

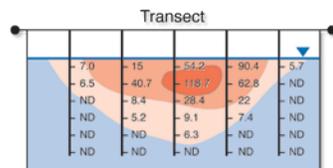
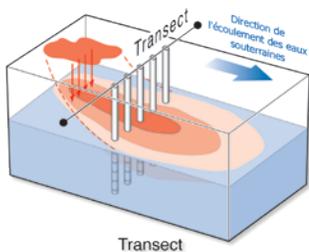
## Pourquoi multiniveaux : fournir une compréhension plus claire des conditions du sous-sol

Une qualité supérieure de données est obtenue en surveillant une série d'intervalles isolés discrets à différentes profondeurs dans un seul forage. Les informations détaillées fournies par multiniveaux sous forme d'écoulement horizontal et vertical, en conjonction avec l'échantillonnage de zones discrètes pour les contaminants, sont nécessaires pour des évaluations précises du site.



### • Améliorer l'évaluation des sites et la gestion des risques

- Les multiniveaux fournissent des données à haute résolution pour l'entrée dans des modèles de sites conceptuels « dynamiques » plus représentatifs.
- Les transects de multiniveaux à travers un chemin d'écoulement des eaux souterraines fournissent les meilleures données à utiliser pour les calculs de flux massique. Cela s'est avéré être un outil important pour les évaluations de sites qui nécessitent des estimations réalistes de la concentration maximale de contaminants/du risque pour les récepteurs.



Les multi-niveaux fournissent des données tridimensionnelles sur les eaux souterraines.

Illustration reproduite avec l'aimable autorisation de LFR Levine-Fricke et de l'American Petroleum Institute

- Optimisez les performances de la correction active en utilisant des données 3D détaillées à partir d'une série de multiniveaux. Par la suite, des transects peuvent être utilisés pour évaluer le succès de l'option d'assainissement choisie et identifier les zones nécessitant des améliorations.

### • L'économie a du sens

- Des réductions de coûts prouvées pour le forage et les déchets de forage.
- Le temps du personnel sur le terrain et les coûts d'élimination sont faibles lorsque les volumes de purge sont réduits. L'intervalle discret qu'un port multiniveau englobe permet des volumes de purge plus petits, des réponses rapides aux changements de niveau et est idéal pour les techniques d'échantillonnage à faible débit.

### • Surmonter les préjugés grâce à des puits longuement examinés

- Le mélange de contaminants sur de longs écrans masque les variations verticales, ce qui entraîne une sous-estimation de l'étendue totale des panaches et une dilution de la véritable concentration de contaminants.
- L'écoulement vertical ambiant dans les puits a le potentiel de transmettre des contaminants à des zones non contaminées.

## Systeme de surveillance multiniveau des eaux souterraines de Waterloo\*

Le **systeme Waterloo** est utilisé pour obtenir des échantillons d'eau souterraine, des mesures de la charge hydraulique et des mesures de la perméabilité de plusieurs zones discrètement isolées dans un seul forage.

Le système de Waterloo a été créé par le Dr John Cherry à l'Institut des eaux souterraines de l'Université de Waterloo en 1984. Le développement et le perfectionnement du système par Solinst ont eu lieu de manière continue depuis lors.

### Avantages du système Waterloo

- Profondeur détaillée de l'écoulement et des concentrations
- Réduction des coûts du projet
- Réduction des temps de purge et d'échantillonnage
- Moins de trous percés
- Réduction des perturbations du site
- Diverses options de surveillance
- Isoler l'échantillonnage dans des zones contaminées distinctes
- Caractérisation du site à haute résolution

### Données détaillées en 3-D

Lorsqu'un certain nombre de systèmes Waterloo sont utilisés sur un site, ils permettent d'obtenir des informations tridimensionnelles détaillées sur les eaux souterraines à un coût raisonnable. La réduction du nombre de trous de forage est un avantage et les temps de surveillance sont réduits.

