



ASSOCIATION  
DES FIRMES DE  
GÉNIE-CONSEIL  
**QUÉBEC**

# FORUM **2023**

## GÉOENVIRONNEMENT



**Tendances · Problématiques · Solutions**

FORUM **2023**  
GÉOENVIRONNEMENT

# Caractérisation et gestion des eaux d'excavation

Par Audrey Beaudoin, ing. M.Sc.A.  
André Gauvreau  
Pascal Crevier, géo.  
Jean-Marc Lauzon, ing. M.Sc.  
Jean-Philippe Thériault  
Francis Hamel

# Plan de la présentation

- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ Principes de base en hydrogéologie
- ▶ Caractérisation hydrogéologique
- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Méthodes d'assèchement
- ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Conclusion



«Dix pour cent du territoire du Québec est recouvert d'eau douce. Avec ses dizaines de milliers de rivières et plus de trois millions de plans d'eau, le Québec possède 3 % des réserves en eau douce renouvelables de la planète, et près de 40 % de toute cette eau se concentre dans le bassin hydrographique du Saint-Laurent!» (MELCC, 2022)

## Introduction





# Enjeux

- ▶ Caractérisation
- ▶ Débit de pompage
  - ▶ Méthodes de dénoyage
- ▶ Eau contaminée
  - ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Contexte réglementaire





# Enjeux

- ▶ Guide d'Intervention met l'emphasis sur la gestion des eaux en fonction des impacts sur les milieux récepteurs pour les terrains contaminés, mais il n'y a pas de **guide** pour la **caractérisation de l'eau dans l'excavation**
- ▶ Majorité des projets civils impliquent une gestion de l'eau souterraine qui n'est pas nécessairement prévue aux **plans et devis** (avec estimation de volumes d'eau)
- ▶ La caractérisation hydrogéologique est souvent incomplète en amont du projet
- ▶ Les méthodes de dénoyage, de traitement ainsi que le **contexte réglementaire sont méconnus**
- ▶ **Peu de connaissances accessibles**



# LOGIGRAMME

# Plan de la présentation

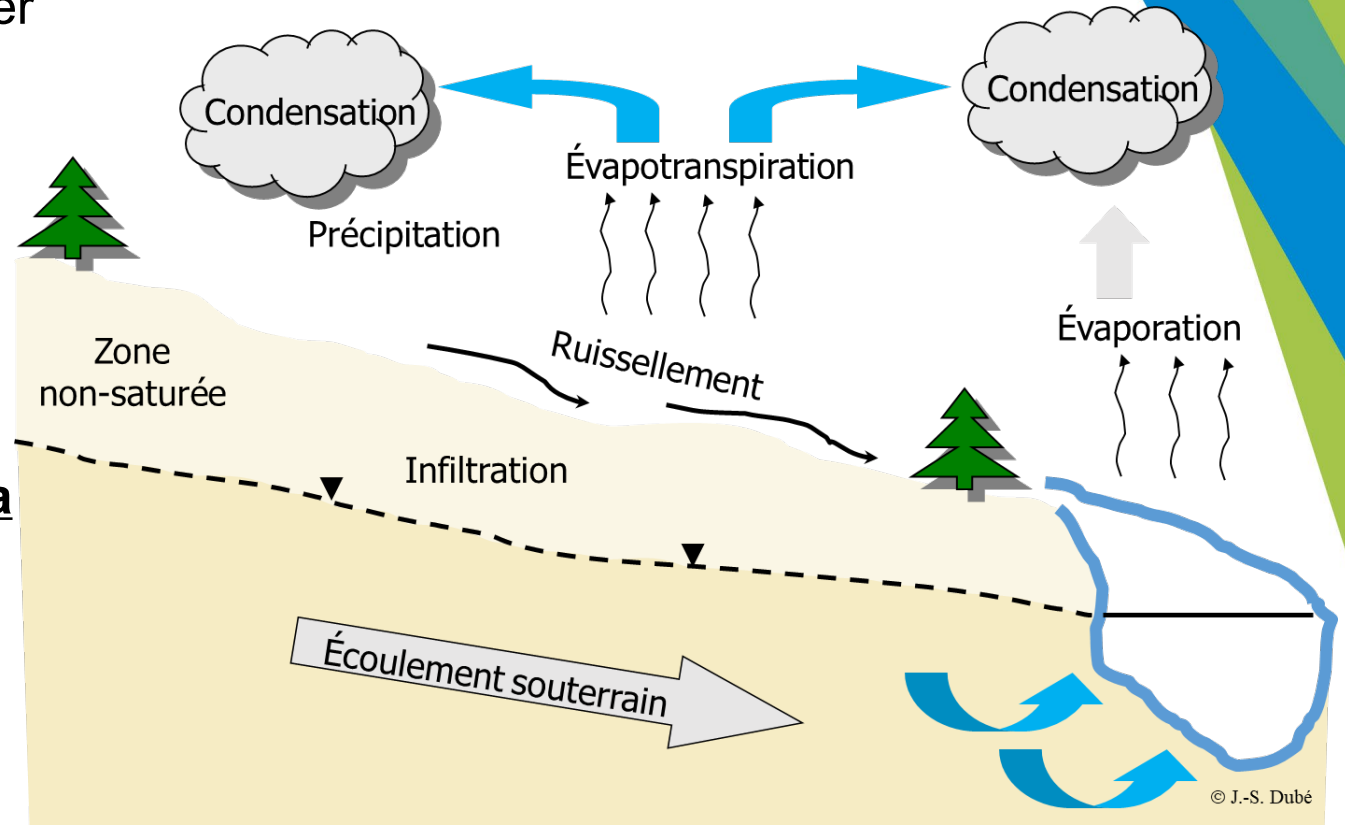
- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ **Principes de base en hydrogéologie**
- ▶ Caractérisation hydrogéologique
- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Méthodes d'assèchement
- ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Conclusion






# Notions d'hydrogéologie

## D'où vient l'eau souterraine?

- ▶ Une partie des **précipitations** va ruisseler en surface pour finir soit en évaporation, soit dans les cours d'eau
- ▶ L'autre partie va s'infiltrer dans les pores du sol ou les fractures du roc :
  - ▶ Évaporation d'une fraction
  - ▶ Transpiration d'une fraction
  - ▶ **Infiltration d'une fraction jusqu'à la nappe phréatique**
- ▶ **Émergence** – Zone de réapparition de l'eau souterraine au-dessus du sol.



# Notions d'hydrogéologie

Aquifère	Aquitard	Aquiclude
$K > 10^{-5}$ m/s	$10^{-8}$ m/s $< K < 10^{-5}$ m/s	$K < 10^{-8}$ m/s
Sable et gravier	Silt et argile	Roc sain
Perméable	Peu perméable	Imperméable
		

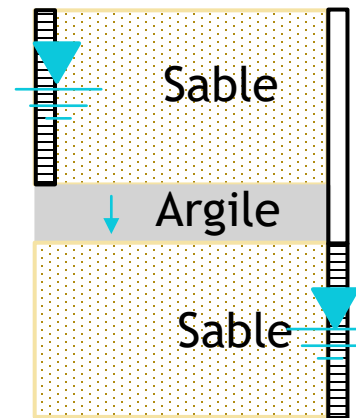
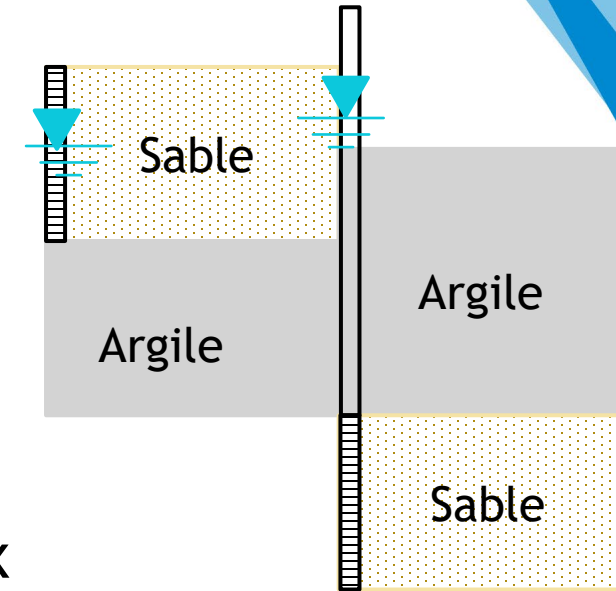
# Notions d'hydrogéologie

## Types d'aquifères

Aquifère non confiné (nappe libre) : Unité géologique partiellement saturée en contact direct avec l'atmosphère et reposant sur un aquitard. Le niveau d'eau fluctue en fonction des infiltrations.

Aquifère captif (nappe captive) : Unité géologique totalement saturée, située entre deux aquitards. L'eau est sous pression.

Aquifères semi-confinés : Cas dans lesquelles les couches confinantes de l'aquifère captif ne sont pas totalement imperméables ou sont de faibles épaisseurs. Il peut y avoir une circulation verticale d'eau limitée entre les couches géologiques.





