

Construire en souterrain : quels avantages du point de vue du développement durable ?

Yaarob AUDI – IFSTTAR

Agnès JULLIEN – IFSTTAR

Tristan LORINO – IFSTTAR

Adélaïde FERAILLE - ENPC – NAVIER

Laetitia D'ALOIA SCHWARTZENTRUBER - CETU



- Thèse PN « *Ville 10D – Ville d'idées* » - *Thème 2 « environnemental »*
- co-financement IFSTTAR – CETU
- « *Indicateurs de développement durable adaptés aux aménagements souterrains et le bilan environnemental de ce type d'aménagements*
Aspects méthodologiques et application »

Oct. 2013 – sep. 2016

Plan de la présentation

1. Contexte de l'évaluation

2. Enjeux de l'évaluation

3. Cas d'application

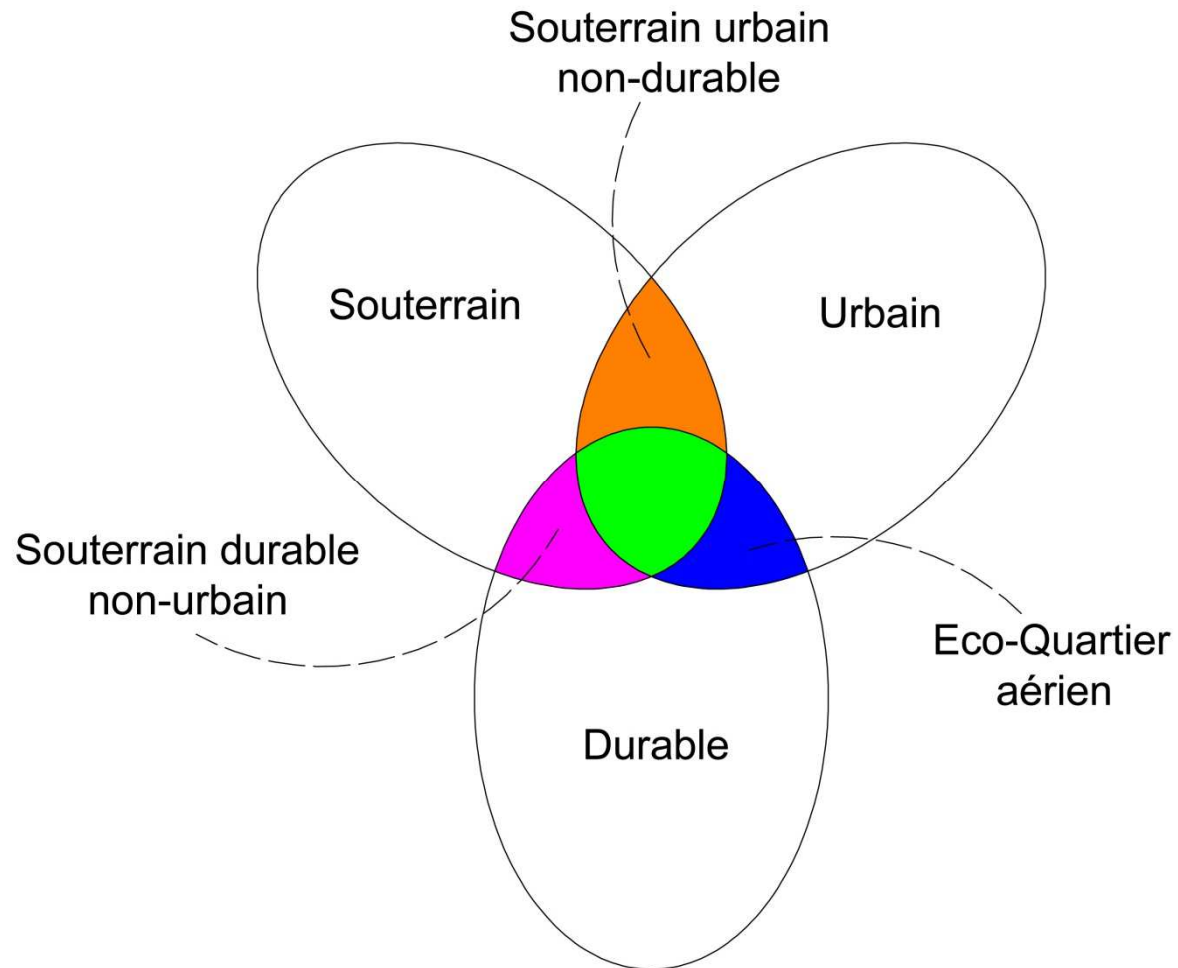
4. Conclusion

Évaluation des aménagements souterrains au sens du DD

1. CONTEXTE DE L'ÉVALUATION

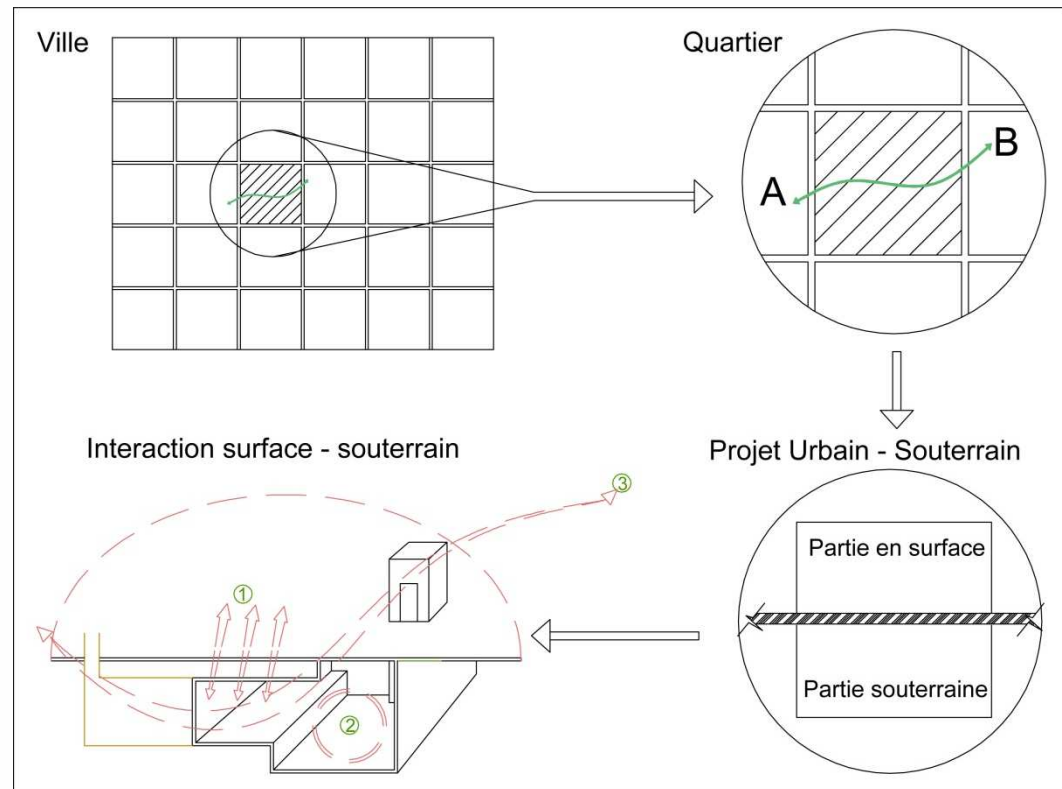
19/03/2015

- Vers un *Souterrain Urbain Durable*



• Échelle de l'évaluation

- L'échelle opérationnelle est celle du quartier (une échelle réduite suffisante par rapport à l'échelle de la ville)
- Cette échelle prend en compte à la fois la présence des riverains, des transports et de diverses activités.

