, les coefficients de régression sont compris entre 0.2 et 0.3 en phase I ce qui n'est pas satisfaisant.

En phase II, une amélioration significative des coefficients de régression est observée : compris entre 0.5 et 0.6. Les pentes observées sont également de l'ordre de 0.5 à 0.6 ce qui signifie que les mesures des micro-capteurs sont inférieures à celles de l'appareil de référence. Une correction des données pourrait être réalisée du fait que les coefficients de régression soient acceptables.

Quelques exemples de graphiques de corrélation sont présentés ci-après.

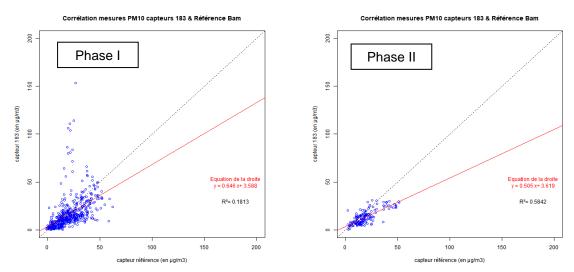


Figure 17 : Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de référence BAM pour les PM10 (en µg/m³)

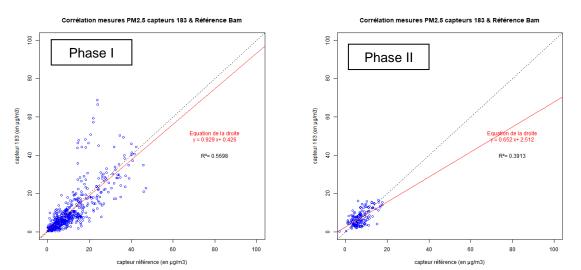


Figure 18 : Corrélation des moyennes journalières entre le capteurs 183 et la méthode de référence BAM pour les PM2.5 (en µg/m³)

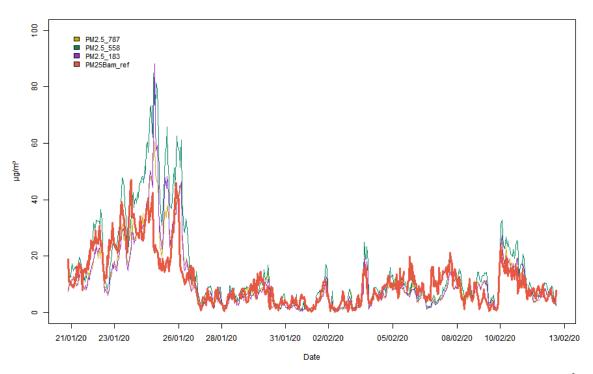


Figure 19 : Evolution des données horaires <u>PM2.5</u> entre les capteurs et la référence en <u>phase I</u> (en μg/m³)

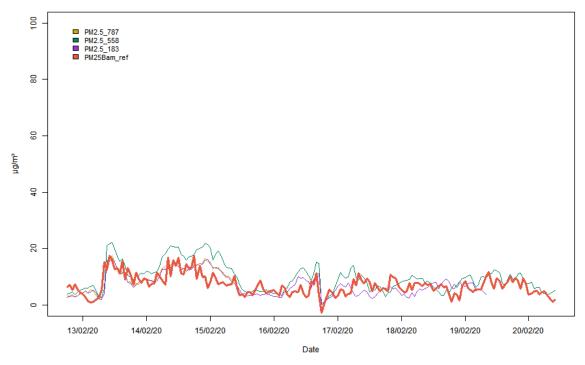


Figure 20 : Evolution des données horaires $\underline{PM2.5}$ entre les capteurs et la référence en $\underline{phase\ II}$ (en $\mu g/m^3$)



La comparaison des données des micro-capteurs avec la référence permet de relever les points suivants :

- Malgré la présence d'un dispositif de chauffage dans le sensor, une surestimation des données des micro-capteurs a été constatée durant 3 jours en début de test qui pourrait s'expliquer par un taux d'humidité important.
- Pour les PM2.5, les corrélations sont de l'ordre de 0.8 en données journalières et 0.6 avec les données horaires ce qui est jugé satisfaisant. Les pentes de deux des trois capteurs sont de +/-10% alors qu'un d'entre eux surestime les données de mesures (+50%).

L'impact du changement de la fréquence d'échantillonnage sur les comparaisons des données est difficile à évaluer en raison des différences des gammes de mesures entre les deux périodes de test.