Le système modulaire peut être personnalisé pour répondre aux exigences uniques d'un projet. Il est ainsi possible de placer des zones de surveillance à la profondeur souhaitée en utilisant des options adaptées à la roche-mère, aux terrains de recouvrement ou à des applications combinées.

La surveillance de zones discrètes est le seul moyen d'obtenir des données précises pour l'interprétation et l'évaluation des sites. Les transects de Multilevels fournissent les données détaillées nécessaires pour calculer le flux de masse et évaluer de manière conservatrice le risque pour les récepteurs.

\*Fabriqué sous licence exclusive de l'Université de Waterloo. Brevet Canadien #1232836 Brevet américain #5048605 et brevets internationaux.

## Systemes de surveillance des eaux souterraines multiniveaux de Solinst



Piézomètre à points d'entraînement multiniveaux 615ML

403 Système CMT®

Systeme 401 Waterloo

En plus du système 401 Waterloo, Solinst fabrique deux autres systèmes multiniveaux, chacun adapté à des environnements et des applications différents.

**Le piézomètre à points d'entraînement multiniveaux 615ML** est doté de ports de surveillance en acier inoxydable connectés à l'aide de tuyaux d'entraînement et de raccords en acier 3/4" NPT. Des tiges à double barbillon permettent de créer jusqu'à 3 ou 6 zones de surveillance, selon la taille du tube de raccordement. Les systèmes multi-niveaux Drive-Point peuvent être installés simplement en utilisant des méthodes de poussée directe, y compris un marteau coulissant manuel. Ces systèmes sont faciles à transporter grâce aux options portables d'échantillonnage et de surveillance du niveau (voir la fiche technique du modèle 615ML).

**Le 403 CMT® System** est constitué d'un tube en polyéthylène extrudé en continu, avec sept ou trois canaux séparés sur toute sa longueur. Les zones de surveillance sont créées mécaniquement et scellées, une dans chaque canal séparé à différents intervalles verticaux. Le système CMT offre une grande souplesse de conception sur le terrain, est peu coûteux et facile à installer. Le système à 7 canaux mesure 43 mm (1,7") et le système à 3 canaux 28 mm (1,1"). Ils sont idéaux pour les applications peu profondes dans les trous de forage de diamètre étroit (voir la fiche technique du modèle 403).



Collecteur multi-purge  
Tête de puits



Emballer permanent  
Waterloo



Pompe d'échantillonnage  
et transducteur dédiés



Boîtier et bouchon  
en PVC 2"

## La conception du système de Waterloo expliquée

Le système Waterloo utilise des composants modulaires qui forment une chaîne de tubage étanche composée de différentes longueurs de tubage, de packers, de ports, d'un bouchon de base et d'un collecteur de surface. Cela permet un placement précis des orifices dans des zones de surveillance précises.

Des tubes de surveillance fixés à la tige de chaque orifice relient individuellement cette zone de surveillance à la surface. Le système standard est construit sur du PVC Sch. 80 de 50 mm (2") pour s'adapter aux trous de forage de 75 à 100 mm (3 à 4") et utilise des packers de 915 mm (3 ft) de long. Des composants en acier inoxydable et des tubes de surveillance de différents diamètres sont disponibles.

## Joint d'étanchéité modulaires\*\*

La conception du joint à glissement du système Waterloo utilise un fil de cisaillement en nylon et un double joint torique. Cela permet d'obtenir des joints fiables et étanches, de sorte que le cœur du tubage Waterloo est isolé des eaux de formation externes. L'eau souterraine n'est accessible que par les tiges de l'orifice et l'équipement de surveillance qui y est attaché. Ce joint étanche empêche également le contact entre l'eau de gonflement du packer à l'intérieur du tubage et l'eau de la formation à l'extérieur du tubage.

## Collecteurs de tête de puits personnalisés

Le collecteur complète le système en surface. Il organise, identifie et coordonne les tubes et/ou câbles de chaque zone de surveillance.