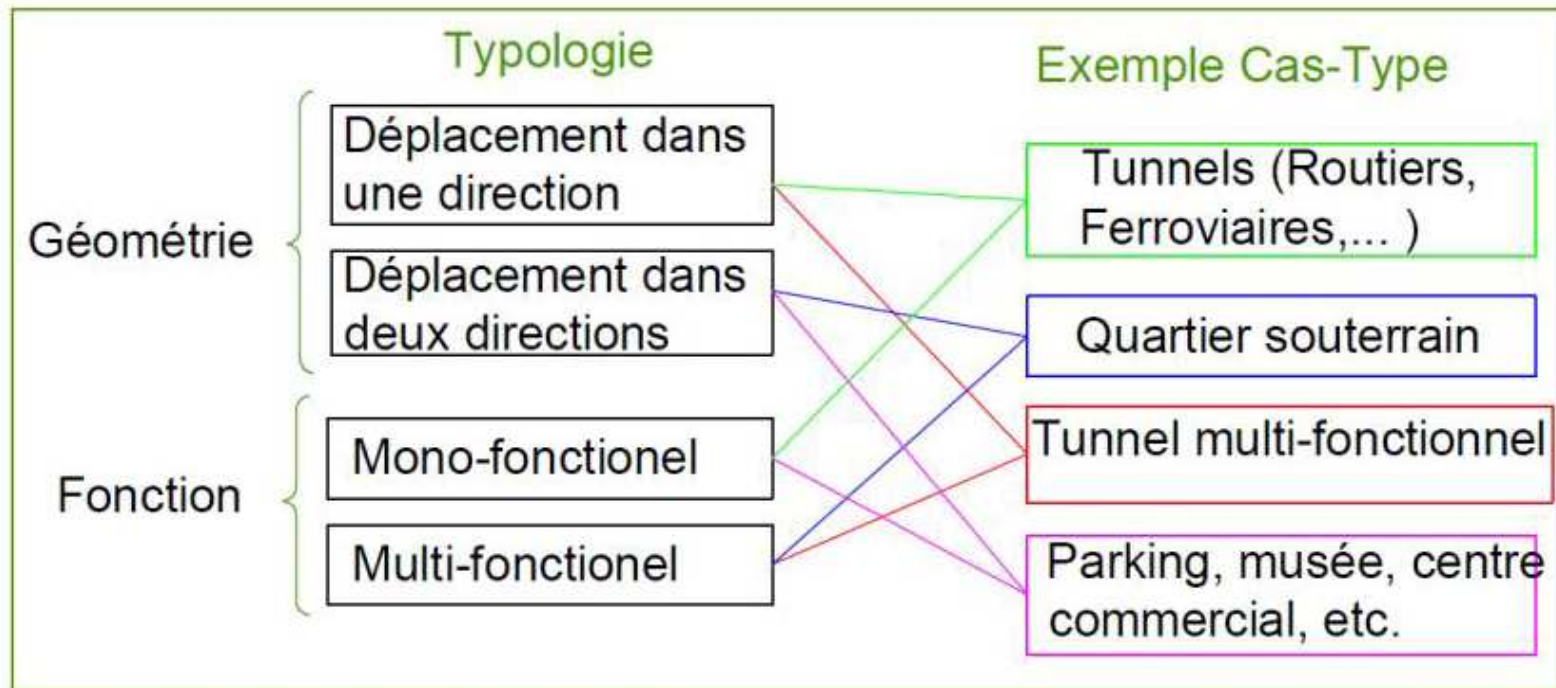


Évaluation des aménagements souterrains au sens du DD

2. ENJEUX DE L'ÉVALUATION

19/03/2015

1. Décrire et modéliser les usages en souterrain



2. Choisir des indicateurs adaptés

Domaine	Catégorie
Environnemental	Consommation d'énergie
	Occupation ou transformation des sols
	Acidification des sols et de l'eau
	Eutrophisation
	Imperméabilisation des sols
	Épuisement des ressources (biotiques comme abiotiques)
	Emploi des matériaux excavés
	Effet climatique de l'ouvrage (appauvrissement de la couche d'ozone, réchauffement climatique, formation d'ozone photochimique)
	Effet climatique sur l'ouvrage
	Écotoxicité terrestre et aquatique
	Toxicité chronique
	Pollution de l'air (dans l'ouvrage et autour de l'ouvrage)
	Protection vis-à-vis des risques d'inondations et sismiques
Social	Sécurité routière (accidents évités)
	Satisfaction des acteurs de l'aménagement, des usagers, des riverains
	Temps de trajet
	Cohésion, mixité sociales
	Mixité fonctionnelle
	Mutabilité
	Accès aux réseaux urbains enterrés
	Remède à l'étalement urbain
	Préservation du paysage, du patrimoine
	Structuration de l'espace
	Confort (visuel, acoustique, thermique, olfactif)
Économique	Confort psychologique
	Coûts monétarisables
	Dynamisation de l'économie locale
	Coûts non monétarisables
	Rapport coûts/avantages

