



PROCÉDURE DE VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES D'ORIGINE DOMESTIQUE

Préparé par:

**Environnement Canada en collaboration avec le Bureau de normalisation du
Québec**

Pour:

Le Programme de vérification des technologies environnementales du Canada

Mars 2015

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	3
2. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION.....	4
3. RÉFÉRENCES	4
4. DÉFINITIONS.....	6
4.1 TERMES GÉNÉRAUX.....	6
4.2 ABBRÉVIATION	6
5. PROTOCOLE D'ESSAI.....	7
5.1 BUT DU SUIVI.....	7
5.2 PLAN D'ESSAIS	7
5.3 DURÉE DES ESSAIS	7
5.4 SUPERVISION PAR UNE TIERCE PARTIE	7
5.5 PARAMÈTRES ET ANALYSES	8
5.5.1 PARAMÈTRES D'EXPLOITATION.....	8
5.5.2 PROGRAMME D'ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES À EFFECTUER	9
5.5.2.1 PLAN D'ESSAIS POUR UN CAS DE CHARGE.....	9
5.5.2.2. PLAN D'ESSAIS POUR PLUSIEURS CAS DE CHARGE	11
5.5.2.3. PARAMÈTRES DE SUIVI SUPPLÉMENTAIRES POUR LES ÉQUIPEMENTS DE PROCÉDÉ.....	13
5.5.3 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS	14
5.5.4 PRÉSERVATION DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSES.....	15
5.6 REGISTRE DES ÉVÉNEMENTS	15
5.7 MODIFICATIONS EN COURS D'ESSAI	16
5.8 CONTENU DU RAPPORT DE SUIVI DES ESSAIS	16
5.9 TECHNOLOGIES SANS ÉQUIPEMENTS DE GESTION DES BOUES	17
5.10 RÉACTEUR AUX ULTRAVIOLETS	17
5.11 CALCUL DES LIMITES DE TOLÉRANCE SUR LES REJETS	17
5.12 CHAMPS D'APPLICATION	18
5.13 CLASSES DE PERFORMANCE.....	20
6. VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE DES TECHNOLOGIES.....	22
6.1 CONDITIONS DE VÉRIFICATION	22
6.2 APPLICATION.....	22
ANNEXE 1: RAPPORT D'ESSAIS	25
ANNEXE 2: ESSAIS DE VÉRIFICATION DES ÉQUIPEMENTS DE DÉSINFECTION AU RAYONNEMENT ULTRAVIOLET	31
ANNEXE 3 : MÉTHODE STATISTIQUE UTILISÉ POUR DÉFINIR LES LIMITES DE REJET	39
BIBLIOGRAPHIE	58

PROCÉDURE DE VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE DE TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES D'ORIGINE DOMESTIQUE

1. INTRODUCTION

Au Canada et dans d'autres compétences, les exigences et les critères de performance aux fins d'approbation et d'acceptation des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique peuvent varier en fonction des organismes de réglementation et des autorités de délivrance de permis. Pour appuyer leurs décisions, ces organismes et autorités peuvent bénéficier de données sur la performance vérifiables et défendables sur le plan scientifique qui s'appliquent à un large éventail d'exigences en matière d'utilisation finale et de conditions d'exploitation possibles.

L'objectif du présent *Protocole de vérification de la performance des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* est de fournir un protocole commun pour l'essai et la vérification, de façon indépendante et transparente, de la performance réelle des équipements de traitement dans des conditions contrôlées. La vérification indépendante des données sur la performance devrait aider les organismes de réglementation, les autorités de délivrance de permis et les autres intervenants concernés à évaluer les options en matière de technologie de traitement.

Le présent protocole a été préparé à la suite d'un accord entre Globe Performance Solutions, qui représente le Programme de vérification des technologies environnementales (VTE) du Canada, et le Bureau de normalisation du Québec (BNQ), qui représente le gouvernement du Québec, afin d'harmoniser les protocoles de vérification pour les technologies de traitement en eau potable domestique qui sont utilisés par les deux organismes. Le BNQ est un organisme d'élaboration de normes accrédité par le Conseil canadien des normes.

Le protocole présenté dans le présent document est fondé sur la *Procédure de validation de la performance des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestique* du Québec.

Ce protocole de vérification de la performance une approche efficace pour mener des essais afin de produire des données vérifiables sur la performance de technologies précises dans des conditions d'exploitation définies. Le Programme de vérification des technologies environnementales d'Environnement Canada appuie l'utilisation du présent protocole afin de réduire l'incertitude et d'améliorer l'acceptation des données indépendantes sur la performance, et ainsi contribuer à la prise de décisions éclairées sur les technologies.

Il est entendu que la décision finale d'approuver, de sélectionner et de mettre en œuvre

une technologie particulière revient à l'acheteur de la technologie, qui sera guidé par les exigences des autorités ayant la compétence dans leur juridiction

2. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document décrit les démarches techniques qui doivent être suivies dans le cadre du processus de vérification de la performance des technologies de traitement d'eaux usées d'origine domestique.

3. RÉFÉRENCES

Dans le présent document, une référence normative datée signifie que c'est l'édition donnée de cette référence qui s'applique, tandis qu'une référence normative non datée signifie que c'est la dernière édition de cette référence qui s'applique.

Pour les besoins du présent document, les ouvrages de référence suivants (y compris tout modificatif, errata, rectificatif, amendement, etc.) contiennent des exigences dont il faut tenir compte et sont cités aux endroits appropriés dans le texte :

BNQ (Bureau de normalisation du Québec) [www.bnq.qc.ca]

CAN/BNQ 3680-600/2009 *Systèmes de traitement autonomes des eaux usées résidentielles*

Note: C'est une norme nationale du Canada utilisée dans un programme de certification

NSF (National Sanitation Foundation) [www.nsf.org]

NSF/ANSI-55 *Ultraviolet Microbiological Water Treatment Systems, NSF International Standard/American National Standard for drinking Water treatment Units.*

CEN (Comité Européen de Normalisation) [www.cen.eu]

EN 12566-3 *Petites installations de traitement des eaux usées jusqu'à 50 PTE - Partie 3 : stations d'épuration des eaux usées domestiques prêtes à l'emploi et/ou assemblées sur site*

ISO (International Organization for Standardization) [www.iso.org]

ISO/IEC 17025 *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ISO 5667-10:1992 *Qualité de l'eau -- Échantillonnage -- Partie 10: Guide pour l'échantillonnage des eaux résiduaires*

MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, et de la Lutte contre les Changements climatiques)

[www.MDDELCC.gouv.qc.ca]

Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales — Échantillonnage des rejets liquides

Cahier 1 Généralités

Cahier 2 Échantillonnage des rejets liquides

Modes de conservation pour l'échantillonnage de rejets liquides (eaux usées) — fascicule DR-09-04

Programme VTE Canada – Protocole de vérification générique

[www.etvcanada.ca]

Les entités de vérification utilisent le protocole de vérification générique pour effectuer les vérifications. Le protocole de vérification générique propose une procédure exhaustive et rigoureuse pour assurer la cohérence des vérifications

USEPA (United States Environmental Protection Agency)

[www.epa.gov/nrmrl/std/etv/center-wqp.html]

Protocol for the Verification of Residential Wastewater Treatment Technologies for Nutrient Reduction, ETV program, November 2000.

Verification Protocol for Secondary Effluent and Water Reuse Disinfection Applications, ETV program, October 2002.

4. DÉFINITIONS

Pour les besoins du présent document, les termes suivants sont ainsi définis.

4.1 TERMES GÉNÉRAUX

Demandeur : Personne morale ou physique qui fait une demande de vérification.

Équipement de procédé : Système utilisé pour effectuer un traitement partiel des eaux usées.

Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA) : La LRMA est la limite supérieure de l'intervalle de prédiction de la moyenne calculée sur douze résultats (indépendants du temps) selon un centile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 4).

Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP) : La LRMP est la limite supérieure de l'intervalle de prédiction de la moyenne calculée sur trois résultats (indépendants du temps) selon un centile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 4).

Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS) : La LRMS est la limite supérieure de l'intervalle de prédiction de la moyenne calculée sur six résultats (indépendants du temps) selon un centile de non-dépassement de 99 % avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 4).

Plan d'essai : Document qui définit en détail l'objectif, la conception, la méthodologie, les conditions de réalisation et les diverses étapes d'un essai.

Technologie : Système constitué d'un ou de plusieurs équipements de procédé utilisés pour effectuer un traitement des eaux usées.

Technologie modulaire : Technologie pré-usinée dont la capacité de traitement est définie par la grosseur du modèle.

Pour les autres définitions, se référer au Protocole de vérification générique du Programme VTE du Canada(2012).

