



Session 3 :
Limiter les impacts de l'exploitation sur l'environnement

Qualité de l'air : influence des tunnels sur leur voisinage

Bruno Vidal



Introduction

Couverture de VRU pour réorganiser l'urbanisme :

- reconnecter les quartiers
- assurer de la continuité pour la biodiversité
- offrir de nouveaux espace communs
- s'affranchir des nuisances et pollutions

Concernant la qualité de l'air

- l'usager de l'autoroute est confiné quelques minutes en tunnel ...
- le riverain est moins impacté !
- Mais que se passe t'il aux têtes de ces ouvrages ?
 - La VRU est à nouveau à l'air libre ... et la sortie du tunnel semble répandre ses fumées ...
 - Les riverains s'inquiètent
 - les associations s'insurgent



Couverture A7 - Hambourg

***Le réflexe commun est de mettre en cause le tunnel.
Mais connaît-on vraiment son apport au "problème" ?***

***Si on "réduisait" le rejet du tunnel,
Quel serait l'impact sur le "problème" ?***

***Quelle réalité sur la dispersion
des polluants ?***



Qualité de l'air : *influence des tunnels sur leur voisinage*



Objet de cet exposé : ***Impact du rejet d'une tête de tunnel sur les pics de pollution dans son environnement proche***

Non traité dans cet exposé :

Contribution du rejet du tunnel à la pollution globale moyenne,

- en plus de la pollution de fond
- en plus de la pollution liée à l'axe routier du tunnel
- en plus des autres voiries du site

Pollution à l'intérieur du tunnel



Qualité de l'air : *influence des tunnels sur leur voisinage*



Sommaire

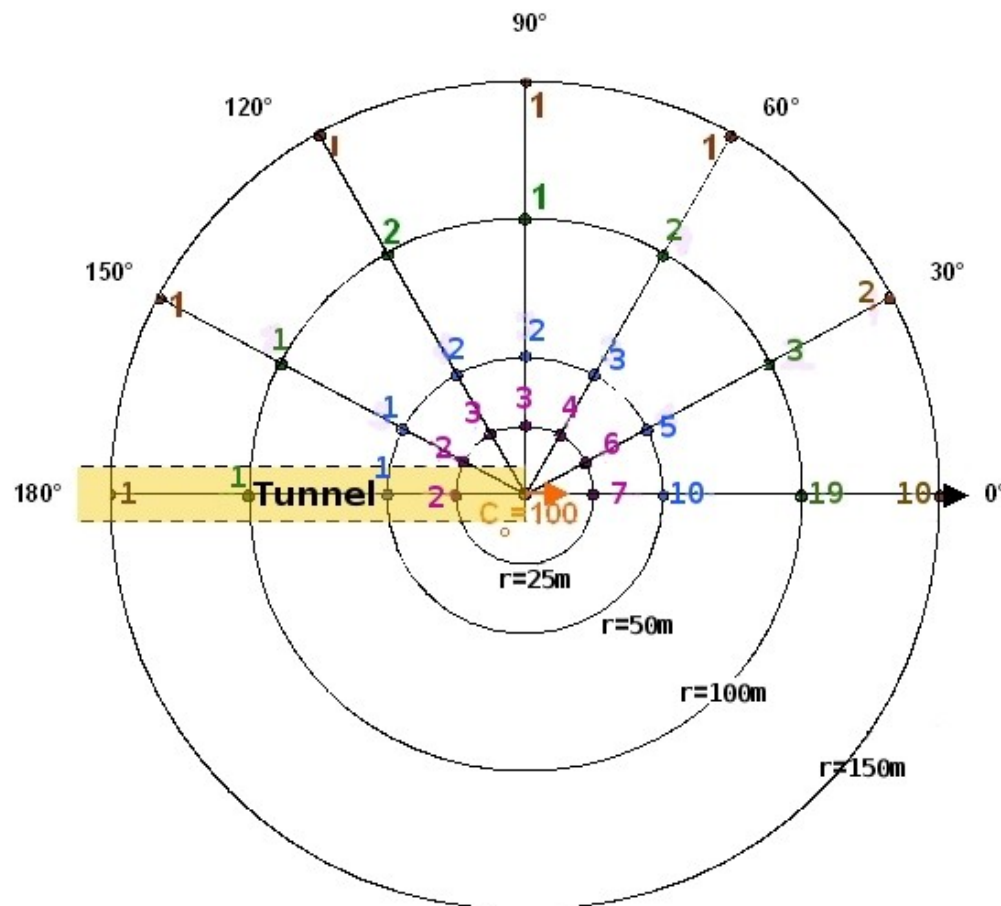
- 1.) En théorie ...
- 2.) Premier exemple concret : Tunnel sous Fourvière
- 3.) Deuxième exemple concret : Rocade L2

Conclusions optimistes

Vos questions pertinentes

Modélisation de la dilution des polluants en champ libre à la tête d'un tunnel

Décroissance des concentrations, à 3 mètres du sol, dans l'environnement d'une tête de tunnel :



vue de dessus

Rejet principalement dans l'axe :

pour une concentration du rejet de 100 % à la sortie du tube, la concentration dans une direction de 30° à 50 m de la tête n'est plus que de 5 %



En théorie...

