



L'auscultation des galeries d'eau de Paris

Olivier Thépot, Expert technique, Eau de Paris

Jean-Philippe Meynier, Ingénieur diagnostic, Eau de Paris

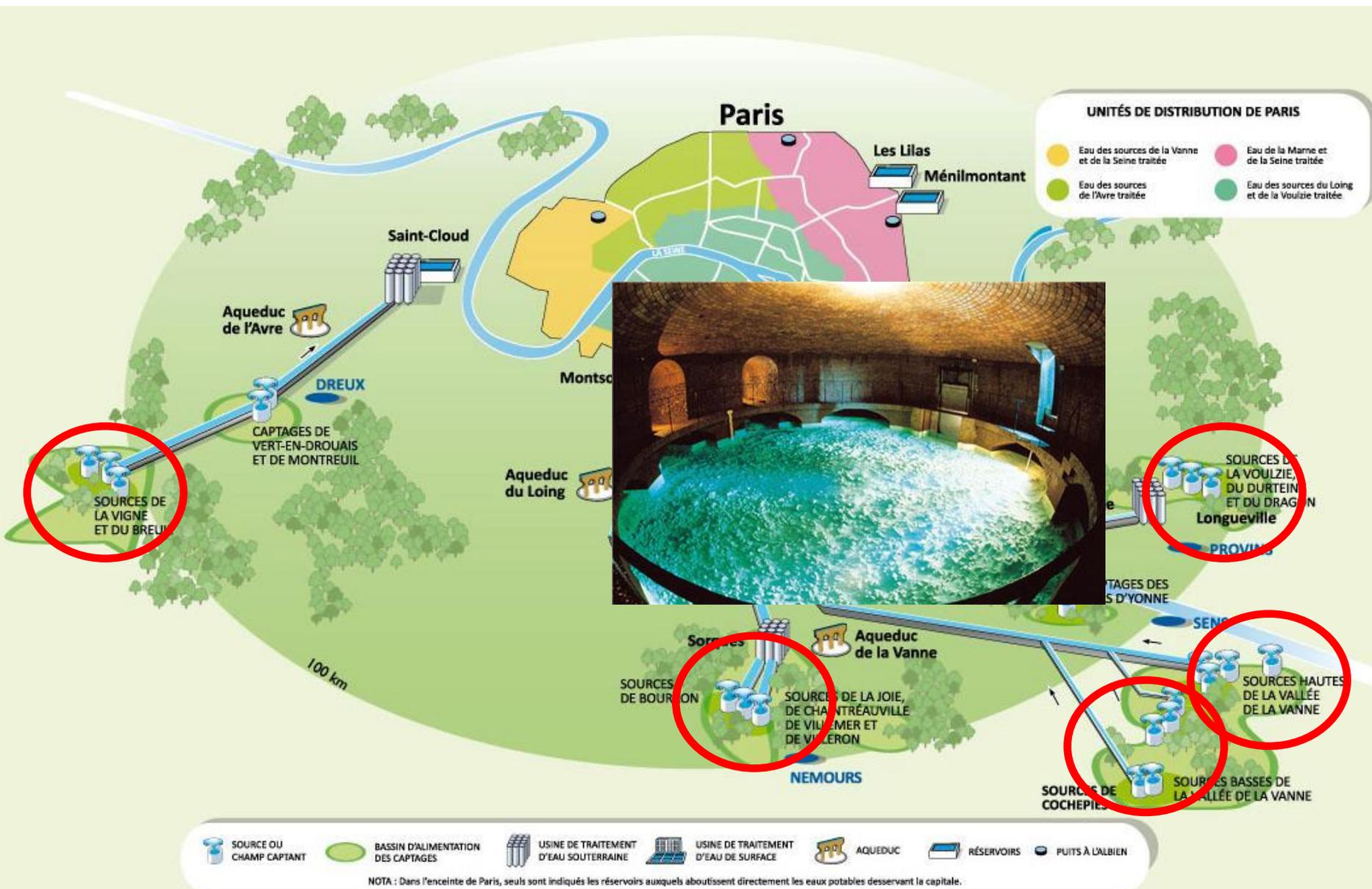
Eau de Paris, une entreprise public



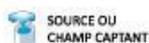
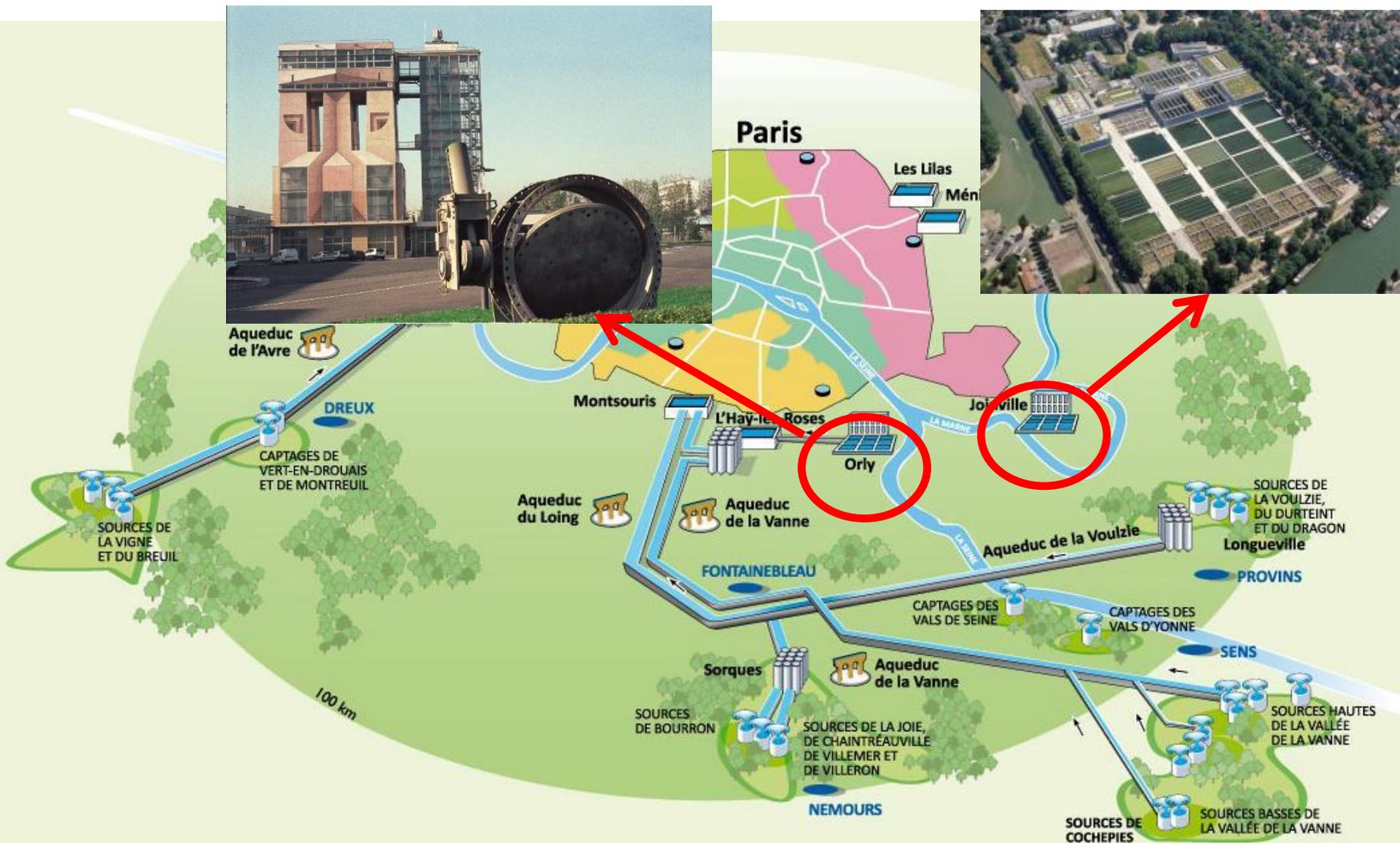
○ Eau de Paris en chiffres

- 3 millions de consommateurs
- 550 000 m³/j production moyenne
- 2000 km de conduites et 460 km d'aqueducs
- 914 collaborateurs
- 200 M€ de chiffre d'affaire
- 80 M€ investi /an pour entretenir et renouveler le patrimoine
- 4,8 \$ prix du m³ d'eau à Paris.