4.2 ABBRÉVIATION

DBO₅ : demande biochimique en oxygène

DBO₅C : demande biochimique en oxygène après cinq jours, partie carbonée

DCO : demande chimique en oxygène

MES : matières en suspension

NTK : total de l'azote dosé par la méthode de Kjeldahl

Pt : phosphore total

5. PROTOCOLE D'ESSAI

5.1 BUT DU SUIVI

Le suivi d'une installation a pour objectif d'évaluer ses performances et sa fiabilité opérationnelle. Ce suivi est supervisé par une tierce partie indépendante qui doit vérifier la rigueur de la vérification réalisée et rapporter de façon objective les résultats obtenus.

5.2 PLAN D'ESSAIS

Le suivi peut varier en fonction des particularités de la technologie et de la source d'approvisionnement en eaux usées. L'échantillonnage doit se faire lorsque l'unité a atteint des conditions stables.

Le demandeur doit préparer un **plan d'essais** en tenant compte des balises de la présente annexe et l'adapter en fonction de la technologie et de son application. Le demandeur est responsable de s'assurer que le plan d'essai contient toutes les données et informations nécessaires pour démontrer les performances et la fiabilité de la technologie ou de l'équipement de procédé.

5.3 DURÉE DES ESSAIS

La technologie doit être exploitée dans les conditions de référence durant une période d'au moins 12 mois où les conditions de qualité de l'eau brute sont représentatives des variations anticipées en conditions réelles.

5.4 SUPERVISION PAR UNE TIERCE PARTIE

Les essais devront être effectués sous la supervision d'une tierce partie. Le mandat de la tierce partie doit inclure la mesure des débits, la supervision du prélèvement des échantillons, l'enregistrement des échantillons et la tenue du journal des activités d'échantillonnage, le suivi de tous les paramètres d'exploitation et le relevé des conditions lors du prélèvement des échantillons pour les analyses de laboratoire.

La tierce partie a la responsabilité de faire toutes les investigations nécessaires afin de déterminer les conditions d'exploitation qui étaient en vigueur avant la prise des échantillons et au moment de celle-ci. Ces conditions doivent être présentées et discutées dans le rapport d'essais.

La tierce partie doit rédiger un rapport d'essais incluant la présentation de tous les résultats compilés, ses propres relevés et commentaires, l'analyse et l'interprétation des résultats relativement aux conditions d'exploitation et aux interventions effectuées, les bilans hydrauliques et massiques sur les équipements ou la chaîne de traitement.

5.5 PARAMÈTRES ET ANALYSES

5.5.1 PARAMÈTRES D'EXPLOITATION

Les conditions de fonctionnement du système avant et pendant l'échantillonnage doivent être enregistrés et inclure les éléments suivants:

- Rapporter les temps de marche ou d'arrêt des équipements, tels que les pompes d'injection, les pompes de transfert ou de recirculation.
- S'il y a lieu, rapporter les vitesses de fonctionnement, les pourcentages d'induction des variateurs, ou encore le nombre de cycles de fonctionnement des équipements à marche discontinue, etc. Rapporter les dates de la calibration des équipements.
- S'il y a lieu, rapporter la vitesse de rotation des surpresseurs d'air, le volume d'air injecté dans les réacteurs, le nombre d'aérateurs en fonction, les taux d'aération par volume de réacteur et par diffuseur, etc.
- Noter, lors des visites, l'état des systèmes, les indications et les enregistrements des équipements de mesure ou de toute autre instrumentation, tels que les débitmètres, les sondes de température, les sondes de niveau et les alarmes.
- Décrire les cycles de fonctionnement, la programmation des automates et le fonctionnement des systèmes de contrôle. Au besoin, faire les tests de fonctionnement et vérifier la calibration des appareils.
- Mesurer le volume d'eau traité par le système de traitement des eaux usées en continu à l'aide d'un totalisateur de débit ou d'un enregistreur de temps de marche de pompes. Si l'on utilise un enregistreur de temps de marche de pompes, on doit calibrer le débit de la pompe.
- Enregistrer la lecture du volume cumulatif effectuée tous les mois ainsi que tous les jours d'échantillonnage.

Lorsque le débit à l'affluent est contrôlé à des valeurs de consignes, une variation de débit variant de 50% à 200% du débit moyen est considérée représentative des variations de débit inhérentes au fonctionnement d'un système de traitement. La variation du débit doit être induite sur une base journalière, selon une proportion de 25% du temps à 50% (ou moins) du débit moyen, à 25% du temps à 200% (ou plus) du débit moyen. La variation peut être contrôlée en onde sinusoïde ou en onde carrée. Le débit applicable sur la technologie pourra alors correspondre au débit moyen.

Lorsque le débit appliqué sur la technologie ou l'équipement de procédé lors des essais est contrôlé à une valeur constante, l'essai ne peut pas être représentatif de la variabilité de la performance induite par les variations de débit inhérentes aux fluctuations observées sur les réseaux d'égout. Si le débit appliqué est contrôlé à une valeur constante, il sera alors considéré comme le débit maximum applicable sur le système de traitement.

5.5.2 PROGRAMME D'ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES À EFFECTUER

Le programme d'échantillonnage décrit ci-dessous présente les exigences usuelles. Des mesures complémentaires à celles prescrites pourraient s'avérer nécessaires. Par exemple, la mesure de la transmittance peut être requise lorsque l'entreprise souhaite installer un équipement de procédé de désinfection par rayonnement ultraviolet en aval de sa technologie.

Il est possible d'éliminer certains paramètres si la vérification ne vise pas ces derniers. Le demandeur est invité à contacter le Programme VTE pour obtenir pour obtenir des conseils concernant les programmes d'échantillonnage pour générer des données pertinentes.

5.5.2.1 PLAN D'ESSAIS POUR UN CAS DE CHARGE

Le programme d'échantillonnage et d'analyses doit comprendre, au minimum, ce qui suit¹ :

- 30 jours de prélèvements, soit 15 jours répartis sur les mois de janvier, de février, de mars et d'avril au rythme de 1 jour par semaine d'échantillonnage, 10 jours répartis sur les mois de juillet, d'août et de septembre au rythme de 1 jour par semaine d'échantillonnage et de 5 jours uniformément répartis sur les autres mois de l'année. Des échantillons devront être prélevés à l'affluent et à l'effluent de la chaîne de traitement ainsi qu'aux points intermédiaires requis pour l'évaluation de la performance de tout équipement de procédé. Tout écart par rapport à cette séquence d'échantillonnage devra être justifié par un bris ou une panne d'équipement consignés dans le rapport par la firme de suivi;
- l'analyse des paramètres suivants :
 - obligatoires :
 - affluent : DCO, DBO₅C, MES, et température;

¹ Basé sur le protocole USETV, http://www.epa.gov/nrmrl/std/etv/pubs/04_vp_wastewater.pdf

- effluent : DCO, DBO₅C, MES, pH, et oxygène dissous;
- requis selon la vérification visée :
 - affluent : DBO₅C_{soluble}, P_t, NTK, NH₄, coliformes fécaux, alcalinité;
 - effluent: DBO₅C_{soluble}, P_t, NH₄, NO₂-NO₃, coliformes fécaux.

Tableau 5.5.2.1.1 : Paramètres et nombre d'analyses

Essais pour un seul cas de charge

PARAMÈTRES DE BASE	EAU BRUTE	EAU TRAITÉE
	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons
Oxygène disosus (sur place)	facultatif	30
pH (sur place)	facultatif	30
Température (sur place)	30	facultatif
DCO	30	30
DBO ₅ C	30	30
MES	30	30

PARAMÈTRES REQUIS SELON LA VÉRIFICATION VISÉE	EAU BRUTE	EAU TRAITÉE
	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons
DBO ₅ C soluble	30	30
Pt	30	30
Azote ammoniacal	30	30
Nitrates et nitrites	facultatif	30

NTK	30	facultatif
Coliformes fécaux	90	90
Acalinité	30	facultatif

Compte tenu de la grande variabilité des résultats pour les coliformes fécaux, un plus grand nombre de résultats est nécessaire afin de pouvoir valider une performance. Les échantillons ponctuels doivent être prélevés sous forme de triplicatas répartis sur la journée de prélèvement, puis analysés individuellement. Puisque les résultats sont souvent très différents en été et en hiver, les performances peuvent être établies séparément pour les saisons estivale et hivernale. Par conséquent, au moins 30 résultats en juillet, en août et en septembre (10 prélèvements en triplicata), au rythme de 1 par semaine d'échantillonnage, et au moins 45 résultats en janvier, février, mars et avril (15 prélèvements en triplicata), au rythme de 1 par semaine d'échantillonnage, sont demandés à l'effluent pour les coliformes fécaux si une performance est visée pour ce paramètre pour chacune de ces deux saisons.

