

LES RECOMMANDATIONS DE L'AFTES

WEBINAIRE
22-23 septembre 2020

Le point sur les
recommandations

GT24

présenté par Cédric Gaillard



Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains

GT24R3F1



Sommaire



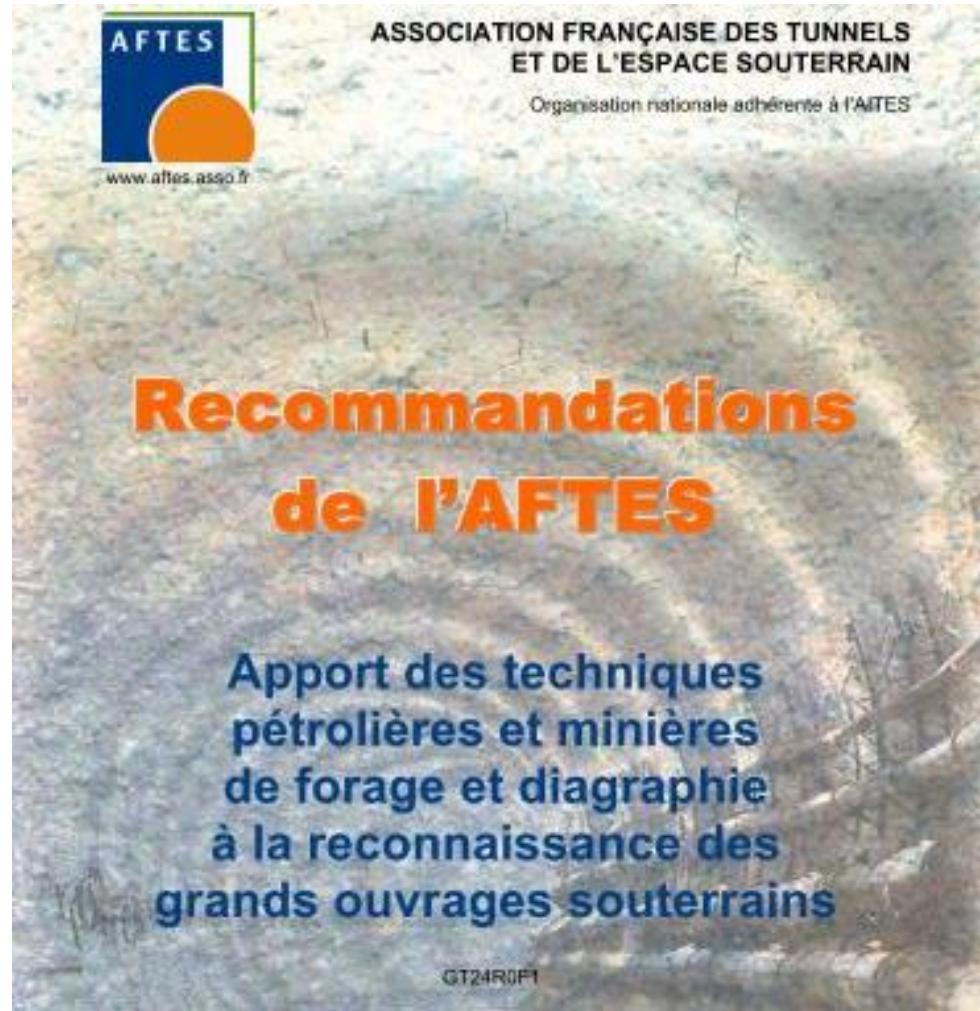
1. Historique des recommandations du GT24 de l'AFTES
2. Objet de la recommandation GT24R3F1
3. Plusieurs niveaux de lecture
4. Idées fortes à retenir des chapitres
5. Annexes techniques et documentées
6. Conclusion
7. Pour découvrir en détail cette recommandation

1. Historique des recommandations du GT24 de l'AFTES



2004

AFTES GT24R0F1



A retrouver dans *Tunnels et Ouvrages Souterrains* n° 184, p.176-288
ou sur http://www.aftes.asso.fr/publications_recommandation