Mieux connaître l'influence du rejet du tunnel sur la qualité de l'air aux alentours des têtes du tunnel :

- **Forme et amplitude** du rejet
- **Cinétique de dilution** des polluants des rejets dans l'environnement proche de la tête
- Paramètres d'influence : Topographie, météo, trafic routier
- Situations potentiellement les plus à risques pour la qualité de l'air
 - **Météo** avec temps sec, vent faible et inversion de température
 - **Topographie** : rue canyon, bâti proche des voies de circulation
 - **Trafic** : congestion

Méthodologie :

- Campagnes de mesure
- Modélisation CFD

A démontrer sur le terrain ...

Campagnes de mesure pour évaluer la dispersion du rejet à la tête Nord du Tunnel sous Fourvière



Tête Nord Tunnel Sous Fourvière (Lyon)
Longueur 1800 m
Trafic tube nord = 57 000 véh/jour
Moyenne de 0,2 à 0,4 ppm de NO₂ en tunnel

Mesures optiques CO₂ et NO₂

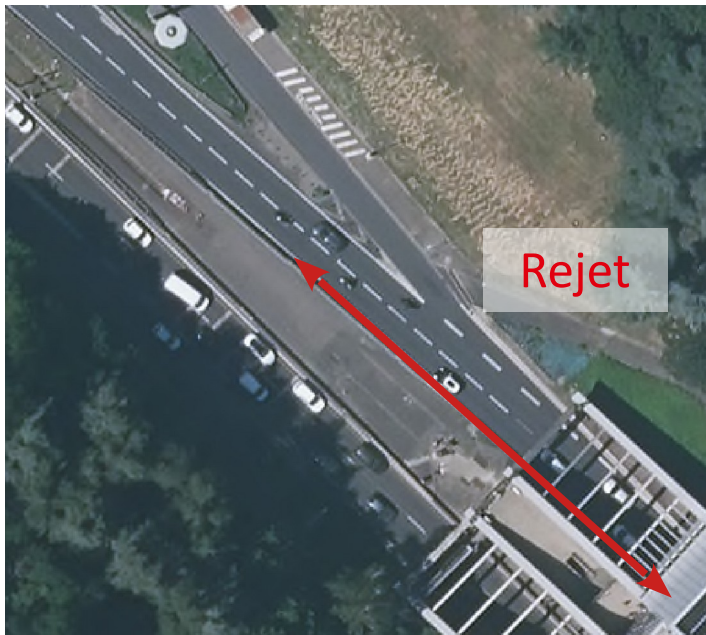
Reconstitution de l'enveloppe thermique du rejet (caméras thermiques + tomographie)

