

Réduction des particules fines du métro : Présentation de deux expérimentations à Paris et Séoul

Webinaire, 24 juin 2020

Particularités de l'air du ferroviaire souterrain

- Des concentrations en PM10 très supérieures à celles mesurées dans l'air extérieur : jusqu'à 10 fois dans certaines villes
- Une composition particulière :
 - de nombreuses particules métalliques : fer, carbone élémentaire et carbone organique
 - Des polluants chimiques : hydrocarbures aromatiques (toluène, phénanthrène, fluoranthène, anthracène et pyrène), benzène, benzo(a)pyrène...
 - Généralement peu de dioxyde d'azote et très peu d'ozone, contrairement à l'air extérieur.
- Cette composition s'explique par :
 - les particules arrachées lors des frottements rail/roues et roues/freins
 - Le décollement des particules du sol souterrain et des tunnels, entraînées par le passage des rameaux
 - Les entrées d'air extérieur.

La pollution souterraine : un problème mondial

Dans l'air extérieur, une directive européenne fixe le seuil maximal de concentration de PM10 : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

En France, une dérogation inscrite dans le Code du travail, à l'article R.4222-10, fixe la valeur limite d'exposition professionnelle dans les Etablissements Ferroviaires Souterrains (EFS) à $5.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De nombreuses tentatives de remédiation depuis les années 2000 :

- Amélioration de la ventilation
- La filtration Classique (voie sèche) n'est pas adaptée : encrassement trop rapide des filtres et coût des consommables
- Freinage électrique, freins carénés
- Portes automatiques
- Métro automatiques (les conducteurs sont parmi les agents les plus exposés)
- Ionisation des particules non adaptée à la volatilité des poussières, création d'ozone.

Aucun métro sur les 186 existants dans le monde n'a trouvé de solution efficace!

L'enjeu : descendre le taux de particules fines

En France, le rapport ANSES montre un lien direct avec des maladies cardio-vasculaires et cardio-respiratoires, mais pas de lien direct avec des cancers ORL ou autres démontré.

Les EFS sont considérés comme des établissements recevant du public (ERP) dont la dérogation pourrait évoluer sous la pression des syndicats (actions depuis 2003, saisine de l'ANSES...).

Le nombre d'utilisateurs est en constante augmentation, au vu des restrictions sur les voitures :

- Utilisateurs : 1h à 2h par jour pendant 200 jours en moyenne
- Professionnels : 7 à 8 h par jour pour les conducteurs et agents de stations, 3h la nuit pour la maintenance

A la pollution s'ajoute le risque de contamination bactérien et viral de plus en plus présent...

Il devient essentiel de traiter l'air ferroviaire souterrain :

- Pour le confort et sécurité des personnes
- Facteur important d'attractivité des villes et des régions.

Top 10	Nombre annuel d'utilisateurs (en millions)
TOKYO	3,3
SEOUL	2,5
MOSCOU	2,5
PEKIN	2,5
SHANGHAI	2,3
CANTON	1,8
NEW-YORK	1,7
MEXICO	1,6
PARIS	1,5
HONG KONG	1,5
total	21,2

Source : International Association of Public Transport

Contexte des expérimentations menées

opportunités se sont présentées successivement à STARKLAB :

