

NANOFILTRATION LAPIERRE

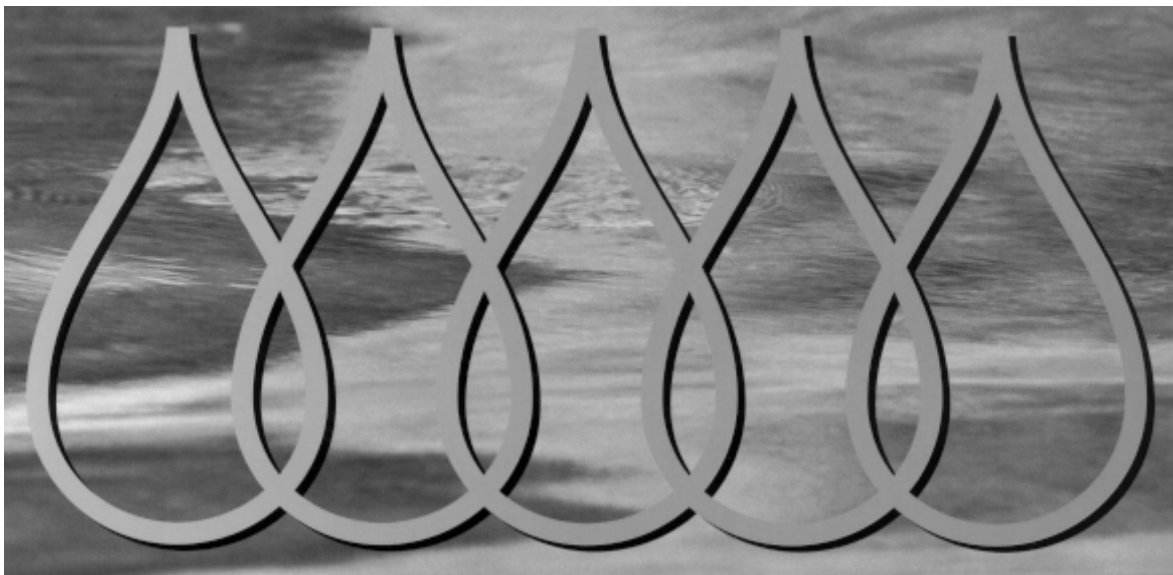
(SIX MODULES PAR CAISSON)

CRÉDITS D'ENLÈVEMENT ET SUIVI D'INTÉGRITÉ

Niveau de développement :

EN VALIDATION À L'ÉCHELLE RÉELLE

Avril 2009



Québec 

1- DONNÉES GÉNÉRALES

- **Nom de la technologie**

Nanofiltration LAPIERRE (six modules par caisson)

- **Nom et coordonnées du promoteur**

Les Équipements Lapierre inc.
99, rue de l'Escale
Saint-Ludger (Québec) G0M 1W0
Téléphone : 819 548-5454
Télécopieur : 819 688-9259
Site Internet : <http://www.equipementslapierre.com>
Courriel : info@equipementslapierre.com
M. Donald Lapierre

2- DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE ET DU PROTOCOLE

Généralités

- **Description du protocole**

Les techniques utilisées pour établir le niveau d'enlèvement des pathogènes et pour contrôler et suivre l'intégrité des membranes lors du traitement de l'eau par la filtration membranaire sont actuellement en développement à l'échelle internationale. Dans ce projet, les tests suivants ont été sélectionnés et expérimentés sur les unités d'un module par caisson et de deux modules par caisson de la compagnie Les Équipements Lapierre inc. : en présélection, un test de séparation d'une solution de sulfate de magnésium (MgSO_4) sur chaque module sélectionné et, en usine, la séparation de particules précalibrées pour obtenir les crédits d'enlèvement ainsi que la séparation d'un colorant alimentaire pour un suivi manuel d'intégrité.

Le test de séparation d'une solution de MgSO_4 a été fait d'abord séparément sur chacun des modules par le fabricant FilmTec afin de sélectionner huit modules membranaires NF270 ayant un taux de séparation moyen se situant dans le dixième centile inférieur d'une courbe normale basée sur un échantillon de 2000 modules.