Capteurs CO₂ et NO₂ le long du TPC et sur les rives

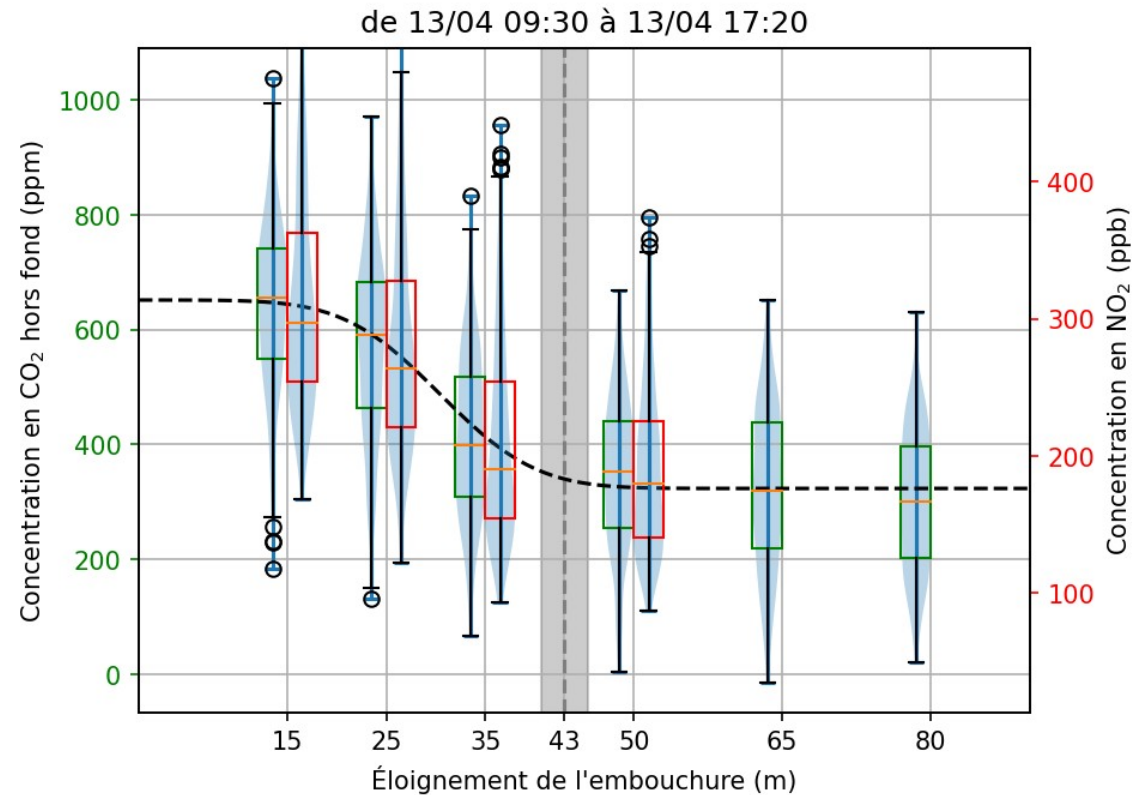
**Première
expérimentation
à Lyon**

Estimation de la longueur du rejet sur le TPC - Tunnel sous Fourvière

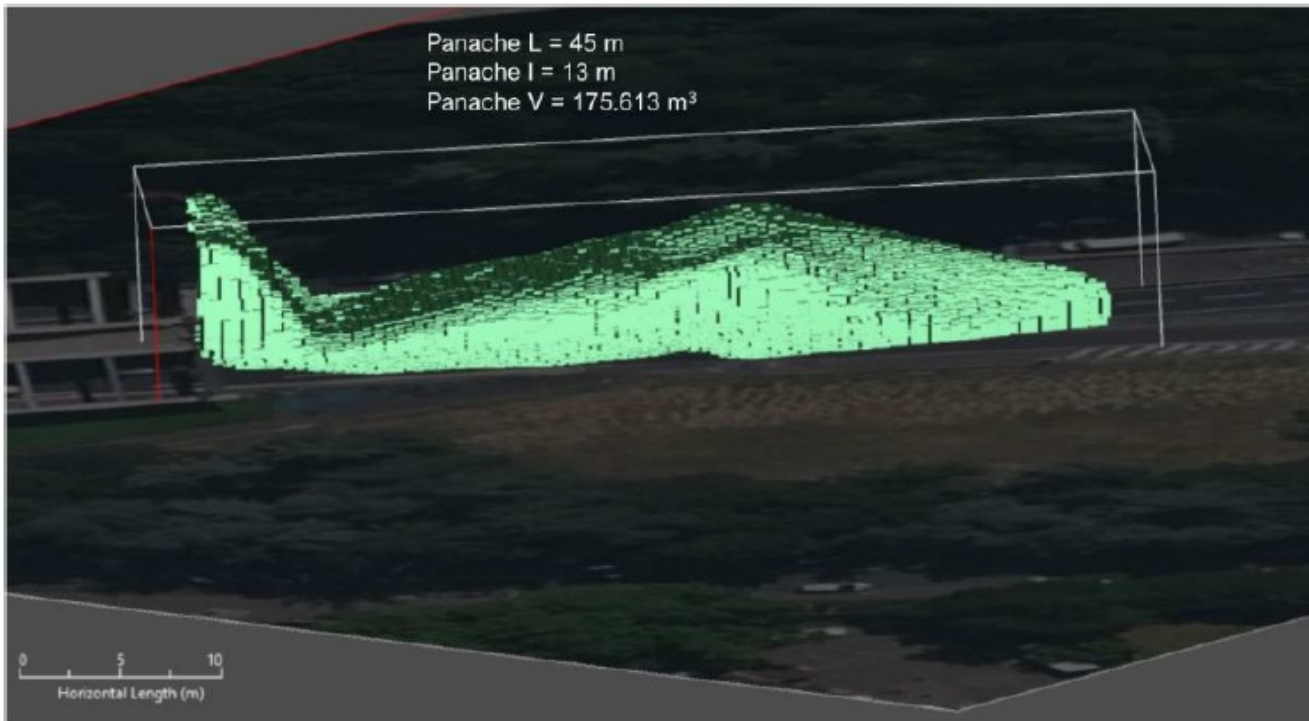
- 😊 → « milieu » du rejet à environ 38 m de l'embouchure
- longueur du rejet d'environ 50 m



Tête Nord TSF
Vue aérienne



Test de reconstruction 3D du rejet – tête nord du Tunnel sous Fourvière



Dimensions du panache 😊

Longueur 45 mètres
Largeur 13 mètres
Volume 1760 m³

*Modélisation géométrique gOcad® du rejet de gaz à la sortie du tunnel de Fourvière le
12/04/2022*