Des ressources diversifiées : 50% d'eaux souterraines – 50% d'eaux de surface



Des ressources diversifiées : 50% d'eaux souterraines – 50% d'eaux de surface



SOURCE OU CHAMP CAPTANT

BASSIN D'ALIMENTATION DES CAPTAGES



USINE DE TRAITEMENT D'EAU SOUTERRAINE



USINE DE TRAITEMENT D'EAU DE SURFACE



AQUEDUC



RÉSERVOIRS



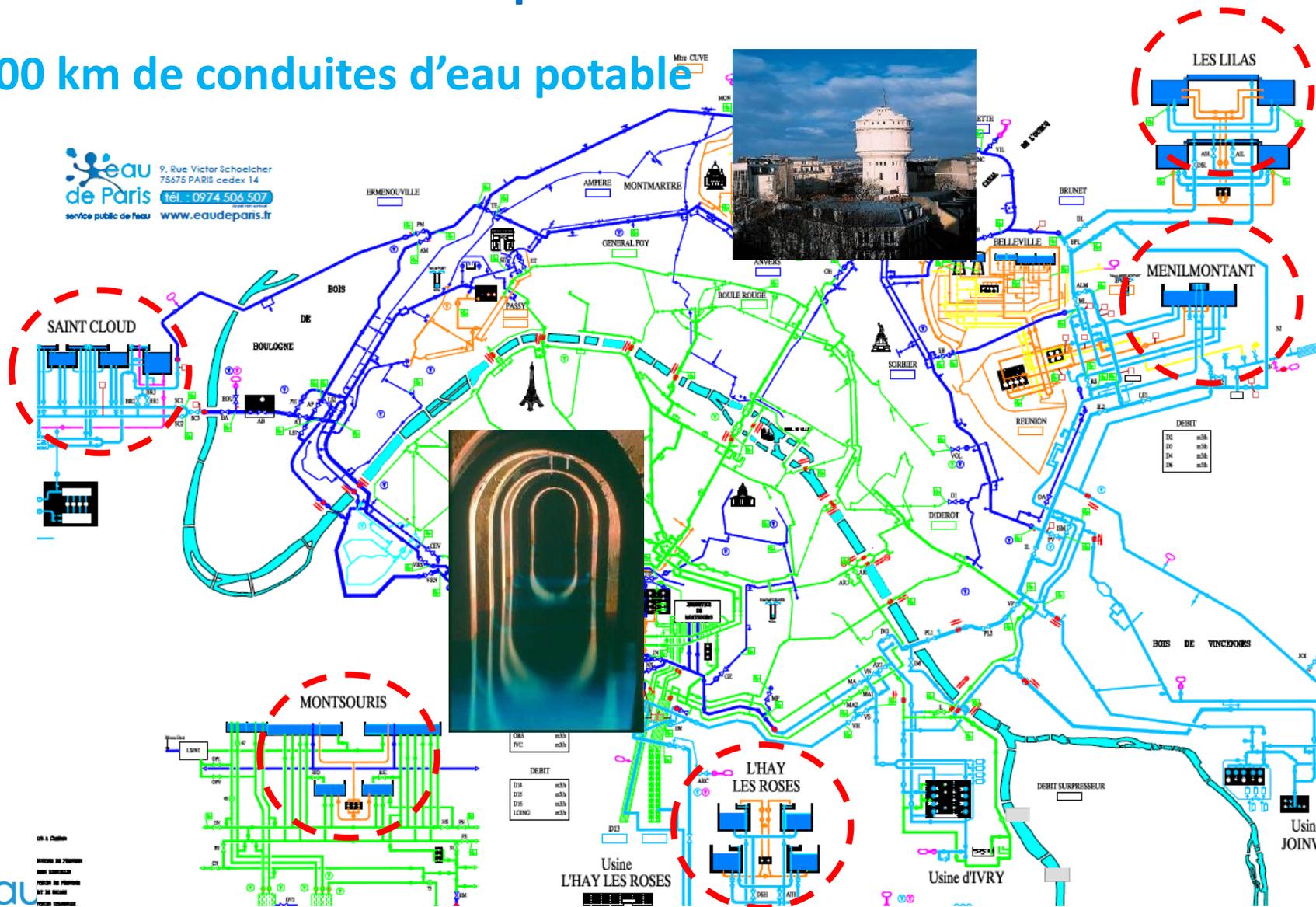
PUITS À L'ALBIEN

NOTA : Dans l'enceinte de Paris, seuls sont indiqués les réservoirs auxquels aboutissent directement les eaux potables desservant la capitale.

Le réseau d'eau potable de Paris

2000 km de conduites d'eau potable

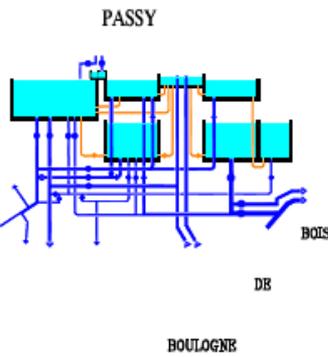

 9, Rue Victor Schoelcher
 75675 PARIS cedex 14
 tél. : 0974 506 507
 service public de l'eau www.eaudeparis.fr



Le réseau d'eau non potable de Paris

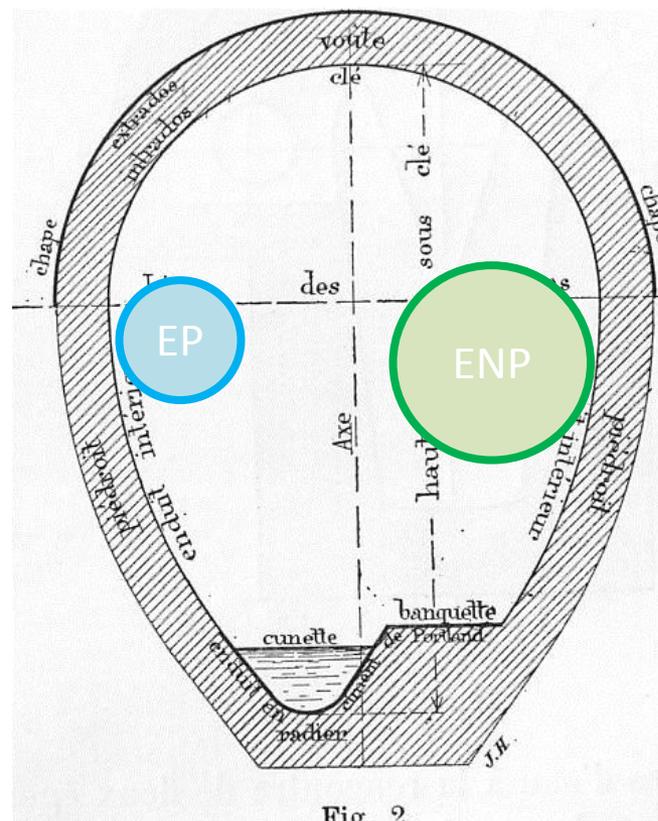
1700 km de conduites d'eau non potable

eau de Paris
9, Rue Victor Schoelcher
75675 PARIS cedex 14
tél. : 0974 506 507
www.eaudeparis.fr



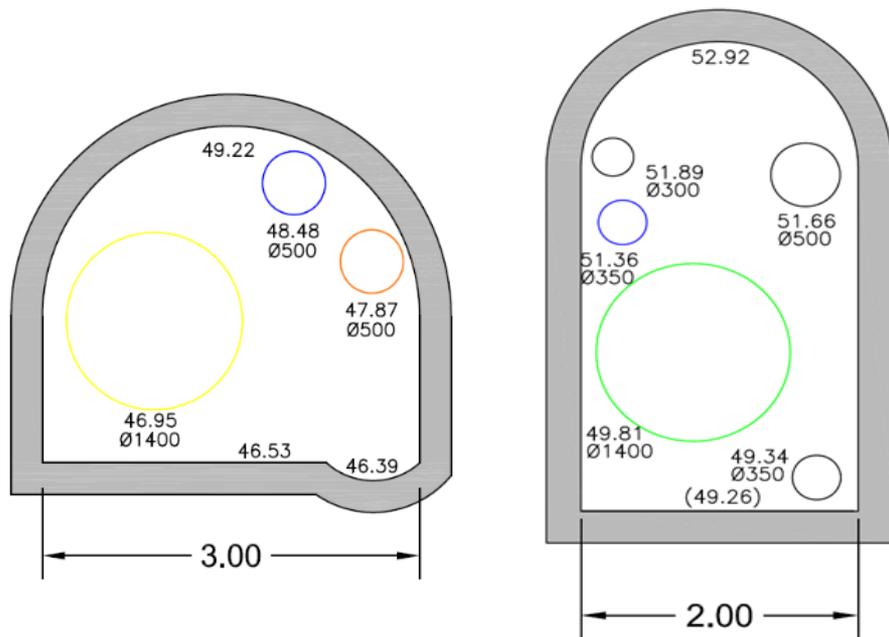
Les galeries techniques de Paris

95% des conduites sont installées dans les égouts
(2400 km)



