



L'écoulement de l'eau en traitement des eaux usées



Professeur Alexandre Cabral
Département de génie civil et génie du bâtiment
Université de Sherbrooke



PLAN DE LA PRÉSENTATION

- ✓ INTRODUCTION
- ✓ MISE EN CONTEXTE
- ✓ MÉTHODOLOGIE
- ✓ RÉSULTATS TYPES
- ✓ LES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL
- ✓ LE RÔLE DE LA PIERRE CONCASSÉE
- ✓ LES SOLS À TEXTURE ARGILEUSE
- ✓ L'IMPACT DE LA PENTE
- ✓ L'IMPACT DU D₁₀
- ✓ PÉRIODE DE QUESTIONS

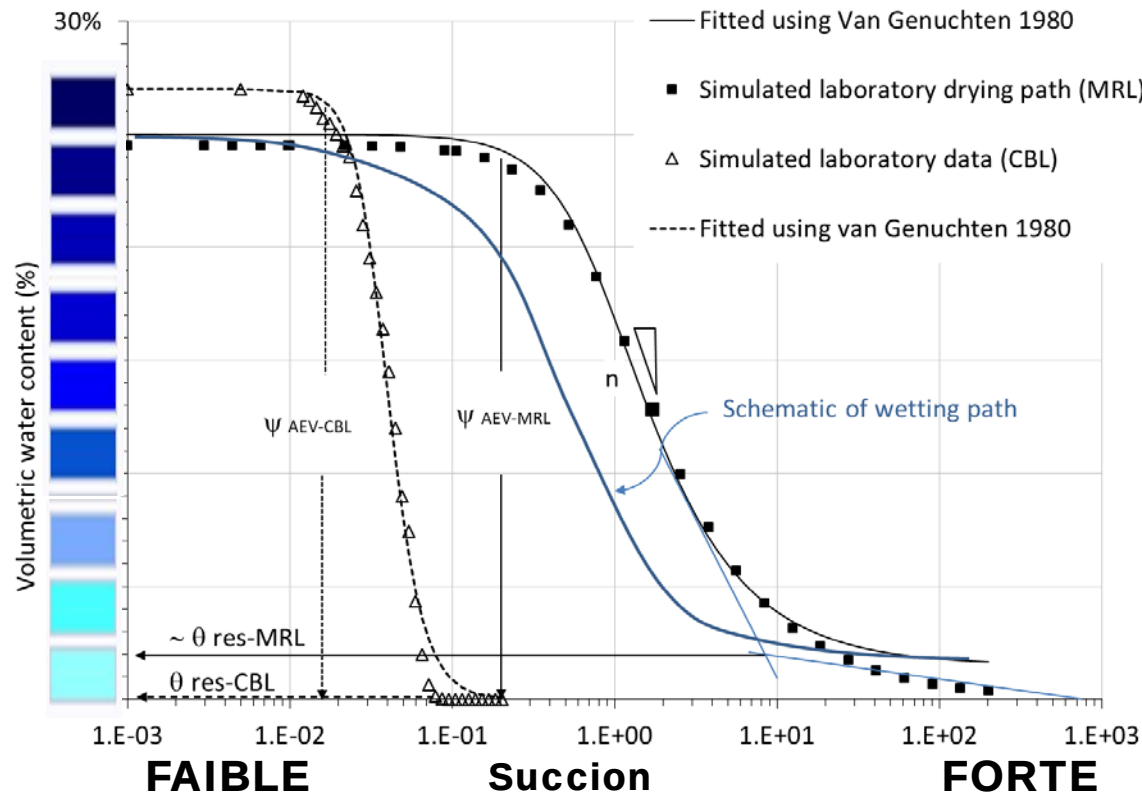
Alexandre Cabral, ing., Ph. D.

- Baccalauréat en génie civil de l'Université Catholique de Rio de Janeiro en 1981
- M. Sc. A. en génies minéral et minier à l'École Polytechnique de Montréal en 1988
- Études doctorales en géotechnique environnementale à McGill en 1992
- Professeur à l'Université de Sherbrooke en mécanique des sols et géotechnique environnementale depuis 1994
- Publication de plus d'une centaine d'articles
- Direction et codirection de 46 étudiants à la maîtrise, 15 étudiants au doctorat et 6 postdoctorants
- Consultant spécialisé en géotechnique environnementale



Recherche axée sur l'étude des **écoulements non saturés**

À la base de tout...



Succion ↔ **Capillarité**



<https://www.lesoleil.com/maison/rio-de-janeiro-vie-de-chateau-de-sable-pour-marco-8c0c094129a17b6dae6cfa563fcc6392>

<https://www.ctvnews.ca/sports/germany-bumps-canada-2-0-in-women-s-beach-volleyball-quarter-finals-1.3028402>

<http://www.chemindesjours.com/2016/09/chateaux-de-sable.html>

... détermination – et vérification sur terrain ! – des paramètres (« propriétés ») hydrauliques des sols

Recherche axée sur l'étude des **écoulements non saturés**

À la base de tout...

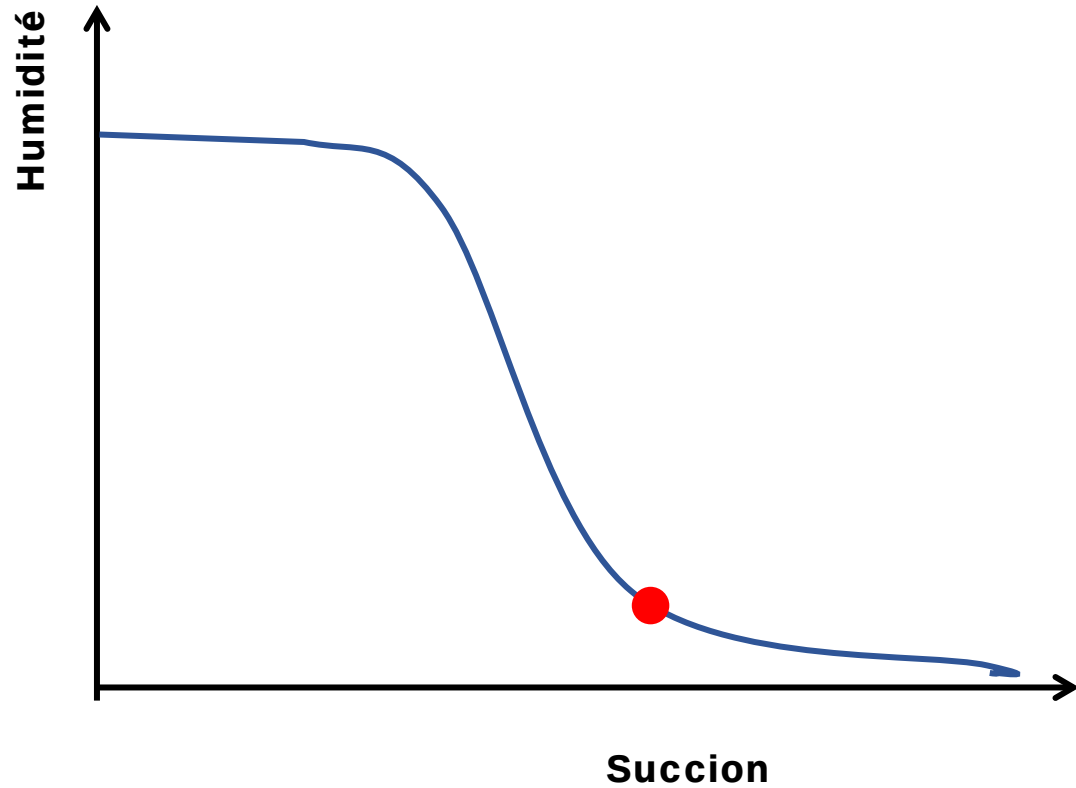


<https://www.lesoleil.com/maison/rio-de-janeiro-vie-de-chateau-de-sable-pour-marcio-8c0c094129a17b6dae6cfa563fcc6392>

<https://www.ctvnews.ca/sports/germany-bumps-canada-2-0-in-women-s-beach-volleyball-quarter-finals-1.3028402>

<http://www.chemindesjours.com/2016/09/chateaux-de-sable.html>

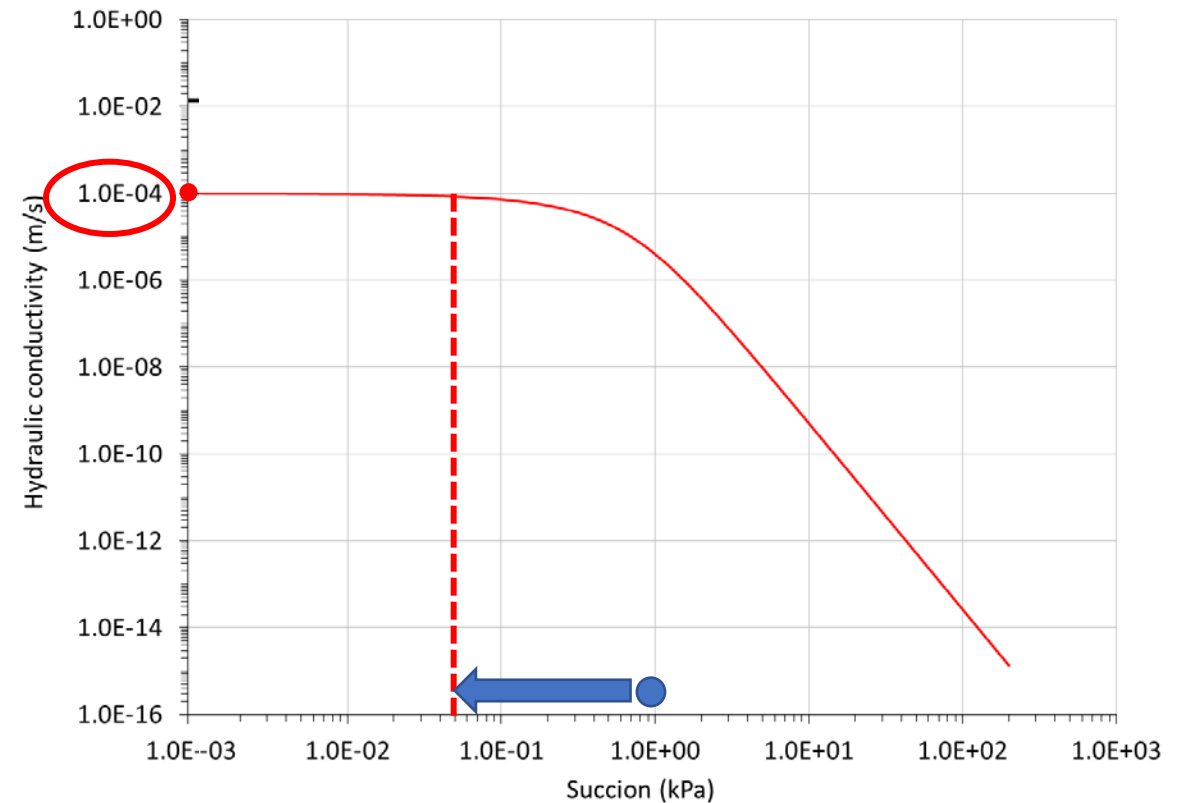
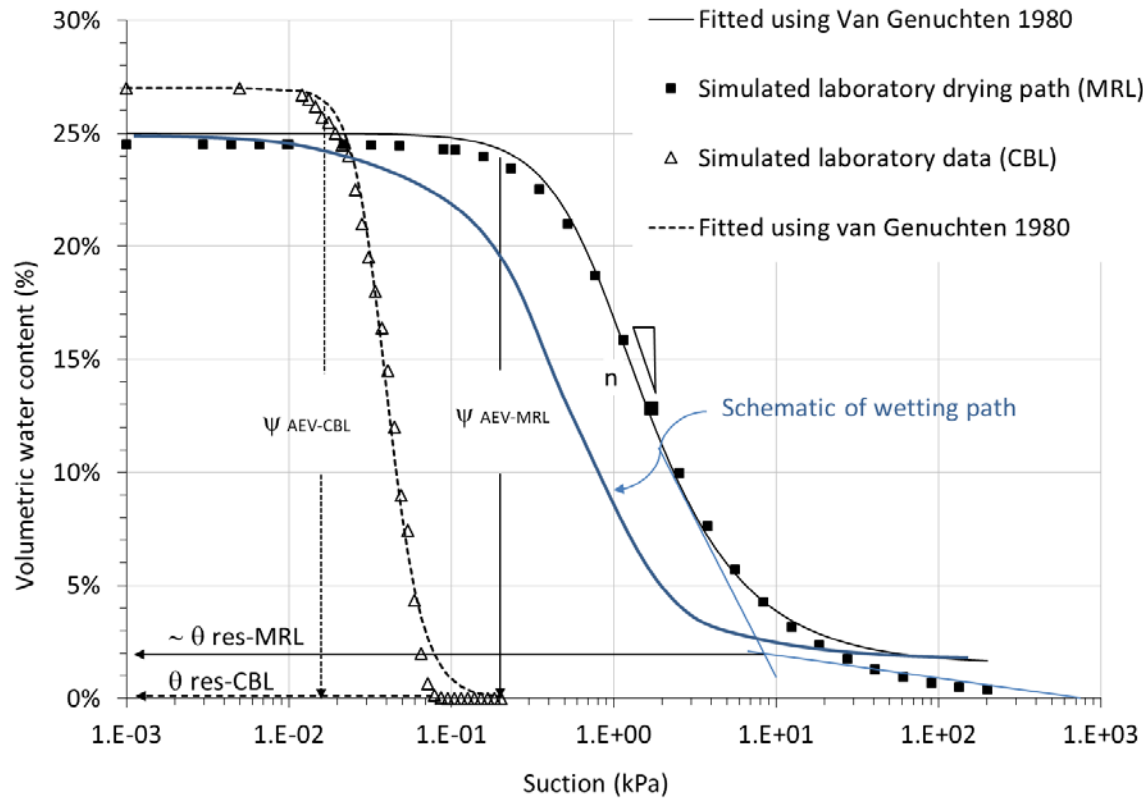
À la base de tout...