Étude de l'impact des TC Montolivet et Saint Barnabé – Rocade L2 Marseille

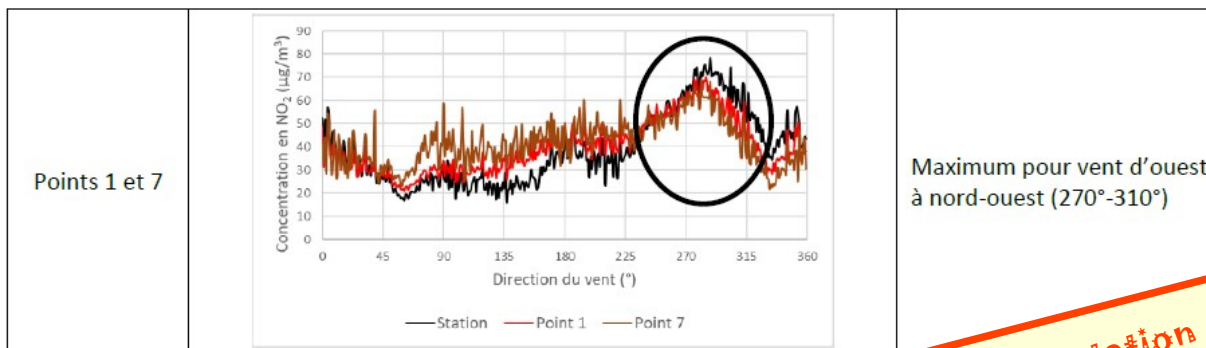
Campagne de mesure (NO₂) - avec AtmoSud

- Multiples sources de polluant à considérés (fond urbain, Rocade L2, autres voiries, et deux têtes de TC)

- 8 points de mesure répartis autour de la voirie canyon

 - **Aucun dépassement du seuil réglementaire horaire**
- **Point 3 et 7 globalement les plus sensibles**

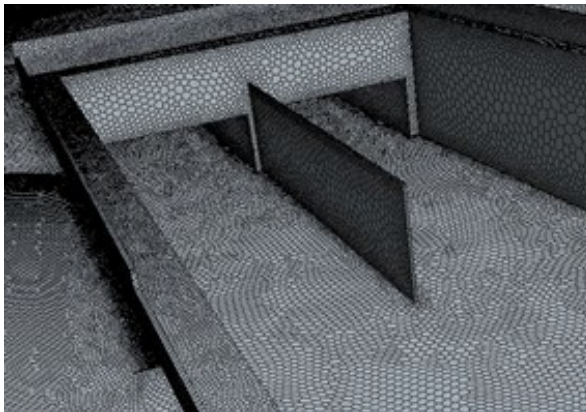
- Influence de la direction et de la force du vent



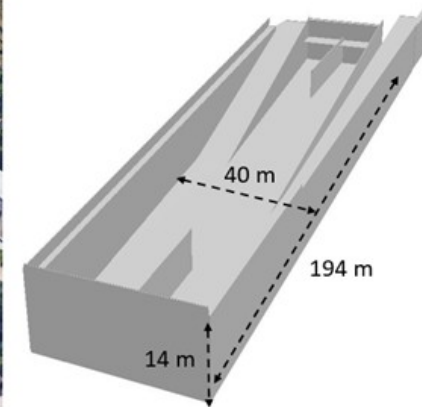
Seconde expérimentation à Marseille

Etude de l'impact des TC Montolivet et Saint Barnabé – Rocade L2 Marseille

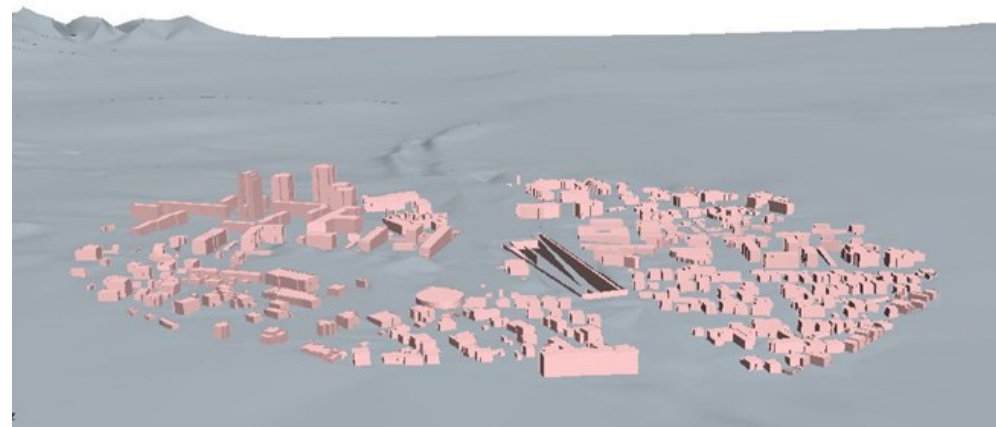
Modélisation 3D (NO₂)
8,7 km² - hauteur 2 500m
Tout le bâti sur R=800m



