

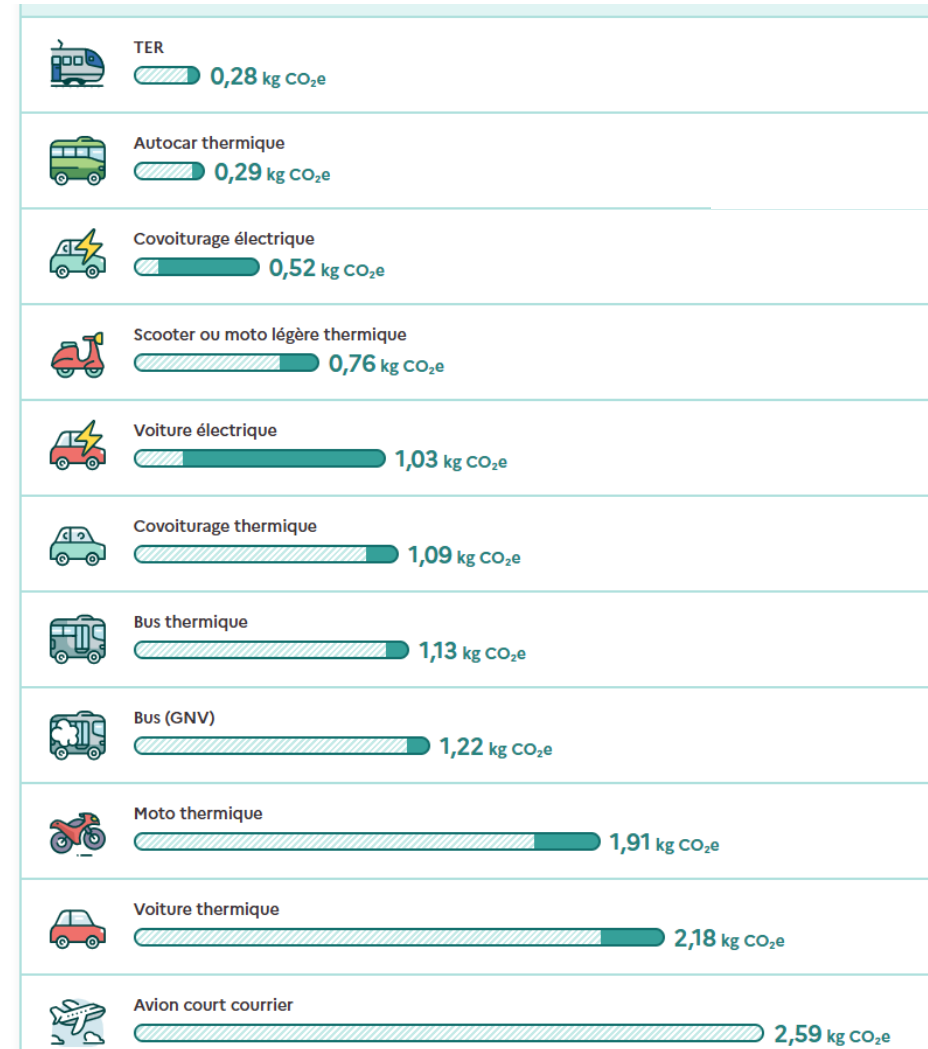
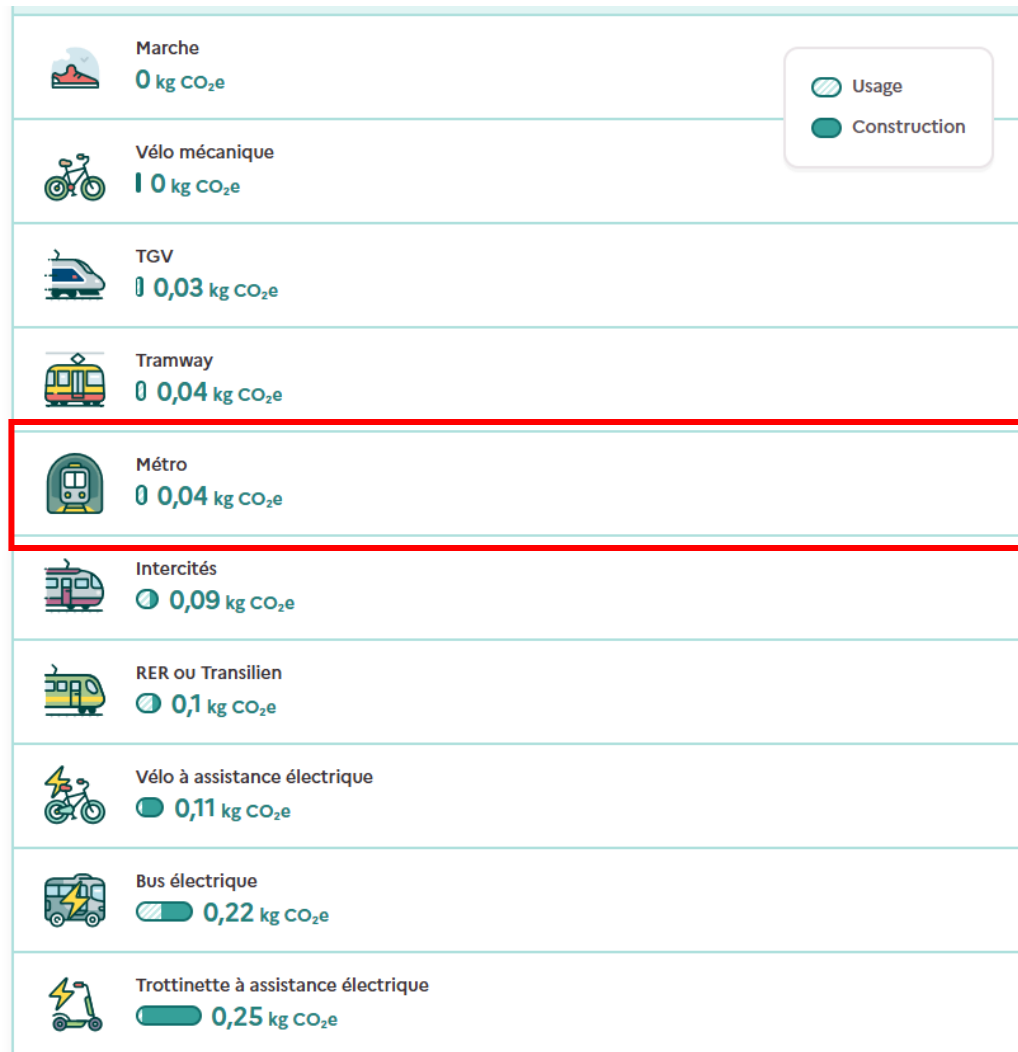
La gestion environnementale de la ligne C de métro