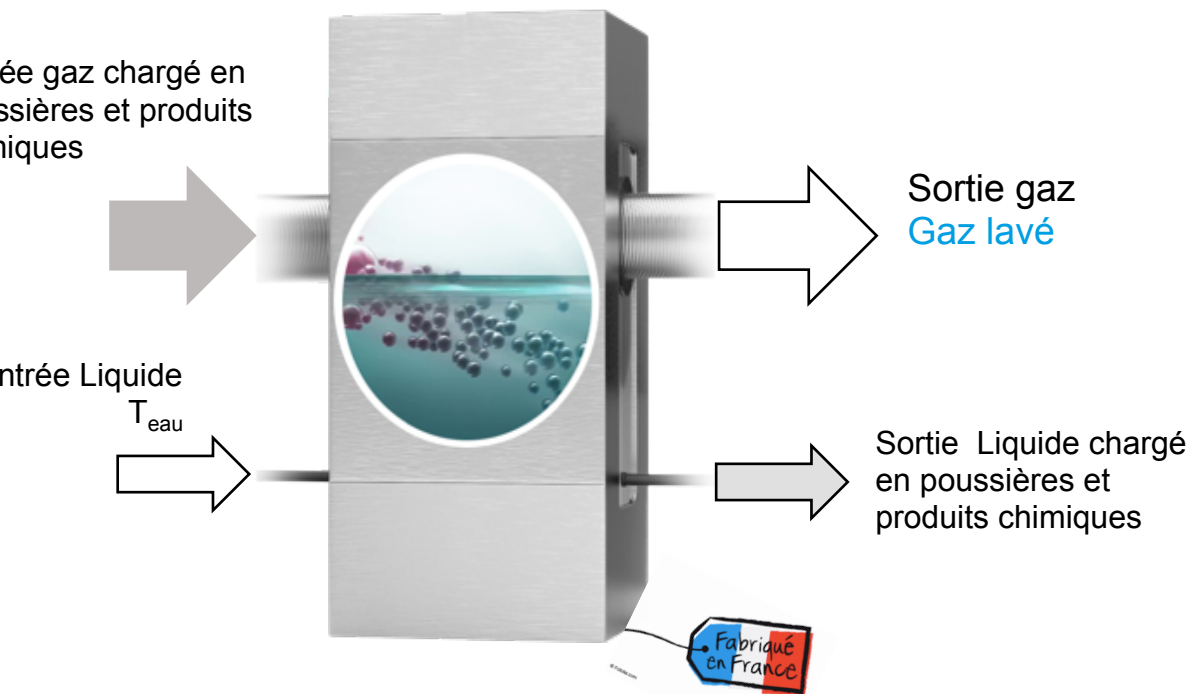
Appel à projets de la région Ile-de-France, en juin 2018 : « Innovons pour l'air de nos stations », en partenariat avec Air Parif, Ile-de-France mobilités, RATP, SNCF.

- Dotation globale d'1m€
- 3 lauréats (/17 dossiers) dont STARKLAB, autorisés à expérimenter leur solution dans une station de métro ou RER
- Choix de la station RER Foch à Paris et démarrage de l'installation en novembre 2019

Concours international de la Municipalité de Séoul, « Seoul Global Challenge » lancé en octobre 2019 pour sélectionner des innovations permettant de réduire le taux de PM2.5 dans le métro :

- 10 prix/106 dossiers mondiaux, 10 expérimentations menées dans 10 stations
- 10 dotations et frais de participation remboursés
- Installation en janvier 2020

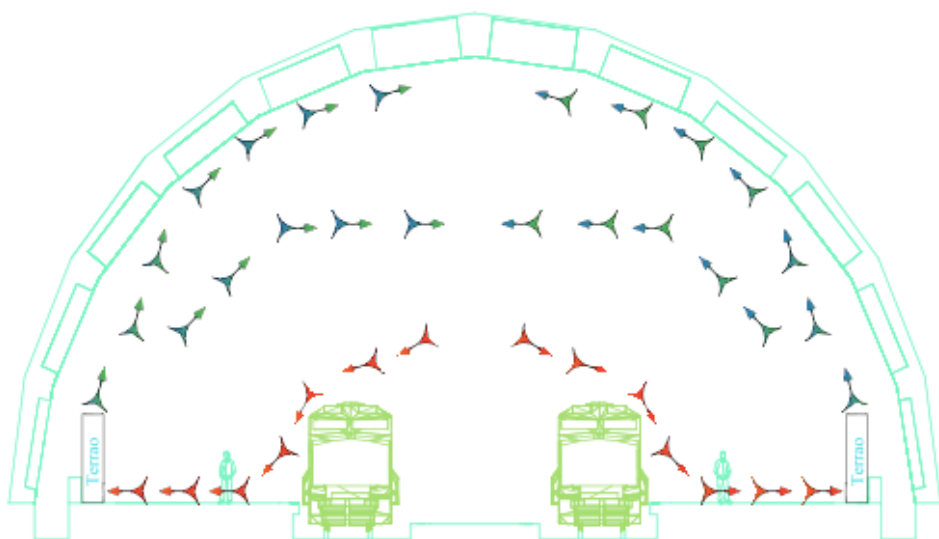
Une même solution présentée : TERRAOSAVE_M



