

FICHE D'INFORMATION TECHNIQUE

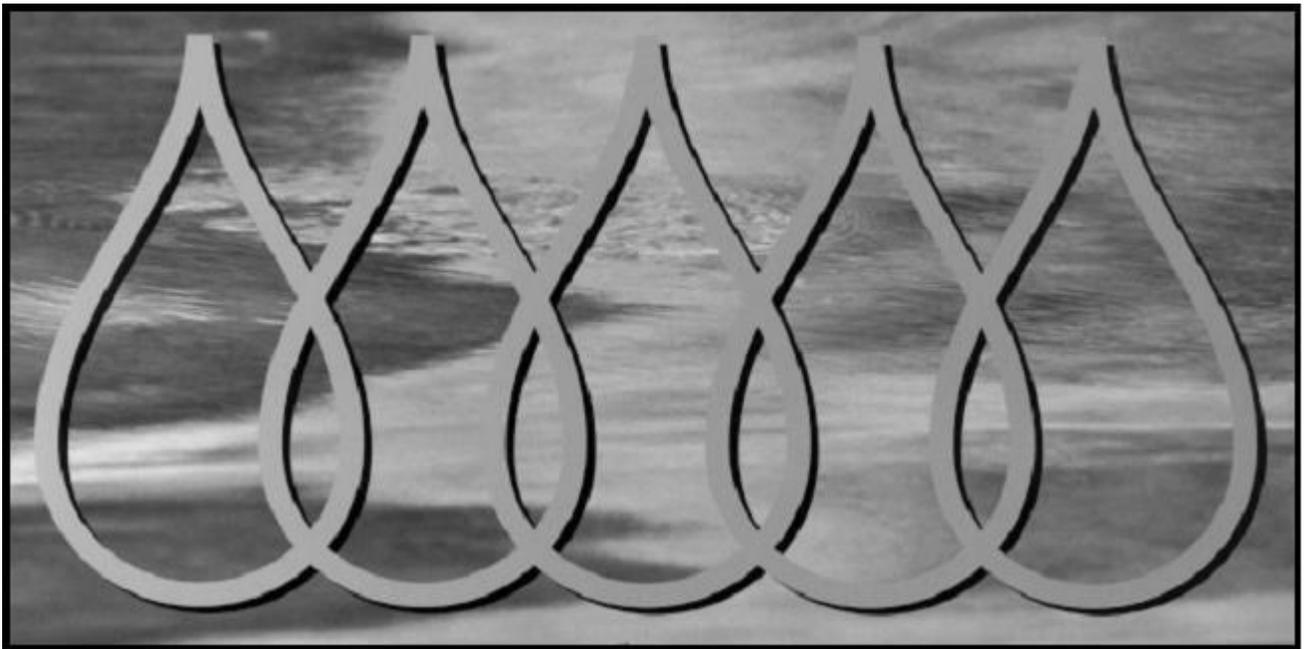
TECHNOLOGIE

BeFlow ®

Domaine d'application :
Eaux usées commerciales, institutionnelles et communautaires

Niveau de la fiche : *En validation*

Date d'expiration : 2026-10-31



Québec 

Fiche d'information technique : FTEU-JCE-PRBA-01EV

MANDAT DU BNQ

Depuis le 1^{er} janvier 2014, la coordination des activités du Comité sur les technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique (CTTEU) est assumée par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ). Le BNQ est ainsi mandaté par le gouvernement du Québec pour être l'administrateur de la procédure suivante :

- *Procédure de validation de la performance des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), mars 2021.

Cette procédure, qui est la propriété du gouvernement du Québec, se retrouve sur le site Web du MELCCFP à cette adresse :

- <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/usees/procedure.pdf>

Les procédures du BNQ, qui décrivent la marche à suivre pour la validation de la performance d'une technologie en vue de la diffusion par le gouvernement du Québec d'une fiche d'information technique d'une technologie, sont décrites dans les documents suivants :

- BNQ 9922-200 *Technologies de traitement de l'eau potable et des eaux usées d'origine domestique — Validation de la performance — Procédure administrative*, BNQ, mars 2021;
- BNQ 9922-201 *Technologies de traitement de l'eau potable et des eaux usées d'origine domestique — Reconnaissance des compétences des experts externes pour l'analyse des demandes de validation de la performance des technologies de traitement*, BNQ, octobre 2020.

