

S COLONNES DE LAVAGE POUR TRAITER L'AIR DE MILIEUX SE CONFINÉS (PARKINGS, TUNNELS ROUTIERS, ENCEINTES FERROVIAIRES) : PREMIERS TESTS EN LABORATOIRE.

P. ALIX, A. COQUARD, F. KOLENDA, M. LEBLANC, D. UZIO



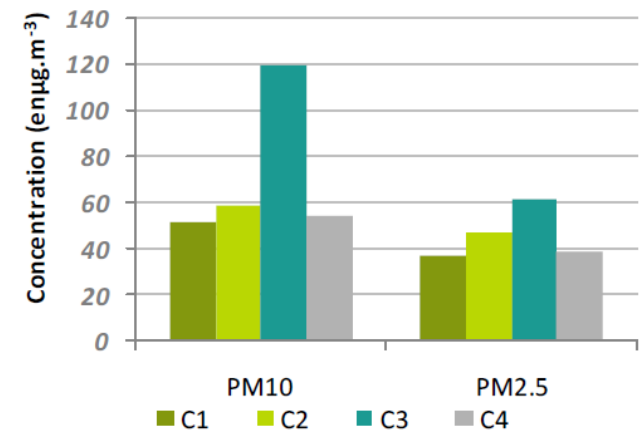
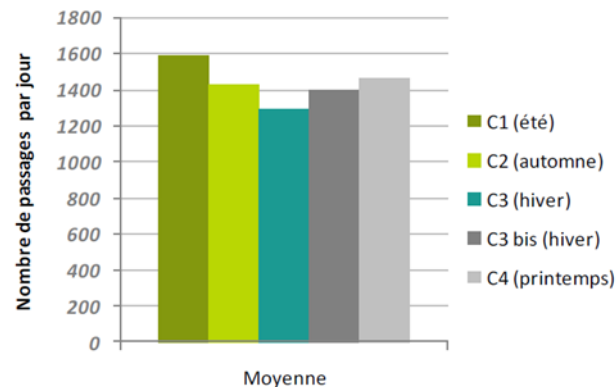
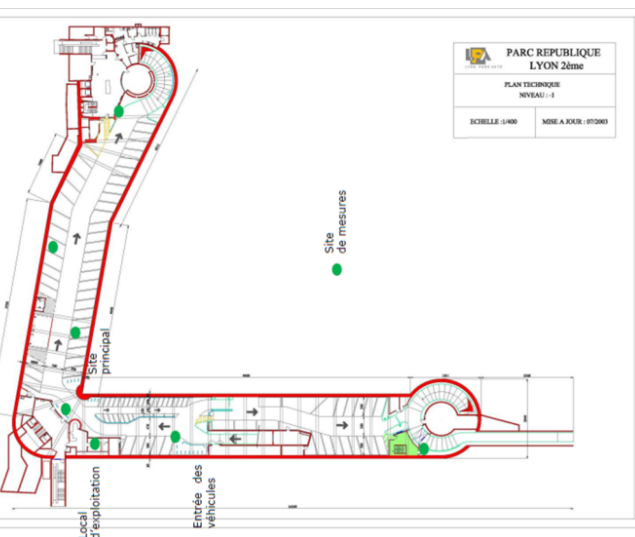
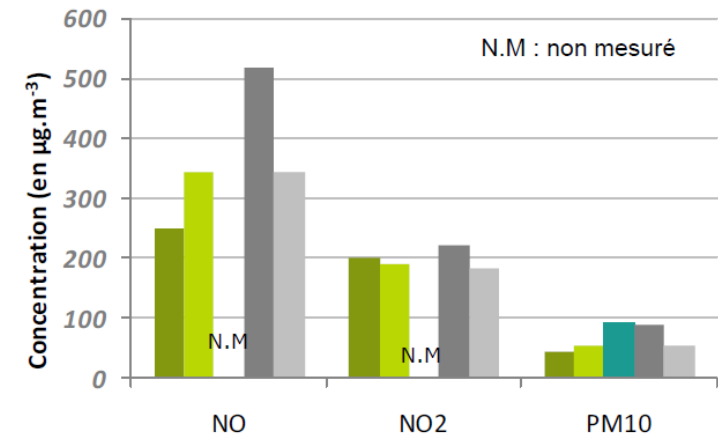
PROBLÉMATIQUE : PARKINGS COUVERTS / SOUTERRAINS

Mesures conduites en 2011 dans un parking Lyonnais :

- 4 campagnes à différentes saisons
- Niveau -1, plusieurs lieux de prélèvements
- Concentrations intérieures > extérieur

$\text{NO}_2 \sim 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $200 < \text{NO} < 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PM_{10} et $\text{PM}_{2.5} \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} jusque $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

