

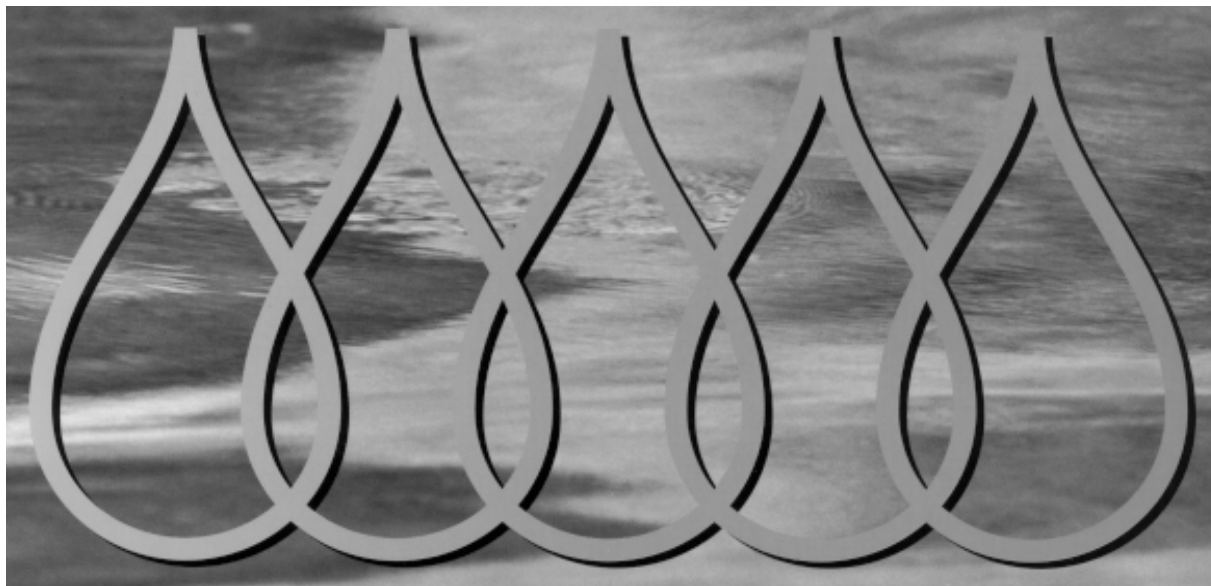
FICHE D'ÉVALUATION TECHNIQUE DU
COMITÉ SUR LES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT EN EAU POTABLE

NANH₂O FILTRATION

Niveau de développement :

ÉPROUVÉ

Septembre 2008



Québec 

1. DONNÉES GÉNÉRALES

- **Nom de la technologie**

NANH₂O FILTRATION (1, 2, 3 ou 4 modules par caisson)

- **Nom et coordonnées du promoteur**

H₂O Innovation (2000) inc.
420, boul. Charest Est, bureau 240
Québec (Québec) G1K 8M4
Téléphone : 418 688-0170
Télécopieur : 418 688-9259
Site Internet : www.h2oinnovation.com
Courriel : hdermigny@h2oinnovation.com
M^{me} Hélène Dermigny, ingénieure d'application

2. DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

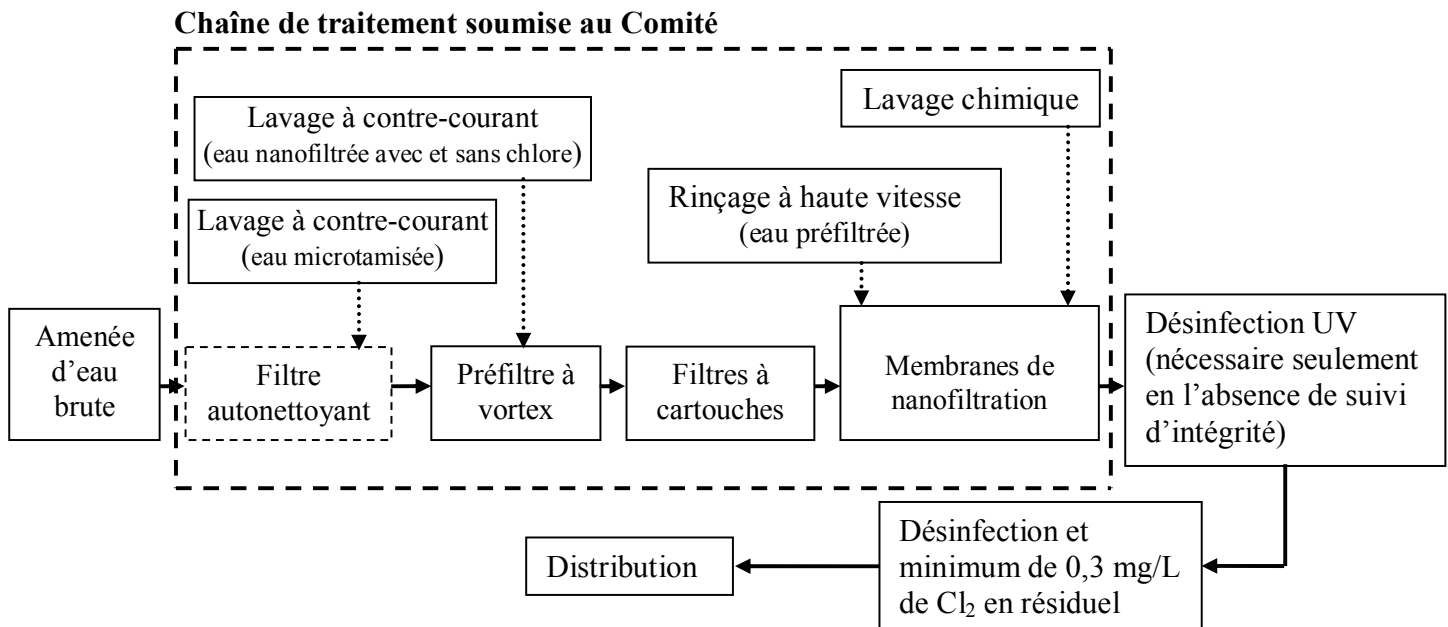
- **Généralités**

La technologie vise le traitement par nanofiltration d'une eau de surface pour l'élimination de la turbidité, de la couleur, de la matière organique naturelle et des micro-organismes pathogènes (coliformes fécaux et totaux, *Giardia* et *Cryptosporidium*). Il s'agit d'une chaîne complète de traitement impliquant deux étapes de prétraitement (le microtamisage et la filtration au vortex) et une filtration membranaire sans produits chimiques. La question des crédits d'enlèvement des parasites pour la technologie NANH₂O FILTRATION est traitée dans une fiche d'évaluation technique distincte. Les essais visant l'accréditation pour l'enlèvement des virus n'ayant pas été faits sur ce caisson, on devra effectuer une désinfection pour l'inactivation des virus dans l'eau traitée pour être conforme au Règlement sur la qualité de l'eau potable.

Dans la chaîne de traitement NANH₂O FILTRATION, l'eau brute passe à travers un microtamis autonettoyant de 55 µm (taille nominale). Elle est ensuite prétraitée par un filtre à vortex Vortisand[®]. Cette filtration permet l'abattement de 25 à 60 % de la turbidité et la diminution de la fréquence de remplacement des filtres à cartouches de 5 µm installés en amont des membranes. Le lavage à contre-courant du Vortisand[®] s'effectue avec de l'eau nanofiltrée de une à cinq fois par jour. De plus, une fois par jour, un lavage du Vortisand[®] incluant une période de trempage dans de l'eau nanofiltrée chlorée est effectué. Les cartouches de 5 µm sont changées à une fréquence d'environ une fois par mois à une fois tous les trois mois pour protéger les membranes. L'eau passe ensuite sur des membranes de nanofiltration. Une boucle de recirculation du concentrat est prévue pour augmenter la vitesse d'écoulement vers les membranes et réduire ainsi leur colmatage. Les deux tiers du débit d'eau à traiter seront filtrés à travers les membranes (le perméat), et le tiers restant (le concentrat) sera acheminé vers le rejet. Cette étape de nanofiltration permet la réduction de la turbidité, de la couleur et de la matière organique (précurseurs de trihalométhanes) ainsi que l'obtention des crédits d'enlèvement. Au démarrage, et ensuite à toutes les trois heures de fonctionnement, un rinçage à l'eau préfiltrée à haut débit est effectué sur l'ensemble des membranes afin de libérer les canaux d'écoulement. De plus, un lavage chimique sera nécessaire lorsque la pression transmembranaire corrigée aura augmenté de 15 %. Le traitement sera complété par une chloration pour assurer l'inactivation des virus et le maintien d'un résiduel à l'entrée du système de distribution.