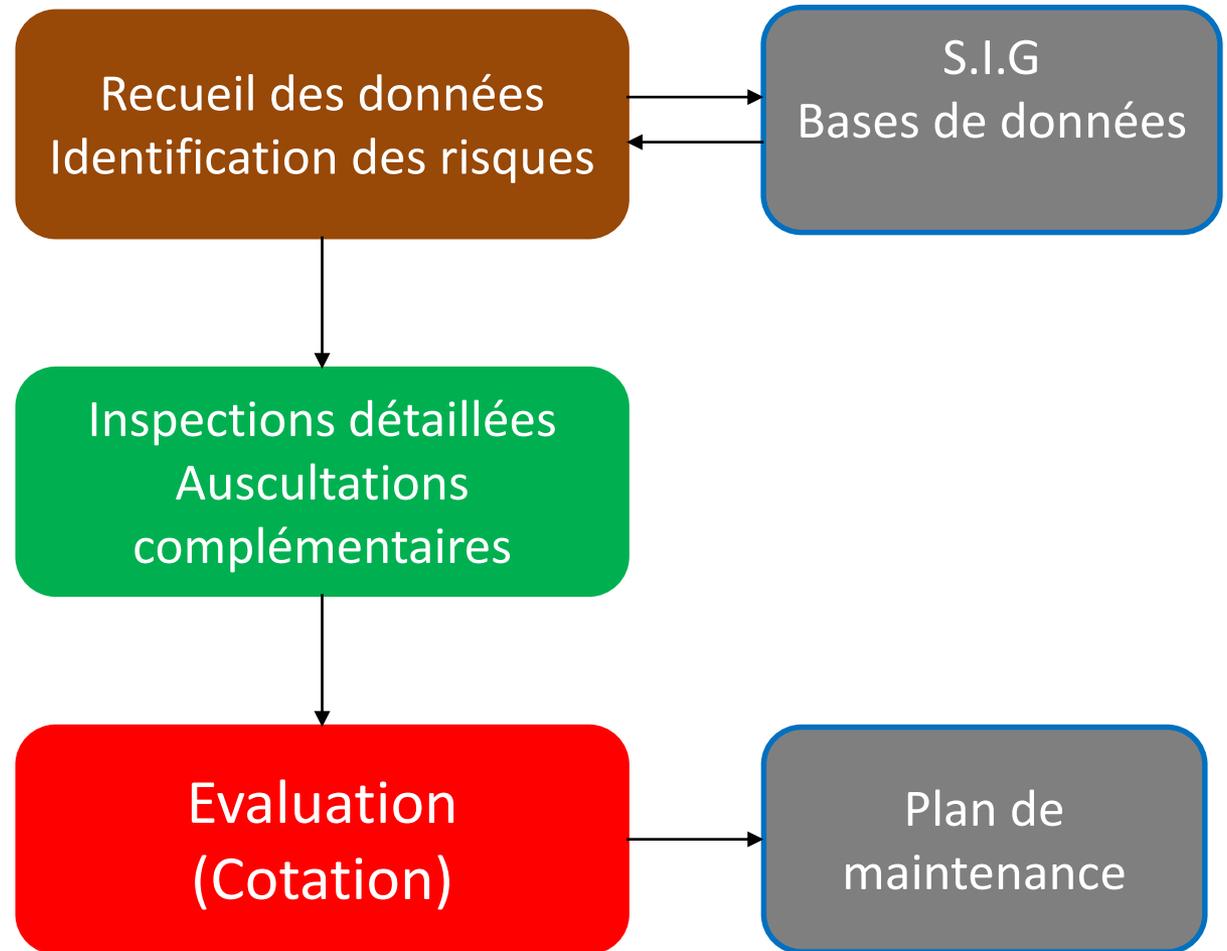
Les galeries techniques de Paris

95% des conduites sont installées dans les égouts (2400 km) ou les galeries sèches (140 km).

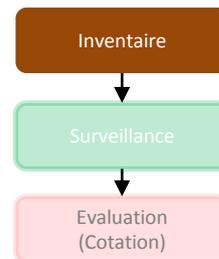


L'évaluation des galeries d'eau

La démarche générale

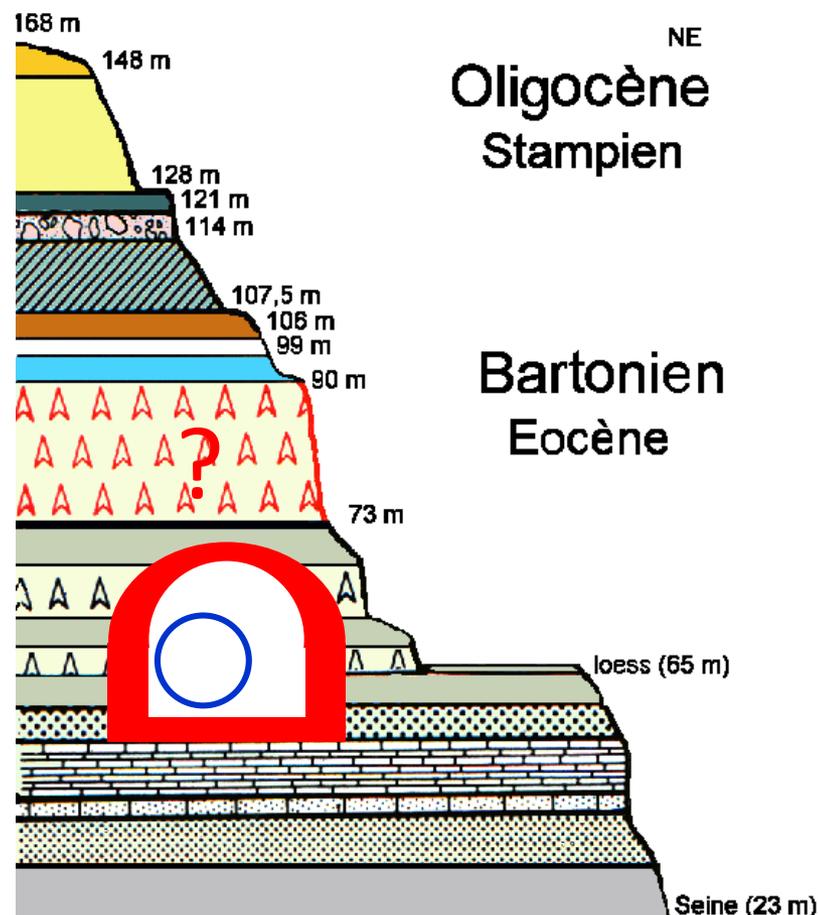


Les données à identifier



Le sol et l'eau

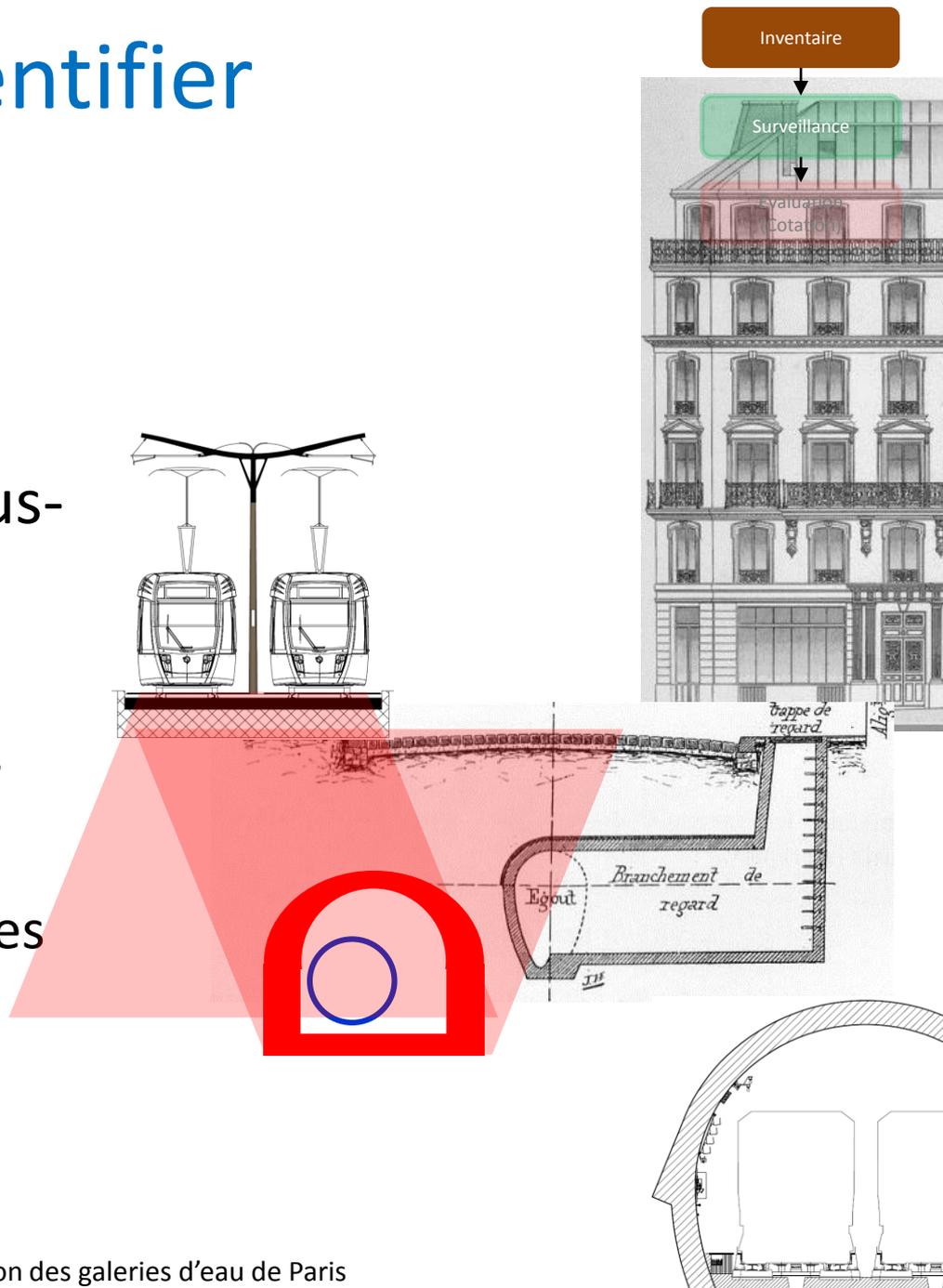
- Formations géologiques, nappe
- les risques liés au sol et à l'eau:
 - Tassements (remblais non consolidés)
 - Cavités (dissolution du gypse)
 - Instabilité de carrières