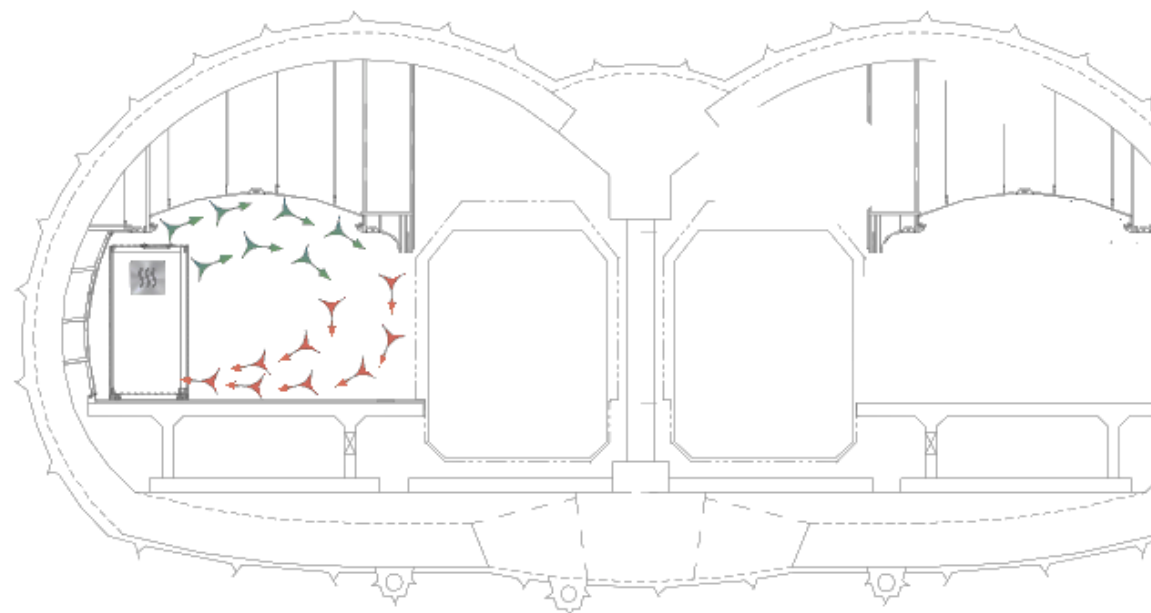
- Filtration par voie humide
- Echangeur de chaleur et de matière innovant, éprouvé sur la captation et le traitement des fumées industrielles
- Avant/après : +95% d'abattement des particules fines, y compris PM1
- Solution liquide spécialement adaptée aux particules métalliques
- Sans risque biologique
- Système adapté aux contraintes du souterrain : Pas de circulation d'eau externe, anti-feu, sécurité, encombrement réduit ...

Un même principe mais des installations adaptées à la topologie des lieux

- Extraction d'air vicié par le bas
- Rediffusion avec déflecteurs orientés vers le haut