5.5.2.2. PLAN D'ESSAIS POUR PLUSIEURS CAS DE CHARGE

Si le programme d'échantillonnage vise la vérification de la performance établie selon un modèle par régression linéaire de plusieurs cas de charge, il doit comprendre, au minimum, ce qui suit :

- 15 jours de prélèvements, durant une période continue minimale de 13 semaines, au rythme de 1 à 2 jours par semaine d'échantillonnage pour chacun des cas de charge, avec un minimum de quatre cas de charge. Des échantillons devront être prélevés à l'affluent et à l'effluent de la chaîne de traitement ainsi qu'aux points intermédiaires requis pour l'évaluation de la performance de tout équipement de procédé. Tout écart par rapport à cette séquence d'échantillonnage devra être justifié par un bris ou une panne d'équipement consignés au rapport par la firme de suivi;
- l'analyse des paramètres suivants :
 - obligatoires :
 - affluent : DCO, DBO₅C, MES, et température;
 - effluent : DCO, DBO₅C, MES, pH, et oxygène dissous;
 - requis selon la vérification visée :
 - affluent : DBO₅C_{soluble}, P_t, NH₄, NTK, coliformes fécaux, alcalinité;
 - effluent : DBO₅C_{soluble}, P_t, NH₄, NO₂-NO₃, coliformes fécaux.

Tableau 5.5.2.2.1 : Paramètres et nombre d'analyses

Essais pour plusieurs cas de charge

PARAMÈTRES DE BASE	EAU BRUTE	EAU TRAITÉE
	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons
Oxygène dissous (sur place)	facultatif	60 (15 x 4)
pH (sur place)	facultatif	60 (15 x 4)
Température (sur place)	60 (15 x 4)	facultatif
DCO	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)
DBO ₅ C	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)
DBO ₅ C soluble	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)
MES	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)

PARAMÈTRES REQUIS SELON LA VÉRIFICATION VISÉE	EAU BRUTE	EAU TRAITÉE
	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons
Pt	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)
Azote ammoniacal	60 (15 x 4)	60 (15 x 4)
Nitrates et nitrites	facultatif	60 (15 x 4)
NTK	60 (15 x 4)	facultatif
Coliformes fécaux	180 (45 x 4)	180 (45 x 4)
Alcalinité	60 (15 x 4)	facultatif

Compte tenu de la grande variabilité des résultats pour les coliformes fécaux, un plus grand nombre de résultats est nécessaire afin de pouvoir vérifier une performance. Les échantillons ponctuels doivent être prélevés sous forme de triplicatas répartis sur la journée de prélèvement, puis analysés individuellement.

Afin que la régression linéaire soit significative et recevable, les conditions suivantes doivent être remplies :

- au cours des essais, un seul paramètre de contrôle (la variable indépendante) doit être modifié à la fois;
- le paramètre de contrôle (la variable indépendante) doit être manipulé de façon à ce qu'il suive une distribution normale;
- pour chacun des cas de charge, les échantillons doivent être prélevés après que le traitement biologique ait atteint un état stable;
- la performance de la technologie doit être dépendante de la variable de contrôle pour que le modèle soit représentatif des variations associées à la variable de contrôle. Ainsi, la probabilité que la pente de la droite de régression soit différente de zéro doit être inférieure à 99 % (signification du test α bilatéral de 1%) avec une certitude de 99 % (puissance du test γ). Par exemple, pour 60 résultats, pour une probabilité de 99% sur un test bilatéral d'une puissance de 99% que la pente de la droite de régression soit différente de zéro, le coefficient de détermination doit être supérieur à 0,36 ($r^2 > 0,36$) (Cohen, 1988).

Pendant les essais, le nombre de journées d'échantillonnage peut être augmenté en cours de processus de suivi afin d'obtenir le coefficient de régression minimal.

La limite de rejet (statistiquement défini comme l'intervalle de prédiction) calculé à partir de la régression sera indiquée dans la fiche pour la conception de la technologie ou de l'équipement de procédé.

Lorsque le coefficient de régression n'atteint pas la certitude requise, les calculs de régression linéaires ne peuvent être retenus et l'analyse statistique pourra être effectuée sur le taux moyen appliqué à l'ensemble des essais.

5.5.2.3. PARAMÈTRES DE SUIVI SUPPLÉMENTAIRES POUR LES ÉQUIPEMENTS DE PROCÉDÉ

Selon les objectifs de traitement visés à l'aide d'un équipement de procédé, plusieurs paramètres de suivi supplémentaires peuvent être requis à l'affluent comme à l'effluent de l'équipement de procédé (voir le tableau 5.5.2.3.1). Ces composés peuvent avoir une incidence directe sur le fonctionnement de l'équipement de procédé, ou sur des composantes périphériques. Il peut s'avérer nécessaire de documenter la présence de ces composés dans l'eau à traiter afin d'évaluer leur influence sur la performance à court ou à long terme de l'équipement de procédé. Il s'avère souhaitable de contacter le Programme VTE avant de débiter les essais afin de bien documenter la présence éventuelle de ces

composés, et leur incidence potentielle sur le fonctionnement de l'équipement de traitement.

Les valeurs obtenues lors du suivi pour les paramètres supplémentaires seront indiquées dans les fiches d'information technique.

Tableau 5.5.2.3.1 : Paramètres de suivi supplémentaires

Paramètre supplémentaire	Équipement de procédé				
	Anaérobie	Photo-chimique	Électro-chimique	Physico-chimique	Séparation solide liquide
Calcium	X	X	X		X
Composés organiques volatils	X				
Conductivité			X		
Dose		X	X	X	
Dureté		X	X		X
Fer		X	X		X
Huiles et graisses	X	X			X
Indice de Langelier		X	X		X
Manganèse	X	X	X		X
Potentiel rédox	X		X		
Solides dissous totaux		X	X	X	X
Sulfures et H ₂ S	X				
Transmittance		X			

5.5.3 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Le prélèvement des échantillons doit être fait par une personne qualifiée conformément aux prescriptions de la norme ISO 5667 ou une norme équivalente appropriée

L'échantillonnage doit se faire uniformément sur toute la période d'essai et comprendre un échantillonnage durant la première et la dernière semaine des essais.

Il est recommandé de présenter un plan d'échantillonnage avant le début des essais. Le Programme VTE devrait être avisé préalablement à toute modification apportée au plan d'échantillonnage.

Pour l'analyse de la DCO, de la DBO_{5C}, de la DBO_{5Csoluble}, des MES, du P_i, du NTK, du NH₄ et du NO₂-NO₃, le prélèvement doit être de type composé sur 24 heures. L'échantillonnage automatique d'échantillons composites doit permettre de prélever des volumes d'eaux usées homogènes et représentatifs de la présence de matières solides à l'entrée et à la sortie du système de traitement.

Les échantillons composites peuvent être dépendants du temps ou, de préférence, dépendants du débit.

Le prélèvement des échantillons pour l'analyse du pH, l'oxygène dissous, de la température et des coliformes fécaux doit s'effectuer de façon instantanée.

La firme indépendante responsable du suivi des essais doit attester dans le rapport de suivi que les échantillons ont été prélevés par une personne qualifiée et que les normes concernant l'échantillonnage et les méthodes et délais de préservation des échantillons ont été respectés.

5.5.4 PRÉSERVATION DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSES

La préservation, le transport et le stockage des échantillons doivent être effectués conformément au paragraphe 5.4 de la norme ISO 5667-10:1992, ou selon une autre norme équivalente appropriée. Tel que mentionné dans le paragraphe 6.1, les échantillons doivent être analysés par un laboratoire accrédité.

Les mesures peuvent être effectuées par un organisme public ou parapublic propriétaire de l'ouvrage si les laboratoires de ce dernier sont reconnus selon la norme internationale ISO/CEI 17025 par un organisme signataire de l'Accord de reconnaissance mutuelle (ARM) de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)².

5.6 REGISTRE DES ÉVÉNEMENTS

La tierce partie responsable des essais doit tenir un registre des conditions en vigueur à l'échantillonnage, de la chronologie des événements et des interventions effectuées sur le système. Elle doit, notamment, noter et rapporter:

- la nature et la quantité de produits ajoutés (produits chimiques, nutriments, bactéries, enzymes ou autres additifs) et la fréquence de l'ajout de ces produits pendant toute la période d'essais;
- tous les événements notables (bris d'équipements, réparations, ajustements ou modifications mineures apportées au système, décolmatage, scarification ou remplacement du matériau filtrant, entre autres);
- les niveaux d'eau ou de boues dans les conduites, réservoirs ou autres éléments;
- l'état des systèmes, des automates et de l'instrumentation;
- les dates de calibration des équipements;

² Sous conditions de réciprocité, le Programme VTE s'engage à accepter l'accréditation des laboratoires d'essais par le *Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec* (CEAEQ) comme équivalence avec la norme ISO 17025.