Gilles HABASQUE,
Directeur environnement et innovation

Le métro, un mode de transport efficace peu émetteur de CO2

Source ADEME 2025 : Kg de CO2 émis pour 10 km parcourus par passager

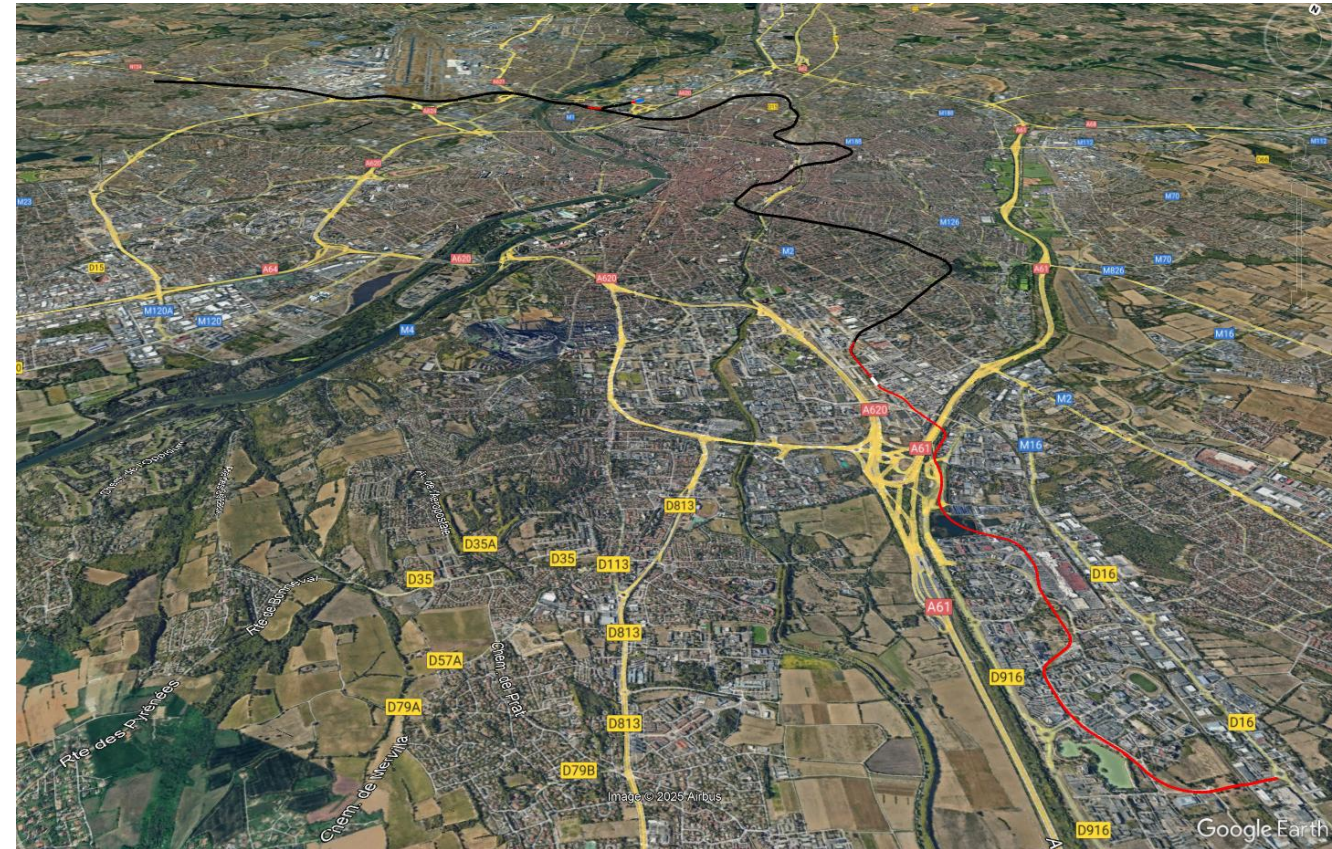


Quelques chiffres :

- **15 000 nouveaux habitants par an** dans l'agglomération,
- **90 000 déplacements en voiture évités** par jour dans l'agglomération
- Transport 100% électrique de **200 000 passagers/jour** à la mise en service, et 600 000 à terme

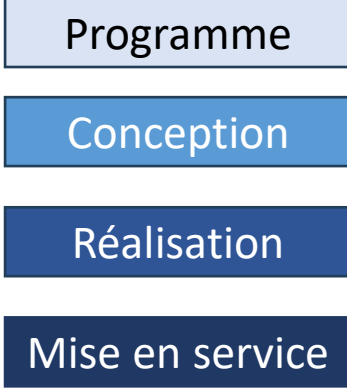
Une production d'énergie renouvelable intégrée :

- Une **énergie de freinage des rames récupérée** et réinjectée pour 10 à 15% de consommation électrique économisée du réseau, soit 3GWh à 5GWh/an,
- Des panneaux **photovoltaïques** en autoconsommation (objectif mini 2 GWh/an),
- Dans le Garage atelier, système CVC par **hydrothermie** :343 MW/ h par an.



Une certification HQE infrastructure durable pourquoi faire?






- **Structurer** le management développement durable du projet, **organiser** les compétences nécessaires et **formaliser** la prise en compte des besoins et attentes **des parties prenantes** ;
- **Challenger** les concepteurs et les entreprises de construction sur le niveau d'exigences élevées de Tisséo sur la ligne C en termes d'environnement et développement durable ;
- **Rendre compte** et faire auditer la démarche environnementale par un tiers indépendant (Certivea)



Les 19 thématiques HQE infrastructures durables








Qualité de vie

-  Bien vivre ensemble
-  Mobilité et accessibilité
-  Santé et confort
-  Paysage et patrimoine
-  Résilience, sûreté et sécurité



Respect de l'Environnement

-  Energie et climat
-  Nature et biodiversité
-  Eau
-  Ressource et déchets
-  Pollutions