Ces procédures, dont le BNQ est responsable, peuvent être téléchargées à partir du site Web du BNQ au lien suivant :

- [Validation des technologies de traitement de l'eau](#)

Cadre juridique régissant l'installation de la technologie

L'installation d'équipements de traitement des eaux usées doit faire l'objet d'une autorisation préalable du ministre de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) et des règlements qui en découlent.

La présente fiche d'information technique ne constitue pas une certification ou une autre forme d'accréditation. L'entreprise demeure responsable de l'information fournie, et les vérifications effectuées par le CTTEU ne dégagent en rien l'ingénieur concepteur et l'entreprise de fabrication ou de distribution de leurs obligations, garanties et responsabilités. L'expert externe, le BNQ, le CTTEU et les ministères du gouvernement du Québec ne peuvent être tenus responsables de la contreperformance d'un système de traitement des eaux usées conçu en fonction des renseignements contenus dans la présente fiche d'information technique. En outre, cette fiche d'information technique pourra être révisée à la suite de l'obtention d'autres résultats.

Document d'information publié par:

- le MELCCFP

DATE DE PUBLICATION OU DE RÉVISION	OBJET	VERSION DE LA PROCÉDURE DE VALIDATION DE PERFORMANCE	VERSION DE LA PROCÉDURE ADMINISTRATIVE BNQ 9922-200
2024-11-22	1 ^{re} édition	MARS 2021	MARS 2021

1. DONNÉES GÉNÉRALES

Nom de la technologie

Technologie BeFlow ®

Nom et coordonnées du fabricant

John Cockerill CY-BO inc.
1750, rue Berlier
Laval (Québec) H7L 4A1

Téléphone : 514 475-2563
Personne-ressource : Jordan Lussier
Courriel : Jordan.lussier@johncockerill.com

2. DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT DE PROCÉDÉ

Généralités

La technologie BeFlow ® est un concept de boues activées adapté pour favoriser la formation d'une biomasse qualifiée « granulaire ». Ce type de biomasse épuratrice présente plusieurs avantages par rapport à une boue activée conventionnelle. Les granules constitutifs de la boue granulaire présentent des structures denses et compactes, mais néanmoins suffisamment poreuses pour permettre des échanges efficaces avec leur environnement immédiat.

La formation de granules résulte d'une combinaison de facteurs sélectifs, dont les plus importants sont :

Cycle festin – famine : alterner des conditions riches, puis pauvres, en substrat.

Pression de sélection hydraulique : imposer un temps de sédimentation court lors des purges, éliminer préférentiellement les boues les plus légères.

Contraintes de cisaillement en surface des granules : apporter une aération et/ou une agitation assez intense.

Temps de rétention des boues (*Solids Retention Time*, SRT) : conserver les boues suffisamment longtemps pour favoriser les bactéries à croissance lente.

Parmi ces facteurs sélectifs, l'application combinée d'un cycle festin – famine et d'une pression de sélection hydraulique s'avèrent suffisants pour former une boue granulaire, puis d'en assurer une stabilité à long terme.

La technologie BeFlow ® met en pratique ces stratégies de conversion granulaire en imposant, à la fois, une pression de sélection biologique et une pression de sélection physique.

Description détaillée

Sélecteurs

La technologie BeFlow ® inclut, en tête de traitement, cinq sélecteurs anaérobies en série. Un jeu de vannes permet le contournement des deux premiers. La section anaérobie de la tête de traitement favorise l'élimination biologique du phosphore par suraccumulation (Bio-P). Les sélecteurs anaérobies sont munis d'agitateurs mécaniques induisant les contraintes mécaniques de cisaillement qui favorisent la formation des granules. Ces sélecteurs représentent 35 % du volume total des réacteurs.

Les sélecteurs anaérobies sont suivis de deux sélecteurs aérobie en série qui constituent 7 % du volume total des réacteurs.

Réacteur biologique

Le réacteur biologique suit les sélecteurs aérobies et est alimenté en air de façon intermittente afin de favoriser les processus de dénitrification et la réduction de l'azote total dans l'effluent. Le volume du réacteur biologique représente 58 % du volume total des réacteurs.