Red Centre, Australie

... détermination – et vérification sur terrain ! – des paramètres (« propriétés ») hydrauliques des sols

À la base de tout...



... détermination – et vérification sur terrain ! – des paramètres (« propriétés ») hydrauliques des sols

Recherche axée sur la modélisation physique (essais de terrain) et numérique des **écoulements non saturés**



Barrière capillaire et lysimètres

Site d'enfouissement de St-Tite-des-Caps 2005-2011

Recherche axée sur la modélisation physique (essais de terrain) et numérique des **écoulements non saturés**



Barrière capillaire et biosystème d'oxydation passive du méthane
Site d'enfouissement de St-Nicéphore 2007-2014

Recherche axée sur la modélisation physique (essais de terrain) et numérique des **écoulements non saturés**



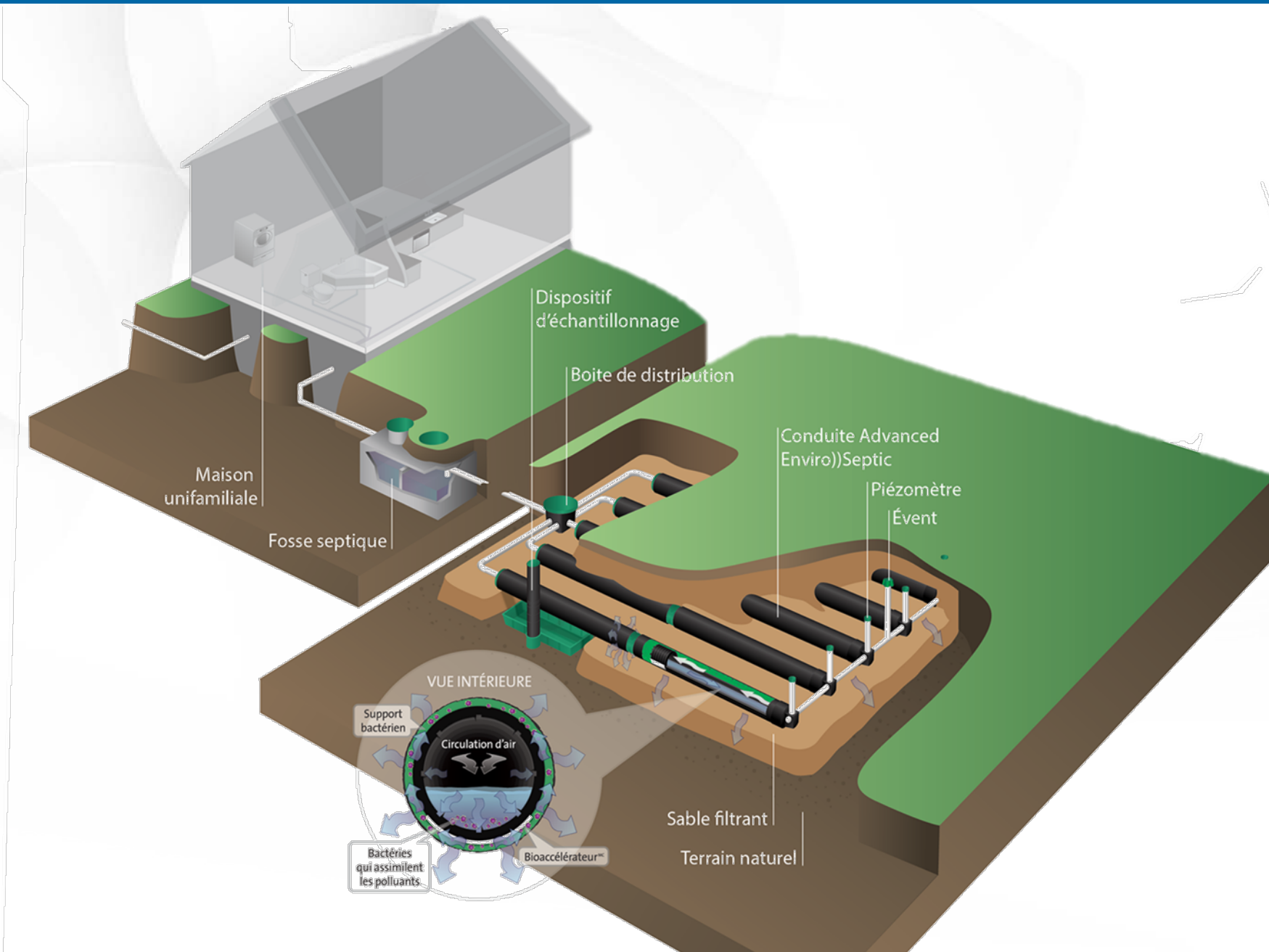
Lysimètres pour déterminer infiltration
Site d'enfouissement de St-Nicéphore 20018-2021

Recherche axée sur la modélisation physique (essais de terrain) et numérique des **écoulements non saturés**



Barrière capillaire et biosystème d'oxydation passive du méthane
Actuel McLennan Park (ancien site d'enfouissement)
Kitchener, ON 2020

MISE EN CONTEXTE



MISE EN CONTEXTE

- Comment l'eau s'écoule à travers les différents sols?
- Quels paramètres viennent influencer le fonctionnement des systèmes avec infiltration, comme le System O))?



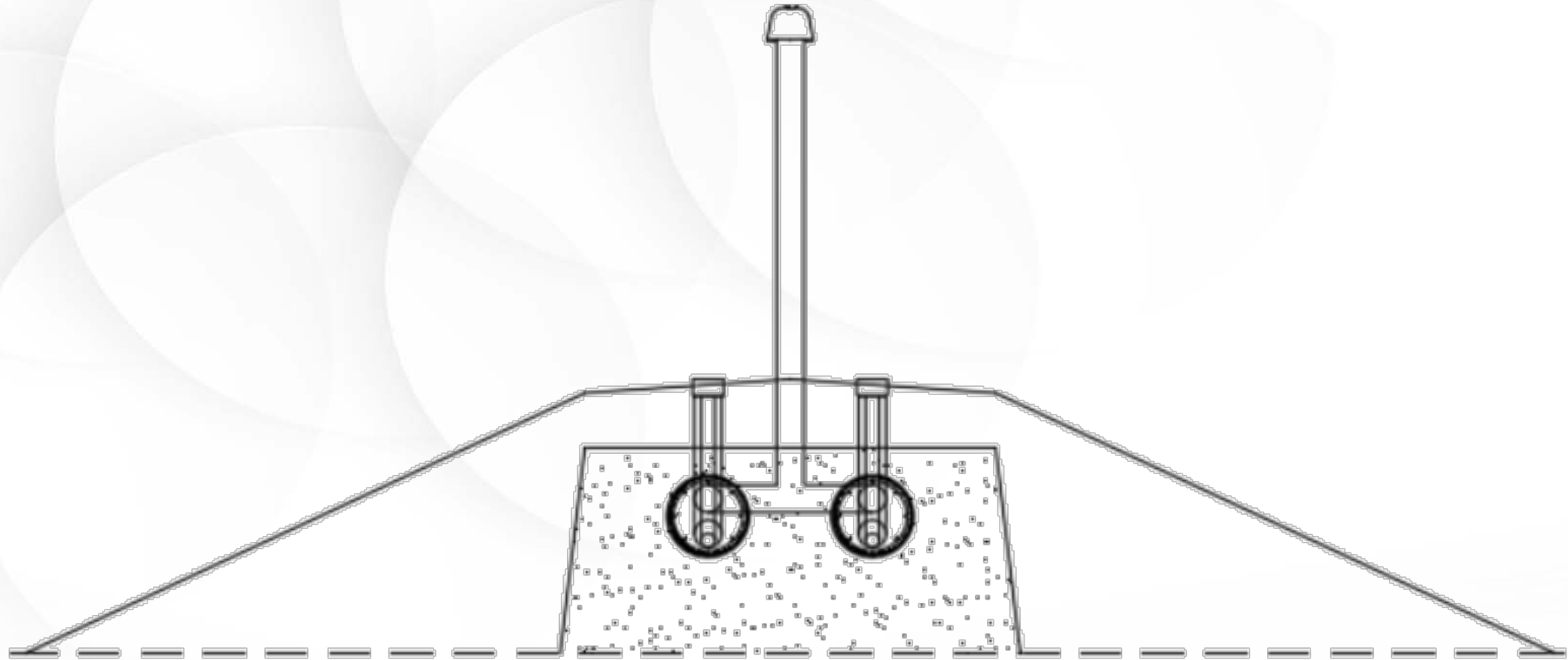
Critères de conception



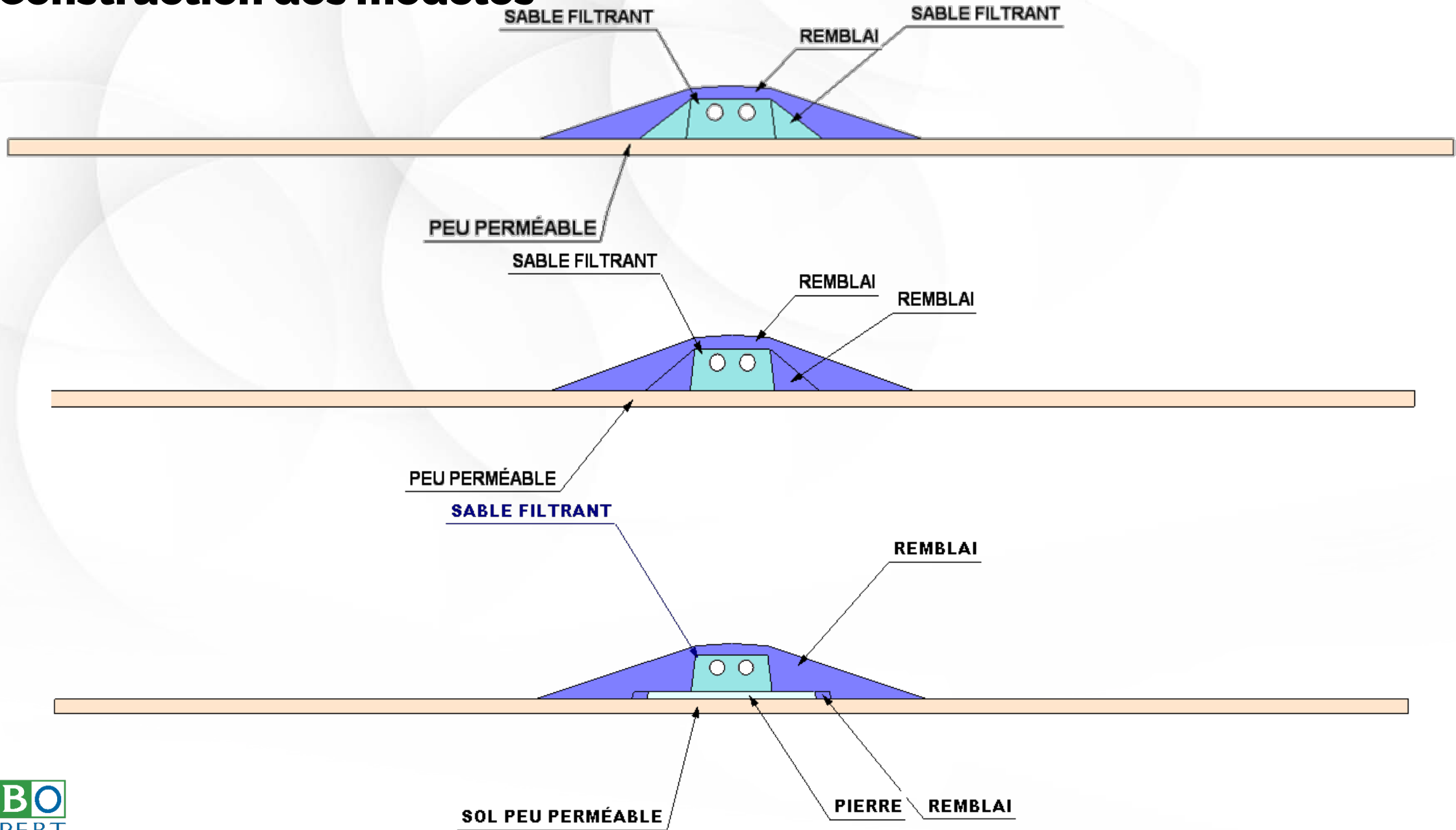
- ✓ 1 chambre à coucher, 540 L/jour
- ✓ 5 conduites Advanced Enviro))Septic
- ✓ 2 rangées de 2,5 conduites = 7,5 m
- ✓ 35 cm de sable sous les conduites
- ✓ Superficie des champs de polissage du Q-2, r. 22 (87.25)
 - Largeur ajustée pour atteindre superficie

