



Evaluation des impacts sur l'environnement des tunnels creusés au tunnelier par une méthode de type Analyse de Cycle de Vie (ACV)

Laetitia D'Aloia Schwartzentruber, Emmanuel Humbert, CETU
Romain Bonnet, Claude Dumoulin, Bouygues Construction

Plan



- Introduction
- L'ACV appliquée au creusement des tunnels
- Le cas du tunnel du Mont Sion (A41)
- Conclusion et perspectives



Introduction

Contexte et Enjeux



- Un **tunnel** est un élément d'une infrastructure comme un **pont** ou une **gare**
 - Malgré une **longue durée de vie**, ce sont des ouvrages à **forts impacts** :
 - Quantités importantes de matériaux de construction (bétons, aciers, ...)
 - Techniques constructives spécifiques (explosif, tunnelier et autres engins, installations, ...)
 - Equipements nombreux et pointus consommateurs d'énergie
 - **Les grands projets à venir présentent des linéaires importants de tunnel**
 - (Grand Paris, LTF, LN PCA, ...)
-  **L'ACV du tunnel est donc nécessaire pour réaliser celle de l'infrastructure**
- Les objectifs du **GT41 de l'AFTES** « *Travaux souterrains et Développement Durable* » :
 - Définir une méthodologie d'application de l'ACV à la construction d'un tunnel
 - Définir les données environnementales spécifiques à utiliser en travaux souterrains
 - Fournir des données génériques d'impacts utilisables au stade amont des projets



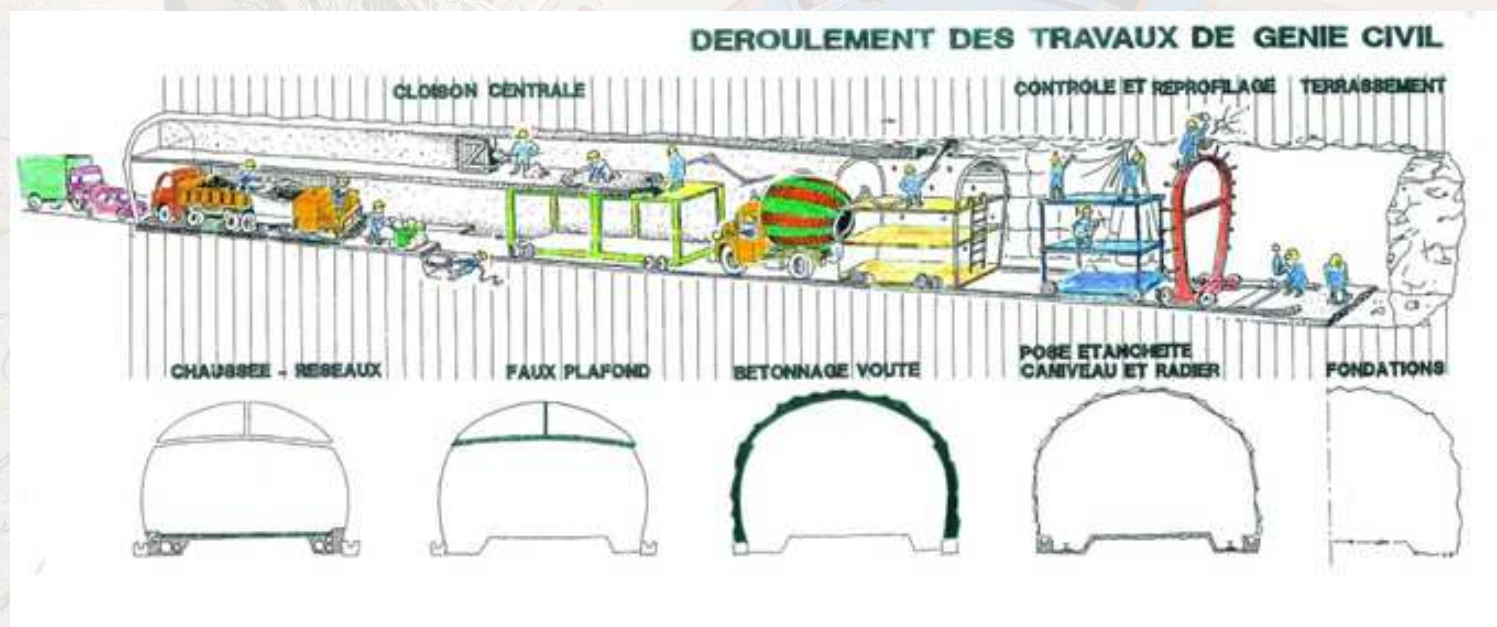
L'ACV appliquée au creusement des tunnels

Le creusement en méthode conventionnelle (explosif et/ou brise roche)



➤ Cycle de creusement :