Les tests de séparation de particules fluorescentes ont été utilisés pour déterminer les crédits d'enlèvement des unités de deux à six modules par caisson, alors que la séparation d'un colorant alimentaire a été utilisée pour établir le suivi manuel d'intégrité à mettre en place pour assurer le maintien des crédits d'enlèvement dans le temps.

Ces deux tests ont été effectués à l'installation de production d'eau potable de Lebel-sur-Quévillon, selon le protocole décrit dans le rapport intitulé *Étude à Lebel-sur-Quévillon sur le crédit d'enlèvement et suivi d'intégrité* soumis par Les Équipements Lapierre inc. au Comité. Les résultats mentionnés dans la section 3 sont tirés de ce rapport.

Le suivi manuel d'intégrité par séparation d'un colorant alimentaire a aussi été effectué sur une unité réelle à Lebel-sur-Quévillon, sur un train de caissons de six modules NF270 installés depuis deux ans ainsi que sur un train de caissons de six modules NF70 installés depuis neuf ans.

- **Description des unités**

La fiche d'évaluation technique Nanofiltration LAPIERRE (fiche technique 50) donne la description des différents caissons traités dans la présente fiche. Pour ces unités, les connexions entre les modules et le caisson sont munies de joints toriques à chaque extrémité. L'interconnexion entre les modules est aussi assurée par le même type de joint. Un joint d'étanchéité en forme de U doit être placé sur les modules qui se trouvent aux extrémités du caisson pour éviter que l'eau non traitée n'atteigne la sortie de perméat. Les joints et les caissons doivent supporter des pressions de fonctionnement pouvant aller jusqu'à 1700 kPa tout en assurant l'étanchéité du système dans une gamme de températures variant de 0,5 °C à 30 °C.

3- RÉSULTATS

- **Tests d'intégrité des membranes par séparation d'une solution de MgSO₄**

Les résultats des tests ont été obtenus par FilmTec à une pression de 480 kPa, à une concentration initiale de MgSO₄ de 2000 mg/L, à un taux de récupération de 15 % et à une température de 25 °C.

Caractéristiques des membranes NF270-400			
Membranes choisies (8)		Membranes testées (2000)	
Numéro de série	% de séparation	Centile	% de séparation
F1614158	97,1	100	99,1
F1614157	97,9	90	98,8
F1614161	97,7	75	98,6
F1535536	97,8	50	98,3
F1613956	97,7	25	97,9
F1614138	97,0	10	97,7
F1614076	97,9	2,5	97,13
F1613971	97,9	0	97,1
Moyenne	97,63	Moyenne	98,2

- **Crédits d'enlèvement pour un module intègre déterminés par cytométrie en phase solide**

	Concentration de particules dans l'alimentation (particules/ml)	Concentration de particules dans le perméat (particules/ml)	Log d'enlèvement obtenu lors des essais
1 module par caisson à 6 °C	2,2 x 10 ⁵	60 à 3150	1,90 à 3,62
1 module par caisson à 20 °C	1,9 x 10 ⁵	50 à 1700	2,09 à 3,87
6 modules par caisson à 6 °C	2,2 x 10 ⁵	200 à 400	2,74 à 3,04
6 modules par caisson à 20 °C	1,9 x 10 ⁵	76 à 240	2,90 à 3,40

La performance de séparation des modules NF270 installés depuis deux ans et des modules NF70 installés depuis neuf ans ont été meilleures que celles des modules NF270 neufs. De plus, le taux de séparation d'une solution de MgSO₄ des modules NF70 neufs est supérieur à celui des modules NF270 neufs. Pour ces raisons, seuls les résultats des modules NF270 ont été utilisés ici, puisqu'ils représentent le pire scénario.