Maillage d'une tête de TC



Reconstruction de la tranchée ouverte

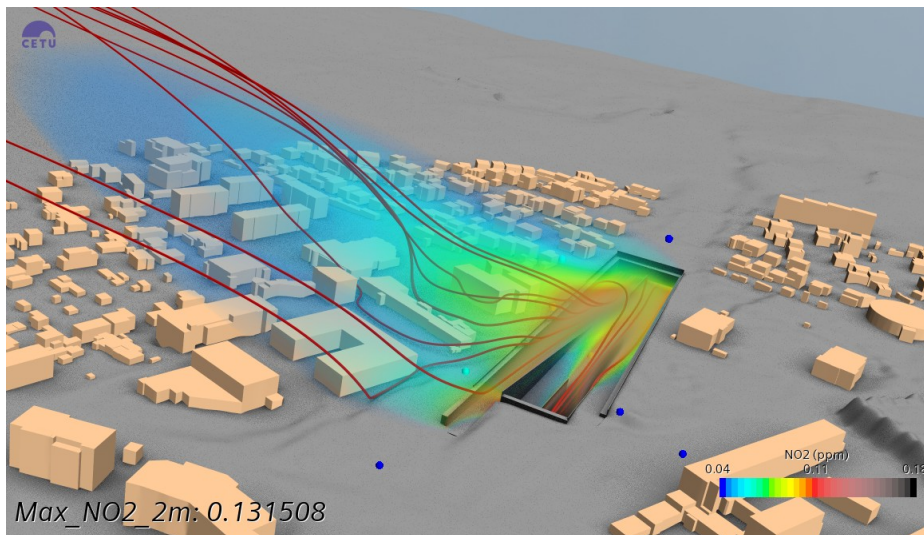


Maquette géométrique

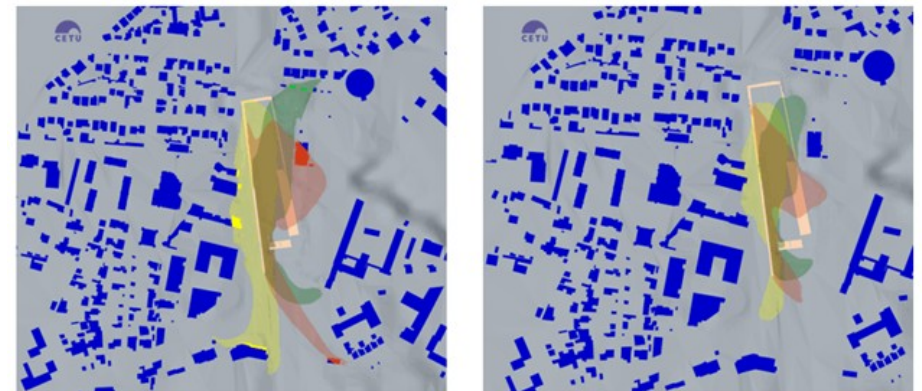
Etude de l'impact des TC Montolivet et Saint Barnabé – Rocade L2 Marseille

Modélisation 3D (NO₂)

- Études de cas
- Validation par les mesures de terrain
- Identification des situations à risque pour les riverains
 - Très peu de riverains impactés par des dépassements des seuils horaires réglementaires
 - Très faibles occurrences des situations à risque pour ces riverains

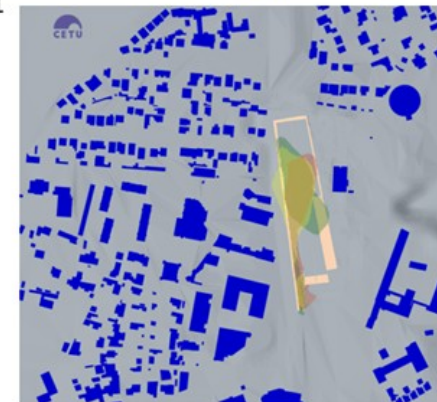


Reconstitution du panache en 3D avec lignes de champ
Vent d'est (90°) v=0,5m/s



V1

V2



V3

- D1 (300°)
- D2 (110°)
- D3 (190°)

(Vues de dessus)

Niveaux de risque pour les riverains pour plusieurs scenarios
3 vitesses de vent : V₁= 0,5 m/s V₂= 1m/s V₃= 1,5 m/s
3 directions de vent : 300° (NW), 110° (SE), 190° (S)
trafic quasi-saturé

Conclusions

Des expérimentations :

- innovantes
- mais lourdes et complexes à implémenter

Le type des tunnels étudiés :

- adaptés aux contraintes de la mise en œuvre des essais de terrains
- présentant une problématique potentielle critique

Des résultats solides et convaincants :

- Dilution rapide des polluants en champ libre
- Rejet principalement dans la direction de sortie du tunnel
- Certaines conditions météo plus particulièrement sensibles mais occurrence plutôt faible

Chaque site a ses spécificités :

sa configuration des lieux, sa météo locale, son trafic routier, ses multiples sources de polluants ...

... à analyser finement au cas par cas.