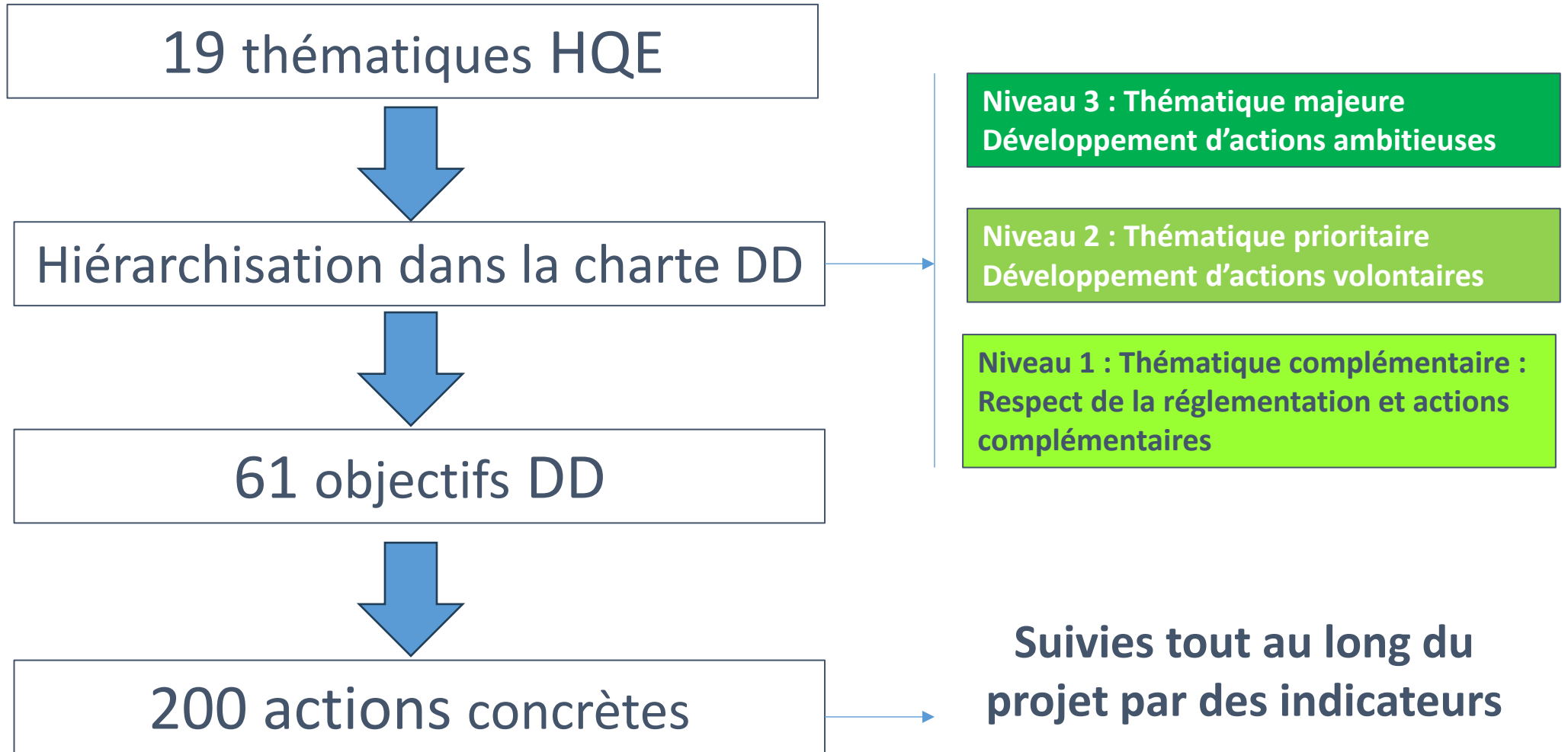
Performance économique

-  Economie et coût à long terme
-  Dynamisme et développement des territoires
-  Services et fonctions productives
-  Adaptabilité et évolutivité



Management responsable

-  Conduite de projet
-  Gouvernance
-  Synergie et cohérence avec les territoires
-  Maitrise foncière



Thématique	1	2	3
1-Bien vivre ensemble	1		
2-Mobilité et Accessibilité	2	2	3
3-Santé et Confort	2	2	3
4-Paysage, patrimoine et identité	2	2	
5-Résilience, sûreté et sécurité	2	2	
6- Energie et climat	2	2	3
7-Nature et biodiversité	2	2	3
8-Eau	2	2	
9 Ressources et déchets	2	2	3
10-Pollutions	2	2	
11-Economie et coût à long terme	2	2	
12-Dynamisme et développement du territoire	2	2	
13-Services et fonctions productives	1		
14-Adaptabilité et évolutivité	1		
15-Conduite de projet	2	2	3
16-Gouvernance	2	2	
17-Synergie et cohérence avec le territoire	2	2	
18-Maitrise foncière	1		
19-Numérique et innovation	1		
	Qualité de vie Respect de l'environnement Performance économique Management responsable		





3- Santé et confort



Engagement
QUALITÉ DE VIE

Niveau de priorité 3

Avec 200 000 voyageurs transportés à la mise en service, la ligne C affiche des ambitions fortes en matière de confort et de santé des voyageurs

OBJECTIFS DEVELOPPEMENT DURABLE	
Assurer aux voyageurs une qualité de l'air intérieur en station souterraine équivalente à la qualité de l'air extérieur	
Mettre en place un bon niveau de confort acoustique dans les stations et dans les rames	
Assurer aux voyageurs un bon niveau de confort vibratoire dans les rames	
Disposer d'un bon niveau de confort lumineux dans les stations et dans les rames	
Assurer un bon niveau de confort thermique dans les stations et dans les rames	