Note : Il incombe au concepteur de vérifier que tous les autres paramètres du Règlement sur la qualité de l'eau potable sont respectés.

- Schéma d'écoulement



3. CRITÈRES DE CONCEPTION

- Prétraitement

Filtre autonettoyant :

- Type de filtre utilisé : à cartouches, avec une ouverture nominale de 55 µm
- Lavage : automatique lorsque la perte de charge atteint 69 kPa
- Fréquence de lavage avec de l'eau brute microtamisée : toutes les 45 à 60 min
- Durée maximale du lavage : 20 s par paire de filtres

Filtre à vortex :

- Type de filtre utilisé : Vortisand[®]
- Gamme de pression à l'entrée : de 345 à 414 kPa
- Différentiel de pression maximal pour amorcer un lavage : 138 kPa
- Rétrolavage :
 - Fréquence : de 1 à 5 fois par jour
 - Taux de lavage à l'eau nanofiltrée seule : 24,5 m³/m²/h pendant 5 min
 - Taux de rinçage à l'eau brute microtamisée : 38,3 m³/m²/h pendant 1 min
- Rétrolavage avec trempage au chlore :
 - Fréquence : 1 fois par jour
 - Taux de lavage à l'eau nanofiltrée : 24,5 m³/m²/h pendant 5 min
 - Dose de chlore utilisée : 2 mg/L
 - Durée moyenne de trempage : 2 min
 - Rétrolavage à l'eau nanofiltrée pour éliminer le chlore : 24,5 m³/m²/h pendant 2 min
 - Taux de rinçage à l'eau brute microtamisée : 38,3 m³/m²/h pendant 1 min

Filtre en amont des membranes :

- Type de filtre utilisé : à cartouches, avec une ouverture nominale de 5 µm
- Différentiel de pression maximal pour remplacer une cartouche : 138 kPa
- Fréquence de remplacement des cartouches : toutes les quatre semaines, mais peut être d'une seule fois par saison lorsque l'eau est de très bonne qualité

Filtration sur membrane de nanofiltration**1. Caractéristiques de la membrane**

- Type de membrane utilisée : NF270-400, de la compagnie Filmtec
- Mode de filtration : par gradient de pression, avec écoulement tangentiel
- Caractéristiques des membranes : modules spiralés
- Composition : membranes composites en polyamide
- Diamètre d'un module : 20,1 cm
- Longueur d'un module : 101,6 cm
- Surface totale de filtration : 37 m²/module
- Seuil de coupure moyen : 300 Da

2. Détermination du nombre de modules (de un à quatre) par caisson

- Tous les caissons sont identiques.
- **Seul le caisson de quatre modules a fait l'objet d'essais pilotes et d'un suivi de validation.** Les caractéristiques de fonctionnement des caissons de un à trois modules, inscrites dans le tableau suivant, ont été obtenues par simulation à partir d'un logiciel informatique.

3. Caractéristiques des caissons

Nombre de modules par caisson	1	2	3	4
Débit d'alimentation maximal en eau brute (m ³ /h)	1,15	2,21	3,30	4,29
Débit de recirculation recommandé/testé (m ³ /h)	4,55	4,32	4,09	3,63
Débit d'alimentation maximal total (m ³ /h) ¹	5,70	6,53	7,39	7,92
Débit maximal de perméat (m ³ /h)	0,76	1,48	2,20	2,86
Flux moyen de filtration recommandé/testé (pour SDI < 7) (L/m ² /h)	20,35	19,86	19,76	19,1
Débit de concentrat (m ³ /h)	0,39	0,73	1,10	1,43
Taux de récupération moyen (%)	66,7	66,7	66,7	66,7
Pression d'alimentation des caissons (en fonction de la température de l'eau) (kPa)	290-590	304-642	317-693	331-711
Pression transmembranaire de fonctionnement (en fonction de la température de l'eau) (kPa)	276-538	276-538	276-538	276-538
Pression transmembranaire pour amorcer un lavage (en % d'augmentation de la pression transmembranaire corrigée en fonction de la température de l'eau)	15	15	15	15
Pression différentielle maximale permise sous des conditions normales de fonctionnement (kPa)	103	207	310	345