- l'âge des boues dans l'équipement ou la chaîne de procédés (si cela est requis), les dates d'extraction de résidus ainsi que la quantité et la destination (site de traitement de boues, enfouissement, valorisation) des résidus extraits.

5.7 MODIFICATIONS EN COURS D'ESSAI

Lors d'un essai, aucune modification importante ne doit être apportée à l'installation. Si une telle modification est apportée, le suivi des essais doit être réinitialisé après la modification.

5.8 CONTENU DU RAPPORT DE SUIVI DES ESSAIS

Le rapport d'essais doit être préparé par la tierce partie et doit porter la signature de l'ingénieur responsable décrivant de façon explicite son mandat.

Le rapport d'essais doit inclure les éléments suivants :

- les procédures de mesure de débits;
- le protocole utilisé pour la prise, la préservation et le transport des échantillons;
- l'attestation que les échantillons ont été prélevés par une personne qualifiée et que les normes concernant l'échantillonnage et les méthodes et délais de préservation des échantillons ont été respectées;
- la présentation de tous les résultats analytiques compilés (inclure en annexe les certificats d'analyses de laboratoire). Tous les résultats doivent être présentés :
 - sous forme de tableaux, en précisant la date d'échantillonnage et, dans le cas des échantillons ponctuels, l'heure d'échantillonnage. Les tableaux doivent présenter la LRMA, la LRMS et la LRMP (voir annexe C);
 - sous forme de figures, en fonction des dates d'échantillonnage ou du nombre de jours correspondant. Les figures doivent présenter la limite de rejet en moyenne annuelle, la limite de rejet en moyenne saisonnière et la limite de rejet en moyenne périodique (voir annexe C);
 - sous forme de figures, en fonction des paramètres d'exploitation avec lesquels la variable a présenté une corrélation en indiquant les intervalles de confiance et les limites de tolérance de la régression (voir annexe C);
- les conditions d'exploitation qui avaient cours avant la prise des échantillons et au moment de celle-ci, y compris les paramètres d'exploitation;
- la nature des produits ajoutés (coagulant, aide coagulant, oxydant ou autres additifs), leur quantité et la fréquence d'ajout de ces produits pendant toute la période du suivi;
- la description de tous les événements notables survenus (bris d'équipement, réparations, ajustements, modifications mineures apportées au système ou autres);
- l'interprétation de l'incidence des interventions et des paramètres d'exploitation ainsi que des événements observés lors des essais sur les résultats obtenus;

- les bilans hydrauliques et massiques sur les équipements ou la chaîne de traitement;
- les relevés et commentaires.

Une liste complète des exigences du contenu du rapport d'essai est fournie à l'annexe A.

5.9 TECHNOLOGIES SANS ÉQUIPEMENTS DE GESTION DES BOUES

Pour les technologies ou les chaînes de procédés qui ne sont pas dotées d'équipements de gestion des boues, la fiche pourra être publiée après l'analyse du rapport d'essais mais, afin de permettre l'évaluation de la stabilité à long terme du procédé, lors du renouvellement de la fiche le promoteur de la technologie fournira les données d'exploitation d'une installation pour une période couvrant trois années d'exploitation dont non limitativement les suivantes:

- Les coordonnées du propriétaire.
- La localisation de la station de traitement.
- La description et caractéristiques de l'installation.
- Les données de conception (débit et charges, taux de charge, etc.).
- Copie des registres du propriétaire de l'installation, incluant:
 - Le débit mensuel moyen observé.
 - Les charges mensuelles moyennes observées à l'affluent de la chaîne de traitement (DBO₅, MES).
 - La quantité de produits chimiques ajoutés (coagulants, chaux, etc.).
 - Les interventions d'entretien et d'urgence effectuées.
 - La quantité de résidus extrait du système de traitement s'il y a lieu.
 - La quantité de matériaux remplacés s'il y a lieu.
 - Les résultats de suivi de l'effluent.

Le certificat et la fiche d'information technique seront mis à jour après la transmission de ces informations.

5.10 RÉACTEUR AUX ULTRAVIOLETS

Dans le cas où le demandeur souhaite faire vérifier la dose délivrée par un réacteur aux ultraviolets, il doit se référer à l'annexe B.

5.11 CALCUL DES LIMITES DE TOLÉRANCE SUR LES REJETS

L'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA, 1991) propose de retenir une méthode statistique pour définir les normes de rejet pour les établissements

industriels. La méthode statistique proposée permet de déterminer les concentrations maximales probables des rejets qui peuvent être atteintes par un système de traitement à partir des résultats de suivi de l'effluent des eaux de procédé et en tenant compte de la variation observée à l'effluent.

Dans la présente procédure, la capacité d'une technologie à respecter une exigence de rejet est évaluée à l'aide de cette méthode statistique à partir des résultats des essais. Cette capacité est définie par une valeur précisée comme la limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA), par une seconde valeur définie comme la limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS) et enfin par une troisième valeur définie comme la limite de rejet en moyenne périodique (LRMP). La LRMA, la LRMS et la LRMP sont déterminées par une analyse statistique des données de suivi présentées au Comité (voir annexe 3). La LRMA, la LRMS et la LRMP sont précisées en valeur non arrondie.

Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA)

La LRMA est déterminée avec la méthode statistique selon un centile de non-dépassement de 99 % d'une moyenne de 12 résultats avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 3).

Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS)

La LRMS est déterminée avec la méthode statistique selon un centile de non-dépassement de 99 % d'une moyenne de six résultats avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 3).

Pour l'azote ammoniacal, le phosphore et les coliformes fécaux, une LRMS peut être établie pour les périodes estivale et hivernale lorsqu'un test de différence significative minimale (*z-test*) démontre un écart entre la performance estivale et hivernale avec 95 % de certitude.

Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP)

La LRMP est déterminée avec la méthode statistique selon un centile de non-dépassement de 99 % d'une moyenne de trois résultats avec un degré de confiance de 95 % (voir annexe 3).

Pour la demande biologique en oxygène exercée sur cinq jours (DBO₅) et les matières en suspension (MES), le phosphore et les coliformes fécaux, une LRMP peut être établie pour les périodes estivale et hivernale lorsqu'un test de différence significative minimale (*z-test*) démontre un écart entre la performance estivale et hivernale avec 95 % de certitude.

5.12 CHAMPS D'APPLICATION

La procédure permet de vérifier la performance d'une technologie ou d'un équipement de procédé pour les champs d'application *Commercial et institutionnel*, *Communautaire* et *Résidences isolées*, si applicable.

Commercial et institutionnel

Le champ d'application Commercial et institutionnel concerne les installations de traitement qui desservent les bâtiments dont le débit d'eaux usées est supérieur à 3240 L/d³ et qui ne sont pas raccordées à un réseau de collecte ou des installations de traitement qui desservent des établissements saisonniers. Les eaux usées générées par ce type d'établissement ne sont pas de nature industrielle.

Communautaire

Le champ d'application *Communautaire* concerne toute installation de traitement des eaux usées issues d'un réseau de collecte desservant plus d'un bâtiment.

Résidences isolées

Le protocole peut aussi être utilisé pour vérifier la performance d'une technologie ou d'un équipement de procédé servant de systèmes de traitement autonomes des eaux usées résidentielle. Dans ce cas, la performance annuelle doit être considérée.

Note : Pour les systèmes de traitement autonomes des résidences isolées, il y a un programme de certification du BNQ basé sur la norme nationale du Canada CAN/BNQ 3680-600.

Pour être conformes au processus de vérification, le nombre de résidences de même que l'étendue du réseau doivent être suffisants pour générer des conditions de basse température représentatives des conditions généralement observées dans les réseaux communautaires. La température des eaux usées requise pour la vérification des essais de performance d'une technologie pour le champ d'application *Communautaire* doit être inférieure à 10 °C durant une période de 13 semaines au cours de la vérification.