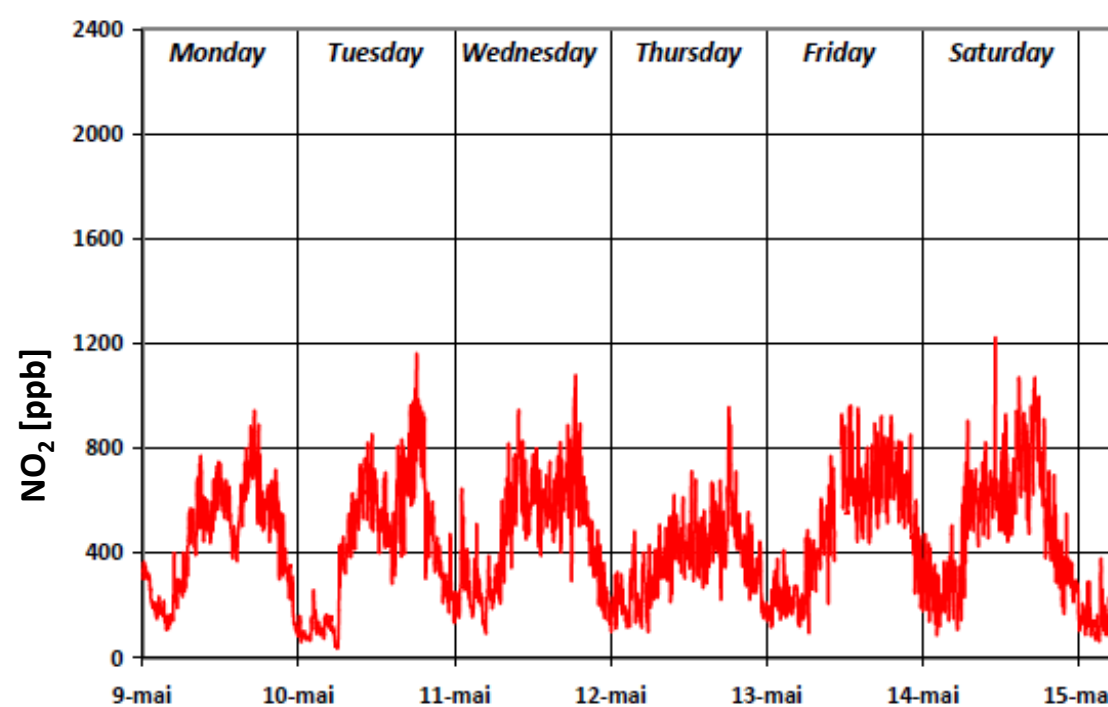
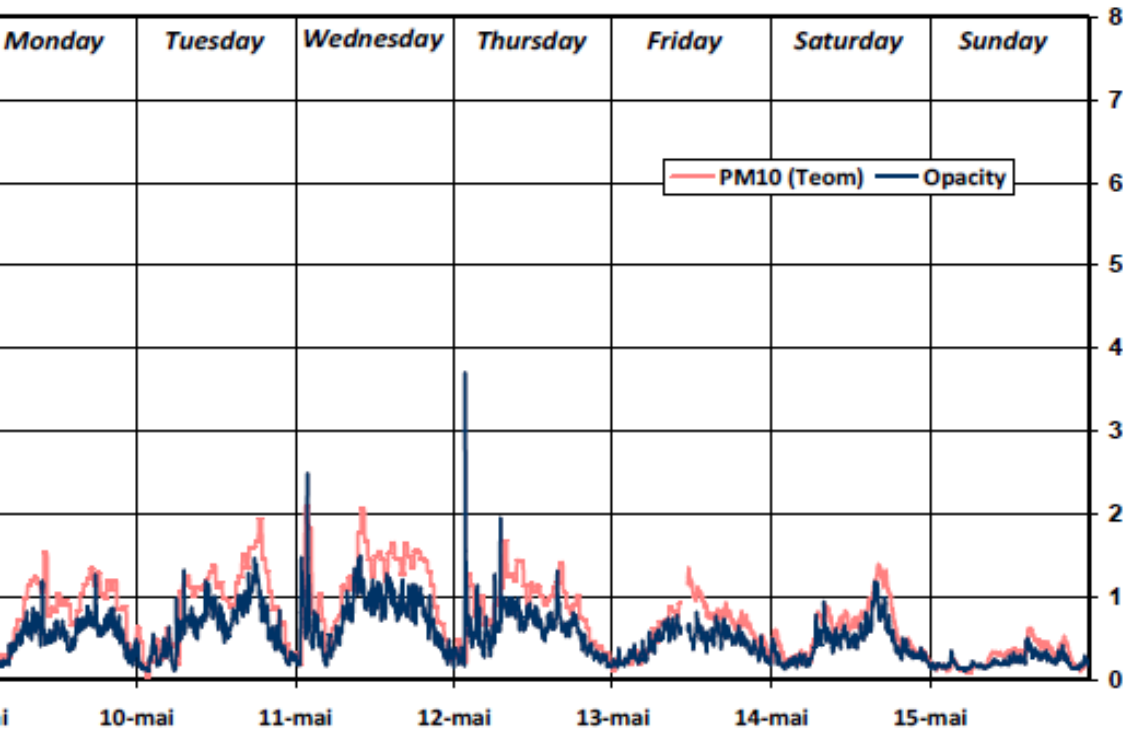


Source Rapport COPARLY. « Etude détaillée dans le parc République à Lyon.. » Mars 2011

Seuils qualité de l'air (moyennes annuelles) : $\text{PM}_{10} = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{PM}_{2.5} = 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{NO}_2 = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PROBLÉMATIQUE : TUNNELS ROUTIERS

- Les niveaux de pollution en particules (PM_{10} , $PM_{2.5}$,...) et en NO_2 fluctuent beaucoup et peuvent atteindre plusieurs centaines de $\mu g/m^3$ d'air >> seuils pour la qualité de l'air



Source CETU (conférence TAP 2019)

Seuils qualité de l'air (moyennes annuelles) : $PM_{10} = 40 \mu g/m^3$; $PM_{2.5} = 25 \mu g/m^3$; $NO_2 = 40 \mu g/m^3$