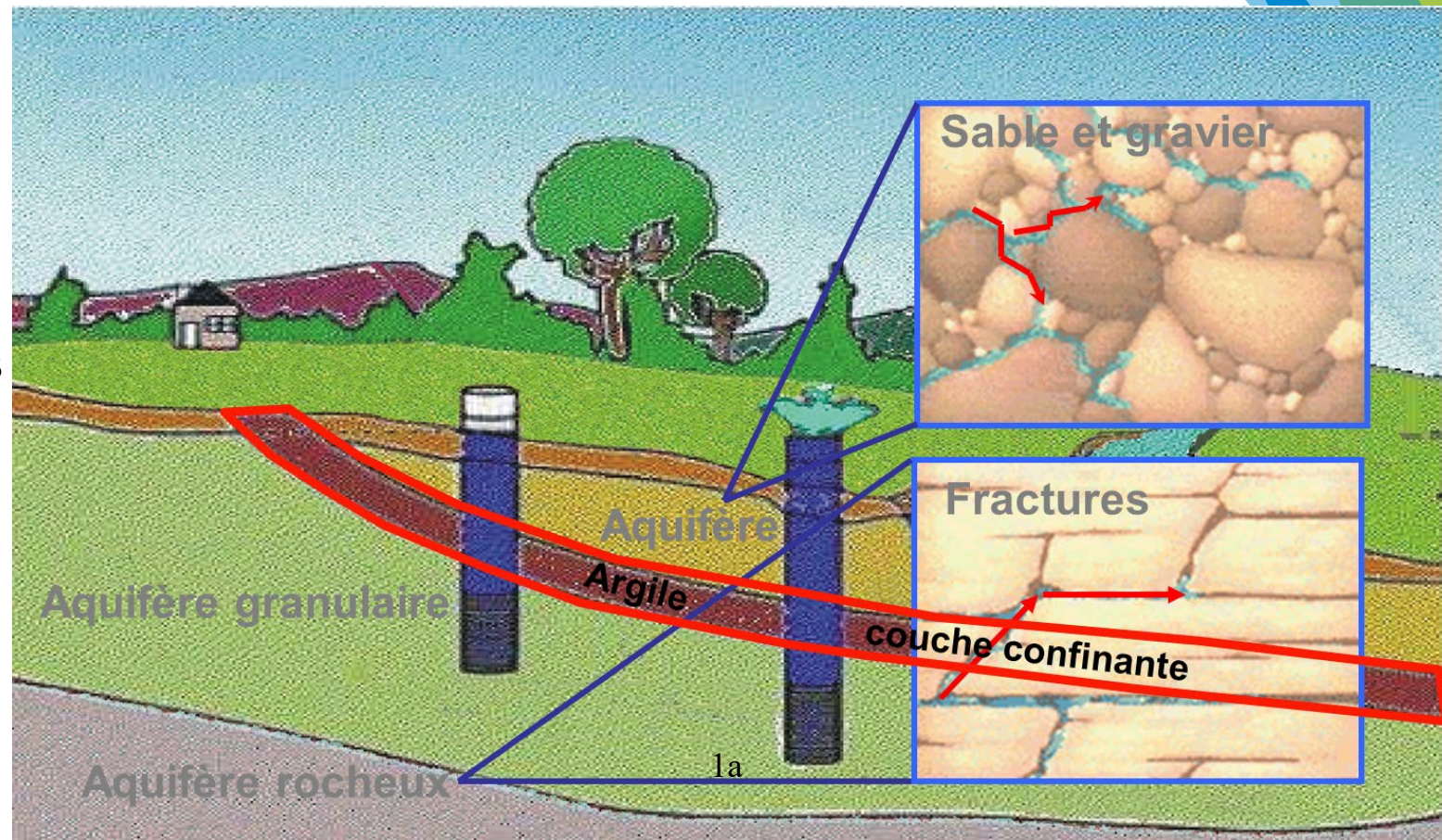
# Notions d'hydrogéologie

## En milieu poreux

Les vitesses typiques sont de quelques cm à quelques dizaines de mètres par an

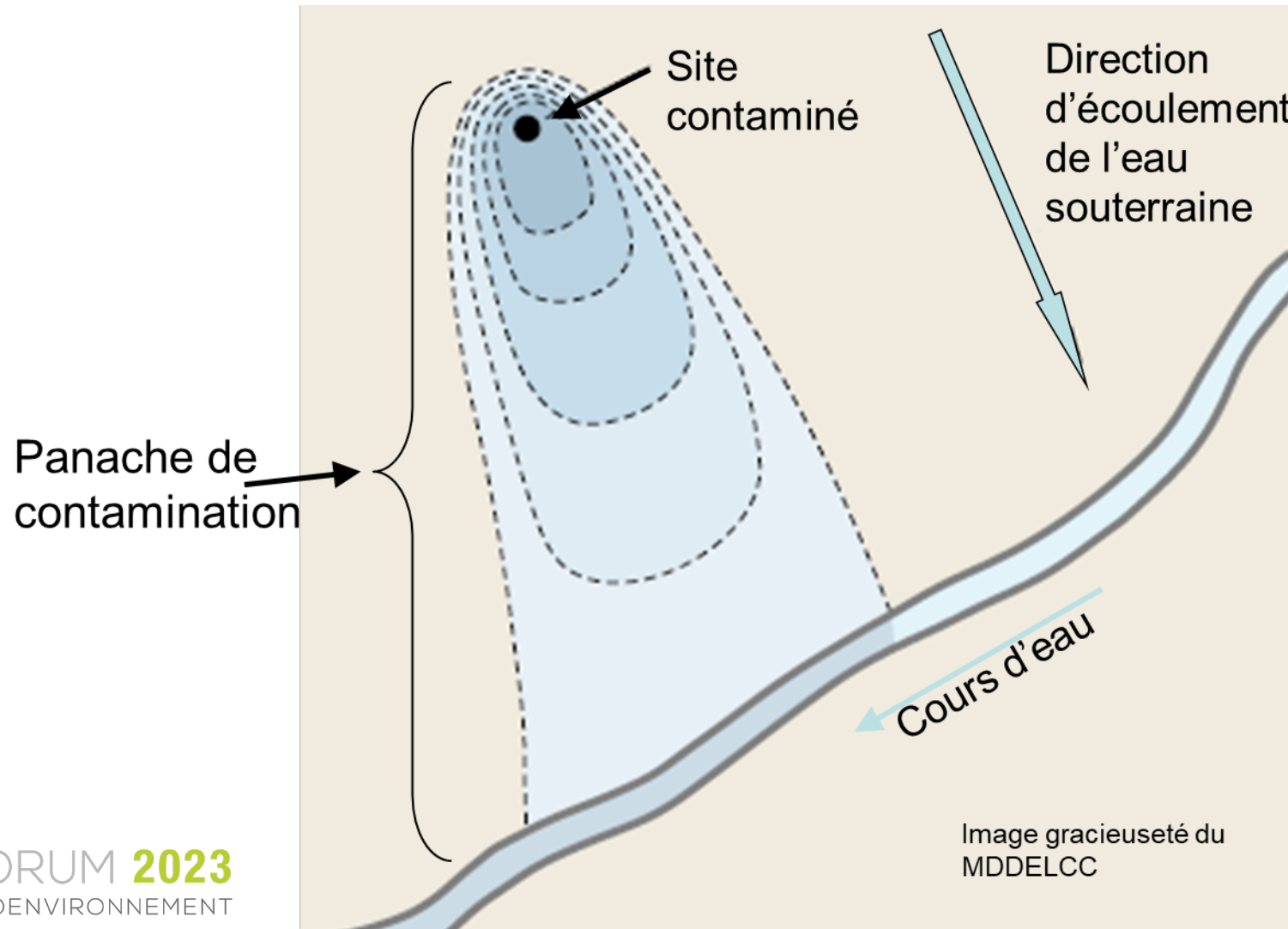
## En milieu fracturé

L'eau circule plus vite et peut circuler jusqu'à quelques centaines de mètres par an



# Notions d'hydrogéologie

Une source de contamination peut créer un panache qui va migrer avec l'eau souterraine, peut faire résurgence pendant des travaux d'excavation et même modifier la qualité d'un cours d'eau



# Plan de la présentation

- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ Principes de base en hydrogéologie
- ▶ **Caractérisation hydrogéologique**
- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Méthodes d'assèchement
- ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Conclusion



# Caractérisation hydrogéologique

## Études hydrogéologique

### Programme travail recommandé

- ▶ Données du projet (profondeur d'excavation/géométrie)
- ▶ Études existantes (géotechnique ou environnementale)
- ▶ Cartes dépôt meubles, cartes géologiques, SIH
- ▶ Sources de contamination
- ▶ Détermination de l'emplacement et de la profondeur des piézomètres, puits d'observation ou puits d'essais
- ▶ Programme d'essais de perméabilité ou pompage et échantillonnage et d'analyse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface

# Caractérisation hydrogéologique

## Modèles évaluation du débit de pompage

- ▶ Cas simples/Première évaluation



Modèles analytiques

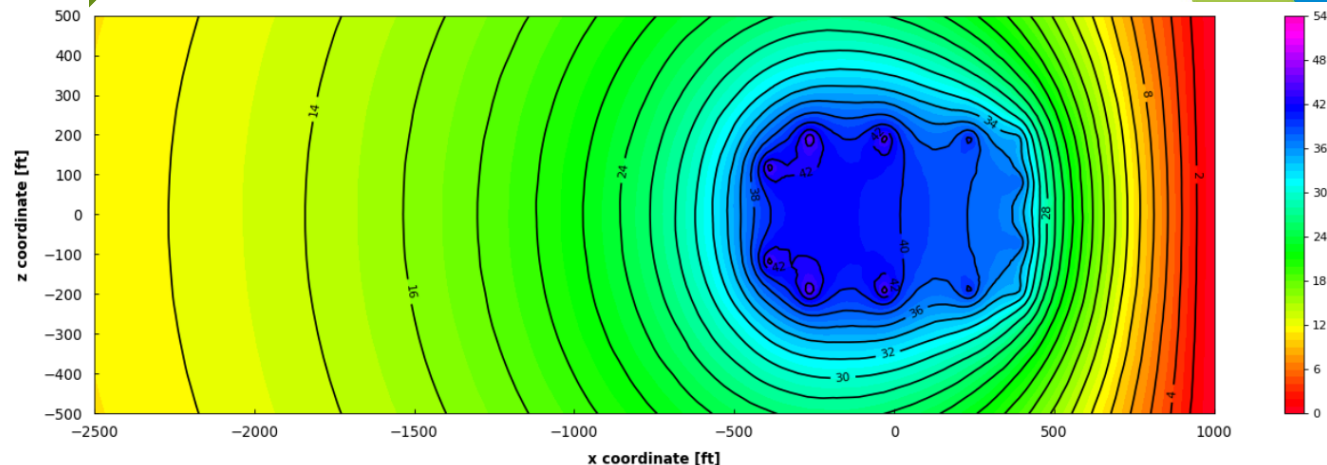
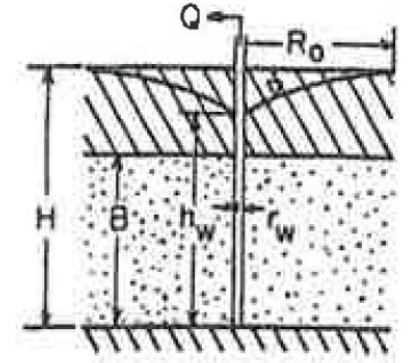
## Perméabilité Intransit calcul de débit

Référence: Construction Dewatering and Groundwater Control: New Methods and Applications, Powers, Corwin, Schmail and Kaeck, 2007

- ▶ Cas complexe/impact sur les usagers, sur l'environnement ou sur les infrastructures