Conditions de vérification du champ d'application

La vérification de performance pour les applications *commerciales et institutionnelles* ou pour les applications *communautaires* doit répondre aux conditions suivantes :

³ Basé sur la définition de "commercial" au Québec (c'est-à-dire supérieur à 3240 L/j). Référez-vous aux exigences de chaque province, si applicable

Tableau 5.12.1 — Conditions d’essai

Conditions d’installation du projet	Champs d’application	Conditions de performance
Eaux usées provenant d’un réseau d’égout ($T^{\circ} < 10^{\circ} \text{C}$ durant 13 semaines)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Commercial et institutionnel</i> • <i>Communautaire</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Estivale^(*) • Hivernale^(*) • Annuelle
Eaux usées ne provenant pas d’un réseau d’égout	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Commercial et institutionnel</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Annuelle
Eaux usées fortement chargées provenant d’un réseau d’égout ($T^{\circ} < 10^{\circ} \text{C}$ durant 13 semaines)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Commercial et institutionnel à haute charge</i> • <i>Communautaire à haute charge</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Estivale^(*) • Hivernale^(*) • Annuelle
Eaux usées fortement chargées ne provenant pas d’un réseau d’égout	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Commercial et institutionnel à haute charge</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Annuelle

^(*) Aux fins d’une démonstration, les périodes d’été et d’hiver sont définies comme suit:
 Été = juillet, août, septembre et Hiver = janvier, février, mars et avril
 Les performances estivale et hivernale peuvent être reconnues si les moyennes des données de suivi saisonnières sont statistiquement différentes. Autrement, seulement la performance annuelle est reconnue.

5.13 CLASSES DE PERFORMANCE

Ces classes de performance sont basées sur celles du Québec, il est donc conseillé de consulter au préalable, les règlements en vigueur dans la province où la technologie sera utilisée.

Ces classes de performance sont celles indiquées au tableau 5.13.1 (Classes de performance pour la DBO_5C et les MES) et au tableau 5.13.2 (Classes de performance pour les coliformes fécaux, le NH_4 et le phosphore).

Une classe de performance est atteinte lorsque la LRMA, la LRMS ou la LRMP sont inférieures à la valeur indiquée au tableau 5.13.1 et au tableau 5.13.2 La classe de performance en moyenne annuelle est basée sur la LRMA. Les classes de performance en moyenne saisonnière ou périodique sont basées sur la LRMS ou la LRMP respectivement.

Tableau 5.13.1 — Classes de performance pour la DBO₅C et les MES

DBO ₅ C mg/L		MES mg/L
25		25
20		20
15		15
10		10
5 ^[1]		5 ^[1]

^[1] Les limites de détection et de quantification de la méthode de mesure sont définies dans la méthode d'analyse disponible sur le site du CEAEQ (www.ceaeg.qc.ca/methodes/chimie_inorg.htm).

Aucune classe de performance n'est définie dans la fiche d'information portant sur un équipement de procédé. Dans un tel cas, la LRMA, la LRMP et la LRMS sont définies tel qu'il est précisé à l'annexe C. Par contre, le demandeur peut se référer aux exigences en vigueur dans la province où la technologie sera utilisée.

Compte tenu de la variabilité des mesures en coliformes fécaux et des faibles concentrations recherchées, pour chacune des journées d'échantillonnage, les échantillons ponctuels doivent être prélevés en triplicata puis analysés individuellement. La performance du système de traitement ne sera pas évaluée sur la base de la moyenne des triplicatas, mais plutôt à partir de l'ensemble des résultats. Tel que l'indique le paragraphe 5.6 (registre d'événements), les essais de performance saisonnière (été ou hiver) obtenue par la technologie au cours des essais pour la réduction des coliformes fécaux, ou tout autre paramètre de suivi influencé par la température.

Tableau 5.13.2 — Classes de performance pour les coliformes fécaux, le NH₄ et le phosphore

NH ₄ mg N/L		P _t mg/L		Coliformes fécaux (UFC/100 ml)
10		1		50 000
5		0,3		2000
1 ^[4]		0,1 ^[4]		200 ^[3]

^[3] Les limites de détection et de quantification de la méthode sont définies dans la méthode d'analyse disponible sur le site du CEAEQ (www.ceaeg.qc.ca/methodes/bio_toxico_micro.htm).

^[4] Les limites de détection et de quantification de la méthode de mesure sont définies dans la méthode d'analyse disponible sur le site du CEAEQ (www.ceaeg.qc.ca/methodes/chimie_inorg.htm).

Si le procédé de désinfection est constitué d'un réacteur à rayonnement ultraviolet, les valeurs en UFC/100 ml mentionnées ci-dessus sont définies après réactivation.

6. VÉRIFICATION DE LA PERFORMANCE DES TECHNOLOGIES

6.1 CONDITIONS DE VÉRIFICATION

La performance d'une technologie peut être vérifiée selon les classes indiquées aux tableaux 5.12.1 (les conditions d'essai) et 5.13.1 (Classes de performance pour la DBO₅C et les MES). Ces classes de performance sont atteintes lorsque les limites de rejet calculées selon la méthode précisée dans le chapitre 5.11 sont inférieures à la classe visée.

Un rapport d'essais, signé par un ingénieur professionnel, accompagné d'une fiche d'information technique, peut être préparé par le Programme quand une technologie présente des données d'essais démontrant une efficacité de traitement et de fiabilité opérationnelle suffisante.

Le suivi doit être effectué par une tierce partie et les analyses doivent être réalisées par un laboratoire accrédité selon la norme internationale ISO/CEI 17025 par un organisme d'accréditation signataire de l'Accord de reconnaissance mutuelle (ARM) de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)⁴.

Les performances des technologies sont vérifiées selon les conditions d'essai et les résultats obtenus. Aux fins de la vérification, le débit retenu est le débit moyen obtenu pour toute la période de vérification (volume annuel divisé par 365 jours) et les charges retenues sont les charges moyennes appliquées durant cette période. Le fournisseur de la technologie doit donc s'assurer de pouvoir atteindre, au cours des essais de vérification, les conditions de débits et de charges à l'affluent pour lesquelles il souhaite obtenir un classement.

Note : Le fabricant est responsable d'aviser de tout problème survenu avec sa technologie et susceptible de modifier ses performances avant, pendant et après la vérification.

6.2 APPLICATION

Pour que la performance d'une technologie ou d'un équipement de procédé puisse être vérifiée pour une condition donnée (charge hydraulique, charge volumique, charge massique), le demandeur doit soumettre, en pièces justificatives au dossier, les documents suivants :

- Avant le début des essais :
 - un protocole d'essai (facultatif mais recommandé);
- Après les essais:
 - un rapport d'essais approuvé et signé par un ingénieur conforme à la section 5.8 et à l'annexe A;

⁴ Sous conditions de réciprocité, le Programme VTE s'engage à accepter l'accréditation des laboratoires d'essais par le *Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec* (CEAEQ) comme équivalence avec la norme ISO 17025.

- une déclaration d'indépendance de la tierce partie;
- manuel d'exploitation destiné au propriétaire.

De plus, pour la vérification selon le Programme VTE, le demandeur devra compléter le formulaire d'application requis par le Protocole de vérification générique (PVG) du Programme VTE.

ANNEXE A

RAPPORT D'ESSAIS

ANNEXE A: RAPPORT D'ESSAIS

CONTENU DU RAPPORT D'ESSAIS

Le rapport d'essais doit être divisé en huit chapitres contenant au moins les éléments suivants :

CHAPITRE 1 — DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

- Inscrire les noms, marque et numéro de modèle.
- Expliquer le principe de fonctionnement de la technologie.
- Décrire la chaîne de traitement (chaîne liquide et chaîne solide).
- Décrire chacune des composantes de la technologie et indiquer sa fonction.
- Décrire les spécifications relatives aux étapes de traitement préalables.

Lorsque la technologie proposée est basée sur une technologie dite conventionnelle à laquelle le demandeur veut intégrer des éléments nouveaux, il doit présenter au début de ce chapitre du rapport les renseignements suivants :

- nom de la technologie conventionnelle;
- critères de conception de la technologie conventionnelle et références bibliographiques s'y rapportant;
- comparaison entre les critères de conception de la technologie proposée et ceux de la technologie conventionnelle;
- évaluation des répercussions potentielles de ces différences sur le fonctionnement ou la performance du système;
- analyse comparative entre le traitement préalable recommandé pour la technologie proposée et celui fait normalement avec la technologie conventionnelle.

CHAPITRE 2 — LIMITES D'UTILISATION ET PRÉTRAITEMENT NÉCESSAIRE

- Préciser la gamme des paramètres d'exploitation (y compris les débits) à l'intérieur de laquelle la technologie ou chaque modèle de la technologie sont utilisables.
- Préciser la gamme de concentrations pour tout paramètre jugé critique pour le bon fonctionnement de la technologie, à l'intérieur de l'application visée.
- Indiquer toute autre contrainte à l'utilisation de la technologie (une concentration excessive d'un contaminant, une pointe de charge ou de débit, etc.).
- Si la technologie nécessite une étape de traitement préalable, fournir les spécifications relatives à ce traitement préalable ou à une section d'un manuel technique applicable;
- Préciser, le cas échéant, si des ajustements à la conception sont nécessaires, notamment pour tenir compte de la diminution de la température de l'eau en conditions hivernales et de la réduction de l'efficacité des équipements avec le temps.