PROBLÉMATIQUE : ENCEINTES FERROVIAIRES

- Pour les Enceintes Ferroviaires, le constat est à peu près le même pour les PM

Ville	Moyenne journalière (min - max) ⁽¹⁾	Maximum horaire	Période d'échantillonnage	Nombre de points de mesure (stations)	Date de mise en service du métro	Référence
Concentrations de PM _{2,5} (µg/m ³)						
Londres	270 - 480	-	3 jours (7h-17h)	3	1863	Seaton et al., 2005
Helsinki	47 - 60	103	2 semaines (6h-18h)	2	1982	Aarnio et al., 2005
Concentrations de PM ₁₀ (µg/m ³)						
Rome	348 - 479	-	1 jour (8h-18h)	5	1955	Ripanucci et al., 2006
Toulouse	32 - 151	463	2 semaines (été) 2 semaines (hiver)	2	1993	Oramip, 2010
Lyon	58 - 171	469	2 semaines	4	1978	Coparly, 2002
Lille	45 - 136*	289	4 semaines (été) 4 semaines (hiver)	2	1983	Atmo NPC, 2008
Rennes	18 - 88	188	4 semaines (été) 4 semaines (hiver)	2	2002	Air Breizh, 2005
Marseille	74 - 90	285	20 jours à 7 mois	3	1977	Atmo Paca, 2011

Source ORS Ile de France (2012) : ISBN : 978-2-7371-1804-3

Seuils qualité de l'air (moyennes annuelles) : PM₁₀ = 40 µg/m³ ; PM_{2,5} = 25 µg/m³ ; NO₂=40 µg/m³

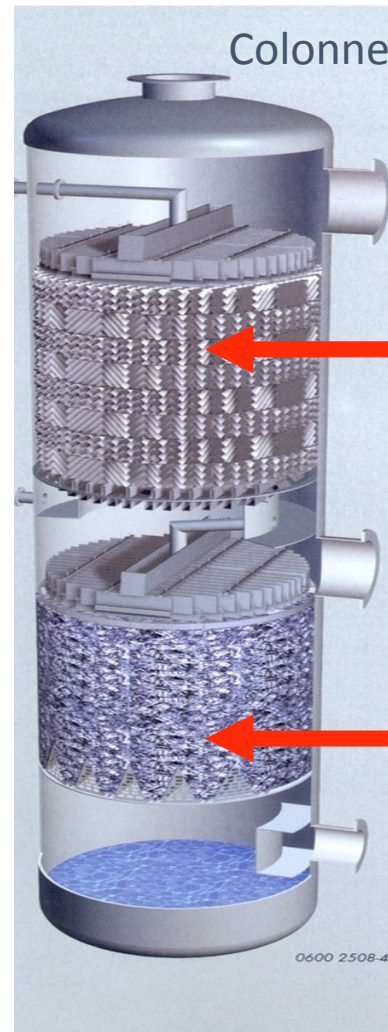
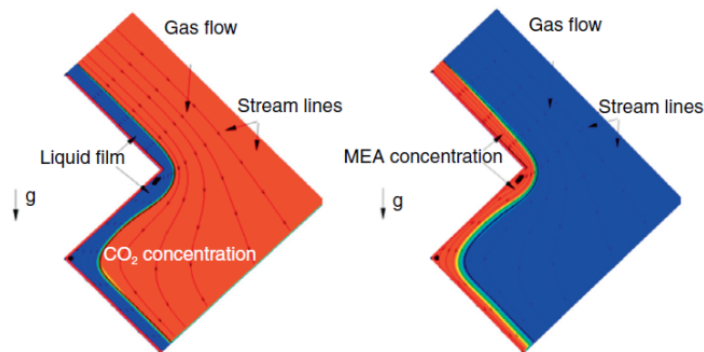
PROBLÉMATIQUE : LE PROJET G-PUR

- Pour les trois segments : capter les PM présentes à des concentrations \approx centaine de $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - La nature des particules change d'un environnement à l'autre : métalliques, organiques, mixtes...
- Tunnels routiers et parkings: besoin de capter le NO_2 présent à des concentrations de quelques centaines de ppb ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Aujourd'hui la majorité des systèmes de captage des particules sont des filtres électrostatiques pour les NO_x (charbons actifs) ; une campagne de tests en cours à la RATP pour évaluer d'autres technologies => besoin technologique dans ce domaine
- IFPEN : acteur reconnu dans le domaine des procédés. Le projet G-PUR (2018-2019) étudie des colonnes de lavage équipées de garnissages :
 - Technologie mature pour le traitement du gaz naturel, des fumées/effluents gazeux industriels...
 - Forts débits gaz et faibles pertes de charge
 - Premiers tests de faisabilité sur un système modèle
 - Ordre de grandeur des taux d'abattement , conditions opératoires associées, paramètres d'intérêts, etc.