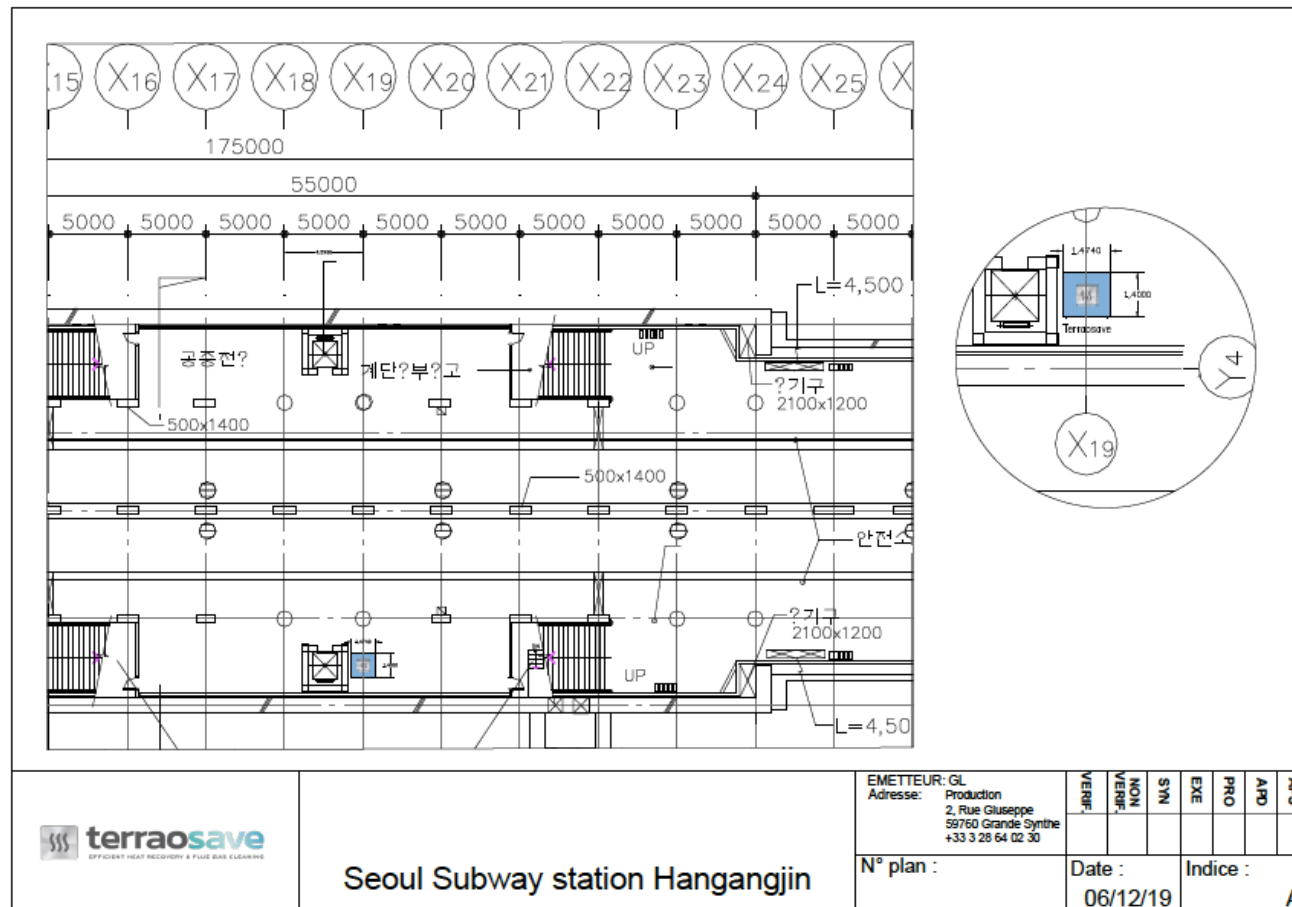
RER Foch :
6 TERRAOSAVE_M sur le quai
Volume de la station : 23 000 m³
Débit d'air traité : 15 000 m³/h (65%)



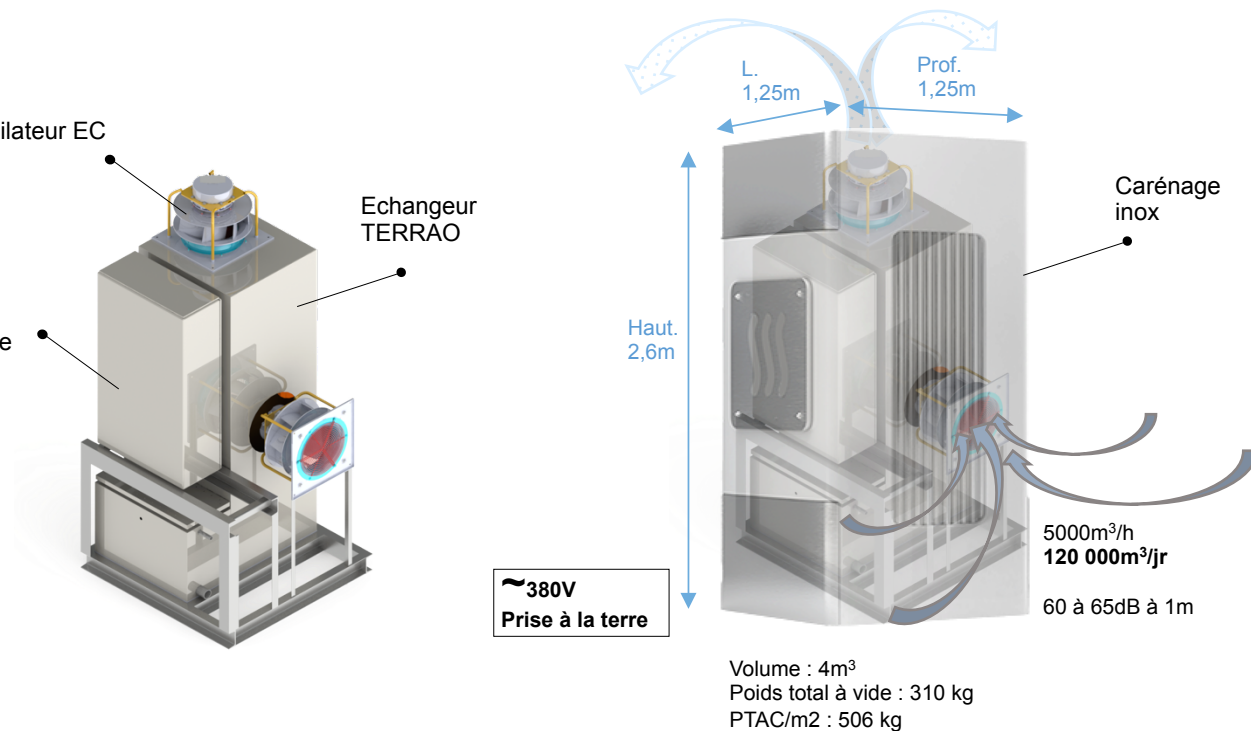
Station Hangangjin:
1 TERRAOSAVE_M sur le quai
Volume de la station : 2 500m³
Débit d'air traité/unité : 2 500 m³/h