1. Historique des recommandations du GT24 de l'AFTES

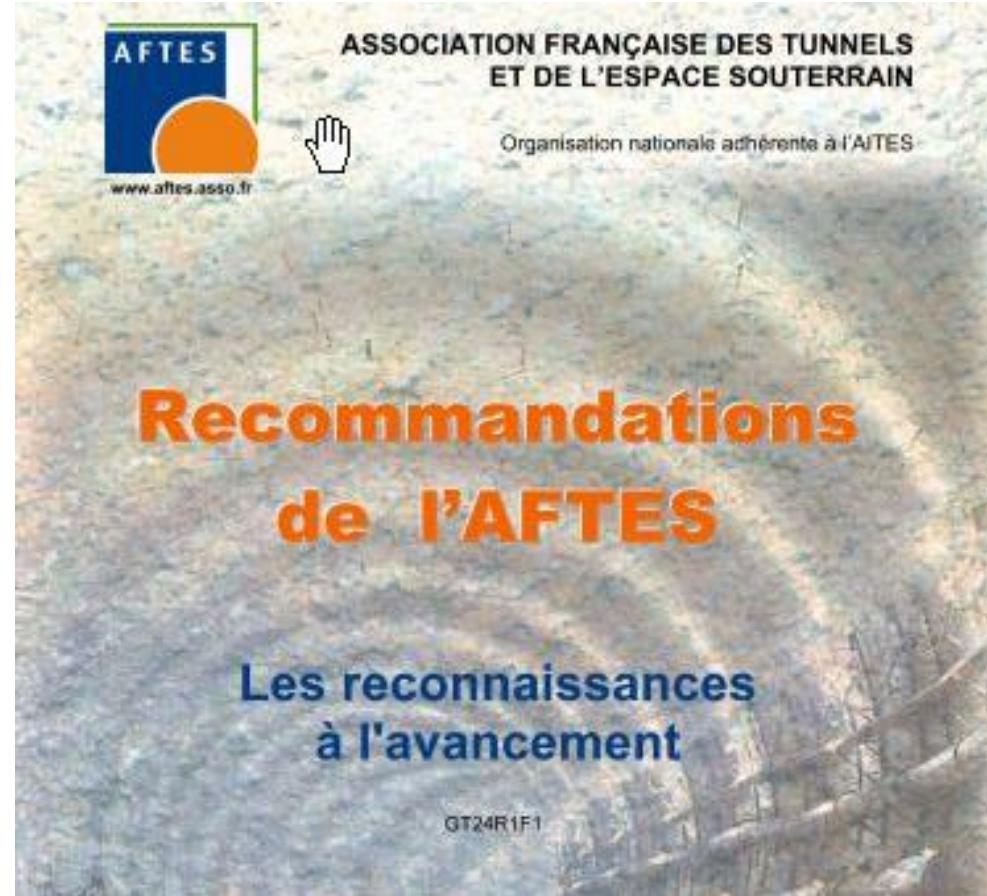


2004

AFTES GT24R1F1



2008



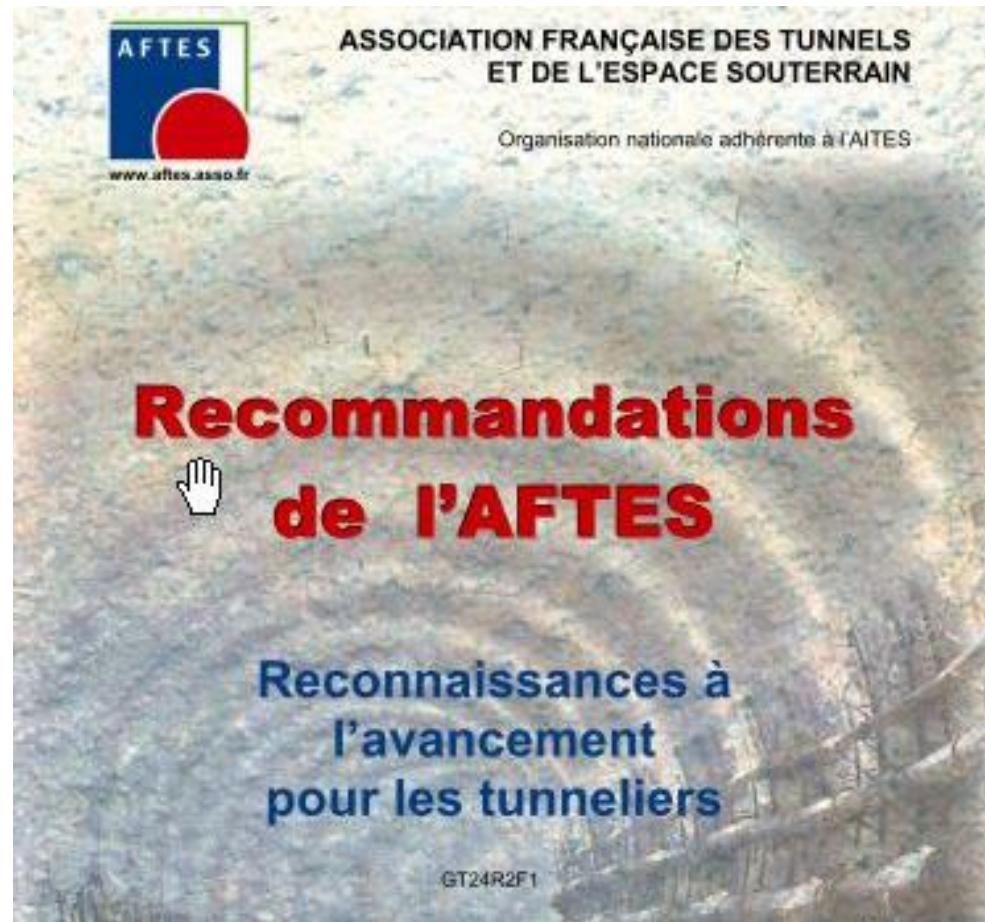
A retrouver dans *Tunnels et Ouvrages Souterrains* n° 209, p.320-365
ou sur http://www.aftes.asso.fr/publications_recommandation



1. Historique des recommandations du GT24 de l'AFTES

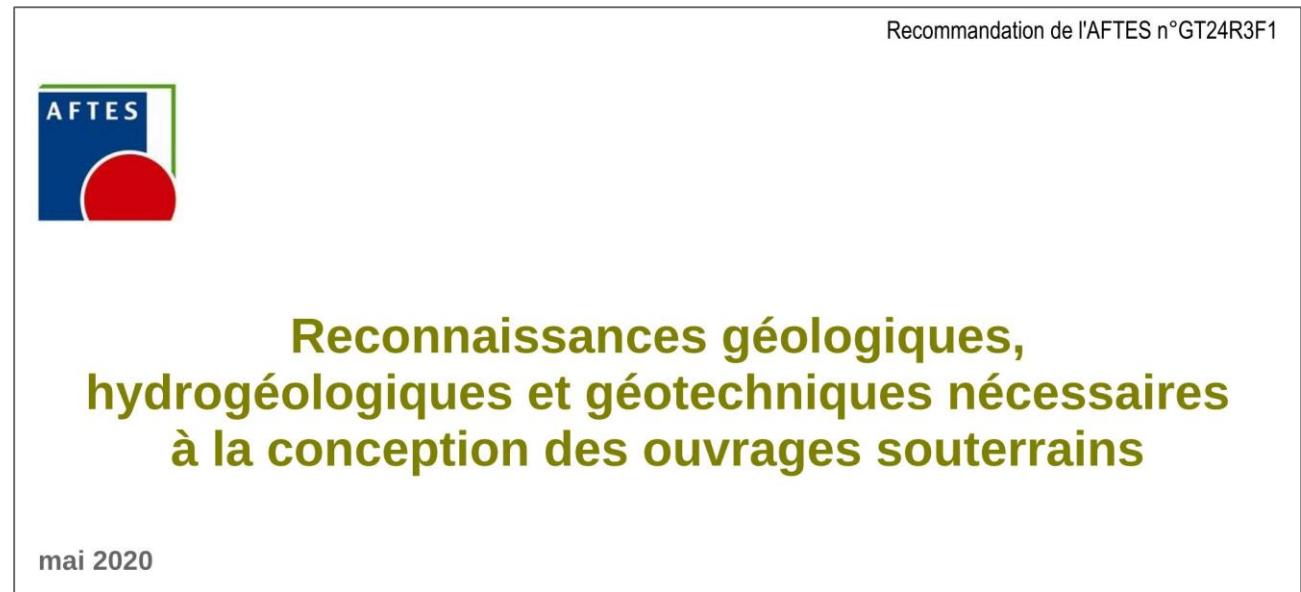


AFTES GT24R2F1



A retrouver dans *Tunnels et Ouvrages Souterrains* n° 242, p.94-131
ou sur http://www.aftes.asso.fr/publications_recommandation

1. Historique des recommandations du GT24 de l'AFTES



Cette recommandation traite des reconnaissances menées lors des phases d'études géotechniques aboutissant à la conception



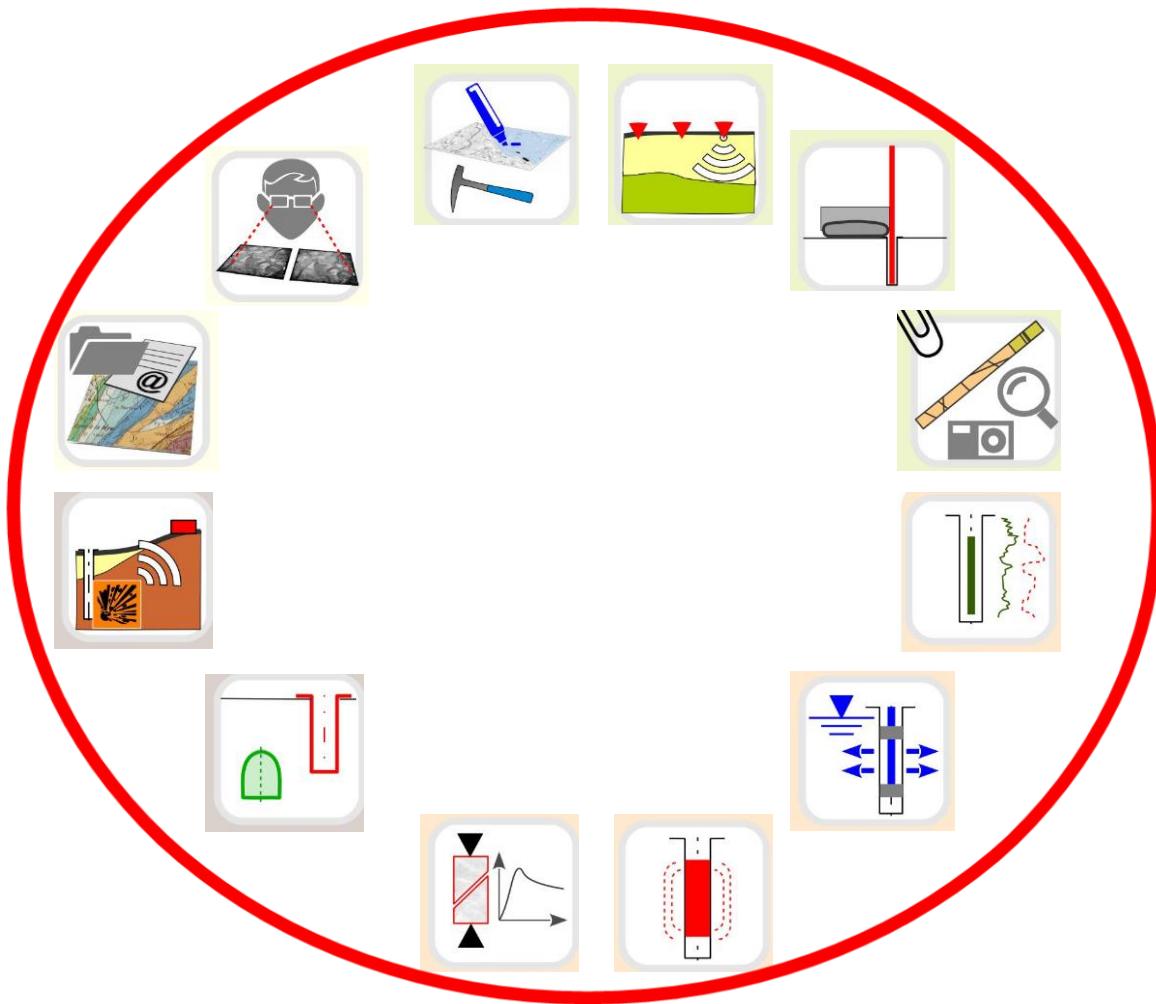
A retrouver en prépublication sur
http://www.aftes.asso.fr/publications_recommandation