Dans les petites installations, en période d'anoxie, le brassage est assuré par de courtes poussées d'air (de l'ordre de 15 à 30 secondes). Dans les grandes installations, le brassage peut être assuré par agitateur selon les critères recommandés dans le *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique* (Guide) du MELCCFP. Les critères de conception des aérateurs correspondent à ceux qui sont recommandés dans le Guide du MELCCFP.

Séparation solide-liquide

La chaîne de procédé est dotée d'un trieur (décanteur à vitesse ascensionnelle élevée) qui a pour effet de sélectionner les granules plus denses. Ce dernier n'est pas muni d'une cloison siphonide. Le trieur est conçu pour opérer à une vitesse ascensionnelle de 2,6 m/h. Les boues du trieur sont recirculées en tête de traitement à un taux variant entre 50 et 150 %.

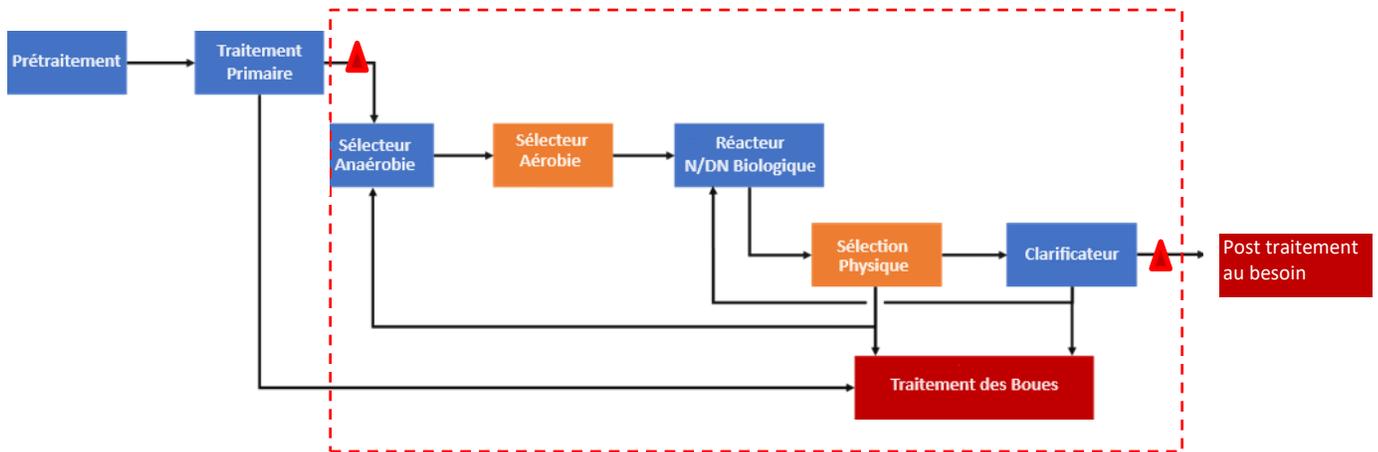
Un clarificateur vient compléter la chaîne de traitement. Il est conçu pour opérer à une vitesse ascensionnelle maximale de 1,8 m/h au débit de pointe. Les boues du clarificateur sont préférentiellement extraites pour favoriser la sélection des granules ou retournées en tête de traitement.

Limiteur de débit (optionnel)

Lorsque le rapport entre le débit maximal de l'installation (par temps de pluie) et le débit de pointe par temps sec est important (> 2), il y a un risque de lessiver le trieur et d'emporter toute la biomasse (qu'elle soit légère ou granulaire) dans la surverse. Pour éviter ce risque, un limiteur de débit peut être installé immédiatement en amont du trieur. Il permet de limiter le débit vers le trieur au débit de pointe par temps sec. L'excédent de débit est dirigé directement vers le décanteur (clarificateur) sans passer par le trieur. Si ce rapport de débit n'est pas trop important ($< 1,5$), il sera préférable de dimensionner le trieur selon le débit maximal de l'installation en conservant les vitesses ascensionnelles de dimensionnement mentionnées ci-après. Le trieur sera alors surdimensionné, mais cette opération évitera l'installation d'un limiteur de débit ainsi que toutes les contraintes de mise en œuvre hydraulique que cette installation pourrait engendrer.