Exécution

- Travail préparatoire sur plans : ex de la station Hangangjin
- En complément, visites sur place à Paris



Exécution



- Production dans notre usine de Grande-Synthe
- Transport vers le site d'expérimentation
- Descente des systèmes complètement assemblés dans les gares par monte-charges
- Fixations et raccordement électriques
- Réglage des déflecteurs d'air
- Audit de conformité électrique, anti-feu
- Mise en service des systèmes
- Réglage initial du débit d'extraction d'air
- Mesures
- Réglage final du débit

Exécution

PARIS



Exécution

SEOUL



Les résultats : amont/aval

Essais menés sur plusieurs appareils
dans les mêmes conditions

Débit de fonctionnement : 2500 m³/h

Appareil de mesure : LightHouse 3016-

Dimensionnement dans une station

Le débit doit être suffisant par rapport :

- Au volume de la station

- A la quantité de particules dans la station

	Unité 2		
canal	Entrée	Sortie	
	canal	canal	Rabattement
	µg/m3	µg/m3	%
0,3	6,0	4,8	20%
0,5	20,3	6,9	66%
1	55,1	0,9	98%
2,5	100,8	0,1	100%
5	37,9	0,0	100%
10	9,25	0,0	100%
PM10	229,3	12,65	94%

	Unité 3		
canal	Entrée	Sortie	
	canal	canal	Rabat
	µg/m3	µg/m3	
0,3	5,7	5,1	
0,5	19,2	7,1	
1	53,2	6,6	
2,5	90,3	1,2	
5	47,7	2,2	
10	15,4	0,0	
PM10	231,5	22,15	

	Unité 4		
canal	Entrée	Sortie	
	canal	canal	Rabattement
	µg/m3	µg/m3	%
0,3	12,1	4,7	61%
0,5	32,4	6,8	79%
1	73,5	2,0	97%
2,5	101,6	0,0	100%
5	44,4	0,0	100%
10	5,1	0,0	100%
PM10	269,1	13,5	95%

	Unité 6		
canal	Entrée	Sortie	
	canal	canal	Rabat
	µg/m3	µg/m3	
0,3	5,87	5,14	
0,5	19,43	7,08	
1	54,23	6,55	
2,5	92,77	1,22	
5	30,34	2,18	
10	7,71	0,00	
PM10	210,3	22,2	

Les résultats : Seoul

Particularités :