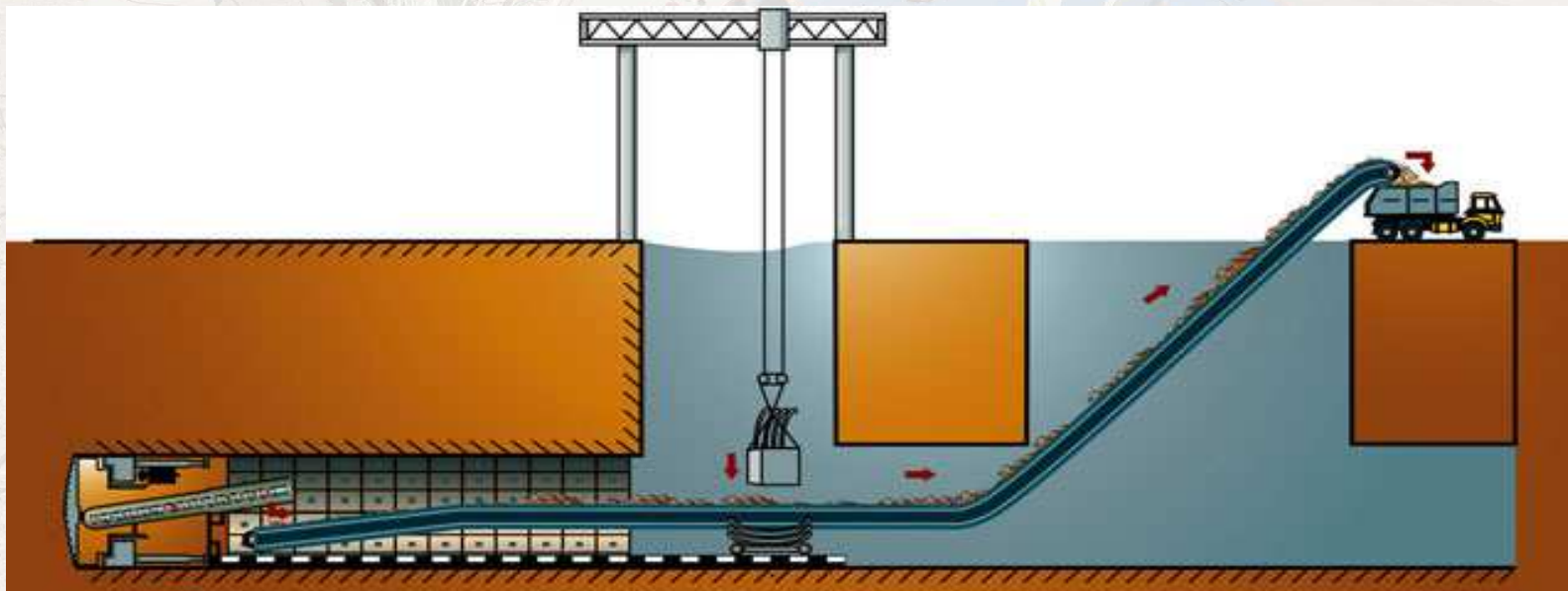
- forage de la volée, chargement, tir, ventilation, excavation, purge et finitions, soutènement (béton projeté, boulons, cintres...) ...



Le creusement mécanisé (au tunnelier)



- **Différents types de tunnelier** adaptés à la géologie rencontrée
- **Back-up** avec des ateliers
- Le cas échéant **des ouvrages annexes** (puits, descenderie, ...)

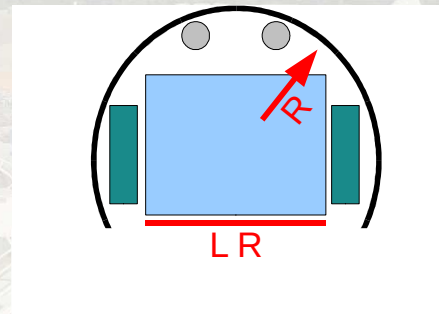


Ce qui distingue les deux méthodes

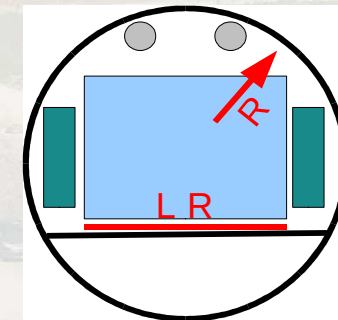


➤ Géométrie :

-  Accélérateur
-  Espace de circulation
-  Réserve de cheminement piéton et signalisation
-  LR
-  R
- Largeur roulable
- Rayon intrados



Méthode Conventionnelle



Méthode Mécanisée

➤ Nature des structures de soutènement

- Boulons, béton projeté et cintres
- Voussoirs préfabriqués

➤ Des engins de chantier spécifiques :

- Jumbo de foration, robot béton projeté ...
- Le tunnelier et son bac-kup

➤ Des installations spécifiques :

- usine de préfabrication des voussoirs, station de traitement des boues, de l'eau, ...