■ Indicateur calculé

■ Indicateurs calculables

■ Indicateurs à développer spécifiquement pour le souterrain

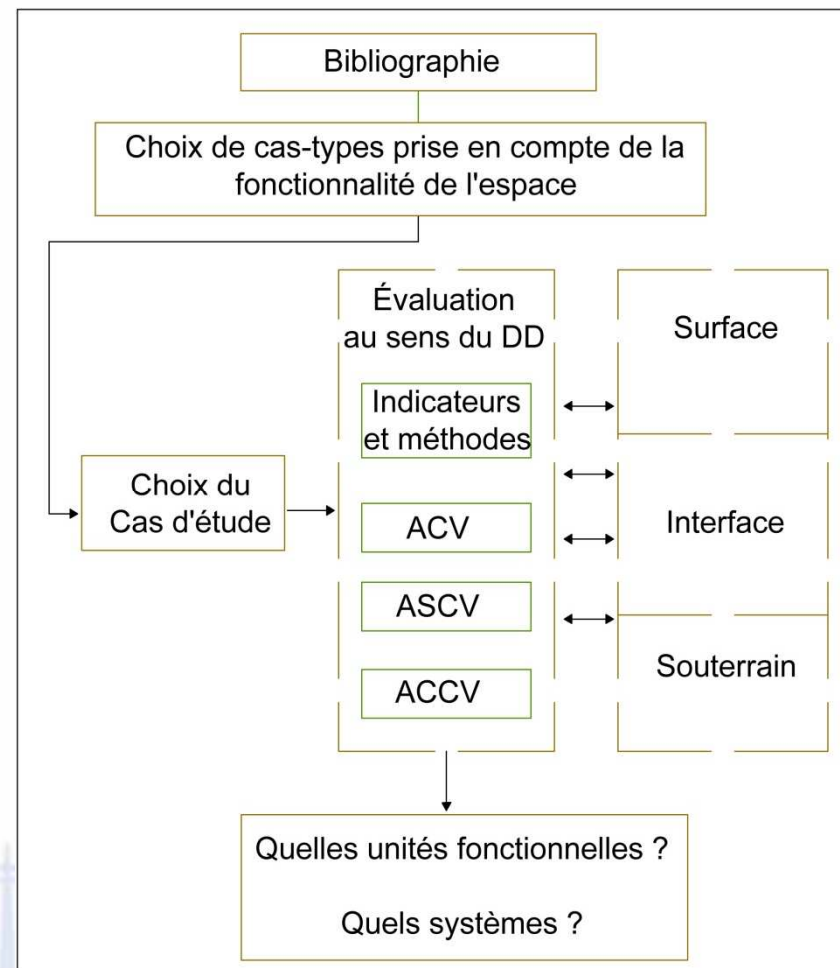
19/03/2015

www.ifsttar.fr

9

3. Mettre en œuvre une méthodologie d'évaluation