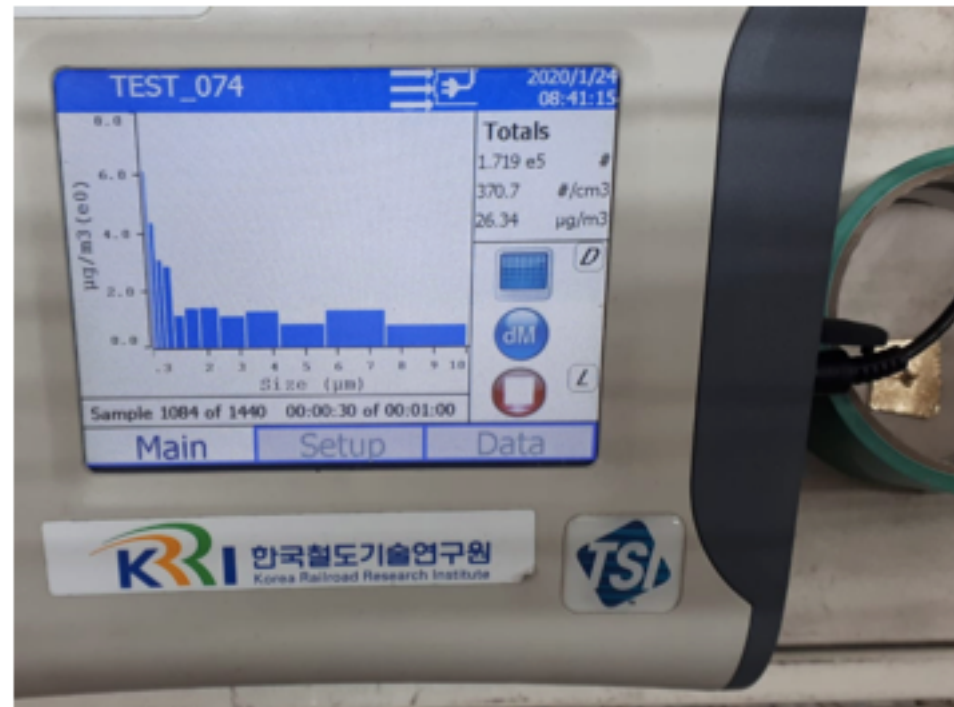
- Quai fermé par sur la voie : faible production de particules fines, moyenne de plus de $80 \mu\text{g} / \text{m}^3$
- Hauteur sous plafond limitée : 3 m
- Volume à traiter : $2\,500 \text{ m}^3$
- Pollution extérieure : voisine de $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$

Dimensionnement

- Le débit traité correspond à 1 volume/heure

Résultats :

- Taux de particules sur l'ensemble du quai : $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Respect +++ des normes OMS
- Partenariat commercial en cours en Corée



Les résultats : Séoul

Conclusions tirées de cette expérimentation :

- Une démonstration du système TERRAOSAVE_M, efficace à + de 95% sur les particules métalliques et autres particules fines entrant dans le système.
- Un volume/heure est suffisant dans ce type de station à portes automatiques (station fermée) pour fournir un air de qualité très supérieure à celle recommandée par l'OMS.
- Le nombre de volumes d'air traité par heure dépend à la fois du volume de la station, mais aussi de l'arrivée de nouvelles particules dans l'air, amenées à chaque passage de rames pour les stations ouvertes (sans porte automatiques).
- Le dimensionnement du débit d'air à traiter est fondamental. Pour une bonne qualité d'air dans les EFS où les stations sont ouvertes, nous recommandons :
 - De réduire à la source l'arrivée de particules fines sur les quais : installer des portes automatiques (accroît également la sécurité des usagers)
 - Ou dans le cas de stations ne pouvant être fermées :
 - d'étudier la dynamique de répartition spatiale des mouvements des particules fines dans l'air pour déterminer les zones à traiter en priorité
 - filtrer plusieurs volumes d'air/heure : environ 10 fois le volume lors des périodes de passage de rames.