Nombre de chambres à coucher	Superficie totale d'absorption (en mètres carrés)		
	Sol du terrain récepteur très perméable	Sol du terrain récepteur perméable	Sol du terrain récepteur peu perméable
1	7	14	35

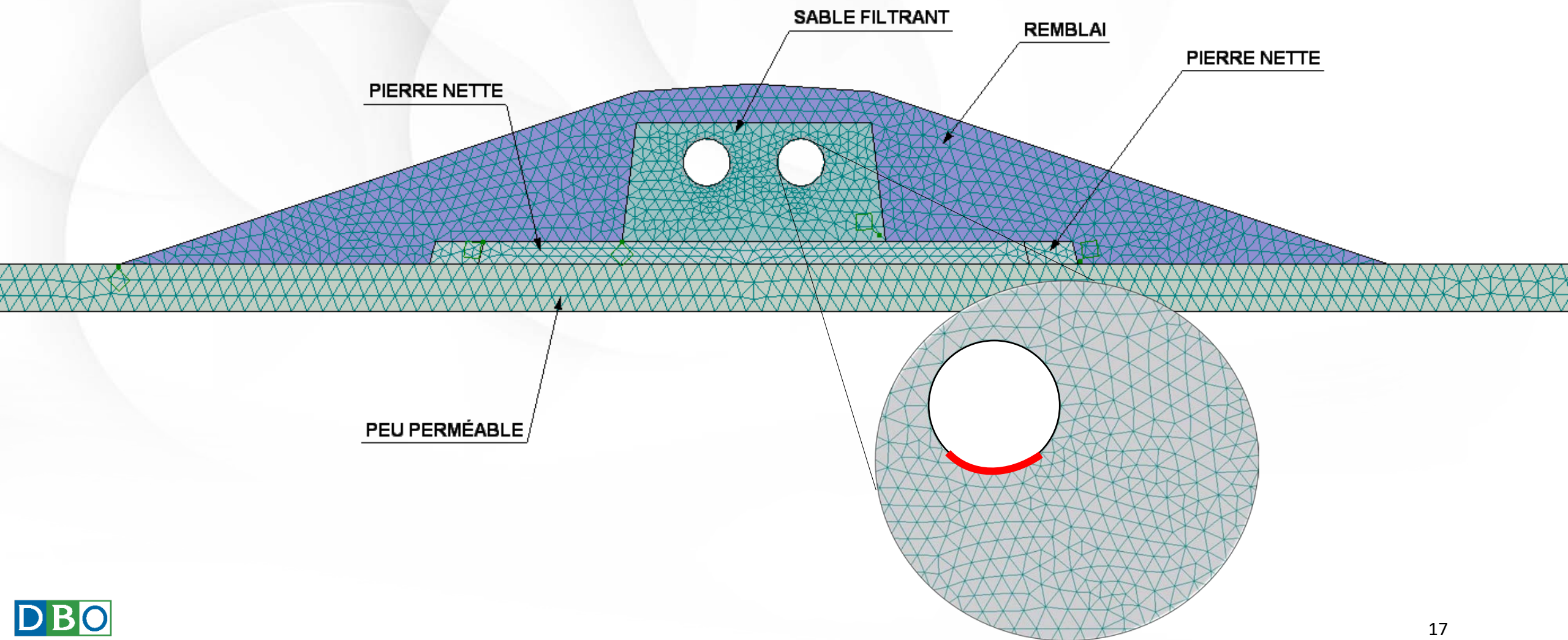
Construction des modèles

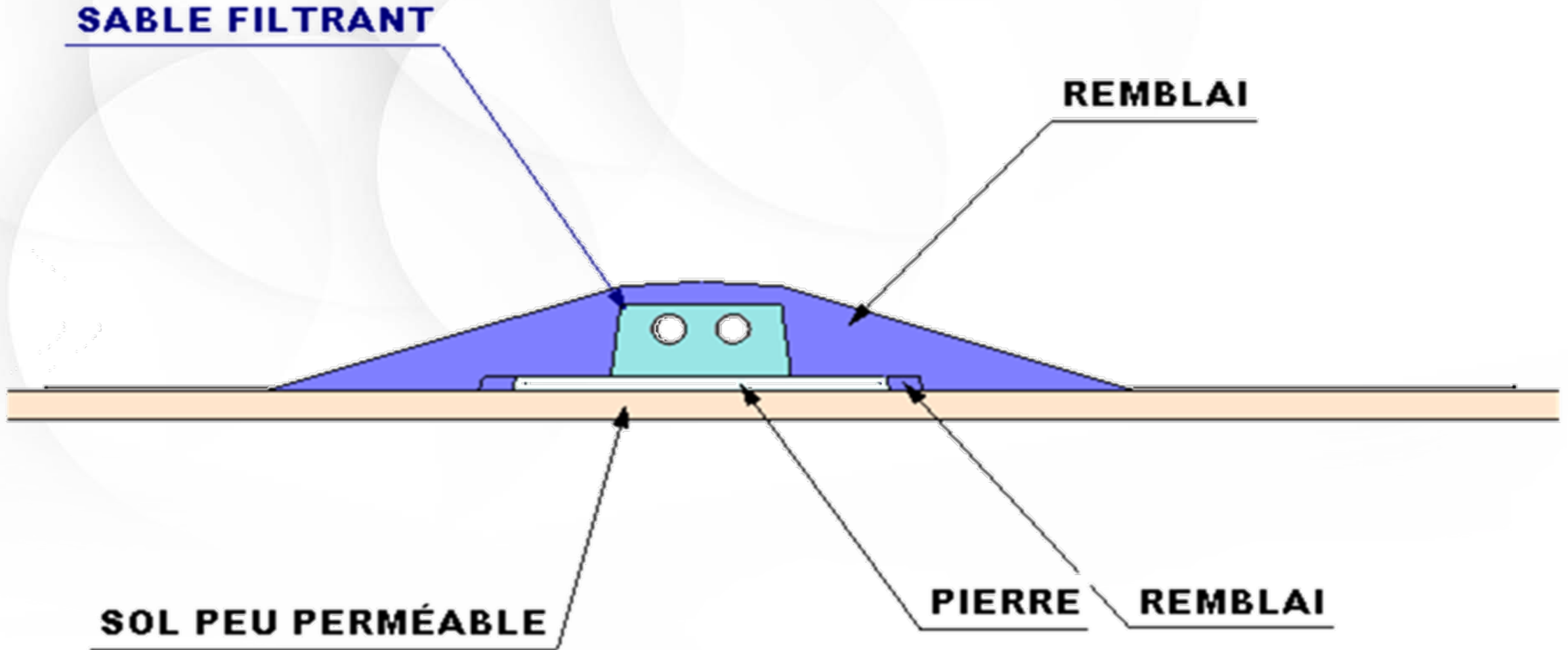


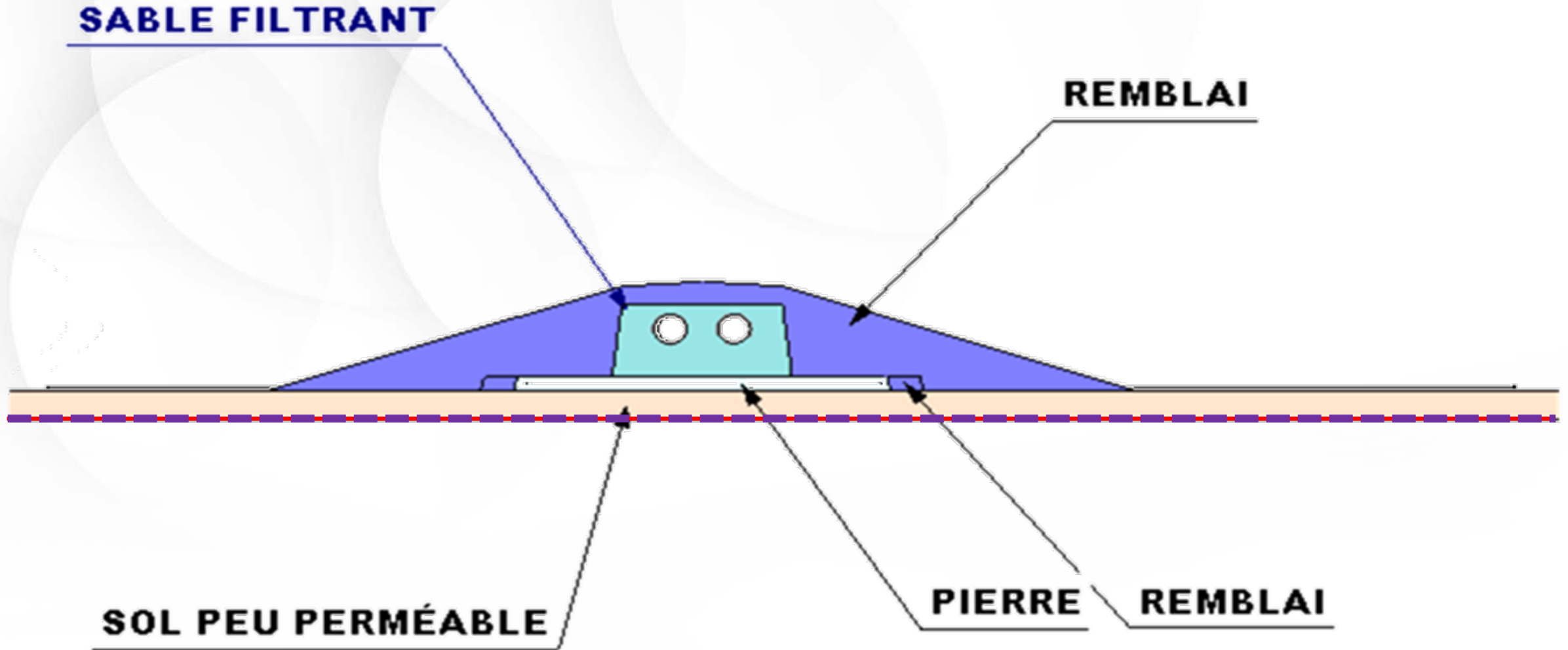