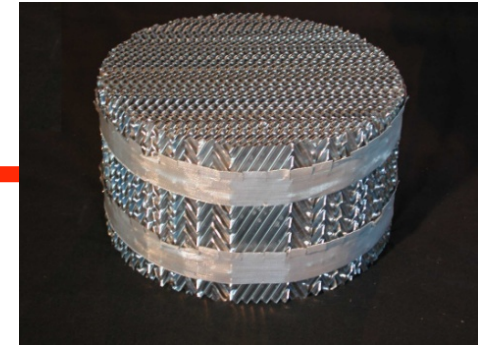
PROBLÉMATIQUE : LE PROJET G-PUR / COLONNES À GARNISSAGE

Colonne gaz-liquide garnie :

- Liquide gravitaire en contact avec l'air => absorption des composés gazeux + particules
- Les garnissages (vracs, structurés) optimisent le ratio performances vs. perte de charge de l'équipement
- Extrapolation aisée à grande échelle
- Utilisée pour le traitement du gaz naturel, le lavage des fumées/effluents gazeux industriels
 - Forts débits gaz, faibles pertes de charge



structuré



vrac



Taux de vide > 95%

Surfaces géométriques : 100-500 m²/m³

PROBLÉMATIQUE : LE PROJET G-PUR / COLONNES À GARNISSAGE

- Technologie répandue pour la distillation / traitement du gaz / captage du CO₂ etc.



PROBLÉMATIQUE : L'ABSORPTION RÉACTIVE D'UNE ESPÈCE GAZEUSE

● Lavage avec un solvant réactif

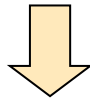
➤ Absorption réactive

Transfert côté gaz = $k_G \cdot a_e \Leftrightarrow$ turbulence gaz

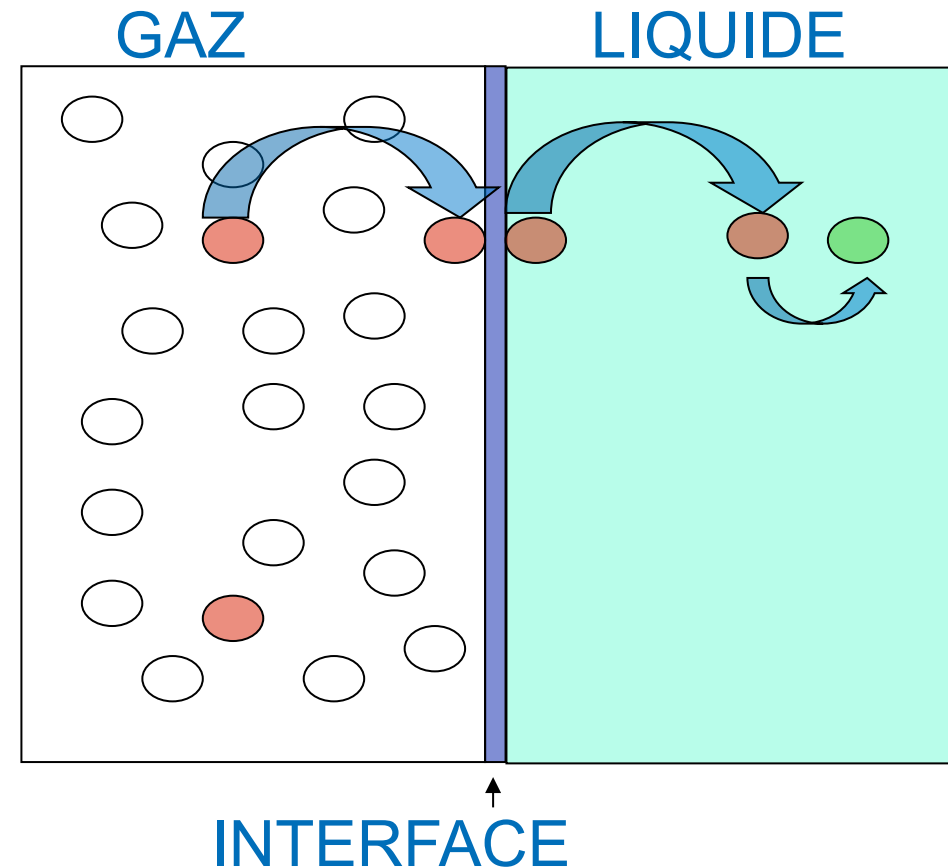
Equilibre à l'interface = $H_e \Leftrightarrow$ solubilité

Transfert côté liquide = $k_L \cdot a_e \Leftrightarrow$ turbulence liq

Réaction chimique = k_2, E



x absorbé = transfert + thermo + cinétique



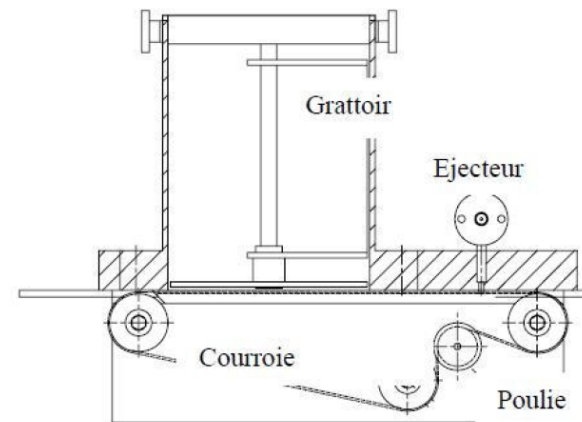
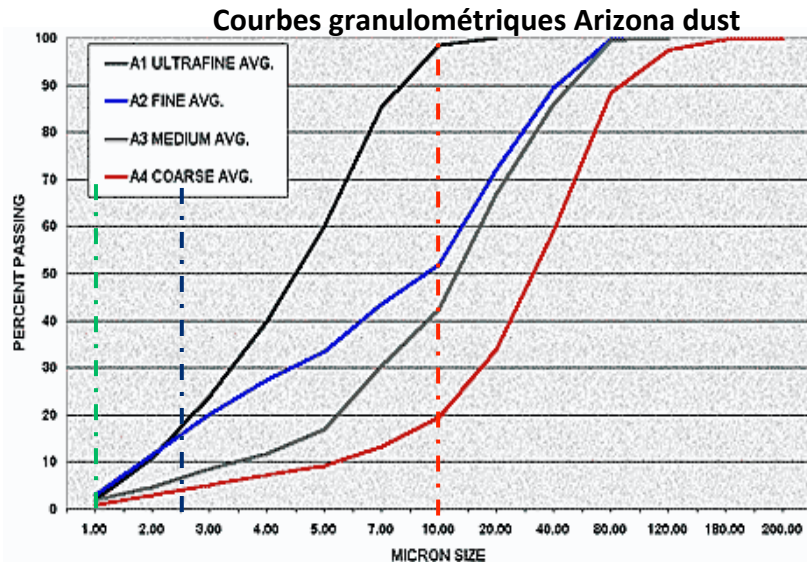
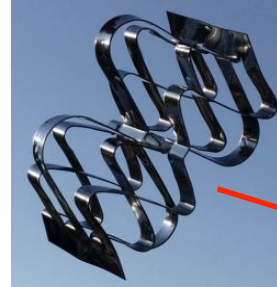
EXPÉRIMENTATION LABORATOIRE : PM