Pour les PM10, les corrélations sont comprises entre 0.5 (phase I) et 0.9 (phase II) pour les données journalières, et 0.3 (phase I) et 0.6 (phase II) pour les données horaires.

L'augmentation de la fréquence d'échantillonnage a donc contribué à améliorer nettement la corrélation des mesures des micro-capteurs avec la référence. Pour ce paramètre, une fréquence de mesures minimale de 2.5 minutes semble s'imposer pour garantir une bonne corrélation des mesures avec la référence.

Au contraire, les pentes des droites de régression ont augmenté entre les deux phases de tests ce qui pourrait s'expliquer par une gamme de mesures plus faible et donc à une incertitude plus importante.

V.6. Retour d'expérience technique sur les micro-capteurs

Suite aux essais réalisés pendant plus d'un mois avec différents modes d'alimentation et d'échantillonnage, plusieurs **axes d'amélioration** sont proposés :

Configuration du boitier/alimentation sur secteur :

Le raccordement du micro-capteur au secteur via le câble USB est difficile du fait de la configuration de la coque de protection. Il est possible que ce problème soit à l'origine de l'arrêt d'un des capteurs pendant la phase de test.

TERA Environnement précise bien que le raccordement au secteur via le câble USB n'est pas destiné à alimenter de manière pérenne le capteur. Un développement est en cours pour répondre à cette demande.

• Téléchargement des données, accessibilité des données sur le cloud :

Les données de mesures accessibles sur le cloud sont limitées en termes d'affichage du fait du réseau Sigfox. La fréquence minimum d'affichage est de 10 minutes (même si le capteur à une fréquence de mesures inférieure) et les données de mesures sont limitées à des multiples de 4. Elles sont donc difficilement exploitables en l'état. Les données brutes doivent donc être téléchargées directement sur l'appareil.

Par ailleurs, une information sur l'état d'alimentation du capteur serait intéressante : fonctionnement sur secteur, autonomie restante si batterie,

TERA Environnement précise qu'un développement est en cours par Ethera pour utiliser le réseau LTE qui permettra de transférer un plus grand nombre de données.



Transfert de données vers le cloud en fonctionnement sur panneau solaire :

Dans le cas d'un branchement du micro-capteur sur panneau solaire, la transmission des données sur le cloud ne s'effectue pas en période nocturne.

• Durée d'échantillonnage :

Une augmentation de la durée d'échantillonnage fixée à 10 secondes toutes les 2.5 à 10 minutes permettrait d'améliorer les résultats des corrélations avec l'appareil de référence et ce surtout dans le cas d'une exposition en situation trafic impliquant une variabilité importante des concentrations. Ce point est en cours de développement par Ethera en utilisant le réseau LTE.

• Efficacité du chauffage du flux d'air :

Le chauffage du flux d'air permet d'éviter une surestimation des mesures causée par l'humidité absorbée sur les particules.

L'efficacité du chauffage semble toutefois limitée dans des conditions de saturation lors desquelles les valeurs semblent surestimées au regard de la référence.

• Intervention à distance sur le capteur

Dans le cas où une intervention sur l'appareil est nécessaire pour un changement de programmation par exemple et afin d'éviter les déplacements sur site, il serait intéressant d'avoir la possibilité d'intervenir à distance sur l'appareil.

D'après TERA Environnement, l'usage du réseau Sigfox ne permet pas de réaliser ces interventions. Ce point sera étudié dans le cas du passage au réseau LTE.

Cette étude a également permis de mettre en évidence les **points forts** des capteurs next-PM/NEMo d'un point de vue technique :

Autonomie du capteur sur panneau solaire :

L'alimentation sur panneau solaire présente un réel avantage notamment pour des mesures dans des lieux éloignés de toute alimentation électrique.

Ce mode d'alimentation, couplé à une batterie, permet une bonne autonomie du capteur.

• Absence de maintenance :

Comme pour la plupart des micro-capteurs, le capteur next-PM/NEMo présente l'avantage de n'avoir aucune maintenance à effectuer.

VI. Conclusion – perspectives de mesures

Afin de compléter la surveillance des particules dans l'air ambiant via les méthodes de référence dans le cadre de campagne de mesures ponctuelles notamment, Air Breizh a souhaité mener une campagne d'inter-comparaison des micro-capteurs next-PM/NEMo proposés par le laboratoire TERA Environnement.