Les paramètres relevés lors de ces essais ont été les suivants :

Paramètres	1 ou 6 modules par caisson en eau froide	1 ou 6 modules par caisson en eau chaude
Concentration effective de la solution préparée (particules/ml)	$2,2 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$
Diamètre nominal des particules fluorescentes	1,0 μm	1,0 μm
Température initiale (°C)	5,6	19,8
Température finale (°C)	6,5	20,2

• **Tests manuels d'intégrité des modules par séparation d'un colorant alimentaire**

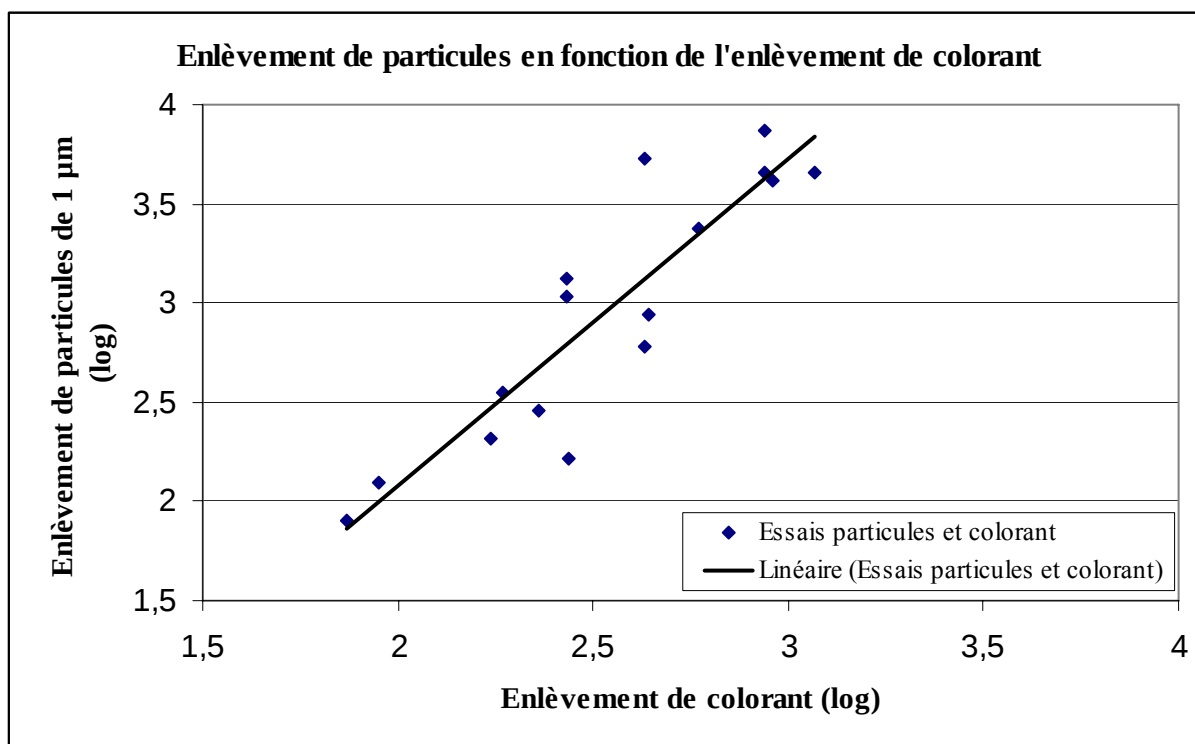
Les résultats des tests ont été obtenus par Les Équipements Lapierre inc. lors des essais effectués à l'installation de production d'eau potable de Lebel-sur-Quévillon sur les membranes NF270-400 neuves. Les essais ont été faits avec un colorant (rouge n° 3) d'un poids moléculaire de 880 Da, et les prélèvements ont été mesurés en colorimétrie.