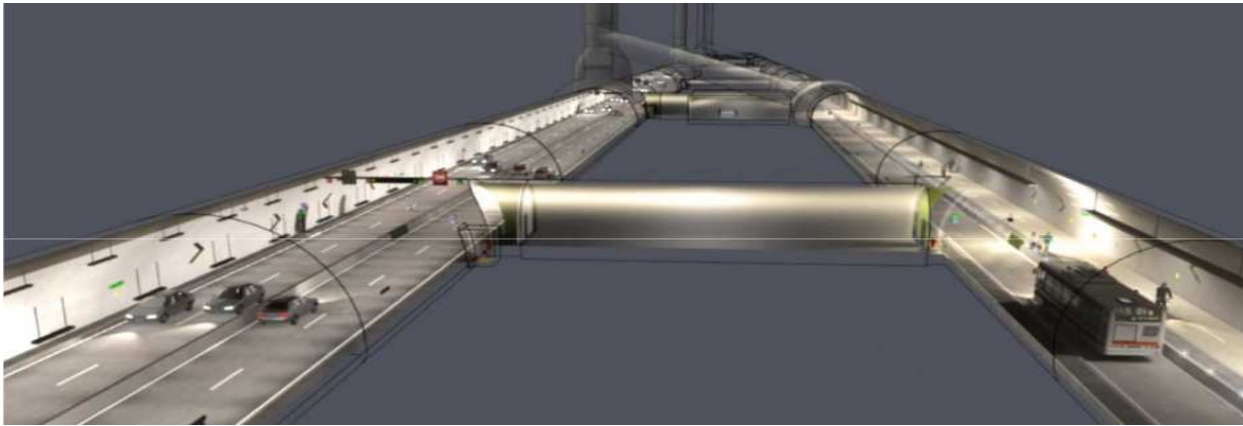
- Différentes parties du projet urbain souterrain
- Différents aspects du développement durable



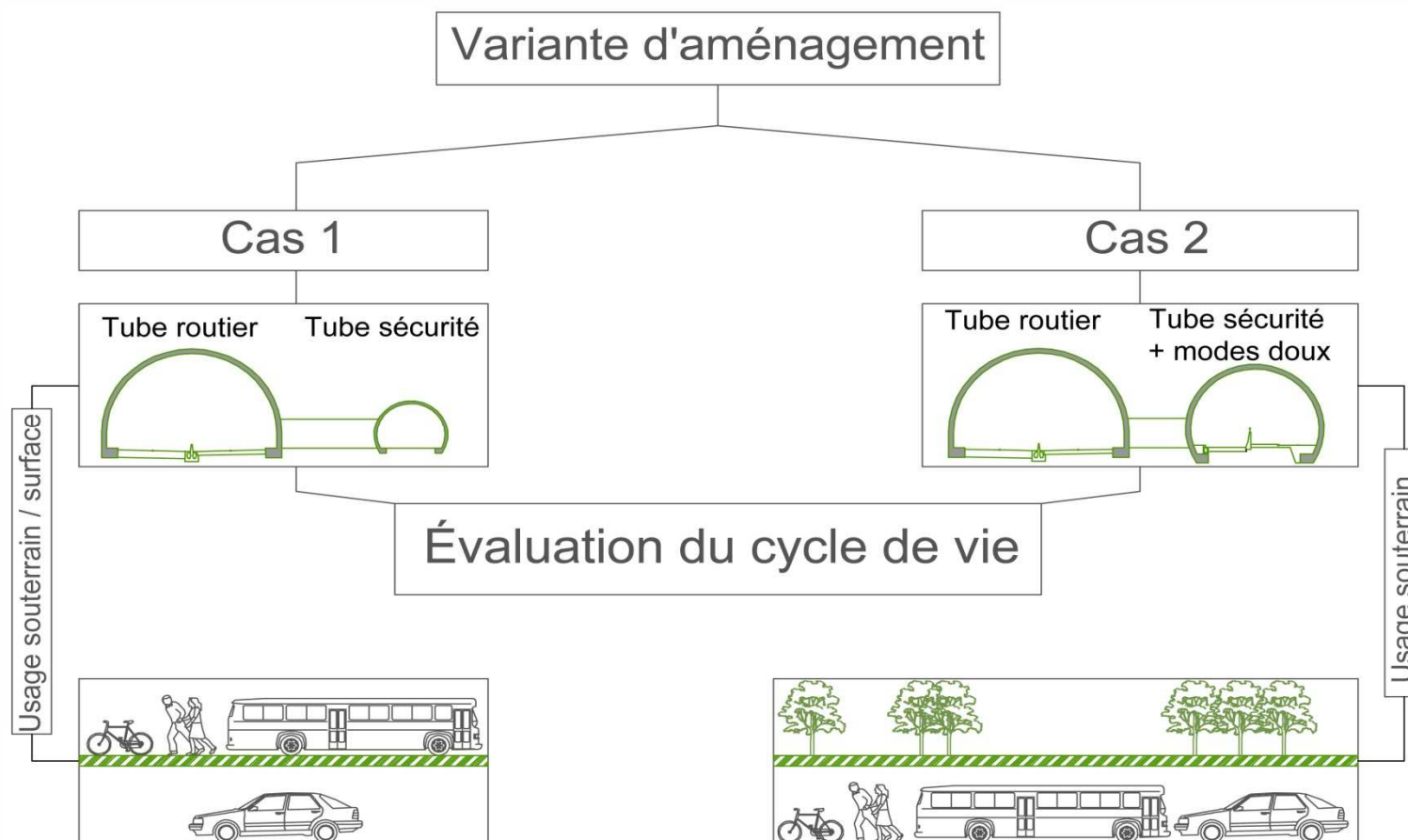
Evaluation des aménagements souterrains au sens du DD