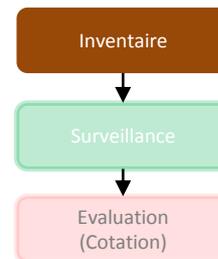
Les données à identifier

Les avoisinants

- Ouvrages environnants en sous-sol et en surface
- **Zone d'influence**
 - Zone influencée par l'ouvrage
 - Zones d'influence des avoisinants

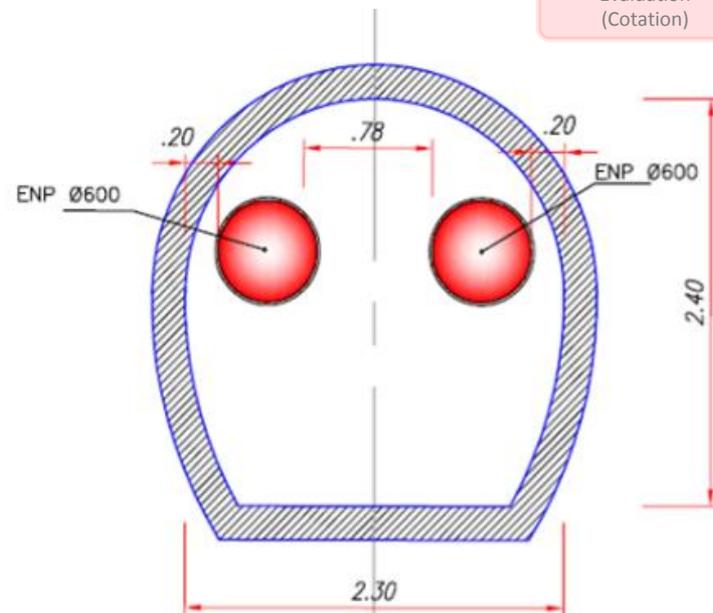


Les données à identifier

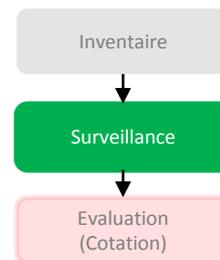


Le génie civil

- La géométrie
- Les matériaux
 - Maçonnerie de meulière
 - Béton armé ou non
- Les équipements du GC
 - Ouvrages d'accès, échelons...



L'inspection des galeries



○ La visite

La visite consiste à **relever** toutes les informations qui serviront à la reconnaissance de l'ouvrage, répertorier les anomalies de fonctionnement, les dégradations et désordres.

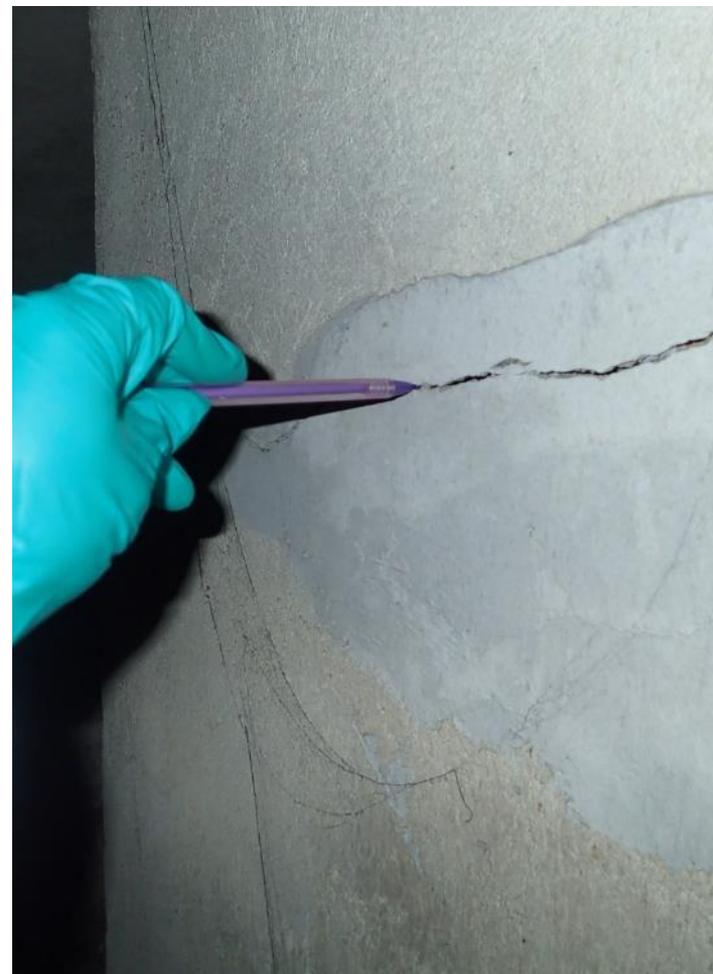
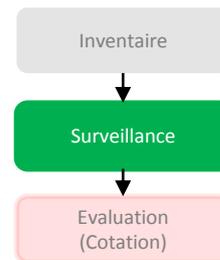
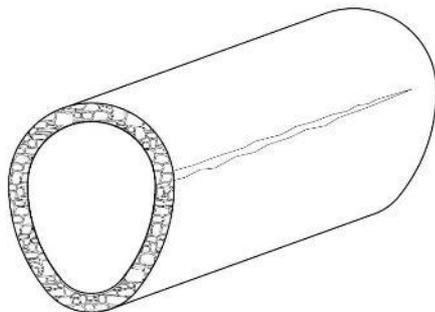
○ L'inspection détaillée

L'inspection a comme objectif de **classer** et de **quantifier** les dégradations observées lors des visites.

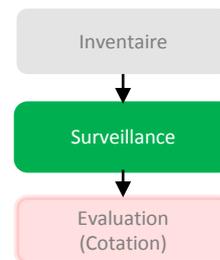
L'inspection des galeries

● La classification des dégradations

- Cassures
- Déformations
- Défauts d'étanchéité
- Anomalies ponctuelles
- Dégradations de parements.
- Corrosion des aciers



Les auscultations des galeries



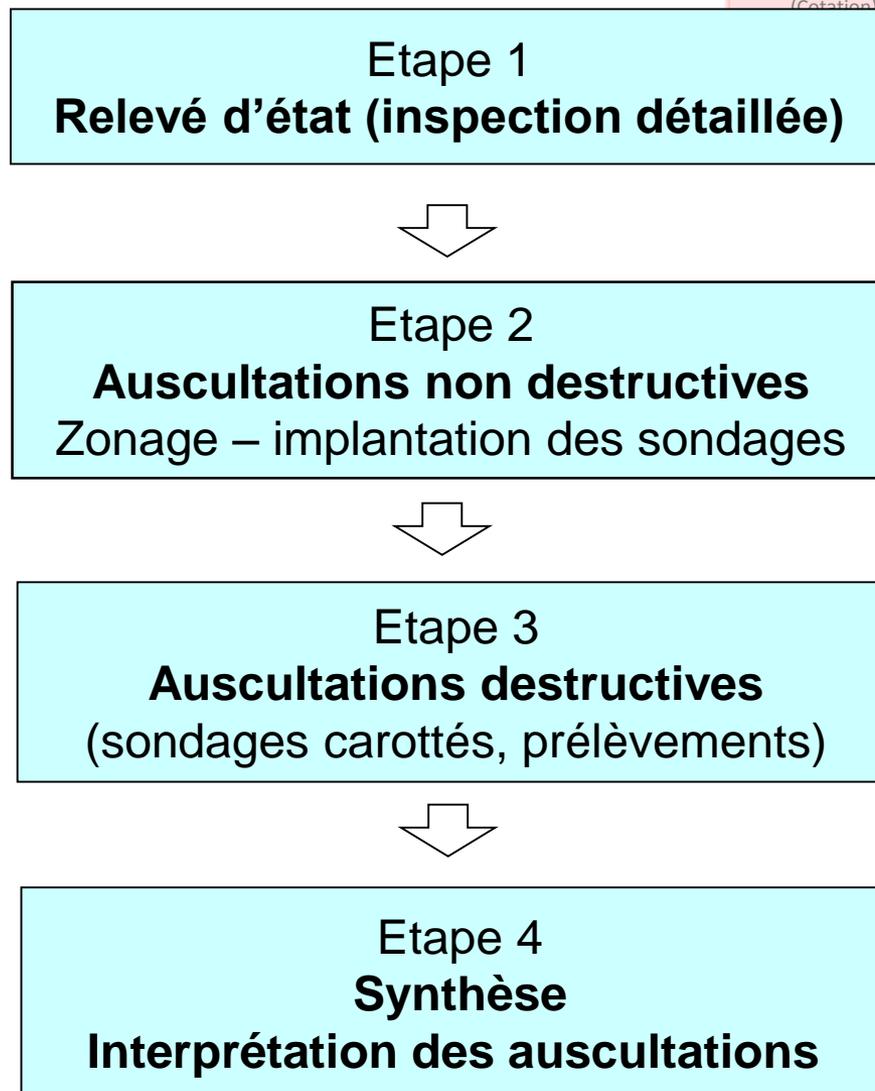
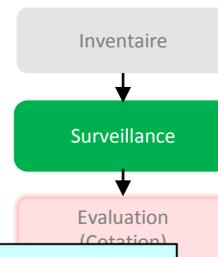
● Objectifs des auscultations

Les auscultations visent à **mesurer** certains paramètres physiques ou mécaniques de la structure ou à rechercher certaines pathologies.