Le phasage de la construction



➤ 1. La préparation du chantier

(comprenant le montage du tunnelier, le cas échéant le montage de l'usine de préfabrication des voussoirs, de la station de traitement des boues, la réalisation de l'amorce ou du puits d'entrée)

➤ 2. La construction :

- Le creusement (excavation et marinage)
- La mise en place du soutènement et du revêtement
- Le transport et le traitement des matériaux

➤ 3. La fin de chantier et le réaménagement du site

(comprenant notamment le démontage du tunnelier)

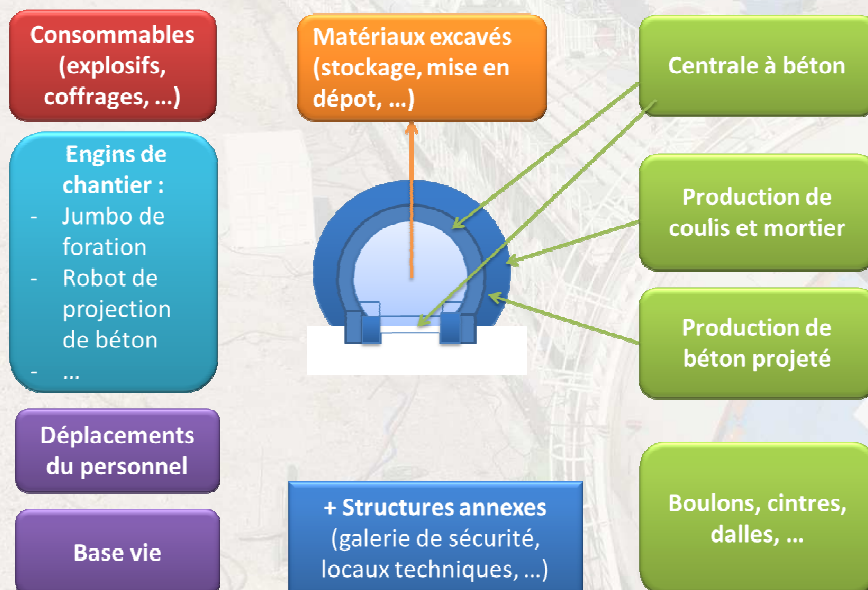


**Les phases d'exploitation et de fin de vie
(=fin d'exploitation) ne sont pas considérées**

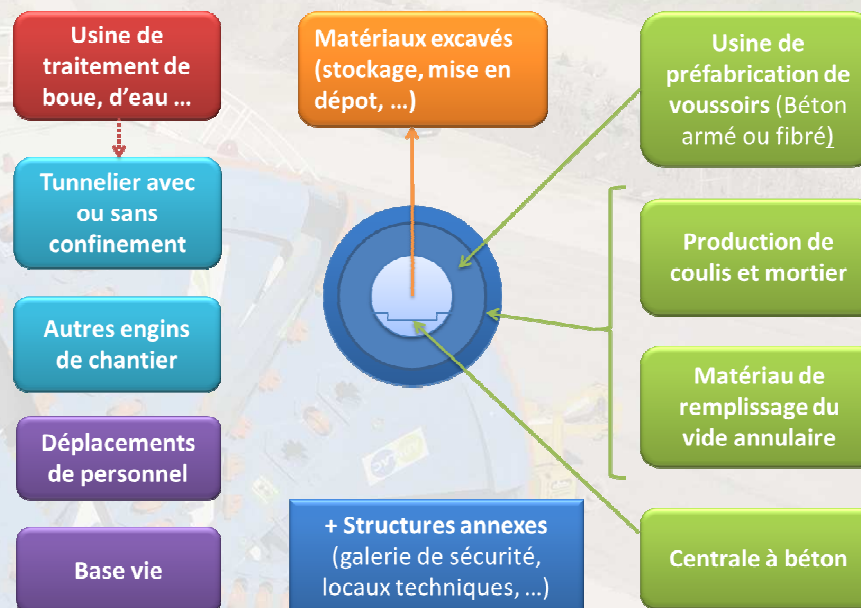
La définition du périmètre (phases 1,2 et 3)



CREUSEMENT EN METHODE CONVENTIONNELLE



CREUSEMENT MECANISE (TUNNELIER)



 Machines et engins de chantier
 Installations spécifiques / Consommables

 Matériaux excavés
 Matériaux de construction et procédés de fabrication

 Base vie et déplacements du personnel



Le cas du tunnel du Mont Sion (A41)

Maîtrise d'ouvrage – Concessionnaire : ADELAC

Moe : I-Lac (Setec – Bouygues TP)

Entreprises → GIE A41 (Bouygues TP, Quille, GFC Construction, DTP terrassement, Colas)