2. Objet de la recommandation GT24R3F1



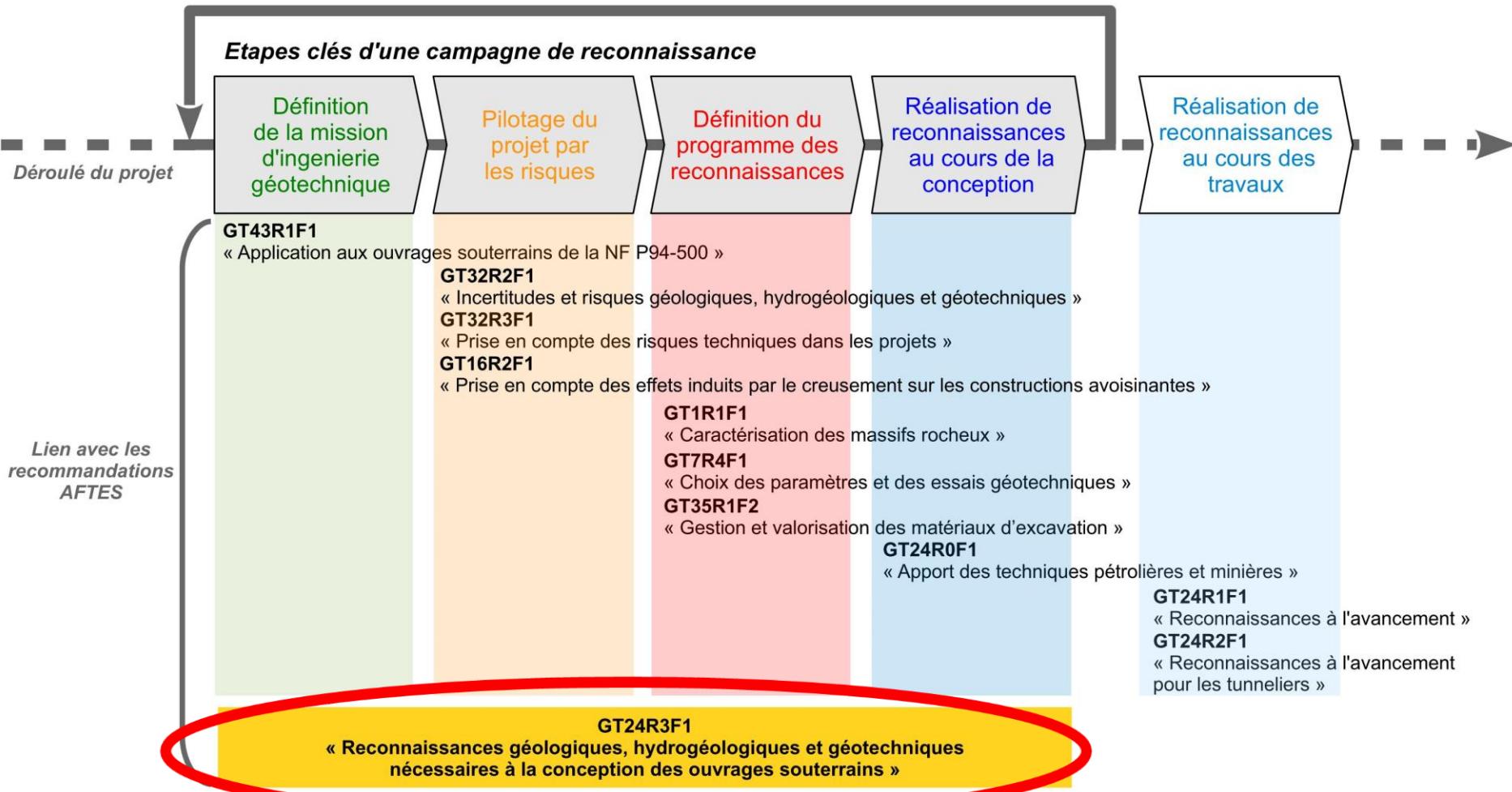
Rassembler dans un document unique des informations pratiques

relatives aux reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains.



2. Objet de la recommandation GT24R3F1

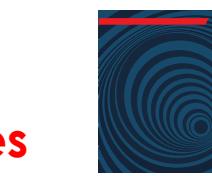
Articulation avec les autres recommandations de l'AFTES.



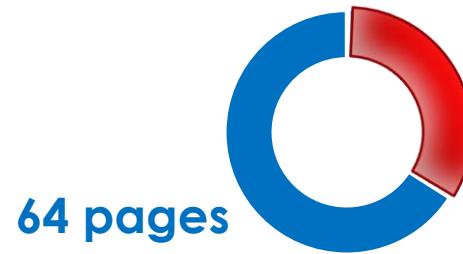
3. Plusieurs niveaux de lecture

5 chapitres pour présenter les particularités des reconnaissances

- Acteurs et organisation
- Stratégie
- Étapes et planification
- Méthodes pratiquées
- Aspects contractuels



33 pages



12 annexes documentées pour apporter des précisions

- 8 annexes techniques précisant les méthodes de reconnaissances
- 2 annexes générales (bibliographie, glossaire)
- 1 annexe traitant de la planification (ordre de grandeur des rendements)
- 1 annexe concernant les aspects contractuels (proposition de bordereau de prix unitaires)

3. Plusieurs niveaux de lecture



Pour une lecture complète, partielle, thématique ou rapide

A chaque chapitre

Un encart souligne les points essentiels à retenir

Ce qu'il faut retenir de la stratégie des reconnaissances

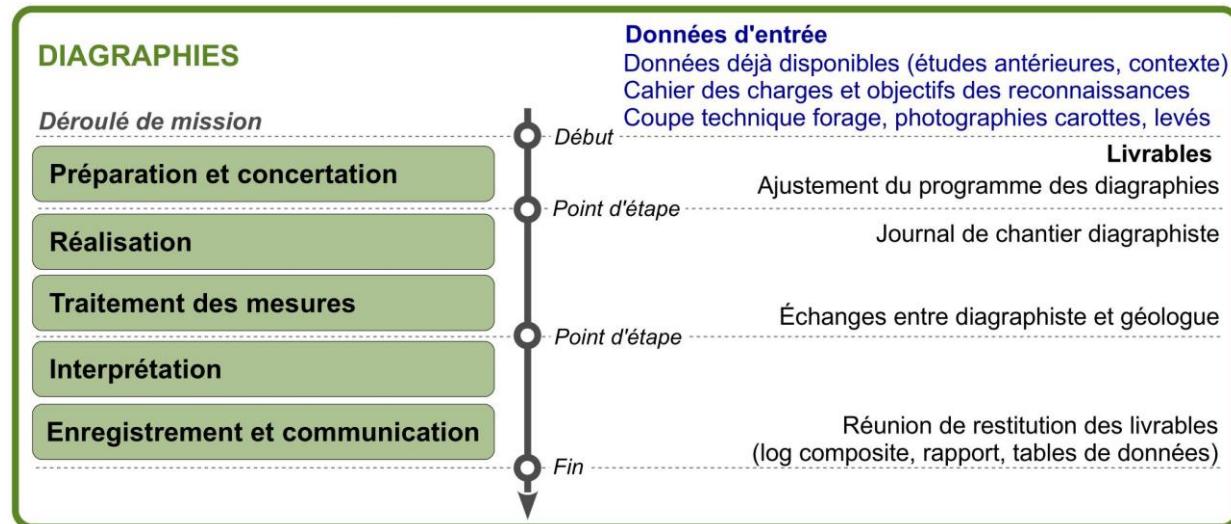
- Les campagnes de reconnaissances sont à mener avec une stratégie liée au management des risques. Cette démarche permet de coordonner les investigations envisagées pour atteindre l'objectif de réduire les incertitudes attachées au modèle géologique, hydrogéologique et géotechnique de l'ouvrage souterrain.
- La programmation des reconnaissances nécessaires à la conception des ouvrages souterrains s'organise en un enchaînement de plusieurs campagnes, où la définition d'une campagne répond au traitement des risques identifiés à la suite de la campagne précédente.
- Les priorités de réalisation du programme de reconnaissance sont données en fonction des niveaux de risque associés.
- Les objectifs détaillés de la reconnaissance sont à préciser pour chaque méthode pratiquée, même si d'une manière générale les reconnaissances visent à enrichir la connaissance et la compréhension du contexte géotechnique ainsi qu'à identifier des incertitudes restantes.