Qualité de l'air intérieur dans les espaces souterrains

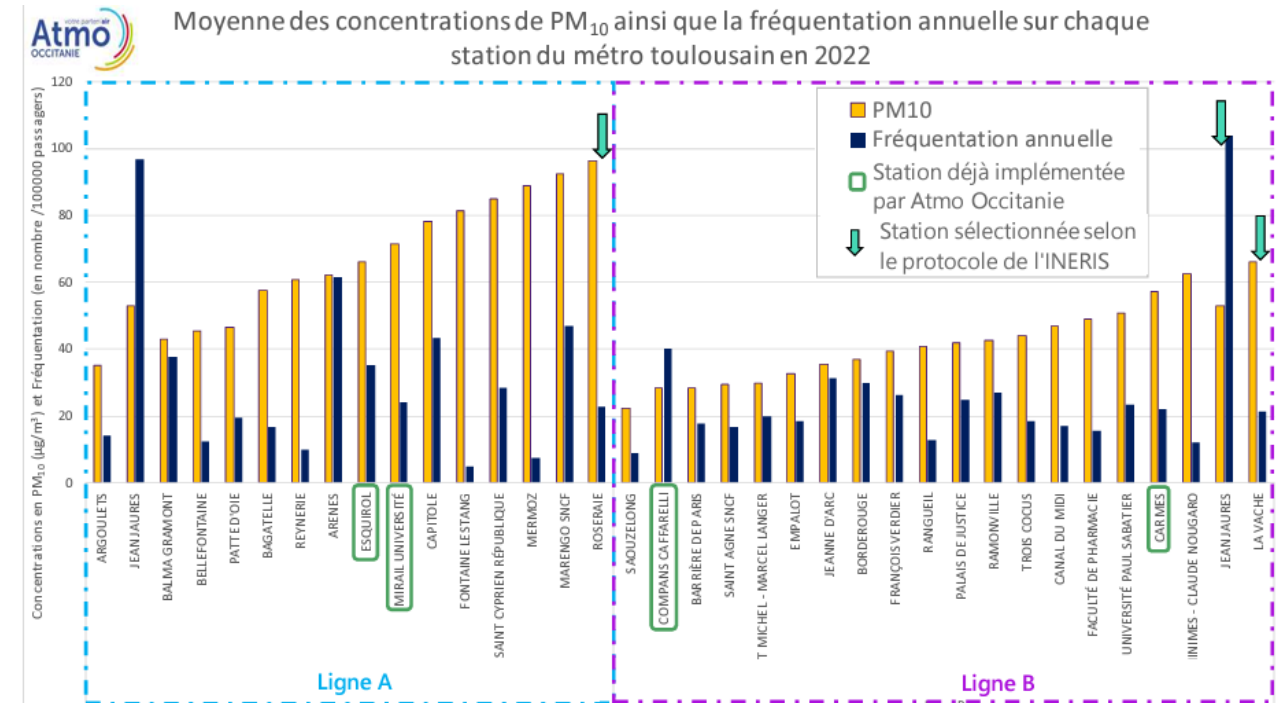


Richez Associés/ Séquences



REX de l'observatoire Atmo Occitanie ligne A et B

- **Les particules** sont le paramètre à surveiller :
 - Ligne A : 8 à 9 fois plus que le fond urbain en PM10 et PM 2,5;
 - Ligne B : 6 fois plus que le fond urbain.
- Concentration en particules équivalentes entre quai et rames ;
- Environ 50% de particules sont de nature **métallique** ;
- Une partie de la pollution en particules et la quasi-totalité des autres polluants gazeux **provient de l'air extérieur** ;
- **Importance de la ventilation/ renouvellement d'air** entre période chaude et froide.



Source : <https://www.atmo-occitanie.org/toulouse-classification-des-stations-souterraines-du-metro-toulousain-2022>



REX Objectif de qualité de l'air intérieur

- Recommandations ANSES pour les PM dans les enceintes souterraines ferroviaires (mai 2022) :

Polluant	Durée cumulée de fréquentation de l'EFS sur une journée	Concentration calculée à partir de la valeur limite journalière de la directive européenne 2008/50/CE * (C _{sout_Lim})	Concentration calculée à partir de la valeur guide journalière de l'OMS * (C _{sout_OMS})
PM ₁₀	2h/j	260 µg/m ³	80 µg/m ³
	1h30/j	330 µg/m ³	100 µg/m ³
	1h/j	480 µg/m ³	140 µg/m ³
	30min/j	940 µg/m ³	250 µg/m ³
PM _{2,5}	2h/j	s.o.	50 µg/m ³
	1h30/j	s.o.	60 µg/m ³
	1h/j	s.o.	80 µg/m ³
	30min/j	s.o.	140 µg/m ³

*Valeurs calculées en assimilant les particules d'EFS aux particules de l'air ambiant
s.o. : sans objet

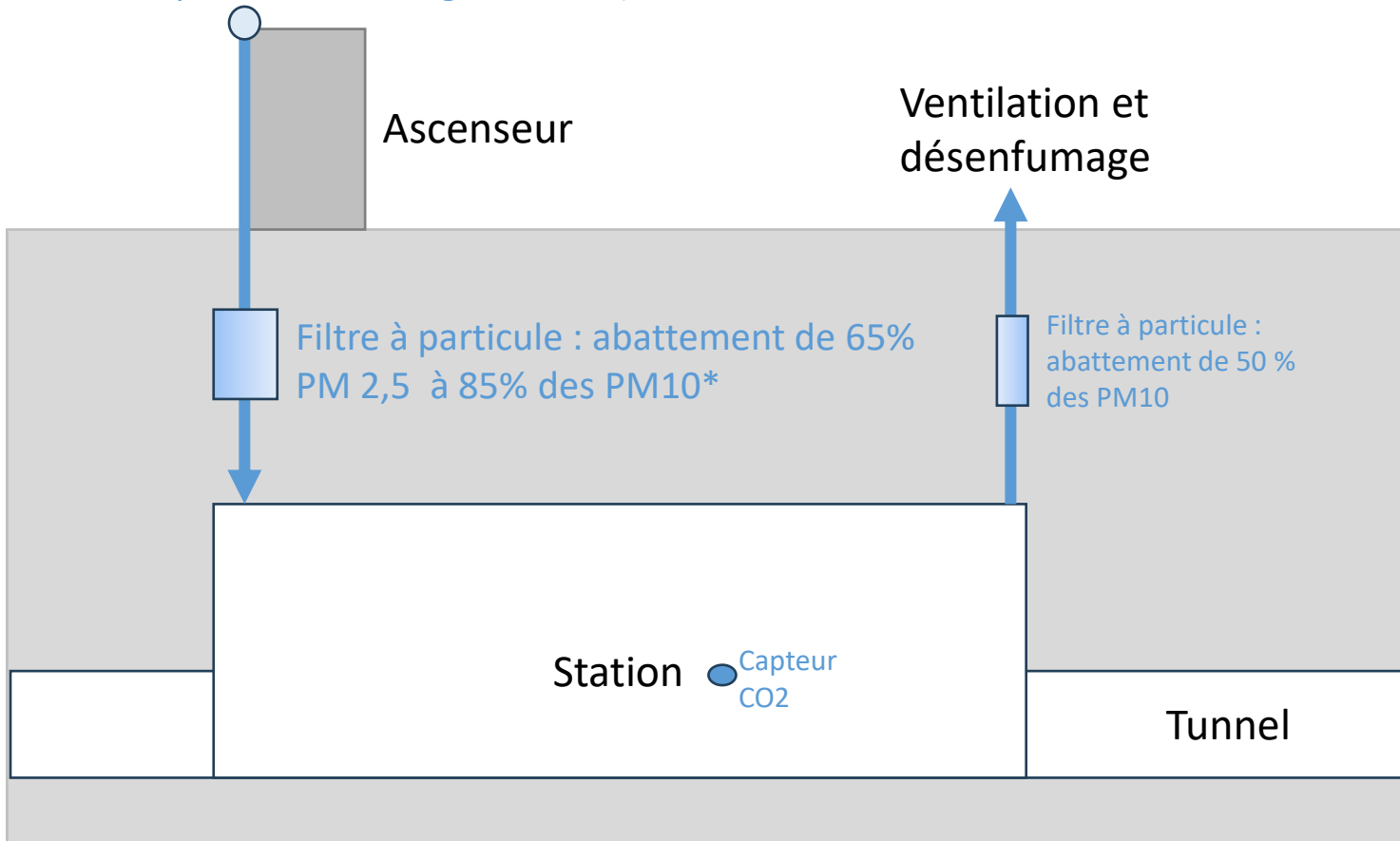
- Ambition HQE ligne C: se rapprocher de la qualité du fond urbain