Le phasage de la construction



- Tunnel sur l'A41, entre **Présilly** et **Andilly**

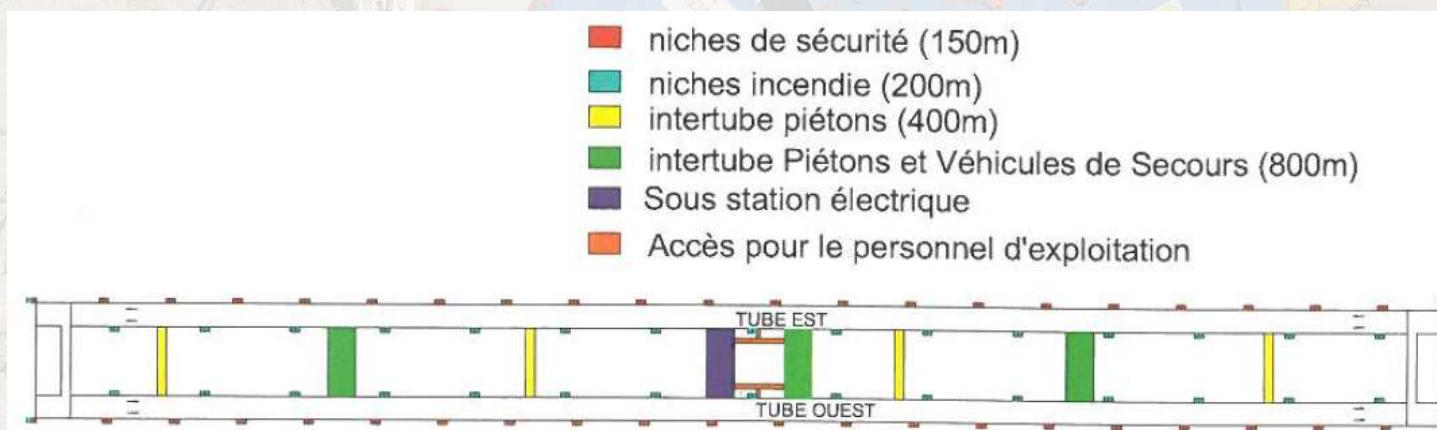


- Bitube de **3060** mètres, monodirectionnel, avec **2 voies**
- **14 mois** de chantier

Tunnel du Mont Sion : Caractéristiques



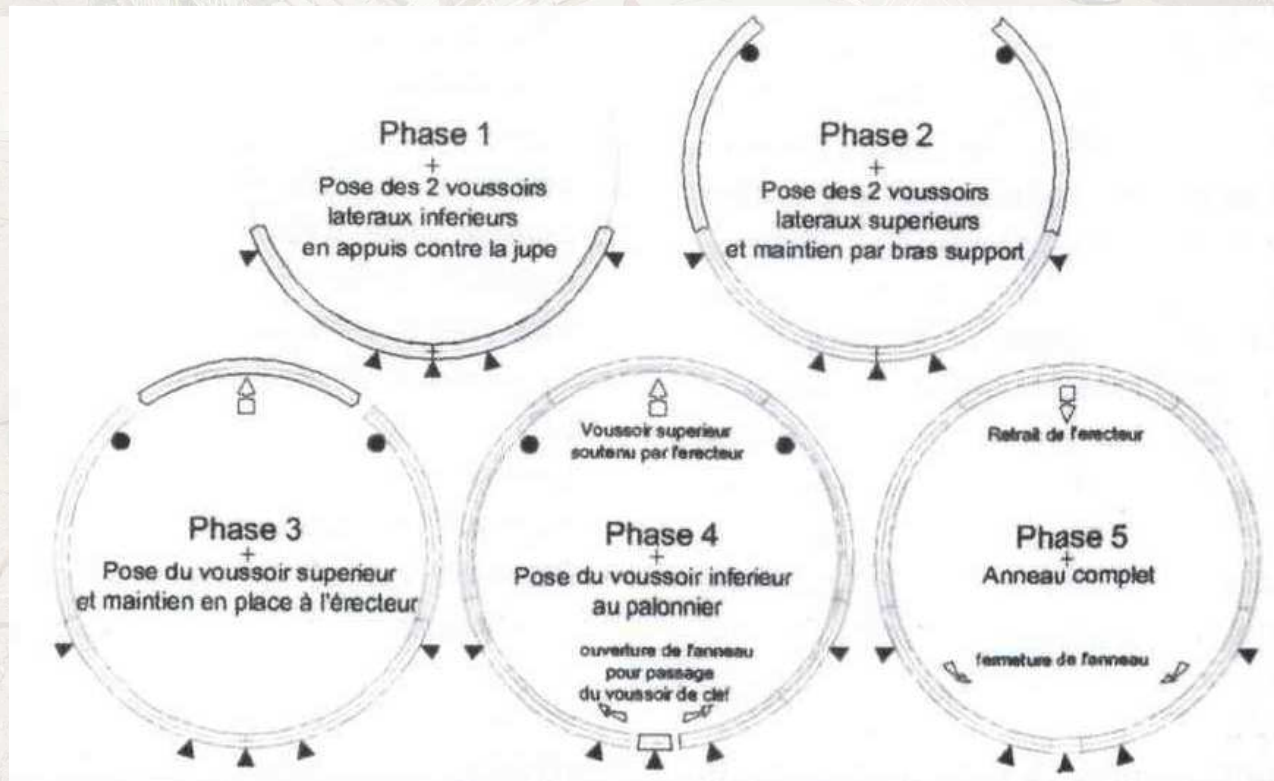
- Sous la chaussée une **galerie technique de 4x2m**.
- **20 niches de sécurité** dans chaque tube.
- **15 niches incendies** par tube.
- **7 galeries de communication** entre tubes sont aménagées.