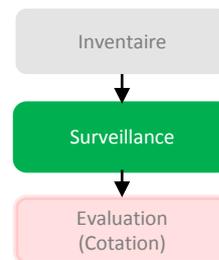
- **Nature** des matériaux
- Qualité ou niveau d'altération des matériaux (structure et sol) : **densité, porosité, résistance, module...**
- **Epaisseurs** des structures
- Présence de **vides** dans le sol
- **Pathologies** des matériaux

Les auscultations des galeries

● L'organisation des auscultations



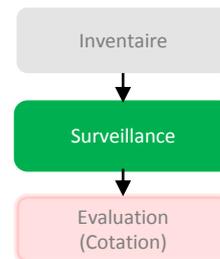
Les auscultations des galeries



○ Les analyses à effectuer sur les paramètres mesurés:

- Caractériser la **variabilité spatiale** des paramètres mesurés.
- Etablir un **zonage**.
- Repérer les **zones singulières**.
- **Implanter** des essais destructifs (sondages carottés...).

Les auscultations des galeries



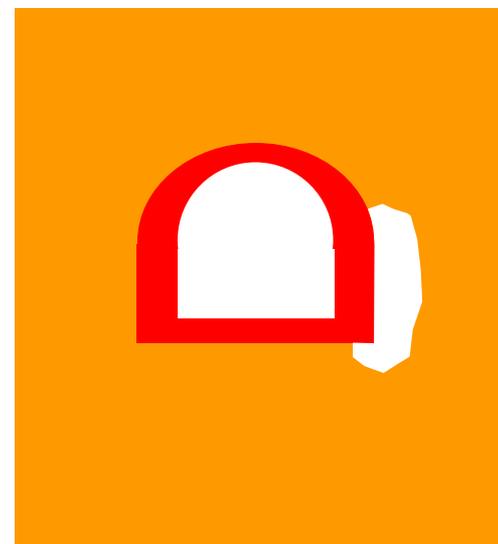
Les auscultations non-destructives

– Objectifs:

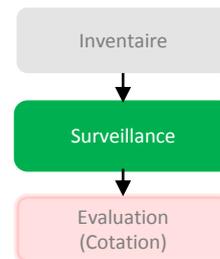
- Caractériser la **qualité des maçonnerie**
- Caractériser la rigidité du sol encaissant
- Rechercher des **vides**

– Performances attendues:

- **Répétable** (performance métrologique)
- **Sensible** au paramètre à identifier
- **Compatible** avec matériaux **hétérogènes**
- **Robuste** et léger (compatible égouts)



Les auscultations des galeries



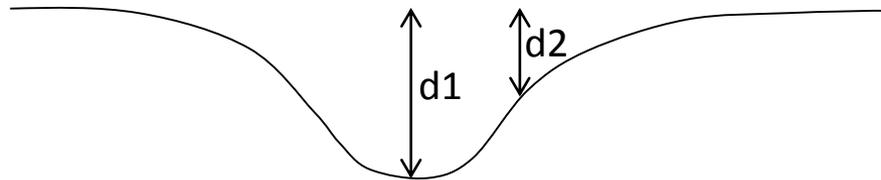
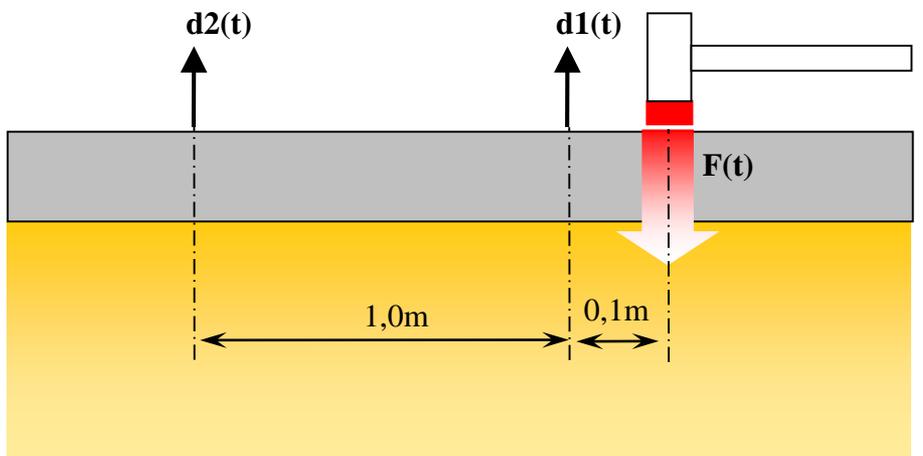
Les auscultations non-destructives

	Méthodes dérivées de la géophysique	Méthodes mécaniques
	Electriques, électromagnétiques, sismique, gravimétrie...	Essais de plaque, vérinage interne, impédance mécanique...
Applications	Mesure des épaisseurs Recherche des cavités	Rigidité/module des matériaux Etat des interfaces (collées/décollées)
Avantages	Auscultation continue et rapide	La rigidité est un bon indicateur du niveau d'altération Essai robuste et répétable
Limites	Doit être étalonné Matériaux hétérogènes Ouvrage dans la nappe Sols argileux (faible résistivité)	Mise en œuvre complexe en galerie. Matériel lourd.

L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

Principe de l'essai



Raideur dynamique :
 $K_D = d1/\text{Max}(F)$

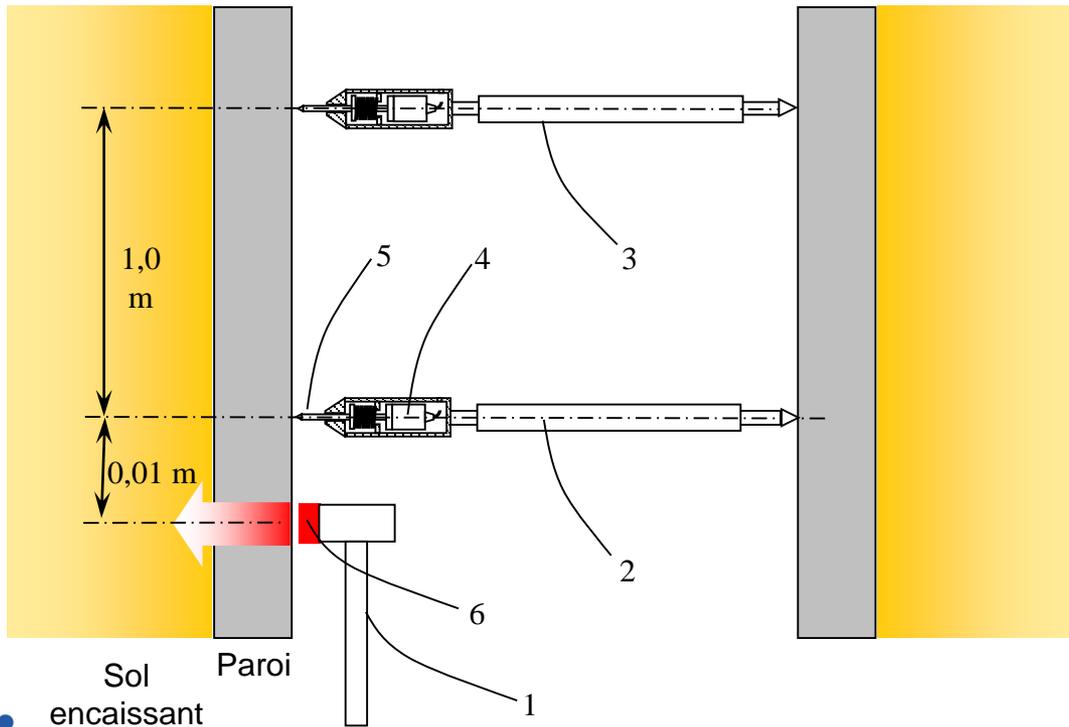
Taux de transmission :
 $\Omega = d2/d1$