Construction des modèles



Construction des modèles

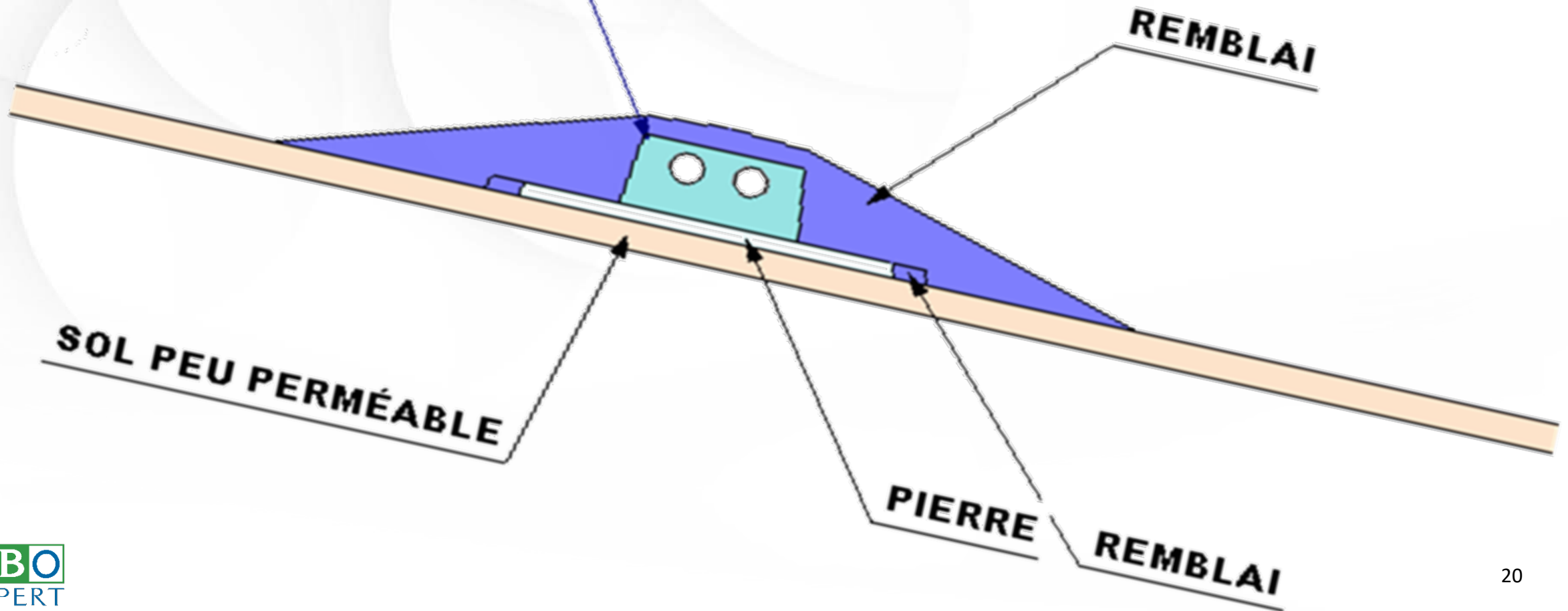






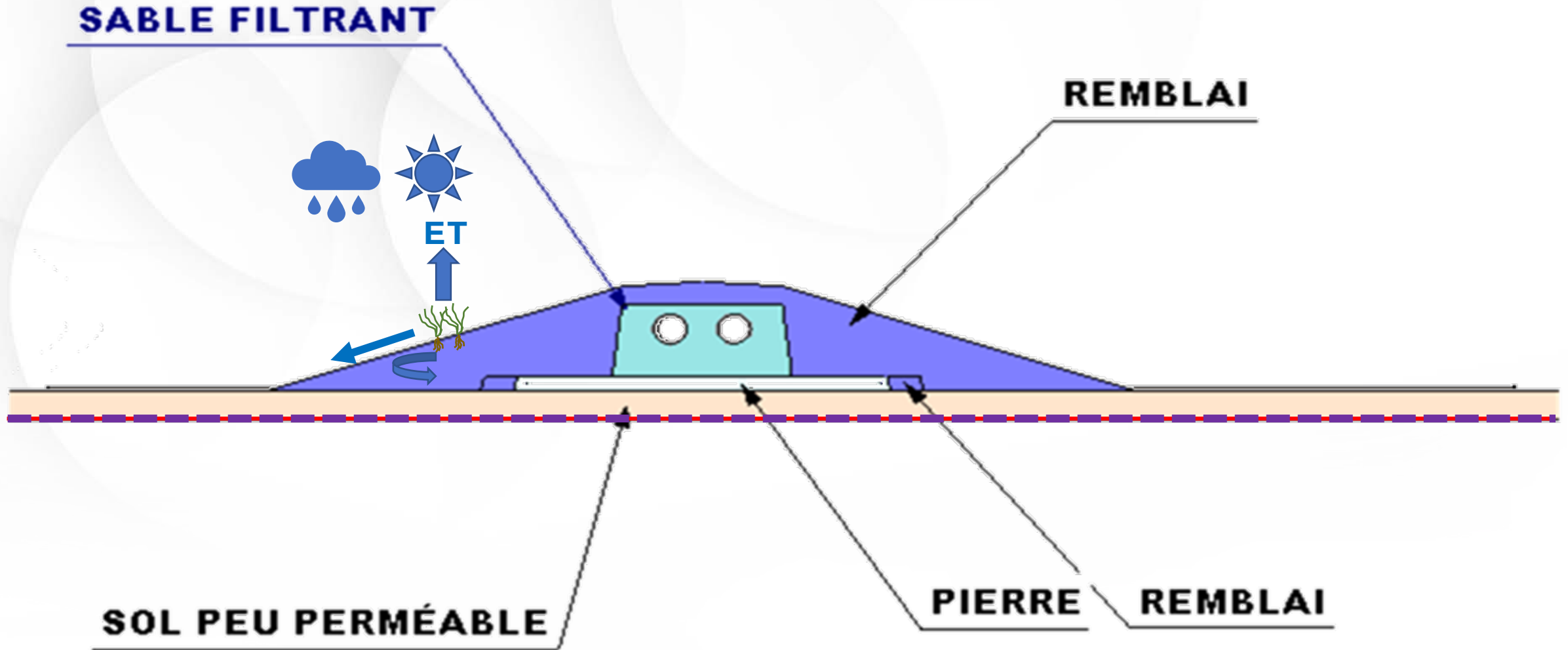
Construction des modèles

Pente

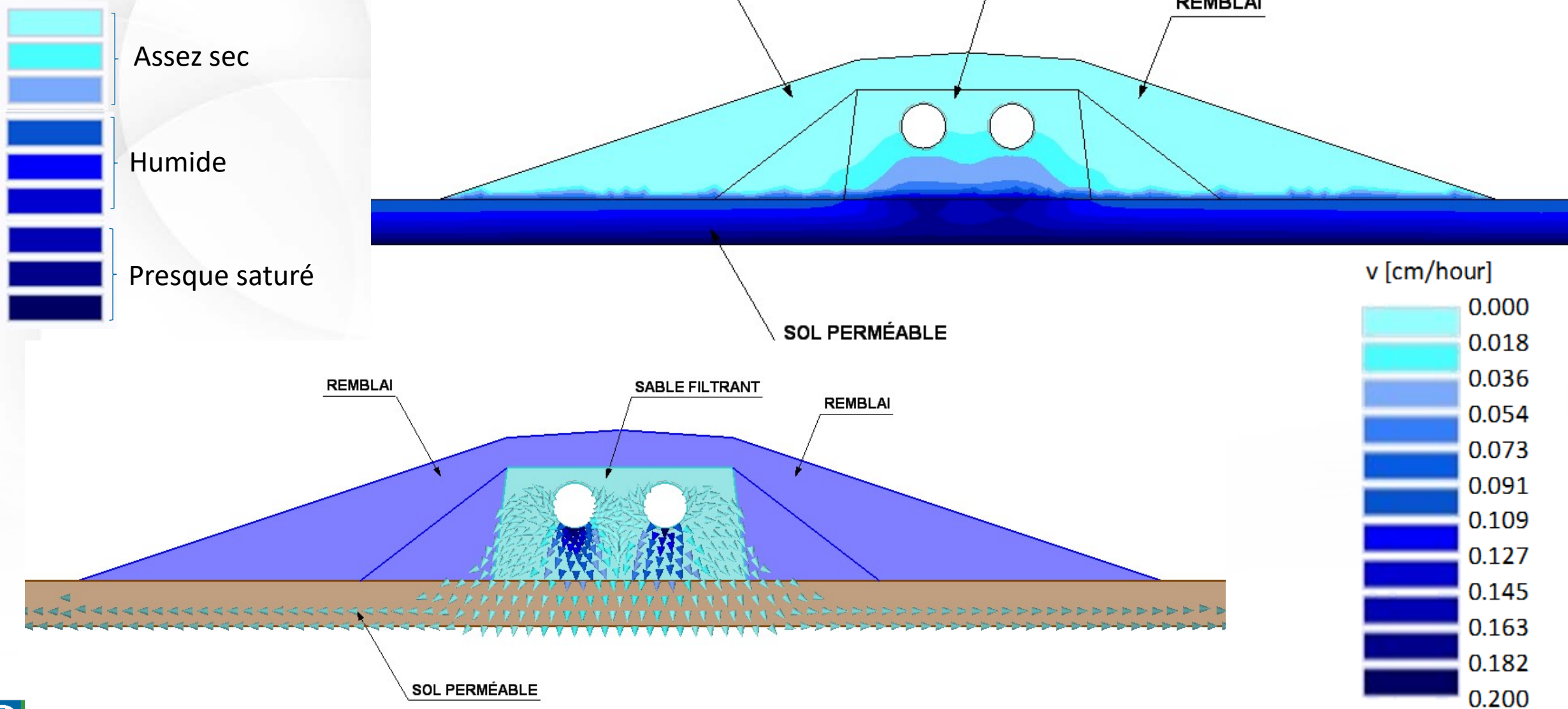


Construction des modèles

Pluie



RÉSULTATS TYPES

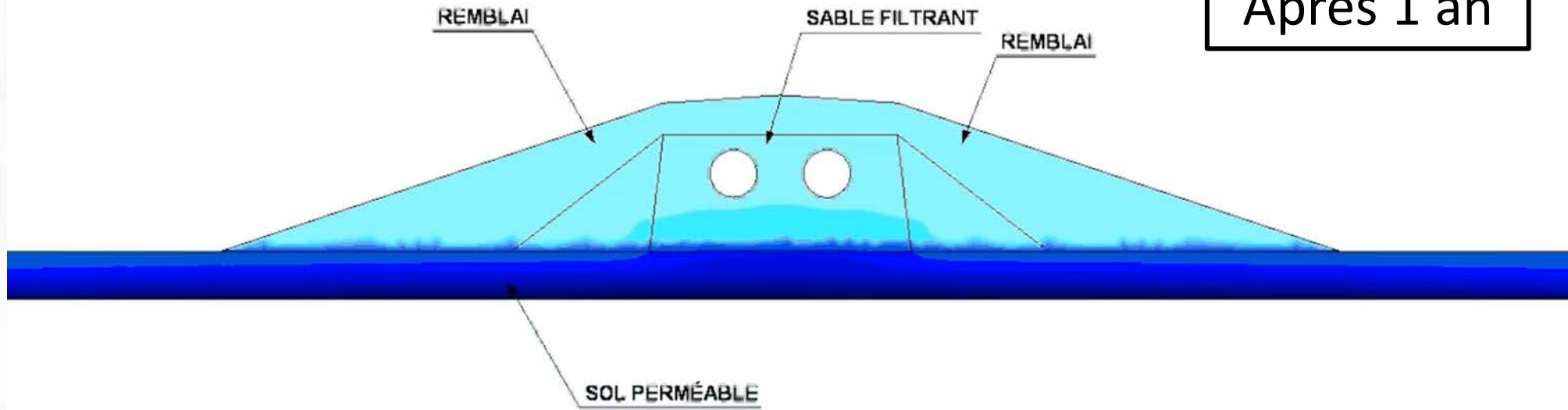


N.B.: Condition TRÈS FAVORABLE de dissipation.