CHAPITRE 3 — SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES ET CRITÈRES DE CONCEPTION

- Fournir les spécifications techniques de chaque composant susceptible d'avoir une incidence sur la performance de la technologie.
- Préciser les critères de conception proposés, les équipements en redondance, les mesures d'urgence, le suivi en continu, les alarmes, etc.
- Fournir la capacité des équipements mécaniques.
- Si le dimensionnement des unités de traitement est basé sur un modèle cinétique ou un autre modèle mathématique, fournir ce modèle ainsi que les valeurs des coefficients utilisés.
- Inclure, le cas échéant, les courbes ou abaques sur lesquels est basé le dimensionnement des unités de traitement, ainsi que les études de vérification de ceux-ci.
- Si cela est nécessaire, fournir les règles de mise à l'échelle des composants ainsi que les limites d'application prescrites en matière de conception et de fonctionnement.

CHAPITRE 4 — PERFORMANCES ATTENDUES

- Indiquer les performances attendues de la technologie en spécifiant les concentrations dans l'eau brute et l'eau traitée pour chacun des paramètres de contrôle ciblés.
- Présenter au besoin les modèles ou courbes proposés pour prédire la performance de la technologie ou de l'équipement de procédé.

CHAPITRE 5 — SOUS-PRODUITS ET EAUX USÉES ISSUS DU TRAITEMENT

- Donner la liste des sous-produits qui pourraient se former lors du traitement et les concentrations attendues. Préciser, le cas échéant, les relations entre la qualité de l'eau brute, le dosage des produits et la concentration de sous-produits résultante.
- Indiquer les types d'eaux résiduelles (boues, eaux de lavage et autres eaux de procédé) qui sont produits lors du traitement, et fournir un bilan des quantités à prévoir (intrants et extrants).
- Indiquer le mode de gestion des boues et des eaux résiduelles, et produire les bilans massiques autour de l'équipement ou sur la chaîne de traitement, en précisant les intrants, la production, les accumulations s'il y a lieu, et les extrants.

CHAPITRE 6 — DESCRIPTION DE L'INSTALLATION FAISANT L'OBJET DU SUIVI

- Fournir les coordonnées de l'installation et un plan de localisation.
- Fournir les plans détaillés et des photos de l'installation ayant fait l'objet du suivi de performance.
- Fournir les spécifications de chacun des composants du système ayant fait l'objet du suivi de performance.
- Préciser les caractéristiques, les spécifications techniques de l'installation de même que les différences entre l'installation ayant fait l'objet du suivi et la technologie ou le modèle proposés.

CHAPITRE 7 — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

- Indiquer les débits, les charges appliquées et leurs variations.
- Comparer les conditions réelles d'utilisation aux critères de conception (taux de charge hydraulique, taux de charge organique, temps de rétention).
- Présenter les résultats observés pendant la période d'exploitation continue spécifiée, relativement à la qualité de l'affluent ou de l'effluent, qui permettent de préciser les critères de conception, tels que les taux de charge hydraulique ou massique appliqués sur le système durant les essais.

- Fournir également les bilans massiques et tous les résultats disponibles sur la production et l'évacuation des eaux et boues résiduaires.
- Comparer les résultats obtenus au rendement attendu (vérifier la concordance avec les modèles mathématiques ou les courbes utilisés, le cas échéant).
- Évaluer si les performances devraient se maintenir au-delà de la période d'essai.
- Évaluer aussi le potentiel d'accumulation de boues, de colmatage progressif du matériau, d'encrassement des équipements, etc., et leurs incidences sur la performance et le fonctionnement du système.
- Présenter, sous forme de figure, les résultats du suivi de performance en fonction des paramètres de conception ou d'exploitation avec lesquels la variable présente une corrélation en indiquant les intervalles de confiance et les limites de tolérance de la régression (voir annexe C).
- Fournir tout autre renseignement utile à l'interprétation des résultats.

CHAPITRE 8 — GUIDE ET RECOMMANDATIONS RELATIVES À L'EXPLOITATION

- Fournir un guide d'utilisation dans lequel sont précisées les activités d'exploitation, d'inspection et d'entretien recommandées par le demandeur.
- Préciser la fréquence des interventions recommandées s'il s'agit d'activités périodiques à fréquence fixe ou indiquer le critère motivant une intervention (volume ou hauteur des boues accumulées dans un bassin, accumulation d'eau en surface d'un filtre ou autre).
- Mentionner dans le rapport toute intervention effectuée sur les installations autorisées (ex. : si l'intervention de spécialistes a été nécessaire, préciser si une telle intervention est prévue dans le guide d'utilisation ou le manuel d'exploitation).
- Fournir une attestation indiquant que les recommandations d'utilisation, d'inspection et d'entretien contenues dans ce guide ou ce manuel respectent les règles de l'art, permettent de maintenir les performances visées et concordent avec les activités d'exploitation effectuées lors du suivi de performance.

ANNEXE — CRITÈRES DE MISE À L'ÉCHELLE DES SYSTÈMES MODULAIRES

Lorsque cela est demandé par le demandeur, afin de valider la performance de systèmes modulaires, le rapport d'essais présenté doit faire état des règles de mise à l'échelle prévues, donner une description détaillée du prototype à pleine échelle et présenter une étude comparative du système à pleine échelle et du système modulaire. Le rapport

d'essais doit présenter les résultats des tests de fonctionnement effectués sur les divers équipements et composants du prototype à pleine échelle, dont non limitativement:

- les courbes de réponse des systèmes,
- les points de fonctionnement,
- les temps de réponses des systèmes,
- la répartition ou la distribution des phases,
- les taux
 - de charge,
 - de transfert,
 - d'efficacité;
 - etc.
- les points de consigne,
- les systèmes et boucles de contrôle.
- etc.

Les considérations théoriques ou les notions d'équivalences présentées par le demandeur pour soutenir les règles et critères de mise à l'échelle ne sont pas prises en compte dans l'analyse du dossier.

A.2 SIGNATURE D'INGÉNIEUR

- Le rapport d'essais doit être préparé et signé par un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs de la province ou de l'État où il exerce.

ANNEXE B

**ESSAIS DE VÉRIFICATION DES ÉQUIPEMENTS DE
DÉSINFECTION AU RAYONNEMENT ULTRAVIOLET**

ANNEXE B: ESSAIS DE VÉRIFICATION DES ÉQUIPEMENTS DE DÉSINFECTION AU RAYONNEMENT ULTRAVIOLET

B.1 MISE EN CONTEXTE

Les règles de conception des grands systèmes à lampes multiples ont été documentées dans la littérature. La dose UV délivrée par ces systèmes est estimée à l'aide d'équations et d'abaques d'intensité moyenne (I_{moy}) publiées dans différentes références en fonction de la configuration du réacteur. L'intensité moyenne donnée dans ces références a été déterminée à l'aide de méthodes de calcul telle celle de la sommation des points d'émission (*point-source summation method*) (PSS).

Or, à l'heure actuelle, aucune publication ne fait état de l'intensité moyenne délivrée par les petits réacteurs préconçus. De façon générale, les fabricants de ces réacteurs procèdent par essais de biodosimétrie pour déterminer la dose délivrée par le réacteur.

Actuellement, un seul protocole a été adopté par les agences de certification internationale pour des applications en eaux usées à de faibles transmittances (ETV/NSF — *Verification Protocol for Secondary Effluent and Water Reuse Disinfection Application*). Toutefois, ce protocole a été élaboré expressément pour déterminer la dose réellement délivrée par les grands réacteurs UV à lampe multiples, afin de les qualifier dans le cadre des programmes américains pour la réutilisation des eaux usées (EPA/625/R-04/108 — *Guidelines for Water Reuse*).

Un protocole a été mis au point pour la calibration de la dose délivrée par les petits réacteurs préconçus (NSF/ANSI-55 — *Ultraviolet Microbiological Water Treatment Systems*), mais dans le domaine de l'eau potable, où les conditions d'application sont très différentes. De ce fait, la calibration de la dose selon le protocole NSF/ANSI-55 n'est pas directement applicable aux réacteurs UV qui désinfectent des eaux usées.