A chaque annexe technique liée à un moyen de reconnaissance

Un synoptique d'un déroulé de mission

Une définition des livrables des reconnaissances

Une bibliographie thématique



4. Idées fortes à retenir des chapitres

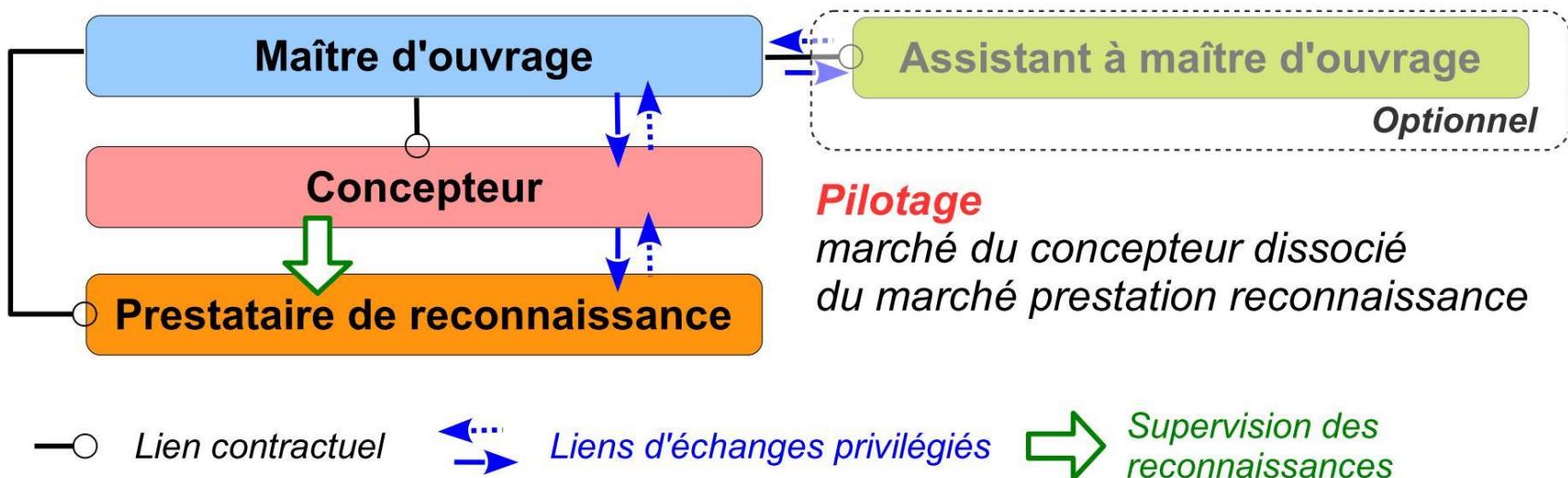


Rôle des acteurs dans la reconnaissance

Maître d'ouvrage / concepteur / prestataire de la reconnaissance

Comparaison des types d'organisation

Pilotage / fourniture / gestion



La mission de supervision des reconnaissances est essentielle à la réussite de la campagne

4. Idées fortes à retenir des chapitres



Stratégie en lien avec le management de risques

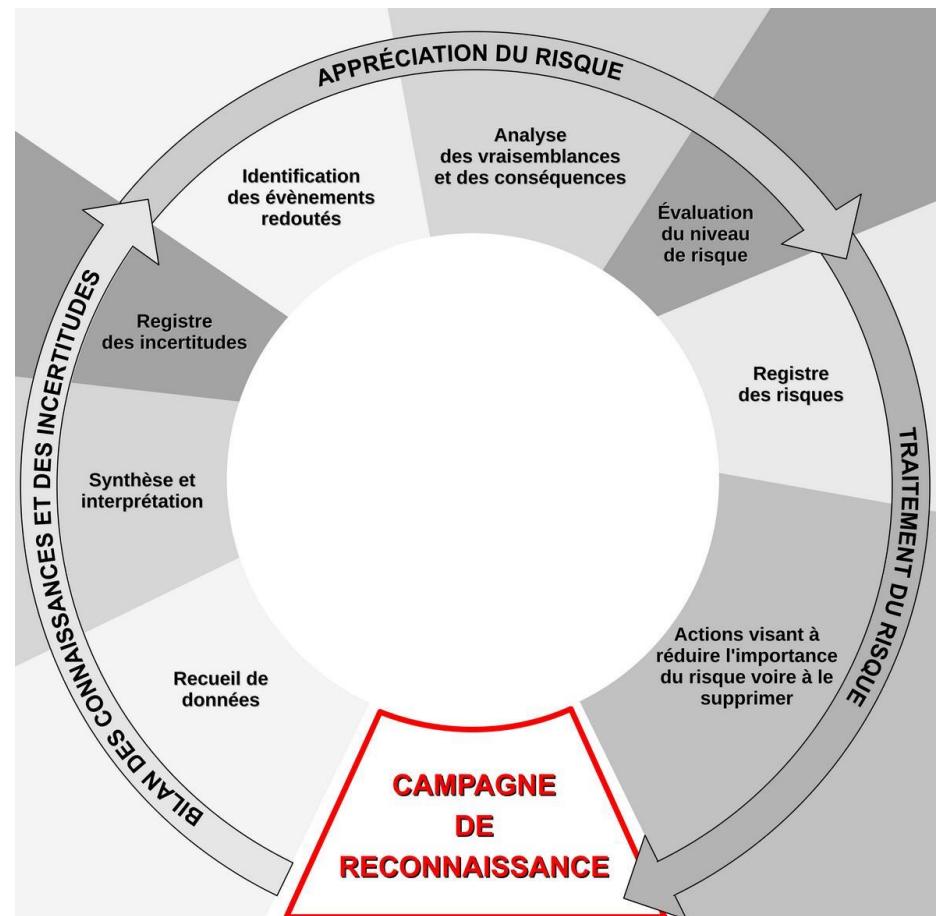
Organisation des reconnaissances : enchaînement de plusieurs campagnes

Définition du programme de reconnaissance

Le contenu de chacune des campagnes est défini en réponse au traitement des risques identifiés lors de la phase précédente