L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

○ Configurations de l'essai

– Piédroits et naissances des voûtes



L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

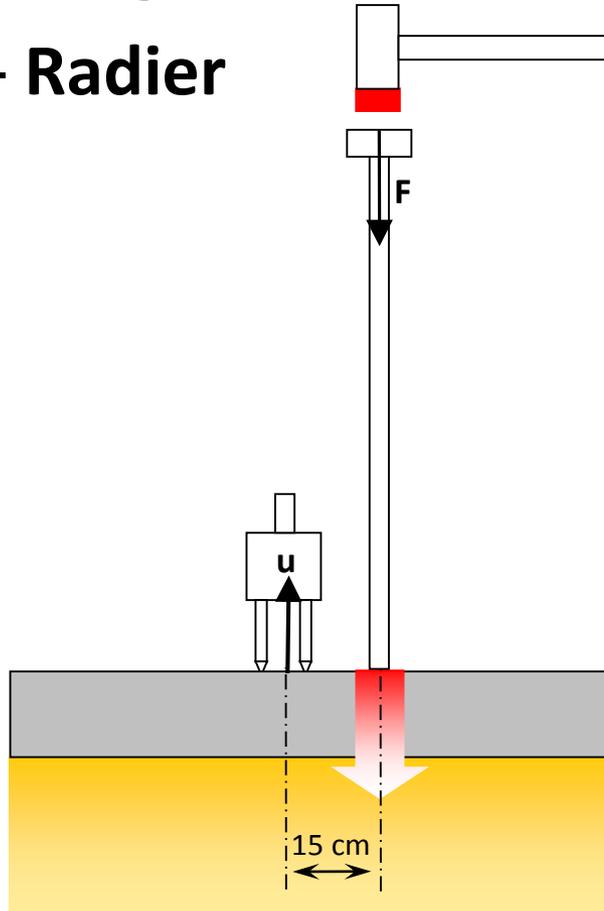


L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

○ Configurations de l'essai

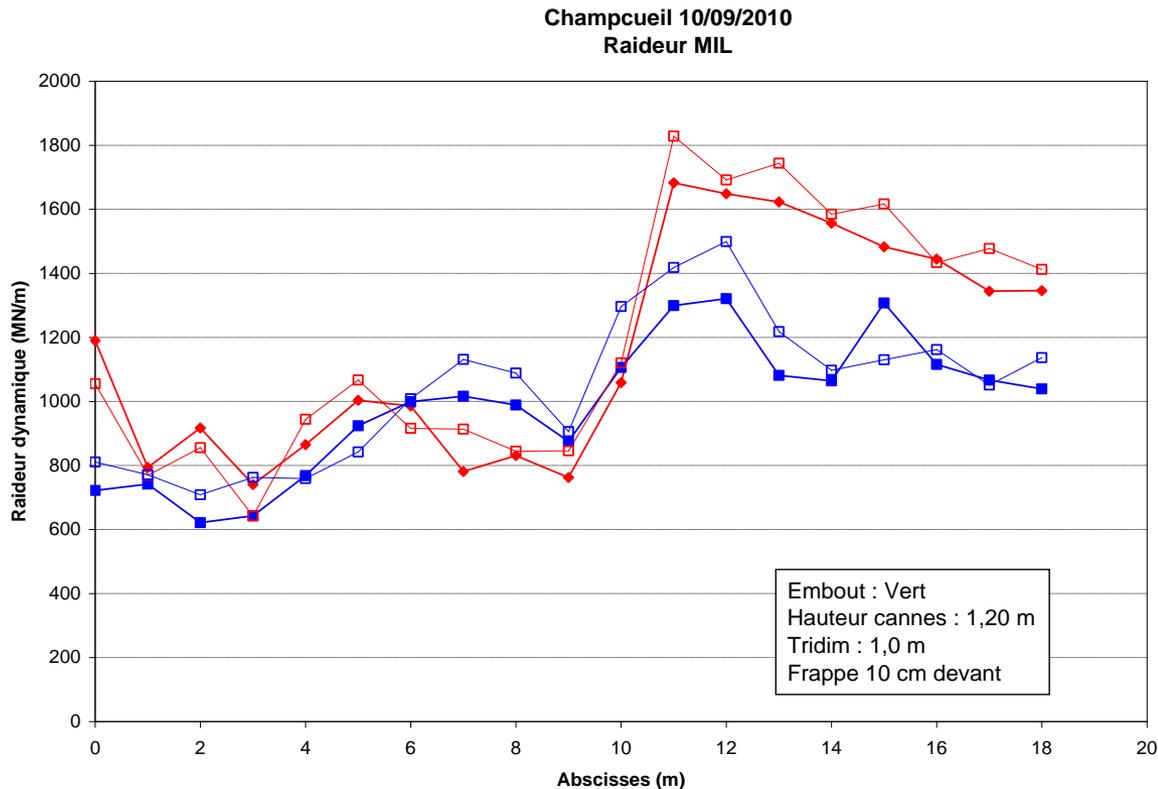
– Radier



L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

○ Répétable ?



$\frac{\text{Ecart type}}{\text{Moyenne}} \leq 10\%$

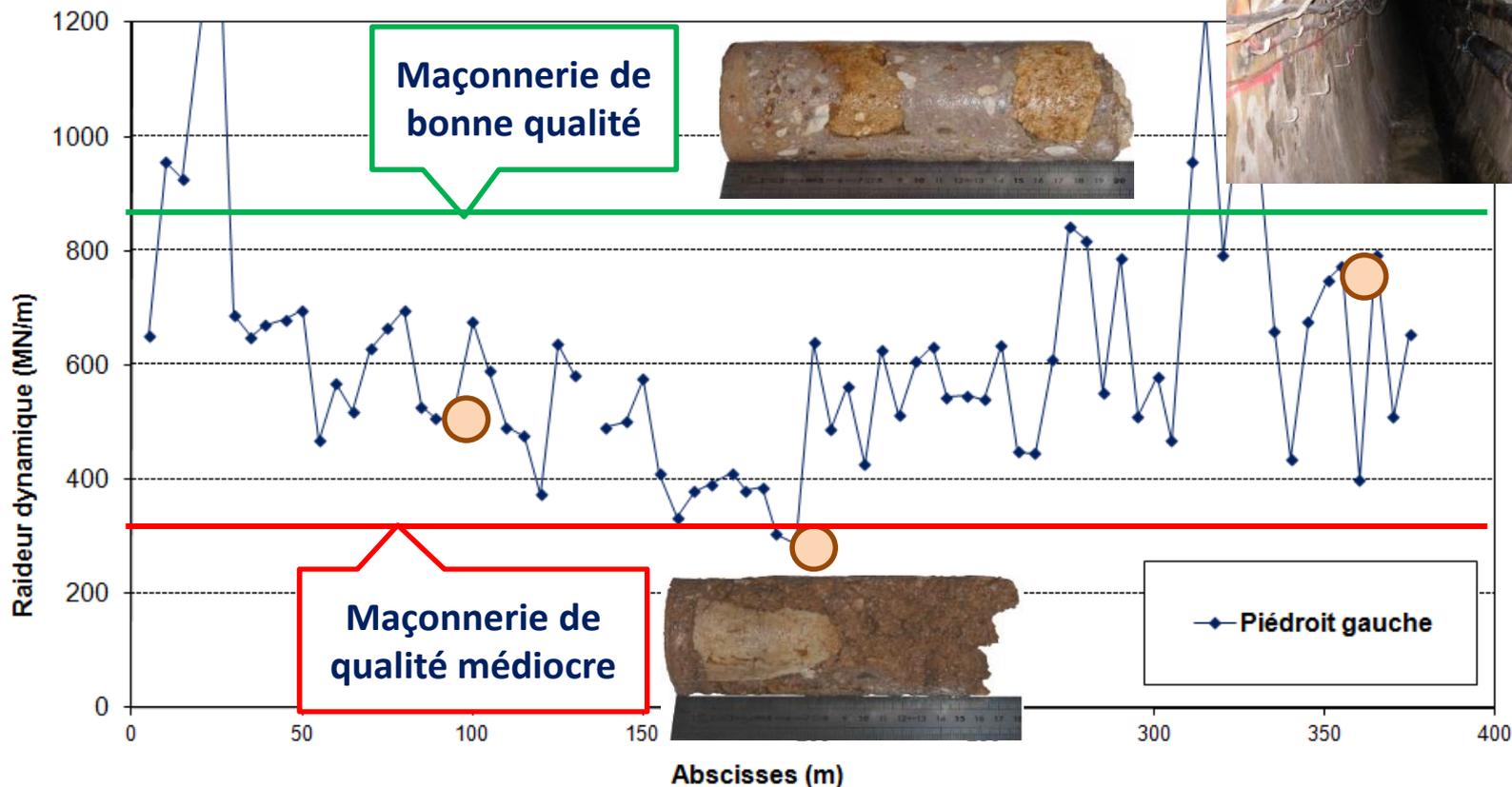
L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

○ Evaluation de la qualité maçonneries

Diagnostic du collecteur 230x140 Bd Vaugirad Paris 15ème

Essais MIL (Méthode Impact Lent)