Qualité de l'air : influence des tunnels sur leur voisinage



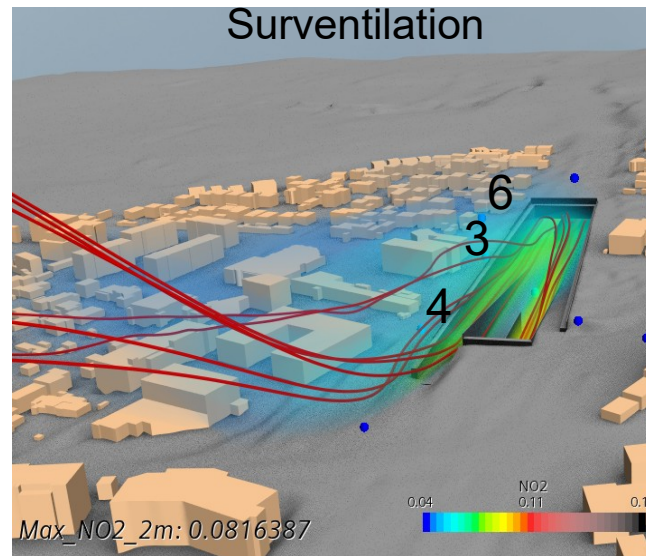
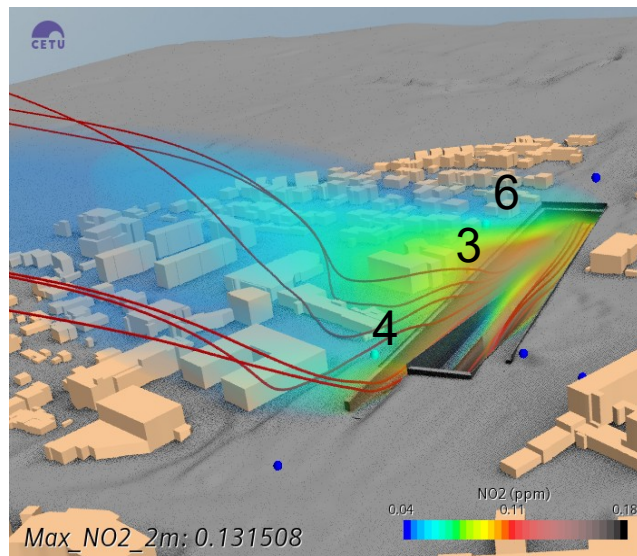
Débat

Vos questions ?

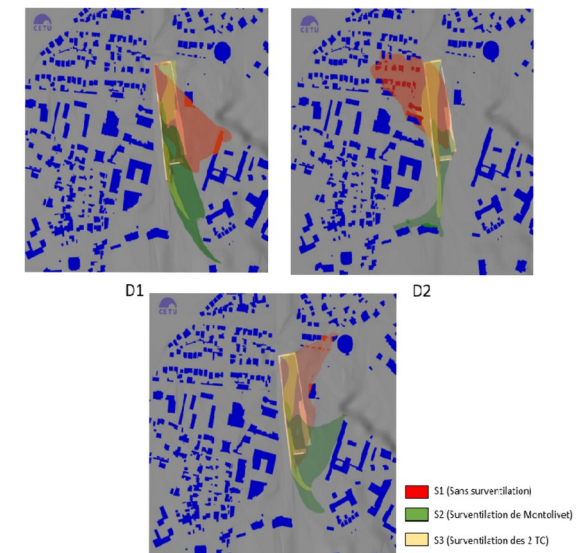
Etude d'une solution de mitigation : la sur-ventilation

Cas de la Rocade L2 : modélisation de la sur-ventilation

→ utilisation des accélérateurs du tunnel pour diluer les concentrations en polluants aux têtes et dévier la trajectoire du panache



Modélisations pour le cas de Vent d'est
abattements des concentrations en NO₂ de **12%** à **37%** sur les capteurs 3, 4 et 6