Axe 1 : Améliorer la qualité de l'air entrant

Prise d'air spécifique à 3 m du sol et si possible en dehors des axes circulés (abattement pollution PM et gaz > 25 %)



*1^{er} filtre ISO Coarse (Grossier) 90% + 2^e filtre ISO ePM10 85% et EPM2,5 65% selon l'ISO 16890)



Axe 2 : Réduction de la production de pollution

Réduction des particules dans l'enceinte souterraine du métro :

- Solution « fer » plutôt que « pneu », moins émettrice de particules fines au niveau du roulement ;
- Freinage 100 % électrique,
- Train de maintenance à fonctionnement électrique (sauf cas d'urgence).

Qualité de l'air intérieur des rames :

Choix des matériaux intérieur à faibles émissions :

- COV totaux : < 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alstom : 175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Formaldéhyde : < 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alstom : 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)





Axe 3 : Dispositions en station

- Dispositif de porte-palières (abattement de 44% des PM sur les quais);
- Mise en place d'une ventilation performante avec ventilation double flux pour le renouvellement d'air et le confort thermique
 - Filtration de l'air entrée et sortie ;
 - Diffusion continue de l'air « hygiénique » sur les quais, mise en surpression des quais par rapport au tunnel ;
 - Dimension et placement des bouche de soufflage spécifique permettant un balayage optimal des quais ;
 - Placement des grilles d'extraction permettant un balayage optimal des niveaux supérieurs ;
 - Roue de récupération sur la centrale de traitement d'Air (ventilateurs à roue libre, échangeur à roue enthalpique) permettant de limiter l'inconfort thermique lors des climats extrêmes.
- Mise en place de capteurs CO2 en stations ,



Richez Associés/ Séquences



Axe 3 : Dispositions dans les rames

- Equipement des rames par des filtres à particules performants par filtration de plus de 50 % des PM10 : 1^{er} filtre ISO Coarse (grossier) 90% + 2^e filtre ISO ePM10 50% selon l'ISO 16890
- Dispositif de renouvellement d'air performant dans les rames, ajusté selon le niveau de passagers
- 20 % du linéaire de la ligne C en aérien permettant un renouvellement d'air naturel en station