Le collecteur permet de connecter tour à tour chaque transducteur dédié, et une connexion simple, en une seule étape, pour le fonctionnement des pompes. Lorsque des pompes dédiées sont sélectionnées, une tête de puits unique permet de purger des zones individuelles séparément, ou de purger de nombreuses zones simultanément pour réduire les temps d'intervention.

## Installations à ports multiples

- **Installations dans les terrains de recouvrement ou dans la roche-mère**
  - Permet la surveillance de plusieurs zones dans n'importe quel environnement géologique
  - Installations dans les eaux souterraines ou dans la zone vadose
- **Emballers permanents de Waterloo**
  - Conçu pour la roche-mère ou les trous tubés
  - Conçu pour des joints permanents

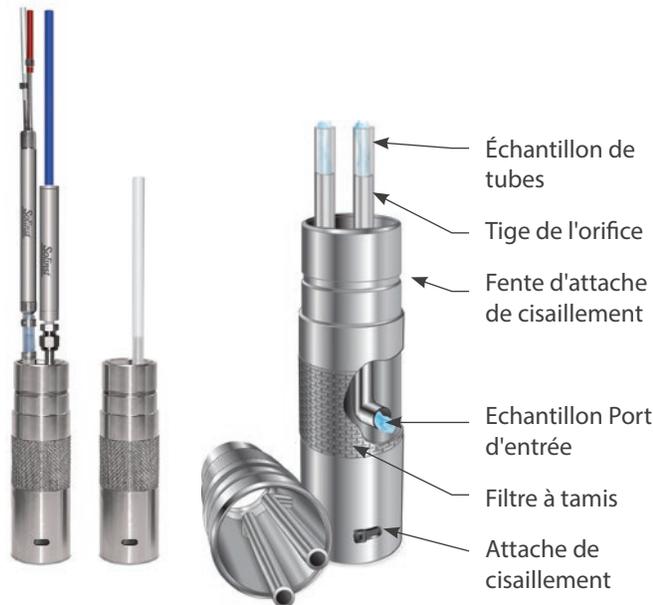


Joints O-Ring avec fil de cisaillement

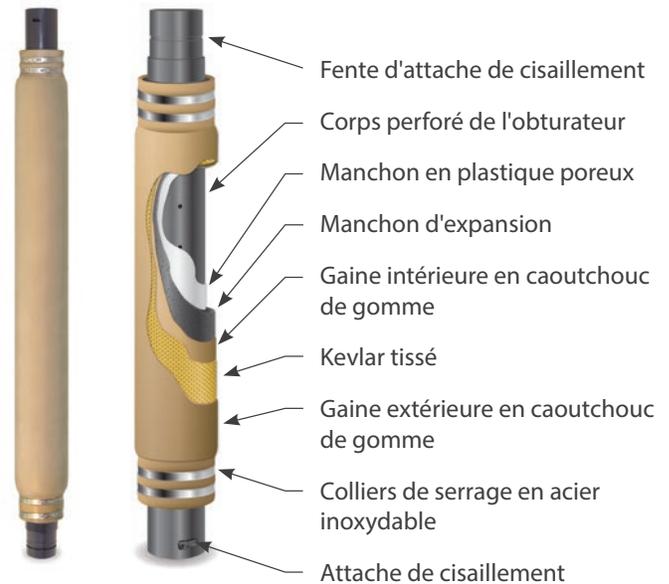


Collecteur multi-purge Tête de puits

\*\* Brevet américain 5,255,945



Ports en acier inoxydable



Emballeur permanent Waterloo

## Technologie de port de zone discrète

Les ports de surveillance du système Waterloo sont construits en acier inoxydable 316. Les ports sont isolés par des packers à chaque zone de surveillance souhaitée et sont connectés individuellement au collecteur de surface avec des tubes de diamètre étroit. Ainsi, l'eau de formation entre dans le port, passe dans la tige, remonte dans le tube de surveillance fixé à la tige, jusqu'à son niveau statique.