Tunnel du Mont Sion : Caractéristiques



- Diamètre circulaire de **10.70 m**
- **18200 Voussoirs** de grande taille (6 par anneau)



Tunnel du Mont Sion : Illustrations

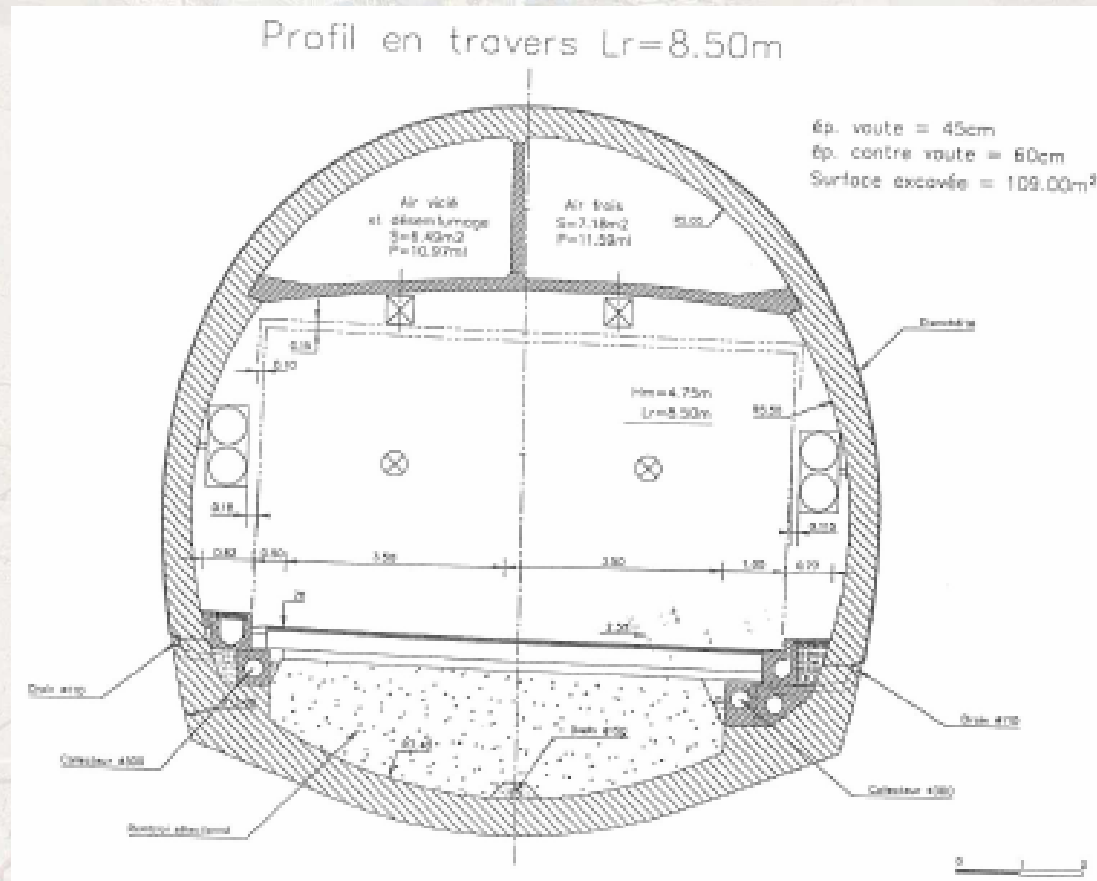


Tunnel du Mont Sion : Un cas d'étude intéressant



- **Zone géologique où les deux méthodes sont possibles**
- **2 scénarios** ont été étudiés en AVP:
 - **Méthode conventionnelle (radier contre-vouté)**
 - **Creusement au tunnelier**
- On ne considère que la **section courante**
- Des **quantitatifs** ont été réalisés pour ces 2 méthodes

Conventionnel (radier contre-vouté)