Modèles numériques



Référence: Banque d'exemple SEEP/W Dewatering, Deep well systems

# Contexte hydrostratigraphique

## Perméabilité à partir de la granulométrie

Prédiction de la perméabilité à partir de la granulométrie					Prédiction de la perméabilité à partir de la granulométrie																																																																																																				
Projet: [redacted] No éch.: CF-3					Projet: [redacted] No éch.: CF-4																																																																																																				
No dossier: [redacted] No sondage: [redacted] Prof.: 0,61 - 1,22					No dossier: [redacted] No sondage: TF-09-20 Prof.: 1,83 - 2,44																																																																																																				
Description du sol: Gravier sableux et silteux, un peu d'argile.					Description du sol: Sable, traces de silt et de gravier.																																																																																																				
Surface spécifique					Surface spécifique																																																																																																				
Taille	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> ) = 2700	$S_s=6000/d_p$	$X S_s$		Taille	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> ) = 2700	$S_s=6000/d_p$	$X S_s$																																																																																																	
D (mm)	% passant	Diff. X	(m <sup>2</sup> /kg)	(m <sup>2</sup> /kg)	D (mm)	% passant	Diff. X	(m <sup>2</sup> /kg)	(m <sup>2</sup> /kg)																																																																																																
31.5	82.00				31.5	100.00																																																																																																			
20	82.00	0.000	0.11	0.00	20	100.00	0.000	0.11	0.00																																																																																																
14	78.00	0.040	0.16	0.01	14	100.00	0.000	0.16	0.00																																																																																																
10	76.00	0.020	0.22	0.00	10	99.00	0.010	0.22	0.00																																																																																																
5	68.00	0.080	0.44	0.04	5	98.00	0.010	0.44	0.00																																																																																																
2.5	64.00	0.040	0.89	0.04	2.5	96.00	0.020	0.89	0.02																																																																																																
1.25	59.00	0.050	1.78	0.09	1.25	89.00	0.070	1.78	0.12																																																																																																
0.630	55.00	0.040	3.53	0.14	0.630	68.00	0.210	3.53	0.74																																																																																																
0.315	50.00	0.050	7.05	0.35	0.315	34.00	0.340	7.05	2.40																																																																																																
0.160	46.00	0.040	13.89	0.56	0.160	11.00	0.230	13.89	3.19																																																																																																
0.080	40.50	0.055	27.78	1.53	0.080	3.80	0.072	27.78	2.00																																																																																																
0.0536	36.70	0.038	41.46	1.58																																																																																																					
0.0240	29.10	0.076	92.59	7.04																																																																																																					
0.0138	25.60	0.035	161.03	5.64																																																																																																					
0.0097	22.80	0.028	229.10	6.41																																																																																																					
0.0069	20.10	0.027	322.06	8.70																																																																																																					
0.0048	18.00	0.021	462.96	9.72																																																																																																					
0.0034	16.60	0.014	653.59	9.15																																																																																																					
0.0024	15.20	0.021	925.93	19.23																																																																																																					
0.0014	13.20	0.145	1587.30	230.53																																																																																																					
0.0008	= $d_{eq}$	0.132	2749.29	362.91																																																																																																					
Surface spécifique totale "S"				663.6	Surface spécifique totale "S"				10.3																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paramètres</th> <th>Valeur</th> <th>Unités</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sol naturel</td> <td>Non</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Nature du sol</td> <td>Till</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>L.L.</td> <td>%</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td><math>d_5</math></td> <td>N.D.</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td><math>d_{10}</math></td> <td>N.D.</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td><math>d_{60}</math></td> <td>1.5</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td><math>d_{10}/d_5</math></td> <td>N.D.</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td><math>C_u</math> (<math>d_{60}/d_{10}</math>)</td> <td>N.D.</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>					Paramètres	Valeur	Unités	Sol naturel	Non	—	Nature du sol	Till	—	L.L.	%	—	$d_5$	N.D.	mm	$d_{10}$	N.D.	mm	$d_{60}$	1.5	mm	$d_{10}/d_5$	N.D.	—	$C_u$ ( $d_{60}/d_{10}$ )	N.D.	—	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Critères de validité respectés</th> <th>Perméabilité (cm/s)</th> </tr> <tr> <th>Méthode / Critère No</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>Nb*</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Breyer</td> <td>non</td> <td>non</td> <td></td> <td></td> <td>0/2</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>Hazen-Taylor</td> <td>non</td> <td>non</td> <td></td> <td></td> <td>0/2</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>Navfac DM7</td> <td>non</td> <td>non</td> <td>oui</td> <td>N.D.</td> <td>1/4</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>Chapuis</td> <td>oui</td> <td>non</td> <td>oui</td> <td></td> <td>2/3</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>Kozeny-Carman</td> <td>oui</td> <td>N/A</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>6.19E-06</td> </tr> </tbody> </table>					Critères de validité respectés						Perméabilité (cm/s)	Méthode / Critère No	1	2	3	4	Nb*		Breyer	non	non			0/2	N.D.	Hazen-Taylor	non	non			0/2	N.D.	Navfac DM7	non	non	oui	N.D.	1/4	N.D.	Chapuis	oui	non	oui		2/3	N.D.	Kozeny-Carman	oui	N/A			1	6.19E-06																				
Paramètres	Valeur	Unités																																																																																																							
Sol naturel	Non	—																																																																																																							
Nature du sol	Till	—																																																																																																							
L.L.	%	—																																																																																																							
$d_5$	N.D.	mm																																																																																																							
$d_{10}$	N.D.	mm																																																																																																							
$d_{60}$	1.5	mm																																																																																																							
$d_{10}/d_5$	N.D.	—																																																																																																							
$C_u$ ( $d_{60}/d_{10}$ )	N.D.	—																																																																																																							
Critères de validité respectés						Perméabilité (cm/s)																																																																																																			
Méthode / Critère No	1	2	3	4	Nb*																																																																																																				
Breyer	non	non			0/2	N.D.																																																																																																			
Hazen-Taylor	non	non			0/2	N.D.																																																																																																			
Navfac DM7	non	non	oui	N.D.	1/4	N.D.																																																																																																			
Chapuis	oui	non	oui		2/3	N.D.																																																																																																			
Kozeny-Carman	oui	N/A			1	6.19E-06																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Calcul de l'indice des vides**</th> </tr> <tr> <th><math>\rho_d</math></th> <th>(kg/m<sup>3</sup>)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\rho_{d,min}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{max}</math> calculé</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{calculé}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{max}</math> littérature</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e</math> littérature</td> <td>0.45</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>n</math></td> <td>0.310</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Calcul de l'indice des vides**						$\rho_d$	(kg/m <sup>3</sup> )					$\rho_{d,min}$						$e_{max}$ calculé						$e_{calculé}$						$e_{max}$ littérature						$e$ littérature	0.45					$n$	0.310					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Calcul de l'indice des vides**</th> </tr> <tr> <th><math>\rho_d</math></th> <th>(kg/m<sup>3</sup>)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\rho_{d,min}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{max}</math> calculé</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{calculé}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e_{max}</math> littérature</td> <td>0.95</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>e</math> littérature</td> <td>0.7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>n</math></td> <td>0.412</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Calcul de l'indice des vides**						$\rho_d$	(kg/m <sup>3</sup> )					$\rho_{d,min}$						$e_{max}$ calculé						$e_{calculé}$						$e_{max}$ littérature	0.95					$e$ littérature	0.7					$n$	0.412				
Calcul de l'indice des vides**																																																																																																									
$\rho_d$	(kg/m <sup>3</sup> )																																																																																																								
$\rho_{d,min}$																																																																																																									
$e_{max}$ calculé																																																																																																									
$e_{calculé}$																																																																																																									
$e_{max}$ littérature																																																																																																									
$e$ littérature	0.45																																																																																																								
$n$	0.310																																																																																																								
Calcul de l'indice des vides**																																																																																																									
$\rho_d$	(kg/m <sup>3</sup> )																																																																																																								
$\rho_{d,min}$																																																																																																									
$e_{max}$ calculé																																																																																																									
$e_{calculé}$																																																																																																									
$e_{max}$ littérature	0.95																																																																																																								
$e$ littérature	0.7																																																																																																								
$n$	0.412																																																																																																								
<p><b>Critères de validité à respecter</b></p> <p><b>Hazen-Taylor: Sable lâche uniforme</b></p> <p>1) <math>0,1 \leq d_{10} \leq 3</math></p> <p>2) <math>C_u \leq 5</math></p> <p><b>Navfac DM7: Sable et gravier</b></p> <p>1) <math>0,1 \leq d_{10} \leq 2</math></p> <p>2) <math>2 \leq C_u \leq 12</math></p> <p>3) <math>0,3 \leq e \leq 0,7</math></p> <p>4) <math>d_{10}/d_5 \leq 1,4</math></p> <p><b>Chapuis: Tout sol naturel non plastique</b></p> <p>1) Sol naturel</p> <p>2) <math>0,003 \leq d_{10} \leq 3</math></p> <p>3) <math>0,3 \leq e \leq 1</math></p> <p><b>Breyer: Sol hétérogène à granulométrie étalée</b></p> <p>1) <math>1 \leq C_u \leq 20</math></p> <p>2) <math>0,06 \leq d_{10} \leq 0,6</math></p> <p><b>Kozeny-Carman: Sol pulvérulent ou plastique</b></p> <p>1) Méthode jugée valable (sols plastiques ou non) si la courbe granulométrique est complète avec % 80 <math>\mu</math>m supérieur à 10% OU</p> <p>2) Limite liquide doit être inférieure à 110 % pour une argile</p>					<p><b>Critères de validité à respecter</b></p> <p><b>Hazen-Taylor: Sable lâche uniforme</b></p> <p>1) <math>0,1 \leq d_{10} \leq 3</math></p> <p>2) <math>C_u \leq 5</math></p> <p><b>Navfac DM7: Sable et gravier</b></p> <p>1) <math>0,1 \leq d_{10} \leq 2</math></p> <p>2) <math>2 \leq C_u \leq 12</math></p> <p>3) <math>0,3 \leq e \leq 0,7</math></p> <p>4) <math>d_{10}/d_5 \leq 1,4</math></p> <p><b>Chapuis: Tout sol naturel non plastique</b></p> <p>1) Sol naturel</p> <p>2) <math>0,003 \leq d_{10} \leq 3</math></p> <p>3) <math>0,3 \leq e \leq 1</math></p> <p><b>Breyer: Sol hétérogène à granulométrie étalée</b></p> <p>1) <math>1 \leq C_u \leq 20</math></p> <p>2) <math>0,06 \leq d_{10} \leq 0,6</math></p> <p><b>Kozeny-Carman: Sol pulvérulent ou plastique</b></p> <p>1) Méthode jugée valable (sols plastiques ou non) si la courbe granulométrique est complète avec % 80 <math>\mu</math>m supérieur à 10% OU</p> <p>2) Limite liquide doit être inférieure à 110 % pour une argile</p>																																																																																																				
*XY signifie que X des Y critères sont satisfaits N.D.: Non déterminé N.A.: Non applicable					*XY signifie que X des Y critères sont satisfaits N.D.: Non déterminé N.A.: Non applicable																																																																																																				
**Si $\rho_s$ n'est pas disponible, utiliser une valeur de $e$ (sol lâche ou dense) et $e$ max dans la littérature: Réf.: "Introd. à la géotechnique de Holtz et Kovacs", Éd. 1981, p. 117 (voir tableau 4.2, ci-bas)					**Si $\rho_s$ n'est pas disponible, utiliser une valeur de $e$ (sol lâche ou dense) et $e$ max dans la littérature: Réf.: "Introd. à la géotechnique de Holtz et Kovacs", Éd. 1981, p. 117 (voir tableau 4.2, ci-bas)																																																																																																				
<p>Résultats: La perméabilité saturée (Ksat) est estimée à <math>6.2 \times 10^{-6}</math> cm/s à 20 °C. Les méthodes de Breyer, Hazen-Taylor, Navfac DM7 et Chapuis ne sont pas adaptées.</p>					<p>Résultats: La perméabilité saturée Ksat est estimée entre <math>1.5 \times 10^{-2}</math> et <math>8.2 \times 10^{-2}</math> cm/s à 20 °C. La méthode de Navfac DM7 n'est pas adaptée</p>																																																																																																				