3. CAS D'APPLICATION

19/03/2015



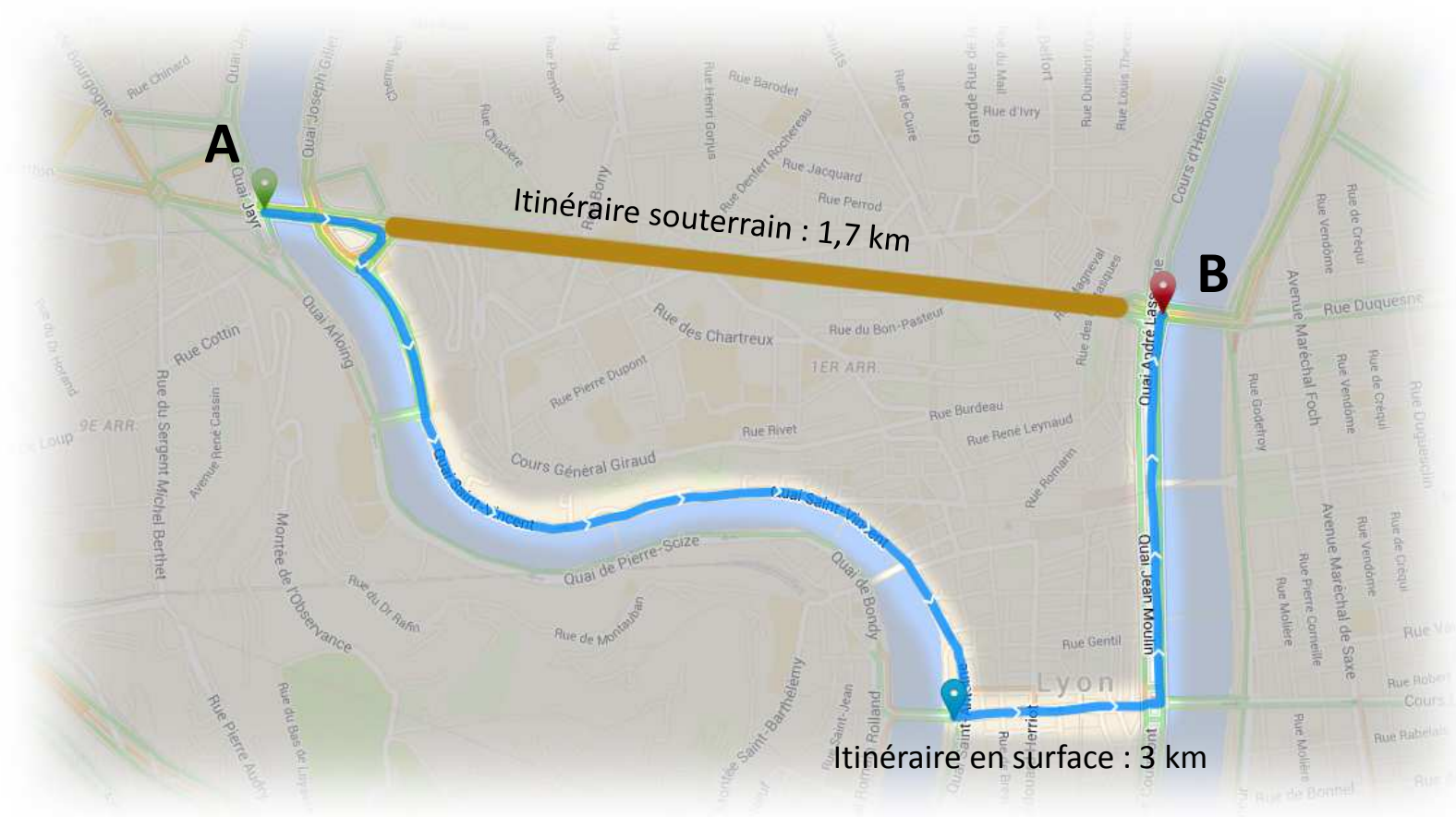
- Tunnel urbain bi-tubes multimodal (mode routier, modes doux)
- Rénovation et mise en sécurité d'un tunnel existant
- Cas inspiré d'un tunnel réel « *Tunnel de la Croix-Rousse à Lyon* ». Des hypothèses ont été posées ; les données réelles n'étant pas encore toutes disponibles