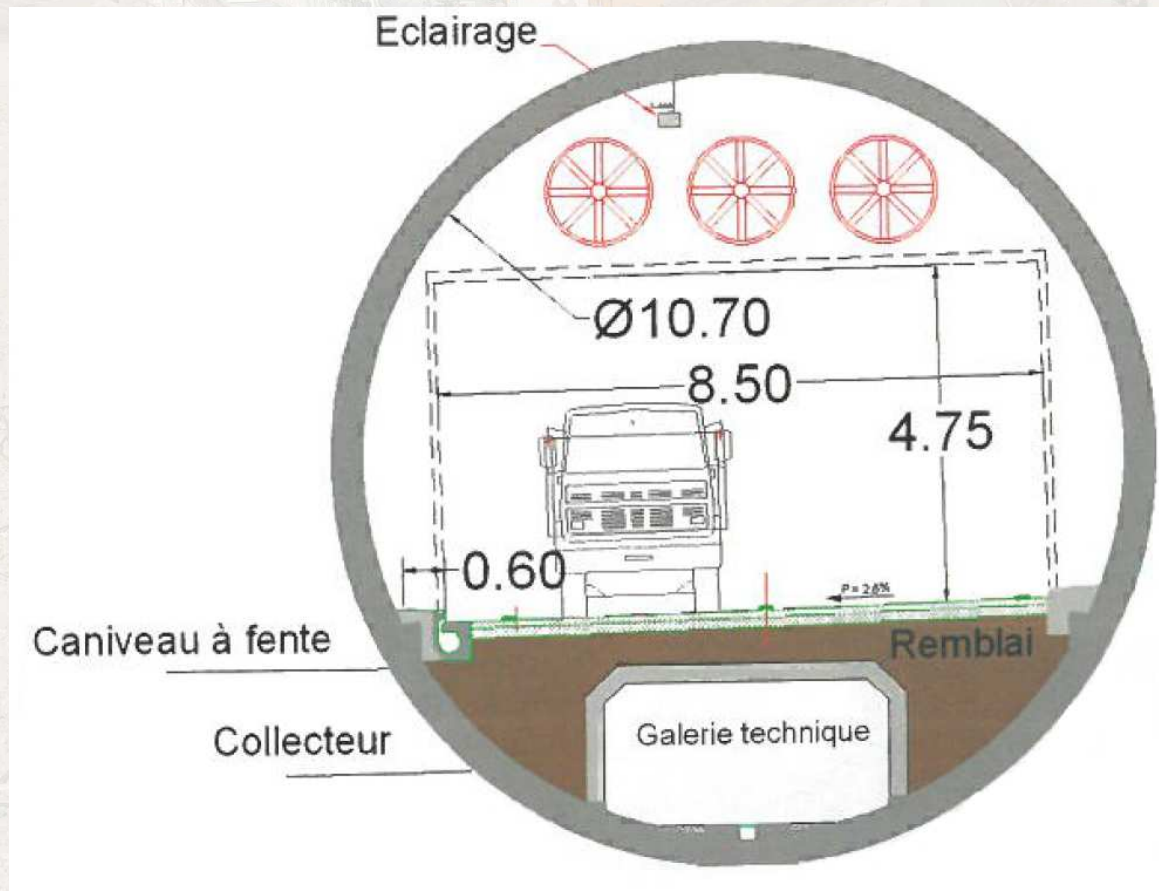


- Revêtement
- Soutènement
- Radier CV
- Plateforme + radier de roulement + Trottoirs

