

CONFIDENTIEL



**MESURE DE L'EFFICACITE  
D'UN PURIFICATEUR D'AIR  
TEQOYA TEQAIR 450  
SUR UN AEROSOL ISSU DE LA COMBUSTION**

Référence projet : G15

*Date* : 13/02/2019

Personnes référentes :

Frantz GOURIOU

David PRETERRE

Confidentialité :      Oui

Frédéric DIONNET

Directeur Général

CERTAM

Centre d'Etude et de Recherche Technologique en Aérothermique et Moteur

1 rue Joseph Fourier – Technopôle du Madrillet – F – 76800 Saint Etienne du Rouvray

Tél. 33 (0) 2 35 64 37 00 – [www.certam-rouen.com](http://www.certam-rouen.com)

N° SIRET. 421 436 569 00014 – Code APE. 731 Z

## 1 CONTEXTE ET CONFIGURATION EXPERIMENTALE

Le CERTAM a été sollicité par la société TEQOYA pour évaluer l'efficacité d'un purificateur d'air sur les particules en suspension dans l'air. Le purificateur en question est constitué d'une rampe d'ioniseurs dont l'effet attendu est l'abattement des concentrations particulières par précipitation électrostatique. Il porte la référence TeqAir 450.



TEQOYA TEQAIR 450

Pour répondre à cette demande, le CERTAM a proposé de construire une évaluation sur la base d'un aérosol de combustion produit par une cigarette. Ce type d'ensemencement présente l'avantage d'être :

- Bien maîtrisé et suffisamment reproductible
- Représentatif en terme de taille des particules présentes dans l'air (polluants liés à l'automobile, émissions industrielles, ambiances domestiques).
- De mise en œuvre aisée

Nous nous sommes attachés à reproduire des concentrations raisonnables, au regard de l'exposition de personnes avec des valeurs cible à environ 80 000 particules par  $\text{cm}^3$ , ce qui correspond à environ 10 fois le niveau de fond moyen. De telles valeurs sont couramment atteintes dans l'habitacle des véhicules routiers, notamment en zone urbaine mais peuvent également l'être dans les locaux professionnels ou d'habitation (cuisine, tabagisme, présence de sources de combustion ...).

CERTAM

Centre d'Etude et de Recherche Technologique en Aérothermique et Moteur

1 rue Joseph Fourier – Technopôle du Madrillet – F – 76800 Saint Etienne du Rouvray

Tél. 33 (0) 2 35 64 37 00 – [www.certam-rouen.com](http://www.certam-rouen.com)

N° SIRET. 421 436 569 00014 – Code APE. 731 Z

Ce niveau de concentration est atteint par la combustion complète d'une cigarette dans le local d'essai utilisé.

A titre d'information, nous pouvons donner les repères suivants :

- Air très propre (en montagne moyenne altitude, loin de toute source anthropique) :  $< 1000 \text{ p/cm}^3$
- Air « normal » : intérieur ou extérieur : env 3.000 à 6.000  $\text{p/cm}^3$
- Air pollué :  $> 10.000 \text{ p/cm}^3$
- Air urbain à proximité des axes de circulation : 10.000 à 100.000  $\text{p/cm}^3$
- Tunnel routier : 50.000 à 500.000  $\text{p/cm}^3$

Bien entendu, ces valeurs ne sont que des valeurs « guide » issues de notre expérience. Elles peuvent ne pas être représentatives de certaines circonstances exceptionnelles.

#### Matériel de mesure :

Les particules ont été caractérisées au moyen d'un granulomètre Dekati/ELPI. Ce granulomètre permet d'avoir accès à la distribution granulométrique de l'aérosol produits ainsi qu'à sa concentration en particules. Il dispose également d'un temps de réponse rapide permettant de suivre les phénomènes instationnaires.

#### Configuration expérimentale :

Les mesures ont été réalisées dans un local d'expérimentation d'un volume de  $75 \text{ m}^3$  présentant une surface au sol de  $30,16 \text{ m}^2$  et une hauteur sous plafond de 2,5 m.

Le prélèvement des particules a été opéré à 1,5 m su sol.

L'appareil à tester a été disposé approximativement au centre de la pièce.