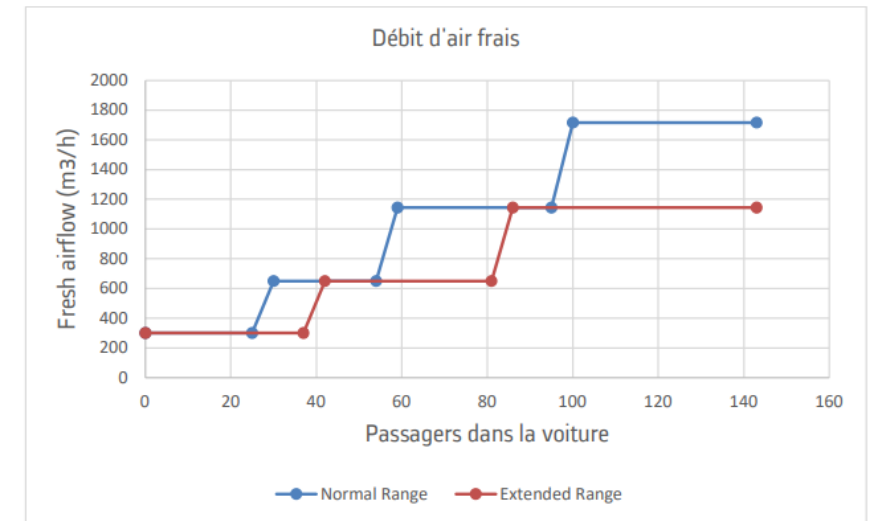


Figure 1 - Courbes de régulation du débit d'air frais



Ressources et déchets: la gestion des terres excavées

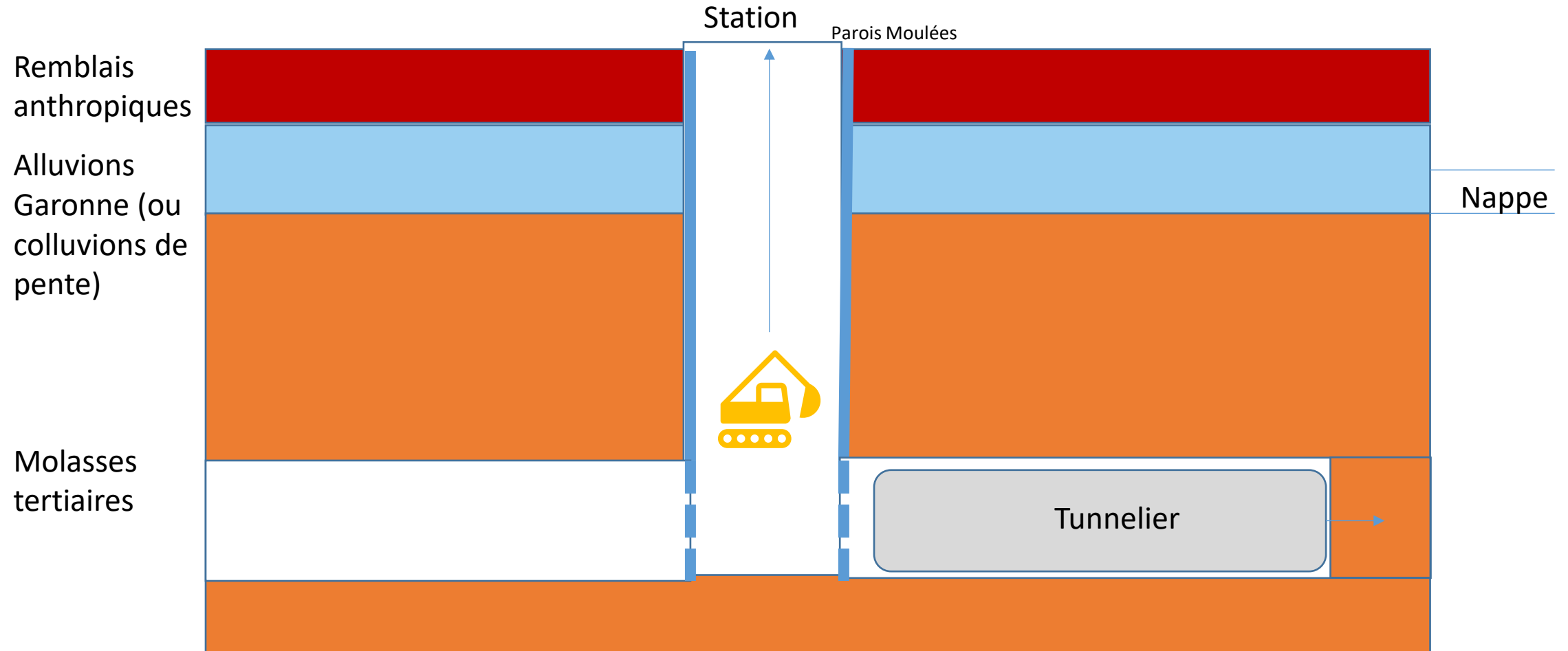


LA LIGNE C AVANCE



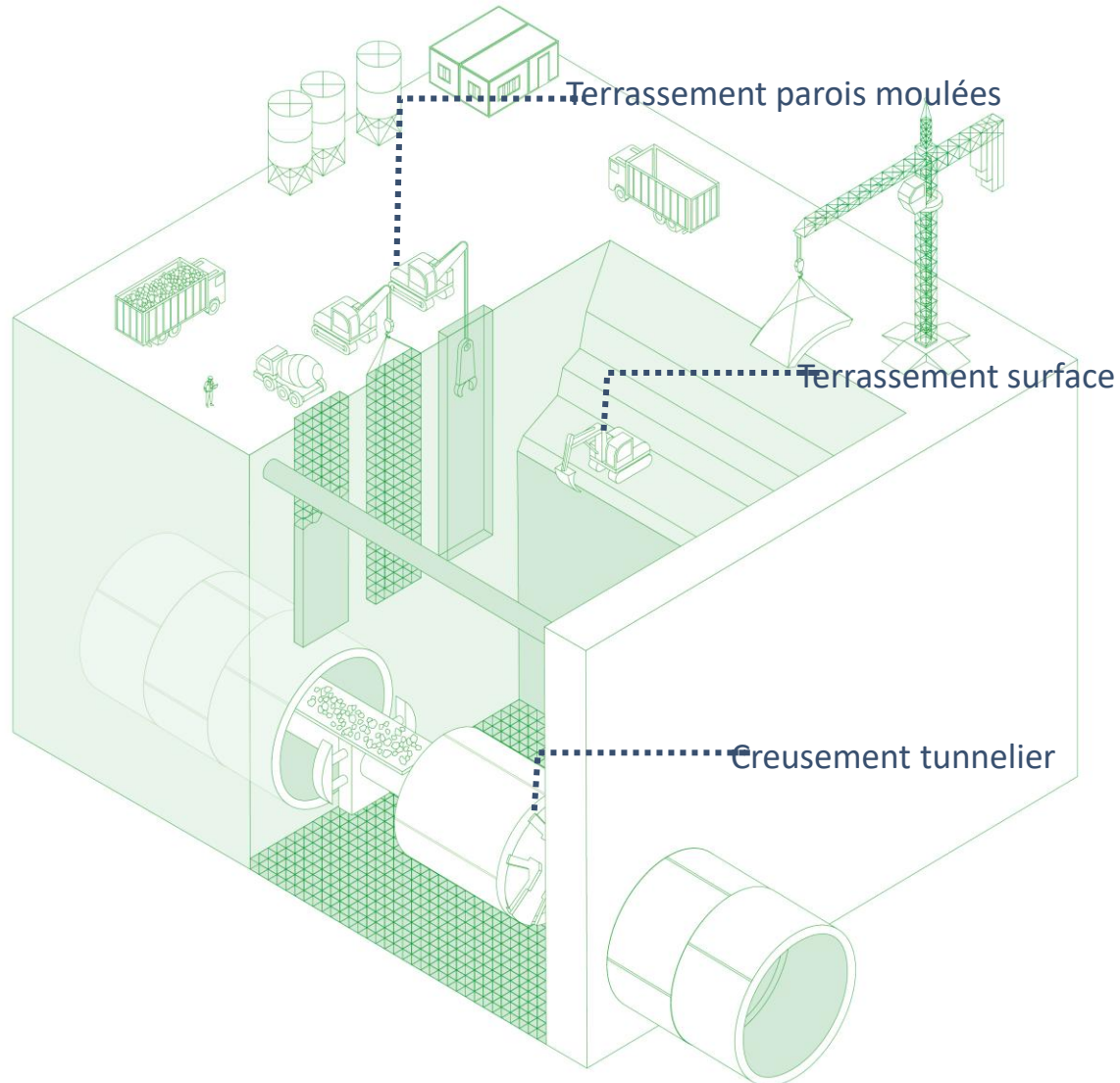


Géologie toulousaine simplifiée





Gestion des terres excavées



- **LIGNE C: 6,4 millions de tonnes de déblais dont :**
 - Extraits depuis la surface
 - 500 000 tonnes de terres issues du creusement de parois moulées et fondations
 - 2,5 millions de tonnes extraits de la surface pour les terrassements des stations et des puits
 - Extraits à grande profondeur
 - 3,4 millions de tonnes de déblais de tunneliers

- **Objectifs de valorisation**

- Taux de valorisation des déblais terreux > 80 %



La reconnaissance sites et sols pollués avant travaux

- Confiée un bureau d'étude certifié LNE et des investigations menées selon la norme NF X 31-620
- Tous les sites terrassés depuis la surface investigués + sondages profonds pour tunneliers
 - ~ 1100 sondages (sol)
 - ~ 90 piézomètres (eaux souterraines)
 - ~ 45 piézairs (gaz du sol)
 - ~ 6000 analyses physico-chimiques