La présente annexe propose donc un protocole pour la vérification de la dose délivrée par les petits réacteurs UV à une lampe qui ont été conçus pour traiter de l'eau potable, mais qui sont aujourd'hui également commercialisés pour des applications en eaux usées. Le protocole proposé s'inspire principalement du document *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual* (USEPA, 2003: EPA 815-D-03-007) et du document *Ultraviolet Microbiological Water Treatment Systems* (NSF/ANSI-55).

B.2 BUT DU SUIVI

La vérification a pour objectif de confirmer les doses effectives fournies par un réacteur UV sous différentes conditions de fonctionnement (débits, transmittances, températures, etc.).

La vérification de la dose délivrée par l'appareil doit être effectuée au moyen d'essais de biosimétrie. La performance est exprimée en dose livrée (mJ/cm^2).

Le concepteur pourra ainsi utiliser la dose validée (D) pour la conception d'un système de désinfection, en utilisant un modèle mathématique reconnu et en tenant compte des conditions d'exploitation particulières au projet.

B.3 PLAN D'ESSAIS POUR UN RÉACTEUR À RAYONNEMENT ULTRAVIOLET

La vérification de la dose délivrée par l'appareil doit être effectuée au moyen d'essais de biosimétrie.

L'essai de biosimétrie inclut l'élaboration d'un plan de vérification, la calibration de la réponse du phage à la dose et la calibration de la dose délivrée à un débit donné. Le demandeur est invité à contacter le Programme VTE pour obtenir des conseils concernant le plan d'essai de ces dispositifs.

Auparavant, il était possible d'obtenir une fiche d'information pour une chaîne de traitement qui comprenait un système de désinfection UV sans vérification, par essais de biosimétrie, de la dose délivrée. Cette méthode de vérification reste possible, mais la vérification de l'essai de performance dans ce cas est limitée à la chaîne de traitement spécifique, et les résultats ne sont pas applicables à d'autres chaînes de traitement. Le demandeur peut se référer au paragraphe 5.5.2.3 pour les détails concernant les paramètres de suivi pour les équipements de procédé.

B.4 SUPERVISION PAR UNE TIERCE PARTIE

Les essais de biosimétrie doivent être effectués par une firme spécialisée dans le domaine.

B.5 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Le prélèvement des échantillons doit être fait par une personne qualifiée conformément aux prescriptions de la norme *Systèmes de traitement autonomes des eaux usées*

résidentielles (CAN/BNQ 3680-600/2009) ou se référer aux normes en vigueur dans les autres provinces.⁵

B.6 PRÉSERVATION DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSES

La préservation, le transport et le stockage des échantillons doivent être effectués conformément au paragraphe 5.4 de la norme ISO 5667-10 : 1992 et au fascicule *DR-09-04 — Modes de conservation pour l'échantillonnage de rejets liquides (eaux usées)* (www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09_04rl.pdf), et selon les directives du laboratoire accrédité, ou se référer aux normes en vigueur dans les autres provinces⁶.

Les mesures peuvent être effectuées par un organisme public ou parapublic propriétaire de l'ouvrage si les laboratoires de ce dernier sont reconnus selon la norme internationale ISO/CEI 17025 par un organisme signataire de l'Accord de reconnaissance mutuelle (ARM) de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)⁷.

B.7 VÉRIFICATION DE LA DOSE DÉLIVRÉE PAR DES ESSAIS DE BIODOSIMÉTRIE

La dose doit être définie par essais de biodosimétrie effectués avec les coliphages MS-2 ATCC 15597.

Afin de déterminer la dose équivalente d'inactivation (RED), le protocole NSF/ANSI-55 — 2004 doit être suivi en tenant compte des modifications suivantes :

- Les chapitres 4.0, 5.0 et 8.0 ne sont pas applicables.
- Les paragraphes 6.2.1, 7.2.2.1, 7.2.2.2 et 7.2.2.8 ne sont pas applicables.
- Le paragraphe 7.2.1.3 est modifié de la façon suivante :
 - g) Déterminer la dose aux pourcentages de la dose requise suivants : 0, 15 %, 30 %, 45 %, 60 %, 75 %, 90 %, 105 %. Le temps d'exposition pour chacune des doses doit être déterminé à partir de l'équation suivante :
$$\text{Temps d'exposition} = \text{dose}/E_{\text{ave}}$$
 - h) Préparer 16 boîtes de Pétri de 60 x 20 mm en y incluant une barre agitatrice stérile de 10 x 3 mm. Ajouter suffisamment de la suspension

⁵ Au Québec, ceci est le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales — Échantillonnage des rejets liquides — Cahiers 1 et 2* (www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/generalitesC1.pdf, www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/rejets_liquidesC2.pdf).

⁶ Au Québec, réfère au document *DR-09-04 — Modes de conservation pour l'échantillonnage de rejets liquides (eaux usées)* disponible via www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09_04rl.pdf

⁷ Pour la réciprocité avec le Québec, le programme de vérification des technologies environnementales du Canada (VTE) acceptera les analyses faites par le *Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec* (CEAEQ), qui est considéré équivalent à ISO 17025.

(profondeur de 1 cm) à chacune des boîtes. Irradier deux boîtes pour chacune des doses déterminées en 7.2.1.3 g).

- Le paragraphe 7.2.2.5.1 est modifié de la façon suivante :

7.2.2.5.1 Transmittances cibles de l'essai

L'essai doit être mené minimalement pour une transmittance représentative de celle des eaux usées et un débit donné. Le test peut être mené pour plusieurs transmittances et plusieurs débits de consigne.

Si une seule valeur de transmittance est ciblée, celle-ci doit être de 45 %. Si plus d'une valeur de transmittance est ciblée, il faut minimalement tester la valeur de 45 % et il est recommandé de cibler aussi les valeurs de 55 % et de 65 %.

La procédure d'échantillonnage donnée au paragraphe 7.2.2.7 doit être suivie pour les deux réacteurs avec la transmittance de 45 %.

Si plus d'une transmittance ou plus d'un débit sont ciblés, la procédure donnée au paragraphe 7.2.2.7 peut être suivie pour un seul réacteur si l'écart de la dose équivalente d'inactivation de chacun des réacteurs à la transmittance de 45 % est inférieur à 5 %. Dans le cas contraire, toute la procédure donnée au paragraphe 7.2.2.7 doit être suivie pour les deux réacteurs.

- Le paragraphe 7.2.2.5.2 est modifié de la façon suivante :

7.2.2.5.2 Mesure de la puissance normale du système

g) La variation de l'intensité de la lampe doit être évaluée pour des conditions d'application représentatives des eaux du Québec. La courbe de la variation de l'intensité de la lampe doit être établie de 25 °C jusqu'à 5 °C par tranches de 5 °C. Lors de l'essai, l'intensité doit être mesurée et enregistrée en continu. Lors de la mesure de l'intensité, celle-ci doit être stabilisée (± 1 mW/cm²) depuis plus de 30 minutes avant d'être consignée.

h) La température de fonctionnement de la lampe dans le réacteur doit être mesurée dans des conditions représentatives des eaux du Québec (de 25 °C jusqu'à 5 °C par tranches de 5 °C). Lors de l'essai, la température doit être mesurée et enregistrée en continu. Lors de la mesure de la température de la lampe, celle-ci doit être stabilisée ($\pm 0,2$ °C) depuis plus de 30 minutes avant d'être consignée.

i) Les essais prévus aux articles g) et h) peuvent être conduits simultanément en suivant une méthode équivalente.

- Le paragraphe 7.2.2.7 est modifié de la façon suivante :

Tableau B1 — Procédure d'échantillonnage pour la vérification des essais de performance de désinfection

Point d'échantillonnage	Entrée	Sortie
Jour 0 Préparation du système	Aucun échantillon	Aucun échantillon
Jour 1 Démarrage (lampe éteinte)	Aucun échantillon	2 échantillons
Démarrage (lampe en fonction)	3 échantillons	3 échantillons
2 h	3 échantillons	3 échantillons
4 h	3 échantillons	3 échantillons
5 h (lampe éteinte)	Aucun échantillon	2 échantillons

Après chacune des périodes de stagnation, un minimum de 3 volumes du réacteur UV, de la tuyauterie et des autres appareils devra être purgé avant de procéder à l'échantillonnage afin de s'assurer que toute l'eau a été renouvelée.

Tous les échantillons doivent être prélevés après 30 minutes de fonctionnement.

a) Installer deux systèmes comme indiqué à la figure 3 et vérifier l'installation avec l'eau qui sera utilisée pour les tests conformément aux recommandations du fabricant. Si le réacteur est pourvu d'un préfiltre ou d'un postfiltre, il est nécessaire d'enlever ces derniers avant d'effectuer les tests. Installer une valve trois voies immédiatement en amont de l'unité de désinfection afin de permettre le contournement de celle-ci. Déterminer le débit à chacun des points d'échantillonnage pour diverses pressions de fonctionnement. Déterminer la pression de fonctionnement requise pour chacun des débits visés. La lampe peut être désactivée durant ces essais.

d) Ajouter suffisamment de PHBA (p-hydroxybenzoic acid) pour atteindre la transmittance visée.