● Colonne d'essai :

- Diamètre 400 mm, P_{atm} , $T_{ambiante}$
- Garnissage vrac RSR 2.0 (Raschig), $H \sim 3$ m
- Liquide = eau réseau ; Gaz = air réseau

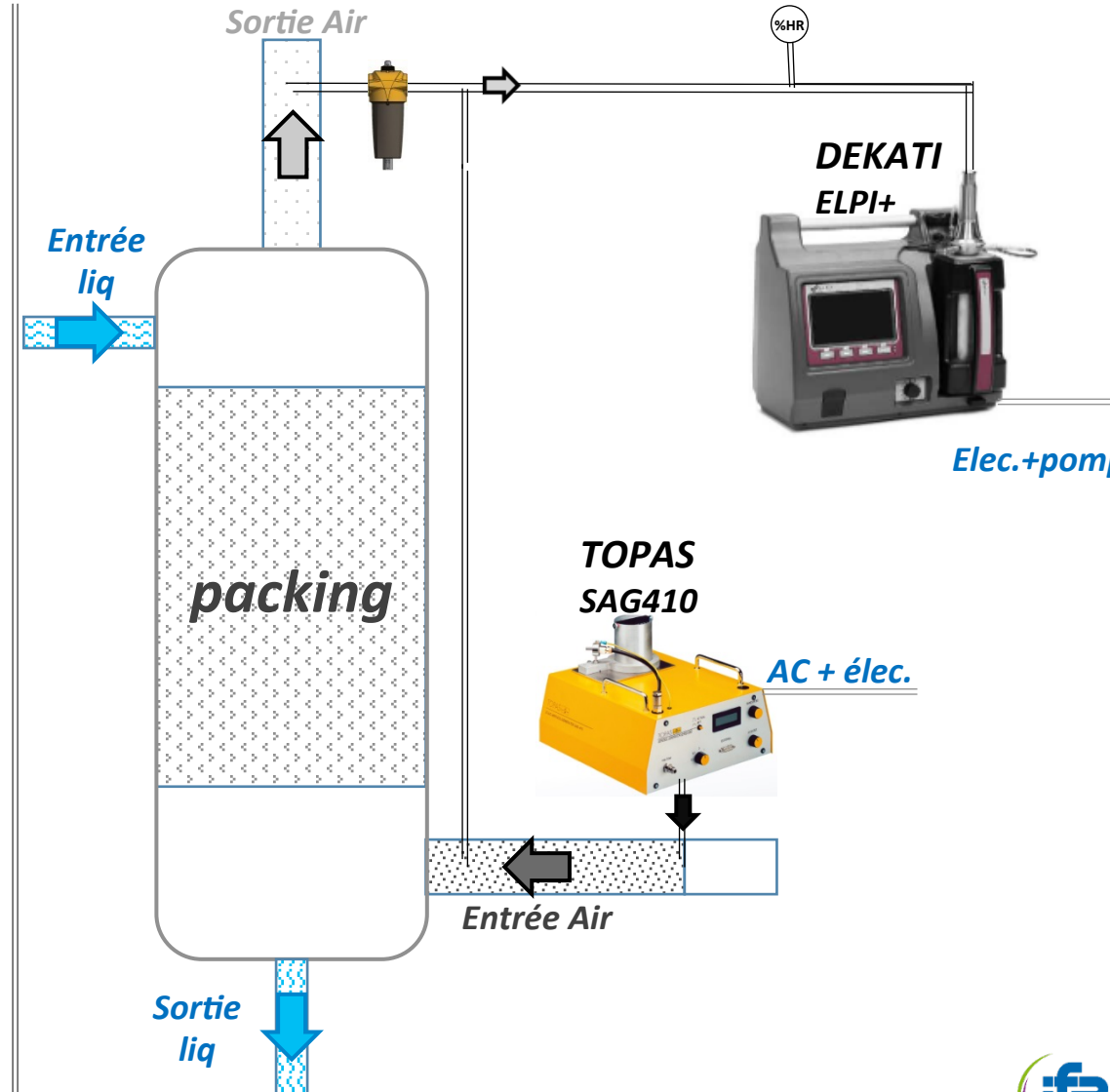
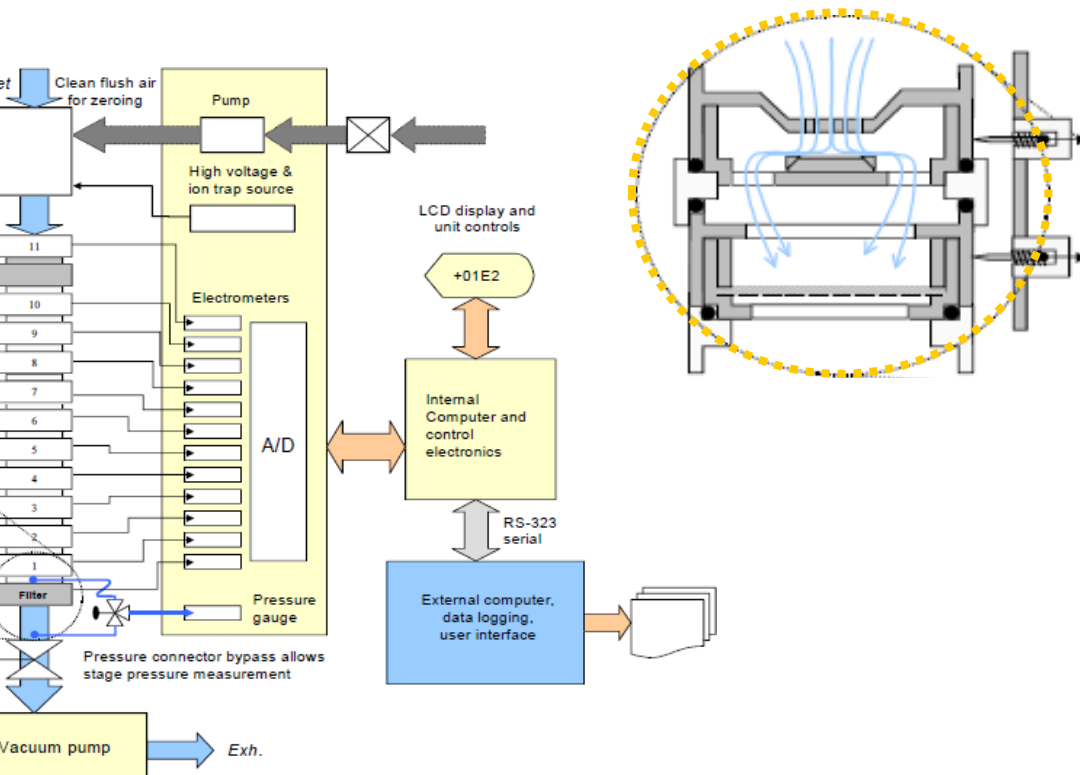
● Injection de particules