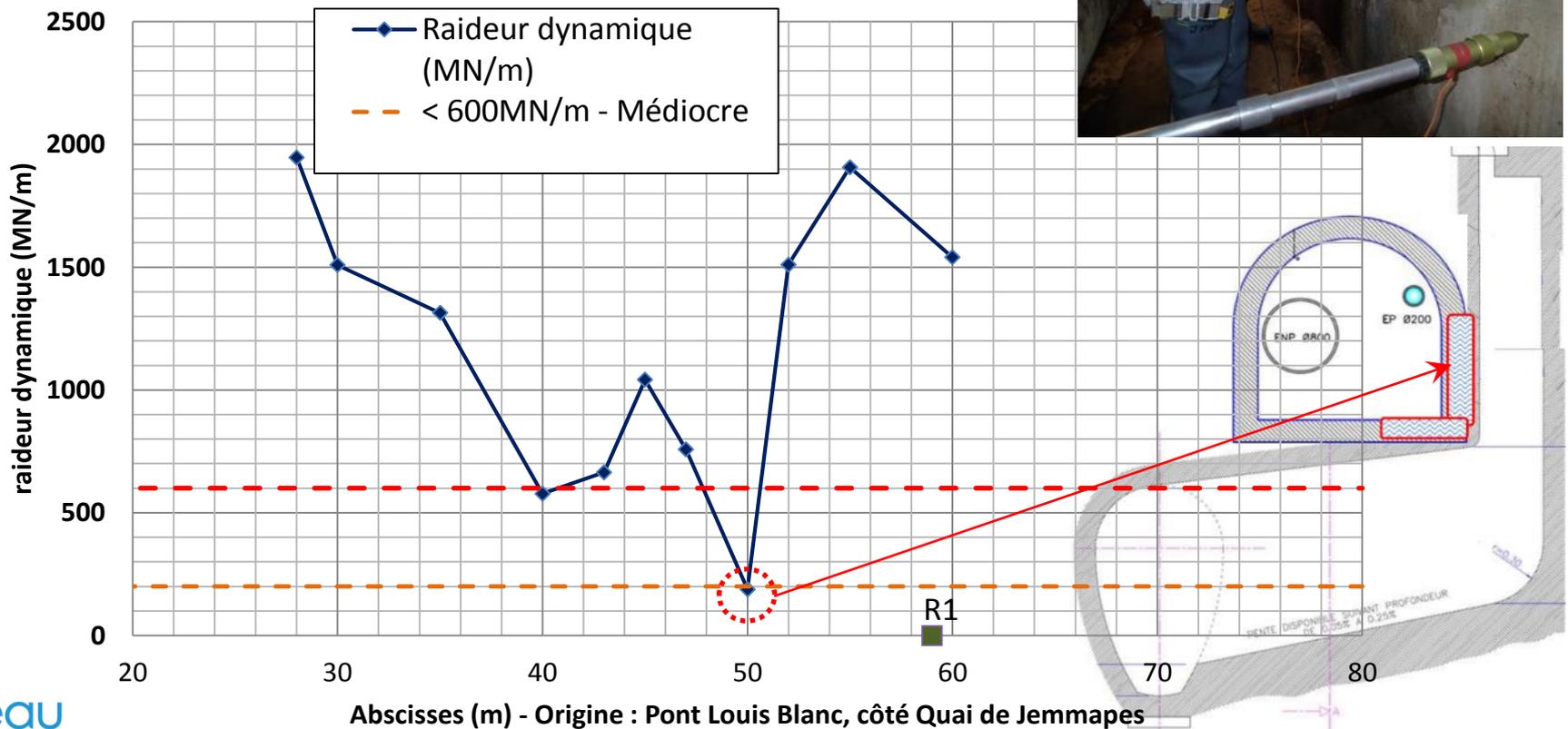


L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

Recherche des vides

Galerie d'eau - Rue Louis Blanc, face au N°19
Auscultation du piédroit droit par essai dynamique MIL (29/03)

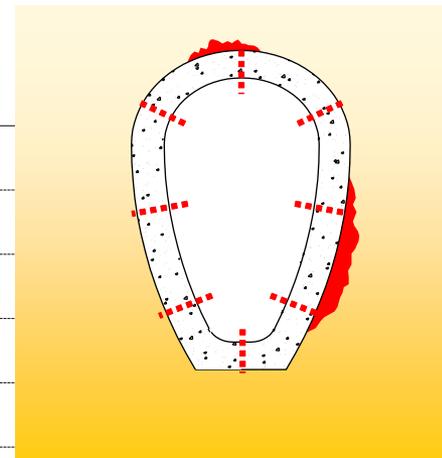
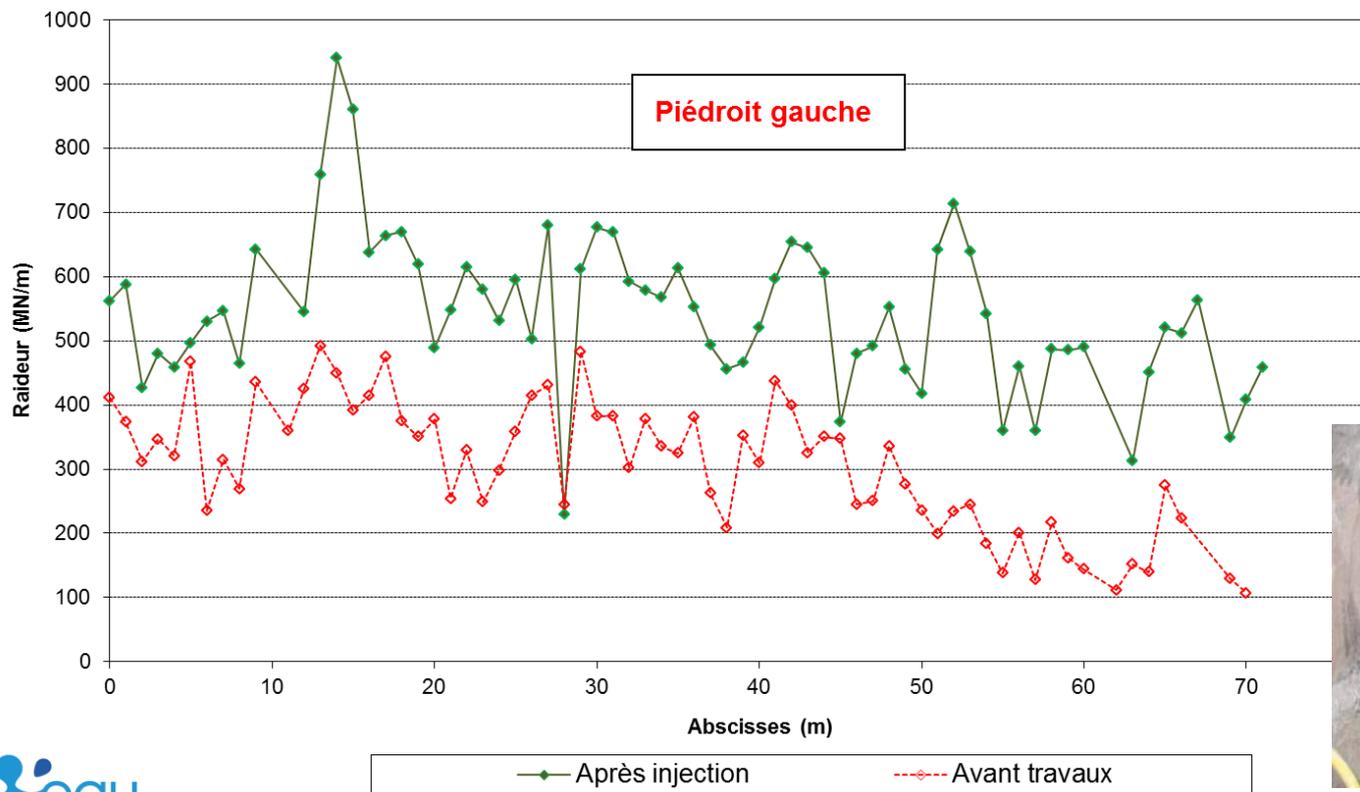