1. Ce débit est celui entrant dans la première membrane du caisson. Il diminuera en cheminant le long du caisson.

4. Stratégie de lavage des membranes

- Rinçage à haute vitesse à l'eau préfiltrée pour libérer les canaux d'écoulement :
 - Fréquence : au démarrage et à toutes les trois heures de fonctionnement
 - Durée : 30 s
 - Perte maximale en eau : 85 L par caisson
- Lavage chimique :
 - Séquence :
 - Circulation en boucle fermée d'une solution d'acide chlorhydrique à pH de 2 à 3 et à température ambiante : 20 min
 - Rinçage à l'eau préfiltrée : 5 m³ maximum (96, 185, 275, 358 L/rinçage respectivement pour les caissons de 1 à 4 modules)
 - Circulation en boucle fermée d'une solution basique d'hydroxyde de sodium à pH de 11,5 à 12 et à température de 30 °C à 38 °C : 20 min
 - Rinçage à l'eau préfiltrée : 10 m³ maximum à environ 30 °C (192, 370, 550, 716 L/rinçage respectivement pour les caissons de 1 à 4 modules)
 - Fréquence : minimum d'un lavage par semaine ou selon les consignes basées sur le pourcentage d'augmentation de la pression transmembranaire (voir ci-dessus)
 - Perte maximale en eau nanofiltrée (pour un lavage acide et un lavage basique) : 70, 140, 210 et 280 L respectivement pour des caissons de 1 à 4 modules
 - Perte maximale en eau préfiltrée (pour les rinçages après un lavage acide et un lavage basique) : 288, 555, 825, 1074 L respectivement pour les caissons de 1 à 4 modules

Norme de turbidité

- Norme à atteindre au cours de cette étape : 0,1 UTN, 95 % du temps (selon le Règlement sur la qualité de l'eau potable)

Normes de sous-produits de chloration (THM et AHA)

- En cas d'utilisation du chlore comme désinfectant secondaire, les résultats des essais relatifs aux SDS-THM et aux SDS-AHA effectués selon la Procédure d'analyse des technologies de traitement en eau potable du Comité doivent permettre d'atteindre respectivement la norme de 80 µg/L prévue par le Règlement sur la qualité de l'eau potable et la recommandation de 60 µg/L.

Eaux de rejet

Caractéristiques typiques des rejets des eaux de lavage

Type de rejet	MES (mg/L)	Rejet dans le cours d'eau
Drain du filtre autonettoyant	N.D.	N.D.
Drain du Vortisand [®]	6-10	oui
Drain du Vortisand [®] chloré	6-10	non
Concentrat des membranes	≤ 2	oui
Eaux de rinçage à haute vitesse des membranes	N.D.	N.D.
Eaux de lavage des membranes (incluant les rinçages)	9	non

N.D. : Non déterminé. Ces rejets doivent être caractérisés pour vérifier s'ils peuvent être dirigés vers le cours d'eau, ce qui est probable avec le drain de l'Arkal et les eaux de rinçage des membranes.

Pour les eaux de procédé ne pouvant être rejetées directement dans un cours d'eau, un traitement devra être prévu selon les recommandations du *Guide de conception des installations de production d'eau potable*.

4. ESSAI PILOTE À LAC-BOUCHETTE

Note : Seules les informations différentes de la section 3 sont reprises ici.

• Prétraitement

Filtre autonettoyant :

- Type de filtre utilisé : à cartouche Arkal (1), avec une ouverture nominale de 55 µm
- Montage testé : 1 cartouche de 11,6 cm de diamètre sur 23,5 cm de haut
- Capacité maximale : 13,25 m³/h
- Capacité testée : 4,3 m³/h
- Quantité maximale d'eau microtamisée consommée par lavage : 44 L

Filtre à vortex :

- Type de filtre utilisé : Vortisand[®] (1)
- Diamètre testé : 40,6 cm
- Capacité maximale : 52,6 m³/m²/h (6,81 m³/h)
- Capacité testée : 33,2 m³/m²/h (4,3 m³/h)
- Lavage déclenché à fréquence définie et non par perte de charge
- Quantité maximale d'eau (microtamisée et nanofiltrée) consommée par rétrolavage : 350 L
- Quantité maximale d'eau (microtamisée et nanofiltrée) consommée par rétrolavage avec trempage au chlore : 450 L