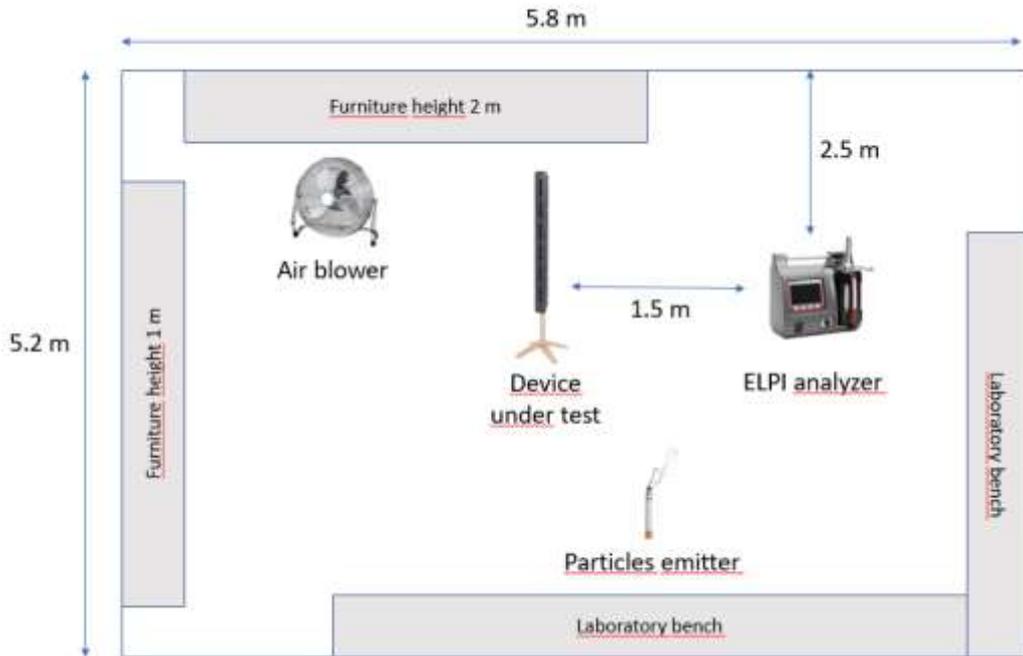


FIG. 1 - CONFIGURATION EXPÉRIMENTALE

Précisons que pour cette étude, nous n'avons pas travaillé en salle blanche mais dans un local où les concentrations de fond sont de l'ordre de  $1.000 \text{ à } 3.000 \text{ p/cm}^3$ . Les essais réalisés montrent :

- D'une part, la bonne reproductibilité des mesures (sur plusieurs essais de la même configuration) ;
- D'autre part, la bonne cohérence entre la mesure et sa régression exponentielle (en  $y(t) = y_{\infty} + y_0 e^{-kt}$ ) avec un écart relatif inférieur à 1%. (Ce comportement en exponentielle décroissante est le comportement théorique attendu d'une telle configuration d'essai.)

## 2 MESURE DE L'EFFICACITE DU SYSTEME DE TRAITEMENT D'AIR SUR LES PARTICULES

Afin d'évaluer au mieux l'efficacité d'abattement des particules, trois mesures distinctes ont été réalisées :

- 2 mesures de référence, appareil hors service
- 1 mesure avec appareil en fonctionnement

Les deux mesures de référence ont permis de s'assurer de la reproductibilité de la configuration expérimentale.

Sur la figure suivante (Fig. 2), nous fournissons les mesures adimensionnées à partir du point de départ de la décroissance, pour une comparaison plus directe des résultats. L'unité de l'axe des

CERTAM

Centre d'Etude et de Recherche Technologique en Aérodynamique et Moteur

1 rue Joseph Fourier – Technopôle du Madrillet – F – 76800 Saint Etienne du Rouvray

Tél. 33 (0) 2 35 64 37 00 – [www.certam-rouen.com](http://www.certam-rouen.com)

N° SIRET. 421 436 569 00014 – Code APE. 731 Z

abscisses est le temps (exprimé en heures) à partir de la concentration maximale atteinte dans la chambre de test.