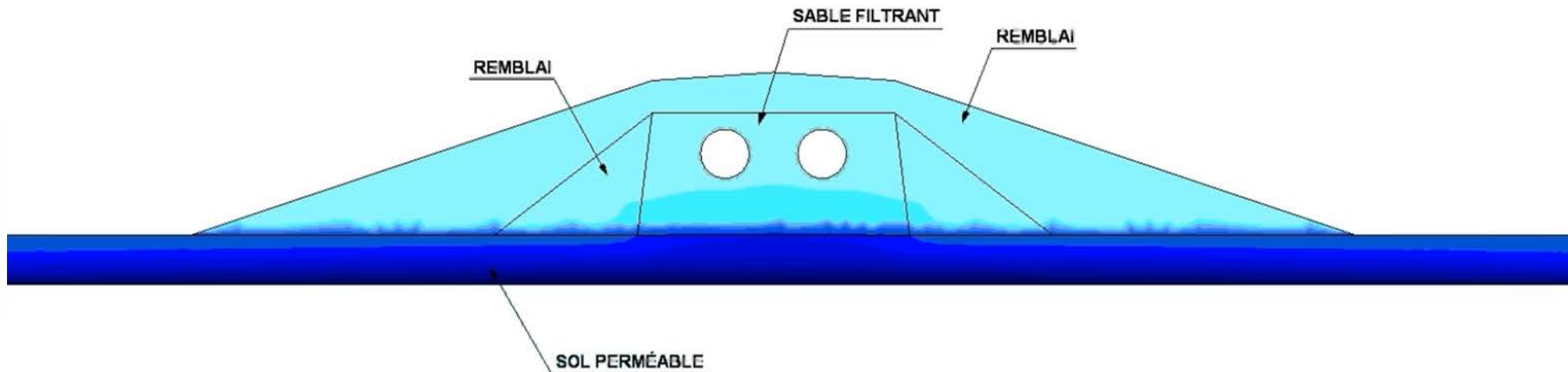
Variation de la distribution des eaux à travers la journée

Après 1 an

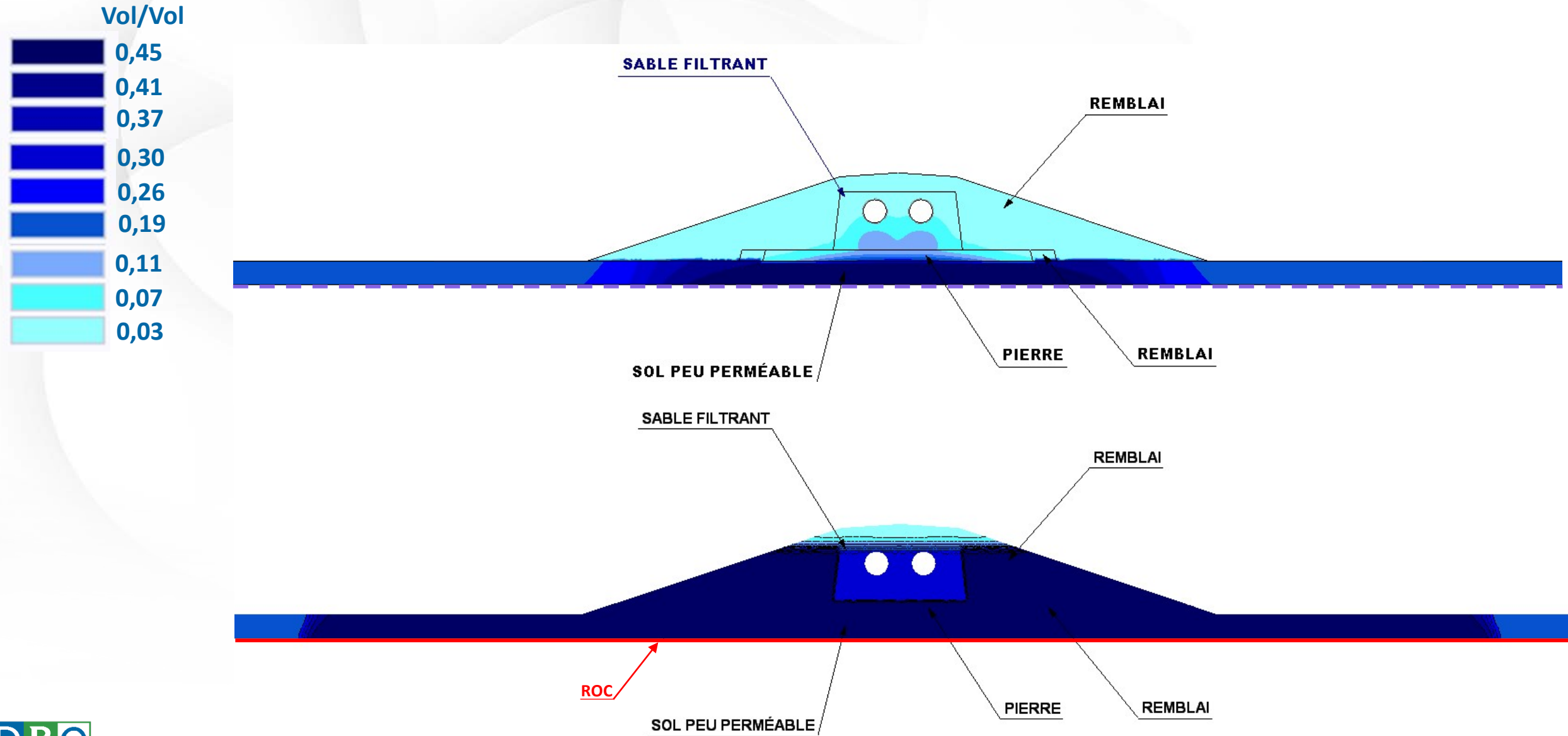
- 35 % de 6 à 9 h
- 25 % de 11 à 13 h
- 40 % de 18 à 20 h



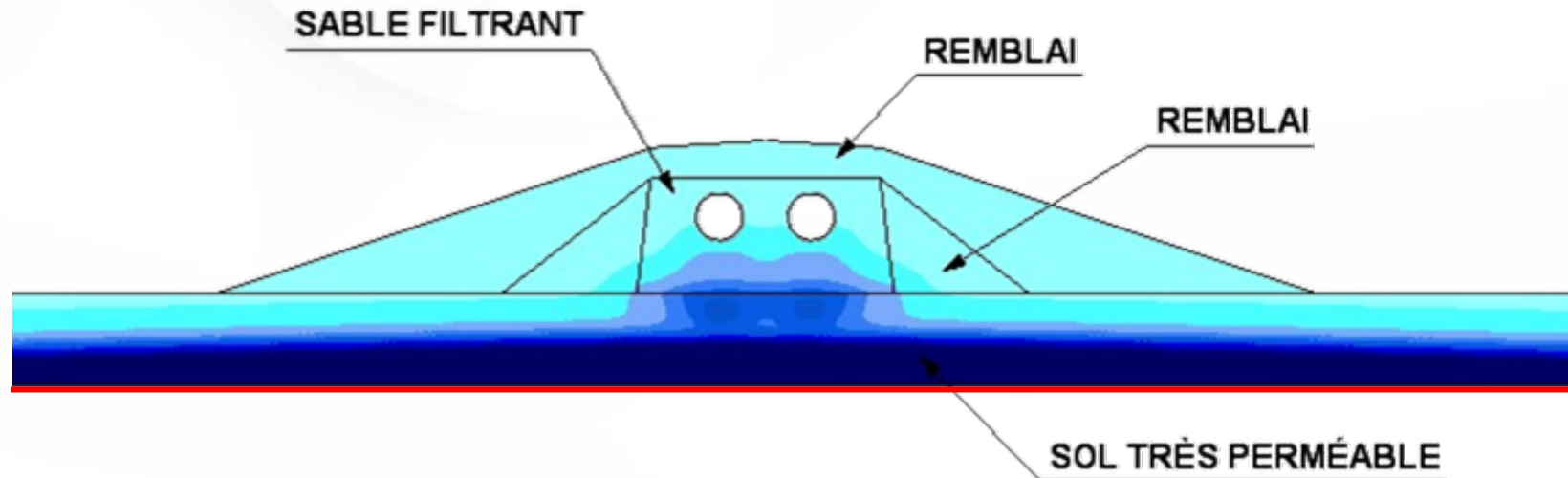
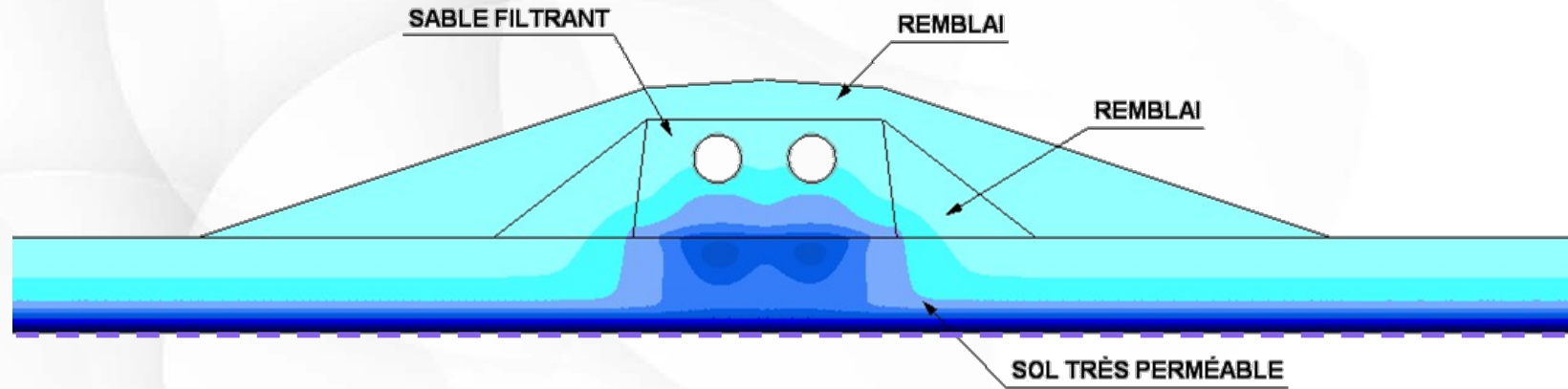
- 40 % de 6 à 9 h
- 60 % de 18 à 20 h



Changement de conditions aux frontières



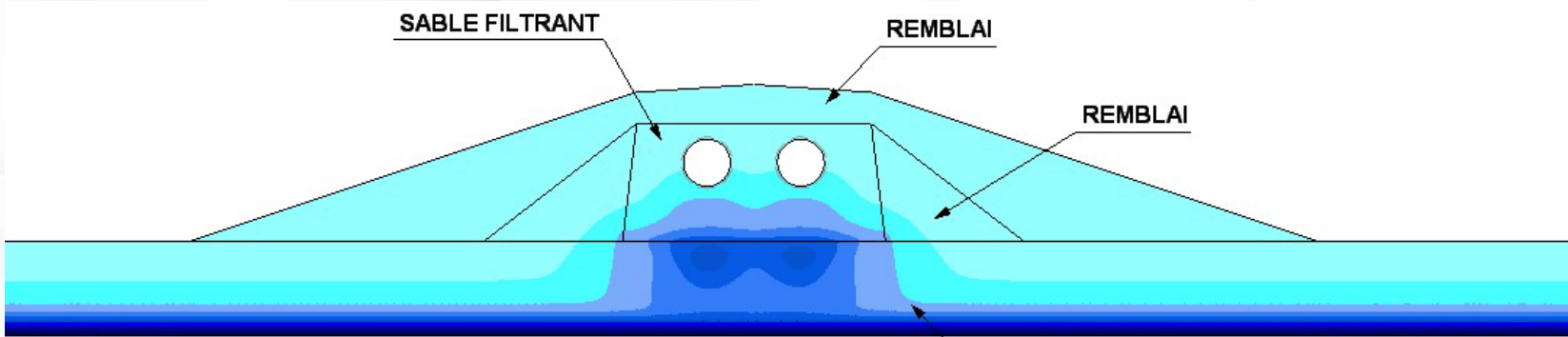
Différentes conditions aux frontières – Très perméable



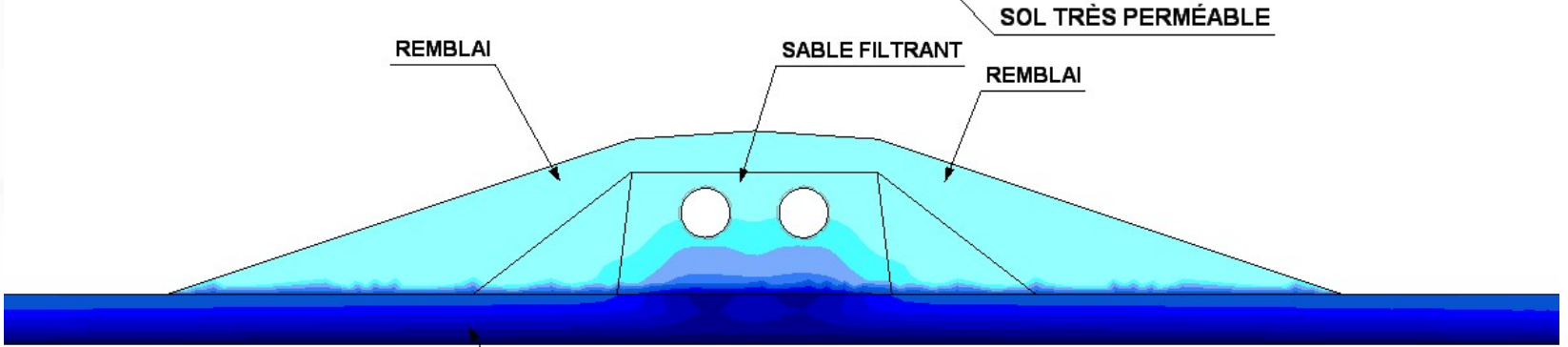
LES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL

Après 1 an
21 h

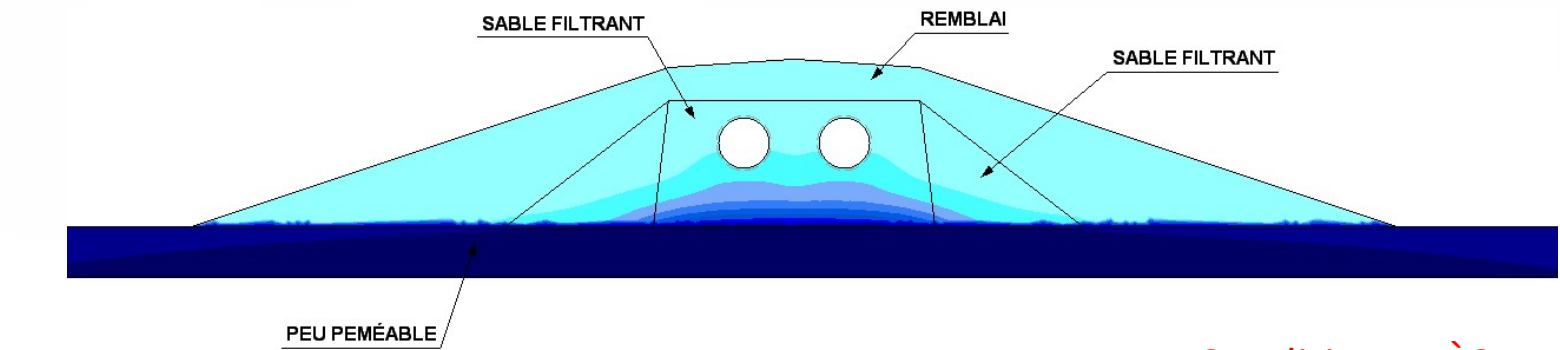
Très perméable



Perméable

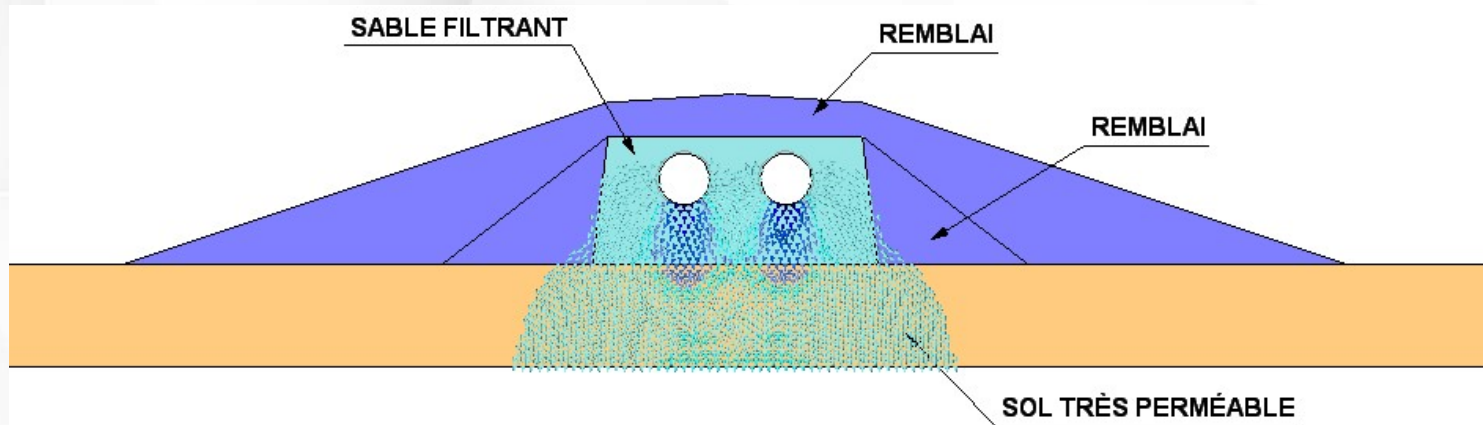


Peu perméable

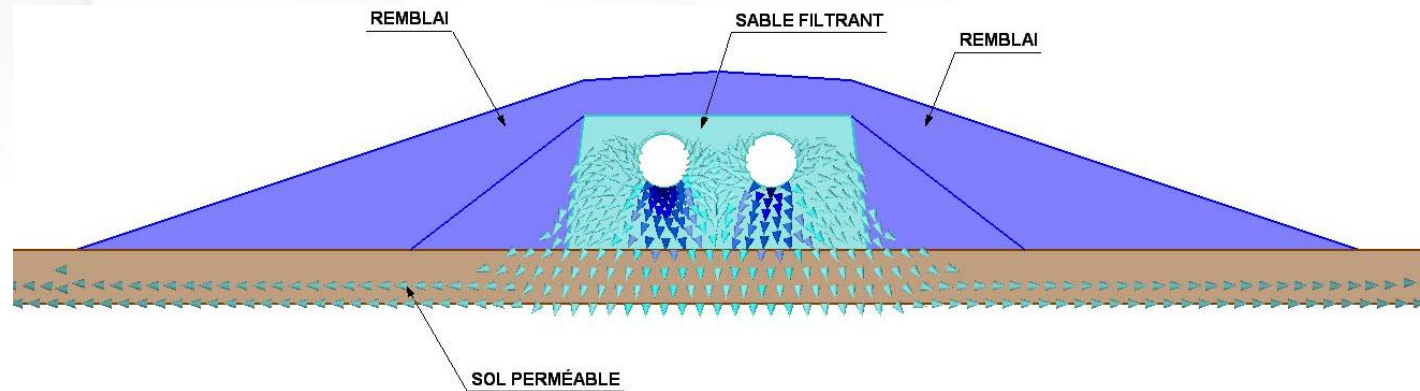


Différents types de sol - Vecteurs

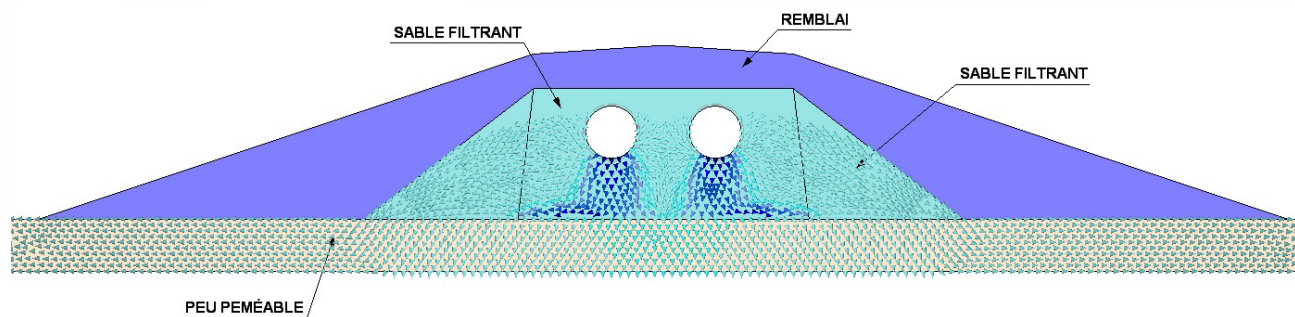
Très perméable



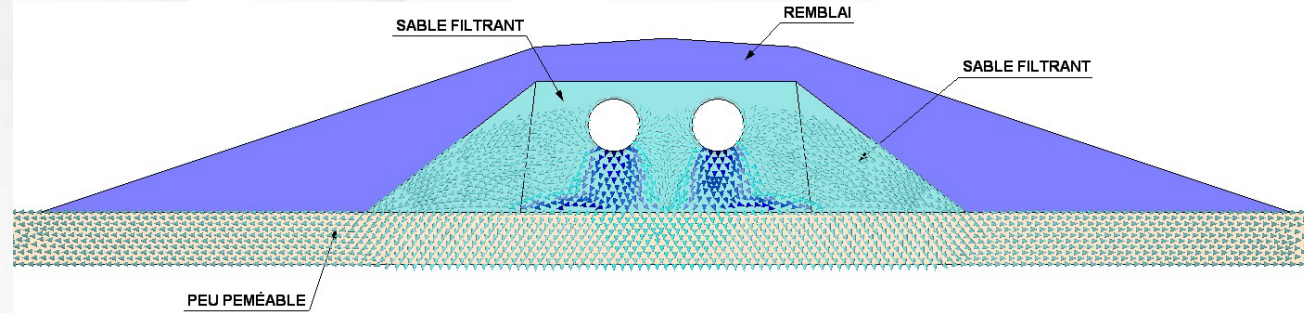