Objectifs détaillés de chaque reconnaissance à préciser

Les priorités sont données en fonction des niveaux des risques associés



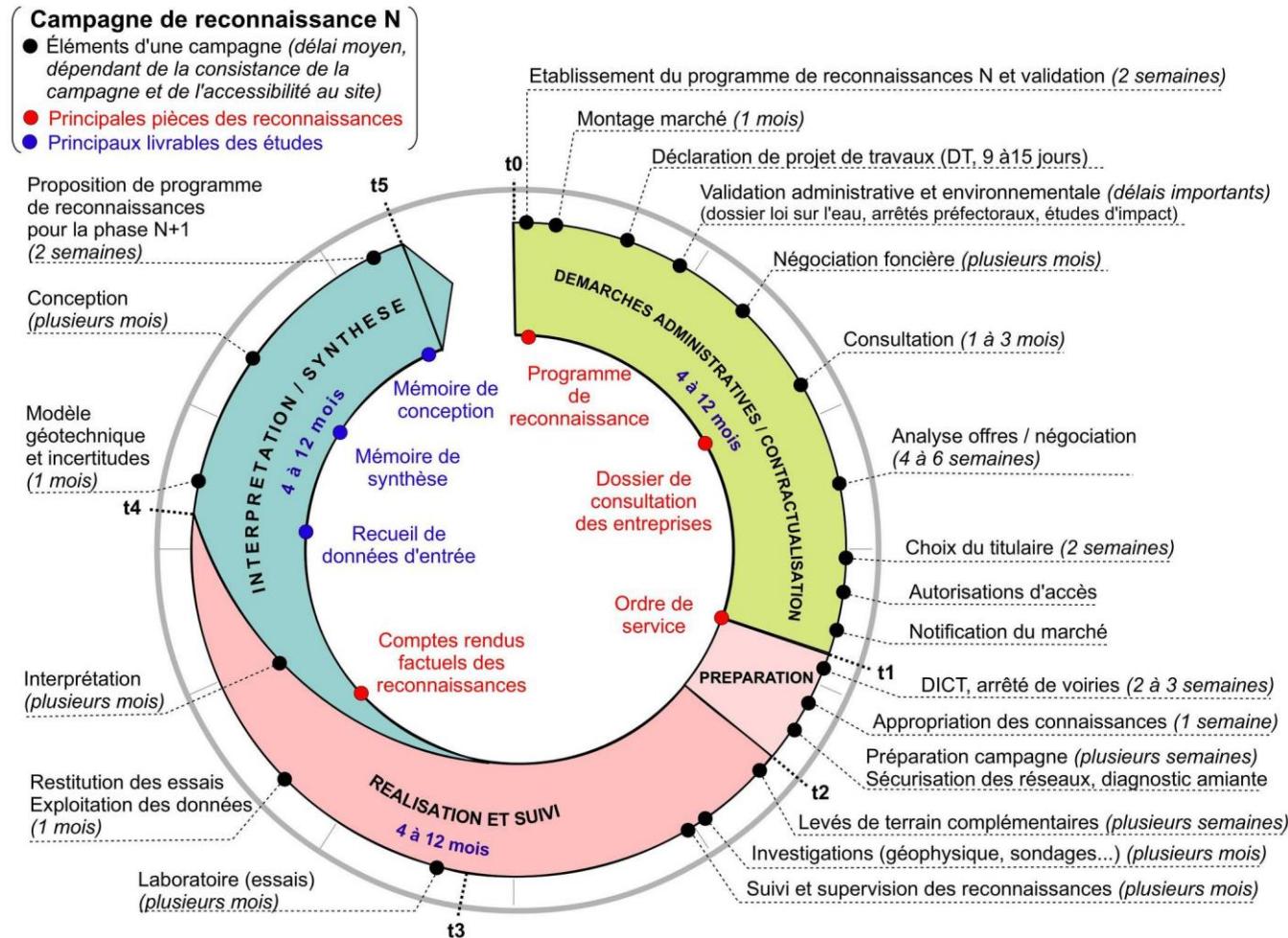
4. Idées fortes à retenir des chapitres



Ordonnancement d'une phase N de reconnaissance et étude

Anticiper les démarches administratives

Un délai suffisant est nécessaire pour interpréter les données issues des reconnaissances



4. Idées fortes à retenir des chapitres



Planification

Planning prévisionnel réaliste, pour garantir une restitution de l'ensemble des résultats des reconnaissances en amont de la période de conception

| Etapes | Sous-étapes | OPÉRATIONS | DÉMARCHE ADMINISTRATIVES, CONTRACTUALISATION | APPROPRIATION, PRÉPARATION DES INVESTIGATIONS | RÉALISATION ET SUIVI DE LA CAMPAGNE N | | | | | | | | | | INTERPRÉTATION ET SYNTHÈSE | |
|--------|---------------------------------|--|--|---|---------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|--|--|--|----------------------------|---|
| | | | | | t0 | ... | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | COMMANDÉ | a - Réception de l'ordre de service b - Appropriation, visite site, ajustement prog. | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | DICT | a - Envoi b - Instruction des DICT | | | | | | | | | | | | | | |
| III | II | 3 IMPLANTATION | a - Implantation prévisionnelle b - Implantation finale par un géomètre c - Sécurisation réseaux, déboisement, avant-trou d - Récolement géomètre | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | LEVÉ DE TERRAIN COMPLEMENTAIRES | a - Préparation et levés de terrain b - Rapport des levés de terrain | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | INVESTIGATIONS GÉOPHYSIQUES | a - Géophysique de surface b - Géophysique en forage c - Rapport selon Code de bonne pratique | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | PRESSIOMÈTRES | a - Amenée (2 machines) Exemple de campagne : 10 sondages pressiométriques à 30 m moyen b - Foration et essais in situ c - Diagraphies instantanées et différées d - Replis et remise en état du site e - CR factuel selon NFP94-500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | CAROTTÉS | a - Amenée (2 machines) Exemple de campagne : 10 sondages carottés à 30 m moyen b - Carottage, essais in situ (essais d'eau...) c - Diagraphies différées d - Description carottes, programme essais e - Replis et remise en état du site f - CR factuel selon NFP94-500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ESSAIS EN LABORATOIRE | a - Identifications, classification GTR b - Essais spécifiques sur sols (σ_g , E_{cons} , C_u ...) c - Essais spécifiques sur roche (R_c , E_y ...) d - CR factuel selon NFP94-500 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE | a - Réseau de piézomètre existant b - Piézomètres de la campagne N | | | | | | | | | | | | | | SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE DU RESEAU EXISTANT |
| 7 | SUIVI DES RECONNAISSANCES | | | | | | | | | | | | | | | SUIVI DES RECONNAISSANCES + SUPERVISION DES RECONNAISSANCES |
| IV | 1 | EXPLOITATION DES RÉSULTATS ET RAPPORT | | | | | | | | | | | | | | ... |

4. Idées fortes à retenir des chapitres



Méthodes de reconnaissances pratiquées

Démarche de reconnaissance progressive basée sur l'évolution des modèles du projet :

- modèle conceptuel initial
- modèle approché
- modèle le plus probable

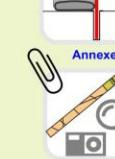
Choix des méthodes à mettre en œuvre, c'est le meilleur compromis entre :

- objectifs
- adéquation au site des méthodes
- coûts
- délais de réalisation

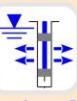
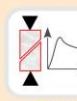
TRAVAIL PREPARATOIRE

| | | | |
|---|--|---|--|
|  Annexe 3 | Recherche de connaissance Bibliographie Bases de données Internet |  Annexe 3 | Etude photo-interprétative Images stéréoscopiques et satellitaires |
|---|--|---|--|

INVESTIGATIONS

| | |
|---|---|
|  Annexe 3 | Levés de terrain Observations, géomorphologie Descriptions géologique et hydrogéologique |
|  Annexe 4 | Investigations géophysiques depuis la surface ou en forage : par champs électromagnétiques par champs de gravité par propagation d'ondes sismiques |
|  Annexe 5 | Sondages Carotté Destructif avec diagraphies instantanées Prélèvement sonique A la pelle |
|  Annexe 5 | Suivi géologique des sondages Photographie des carottes Mesures (récupération, RQD...) Description (lithologie, discontinuités) |

VALORISATION DES SONDAGES

| | |
|---|---|
|  Annexe 6 | Diagraphies différées Géométrie du forage Caractéristiques des fluides Paramètres liés à la nature des terrains Mesures structurales des discontinuités Paramètres mécaniques |
|  Annexe 7 | Mesures et essais hydrogéologiques in situ Piézomètre et suivi hydrogéologique pluri-annual Essais de perméabilité Essais de débimétrie Caractéristiques physico-chimiques de l'eau Essais de pompage et de rabattement |
|  Annexe 8 | Essais mécaniques in situ Essais de pénétration Essais de cisaillement Essais de charge Essais d'expansion (pressiomètre, dilatomètre) Mesures de contraintes |
|  Annexe 9 | Essais de laboratoire Essais d'identification sols et roches Essais de caractérisation mécaniques Essais de caractérisation en vue de l'utilisation des matériaux excavés |

OUVRAGES D'ESSAIS

| | | | |
|--|---|--|--|
|  Annexe 10 | Ouvrages spécifiques de reconnaissance Galerie Puits |  Annexe 10 | Tirs de reconnaissance en forage |
|--|---|--|--|

4. Idées fortes à retenir des chapitres



Aspects contractuels

Évaluer le budget prévisionnel des reconnaissances en intégrant une provision permettant de couvrir certains ajustements de programme

Élaborer un marché permettant d'intégrer :

- les imprécisions de définition du programme,
- la collaboration de plusieurs prestataires,
- une rémunération équitable des prestations
- une prolongation potentielle du délai d'exécution pour atteindre les objectifs fixés.