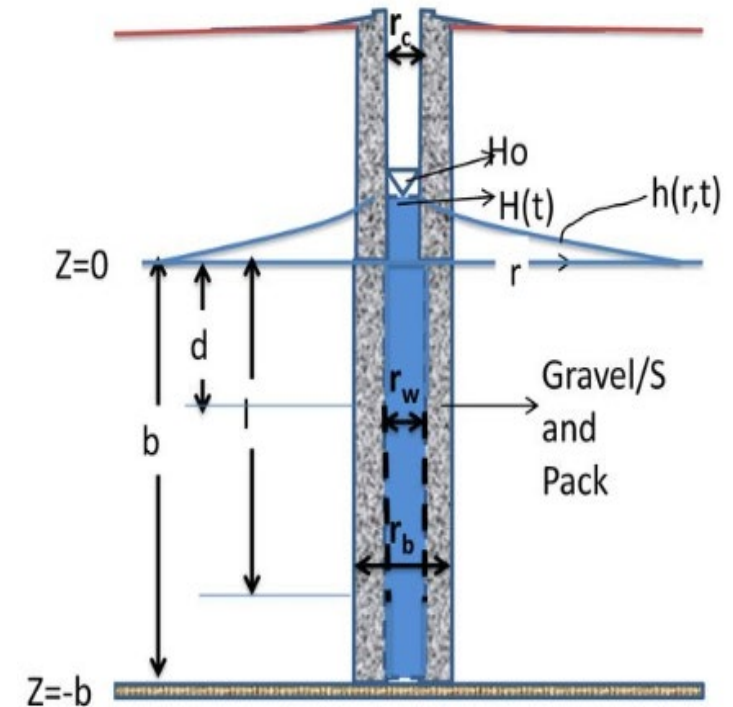


# Caractérisation hydrogéologique

## Essais de perméabilité

### Objectifs :

- Déterminer la conductivité hydraulique de la zone saturée autour de la crépine du piézomètre ou puits d'observation;
- Dans tous les cas, vérifier le niveau d'eau statique observé dans un tube de forage ou dans un tube de piézomètre;
- Vérifier le scellement d'un piézomètre afin d'éviter la circulation d'eau préférentielle entre les couches aquifères;
- Essai à niveau variable (injection ou retrait d'eau);
- Essai à niveau constant;



Source: Cerema

# Caractérisation hydrogéologique

## Essais de pompage

### Définition

Un essai de pompage consiste au pompage de l'eau souterraine d'un puits selon certaines règles et en l'observation de l'influence du pompage sur les niveaux d'eau de l'aquifère (essais par paliers et longue durée).

### Objectifs



**OBTENIR LES PROPRIÉTÉS  
HYDROGÉOLOGIQUES DE L'AQUIFÈRE**

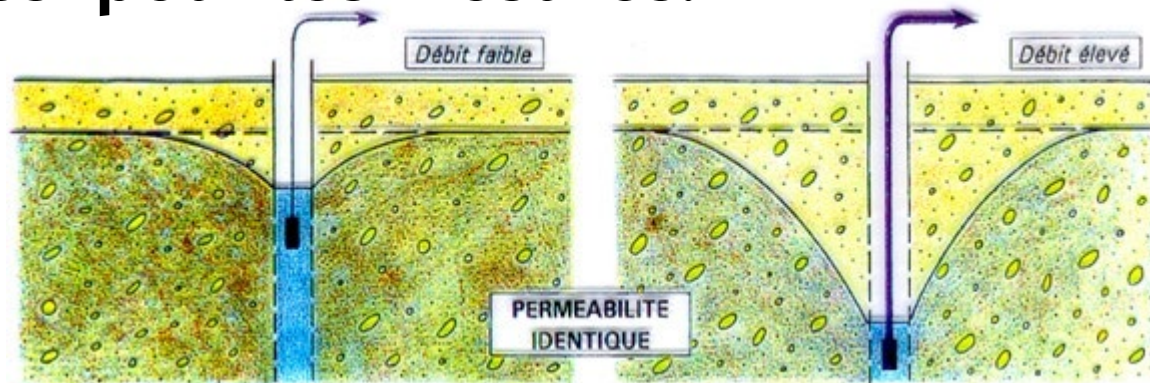
- Évaluer le débit que le puits peut fournir à long terme;
- Déterminer les frontières de l'aquifère, son coefficient d'emmagasinement ( $S$ ) et sa transmissivité ( $T=kB$ );
- Estimer le rayon d'influence du pompage et l'aire d'alimentation du puits.

# Caractérisation hydrogéologique

## Essais de pompage

### Types d'aquifère, perméabilité et rabattement

- Les rabattements peuvent être mesurés à quelques centaines de mètres du puits pompé d'un aquifère confiné;
- Les rabattements sont généralement restreints à quelques dizaines de mètres dans un aquifère à nappe libre;
- Débit pompé : plus il est élevé, plus le cône de rabattement est étendu. On doit donc utiliser des puits d'observation plus éloignés aussi pour les mesures.



Source: <http://sigesar.brgm.fr/Les-parametres-hydrodynamiques-definitions>



# Caractérisation hydrogéologique

## Échantillonnage d'eau souterraine

### Cahier 3 : Guide d'échantillonnage des eaux souterraines publié par le CEAEQ:

- ▶ Développement: Retirer les particules fines
  - ▶ Échantillonnage
    - ▶ Volume prédéterminé
    - ▶ Purge à faible débit et à faible rabattement
    - ▶ Purge minimale
    - ▶ Passive
- AUCUNE DE CES MÉTHODES  
NE REPRÉSENTE LES  
CONDITIONS DE POMPAGE  
DANS UNE EXCAVATION**



# Caractérisation hydrogéologique

## Échantillonnage d'eau souterraine

### Altération possible de l'échantillon

- ▶ Présence de particules fines
- ▶ Variation de température, de pression, de pH

SONDE MULTIPARAMÈTRE AVEC  
CELLULE D'ÉCOULEMENT



- ▶ Contamination croisée (poussières, air pollué, réactif d'un autre échantillon, etc.)

**COMMENT PRÉLEVER DES  
ÉCHANTILLONS DANS UNE  
EXCAVATION?**



# Caractérisation hydrogéologique

## Méthode d'échantillonnage pour une excavation

- ▶ Échantillonnage manuel à la perche de l'eau s'accumulant dans l'excavation ou dans les conteneurs, réservoirs ou camions-citernes utilisés pour l'entreposage temporaire
- ▶ Échantillonnage à l'exutoire du système de pompage
- ▶ Échantillonnage en amont du traitement et à l'exutoire système de traitement et selon la fréquence établie au permis ou à l'autorisation ministérielle



<https://geneq.com/environment/fr/produit/spectrum-nasco/perche-d-echantillonnage-2531>





# Caractérisation hydrogéologique

## Analyses chimiques des échantillons d'eau

- ▶ Prévoir les pots avec le laboratoire en fonction des paramètres analysés
- ▶ Prévoir les délais d'analyse **Ex.: Eau entreposée temporairement**
- ▶ Pas les mêmes paramètres au niveau municipal  
Ex: Métaux totaux non filtrés CMM 2008-47 vs métaux totaux filtrés au ministère



<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/protocole-echantill-qualite.pdf>

# Caractérisation hydrogéologique

## Interprétation des résultats de la qualité d'eau

- ▶ **Fonction du récepteur**
- ▶ Critères du Guide d'intervention (Eau de surface ou Eau potable ex. si puits d'eau potable à proximité)
- ▶ Généralement par rapport au règlement pour le réseau d'égout de la Ville (ex. CMM 2008-47)
- ▶ Si eau de surface dépend des Objectifs de rejets (OER) définis par le Ministère

# Plan de la présentation

- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ Principes de base en hydrogéologie
- ▶ Caractérisation hydrogéologique
- ▶ **Contexte réglementaire**
- ▶ Méthodes d'assèchement
- ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Conclusion



# Contexte réglementaire

## Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)

### ► Article 20:

*Nul ne peut rejeter un contaminant dans l'environnement ou permettre un tel rejet au-delà de la quantité ou de la concentration déterminée conformément à la présente loi.*

*La même prohibition s'applique au rejet de tout contaminant dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement ou est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité de l'environnement, aux écosystèmes, aux espèces vivantes ou aux biens.*

### ► Article 22: Définis les activités nécessitant une autorisation du ministre dont:

2° **tout prélèvement d'eau**, incluant les travaux et ouvrages que nécessite un tel prélèvement, dans la mesure prévue à la section V;

3° l'établissement, la modification ou l'extension de toute installation de gestion ou de traitement des eaux visée à l'article 32 ainsi que **l'installation et l'exploitation de tout autre appareil ou équipement destiné à traiter les eaux**, notamment pour prévenir, diminuer ou faire cesser le rejet de contaminants dans l'environnement ou dans un réseau d'égout;

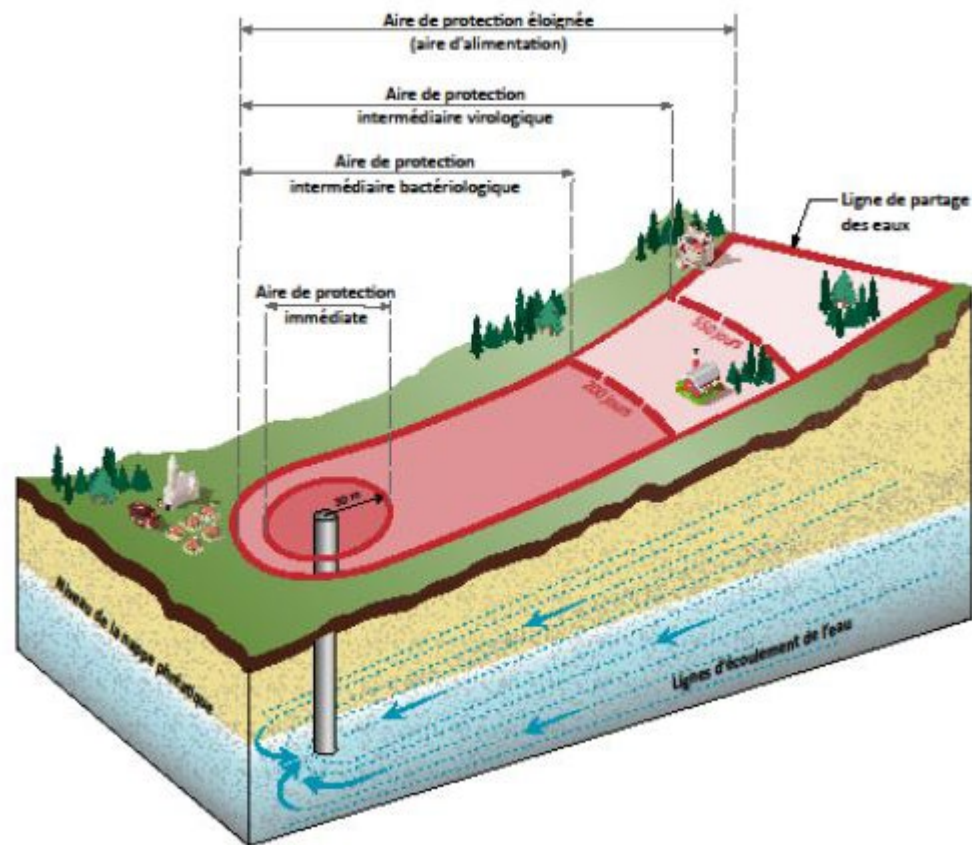
# Contexte réglementaire Pompage

## Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)