La section courante



Tunnelier

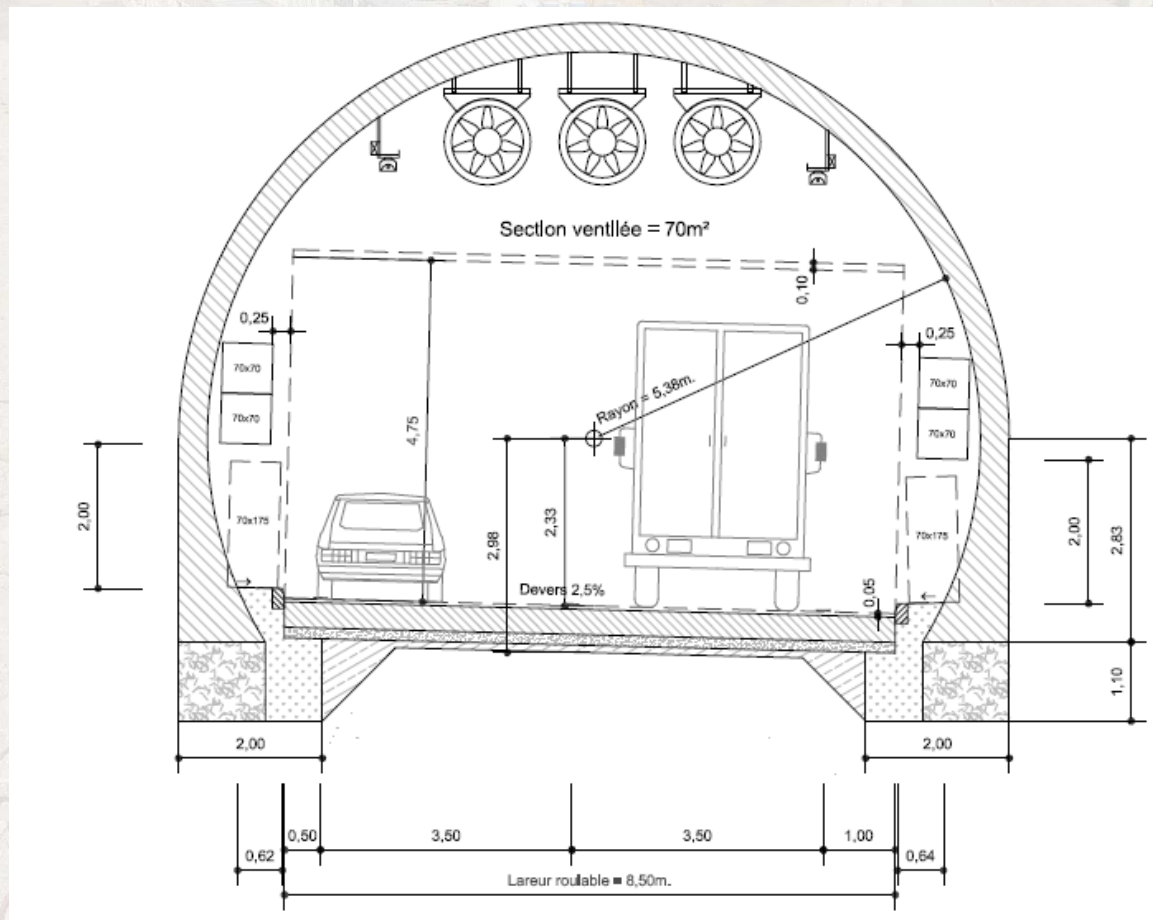


- Anneau
- Remplissage du vide
- Galerie technique préfabriquée
- Remblai technique compacté
- Trottoirs + Caniveaux

La section courante



Conventionnel (radier droit)



- Revêtement
- Soutènement
- Plateforme + radier de roulement + Trottoirs

Bilan des quantitatifs pour 1 ml

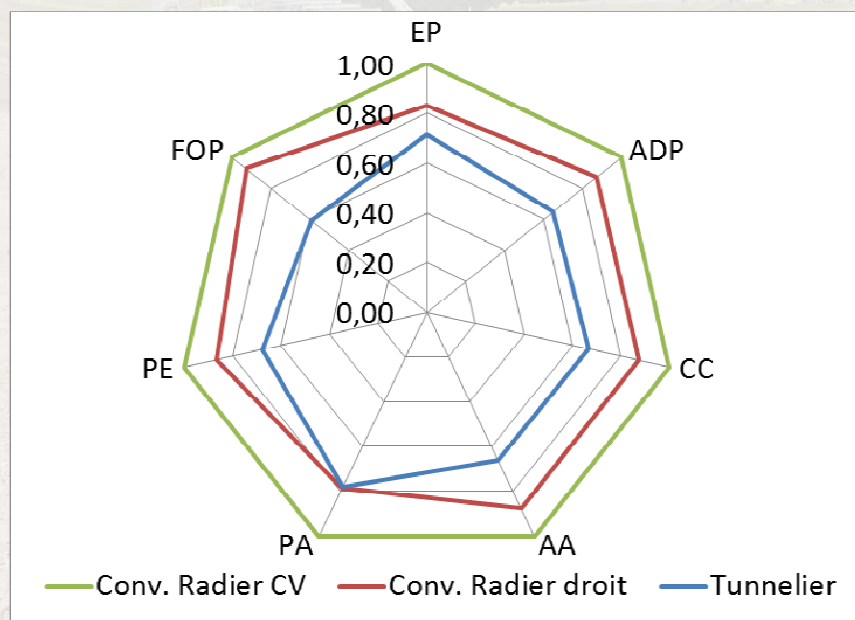


Conventionnel (radier CV)	Revêtement	Soutènement	Radier CV	Plateforme + radier de roulement + Trottoirs	Total
Section (m3)	13,3	10,7	6,7	13,7	44,4

Tunnelier	Anneau	Remplissage	Galerie technique	Remblai technique	Trottoir + Caniveau	Total
Section (m3)	16,2	5,5	1,9	5,4	0,6	29,6

Conventionnel (radier droit)	Revêtement	Soutènement	Plateforme + radier de roulement + Trottoirs	Total
Section (m3)	13,3	10,74	7,1	31,1

Les impacts « Matériaux » de la section courante



Les indicateurs d'impacts (NFP 01010) :

EPT : Energie Primaire Totale

ADP : Epuisement des ressources

CC : Changement climatique

AA : Acidification atmosphérique

PA, PE : Pollution de l'air, de l'eau

FOP : Formation d'ozone photochimique

Les Bases de données environnementales :