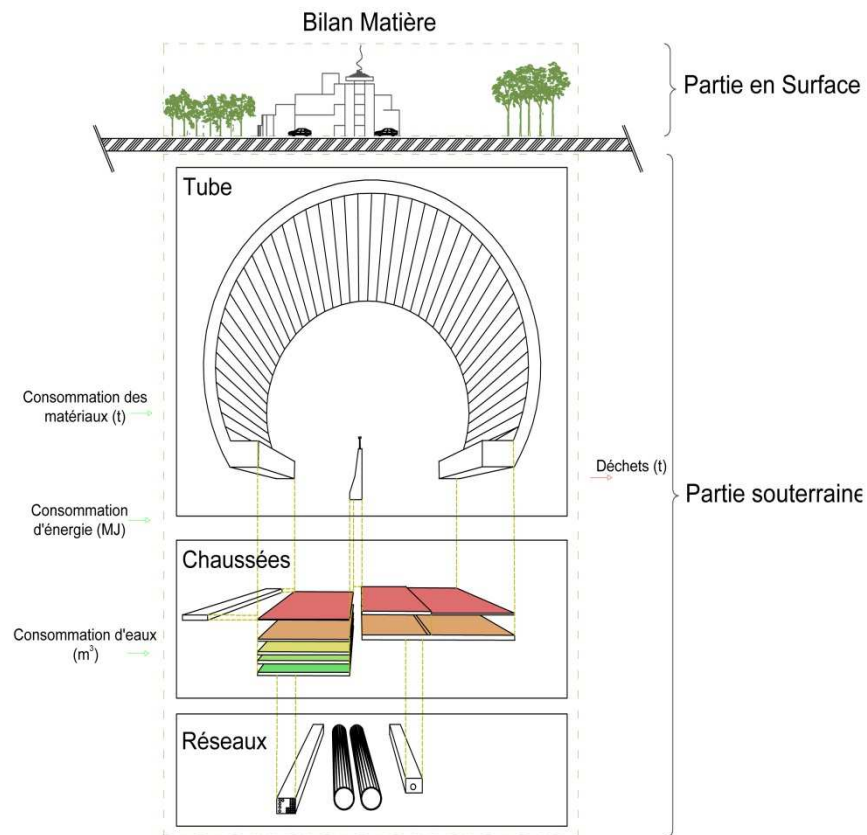
Cas 1 : solution d'usage mixte (Surface-souterrain)

Cas 2 : Solution d'usage totalement souterrain

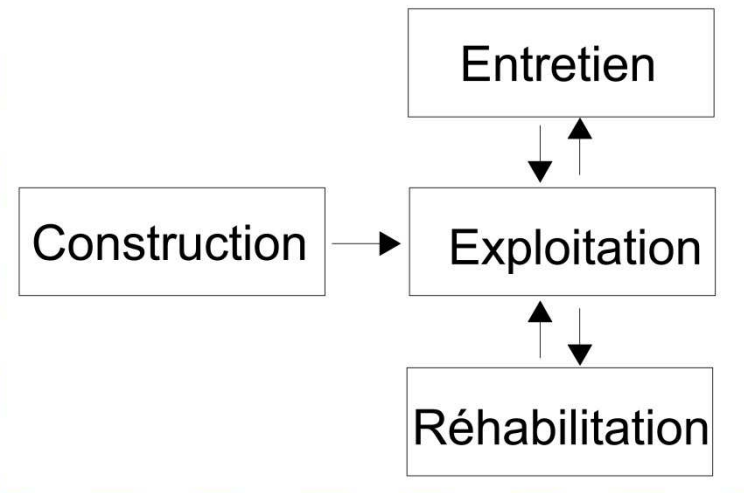
Propositions d'itinéraires possibles



Découpage - phasage

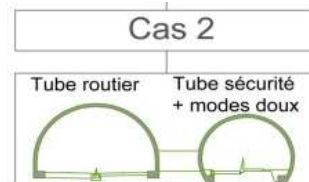
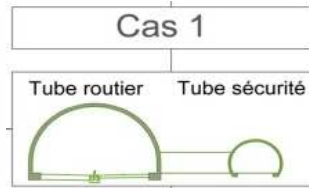