Log d'enlèvement de colorant et de microsphères de 1 μm pour les membranes NF270-400							
Membrane		Essai en eau froide (4,5 °C à 5,3 °C)			Essai en eau chaude (20 °C)		
Position	Numéro de série	Couleur (FAU)	Enlèvement couleur (log)	Enlèvement particules (log)	Couleur (FAU)	Enlèvement couleur (log)	Enlèvement particules (log)
Entrée		2668			2772		
1	F1614158	11	2,43	3,12	4	3,07	3,66
2	F1614157	11	2,43	3,03	4	2,94	3,66
3	F1614161	5	2,77	3,38	5	2,94	3,87
4	F1535536	7	2,63	2,78	8	2,64	2,94
5	F1613956	37	1,87	1,90	35	1,95	2,09
6	F1614138	10	2,44	2,22	13	2,36	2,46
7	F1614076	3	2,96	3,62	8	2,63	3,73
8	F1613971	16	2,24	2,32	16	2,27	2,55
Sortie		3056			3736		

Il devient donc possible d'établir une relation entre l'enlèvement de la couleur et l'enlèvement des particules. Le graphique suivant montre cette relation qui peut être approximée par une relation linéaire dont l'équation est donnée par :

$$\text{Log}(\text{microsphères}) = 1,65 * \text{Log}(\text{colorant}) - 1,22$$

Le coefficient de corrélation de cette équation est de 0,899 et son coefficient de détermination (R^2) est de 81 %. Cette relation permet de déterminer le crédit d'enlèvement qui est accordé à cette technologie.



4- LOG D'ENLÈVEMENT DES PARTICULES DE DIAMÈTRE NOMINAL DE 1 µm RECONNUS PAR LE COMITÉ

La capacité du système Nanofiltration LAPIERRE d'enlever les parasites et virus dépend non seulement de ce qui est utilisé pour le démontrer (particules ou organismes vivants), mais aussi de la concentration dans l'eau brute de ces particules ou organismes et de la méthode de suivi d'intégrité retenue. Les crédits d'enlèvement accordés au système Nanofiltration LAPIERRE refléteront donc cette réalité et prendront aussi en compte les besoins réels des installations de traitement d'eau de surface au Québec ainsi que la volonté de mettre en place une approche de traitement par barrières multiples.

Pour établir les crédits d'enlèvement, le Comité s'est appuyé sur les résultats des différents essais effectués sur le système Nanofiltration LAPIERRE pour lesquels des particules de 1,0 µm ont été utilisées. Les crédits d'enlèvement reconnus et retenus par le Comité sont fonction des performances atteintes, de la performance de la méthode de suivi d'intégrité par enlèvement de colorant et de la volonté du Comité de limiter les crédits d'enlèvement accordés à une seule étape de traitement. Par ailleurs, comme les particules utilisées ont un diamètre de loin supérieur à celui des virus, aucun crédit d'enlèvement des virus ne sera accordé à la technologie Nanofiltration LAPIERRE par le Comité.

Les crédits d'enlèvement reconnus par le Comité pour la technologie Nanofiltration LAPIERRE se listent comme suit :

Suivi d'intégrité	Crédits d'enlèvement accordés (log)		
	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>	Virus
Tests d'enlèvement de colorant > 2,6 log	3	3	0
Tests d'enlèvement de colorant > 2,9 log	3,5	3,5	0
Tests d'enlèvement de colorant > 3,2 log	4	4	0

Pour obtenir ces crédits d'enlèvement, on doit mettre en place la procédure générale pour le contrôle et le suivi d'intégrité des modules (voir section suivante).

Note : Les crédits d'enlèvement reconnus par le Comité peuvent être révisés suivant l'obtention d'autres résultats.

5- PROCÉDURE GÉNÉRALE POUR LE CONTRÔLE ET LE SUIVI D'INTÉGRITÉ DES UNITÉS NANOFILTRATION LAPIERRE

La procédure de contrôle et de suivi d'intégrité des modules NF70 et NF270 peut se décrire comme suit.

Étape 1 : Test de séparation de $MgSO_4$ et de séparation d'un colorant pour les nouveaux modules

Avant livraison, les modules qui seront utilisés doivent avoir subi un test de séparation de $MgSO_4$ dans les conditions prévues par le fabricant FilmTec (concentration initiale de $MgSO_4$ de 2000 mg/L, pression de 480 kPa, taux de récupération de 15 % et température de 25 °C). Pour pouvoir être utilisé en production d'eau potable, le taux de séparation des modules doit être supérieur ou égal à 98 %.