Filtre en amont des membranes :

- Type de filtre utilisé : à cartouche Harmsco (1) avec une ouverture nominale de 5 µm
- Diamètre : 6,35 cm
- Hauteur : 25,4 cm
- Montage utilisé : trois séries en parallèle avec deux cartouches par série
- Capacité maximale : 18,9 L/min par cartouche
- Capacité testée : 11,3 L/min par cartouche

Filtration sur membrane de nanofiltration

1. Caractéristiques de la membrane

- Type de membrane utilisée : NF270-400, de la compagnie Filmtec
- Surface de filtration : 37 m² par module

2. Caractéristiques du caisson

- Caisson de 4 modules
- Nombre : 1
- Flux de filtration testé : 19,1 L/m²/h

3. Lavage des membranes

- Rinçage à haute vitesse à l'eau microtamisée tel que décrit dans la section 3
- Lavage chimique :
 - Perte maximale en eau nanofiltrée (pour un lavage acide et un lavage basique) : 280 L
 - Perte maximale en eau microtamisée (pour les rinçages après un lavage acide et un lavage basique) : 1074 L

Norme de turbidité

- Performance atteinte lors des essais pilotes :
 - Turbidité $\leq 0,06$ UTN, 95 % du temps
 - Turbidité $\leq 0,10$ UTN, 100 % du temps

Formation de sous-produits de chloration (THM et AHA)

- La valeur moyenne de la simulation de la formation de THM en réseau (SDS-THM) du perméat obtenue lors du suivi à La Tuque, secteur Parent, est de 5 $\mu\text{g/L}$, et le maximum obtenu est de 7,1 $\mu\text{g/L}$.
- La valeur moyenne de la simulation de la formation des AHA en réseau (SDS-AHA) du perméat n'a pas été déterminée.

Eaux de rejet

Caractéristiques typiques des rejets des eaux de lavage

Type de rejet	MES (mg/L)	Rejet dans le cours d'eau
Concentrat des membranes	< 2	oui
Solution du test d'intégrité (incluant le rinçage après le test)	N.D.	N.D.

N.D. : Non déterminé. Ces rejets doivent être caractérisés pour vérifier s'ils peuvent être dirigés vers le cours d'eau, ce qui est probable avec le drain de l'Arkal et les eaux de rinçage des membranes.

5. SUIVI DE VALIDATION À L'ÉCHELLE RÉELLE À LAC-BOUCHETTE

Note : Seules les informations différentes de la section 3 sont reprises ici.

Prétraitement**Filtre autonettoyant :**

- Type de filtre utilisé : à cartouches Arkal (8) avec ouverture nominale de 55 μm . Les cartouches sont disposées en série de deux (1760 cm^2) et montées en quatre paires fonctionnant en parallèle
- Capacité maximale par cartouche : 10 m^3/h
- Lavage : automatique et séquentiel, une paire à la fois, avec de l'eau brute microtamisée (provenant des paires de filtres en activité) lorsque la perte de charge atteint 69 kPa
- Fréquence : en moyenne 31 rétrolavages/d
- Durée du lavage : 20 s/paire
- Quantité maximale d'eau rejetée par lavage : 66 L/paire/lavage

Filtre à vortex :

- Type de filtre utilisé : Vortisand[®] (5 disposés en parallèle)
- Diamètre testé : 76 cm
- Capacité maximale par unité : 52,6 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (23,9 m^3/h)
- Capacité testée par unité : 35 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (15,9 m^3/h)
- Lavage séquentiel d'un filtre à la fois lorsque la perte de charge atteint 138 kPa. Aucun rétrolavage quotidien avec trempage au chlore n'est effectué, mais des rétrolavages quotidiens à l'eau nanofiltrée additionnée de 2 mg/L de chlore ont été faits
- Quantité maximale d'eau (nanofiltrée et chlorée) consommée par rétrolavage : 950 L/unité
- Quantité maximale d'eau (nanofiltrée) consommée par rinçage : 190 L/unité

Filtre en amont des membranes :

- Type de filtre utilisé : à cartouches Shelco (22), avec une ouverture nominale de 5 µm
- Diamètre : 6,35 cm
- Hauteur : 76,2 cm
- Montage utilisé : en parallèle dans un boîtier
- Capacité maximale : 4,8 m³/h par cartouche à 17 kPa de perte de charge
- Fréquence de remplacement : 8 fois par an