- Arizona A1-Ultra Fine ($\approx 96\% < 10 \mu m$)
- Système d'injection = TOPAS SAG 410 L



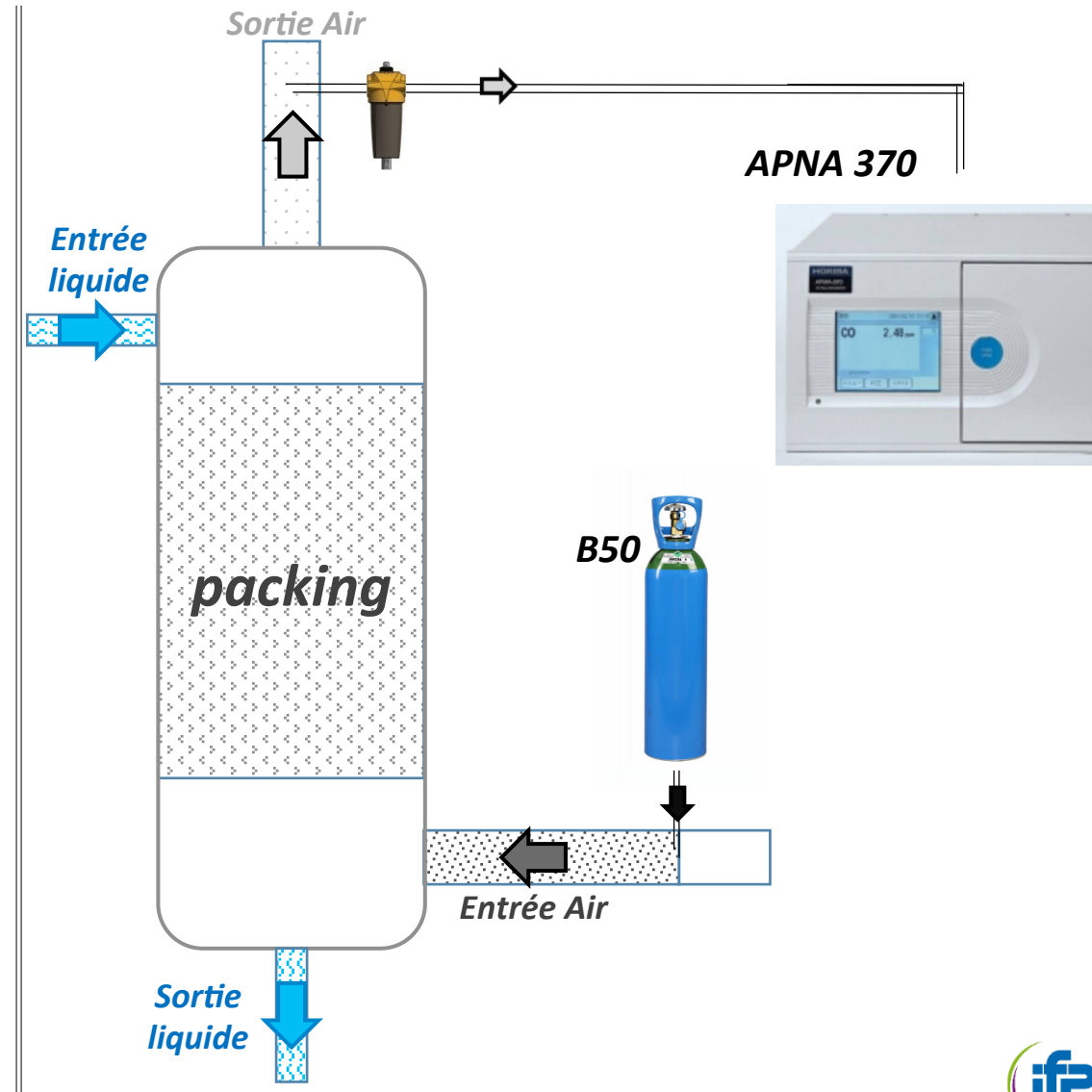
EXPÉRIMENTATION LABORATOIRE : PM

- Concentrations particulières mesurées dans le flux gazeux, en amont et en aval de la colonne, avec un ELPI +



EXPÉRIMENTATION LABORATOIRE : NO₂

- Ajout de NO₂ via bouteille B50