Une pompe d'échantillonnage ou un transducteur de pression peut être dédié à chaque zone de surveillance en se fixant sur la tige de l'orifice. Des orifices à double tige sont disponibles pour permettre à la fois l'échantillonnage et les mesures de la charge hydraulique à partir du même orifice. Les tubes de surveillance peuvent également être laissés ouverts pour permettre l'échantillonnage et la mesure de la charge hydraulique avec un équipement portable.

## Emballeurs permanents : Joint d'étanchéité

Les obturateurs permanents garantissent l'intégrité à long terme des joints d'étanchéité dans les trous forés dans la roche-mère et les puits tubés. Ils utilisent un manchon d'expansion activé par l'eau, placé sur le corps perforé de la garniture. Une couche de plastique poreux distribue l'eau de manière uniforme au matériau d'expansion de la garniture. Une gaine en caoutchouc/kevlar/caoutchouc enveloppe le matériau d'expansion. La couche de Kevlar apporte la résistance nécessaire pour franchir les grandes fissures. La gomme de caoutchouc souple forme un joint efficace contre la paroi du trou de forage.

De l'eau est ajoutée à l'intérieur de la colonne de tubage scellée après l'installation. L'eau passe à travers le corps du packer dans le manchon d'expansion, ce qui provoque l'expansion du matériau. Ainsi, un joint technique est formé de façon permanente contre la paroi du trou de forage.

## Installation du système Waterloo

L'installation du système Waterloo commence par la fiche de base et les sections les plus basses. Les composants sont assemblés dans l'ordre requis. À mesure que chaque nouveau port est mis en place, un nouveau tube de surveillance, une pompe dédiée et/ou un transducteur y sont connectés.

Les composants successifs sont enfilés sur ces tubes, en construisant la colonne de tubage, jusqu'à ce que le système Waterloo soit complet. Typiquement, les installations sont réalisées en une journée, avec une équipe de 3-4 personnes. Solinst peut fournir une formation sur le système Waterloo sur demande.

## Flexibilité du système Waterloo

Le système Waterloo est flexible pour répondre à vos critères de conception. Chaque système Waterloo est personnalisé pour répondre aux besoins uniques de surveillance, et aux conditions du site souterrain :

- Applications de la roche-mère ou des morts-terrains
- Surveillance des eaux souterraines ou de la zone vadose

Les emballeurs et les ports sont installés avec précision pour surveiller chaque zone d'intérêt isolée et discrète, éliminant ainsi toute contamination croisée entre les zones.

## Applications pour les morts-terrains

Les systèmes multi-niveaux de Waterloo peuvent être utilisés pour surveiller plusieurs zones dans les formations non consolidées, ainsi que dans le substratum rocheux.

Il existe trois méthodes d'installation du système Waterloo :

- Dans la tige de forage ou le tubage temporaire. Les formations de sable coulant sont autorisées à s'effondrer autour du Système de Waterloo.
- À l'intérieur de la tige de forage ou du tubage temporaire en utilisant des méthodes de trémie standard pour placer du sable autour des orifices et des joints de bentonite dans l'espace annulaire entre les zones de surveillance, lorsque la tige de forage ou le tubage temporaire est soulevé.
- Au sein d'un puits tubé et grillagé, utilisation de packers pour sceller les zones.



Utilisation des journaux de carottage pour identifier l'emplacement des ports et des packers (à gauche) Collecteur multi-purge avec transducteurs et pompes dédiées pour la surveillance de quatre zones (à droite).

### Système standard Waterloo 2" (50 mm)

Options de surveillance dépendantes du site	# Zones
Pompes dédiées et tubes ouverts	6
Pompes et transducteurs dédiés	8
Pompes dédiées uniquement	12
Tubes ouverts uniquement (varie selon la taille du tube)	15
Transducteurs de pression dédiés uniquement	24

## Nombre de zones de surveillance par trou

Le nombre maximum de zones de surveillance pour un système Waterloo est déterminé par le nombre de tubes et/ou de câbles qui s'insèrent dans le tubage. Ce nombre dépend des options de surveillance choisies. Les systèmes peuvent être conçus pour surveiller de 2 à 24 zones.