Selon le Guide d'application du RPEP :

- ▶ Renforcer la protection des sources destinées à l'alimentation en eau potable
- ▶ Protection 3 catégories :
  - ▶ 1 : aqueduc municipal >500 personnes
  - ▶ 2 : aqueduc >21 personnes
  - ▶ 3 : système alimentant <21 personnes
- ▶ Aire de protection pour protéger l'intégrité de tout prélèvement d'eau souterraine :
  - ▶ Selon la vulnérabilité des eaux souterraines → Méthode DRASTIC (faible, moyen et élevé)
  - ▶ Aire de protection immédiate de 3m (catégorie 3) ou 30m (catégories 1 et 2)
  - ▶ Aire de protection intermédiaire bactériologique et virologique 30 et 100 m (Catégorie 3) ou 100 et 200 m (Catégorie 2) ou temps de migration calculé 200 et 550 jours (Catégorie 1)
  - ▶ Aire de protection éloignée 2 km (catégorie 2) ou aire d'alimentation complète (catégorie 1)

REAFIE si  $Q > 75\,000\text{ L/j}$  Bassin St-Laurent si  
 $Q > 379\,000\text{ L/j}$



# Contexte réglementaire

## Pompage

### Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE)

► Article 173: Définis les activités exemptées d'une autorisation pour un prélèvement d'eau dont:

4° un prélèvement d'eau temporaire et non récurrent effectué à un ou plusieurs sites de prélèvement dans les cas suivants:

a) dans le cadre de travaux d'exploration d'une substance minérale, s'il n'est pas effectué pour le dénoyage ou le maintien à sec d'une fosse à ciel ouvert d'excavations ou de chantiers souterrains;

**b) dans le cadre de travaux de génie civil ou de réhabilitation d'un terrain contaminé, s'il n'excède pas 180 jours;**

c) pour analyser le rendement d'une installation de prélèvement d'eau souterraine ou établir les propriétés d'un aquifère, si les conditions suivantes sont respectées:

i. la durée du prélèvement d'eau n'excède pas 30 jours;

ii. le prélèvement d'eau est effectué dans le cadre d'un essai dont la réalisation et l'interprétation sont conformes à une méthode scientifique reconnue dans le domaine de l'hydrogéologie;

d) pour analyser la qualité de l'eau à des fins de consommation humaine, s'il n'excède pas 200 jours;

5° un prélèvement d'eau temporaire et non récurrent effectué par un batardeau;



# Contexte réglementaire Traitement

## Traitement des eaux qui ont des matières en suspension

L'article 22 al.1(3) assujettit :

*«... l'installation et l'exploitation de tout autre appareil ou équipement destiné à traiter les eaux, notamment pour prévenir, diminuer ou faire cesser le rejet de contaminants dans l'environnement ou dans un réseau d'égout».*

Les exemptions relatives à ce paragraphe sont peu nombreuses (art. 207 à 214 REAFIE) et ne visent aucun appareil de filtration ou de décantation de MES alors que le MELCCFP interprète que la gestion des MES par filtration et décantation est visée par 22 al.1 (3).



# Contexte réglementaire

## Traitement

### Nouvel article 213.1 en vigueur le 13 février 2023

« Sont exemptées d'une autorisation en vertu de la présente sous-section, l'installation et l'exploitation subséquentes d'un système de traitement temporaire qui vise le retrait de matières en suspension, qui est installé dans le cadre de travaux de construction ou de démolition et qui est destiné à traiter les eaux usées générées uniquement par cette activité. Les conditions suivantes s'appliquent aux activités visées au premier alinéa :

1° lorsque les eaux sont rejetées à l'environnement, le débit doit être inférieur à 10 m<sup>3</sup> par jour, à l'exception des travaux d'assèchement de zone de travaux en cours d'eau, et elles doivent respecter les valeurs suivantes :

a) une concentration de matières en suspension inférieure ou égale à **50 mg/l**;

b) un pH entre 6 et 9,5;

c) une concentration d'hydrocarbures pétroliers (C10-C50) inférieure ou égale à 2 mg/l;

2° les eaux ne doivent pas avoir été en contact avec des sols contaminés. »

# Contexte réglementaire

## Traitement

### Guide d'intervention (2021) - section 7.8.5

#### Un rejet dans le réseau d'égout d'eau souterraine pompée d'une excavation :

*« ... Les rejets dans un réseau d'égout domestique ou unitaire municipal sont permis, sans qu'il soit nécessaire d'obtenir une autorisation préalable du Ministère, si le débit rejeté est inférieur à 10 m<sup>3</sup>/jour et si les ouvrages d'assainissement municipaux ont la capacité de les recevoir et de les traiter. Ils doivent toutefois être préalablement autorisés par la municipalité. Cette valeur limite imposée pour le débit journalier vise à ne pas faire augmenter la fréquence des débordements du réseau. Pour un débit égal ou supérieur à 10 m<sup>3</sup>/jour, une autorisation du Ministère est requise en vertu de l'article 22 de la LQE, en plus du permis de la municipalité...»*

**Dans le but de  
réduire les surverses**



# Contexte réglementaire Traitement

**Exemple: 10 m<sup>3</sup>/j**



- ▶ Piscine Coleman 16 pi x 8 pi x 48 pi
- ▶ 11 m<sup>3</sup>

<https://www.canadiantire.ca/fr/pdp/piscine-a-cadre-rectangulaire-colemanmd-rattan-avec-echelle-16-pi-x-8-pi-x-48-po-0813576p.html?loc=plp>

- ▶ Boyau a jardin 20 l/min = 1,2 m<sup>3</sup>/h = 28,8 m<sup>3</sup>/j



[https://unsplash.com/fr/photos/W1r1li4AW0Q?utm\\_source=unsplash&utm\\_medium=referral&utm\\_content=creditShareLink](https://unsplash.com/fr/photos/W1r1li4AW0Q?utm_source=unsplash&utm_medium=referral&utm_content=creditShareLink)



- ▶ Pompe submersible 4.5 m<sup>3</sup>/h = 108 m<sup>3</sup>/j

<https://www.canadiantire.ca/fr/pdp/pompe-submersible-tout-usage-mastercraft-0623575p.html> 32

# Contexte réglementaire - Rejet

## ► Gestion de l'eau d'excavation :

- Les eaux souterraines pompées d'une excavation ou de puits dans le cadre de travaux de restauration sont considérées comme des **eaux usées**. En conséquence, elles ne peuvent pas être rejetées librement en milieu urbain ou dans l'environnement. L'annexe 10 du Guide d'intervention s'applique.

# Contexte réglementaire - Rejet

## Guide d'intervention (2021) - section 7.8.5

### Un rejet dans le réseau d'égout d'eau souterraine pompée d'une excavation:

*« ... Les eaux usées, même traitées ne devraient pas être dirigées vers un réseau d'égout pluvial. Toutefois, le Ministère peut autoriser cette façon de faire dans des situations exceptionnelles où il n'y aurait aucune autre solution envisageable...*

**Autorisation ministérielle et municipale**

*Les rejets dans un réseau d'égout pluvial ou en eau de surface doivent obtenir une autorisation préalable du Ministère ou être approuvés dans le cadre d'un plan de réhabilitation... Les rejets dans un réseau d'égout pluvial doivent être préalablement autorisés par la municipalité et respecter les conditions du permis délivré.* »



# Contexte réglementaire - Rejet

## ► Annexe 10 du Guide d'intervention :

Récepteur du rejet	Approche	Valeurs limites applicables <sup>(1)</sup>	Conditions de rejet à respecter	Autorisation préalable
Réseau d'égout domestique ou unitaire municipal	Rejet permis si les ouvrages d'assainissement municipaux ont la capacité de les recevoir et de les traiter	Normes du règlement municipal	Accord de la municipalité sur le débit et les charges déversés	Permis de la municipalité <sup>(2)</sup>
Réseau d'égout pluvial municipal	Rejet normalement interdit, mais permis exceptionnellement en l'absence d'une autre solution <sup>(3)</sup>	Critères de qualité des eaux souterraines en cas de résurgence dans l'eau de surface	Le rejet doit être d'une <u>durée inférieure à 30 jours</u> et respecter les conditions suivantes : a) débit maximal inférieur à 20 m <sup>3</sup> /jour b) absence de substances persistantes, toxiques et bioaccumulables <sup>(4)</sup> c) en dehors d'un milieu sensible <sup>(5)</sup> d) en dehors l'aire de protection immédiate d'un prélèvement d'eau souterraine ou de surface <sup>(6)</sup>	Permis de la municipalité <sup>(2)</sup>  Autorisation du Ministère <sup>(7)</sup>
Eau de surface <sup>(8)</sup>	Rejet permis <sup>(3)</sup>	Critères de qualité des eaux souterraines en cas de résurgence dans l'eau de surface	Le rejet doit être d'une <u>durée inférieure à 30 jours</u> et respecter les conditions suivantes : a) débit maximal inférieur à 20 m <sup>3</sup> /jour b) absence de substances persistantes, toxiques et bioaccumulables <sup>(4)</sup> c) en dehors d'un milieu sensible <sup>(5)</sup> d) en dehors l'aire de protection immédiate d'un prélèvement d'eau souterraine ou de surface <sup>(6)</sup>	Autorisation du Ministère <sup>(7)</sup>

# Contexte réglementaire - Rejet

## Étapes demandes de permis - Rejet eaux de surface Objectifs environnementaux de rejet (OER)

- ▶ Concentrations des contaminants pouvant être rejetées dans le milieu aquatique en fonction des usages de l'eau (Définis par le MELCCFP)
- ▶ Dépend du milieu récepteur
- ▶ Basé sur les critères de qualité des eaux de surface
- ▶ Nécessite une caractérisation initiale du milieu (eau de surface et sédiments)
- ▶ Nécessite les caractéristiques de l'effluent et du rejet

# Contexte réglementaire - Rejet

## Étapes demandes de permis - Rejet égout Demande de permis à la municipalité

- ▶ Fonction du règlement municipal (ex. CMM 2008-47)
- ▶ Demande fait par l'entrepreneur
- ▶ Peut limiter le débit
- ▶ Les eaux rejetées doivent respecter les critères de rejet, dont l'absence de matières en suspension