Perméable



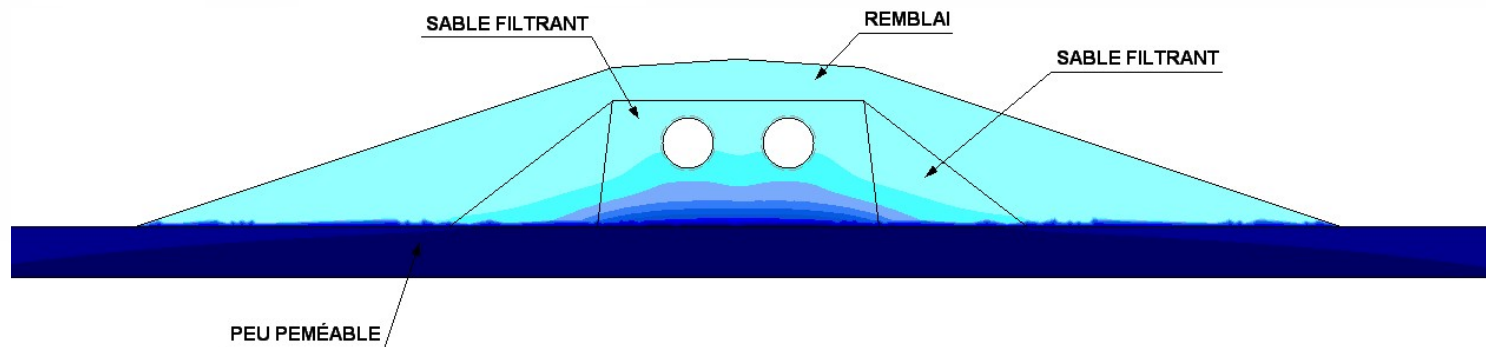
Peu perméable



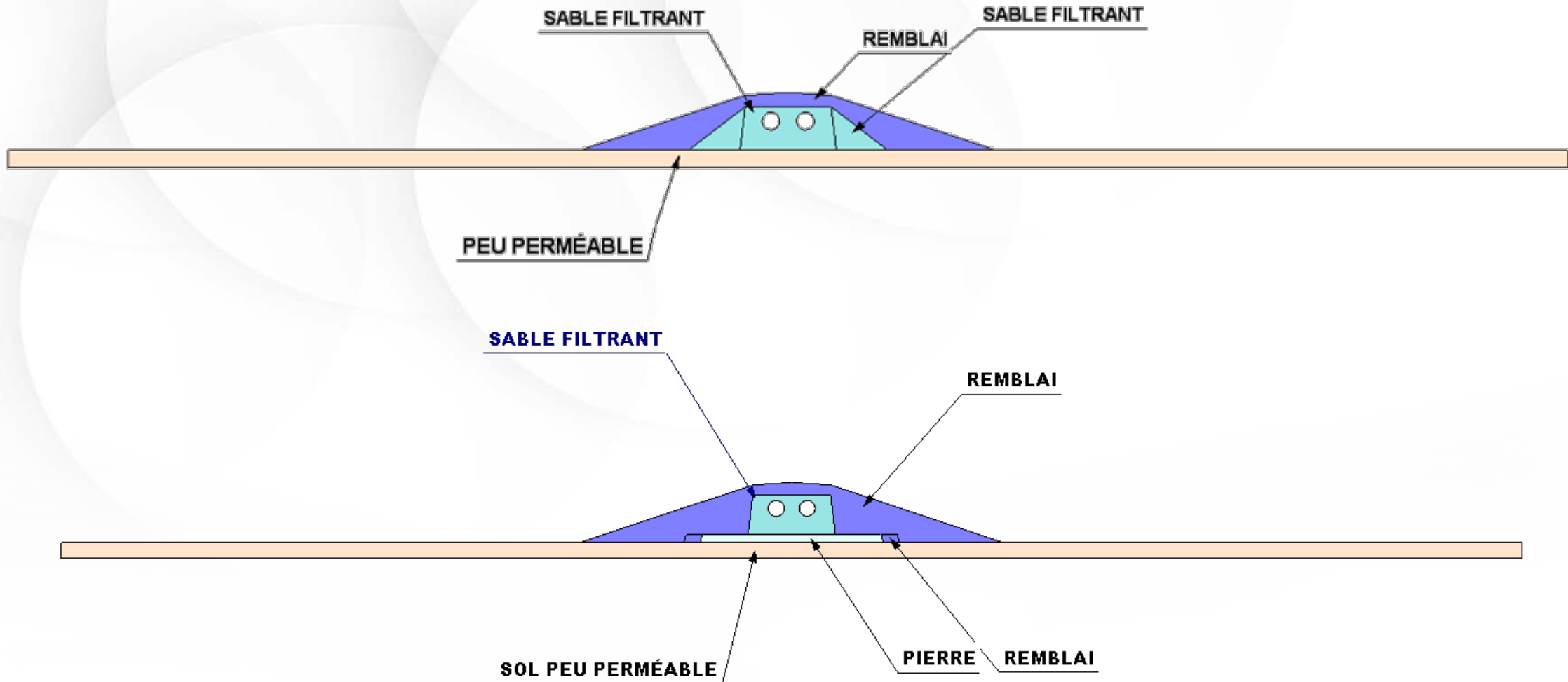
Différents types de sol - Vecteurs



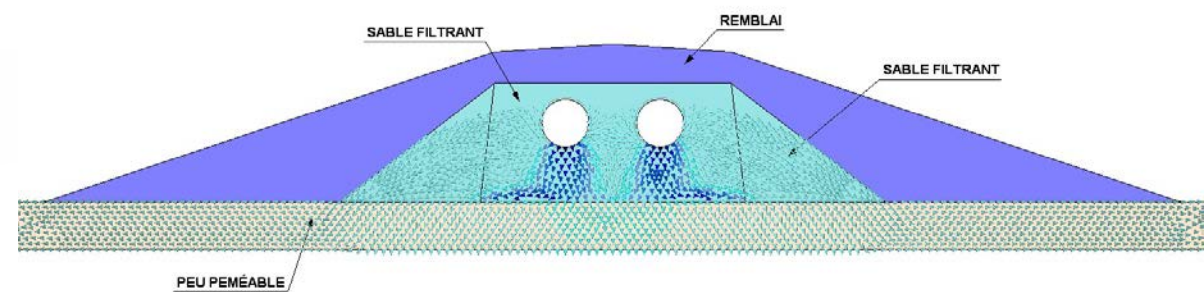
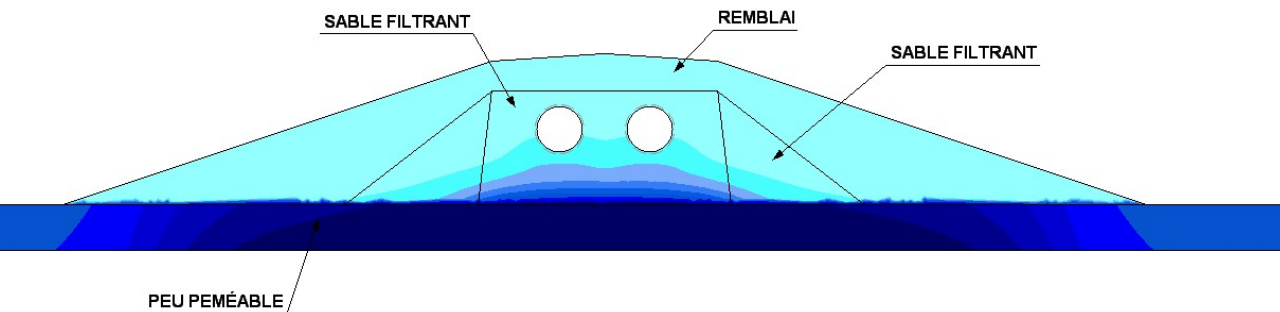
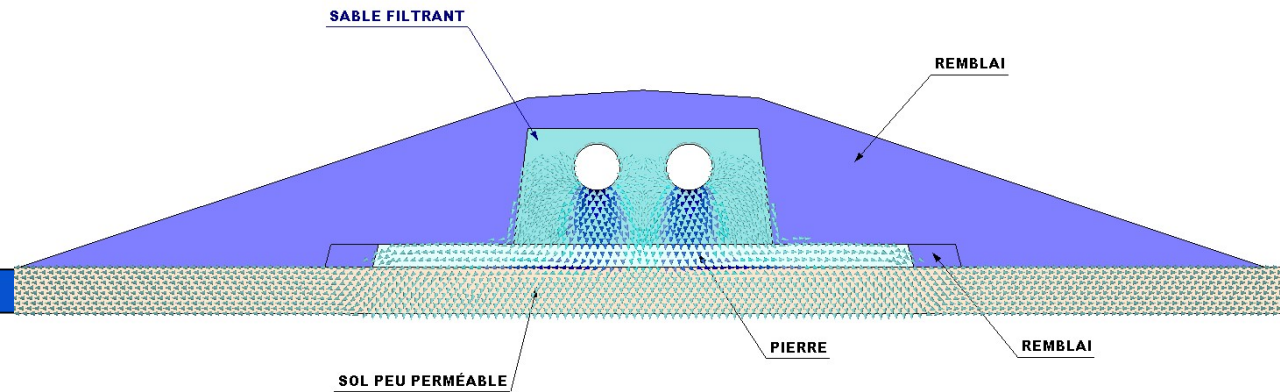
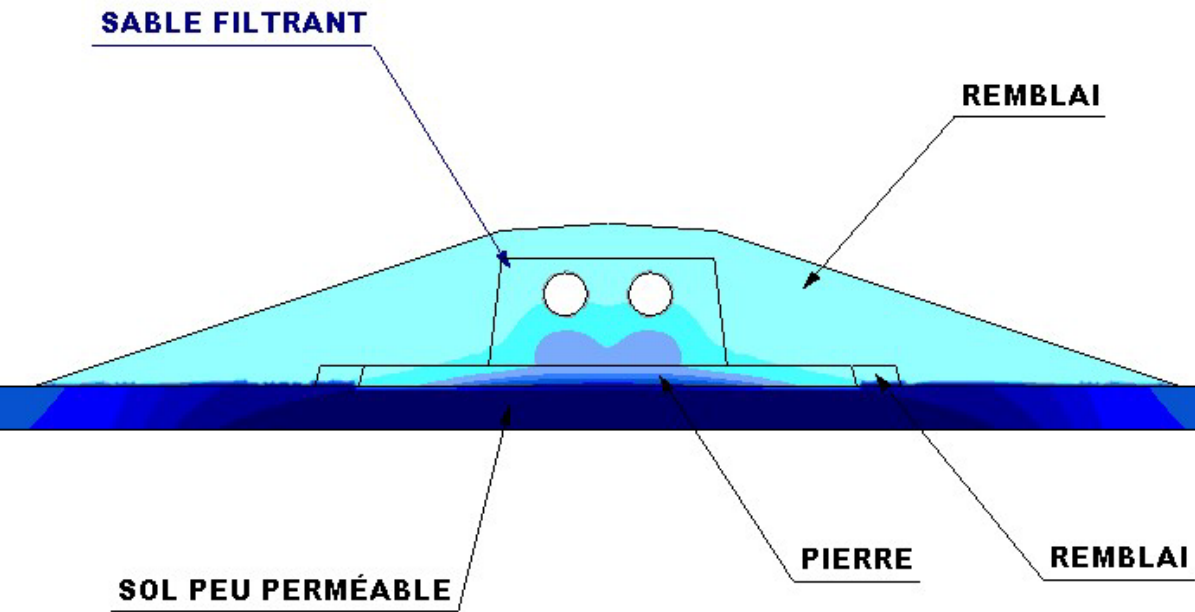
Peu perméable