Ces tests ont été menés pendant une période d'un mois du 20/01 au 20/02/20 en situation urbaine trafic.

Nos conclusions sont les suivantes :

La **fiabilité** des instruments a été jugée satisfaisante atteignant des taux de recouvrement de l'ordre de 100% durant la période d'essai excepté pour l'un d'entre eux. Une amélioration pourrait être apportée dans le cas d'un branchement du capteur sur le secteur puisque cette configuration semble être à l'origine de l'arrêt de ce capteur.

La **reproductibilité** des instruments est satisfaisante que ce soit pour les particules PM10 et PM2.5 et quel que soit le pas de temps retenu (journalier ou horaire).

Parmi les trois micro-capteurs testés, deux présentent des valeurs très proches (+/-10%) alors que le troisième présente des valeurs surestimées (+/-30 à 40%).

Des essais complémentaires sur un plus grand nombre de micro-capteur next-Pm/NEMo seraient en cours chez Ethera.

La **comparaison des données avec la méthode de référence** (BAM) est satisfaisante pour les PM2.5. Les coefficients de corrélation sont respectivement de l'ordre de 0.8 et 0.6 pour des pas de temps journaliers et horaires.

Concernant les PM10, dont la variabilité est sans doute plus élevée, un échantillonnage tous les 2.5 minutes s'avère nécessaire pour garantir une corrélation acceptable (coefficient de l'ordre de 0.6).

Les valeurs obtenues pour ces coefficients de corrélation montrent que les mesures des microcapteurs sont synchrones avec l'appareil de référence. Dans ce cas, une correction des données serait envisageable pour améliorer ces résultats.

Quelques améliorations techniques ont été proposées notamment en termes d'accessibilité des données mais également concernant la méthode de chauffage du capteur qui semble présenter des limites lors de conditions de saturation.

Ces résultats montrent que les micro-capteurs next-PM/NEMo peuvent être utilisés en autonomie pour la mesure indicative des particules PM10 et PM2.5 dans l'air ambiant (pas de temps horaire ou journalier). Quelques développements en cours permettront d'améliorer leur utilisation et leurs performances.

Dans le cadre de ces mesures, nos recommandations sont les suivantes :

- En situation trafic, fréquence de mesures de 2.5 minutes. D'après TERA Environnement, ce paramétrage nécessite le passage à une autre solution de communication adaptée à ce pas de temps (en cours de développement).
- Avant le déploiement des instruments sur site, réalisation d'une inter-comparaison des instruments sur une période minimale d'une semaine idéalement sur un site équipé d'un appareil de référence. Cette étape vise à valider la reproductibilité initiale des instruments.
- Après la campagne, réalisation d'une inter-comparaison des instruments sur une période minimale d'une semaine idéalement sur un site équipé d'un appareil de référence. Cette étape vise à vérifier la reproductibilité des instruments et évaluer l'impact de l'encrassement des micro-capteurs.

Plusieurs configurations ont été testées durant cette période d'un mois. Il serait intéressant de compléter ces tests par un essai complémentaire sur une durée plus importante en conservant le paramétrage jugé optimal.



Annexe I: Présentation d'Air Breizh



Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, ont pour mission de base : la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose en 2019 de 19 stations de mesure, réparties sur le territoire breton, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

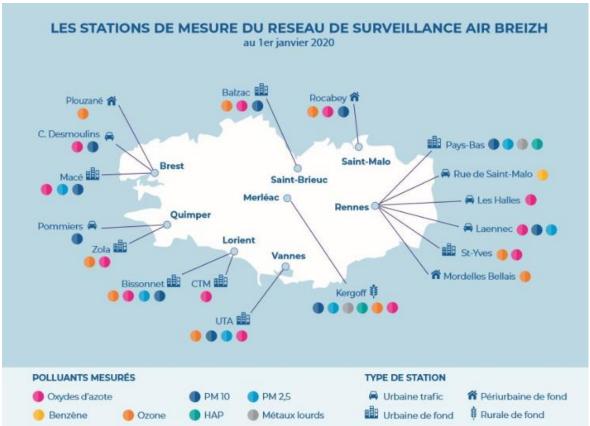
- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM₁₀ et PM_{2.5}) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web...,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation.
- Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant extérieur et intérieur.