Système de cycle de vie



Pas de réelle fin de vie, ni de déconstruction, mais plutôt une fin d'exploitation avec un démantèlement des équipements ; le génie civil restant en place

Résultats de l'indicateur « consommation d'énergie »



Composition		
cas 1	Tunnel de sécurité	Voûte
		Chaussée piétonnière
	Chaussées en surface	Chaussée Bus
		Chaussée cyclable
		Chaussée piétonnière
	Tunnel routier	Chaussées routières

cas 2	Tunnel sécurité + modes doux	Voûte
		Chaussée Bus
		Chaussée cyclable
		Chaussée piétonnière
	Tunnel routier	Chaussées routières

cas 2 bis	Tunnel sécurité + modes doux	Voûte
		Chaussée Bus
		Chaussée cyclable
		Chaussée piétonnière
	Tunnel routier	Chaussées routières

80%

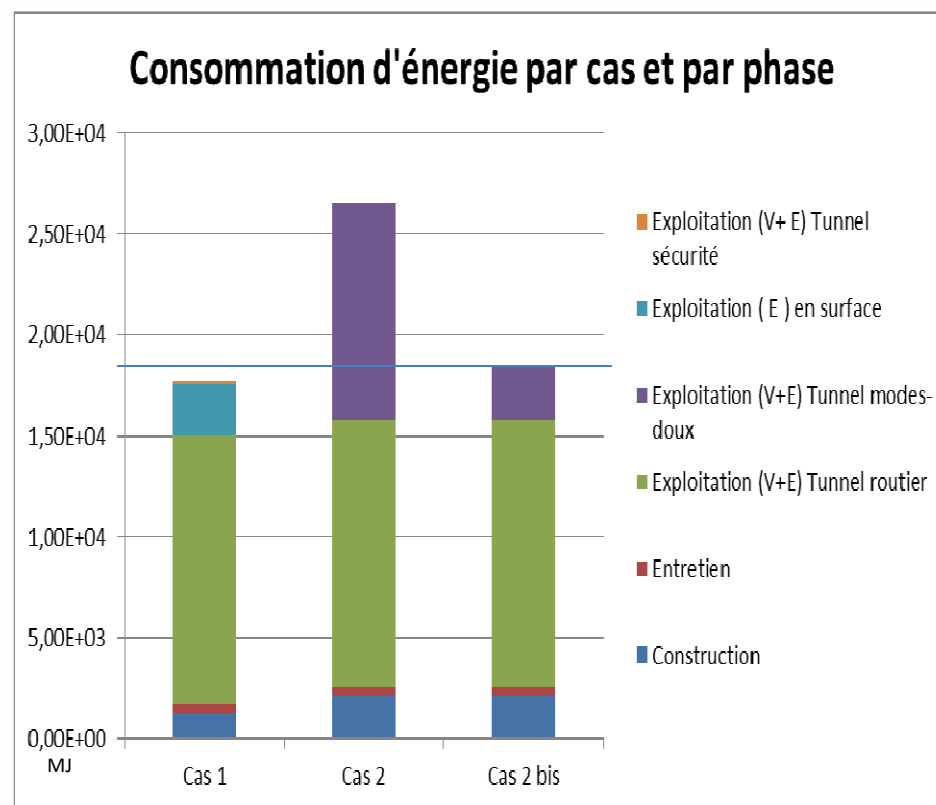
20%



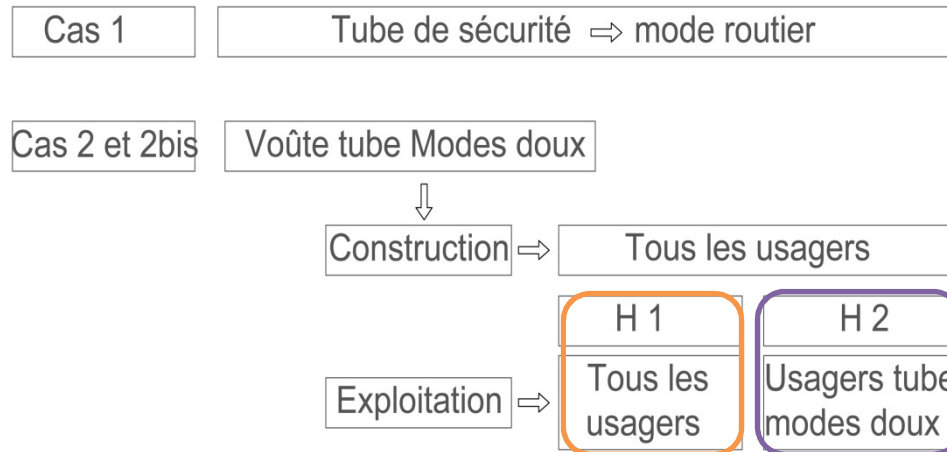
Les valeurs de consommations en phase d'exploitation issues du retour d'expérience sur des tubes « routiers » (ventilation et éclairage) ont conduit à différencier deux variantes pour le tube modes doux dans le cas 2.