## Installation dans l'écran/le boîtier du puits

Un tubage permanent de 3" ou 4" et un écran peuvent être installés par un entrepreneur de forage en utilisant les méthodes typiques de placement de sable et de bentonite. Ensuite, un système Waterloo peut être installé à l'intérieur de l'écran et du tubage avec des ports et des packers permanents.

## Considérations sur la taille du trou de forage

Les packers de Waterloo sont conçus pour être utilisés dans des trous de forage de 3 à 4 pouces (75 à 100 mm). Les systèmes peuvent être installés dans des trous de forage plus grands en utilisant :

- Placement de sable et de bentonite pour isoler des zones de surveillance spécifiques
- Écran et boîtier de 3 à 4 po, installés dans un trou plus grand, complétés par l'installation d'un système Waterloo avec des obturateurs.

## Options de surveillance

- **Pompes d'échantillonnage dédiées et/ou transducteurs de pression**

Chaque port de surveillance peut être équipé d'une pompe d'échantillonnage et/ou d'un transducteur de pression dédiés. Cela permet de maximiser la vitesse à laquelle chaque ensemble de données peut être obtenu, et élimine la nécessité de décontaminer et d'abaisser à plusieurs reprises les dispositifs portables. Les pompes d'échantillonnage sont adaptées à l'échantillonnage de nombreux types de contaminants, y compris les COV (composés organiques volatils).

Les volumes de purge sont très faibles. Avec des pompes dédiées, toutes les zones peuvent être purgées simultanément. Les ports à deux tiges permettent de placer une pompe dédiée et un transducteur exactement au même niveau.

- **Tubes ouverts**

La version la plus basique utilise des tubes ouverts attachés à chaque port. Cette option permet la surveillance à l'aide d'un échantillonneur portable et d'un appareil de mesure du niveau d'eau à diamètre étroit. Il s'agit d'un dispositif de surveillance multi-niveaux très économique et flexible.

- **Mélange de tubes ouverts et d'équipements dédiés**

Une troisième option consiste à choisir un mélange de tubes ouverts et d'équipements dédiés dans différentes zones. Cette méthode combine les avantages d'un équipement portable moins coûteux pour les zones peu profondes et d'un équipement dédié plus rapide pour les zones plus profondes.

- **Surveillance du niveau d'eau uniquement**

Le système Waterloo peut comprendre uniquement des transducteurs de pression, pour la surveillance de la pression dans un maximum de 24 zones discrètes.

## Purge et échantillonnage à faible débit

Les volumes de purge sont très faibles en raison du petit espace annulaire et des diamètres de tubes utilisés dans le système. Par conséquent, même si les débits sont faibles, l'échantillonnage est rapide, notamment avec des pompes dédiées lorsque toutes les zones peuvent être purgées simultanément.

Les pompes à vessie dédiée et les pompes à double valve (DVP), ainsi qu'une DVP portable, sont idéales pour les techniques d'échantillonnage et de purge à faible débit.

Pompe à vessie modèle 407 et pompe à double valve modèle 408



## Échantillonneur flexible d'eau souterraine

La Micro Double Valve Pump (Micro DVP) fournit des échantillons de haute qualité, utilise un tube coaxial en PTFE sans PFAS et est suffisamment petite pour s'adapter à un tube d'un diamètre intérieur de 1/2" (13 mm). La combinaison unique de flexibilité et de taille rend la pompe idéale pour l'échantillonnage en profondeur dans les petits tubes flexibles.

Pompe à double valve modèle 408M



## Surveillance du niveau de l'eau dans les zones discrètes

Les mesures de niveau d'eau peuvent être effectuées dans les ports Waterloo équipés d'un tube ouvert à l'aide de l'appareil de mesure du niveau d'eau étroit, modèle 102. Il est équipé d'une sonde P4 de 4 mm (0,157") de diamètre extérieur et de 38 mm (1,5") de long.