Solutions contractuelles : marchés publics (accord cadre à bons de commande ou à marchés subséquents) / marchés privés

Analyse des offres (le dossier technique et la note technique)



5. Annexes techniques et documentées

Recherche de connaissance, étude photo-interprétative et levés de terrain

Les reconnaissances ne se limitent pas seulement à réaliser des sondages

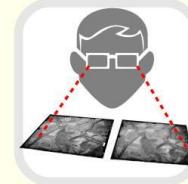
→ apport essentiel du travail préparatoire et des levés de terrain

TRAVAIL PRÉPARATOIRE



Annexe 3

Recherche de connaissance
Bibliographie
Bases de données Internet



Annexe 3

Etude photo-interprétative
Images stéréoscopiques et satellitaires

INVESTIGATIONS



Annexe 3

Levés de terrain
Observations, géomorphologie
Descriptions géologique et hydrogéologique

5. Annexes techniques et documentées



Levés de terrain

Collecte, enregistrement et exploitation d'informations disponibles uniquement sur le terrain (géomorphologie, affleurements, eau, indices d'anomalies)

INVESTIGATIONS

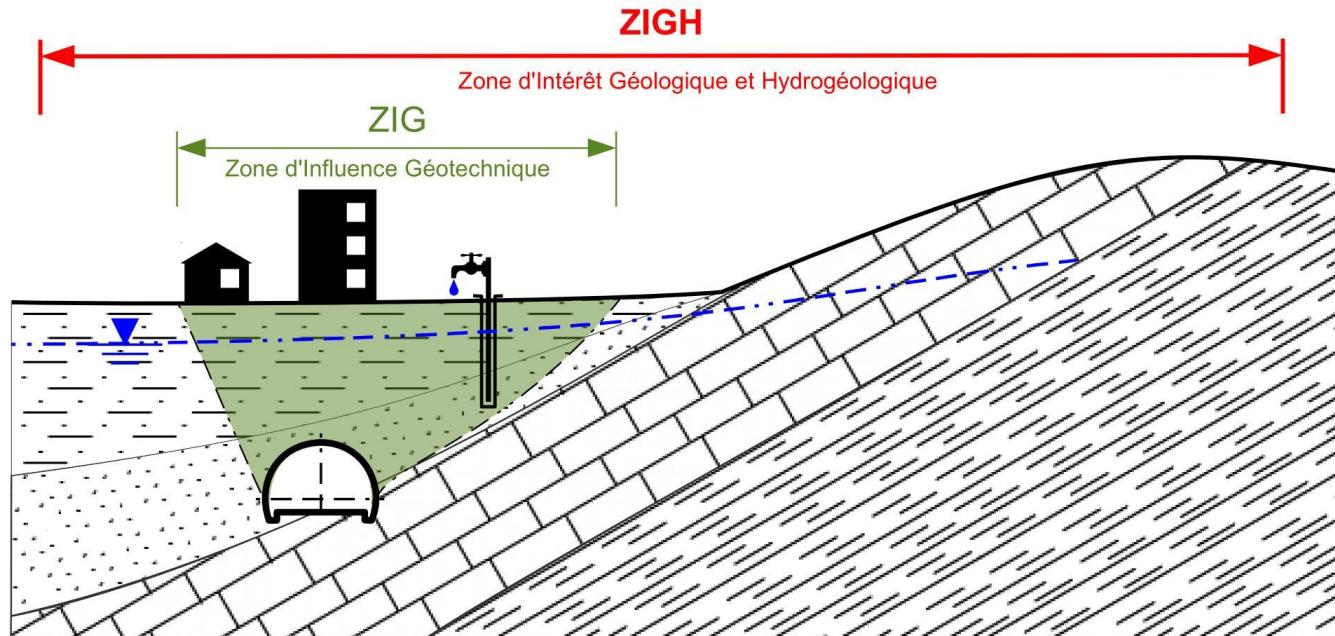


Annexe 3

Levés de terrain

Observations, géomorphologie

Descriptions géologique et hydrogéologique



5. Annexes techniques et documentées



Investigations géophysiques et sondages

Les sondages

- importance des démarches administratives et préparation d'une campagne (visite, autorisation, déclaration, sécurisation et détection de réseaux, arrêtés de voiries, avant-trous)
- stockage temporaire des prélèvements, conservation des carottes
- suivi géologique des investigations est essentiel pour la conception
- communication des résultats des reconnaissances

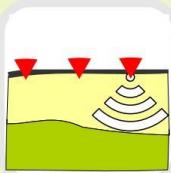
INVESTIGATIONS



Levés de terrain

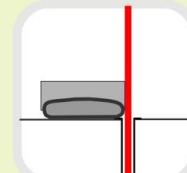
Observations, géomorphologie
Descriptions géologique et hydrogéologique

Annexe 3



Investigations géophysiques
depuis la surface ou en forage :
par champs électromagnétiques
par champs de gravité
par propagation d'ondes sismiques

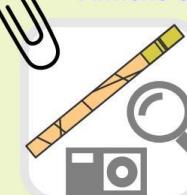
Annexe 4



Sondages

Carotté
Destructif avec diagraphies instantanées
Prélèvement sonique
A la pelle

Annexe 5



Suivi géologique des sondages

Photographie des carottes
Mesures (récupération, RQD...)
Description (lithologie, discontinuités)

Annexe 5

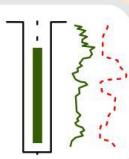
5. Annexes techniques et documentées



Valorisation des sondages

Des sondages, oui mais ... valorisés au maximum par des mesures et essais

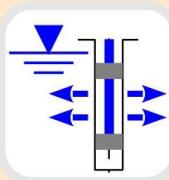
VALORISATION DES SONDAGES



Annexe 6

Diagraphies différées

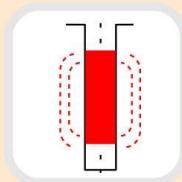
- Géométrie du forage
- Caractéristiques des fluides
- Paramètres liés à la nature des terrains
- Mesures structurales des discontinuités
- Paramètres mécaniques



Annexe 7

Mesures et essais hydrogéologiques *in situ*

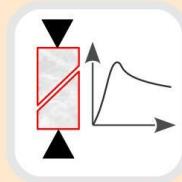
- Piezomètre et suivi hydrogéologique pluri-annuel
- Essais de perméabilité
- Essais de débimétrie
- Caractéristiques physico-chimiques de l'eau
- Essais de pompage et de rabattement



Annexe 8

Essais mécaniques *in situ*

- Essais de pénétration
- Essais de cisaillement
- Essais de chargement
- Essais d'expansion (pressiomètre, dilatomètre)
- Mesures de contraintes



Annexe 9

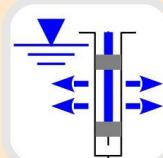
Essais de laboratoire

- Essais d'identification sols et roches
- Essais de caractérisation mécaniques
- Essais de caractérisation en vue de l'utilisation des matériaux excavés

5. Annexes techniques et documentées



Les mesures et essais hydrogéologiques in-situ



Annexe 7

Mesures et essais hydrogéologiques in situ

Piezometer and multi-year hydrogeological monitoring

Essais de perméabilité

Essais de débimétrie

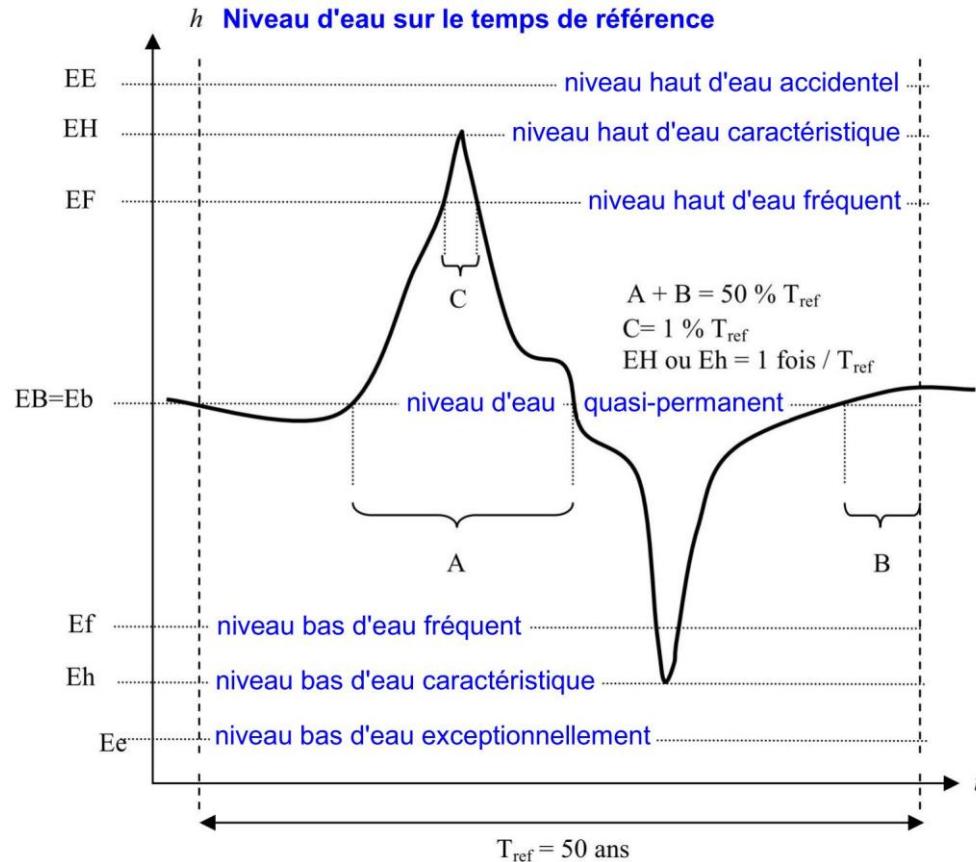
Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Essais de pompage et de rabattement