Un rapport de débit entre 1,5 et 2 soulève une réflexion d'optimisation économique pour déterminer si le limiteur de débit est requis ou non.

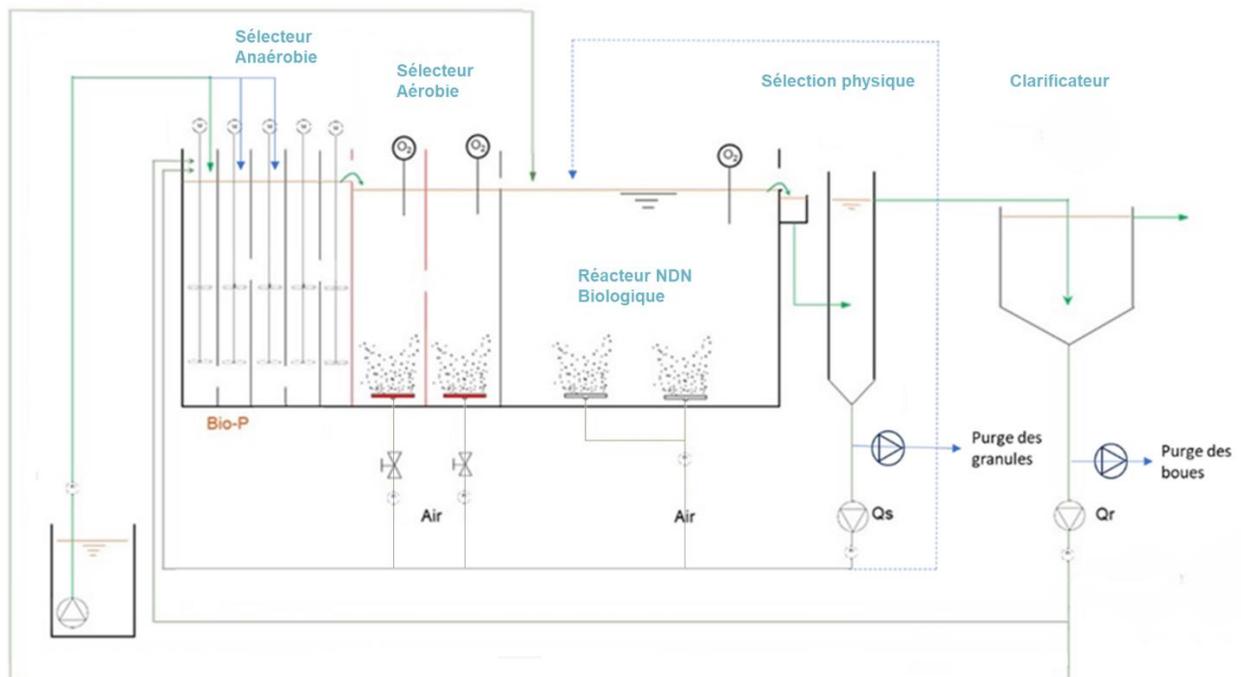
Schémas de procédé



Légende

 : Technologie excluant le prétraitement et le traitement primaire

▲ : Points d'échantillonnage



Prétraitement et traitement primaire (hors technologie BeFlow®)

Le prétraitement minimal requis est un dégrillage fin (typiquement de 6 à 10 mm). Le choix du type d'ouverture et de dégrilleur est laissé au concepteur selon les contraintes d'installation du projet.

Si une décantation primaire existe, il est préférable d'éviter d'assister chimiquement cette décantation pour éviter la création d'une carence en charge organique sur la technologie BeFlow®.

Selon la caractérisation des eaux usées, un dessablage et/ou dégraissage peuvent s'avérer nécessaires. La conception de ces ouvrages ne diffère pas d'une installation d'épuration à boues activées conventionnelle.

Description de la technologie évaluée au cours des essais

Site des essais

Les essais expérimentaux se sont déroulés du 20 janvier 2021 au 18 octobre 2021 sur le site de la station d'épuration de Namur (Belgique) qui traite un débit de pointe de 50 000 m³/d.