Présentation des résultats

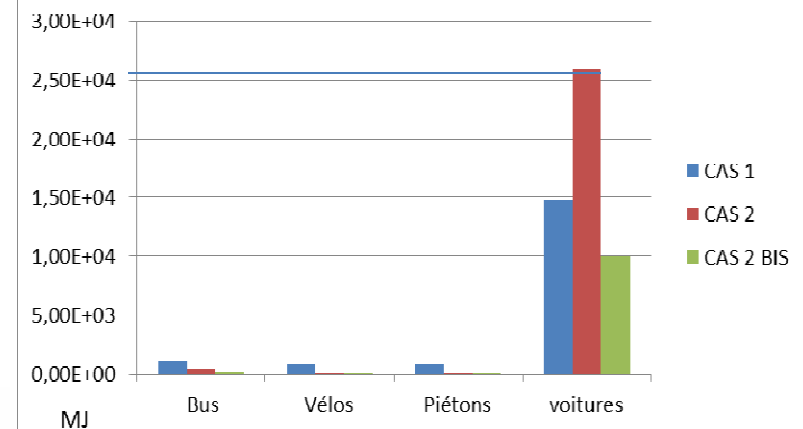
- La contribution de la phase exploitation à l'indicateur « consommation d'énergie » est prépondérante par rapport à celle de la construction
- L'indicateur énergie est plus élevé dans le cas 2 (hypothèse haute sur la consommation du tube modes-doux)
- L'indicateur énergie est comparable au cas 1 dans le cas 2bis (hypothèse basse)



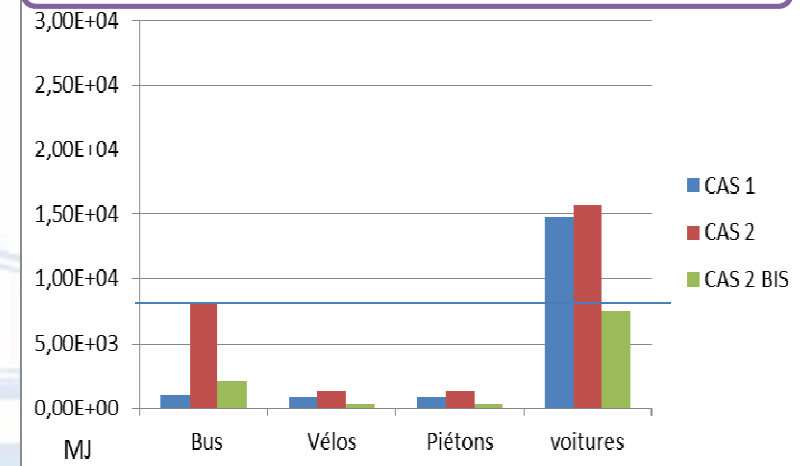
Consommation d'énergie allouée aux différents usagers



Consommation d'énergie sous H1



Consommation d'énergie sous H2



L'allocation constitue un point méthodologique à développer en fonction de l'objectif de l'évaluation

Evaluation des aménagements souterrains au sens du DD

5. CONCLUSION

- L'apport de ce travail est d'ordre méthodologique, et réside dans le développement d'une méthodologie d'évaluation d'un projet urbain souterrain.
- L'application au cas-type se veut illustrative dans la mesure où les données sont basées sur des hypothèses fortes.
- Ces premiers calculs qui portent sur la consommation énergétique, permettent d'illustrer la comparaison de deux solutions du point de vue de leur « rentabilité environnementale ».
- L'allocation des indicateurs aux usagers permet de mettre en évidence l'importance des modes de transport et des phases du cycle de vie de l'ouvrage sur sa rentabilité environnementale.
- La méthodologie d'évaluation proposée permettra à terme d'évaluer de la même manière d'autres indicateurs d'impacts nécessaires pour caractériser les spécificités du souterrain.

Merci de votre attention

Yaarob AUDI

Yaarob.audi@ifsttar.fr

IFSTTAR – Nantes

Route de Bouaye CS4

44344 Bouguenais CEDEX - France

Tél. +33 (0)2 40 84 59 04

[**www.ifsttar.fr**](http://www.ifsttar.fr)

19/03/2015

Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

[**www.ifsttar.fr**](http://www.ifsttar.fr)