Mission de suivi piézométrique

Essais hydrogéologiques in-situ spécifiques

Essais de pompage

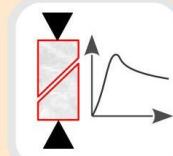


5. Annexes techniques et documentées



Essais en laboratoire

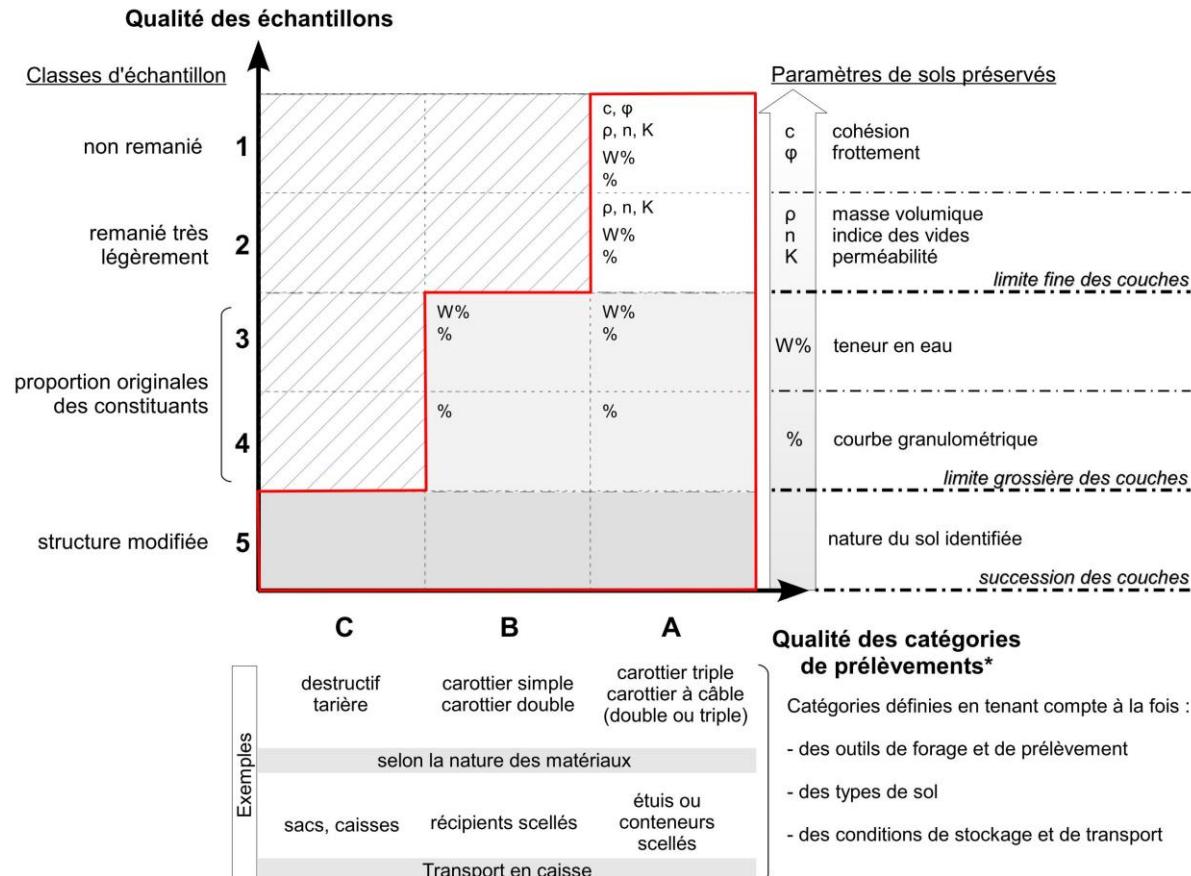
Prélèvement,
stratégie d'échantillonnage,
quantité de matériaux,
programme d'essais, durée des essais



Essais de laboratoire

Essais d'identification sols et roches
Essais de caractérisation mécaniques
Essais de caractérisation en vue de
l'utilisation des matériaux excavés

Annexe 9



* Échantillon déclassé si incident de prélèvement, manipulation, transport ou stockage

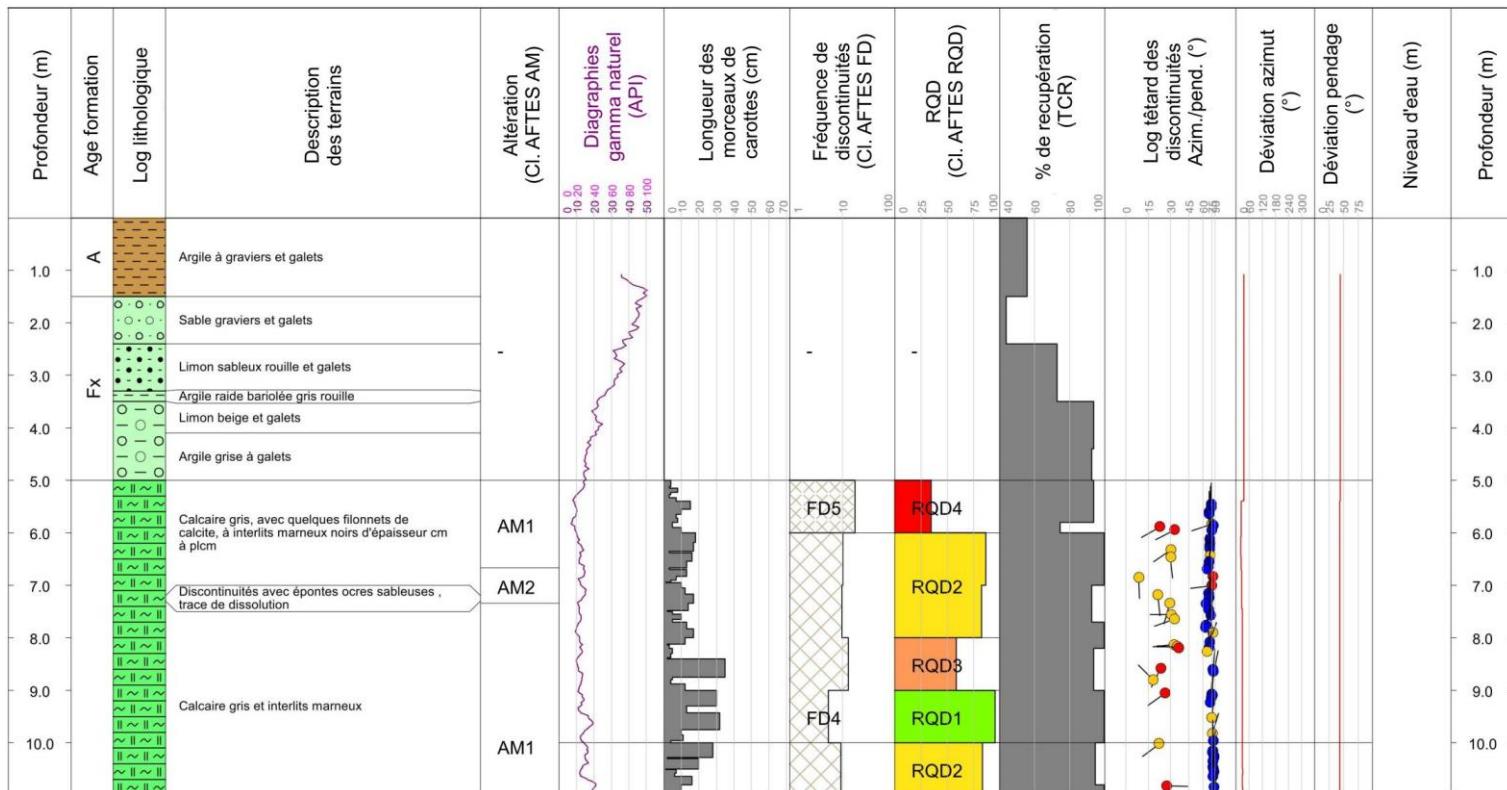


5. Annexes techniques et documentées

Enregistrements des données et alimentation de la base de données du projet

Élaboration de tables des données thématiques regroupant l'ensemble des résultats :

- données référencées en XYZ et selon une profondeur ou un linéaire
- utilisation simplifiée dans un système d'information géographique et dans un logiciel de modélisation.