- Mesure par chimiluminescence (Horiba APNA 370) => précision ~ ppb
 - En sortie colonne
 - Colonne sèche puis avec circulation de liquide sur le garnissage



RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES: LE CAPTAGE DES PARTICULES INJECTÉES

Efficacités de captage PM_{10} : 30-50%

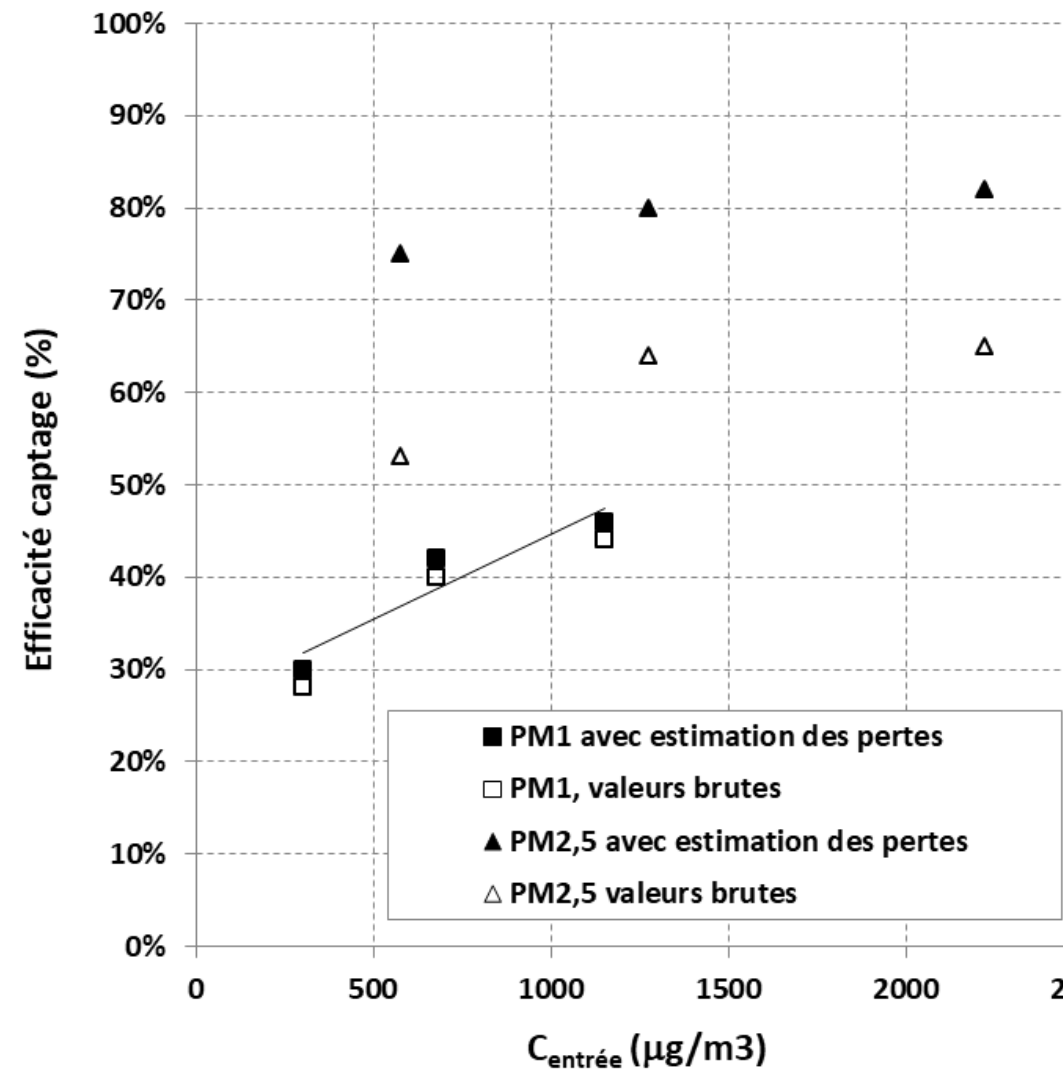
Efficacités de captage $PM_{2.5}$: 50 et 80%