Le débit acheminé à l'installation pilote a été en moyenne de 43,46 m³/d. Le volume liquide total des sélecteurs et du réacteur biologique du pilote BeFlow® était de 16,78 m³. Le temps de rétention hydraulique moyen dans le sélecteur et le réacteur était de 9,3 h.

Le prétraitement était constitué des étapes suivantes : dégrillage fin de 6 mm, dessablage combiné au déshuilage dans un ouvrage longitudinal aéré. Il n'y avait pas de décantation primaire.

Technologie BeFlow®

- **Sélecteurs anaérobies**

Le prototype était composé de cinq compartiments non aérés, alimentés en série et équipés d'un mélangeur. Les compartiments 1 et 2 pouvaient être contournés par un jeu de vannes manuelles.

La puissance absorbée de chacun des mélangeurs était \pm de 100 W. Le volume utile de chaque compartiment anaérobie était de 1,16 m³. La puissance unitaire de mélange était \pm de 90 W/m³. La puissance nominale des mélangeurs était de 250 W. La puissance absorbée est généralement inférieure à cette puissance nominale.

Les cinq sélecteurs anaérobies représentent 35 % du volume total des réacteurs.

- **Sélecteurs aérobies (sélection biologique)**

L'ouvrage de sélection biologique était composé de deux compartiments aérés placés en série sur la ligne hydraulique. Le volume utile par compartiment était de 0,61 m³.

Un compresseur à palettes était utilisé pour l'aération des sélecteurs 1 et 2. Le débit d'air du compresseur était de 15 m³/h avec une pression relative de 300 mbar.

Un seul diffuseur à disque à membrane ELASTOX®-T type A était utilisé dans chaque sélecteur pour la diffusion d'air comprimé à fines bulles (diamètre utile 300 mm ; diamètre total = 320 mm).

Le volume des sélecteurs aérobies représente 7 % du volume total des réacteurs.

- **Réacteur biologique (bassin aérobie)**

Le volume utile du réacteur biologique était de 9,76 m³.

Le brassage était assuré par l'aération en période aérobie. L'élimination de l'azote total était assurée par une alternance de conditions aérobies et anoxies par un arrêt de l'aération du bassin. En période anoxie, le brassage était assuré par de courtes poussées d'air (de l'ordre de 15 à 30 secondes), soit une période suffisante pour remettre en suspension la boue sans repasser en condition aérobie.

Un groupe moto-surpresseur était utilisé pour l'aération du réacteur biologique, soit le modèle RBS 15 de type « à piston rotatif », trilobé à double carter d'huile, garantissant un air exempt d'huile. Le débit maximal du groupe moto-surpresseur était de 140 Nm³/h avec une vitesse de rotation de 3 130 t/min.

Onze paires de diffuseurs tubulaires OTT O₂-Okonom Standard II 750 mm (longueur utile = 750 mm ; longueur totale = 783 mm) étaient utilisées pour la diffusion d'air sous forme de fines bulles.

Le volume du bassin aérobie représente 58 % du volume total des réacteurs.

- **Capacité nominale d'oxygénation**

La capacité nominale d'oxygénation (CNO) et les débits d'air sont présentés au tableau ci-dessous (moyenne sur la période) :

Paramètres d'aération du sélecteur biologique (compartiment 1 et 2) et du bassin principal (aéré) en moyenne sur la période des essais.

Paramètre	Unité	Sélecteur aérobie 1	Sélecteur aérobie 2	Réacteur biologique (aérobie N/DN)
Surface au sol des bassins	m ²	0,33	0,33	5,42
Taux spécifique d'aération	Nm ³ /m ² /h	9,6	18,2	2,14
CNO	kg O ₂ /h	0,09 (15 % de la capacité globale)	0,17 (29 % de la capacité globale)	0,33 (56 % de la capacité globale)
CNO globale spécifique	kg O ₂ /kg DBO _{5C}	1,69		

- **Sélection physique (trieur)**

- Sur le pilote, le rapport entre le débit maximal de l'installation (6 m³/h) et le débit de pointe par temps sec (2,6 m³/h) était de 2,3. Un limiteur a donc été utilisé. Le limiteur entre en fonction lorsque le débit à l'entrée du trieur (ou à la sortie du réacteur biologique) est supérieur 5,2 m³/h (