ELCD, ATILH, Worldsteel, Ecoinvent

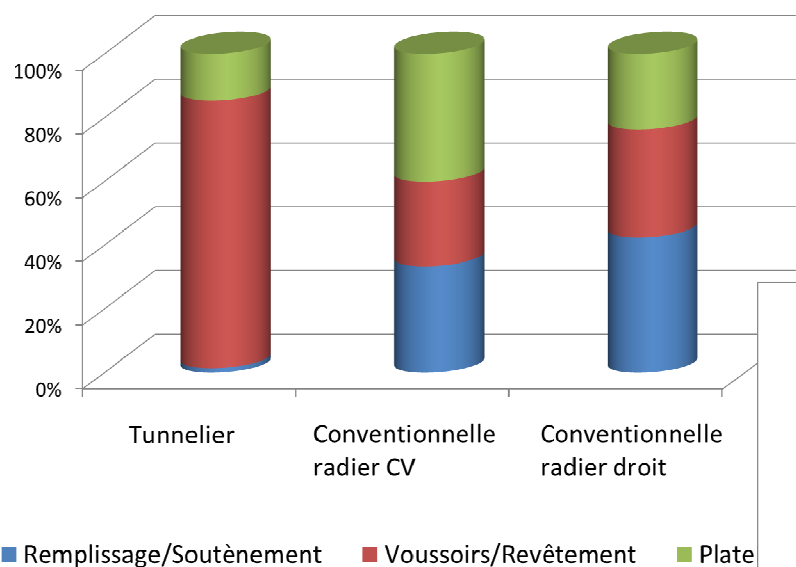


- Le classement des solutions est indépendant de l'indicateur
- L'option « tunnelier » est favorable → Ecart de l'ordre de 35% par rapport à la méthode « conventionnelle » avec radier contre-voûté
- L'écart se réduit à 15% dans une configuration avec radier droit)

Les impacts « Matériaux » de la section courante

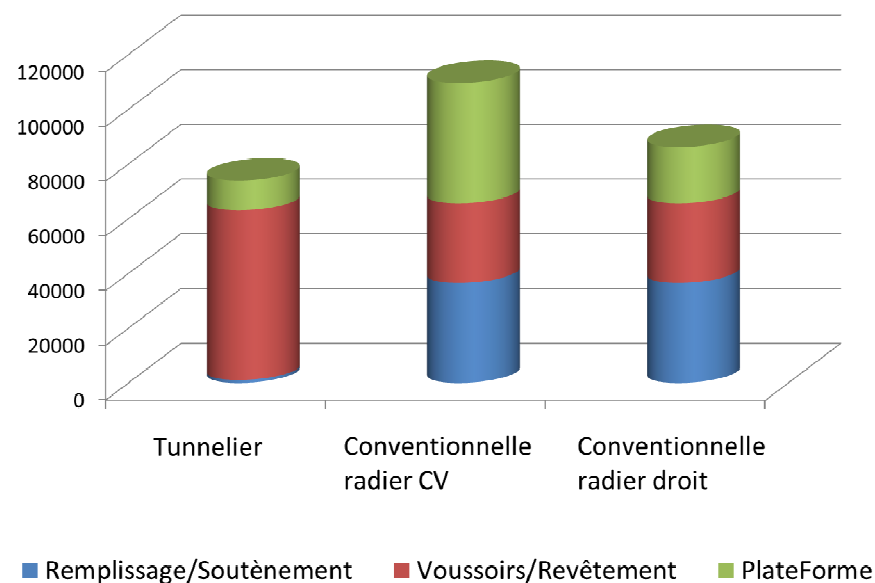


Indicateur "Consommation des ressources énergétiques"



Contributions (relatives) des différentes parties de l'ouvrage aux impacts (cas de l'indicateur « consommation des ressources énergétiques » pour 1 mètre linéaire)

Indicateur "Consommation des ressources énergétiques" (MJ)



Les limites de l'application



- Les résultats présentés ne concernent que **la section courante** (ouvrages annexes ?)
- ... en partie tributaires de la **géologie** et de **certains choix** (nature du matériaux de remplissage, conception de la plateforme sous chaussée, ...)
- Pas de prise en compte du « **chantier** » (les engins, le tunnelier, les installations spécifiques, ...) :
 - **25 à 30% des impacts en méthode conventionnelle**
 - **Au tunnelier ?**



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives



➤ **Le choix de la méthode dépend également d'autres considérations :**

- Economiques (liés à la longueur)
- Les délais
- L'accessibilité

➤ **Besoin de données :** tunnelier et installations spécifiques

- Intérêt du REX (développement d'une grille de collecte)

➤ **Disponibilité des données environnementales**

- Groupe de travail DIOGEN

➤ **Le GT41 de l'AFTES :**

- Projet de recommandations

(aspects méthodologiques, données environnementales , données génériques des impacts des tunnels (routier/ferroviaire – conventionnelle/tunnelier))



Nouvel éclairage pour le maître d'ouvrage dans le processus décisionnel (comparaison de variantes)

Conclusion et perspectives



- **Continuer l'étude** : obtenir le profil complet des impacts d'un tunnel
 - Matériaux (au-delà du GO : prise en compte des équipements)
 - Chantier (consommations détaillées)
 - Exploitation (consommations, scénarios de maintenance...)
 - Fin de vie / fin d'exploitation
- **Adapter les outils** d'ACV existants, si base de données spécifiques:
 - **ELODIE**® semble compatible
 - Besoin d'une **base de données** spécifiques au TP
- **Réfléchir à la méthodologie** :
 - Complexité du **chantier**
 - Scénarios d'entretien / maintenance
 - Scénarios de réhabilitation
 - Question autour de la **fin de vie** d'un tunnel



Merci pour votre attention !