- pertes dans les lignes conséquentes et délicates à calculer => bornage

Pour les PM_{10} les pertes rendent la mesure peu précise, l'efficacité > 90%

Ces valeurs semblent comparables à celles relevées pour des filtres en conditions réelles
=> performances prometteuses à ce stade

Optimisation des Conditions Opératoires



RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES: LE CAPTAGE DU NO₂ INJECTÉ

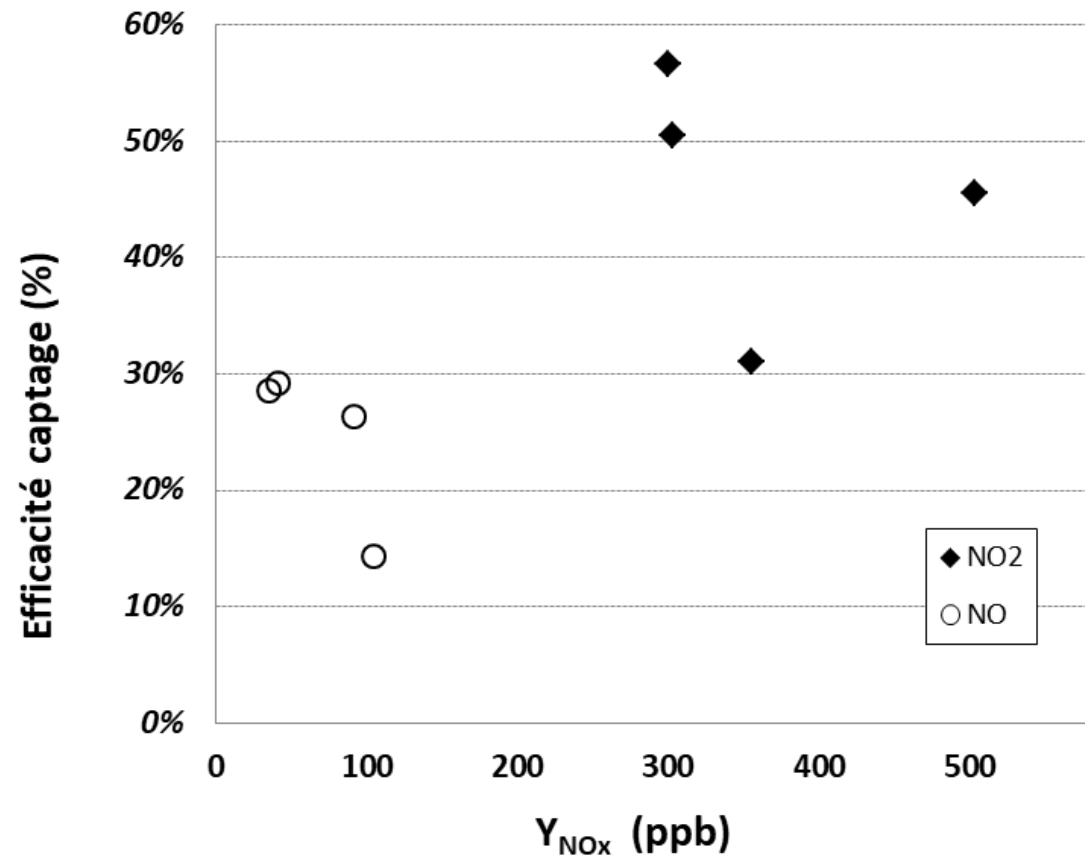
Efficacités de captage du NO₂ ~ 40-55 % avec l'eau du réseau

La bouteille contenant un mélange NO/NO₂ on constate également un abattement d'un peu moins de 30% du NO

Même à encore ces valeurs semblent comparables à celles relevées pour des charbons actifs en conditions réelles => performances prometteuses à ce stade

Ces tests préliminaires ont permis d'identifier des paramètres hydrodynamiques d'intérêt

Les conditions opératoires demandent une optimisation



CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

- L'objectif du projet était d'estimer la capacité des colonnes garnies à traiter l'air de milieux semi-confinés : tunnel routier, parking ou enceinte ferroviaire
- Des tests préliminaires ont été réalisés dans nos laboratoires :
 - Injection de NO_2 via B50, ou injection de particules de solides (A1-Ultrafine)
 - Eau réseau comme fluide absorbant
 - Colonne équipée d'un garnissage vrac sur une hauteur de 3m environ
- La colonne de lavage permet d'abattre simultanément les particules $\text{PM}_{1-2.5-10}$ et le NO_2
 - Efficacités intéressantes, toutefois les conditions opératoires nécessitent une optimisation
 - Des paramètres clés ont pu être identifiés, notamment sur le captage du NO_2
- A court terme (2020), les résultats de ces tests préliminaires seront utilisés pour identifier des technologies qui pourraient s'avérer encore plus adaptées à cette problématique d'un grand intérêt, et pour estimer les développements nécessaires

Innovater les énergies

Retrouvez-nous sur :

 www.ifpenergiesnouvelles.fr

 @IFPENinnovation

 IFP Energies nouvelles
Process Design and Modeling Division
Chemical Engineering and Technology Department

Pascal ALIX
Project Manager

IFP Energies nouvelles - Établissement de Lyon
d-point de l'échangeur de Solaize - BP 3 - 69360 Solaize - France
Tel.: +33 4 37 70 21 82
www.ifpenergiesnouvelles.com - pascal.alix@ifpen.fr