À l'installation de traitement, avant le début de la production d'eau potable, les modules qui auront été retenus seront montés dans les caissons pour y subir un test de séparation d'un colorant alimentaire. Le colorant utilisé sera un colorant rouge n° 3 de poids moléculaire de 880 Da, et les tests seront effectués en respectant les conditions suivantes : pression minimale de 480 kPa, lecture initiale de colorant ≥ 2700 FAU et recirculation de la solution colorée jusqu'à l'obtention de conditions stables (débit, pression, température). Tous les caissons du système seront testés. La limite pour décider si un caisson est intègre ou non sera une séparation minimale de 2,6 log de colorant, basée sur la lecture colorimétrique (FAU).

Si un caisson échoue au test, chacun de ses modules sera alors testé dans les mêmes conditions. Le module qui échouera au test sera remplacé par un nouveau qui aura passé le test de séparation du colorant.

Le test de séparation du colorant, fait dans les mêmes conditions que celles décrites plus haut, sera aussi exigé après la mise en fonction du système de traitement.

Étape 2 : Suivi d'intégrité par test de séparation d'un colorant

En exploitation, chacun des caissons du système de traitement par membranes doit passer avec succès un test de séparation d'un colorant. Les conditions d'exécution de ce test sont les mêmes que le test initial de séparation d'un colorant : pression minimale de 480 kPa, lecture initiale de colorant ≥ 3100 FAU et recirculation de la solution colorée jusqu'à l'obtention de conditions stables (débit, pression, température). La limite pour décider si un caisson est intègre ou non sera une séparation minimale de 2,6 log de colorant, basée sur la lecture colorimétrique (FAU).

Le test de séparation d'un colorant doit être effectué régulièrement pendant l'utilisation des équipements de traitement par membranes. Ce test pourra être effectué plus fréquemment, mais il devra être fait au moins une fois par semaine ou à chacune des occasions suivantes :

- après chaque lavage;
- avant la remise en service d'un caisson qui aura été ouvert, changé, rééquipé, etc.;
- lorsque le suivi d'autres paramètres (turbidité, conductivité, débit) fera soupçonner un bris d'intégrité.

Le test de séparation d'un colorant doit être effectué en respectant les indications du promoteur et en s'assurant que les conditions minimales d'exécution décrites auparavant sont respectées. Le manuel du promoteur doit décrire les étapes d'exécution du test de séparation d'un colorant en précisant ce qu'il faut faire avant (lavage et rinçage), pendant et après le test (remise en service des caissons, gestion du rejet de colorant, etc.).

Étape 3 : Réaction en cas d'échec au test de séparation d'un colorant

Si un ou plusieurs caissons ne réussissent pas le test de séparation d'un colorant, le problème peut être lié à un module, à un joint d'étanchéité ou au branchement entre les modules et le caisson. Lorsqu'un tel événement se produit, les vérifications suivantes doivent être entreprises :

- isoler le ou les caissons qui n'ont pas passé le test. Sinon, le filtrat du ou de ces caissons peut être dirigé vers l'égout pluvial avec le concentrat, le temps de permettre à l'opérateur de faire une inspection plus détaillée;
- remettre en service, si possible, les caissons qui sont intègres;
- faire le diagnostic du ou des caissons qui n'ont pas passé le test d'intégrité afin d'établir si le problème vient des joints d'étanchéité, des modules eux-mêmes ou des connexions entre les modules membranaires ou entre les modules et les caissons. Le diagnostic du ou des caissons qui n'ont pas passé le test d'intégrité doit se faire en respectant les indications du promoteur. Le manuel du promoteur doit préciser les étapes d'exécution du diagnostic en décrivant les manipulations à effectuer pour vérifier s'il n'y a pas de fuites possibles et pour trouver la ou les causes de l'échec du caisson au test d'intégrité;
- réparer les bris si possible ou remplacer les pièces défectueuses;
- refaire un test d'intégrité sur le ou les caissons réparés en suivant les indications de l'étape 2;
- ne remettre en service que le ou les caissons réparés qui passeront avec succès le test d'intégrité précédemment décrit.