L'échantillonnage peut être effectué dans des tubes ouverts à l'aide d'une mini-pompe à inertie, d'une micro-pompe à double valve ou d'une pompe péristaltique.

Mesureur de niveau d'eau modèle 102 P4





Prélèvement d'un échantillon dans un DVP dédié et mesure de la pression avec le lecteur de fil vibrant Geokon modèle 404.

## Transducteurs dédiés

Les transducteurs de pression dédiés permettent une mesure rapide et précise de la température et de la pression totale de l'eau. À moins que les niveaux d'eau statiques soient peu élevés, les transducteurs sont la méthode préférée de mesure du niveau d'eau, tant du point de vue de l'efficacité que de la précision.

Les transducteurs généralement choisis pour être utilisés dans le système Waterloo sont des transducteurs à fil vibrant non ventilés, qui sont très précis et robustes. Ils ont un fonctionnement supérieur à long terme avec une dérive minimale dans le temps. Ils peuvent être lus à l'aide d'un lecteur manuel ou d'un enregistreur de données qui peut fournir une surveillance et une télémétrie à distance et sans surveillance, si vous le souhaitez. Les transducteurs sont disponibles avec des plages de pression allant de 50 psi à 435 psi. (350 kPa à 3 MPa).

## Pompes d'échantillonnage dédiées

Un équipement dédié réduit le temps et les efforts nécessaires pour obtenir des données, car l'équipement n'est pas descendu dans le trou de forage et les volumes de purge sont réduits. Il permet de réaliser des économies importantes et d'éviter la contamination croisée.

Pour les échantillonnages fréquents ou à long terme, les systèmes Waterloo utilisent le plus souvent les pompes Solinst à double valve avec des valves en acier inoxydable et en PTFE. Une pompe est connectée directement à la tige de chaque port et un tube double en polyéthylène ou en PTFE relie la pompe au collecteur de la tête de puits.

Les unités de contrôle des pompes sont simples à utiliser. Elles sont dotées de raccords rapides et ne nécessitent qu'une seule connexion au collecteur. Les échantillons de tous les niveaux sont obtenus facilement et rapidement. La purge de certains ou de tous les niveaux simultanément est prise en charge par la fonction de purge multiple du collecteur.



Pompe d'échantillonnage et transducteur dédiés

## Un système Waterloo adapté à votre application

Votre système Waterloo peut être conçu pour répondre à votre application unique et aux exigences de votre site.

Chaque conception peut être basée sur votre :

- Méthode de forage
- Zones d'intérêt
- Méthodes de surveillance préférées
- Considérations de coûts
- Profondeur, diamètre et type de trou de forage
- Géologie du site

Votre système peut être conçu pour s'adapter à la taille et à la profondeur de votre forage, qu'il y ait ou non un tubage. Vous pouvez décider du nombre de zones à surveiller et de la profondeur à laquelle ces zones seront placées. Sélectionnez vos options de surveillance préférées, ainsi que tout matériel spécial dont vous pourriez avoir besoin.

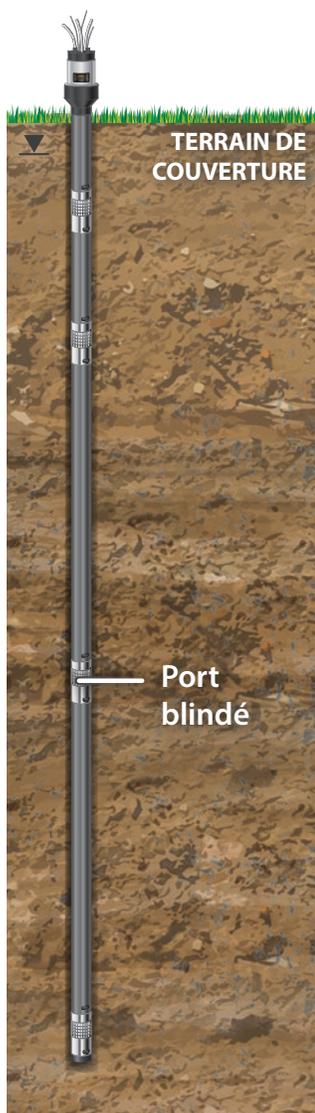
Pendant l'élaboration de vos plans, le personnel technique de Solinst sera heureux de vous aider à examiner les options et à personnaliser le système Waterloo qui répond le mieux à vos besoins. Vous trouverez ci-dessous quatre exemples d'installations qui peuvent s'appliquer à votre projet :