L'essai M.I.L.*

*Méthode d'impact lent

○ Evaluation des travaux de réhabilitation

Essais MIL avant travaux et après injection de collage

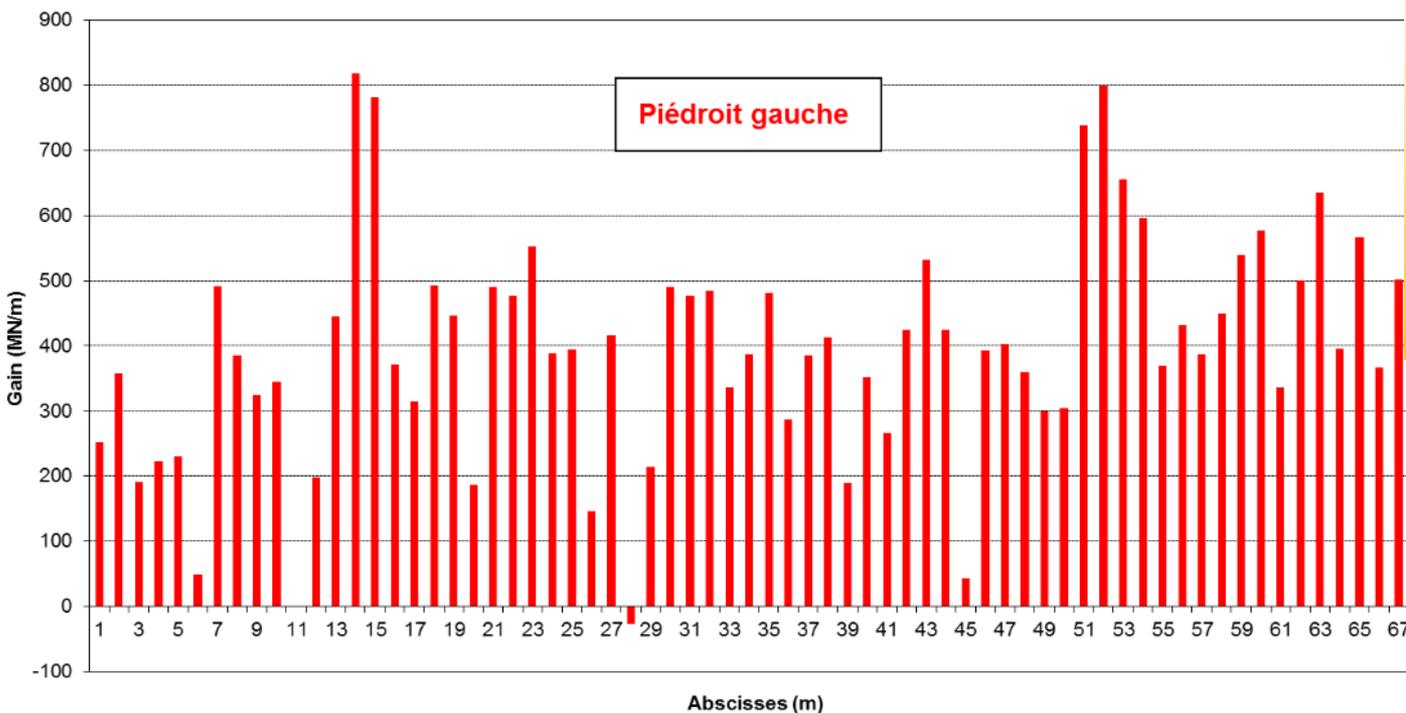


L'essai M.I.L.*

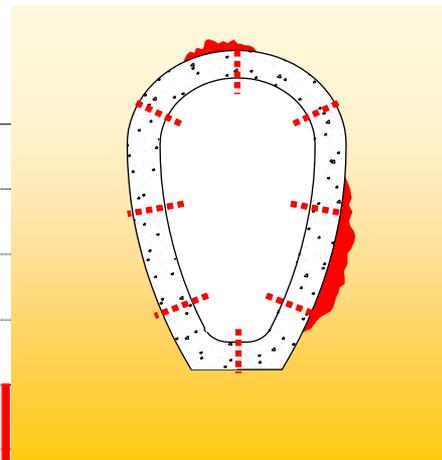
*Méthode d'impact lent

○ Evaluation des travaux de réhabilitation

Essais MIL avant et après injection de collage



■ Gain de raideur après injection (MN/m)

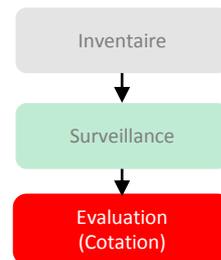


Raideur avant Trv :
510 MN/m

Raideur après Trv :
910 MN/m

Gain : +400 MN/m
+80%

La cotation des ouvrages



○ Principe général d'évaluation

- Découpage en sites homogènes
- Évaluations des parties constitutives
 - Structure (voûte, piédroits, radier)
 - Equipements de GC (accès...)
- **Cotation génie civil** selon 5 classes d'état (1, 2, 2E, 3, 3U)
- **Cotation de l'environnement** selon 3 niveaux de risque (R1, R2, R3)
- **Zonage** basé sur la cotation GC

La Cotation du génie civil IQOA*

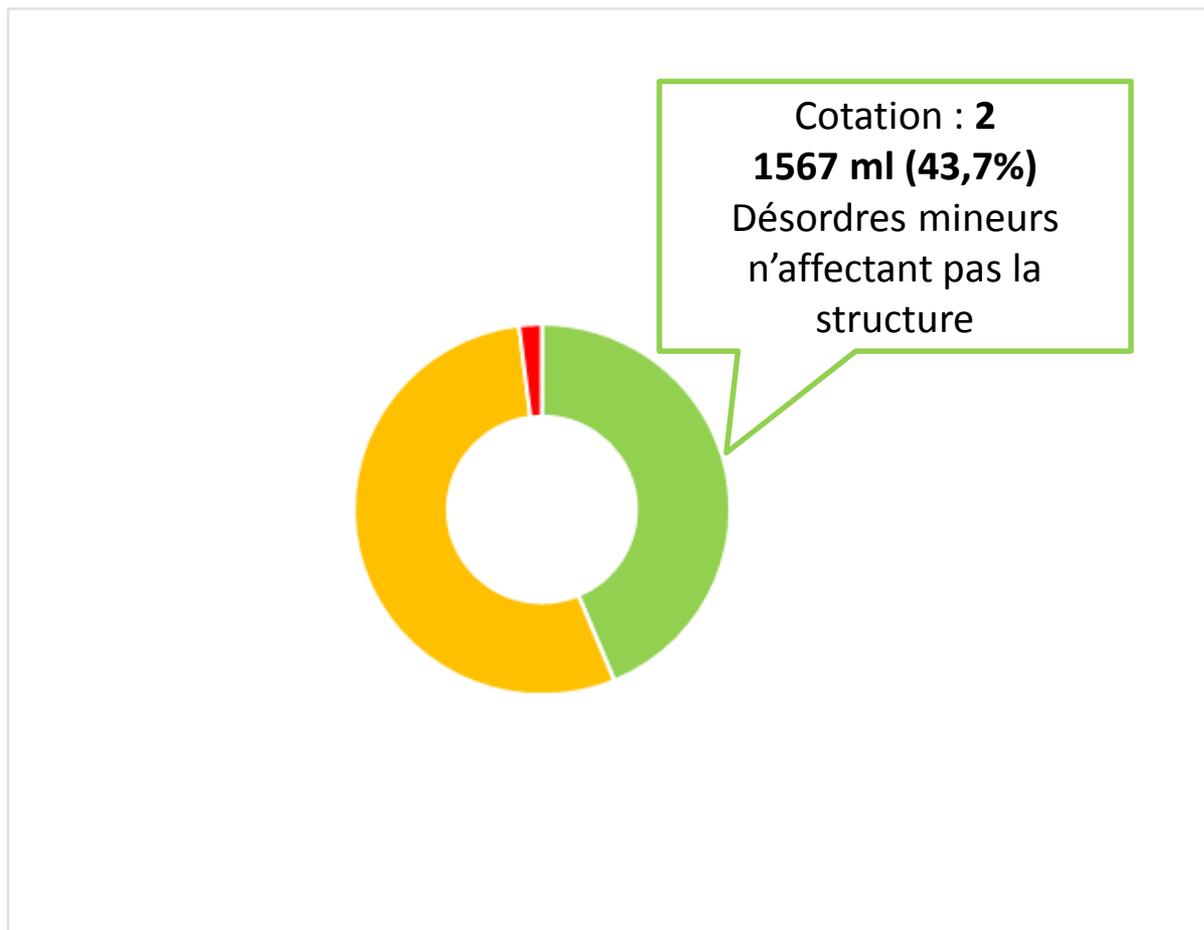
* Image de la Qualité des Ouvrages

Cotation	Description	Actions
1	Bon état	- Entretien courant
2	Désordres mineurs n'affectant pas la structure	- Surveillance régulière - Entretien spécialisé
2E	Avec caractère évolutif	- Entretien spécialisé urgent
3	Désordres structurels sans caractère d'urgence	- Surveillance renforcée - Investigations spécialisées - Diagnostic - Travaux de réhabilitation sans caractère d'urgence
3U	Désordres structurels avec caractère d'urgence - Stabilité d'ensemble compromise - Evolution rapide des désordres	- Mise en sécurité - Mise sous haute surveillance* - Investigations spécialisées - Diagnostic - Réparation d'urgence

La cotation de l'environnement

- **Basée sur l'évaluation des risques liés au sol /eau ou aux avoisinants**
 - Classe R1 : pas de risque identifié
 - Classe R2 : risque avoisinants
 - Classe R3 : risque sol/eau (sol compressible...)

Exemple de cotation



Le lien avec la maintenance

Classe:



Maintenance préventive

Nettoyage

Curage

...



Maintenance curative

Réfection des enduits

Étanchéité

Equipements



Travaux spécifiques

Renforcement de structure

Injection de sol

Reconstruction