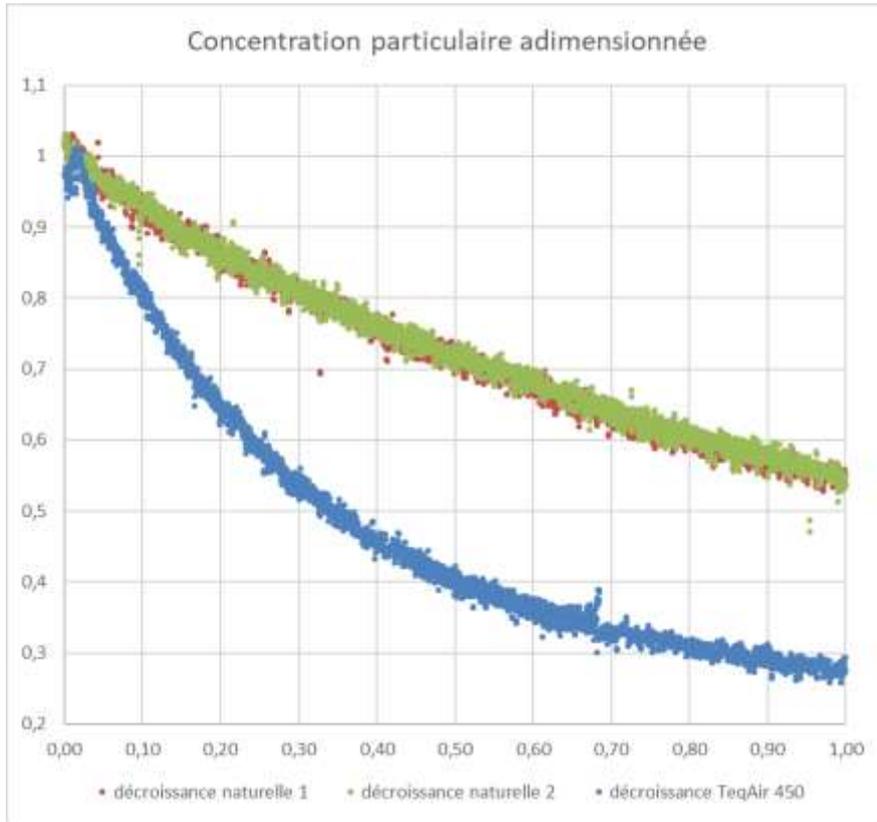


FIG. 2 - SUIVI TEMPOREL DES CONCENTRATIONS ADIMENSIONNÉES

Il apparaît clairement que l'efficacité de l'appareil est très significative. La concentration particulaire est divisée par 2 après 40 minutes d'essai (par rapport aux mesures sans l'appareil). Après une heure de test, la concentration particulaire est divisée par plus de 3 (par rapport à sa valeur pic) alors qu'elle est réduite de moins de 50% sans l'appareil.

La régression exponentielle ( $C(t) = C_{\infty} + C_0 e^{-kt}$ ) de ces courbes fourni les coefficients d'abattement suivants (avec un coefficient de corrélation proche de 0,99) :

	Abattement naturel 1 (appareil hors fonctionnement)	Abattement naturel 2	Abattement avec appareil en fonctionnement
<b>k (/heure)</b>	1,15	1,07	3,16

TABLEAU 1 – COEFFICIENTS K D'ABATTEMENT (RÉGRESSION EXPONENTIELLE), APPAREIL EN FONCTIONNEMENT ET HORS FONCTIONNEMENT

## 2.1 ESTIMATION DU CADR

Le CADR (Clean Air Delivery Rate) est le taux d'air purifié délivré. On le calcule en comparant l'abattement naturel (sans dispositif d'épuration) et l'abattement avec dispositif. La vitesse d'abattement est le coefficient exponentiel de la réduction exponentielle de la courbe de décroissance du nombre de particule Son unité est le m<sup>3</sup>/h.

$$CADR = V \times (k_e - k_n)$$

où V est le volume d'air du dispositif de test,  $k_n$  le coefficient de décroissance exponentielle de la concentration en particules sans dispositif de purification, et  $k_e$  le coefficient avec dispositif en essai. Le coefficient k s'obtient par régression exponentielle de la courbe d'abattement particulaire (après atteinte du pic de concentration) :

$$C(t) = C_\infty + C_0 e^{-kt}$$

où  $C(t)$  est la concentration en particules à l'instant t,  $C_\infty$  est le bruit de fond particulaire (concentration quand t tend vers l'infini) et  $C_\infty + C_0$  est la concentration au début de la plage de mesure.

La formule de calcul de k conventionnelle en exploitant l'ensemble des points de mesure est la suivante :

$$k = \frac{\sum_1^n t_i \times \ln(C_{t_i}) - \frac{\sum_1^n t_i \times \sum_1^n \ln(C_{t_i})}{n}}{\sum_1^n t_i^2 - \frac{(\sum_1^n t_i)^2}{n}}$$

où  $C_{t_i}$  est la concentration en particules à l'instant de mesure  $t_i$  pour chaque point de mesure i, de 1 à n.

Si V est exprimé en m<sup>3</sup> et t en heures, alors l'unité de mesure du CADR est le m<sup>3</sup>/h.

Une estimation du CADR a été réalisée en s'approchant du protocole de test utilisé dans les normes actuelles aux Etats-Unis et en Chine :

- Brassage de l'air dans le local de test, pour assurer l'homogénéisation de la concentration en particule, mesurée en un point du local
- Mesure effectuée pendant 20 minutes, après stabilisation et homogénéisation de la concentration

En appliquant ces conditions, le CADR du TeqAir 450 est évalué à 154 m<sup>3</sup>/h.