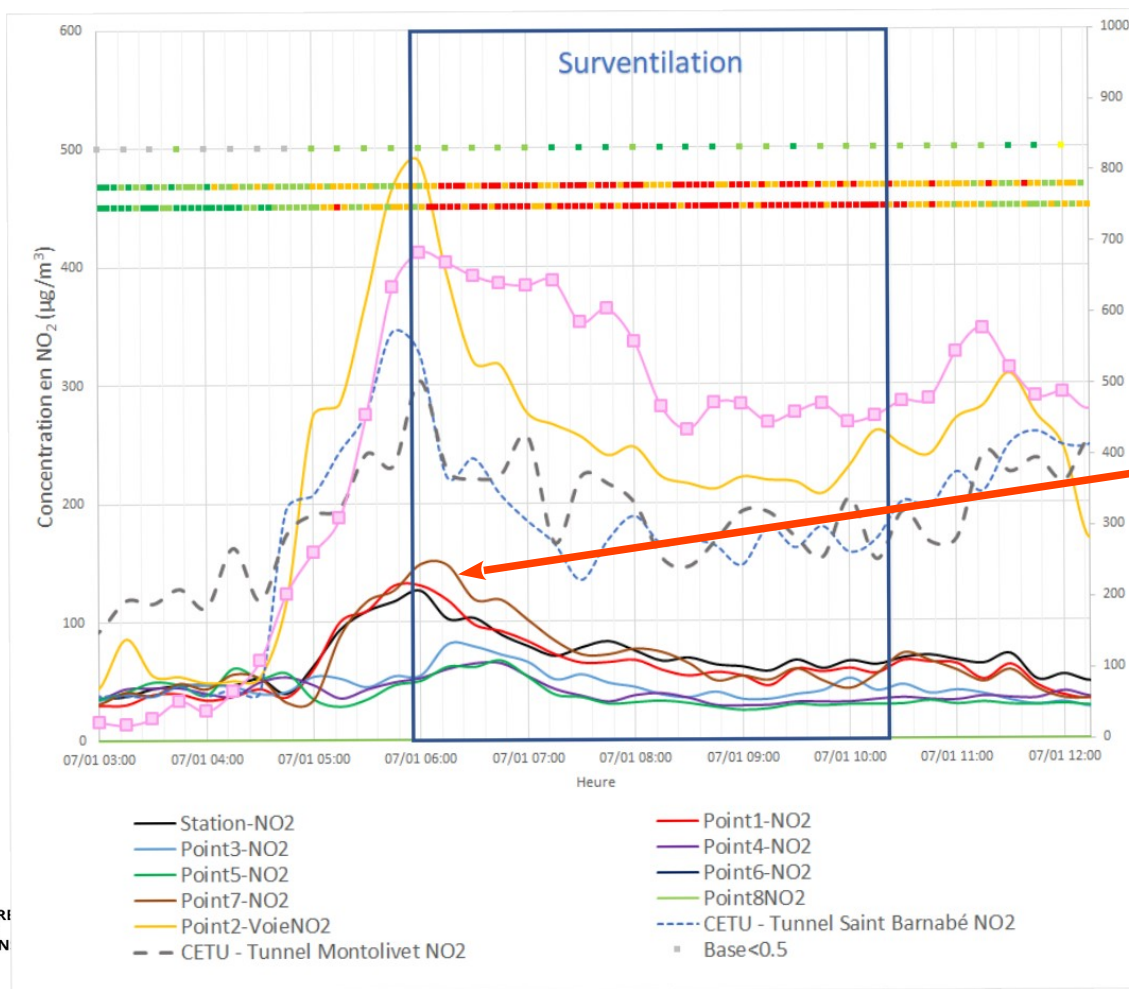
Étude des situations à risque avec apport de la sur-ventilation

Conclusion:

La sur-ventilation permet d'éviter les dépassements des seuils horaires réglementaires lors des situations météo critiques en conjonction avec un trafic "heure de pointe"



Etude d'une solution de mitigation : la sur-ventilation Cas de la Rocade L2 : mesure de terrain en activant la sur-ventilation



Très très difficile à mettre en évidence car la conjonction de toutes les conditions d'occurrence est très rare

Exemple du 7 janvier 2020

- Vent NW très faible
- Impact au SE de la tranchée (points de mesure 1, 7 + station NO₂ Kaddouz)
- Trafic : heure de pointe du matin

Effets visibles de la sur-ventilation sur les 3 points de mesure situés au SE de la tranchée

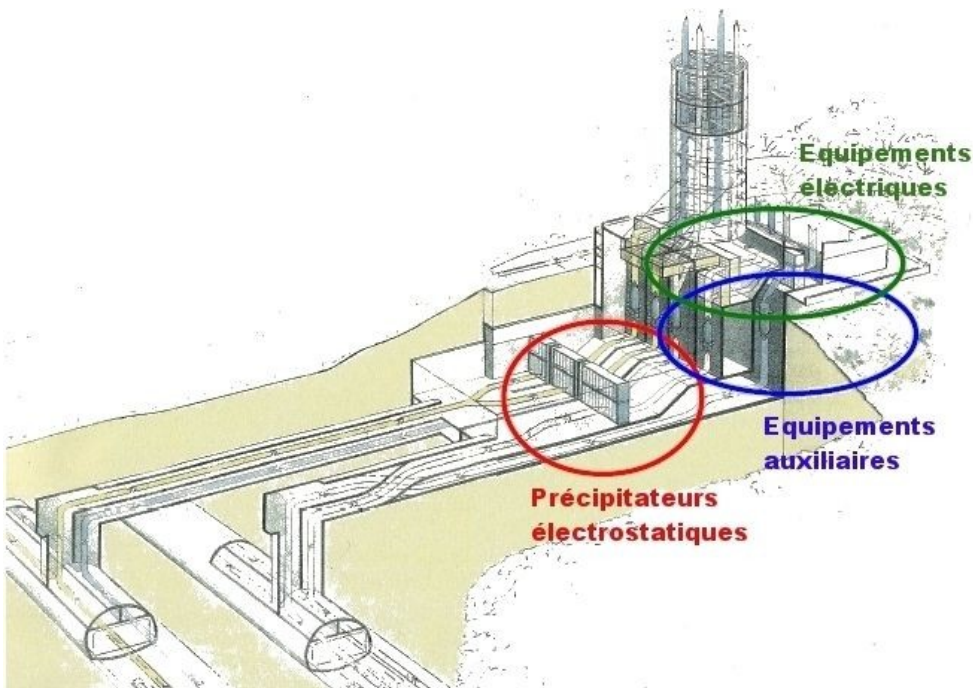
Résultats en accord avec la modélisation