# Contexte réglementaire

## Gestion des eaux pluviales

- ▶ Municipalité qui adopte des règlements pour limiter le débit au réseau pour également limiter les surverses
- ▶ Exemple Règlement 20-030 de la Ville de Montréal:
  - ▶ « 119. Tout immeuble dont les eaux pluviales se déversent, directement ou indirectement, dans l'égout public ou dans un cours d'eau et dont la superficie de la surface imperméable est de plus de 1000 mètres carrés doit retenir les eaux pluviales à l'aide d'un système de gestion des eaux pluviales. »
  - ▶ « 132. Aux fins de la présente sous-section, le débit de rejet pluvial total inclut tous les débits suivants : 1° le débit des eaux provenant des eaux souterraines;... »
  - ▶ « 158. Un test de conductivité hydraulique à saturation du sol naturel ou importé doit être réalisé pour chaque ouvrage avec infiltration selon la procédure établie à l'annexe B du Guide de gestion des eaux pluviales du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques ou bien à l'annexe B de la norme CSA - Conception des systèmes de biorétention. »

**Les débits rejetés aux réseaux municipaux sont limités**



# Plan de la présentation

- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ Principes de base en hydrogéologie
- ▶ Caractérisation hydrogéologique
- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ **Méthodes d'assèchement**
- ▶ Méthodes de traitement
- ▶ Conclusion

# Méthodes de contrôle physique et d'étanchéisation

- ▶ Palplanches
- ▶ Parois sols-bentonite
- ▶ Mur ciment-bentonite (injection)

**Débit très élevé ou impact sur les usagers ou impact sur l'environnement ou contrainte géotechnique (ex. tassements)**

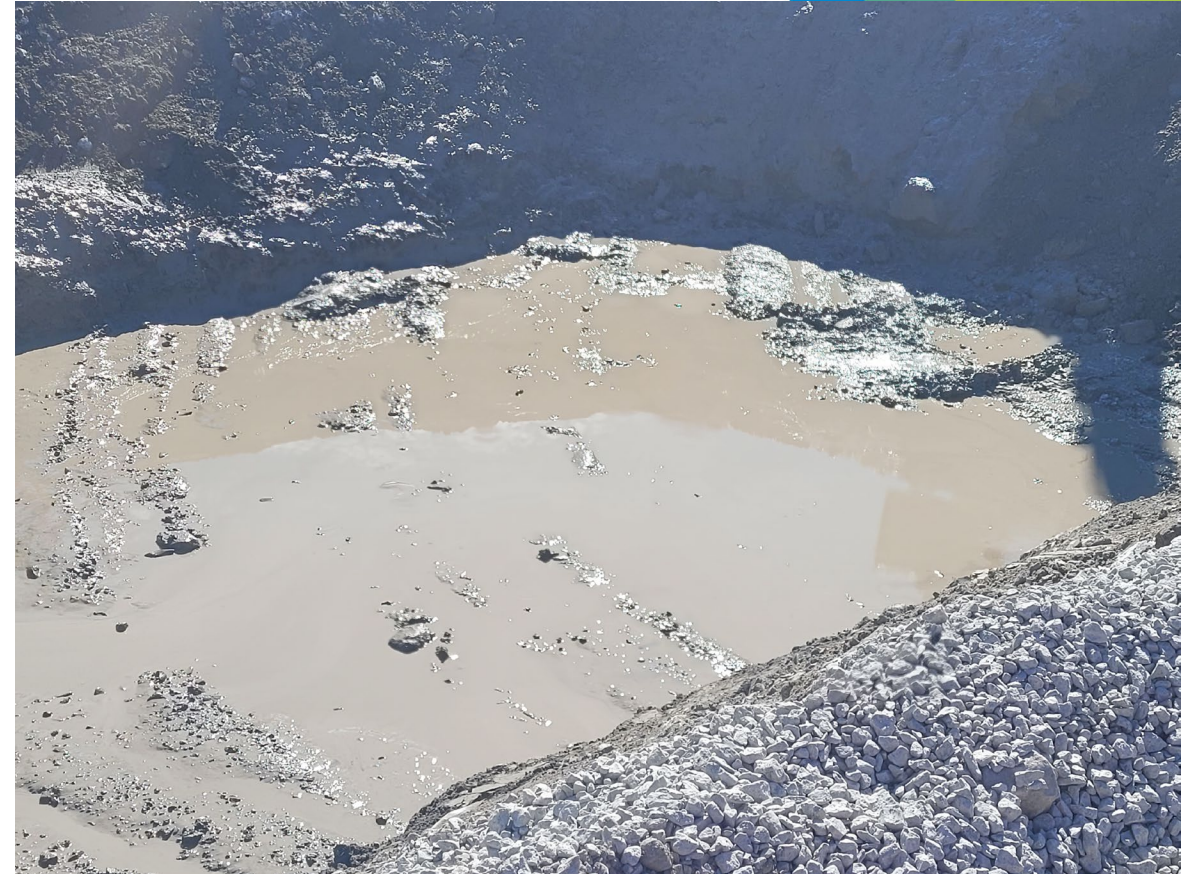


Source : Art forage Maroc

# Notions sur l'assèchement des excavations

## Problématique **Instabilité**

- ▶ Il arrive souvent qu'il y ait présence d'eau dans les tranchées et les excavations (pluie, fonte de la neige, nappe souterraine, etc.). Cette situation peut devenir problématique aussi bien d'un point de vue technique (nuit à la qualité des travaux et à la performance future de la tranchée) que d'un point de vue sécuritaire.
- ▶ Cette accumulation d'eau diminue la stabilité du sol et provoque l'érosion, ce qui peut créer des vides en arrière de l'étañonnement et menacer la stabilité des parois de l'excavation.
- ▶ Différentes techniques de gestion des eaux d'excavation ont été développées.





# Notions sur l'assèchement des excavations

## Pompage de surface (pompe à puisard)



©Tsurumi pompes



- ▶ Utilisation de pompes à boues (pompes à puisard) pour assécher le fond des tranchées.
- ▶ Puissantes et résistantes, elles peuvent transporter une grande variété de substances (eaux chargées, boues, etc.).
- ▶ Plusieurs variétés de pompes sont disponibles, certaines peuvent atteindre jusqu'à 177 mètres de hauteur de refoulement et un débit jusqu'à 750 m<sup>3</sup>/h (3 300 GUSPM), avec des puissances motrices comprises entre 0,4 kW et 110 kW.
- ▶ **Installées suite à la présence d'eau**
- ▶ **Présence de matières en suspensions**
- ▶ **Profondeur d'excavation limitée**



# Notions sur l'assèchement des excavations

## Pointes Filtrantes

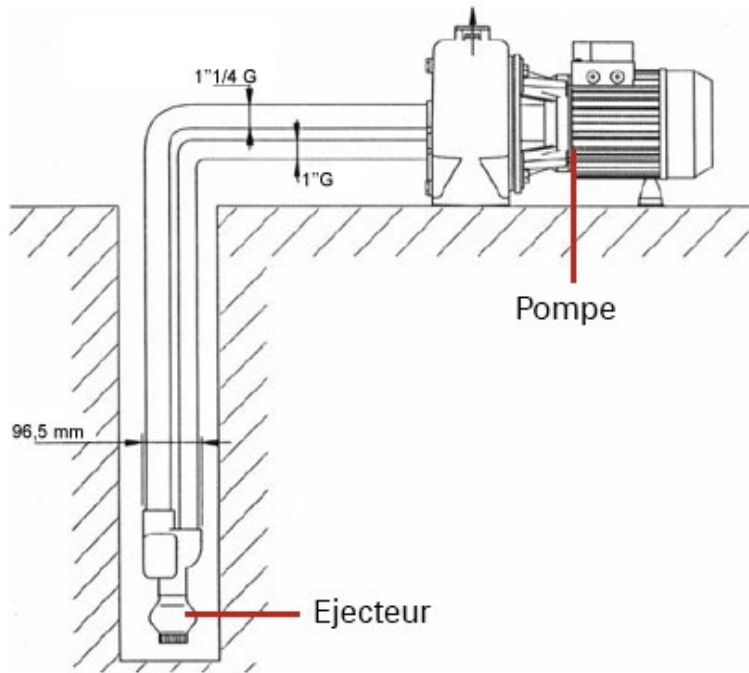


©ISCHEBECK

- ▶ Les pointes filtrantes (= mini-puits d'aspiration) sont plantés dans le sol pour l'assécher. Ce système est efficace jusqu'à des profondeurs de 6 mètres. Pour des profondeurs plus grandes, plusieurs étages de rabattement peuvent être mis place.
- ▶ Les pointes filtrantes sont reliées à des collecteurs d'aspiration et des pompes. Les dispositions habituelles sont en ligne, en double ligne ou en ceinture autour de l'ouvrage.
- ▶ Le débit et le nombre de pompes sont tributaires de la nature du terrain et du volume à assécher.
- ▶ **Conception moyenne à complexe**
- ▶ **Difficile à mettre en place en présence d'obstacle dans le sol (cailloux et blocs)**

# Notions de l'assèchement des excavations

## Puits à éducteurs



©PompePRO

- ▶ Installation d'une série de puits avec crépines selon un espacement adapté au type de sol (espacés de 3 à 6 m)
- ▶ Ce système repose sur l'aspiration Venturi. Le passage de l'eau à haute pression à travers l'éjecteur venturi crée une succion qui aspire l'eau du sol à travers la crépine du puits et la pousse vers la surface par le tuyau de retour
- ▶ Peut atteindre des rabattements de 30 m
- ▶ Idéal pour les sols de faible perméabilité
- ▶ **Peu adapté pour les sols perméables en raison de la faible efficacité énergétique.**
- ▶ **Plus rare car plus coûteux et plus complexe**



# Notions de l'assèchement des excavations

Puits



Unité de pompage



# Notions sur l'assèchement des excavations

## Puits tubulaires profonds ("deep well")



- ▶ Installation d'un à plusieurs puits individuels équipés de pompe submersible.
- ▶ Idéal dans des sols de grande perméabilité où les volumes d'eau à gérer sont importants et se renouvellent rapidement.
- ▶ Idéal lorsque la profondeur de rabattement requise excède la capacité des autres systèmes d'assèchement.
- ▶ Idéal lorsque le chantier présente des contraintes d'occupation des surfaces du sol.
- ▶ **Conception du puits à effectuer**
- ▶ **Prend un lien hydraulique entre l'excavation et l'aquifère pompé**



# Plan de la présentation

- ▶ Introduction
- ▶ Enjeux
- ▶ Principes de base en hydrogéologie
- ▶ Caractérisation hydrogéologique
- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Méthodes d'assèchement
- ▶ **Méthodes de traitement**
- ▶ Conclusion

# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ➤ Gestion de l'eau d'excavation :

### 1) Pompage et traitement hors site :

- Normalement pour des projets de petite envergure.
- L'eau doit être transportée dans un site de traitement autorisé et ce site doit fournir un bon de disposition.

### 2) Pompage et rejet avec ou sans traitement sur place (Annexe 10 du GI) :

- Normalement pour des projets de moyenne et grande envergure.
- Partout où c'est possible, le rejet d'eau conforme (avec ou sans traitement) doit être à l'égout sanitaire.
- Permis et/ou autorisation sont requis.

# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place - Généralités :

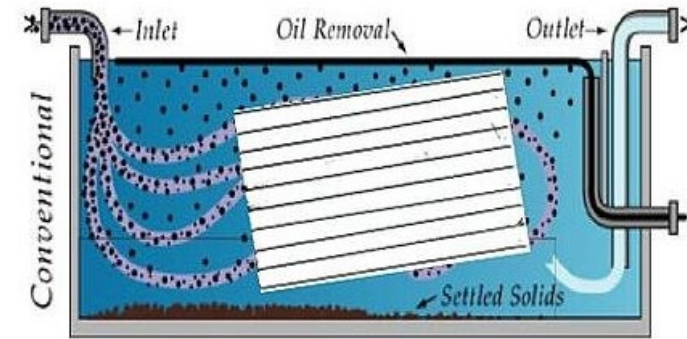
- Programme analytique à faire approuver (paramètres et fréquences) ;
- Suivi des volumes ;
- Surveillance de l'efficacité des médias de filtration/traitement ;
- Systèmes dupliqués possibles permettant une flexibilité et un traitement en continu ;
- Gestion des médias usés : matière résiduelle (MR ou MRD?)

# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place

### • Décantation/Séparation

- Traitement des MES (particules > 100  $\mu\text{m}$ )
- Séparation de phase flottante
- Simple d'utilisation
- Grands débits demandent de très grands volumes
- Gestion des boues décantées peut poser problème (siccité faible)





# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place

### • GÉOTUBES

- Traitement des MES (particules > 200 µm)
- Grands débits de traitement possible
- Si présence de contamination résiduelle, le lixiviat doit être capté et traité avant son rejet dans l'environnement
- Période de dessiccation pouvant durer plusieurs mois
- Une fois séchées, les matières solides peuvent être excavées/transportées par camion et disposées



# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place

- Filtration à l'aide de sacs et/ou cartouches
  - Traitement des MES
  - Choix du sac et/ou de la cartouche en fonction du critère de filtration (5  $\mu\text{m}$  à 100  $\mu\text{m}$ )
  - Suivi du colmatage par la montée de la pression d'opération
  - Simplicité d'entretien (remplacement du sac)



# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place

- Filtration sur média / Adsorption
  - Traitement de plusieurs contaminants : MES, hydrocarbures, composés organiques volatils, métaux, etc.
  - Choix du média selon les contaminants présents (sable, charbon, fer zéro valent (ZVI), etc.)
  - Volume de média doit être adapté au débit à traiter, la charge en contaminant et le critère de rejet
  - Les médias doivent être réactivés ou remplacés périodiquement (\$\$\$)

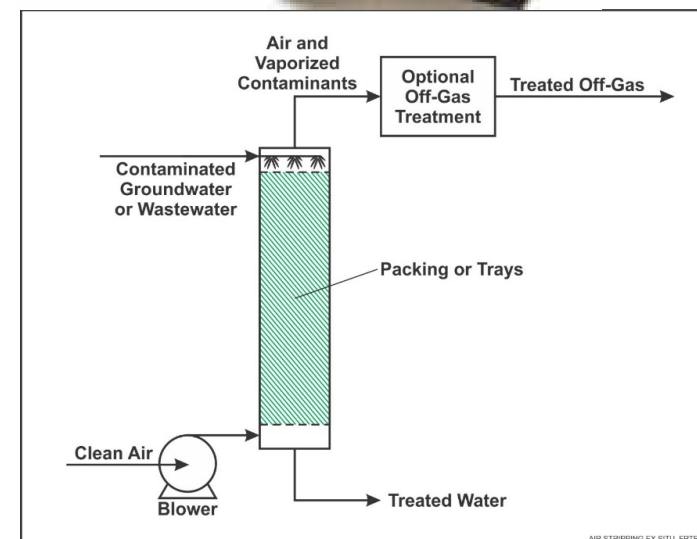




# Notions sur la gestion des eaux d'excavation

## ► Pompage et traitement sur place

- **Volatilisation/aération forcée**
  - Traitement des contaminants volatils (COVs) et  $\text{NH}_3$
  - Transfert du contaminant de la phase liquide (eau contaminée) vers la phase gazeuse (air)
  - Selon le contaminant traité, un système de traitement de l'air est possiblement nécessaire (charbon activé, brûleur catalytique ou autres)





# Conclusion - Retour sur les enjeux

- ▶ Caractérisation de l'eau :
  - ▶ Perche
  - ▶ Exutoire
  - ▶ En amont et en aval du système de traitement
- ▶ Vérifier que les données hydrogéologiques sont complètes
  - ▶ Perméabilité
  - ▶ Risques pour l'environnement, les usagers ou géotechniques
- ▶ Contexte réglementaire: Autorisation ministérielle ou municipale pour les volets pompage et rejet (traitement)
- ▶ Les méthodes de dénoyage, de traitement, peu de connaissance, plans et devis

# Notions sur l'assèchement des excavations

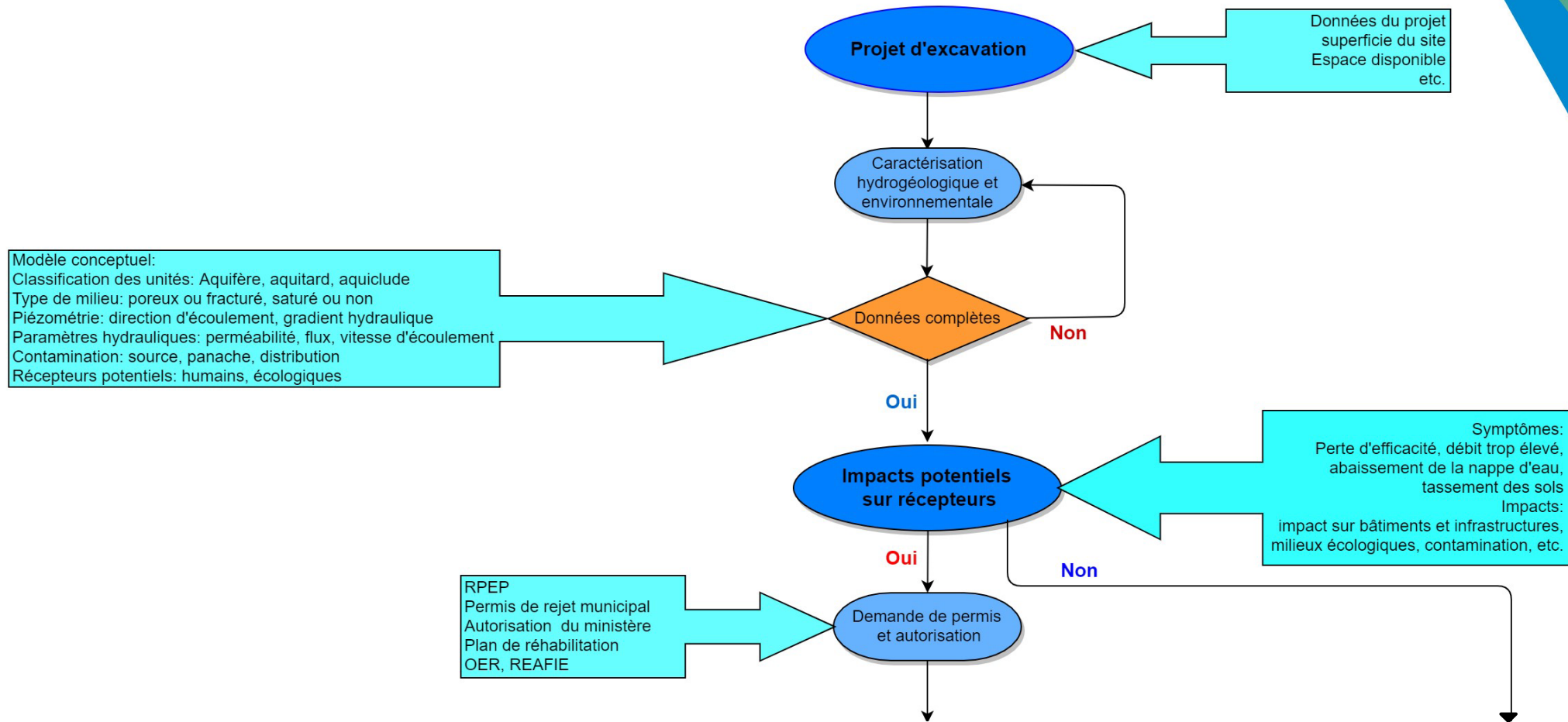
Technique d'assèch.	Taille d'exc.	Débit	Conception	Opération	Avantages/ inconvénients	Coût
Pompage Surface (puisard)	Petites à moyenne	Faible	Simple	Simple	Présence de MES Instabilités des parois ou du fond d'excavation	\$
Pointes filtrantes	Grandes	Moyen	Moyen à complexe	Moyen	Limité à maximum 20 m de profondeur (3 paliers de 6 m) Prend de l'espace pour mettre en place les paliers	\$\$
Puits à éducteurs	Petites à grandes	Faible à Moyen	Complexe	Complexe	Permet un rabattement plus grand avec un seul étage Prend moins d'espace puisque pas de paliers Pompage dans des unités de faible épaisseur saturée	\$\$\$
Système à puits profonds	Petites à grandes	Faible à Élevé	Moyen	Moyen	Prend une excavation en profondeur Prend lien hydraulique entre l'excavation et l'aquifère Prend peu d'espace	\$\$\$