### La roche-mère



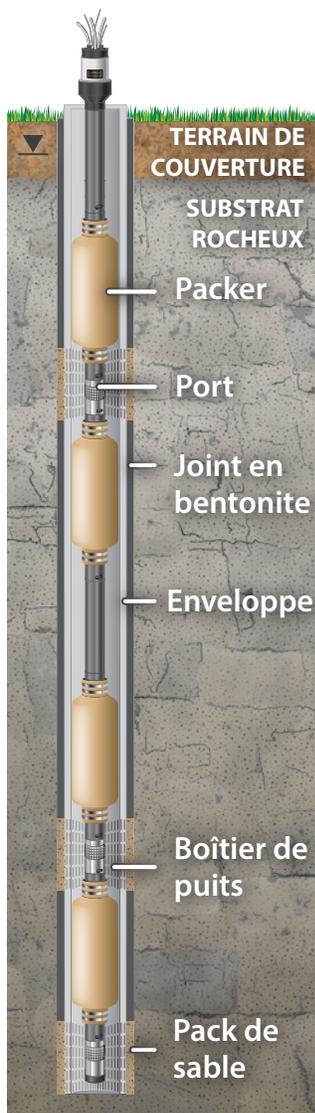
Packers permanents dans un trou foré

### Dépôts meubles



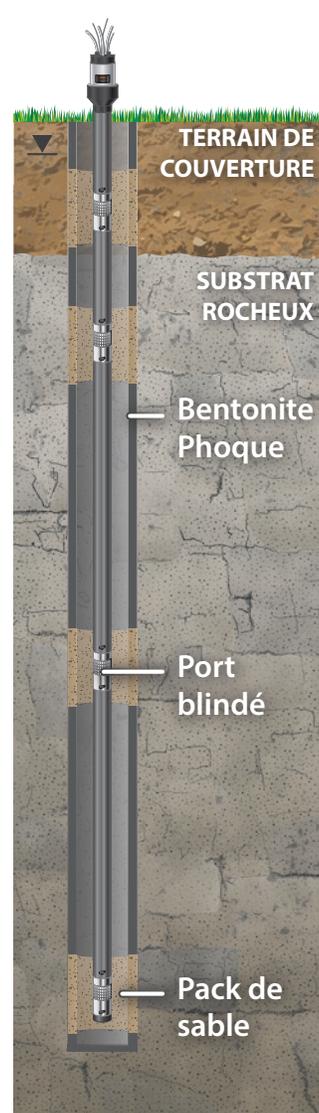
Enterrement direct : Effondrement de la formation avec des ports blindés

### La roche-mère et/ou les morts-terrains



Packers permanents dans un caisson tamisé

### La roche-mère et/ou les morts-terrains



Placement direct : Sable et bentonite avec ports blindés

## Sites de surveillance où le système de Waterloo a été utilisé

Le système Waterloo a été spécifié par diverses industries et consultants pour de nombreux sites aux États-Unis, au Canada et outre-mer. Les systèmes Waterloo ont été spécifiés et approuvés sur plusieurs sites avec des désignations Superfund ou RCRA et dans chacune des régions E.P.A. des États-Unis.