Le trieur se trouvait après le limiteur de débit placé à la sortie du bassin biologique. Le trieur a été dimensionné afin de respecter une vitesse ascensionnelle de 2,6 m/h pour le débit de pointe par temps sec (2,6 m³/h) :

- surface du trieur : 1,06 m²
- pas de lame siphonide

Lors des essais les vitesses ascensionnelles observées étaient en moyenne de 1,82 m/h et en pointe de 3,33 m/h lorsque le limiteur de débit n'est pas entré en fonction (au miroir sur le trieur) pour une concentration moyenne de 9 g MES/L et pour une charge massique superficielle de 31,1 kg MES/m²/h (incluant 102 % de recirculation en moyenne).

Les boues granulaires décantées et épaissies étaient recirculées vers le bassin anaérobie de tête à l'aide d'une pompe à un débit moyen de 1,85 m³/h et à un débit maximal de 2,9 m³/h, avec un taux de recirculation des granules (TRG) moyen de 102 %.

- **Décanteur (clarificateur)**

Le dimensionnement du clarificateur du pilote était basé sur une charge hydraulique de 1,8 m/h à un débit de pointe de 6,0 m³/h). Les caractéristiques du clarificateur étaient les suivantes :

- surface de clarification : 3,14 m²
- présence d'une lame siphonide et d'une plage d'évacuation des boues flottantes

Lors des essais, les vitesses ascensionnelles observées sur le décanteur étaient en moyenne de 0,58 m/h et en pointe de 1,77 m/h, pour une concentration moyenne de 3,8 g MES/L à l'entrée du clarificateur.

Les boues décantées et épaissies étaient extraites et recirculées vers le réacteur biologique à l'aide d'une pompe à un débit moyen de 0,67 m³/h et à un débit maximal de 4 m³/h (Taux de recirculation des floccs (TRF) de 5 à 60 %).

3. CONDITIONS OBSERVÉES LORS DE L'ESSAI

Conditions	Unité	Valeurs lors des essais	Variation lors des essais (écart type)
Débit moyen sur la période d'essai	m ³ /d	43,46	23,64
Réacteur biologique			
Volume total du réacteur biologique	m ³	9,76	-
Taux de charge organique volumique moyen	g DBO _{5C} /m ³ /d	858	381
Taux de charge en azote ammoniacal volumique moyen	g N-NH ₄ /m ³ /d	103	32
Taux de charge en azote Kjeldahl volumique moyen	g N-tot/m ³ /d	168	66
Temps de rétention hydraulique au débit moyen	h	5.4	
Filière de traitement			
Volume total - sélecteurs et réacteur	m ³	16,78	
Temps de rétention hydraulique au débit moyen - sélecteurs et réacteur	h	9,3	
Vitesse maximale au miroir sur le trieur	m/h	3,3	-
Charge massique superficielle moyenne au trieur	kg/m ² /h	31.1	11,4
Vitesse maximale au miroir sur le décanteur (clarificateur)	m/h	1,77	-
MLSS	g/L	9.0	4
Critères d'agitation des sélecteurs anaérobie ^{(1) (2)}	W/m ³	90	~2

(1) Lors de l'essai, la puissance unitaire de mélange était de $\pm 90 \text{ W/m}^3$. Cette puissance n'est pas représentative d'une installation à taille réelle, car la puissance unitaire d'agitation tend à diminuer avec une augmentation du volume du ou des bassins. On considérera plus classiquement une agitation $> 4 \text{ W/m}^3$ pour des bassins de volume $> 100 \text{ m}^3$ et une agitation $> 10 \text{ W/m}^3$ pour des bassins de volume $< 100 \text{ m}^3$.

(2) L'écart-type de la puissance électrique de chaque agitateur est supposé très faible, car le volume d'eau dans le bassin est constant et le fonctionnement de l'agitateur est continu. On peut raisonnablement considérer un écart-type maximal de 10 % de la valeur moyenne.