Essais complexe à mettre en œuvre, mais résultats encourageants

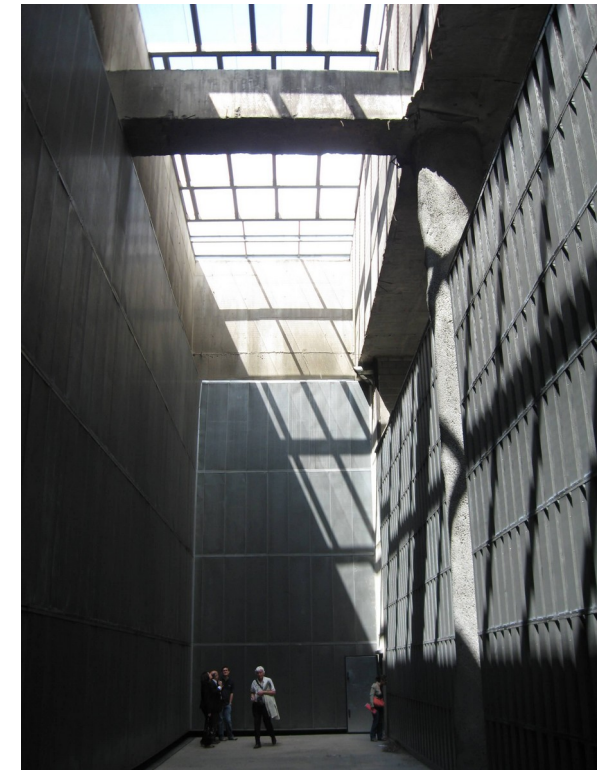


Le traitement de l'air, une solution lourde de mitigation

- Quelques expérimentations pour traiter les particules et parfois le NO₂
- Exemple à Madrid (Rocade M30)



Une installation non utilisée



D'immenses infrastructures souterraines

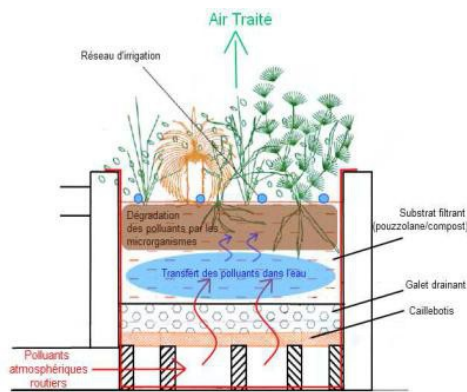
Des installations lourdes et énergivores

*Pour en savoir plus,
Document d'information du CETU :
Le Traitement de l'air des tunnel routier*



Solution lourde de mitigation : le traitement de l'air

- Expérimentation BIOTAIR pour traiter les particules, les COV et le NO₂
- Essai à échelle réduite (Tunnel Guy Moquet – autoroute A86 – IdF)



Un projet ambitieux et innovant
Des résultats encourageants
A optimiser ... !

**Processus à rationaliser pour
devenir opérationnel**

Quelques chiffres étourdissants ...

**En extrapolant le pilote pour le tunnel bitube
avec pour section 2 x 100 m²
Et une vitesse d'écoulement de 2,5 m/sec
On doit pouvoir extraire et **traiter 500 m³/sec****

Pour cela **il faut installer 8000 m² de filtre**

**Effets visibles de la sur-ventilation sur les 3
points de mesure situés au SE de la tranchée**

Pertes de charges importantes => puissance
électrique observée 4kW / (m³/sec)
→ **puissance électrique nécessaire 2MW**

Si usage 6 h/jour :
→ **consommation annuelle 3200 MWh**



Pilote d'expérimentation
(2x 16 m² de filtre
2 m³/sec d'air traités)

Conclusions :

Le rejet issu de la tête d'un tunnel se dilue généralement vite, et principalement dans l'axe de l'ouvrage ;

Certaines situations météo peuvent toutefois conduire à la stagnation des polluants à proximité de l'ouvrage, surtout si la configuration du site y est propice (rue canyon) ;

La sur-ventilation du tunnel peut apporter une réponse à ces cas sensibles et cela est une alternative crédible par rapport à des solutions plus lourdes :

- utilise les équipements du tunnel ;
- fonctionnement ponctuel, uniquement en cas de besoins (ajouter un ou des capteurs stratégiquement implantés aux emplacements critiques) ;

Le traitement de l'air du tunnel (par une usine) :

- permettra certes d'écrêter certains pics de pollution ;
- mais ne pourra pas de réduire significativement la pollution moyenne aux alentours (impact de toute la voirie... pas que du tunnel) ;
- avec un bilan écologique global très critiquable ...