# Technologies de traitement des eaux

## Techniques les plus répandues

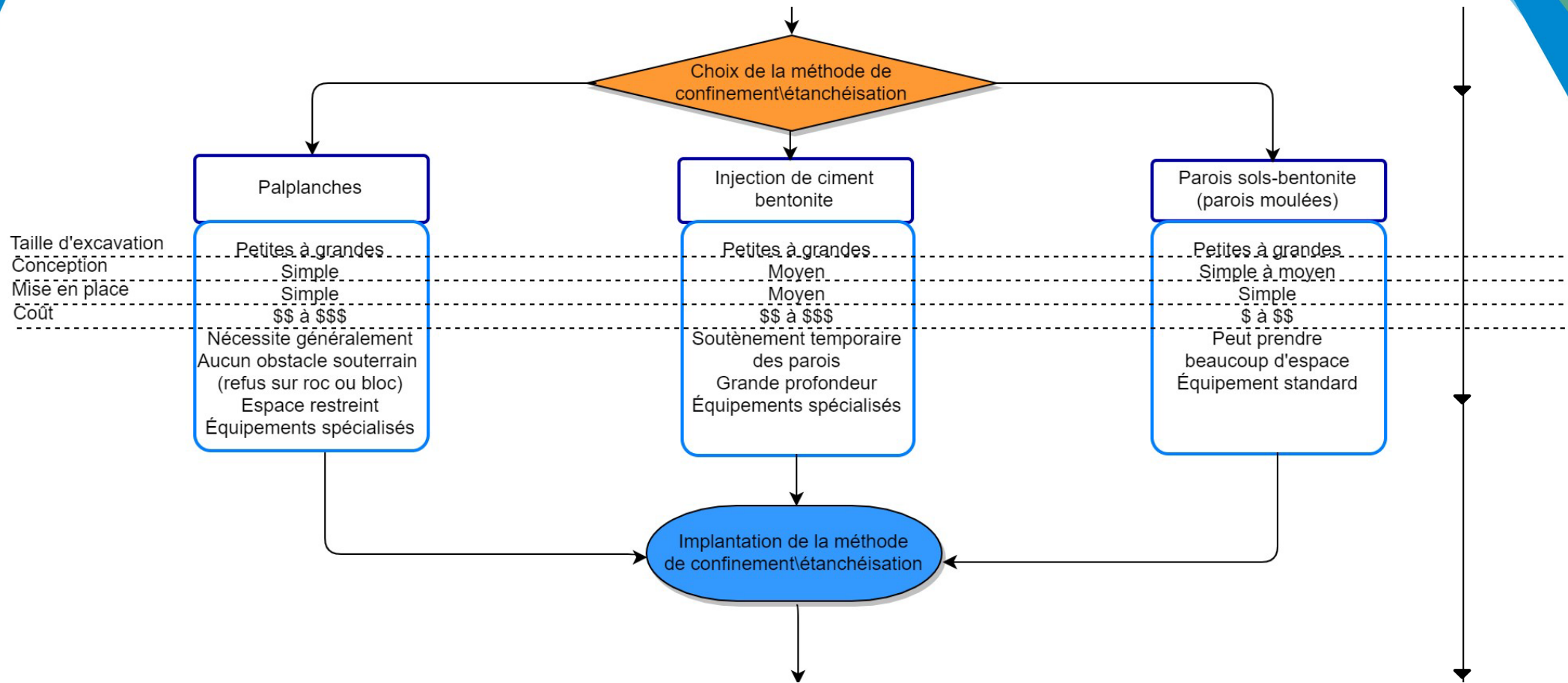
Technique de traitement	Applicabilité	Complexité	Coût	Avantages/ Inconvénients
Sédimentation	Selon l'analyse des MES (densité, taille, distribution)	Détermination du temps de résidence par essais laboratoires	Faible	Simple mais peu nécessiter de grand volume de réservoir
Filtration mécanique (filtre à sac ou sable)	Selon l'analyse des MES (densité, taille, distribution)	Équipement adapté au débit	Faible à Moyen	Mobilisation rapide, choix du média selon courbe granulométrique / Entretien et remplacement de média fréquents
Filtration mécanique (Géotube)	Traitement des MES grossiers uniquement	Équipement adapté aux grands débits	Faible à Moyen	Simple d'utilisation mais devient plus complexe si présence de contamination dans l'eau
Adsorption sur média (ex.: charbon activé)	Efficace pour éliminer les solides dissous et les contaminants organiques.	Type de contaminants → choix du média Concentrations → Temps de contact / Volume de média	Moyen à élevé	Choix de média = grande versatilité Entretien fréquent (backwash, remplacement) Gestion des médias possiblement \$
Aération / Ventilation forcée (air sparging)	Contaminants volatils seulement	Ratio débit eau/débit air à ajuster en fct de la contamination. Essais pilote souvent requis	Moyen à élevé	Faible espace requis et efficacité éprouvée Requiert possiblement un traitement de l'air selon le contaminant (\$\$\$)

# Logigramme - 1<sup>ère</sup> partie - Caractérisation et impact

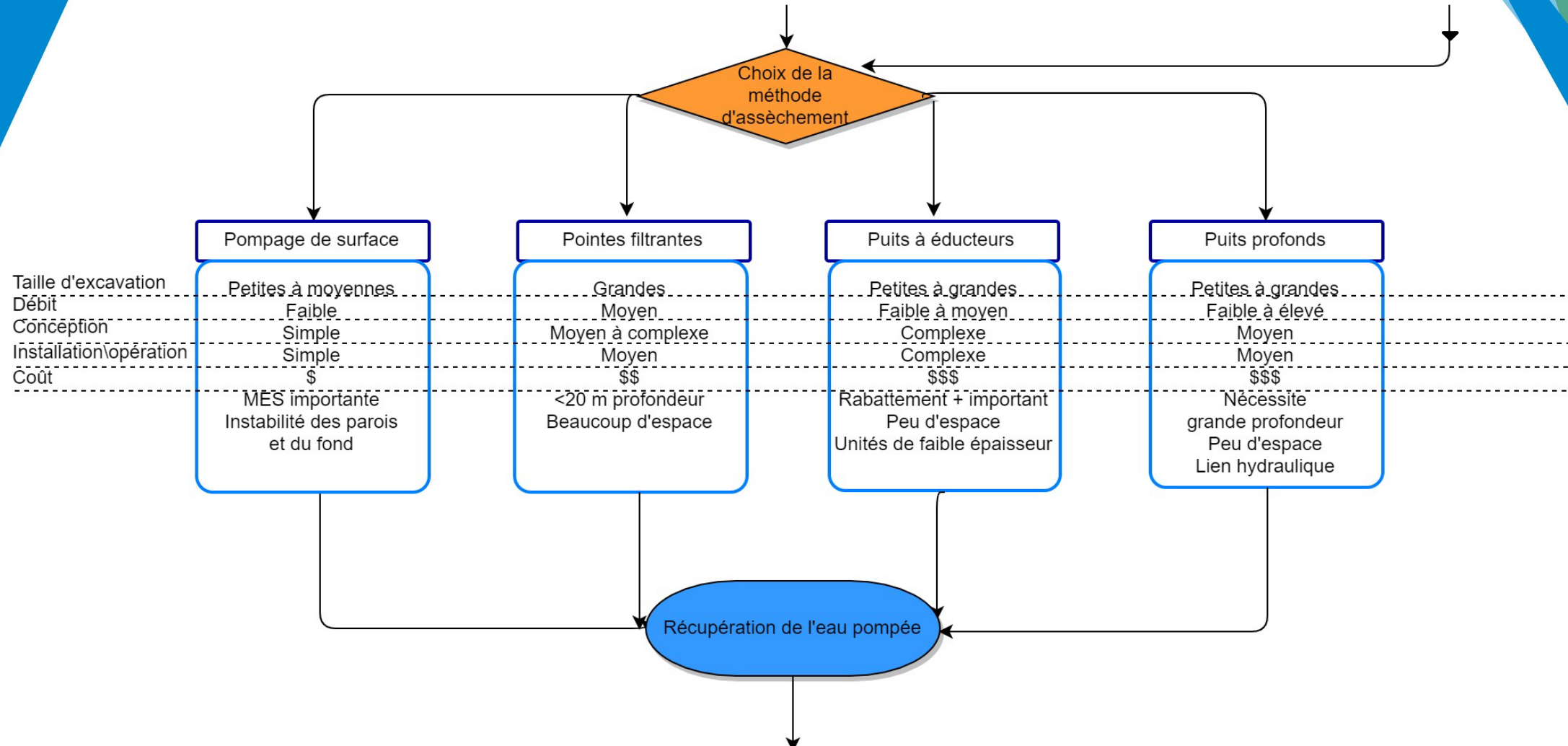




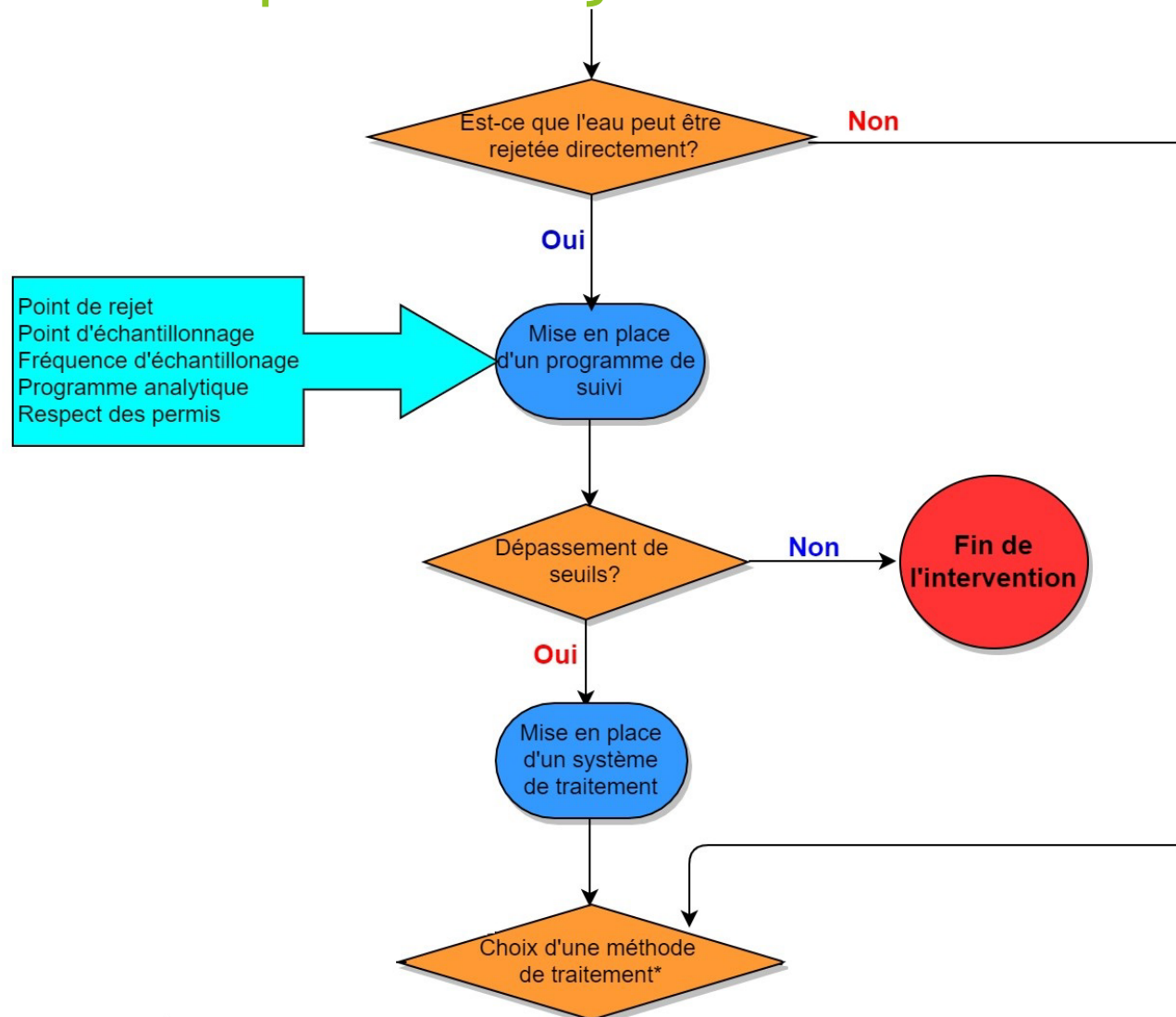
# Logigramme -2<sup>e</sup> partie - Choix de confinement



# Logigramme - 3<sup>e</sup> partie - Choix d'assèchement



# Logigramme - 4<sup>e</sup> partie - Rejet et suivi



# Logigramme - 5<sup>e</sup> partie - Choix du traitement

\*Si présence d'une phase libre, prévoir l'enlèvement avant le début des travaux d'excavation