### Le système de Waterloo a été utilisé pour :

- Définir les schémas d'écoulement des eaux souterraines
- Suivi des performances des systèmes de pompage et de traitement
- identification et détermination de la distribution spatiale des contaminants
- Système d'alerte précoce/détection des contaminants en migration

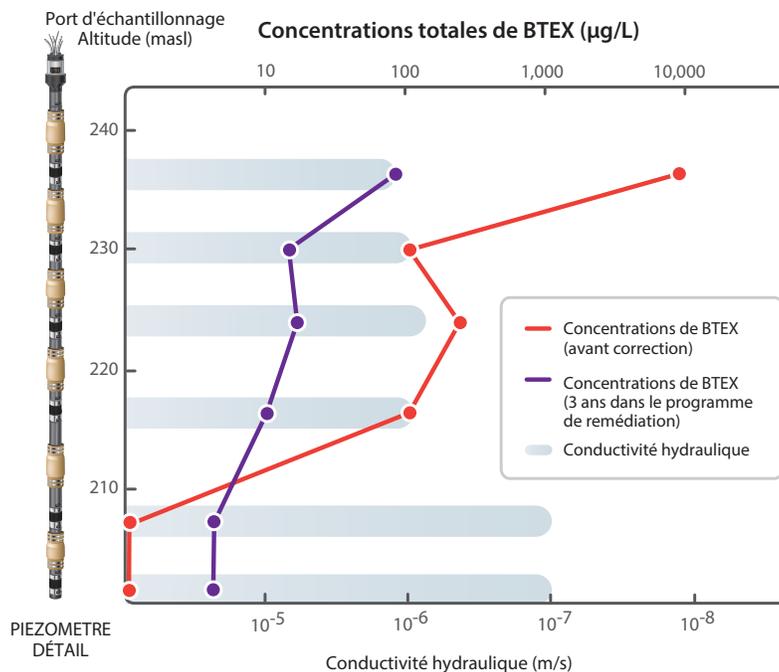
## Projets

### Les systèmes Waterloo ont été utilisés pour surveiller :

- Intrusion d'eau salée
- Nettoyage industriel
- Fuites de pipelines
- Fuite des dommages/réhabilitation
- Identification et nettoyage des contaminants
- Sites de déversement de DNAPL et LNAPL
- Élimination des déchets et décharges
- Enquêtes sur les gaz du sol

## Des données fiables

L'efficacité du système Waterloo est prouvée par sa capacité à obtenir de manière précise et répétée des données de pression et de chimie des eaux souterraines de plusieurs zones distinctes dans un seul forage. L'ensemble des données ci-dessous montre une diminution de la contamination totale en BTEX due à des opérations de pompage et de traitement en cours sur une fuite d'oléoduc.



Évaluation des fuites d'oléoducs souterrains. Trois installations de 45 m (150 ft). Des tests de perméabilité à tête montante en deux points ont été effectués dans chaque intervalle du système multi-niveaux. (Voir le diagramme montrant la distribution des contaminants à gauche)



Quatre systèmes Waterloo ont été installés pour surveiller un rejet de composés chlorés. Les systèmes ont été installés à des profondeurs allant de 131 m à 229 m (430 ft - 750 ft), la plupart surveillant 7 zones. Les ports ont été construits avec des pompes à double vanne et des transducteurs à fil vibrant.



Recherche de contaminants sur une base de l'armée de l'air américaine. Les systèmes Waterloo ont été installés jusqu'à 213 m (700 ft) dans les morts-terrains en utilisant des puits blindés et tubés. Jusqu'à 6 zones par trou avec des pompes et des transducteurs dédiés.



Une étude des propriétés hydrauliques sous un grand site de déchets. Les systèmes multi-niveaux de Waterloo ont été choisis pour permettre l'échantillonnage de la qualité de l'eau et pour aider à déterminer les zones de plus grande perméabilité dans l'aquifère.



Cinq systèmes Waterloo ont été installés jusqu'à 33,5 m (110 ft) dans un substrat rocheux fracturé pour aider à caractériser un panache historique de chlorobenzène à l'emplacement d'un site proposé de pompage et de traitement des eaux souterraines. Des transducteurs à fil vibrant et des pompes à double vanne ont été dédiés à chacune des 4 zones de surveillance.