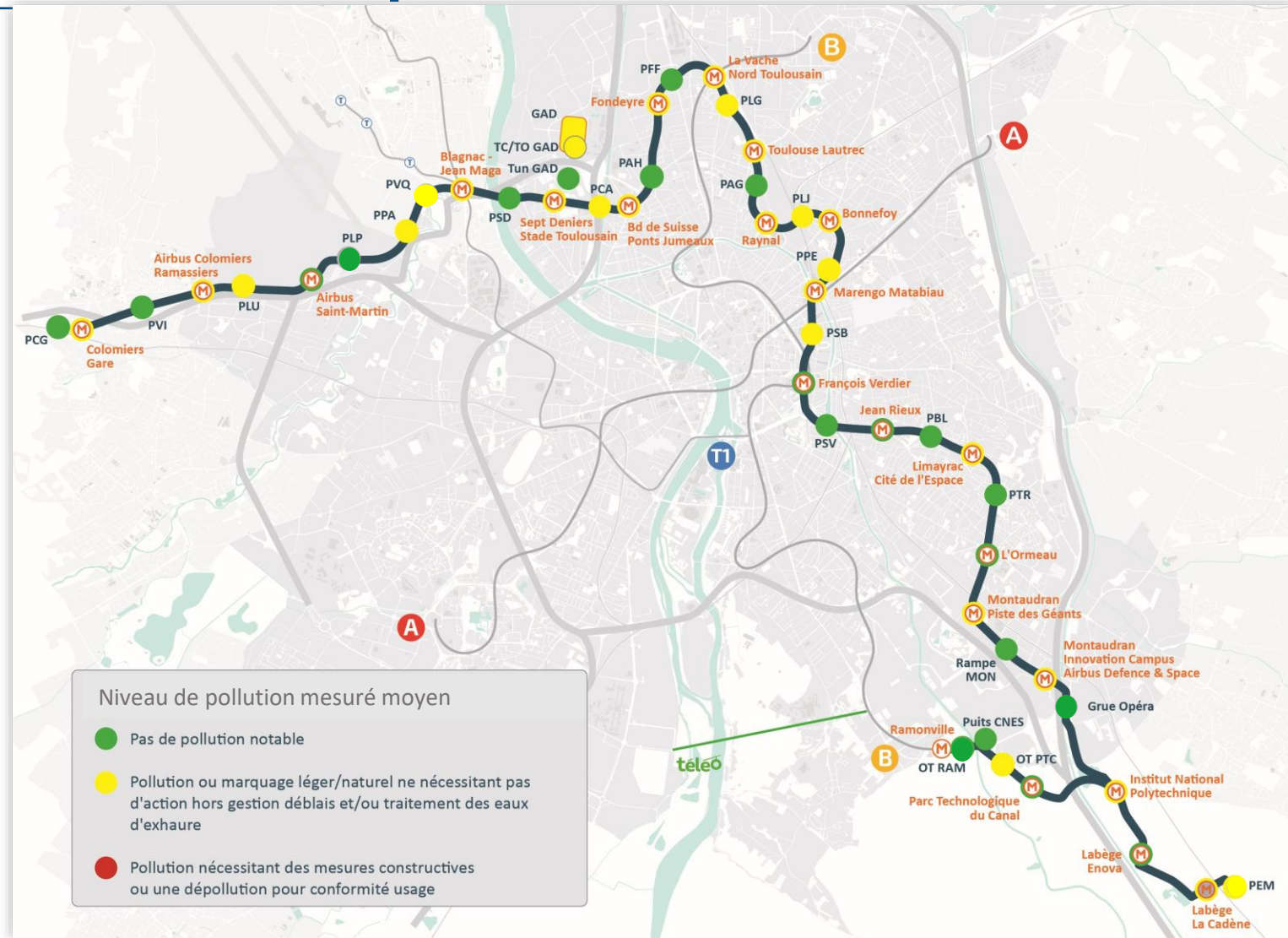




La reconnaissance sites et sols pollués avant travaux

Synthèse :

- Pas de site nécessitant de dépollution préalable pour conformité d'usage
- Pollution modérée traitée en phase terrassements soit :
 - d'origine naturelle par concentration de minéraux, issus du fond géochimique (Fluorures, sulfates, arsenic, sélénium, antimoine, plomb).
 - soit anthropique (sol pollué) essentiellement hydrocarbures et amiante en débris ou terres amiantées
 - Déblais de surface : essentiellement inertes mais aussi inertes K3+, non dangereux ou dangereux
 - Déblais de tunneliers : Inertes avec un peu d'inertes K3+





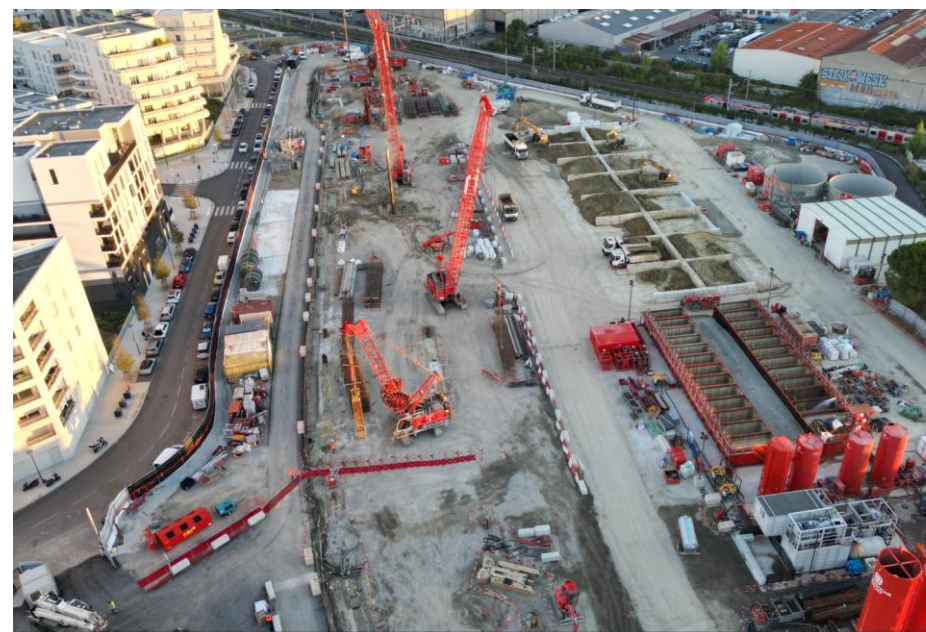
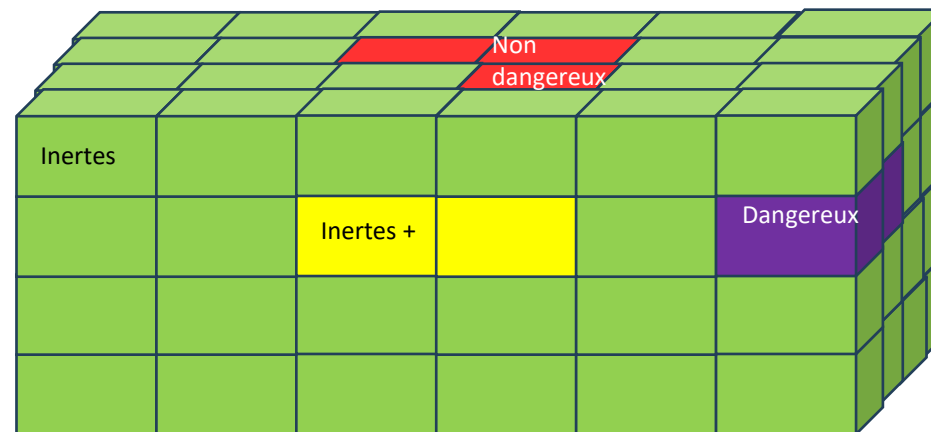
Pré-caractérisation des sols avant terrassement de surface