4. PERFORMANCES ÉPURATOIRES OBTENUES AU COURS DE L'ESSAI

Durant toute la période de l'essai, les eaux usées brutes provenaient de la station d'épuration de Namur en Belgique. Les caractéristiques observées pour les eaux usées brutes sont les suivantes :

Caractéristiques observées à l'affluent de la technologie BeFlow ® pendant l'essai

Paramètres	Valeur moyenne	Écart-type	Nombre de données
DCO (mg/l)	424	207	20
DBO ₅ C (mg/l)	209	102	20
MES (mg/l)	333	144	20
Pt (mg/l)	4,7	1,9	20
N-NTK (mg N/l)	40	18	20
N-NH ₄ (mg N/l)	25	9	20
Température (°C)	16	4	20

Dans les conditions d'application décrites à la section 2, les concentrations obtenues à l'effluent de la technologie BeFlow ® pendant l'essai expérimental sont les suivantes :

Caractéristiques observées à l'effluent de la technologie BeFlow ® pendant l'essai

Paramètre	Nombre de résultats	Valeur moyenne	Écart-type	LRM-12	LRM-6	LRM-3
DCO (mg/l) ⁽¹⁾	20	42,7	12,4	55,0	63,6	74,4
DBO ₅ C (mg/l) ⁽³⁾	20	10,2	4,8	15,3	17,9	21,9
MES (mg/l) ⁽¹⁾	20	18,4	6,4	25,0	29,9	36,1
Pt (mg/l) ⁽¹⁾	20	1,4	0,6	2,0	2,5	3,1
NH ₄ (mg N/l) ⁽¹⁾	20	1,8	1,5	3,6	5,7	8,4
N-NTK (mg N/l) ⁽³⁾	20	3,5	2	7,2	9,2	12,8
N total (mg N/l) ⁽²⁾	20	9,3	3,9	13,0	14,5	16,7

⁽¹⁾ Selon une distribution log normale.

⁽²⁾ Selon une distribution normale.

⁽³⁾ Selon une distribution delta log normale.

Les limites de rejet en LRM-12, en LRM-6 et en LRM-3, obtenues selon les conditions d'essai, constituent une indication de la capacité de la technologie de respecter des niveaux de traitement sur la période d'essai 99 % du temps avec un degré de confiance de 95 % pour les cas de charge observés lors de l'essai, et ce, en fonction de 12, de 6 ou de 3 résultats respectivement.

5. EXPLOITATION ET ENTRETIEN

La technologie doit être exploitée et entretenue de manière à respecter les performances épuratoires visées, et ce, sachant qu'elle a été conçue et installée adéquatement. Les éléments d'opération doivent être en conformité avec les éléments de la présente fiche. Un manuel d'exploitation et d'entretien doit être fourni au propriétaire de l'ouvrage de chaque projet.

6. DOMAINES D'APPLICATION

Les conditions d'essai de la technologie BeFlow ® répondaient aux domaines d'application suivants :

Commercial, institutionnel et communautaire

7. VALIDATION DU SUIVI DE PERFORMANCE

L'expert externe mandaté par le BNQ confirme que l'information présentée dans la présente fiche d'information correspond aux résultats de suivi présentés dans les rapports d'ingénierie et de suivi de l'essai.

Les résultats de suivi fournis dans la présente fiche sont dépendants des conditions observées lors de l'essai.

Le CTTEU a conclu que les données obtenues au cours de l'essai effectué sur le système pilote (station d'épuration de Namur en Belgique) sont conformes aux critères d'évaluation définis dans le document intitulé *Procédure de validation de la performance des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique*, ce qui permet la publication d'une fiche technique de niveau **En validation**.

Le CTTEU a pris connaissance du rapport d'ingénierie de la technologie BeFlow ® préparé par Cteau ainsi que des documents de suivi préparés par Cebedeau. Conformément à la procédure administrative BNQ 9922-200, le CTTEU considère que le fournisseur répond aux exigences définies à la procédure administrative BNQ 9922-200 et dans le document intitulé *Procédure de validation de la performance des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* pour la publication de sa fiche au niveau **En Validation** pour les domaines d'application *Commercial, institutionnel et communautaire*.

Le BNQ atteste que le processus d'évaluation de la demande de fiche est conforme à la procédure administrative BNQ 9922-200.