Réseau de surveillance en continu

La surveillance de la qualité de l'air pour les polluants réglementés est assurée via des d'analyseurs répartis au niveau des grandes agglomérations bretonnes. Ce dispositif est complété par d'autres outils comme l'inventaire et la modélisation, qui permettent d'assurer une meilleure couverture de notre région.

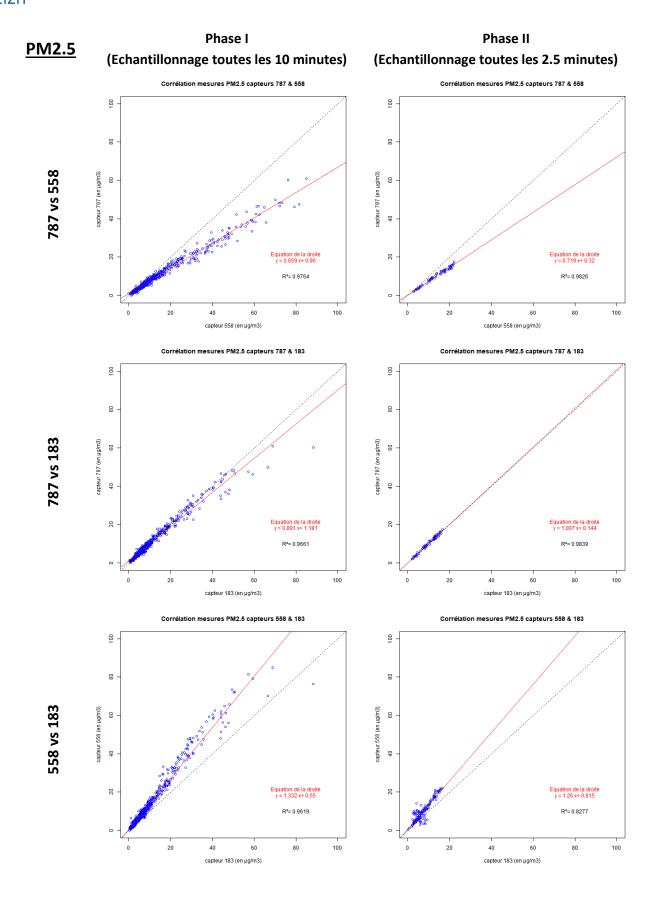


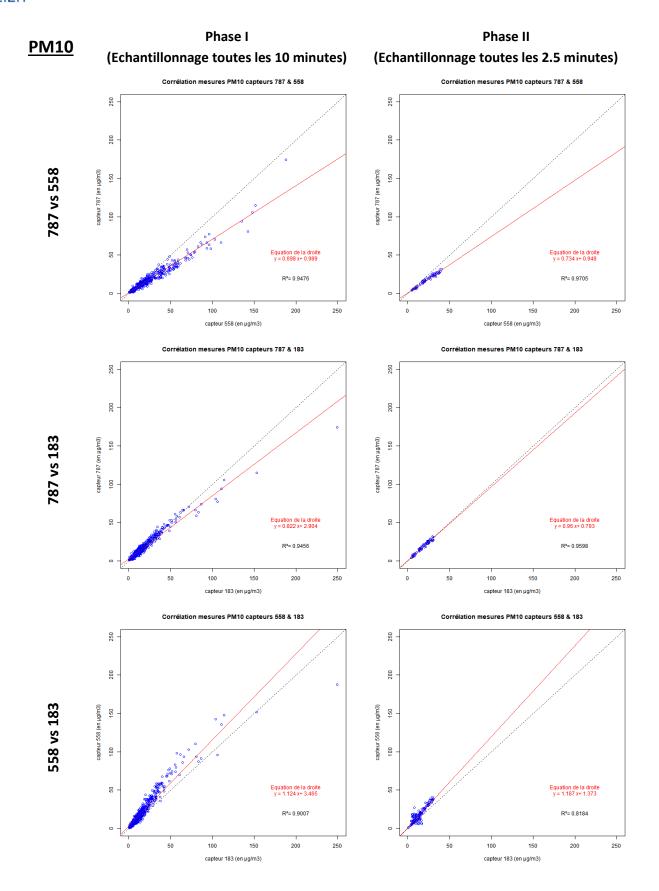
Implantation des stations de mesure d'Air Breizh (au 01/01/20)

Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte une quinzaine de salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,4 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.

Annexe II: Graphiques de corrélation - tests de reproductibilité (données horaires)





<u>Annexe III : Graphiques de corrélation – comparaison à la référence (données horaires)</u>