Filtration sur membrane de nanofiltration**1. Caractéristiques de la membrane**

- Type de membrane utilisée : NF270-400, de la compagnie Filmtec
- Surface de filtration : 37 m² par module

2. Caractéristiques du caisson

- Caisson de 4 modules
- Nombre de caissons : 17 montés en train de 2 unités en parallèle ayant 8 caissons dans une unité et 9 dans l'autre
- Flux de filtration : 19,1 L/m²/h
- Capacité de production d'eau traitée : 41,9 m³/d

3. Lavage des membranes

- Rinçage à haute vitesse à l'eau microtamisée tel que décrit dans la section 3
- Lavage chimique : déclenchement manuel, non automatisé
 - Séquence :
 - Circulation en boucle fermée d'une solution d'acide chlorhydrique (2270 L) à pH de 2 à 3 et à température ambiante : 20 min
 - Rinçage à l'eau microtamisée : 5 min maximum (perte d'eau de 358 L/caisson)
 - Circulation en boucle fermée d'une solution basique d'hydroxyde de sodium (2270 L) à pH de 11,5 à 12 et à température de 30 °C à 38 °C : 20 min
 - Rinçage à l'eau microtamisée : 10 min maximum (716 L/caisson)
 - Fréquence : selon les consignes basées sur le pourcentage d'augmentation de la pression transmembranaire (voir ci-dessus) avec un lavage basique de une à deux fois par deux semaines et un lavage acide tous les trois mois.

Norme de turbidité

- Performance atteinte lors des essais pilotes :
 - Turbidité ≤ 0,08 UTN, 95 % du temps
 - Turbidité ≤ 0,10 UTN, 100 % du temps

Formation de sous-produits de chloration (THM et AHA)

- La valeur moyenne de la simulation de la formation des THM en réseau (SDS-THM) du perméat obtenue lors du suivi à Lac-Bouchette est de 2 µg/L, et le maximum obtenu est de 4 µg/L.
- La valeur moyenne de la simulation de la formation des AHA en réseau (SDS-AHA) du perméat n'a pas été déterminée.

6. NIVEAU DE DÉVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES EN EAU POTABLE

Le Comité a évalué le niveau de développement de la technologie sur la base de la Procédure d'analyse des technologies de traitement en eau potable. **Il juge que les données obtenues lors du suivi à Lac-Bouchette, sur l'eau du lac Ouiatchouane, et lors du suivi de l'opération effectué à La Tuque, secteur Parent, sont suffisantes pour répondre aux critères permettant de valider le suivi de la technologie NANH₂O FILTRATION à l'échelle réelle.** L'implantation d'un projet pour lequel la technologie est considérée comme éprouvée aux critères de conception spécifiés reste toutefois limitée aux eaux brutes dont les caractéristiques correspondent aux paramètres critiques suivants :

Paramètres critiques	Eau brute	Autres paramètres mesurés	Eau brute
Turbidité (UTN) (basée sur 95 % des échantillons)	< 4,86	Turbidité (UTN) (maximum)	10,2
COT (mg/L) (basé sur 90 % des échantillons)	< 7,7	COT (mg/L) (maximum)	9,2
Fe (mg/L) (maximum)	< 0,49	Couleur (UCV) (basée sur 90 % des échantillons)	< 77
Mn (mg/L) (maximum)	< 0,07	Coliformes fécaux (UFC/100 ml) (maximum)	60
		Température (°C)	1-30
		pH	6,5-9
		Alcalinité totale (mg/L CaCO ₃)	10-36
		Dureté (mg/L CaCO ₃)	34

Pour des valeurs supérieures aux paramètres critiques mentionnés dans le tableau ci-dessus, le Comité serait prêt à reconnaître les données d'un nouvel essai pilote. Ce lui-ci devrait être conduit sur une période d'au moins deux semaines, inclure au minimum deux lavages chimiques selon le protocole proposé par le Comité et présenter des critères de conception identiques à ceux contenus dans cette fiche. Le démarrage du nouvel essai pilote devrait être effectué à l'aide de tous les équipements fonctionnant adéquatement avant que ne commencent les essais requis.

Note : Le niveau de développement peut être révisé suivant l'obtention d'autres résultats.