## 2.2 INFLUENCE DE LA TAILLE DES PARTICULES SUR L'EFFICACITE

Une recherche complémentaire a consisté à évaluer le lien entre l'efficacité du système et la taille des particules. Le granulomètre ELPI fournit 12 classes de taille entre 7 nm et 10 µm. Un exemple de la répartition granulométrique de l'aérosol produit lors de l'ensemencement est donné

sur la figure suivante. La quasi-totalité des particules ont une taille comprise entre 0,02 µm et 1 µm.

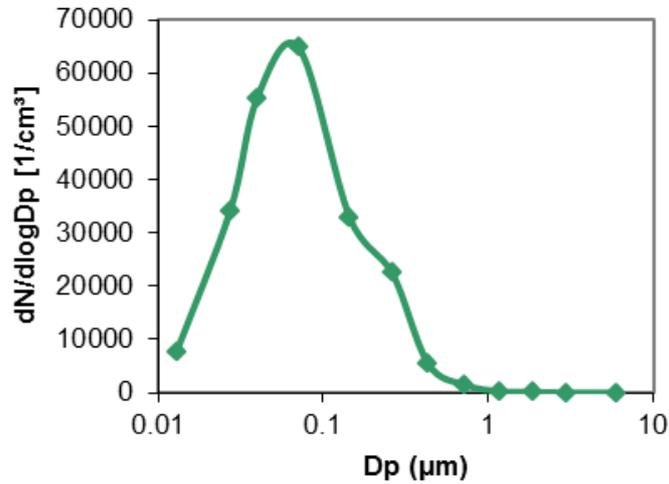
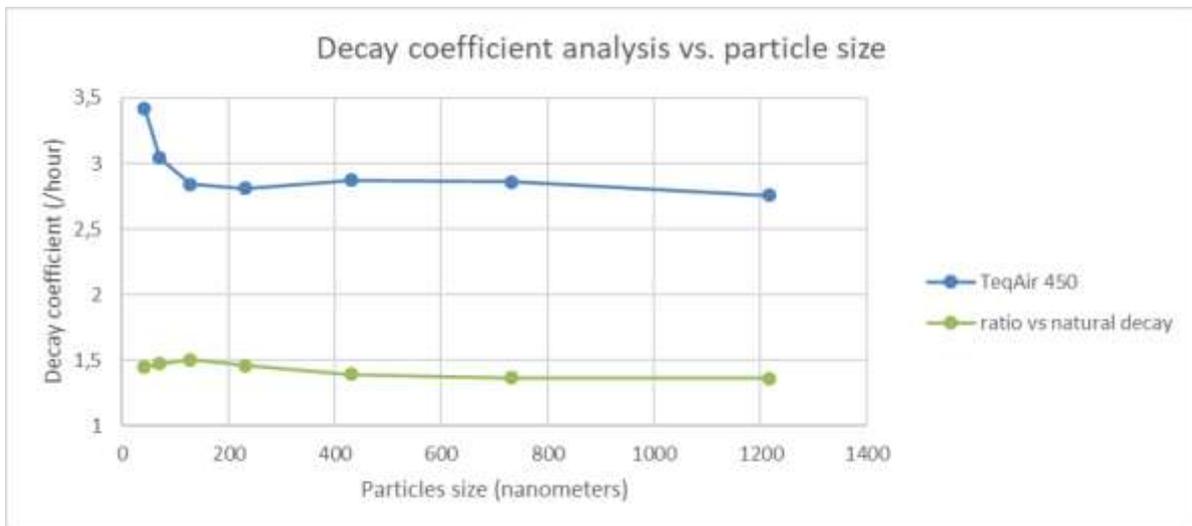


FIG. 3 – RÉPARTITION GRANULOMÉTRIQUE DES PARTICULES

Leur répartition en fraction massique montre un décalage sensible du centre vers une taille un peu inférieure à 1 micron, la masse relative des particules les plus grosses étant supérieure à celle des plus fines.

L'efficacité a été calculée pour certaines tailles de particules. La figure ci-dessous montre que le rapport entre le coefficient de décroissance avec / sans le système testé est assez stable dans la plage de taille des particules. (L'augmentation de la vitesse d'abattement des plus petites particules est probablement due aux pertes par diffusion, qui sont importantes à l'échelle nanométrique.)



### 3 CONCLUSION

L'ioniseur Teqoya TeqAir 450 présente un impact très significatif sur l'abattement des particules.

Dans une pièce de  $75 \text{ m}^3$  (surface  $30 \text{ m}^2$ ), la concentration particulaire est divisée par 2 après 40 minutes d'essai (par rapport aux mesures sans l'appareil).

L'analyse des données issues du granulomètre ELPI a montré que cette efficacité ne dépend pas de la taille des particules sur la plage couverte pour cette étude (40 nm à  $1 \mu\text{m}$ ).

Le CADR est estimé à  $154 \text{ m}^3/\text{h}$  dans le dispositif de test utilisé.