Les entreprises de travaux de génie civil réalisent un **plan de maillage** préalable au terrassement.

Les mailles sont revérifiées par échantillonnage par un contrôle extérieur en post-caractérisation.



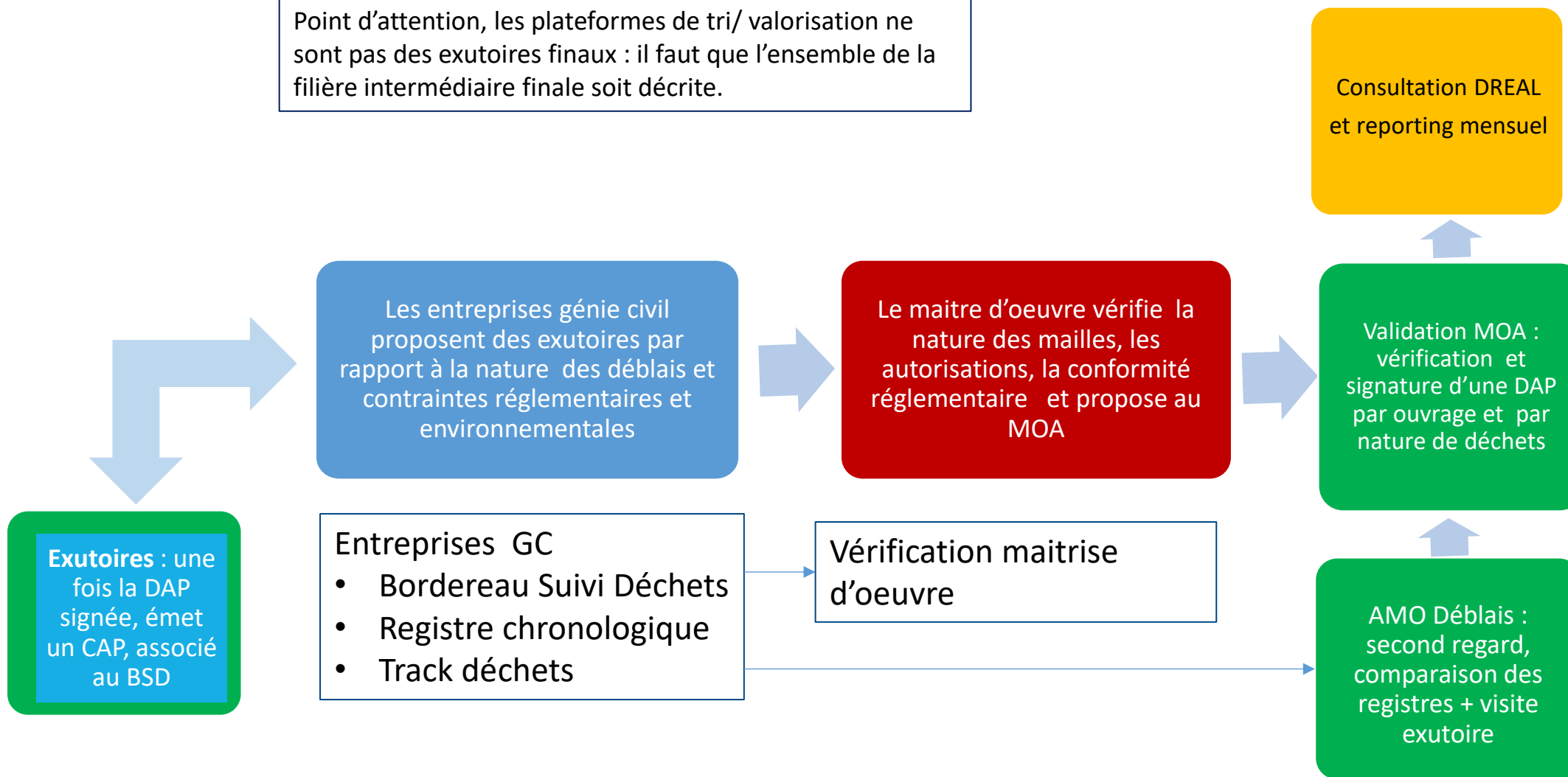
Nota: les mailles de tunneliers , à l'avancement, sont post-caractérisées dans des bacs avant sortie chantier.





Validation des exutoires et traçabilité

Point d'attention, les plateformes de tri/ valorisation ne sont pas des exutoires finaux : il faut que l'ensemble de la filière intermédiaire finale soit décrite.





Valorisation des terres

Objectif de valorisation : plus de 80 % des terres excavées (70% imposé par la réglementation)

Réemploi sur chantier ligne C : 200 000 T

Valorisation matériaux

- Fabrication de matériaux de construction : briques en terre cuites granulat
- Fabrication de terre végétale
- Remblai d'infrastructure et de projet d'aménagement

Valorisation volume

- Remise en état de carrière en fin d'exploitation à des fins agricoles, écologiques ou paysagères



Usine Terreal – Wienerberger de Colomiers