Les résultats : Paris

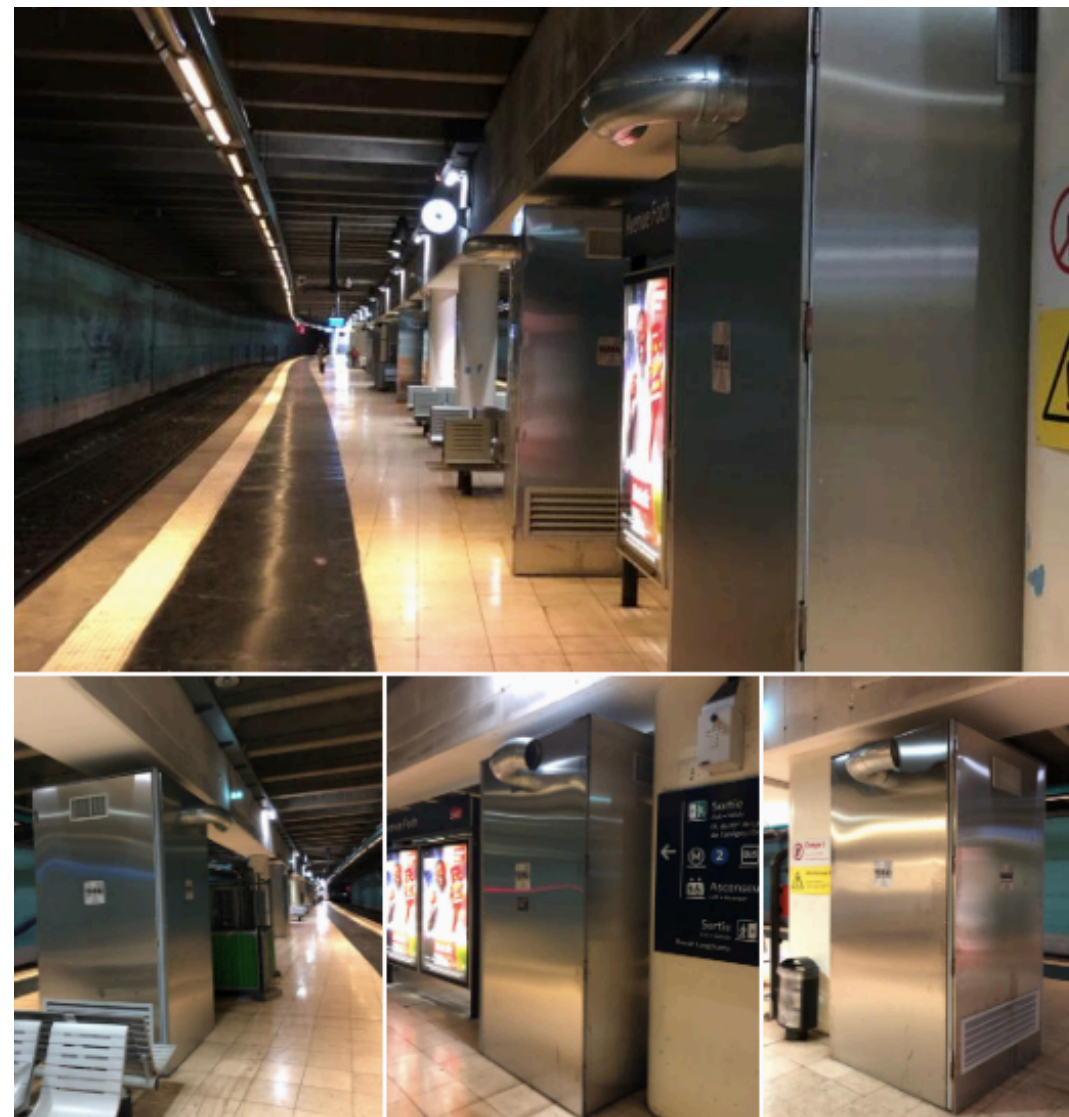
Particularités :

- Quais ouverts sur les voies : forte quantité de base de particules fines et fortes variations selon les passages de rames, moyenne de plus de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Hauteur sous plafond : 5m en moyenne
- Volume de la station : 23 000m³
- Pollution extérieure : Fortes variations selon le trafic routier

Dimensionnement

- Le débit d'air traité correspond à 65% de volume/heure, soit 14 950m³/h

Résultats : disponibles à la fin de l'été, suite au confinement.



STARKLAB – TERRAOSAVE

www.terraosave.com

Bureaux : 1 chemin du Moulin 59136 WAVRIN

Tél : +33 3 20 34 96 74

Usine : 2 rue Garibaldi 59760 GRANDE SYNTHE

Tél : +33 3 28 64 02 30

Jaouad ZEMMOURI : jz@terrao-exchanger.com

Port : 06 43 05 07 72



terraosave
EFFICIENT HEAT RECOVERY & FLUE GAS CLEANING