5. Annexes techniques et documentées

Aspects contractuels

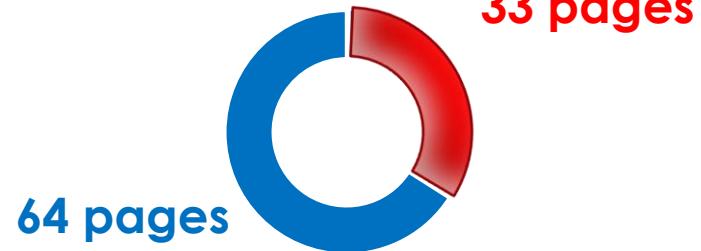
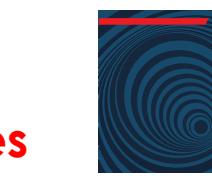
Proposition de bordereau des prix unitaires et type de rémunération adapté à chaque prestation

| PRESTATIONS DE RECONNAISSANCE ET TYPES DE REMUNERATION | | |
|--|---|--------------------------|
| N° Prix | Désignation | Unité de la rémunération |
| 0000 | PREPARATION CAMPAGNE DE RECONNAISSANCES | |
| 0100 | Préparation, démarches et aménagements préalables | |
| 0101 | Préparation de l'intervention (méthodologie sondage, coordination intervenants) | F |
| 0102 | Visite commune préalable pour les accès et l'état des lieux (avant travaux) de l'ensemble des sites de la campagne | j |
| 0103 | Demande et autorisation pour l'ensemble des sondages (arrêté voirie et stationnement, DICT, déclaration code environnement, loi sur l'eau, code minier, pompage et rejet) | j |
| 0104 | Travaux d'aménagement (accès et plate forme de travail) | j |
| 0105 | Travaux d'aménagement difficile (accès et plate forme de travail) | j |
| 0106 | Déboisement, layonnage pour investigations linéaire (géophysique) ou sentier d'accès | j |
| 0107 | Carottage de chaussée pour diagnostic de présence d'amiante | U |
| 0108 | Prélèvement et conditionnement d'un échantillon pour diagnostic de présence d'amiante | U |
| 0109 | Recherche d'amiante sur enrobé en laboratoire d'analyse | U |
| 0110 | Mise en décharge agréée des déchets amiante | U |
| 0999 | Sous-total préparation, démarches et aménagements | |
| 1000 | SONDAGES | |
| 1200 | Installation et repliement de l'atelier de sondage | |
| 1201 | Installation de chantier et repliement du chantier | F |
| 1202 | Implantation des sondages (prestation géomètre) | U |
| 1203 | Sécurisation du chantier (détexion des réseaux) par sondage | U |
| 1204 | Sécurisation : avant trou peu profond (environ 1 m) – manuel | U |
| 1205 | Sécurisation : avant trou profond (environ 2 à 3 m) – mécanique ou par aspiratrice | U |
| 1206 | Plus value au prix 1204 pour découpage des enrobés amiante | U |
| 1207 | Plus value au prix 1204 pour mise en décharge agréée des déchets amiante | U |
| 1208 | Clôture, balisage d'un atelier de sondage | U |
| 1209 | Signalisation de chantier | U |
| 1210 | Alimentation en eau d'un atelier de sondage (frais de branchement à un réseau, coût consommation) | m ³ |
| 1211 | Alimentation en eau d'un atelier de sondage (citernage) | j |
| 1212 | Coordination entre les équipes de sondages et les autres prestataires | F |
| 1213 | Plus value au prix 1212 pour un linéaire total de reconnaissance entre 100 et 300 m | U |
| 1214 | Plus value au prix 1212 pour un linéaire total de reconnaissance entre 300 et 600 m | U |
| 1215 | Plus value au prix 1212 pour un linéaire total de reconnaissance > à 600 m | U |
| 1216 | Situation d'attente et assistance de l'équipe de forage aux prestataires de diagraphies, d'essais in-situ | j |
| 1217 | Lieu de stockage provisoire des échantillons pour la description | F |
| 1218 | Fourniture de caisses de carottes | U |
| 1219 | Fourniture de palettes de stockage | U |
| 1220 | Transport des caisses de carottes à la carothèque et des échantillons au laboratoire | km |
| 1221 | Récolement de l'implantation des sondages par un géomètre | U |
| 1222 | Rebouchage des trous, suivis des volumes de scellement | ml |
| 1223 | Évacuation des déchets | F |
| 1224 | Remise en état du site et état des lieux après travaux | U |
| 1299 | Sous-total installation et repliement | |

6. Conclusion

5 chapitres pour présenter les particularités des reconnaissances

- Acteurs et organisation
- Stratégie
- Étapes et planification
- Méthodes pratiquées
- Aspects contractuels



12 annexes documentées pour apporter des précisions

- 8 annexes techniques précisant les méthodes de reconnaissances
- 2 annexes générales (bibliographie, glossaire)
- 1 annexe traitant de la planification (ordre de grandeur des rendements)
- 1 annexe concernant les aspects contractuels (proposition de bordereau de prix unitaires)

Une recommandation avec plusieurs niveaux de lecture pour satisfaire les besoins de chaque acteur de la reconnaissance

7. Pour découvrir en détail cette recommandation

*Recommandation en prépublication sur
http://www.aftes.asso.fr/publications_recommandation*

Reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques nécessaires à la conception des ouvrages souterrains

Texte présenté par **Cédric GAILLARD** (CETU) animateur du groupe de travail GT24

Ce document a été réalisé avec la collaboration de :

François BERBET (BOUYGUES), **Pierre DE SLOOVERE** (PDSCONSULT), **Emmanuel EGAL** (EGIS),
Pierre FRAPPIN (SIXENSE GEOPHYSICS), **Antoine GUIMOND-BARRETT** (SNCF), **Célie JEU** (BG),
Johan KASPERSKI (CETU), **Jean-Yves LACOMBE** (GEOTEC), **Muriel LAJARTHE** (SEMMLOGGING),
Alain LAURENT (SOLEXPERTS), **Patrick LOCHON** (SPIE BATIGNOLLES),
Bénédicte MADINIER (TERRASOL), **Carole MARTY** (TELT),
Véronique MERRIEN-SOUKATCHOFF (CNAM), **Eric PETITJEAN** (FONDASOL),
Jean-Luc PILJAN (SYSTRA), **Grégoire PRIOL** (SGP), **Alain ROBERT** (EGIS),
Simon ROBERT (SIXENSE GEOPHYSICS), **Christophe SALOT** (TELT),
Guilhem TEULADE (ARCADIS), **Philippe VASKOU** (GEOSTOCK).

Sont à remercier pour leur participation au comité de relecture du document :

Frédéric BULTEL (EGIS), **Gilbert CASTANIER** (Retraité EDF), **Laurent CHASSAGNE** (RATP),
Bruno DEMAY (ANTEAGROUP), **Jean-Marc KOEBEL** (SPIE BATIGNOLLES), **Eric MATHIEU** (EIFFAGE),
Jean PIRAUD (SETEC TPI), **Michel PRE** (SETEC), **Jacques ROBERT** (ARCADIS)

Sont aussi à remercier pour leurs relectures :

Le Comité Français de Géologie de l'Ingénieur (**CFGI**),
le Comité Français de Mécaniques des Roches (**CFMR**)
et le Comité Français de Mécaniques des Sols (**CFMS**)