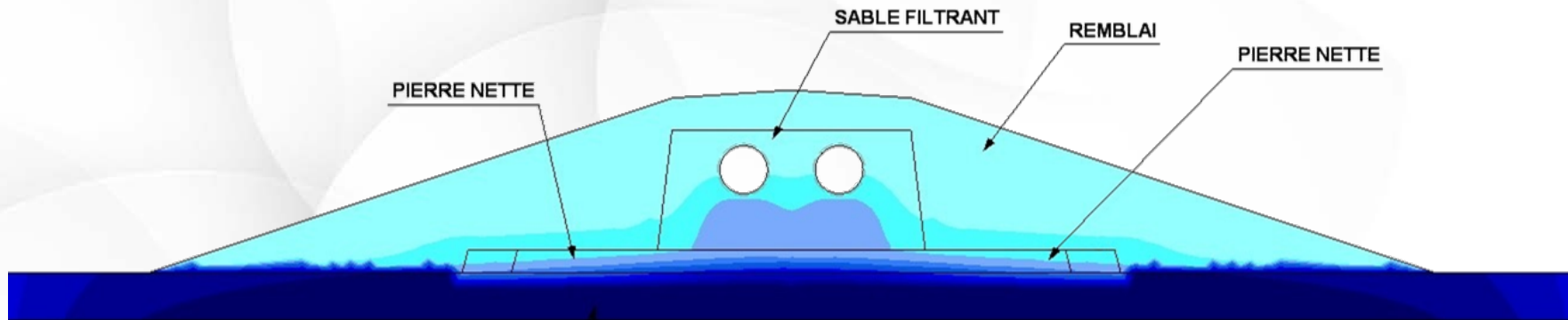
Deux méthodes en sol peu perméable



RÔLE DE LA PIERRE CONCASSÉE



Rôle de la pierre concassée – Limite du peu perméable



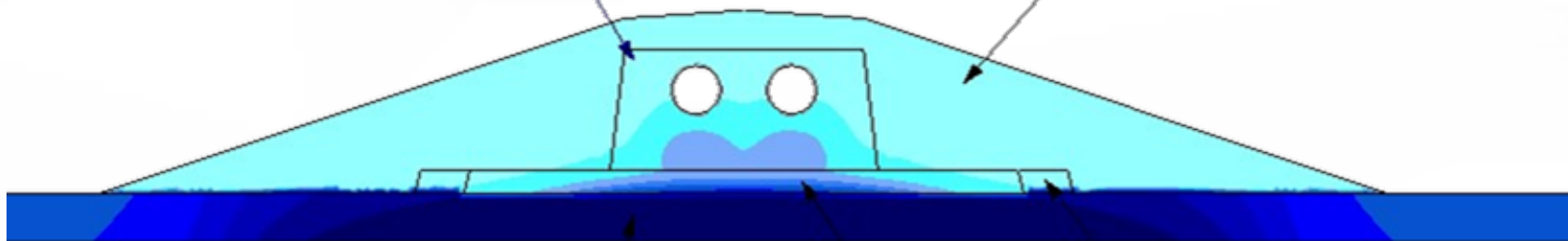
Limite de l'imperméable

$$K_s = 6 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

SOL PEU PERMÉABLE

SABLE FILTRANT

REMBLAI



$$K_s = 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

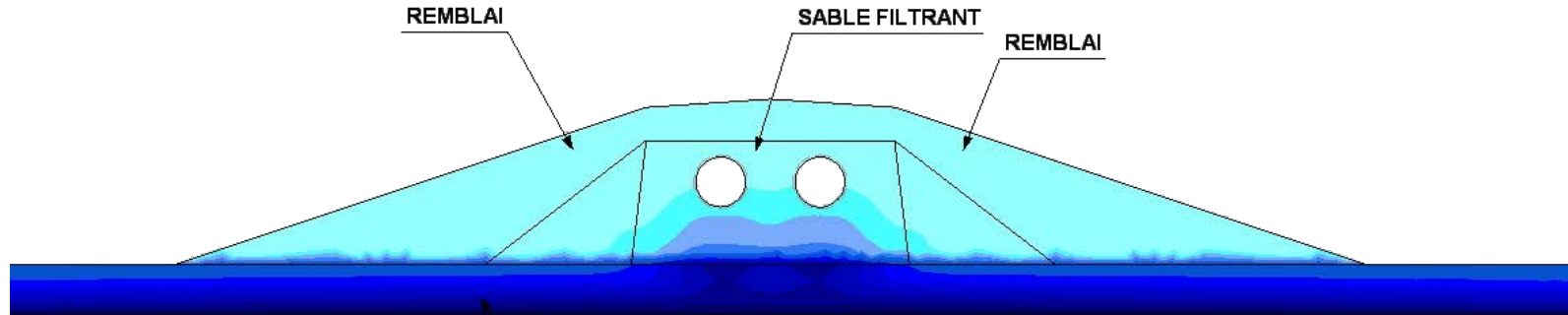
SOL PEU PERMÉABLE

PIERRE

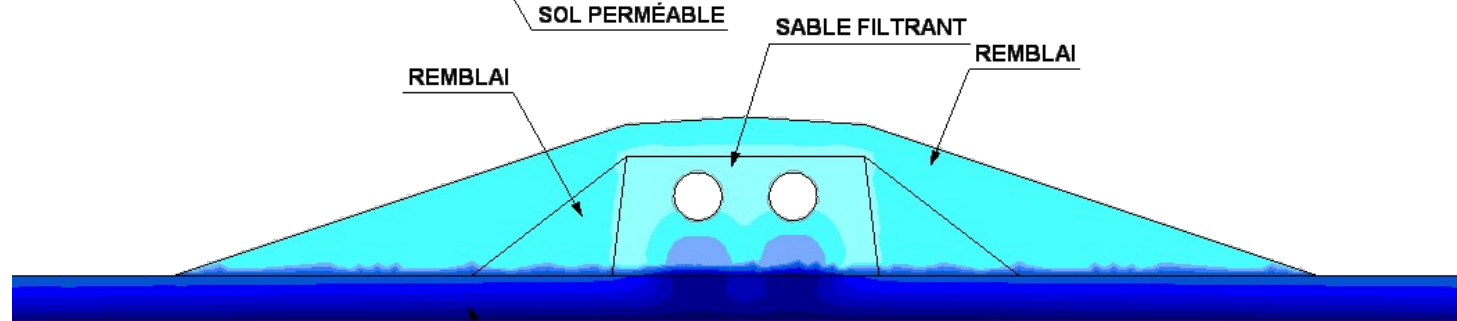
REMBLAI

SABLE FILTRANT – IMPACT DU D₁₀

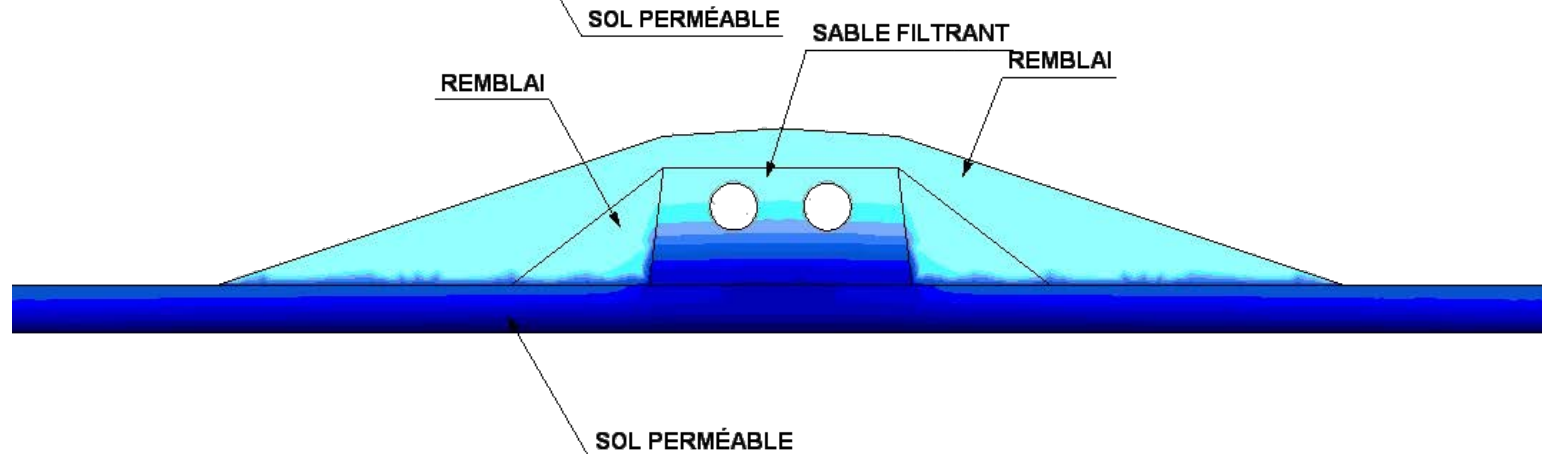
D₁₀ = 0,20 mm



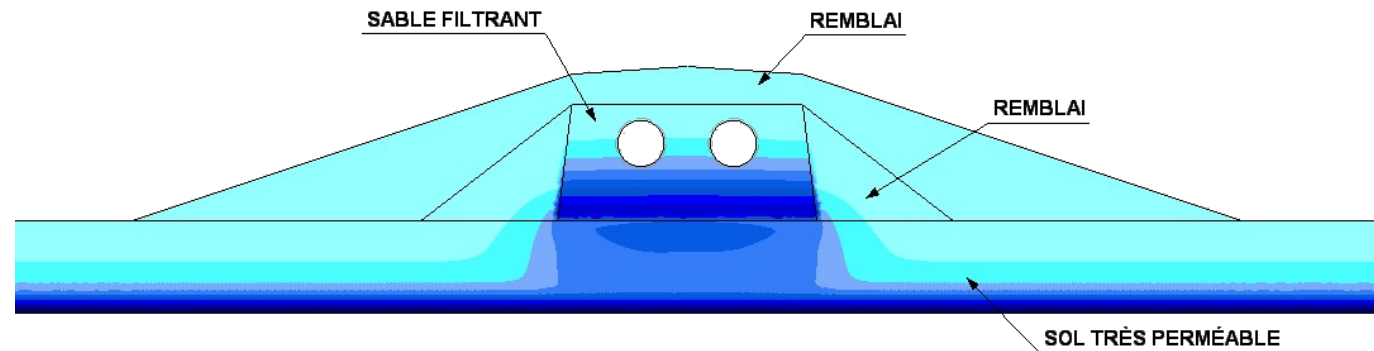
D₁₀ = 0,51 mm



D₁₀ = 0,15 mm

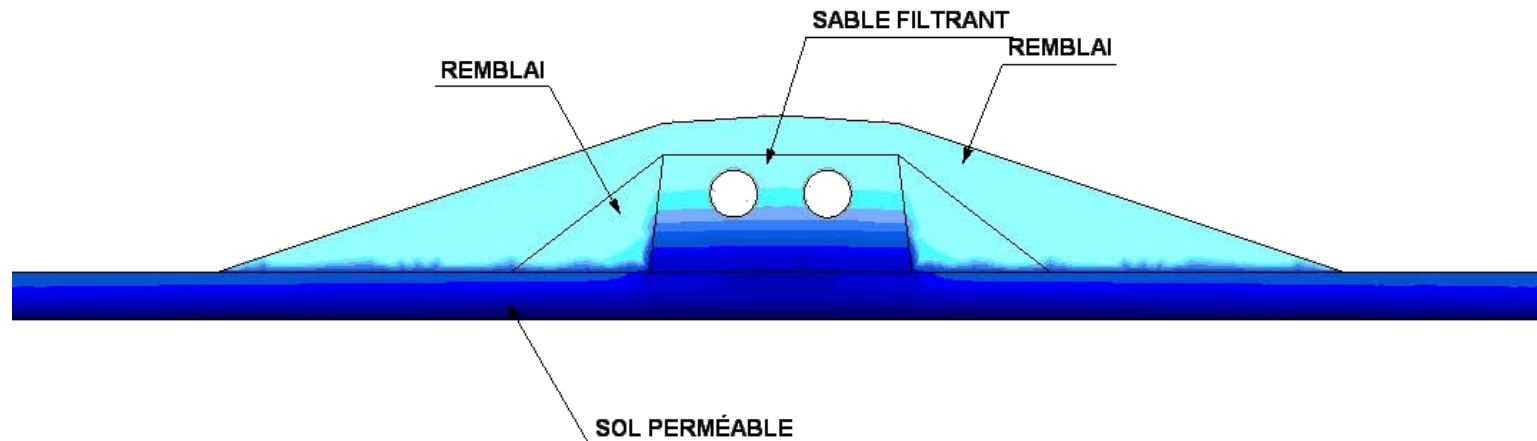


SABLE FILTRANT – IMPACT DU D₁₀



Très perméable

D₁₀ = 0,15 mm



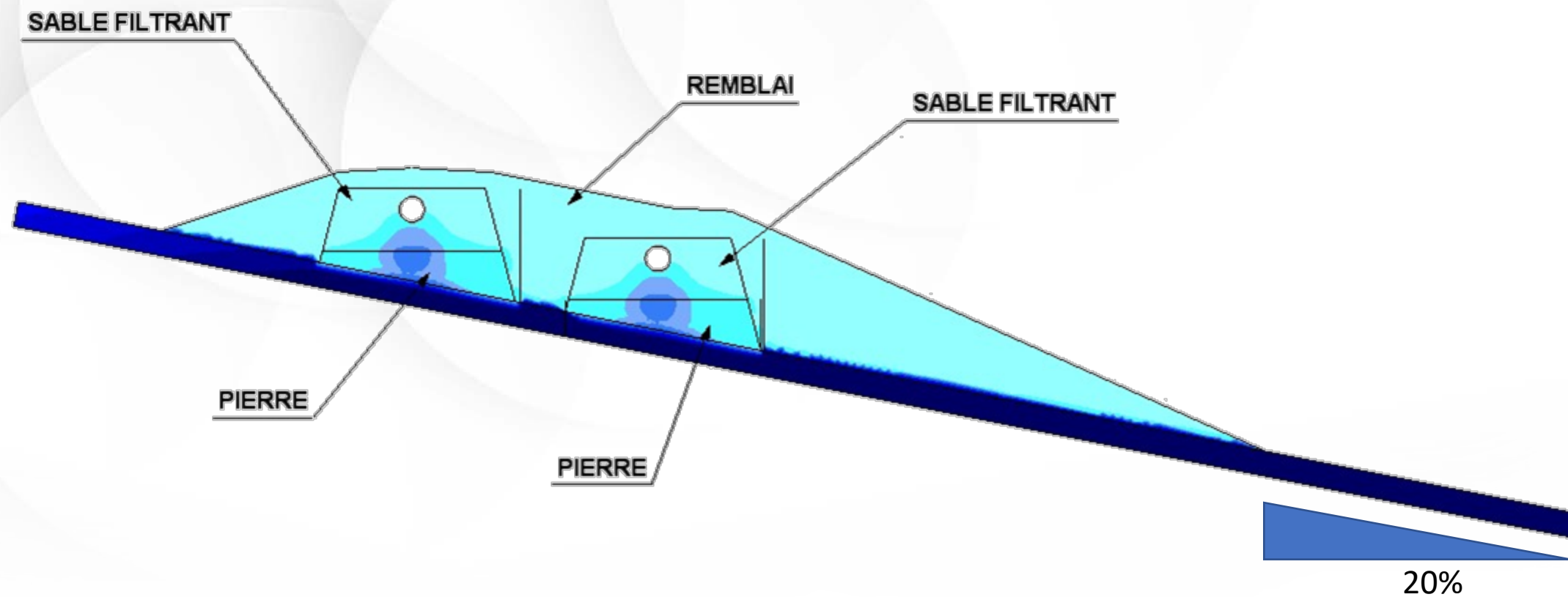
Perméable

SOL ARGILEUX OU SILTEUX STRUCTURÉ

Caractéristiques du sol du terrain récepteur								
Classe texturale	Structure		Taux de charge hydraulique linéaire L/(m.d)					
			Pente du terrain récepteur					
	Type	Grade	< 5 %		≥ 5 % < 10 %		≥ 10% < 30 %	
			Épaisseur du terrain récepteur (cm)		Épaisseur du terrain récepteur (cm)		Épaisseur du terrain récepteur (cm)	
			30-60	60-120	30-60	60-120	30-60	60-120
Silt-Limon	Prismatique, polyédrique ou granulaire	Modérée ou forte	37	41	43	50	47	53
		Faible	34	37	37	41	43	50
Silt, argile limon ou argile silteux-limon	Prismatique, polyédrique ou granulaire	Modérée ou forte	36	42	37	41	43	50
		Faible	31	37	34	40	36	42
Argile sablonneux, argile silteux ou argile	Prismatique, polyédrique ou granulaire	Modérée ou forte	31	37	34	40	36	42

Tableau 87.25.4b
Q-2, r. 22

IMPACT D'UNE PENTE



CONCLUSION

- ✓ La majorité des écoulements sont **non saturés**
- ✓ Plusieurs paramètres influencent l'écoulement (propriétés hydrauliques, géométrie, etc.)
- ✓ Aperçu de ce qu'on peut faire avec des outils de pointe d'ingénierie, en complément du Q-2, r. 22
- ✓ Outils qui peuvent compléter le mandat du MELCC pour la protection de l'environnement.
 - Optimisation des matériaux nobles (sable et pierre concassée)

Complexe de recherche multi-échelle en hydrologie, hydraulique et environnement de l'UdeS



Pour rejoindre Pr Alexandre Cabral:

Alexandre.Cabral@usherbrooke.ca | 819-821-7906

www.dboexpert.com



PORTAIL PRO

- Formation 2021
- Guide de conception
- Catalogue 2021
- Tableau des dimensions
- Plans types
- Études de cas
- DBO))Clic



@DBOExpertCanada



@DBO-Expert



QUESTIONS ?

ingenierie@dboexpert.com