Le demandeur devrait contacter le programme VTE pour obtenir des conseils concernant le plan d'essai et ce, avant de débiter les essais. Le plan d'essais doit contenir minimalement les informations suivantes :

- Nommer la firme indépendante qualifiée qui sera mandatée pour effectuer les essais.
- Fournir les renseignements établissant la qualification de ladite firme pour la réalisation de son mandat. Nommer le responsable (professionnel avec expérience

- pertinente ayant un statut reconnu) qui va produire et signer le rapport de la firme indépendante.
- Fournir une description détaillée de la plateforme d'essai et des réacteurs utilisés pour les essais.
 - Fournir une description détaillée avec schéma de l'installation utilisée pour les tests.
 - Présenter une description des conditions d'essai et d'échantillonnage dans chaque cas :
 - Indiquer les débits de référence ciblés;
 - Indiquer les transmittances de référence ciblées.

B.8 REGISTRE DES ÉVÉNEMENTS

La tierce partie responsable des essais doit tenir un registre des conditions en vigueur à l'échantillonnage, de la chronologie des événements et des interventions effectuées sur le système. Il doit, notamment, noter et rapporter:

- la nature et la quantité de produits ajoutés (produits chimiques, phages, bactéries, enzymes ou autres additifs) et la fréquence de l'ajout de ces produits pendant toute la durée de l'essai;
- tous les événements notables (bris d'équipements, réparations, ajustements ou modifications mineures apportées au système, remplacement de pièces ou équipements, etc.);
- l'état des systèmes, des automates et de l'instrumentation;
- les dates de calibration des équipements;

B.9 CONTENU DU RAPPORT D'ESSAIS

Le rapport d'essais doit être préparé par la tierce partie et doit porter la signature de l'ingénieur responsable décrivant de façon explicite son mandat.

Le rapport d'essais doit comprendre les éléments suivants :

- les procédures de mesure de débits;
- le protocole utilisé pour la prise, la préservation et le transport des échantillons;
- l'attestation que les échantillons ont été prélevés par une personne qualifiée et que les normes concernant l'échantillonnage et les méthodes et délais de préservation des échantillons ont été respectées.
- la présentation de tous les résultats analytiques compilés (inclure en annexe les certificats d'analyses de laboratoire). Tous les résultats doivent être présentés :
 - sous forme de tableaux, en précisant la date et l'heure d'échantillonnage. Les tableaux doivent présenter les moyennes et écarts types;

- sous forme de figures, en fonction des paramètres d'exploitation (transmittance, débit, etc.), en indiquant les intervalles de confiance de la régression s'il y a lieu.
- les conditions qui avaient cours au moment de la prise des échantillons;
- la nature et la quantité de produits ajoutés (produits chimiques, phages, bactéries, enzymes ou autres additifs) et la fréquence de l'ajout de ces produits pendant toute la durée de l'essai;
- les relevés et commentaires.

B.10 CONTENU DE LA FICHE D'INFORMATION TECHNIQUE

La dose mentionnée dans une fiche d'information technique est celle qui a été validée par biodosimétrie. La valeur de la dose corrigée pour tenir compte du vieillissement de la ou des lampes UV ainsi que de l'encrassement et du vieillissement des manchons est indiquée dans la fiche.

Un facteur de correction doit aussi être indiqué dans la fiche pour tenir compte de l'effet de la température de l'eau si la ou les lampes sont immergées.

Si la vérification de la dose a été effectuée à partir de plusieurs cas de charge (transmittances ou débits), l'équation de la courbe de régression des données peut être indiquée dans la fiche d'information technique.

ANNEXE C

MÉTHODE STATISTIQUE UTILISÉE POUR DÉFINIR
LES LIMITES DE REJET

ANNEXE C : MÉTHODE STATISTIQUE UTILISÉ POUR DÉFINIR LES LIMITES DE REJET

L'United States Environmental Protection Agency (USEPA, 1991) propose de retenir une méthode statistique pour définir les normes de rejet des établissements industriels. La méthode statistique proposée permet de déterminer les concentrations maximales probables des rejets en valeurs quotidiennes et mensuelles qui peuvent être atteintes par un système de traitement à partir des résultats de suivi de l'effluent des eaux de procédé et en tenant compte de la variation observée (ou estimée) à l'effluent.

Cette annexe décrit une démarche qui permet d'appliquer la méthode statistique à une série de données obtenues à partir d'un effluent traité.

C.1 MÉTHODE STATISTIQUE PROPOSÉE PAR L'USEPA

Il est reconnu que plusieurs phénomènes physiques peuvent être interprétés à l'aide de caractéristiques découlant de lois statistiques. En effet, il a été constaté que, pour un contaminant donné, les concentrations dans un effluent traité varient d'une journée à l'autre, et ce, malgré le fait que ces traitements aient été bien conçus et qu'ils soient utilisés adéquatement.

La variabilité de la qualité des rejets est attribuable à plusieurs facteurs, notamment à certaines variations dans le procédé, à la fluctuation du débit ou de la charge polluante à traiter, à un ajustement du traitement durant une courte période, à la température des eaux à traiter et quelquefois à la température extérieure, à la fiabilité des échantillonnages et des mesures, etc. Il est donc normal que, certains jours, les concentrations de contaminants soient plus élevées dans les eaux traitées.

Afin de prendre en compte la variabilité intrinsèque de l'effluent, l'USEPA (1991) préconise l'application de deux normes, soit une norme quotidienne et une norme mensuelle, qui découlent de l'analyse statistique des données de suivi. En fixant une norme quotidienne — qui est en fait une limite maximale de rejet — l'agence américaine reconnaît que les concentrations à l'effluent d'une installation peuvent occasionnellement être plus élevées. En déterminant également une norme mensuelle, l'USEPA restreint l'occurrence de ces valeurs quotidiennes élevées. À cette fin, elle recommande que les normes quotidiennes et la moyenne mensuelle applicables à une installation particulière correspondent respectivement au 99^e centile et au 95^e centile de la distribution des données de concentration de l'effluent traité.

De plus, lorsque le nombre de données est limité, l'USEPA préconise une approche basée sur la combinaison d'une évaluation de la variabilité de l'effluent, définie par l'écart type de la série de mesures, et de l'incertitude générée par le nombre limité de mesures.

La méthode proposée par l'USEPA repose sur l'hypothèse qu'on dispose d'une série de données de suivi représentatives de la performance du système de traitement, que les données sont

indépendantes du temps (une valeur ne dépend pas de la valeur précédente) et que la distribution des données de suivi de l'effluent traité suit une loi normale, lognormale ou delta-lognormale.

Ces hypothèses impliquent que les conditions d'exploitation n'ont pas changé au cours de la période de caractérisation de la performance du système de traitement et que cette performance est stable dans le temps.

Par conséquent, les conclusions tirées de l'évaluation statistique ne sont valides que pour les conditions observées au cours de la période de caractérisation de la performance du système de traitement.

C.1.1 Limites des méthodes de mesure

Une méthode expérimentale ne peut détecter avec certitude la présence d'un contaminant lorsqu'il est présent en deçà d'une certaine concentration. Une méthode expérimentale ne peut non plus déterminer avec certitude la concentration d'un contaminant lorsqu'il est présent en deçà d'une certaine concentration. Ce sont respectivement les limites de détection et de quantification.

Lorsque plusieurs valeurs d'un échantillon d'une population sont inférieures à la limite de détection, l'USEPA (1991; 2004) recommande d'utiliser la méthode delta-lognormale pour effectuer les calculs statistiques.

C.2 CALCULS STATISTIQUES

Pour une population d'observations qui suit une distribution normale, on obtient la moyenne (μ) avec l'équation suivante :

$$\mu = \sum_i^n y_i/n$$

y_i = chacune des données de concentration à l'effluent

n = nombre de données

et l'écart type (σ) avec l'équation suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

Pour une population d'observations qui suit une distribution normale, il est possible de définir la probabilité qu'une valeur soit inférieure à une valeur critique avec la statistique suivante :

$$P(Z \leq z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int^z e^{-z^2/2}$$

C.2.1 Limite de tolérance

Étant donné que les caractéristiques d'un effluent présentent une variabilité intrinsèque, l'objectif du processus de vérification n'est pas de définir la performance moyenne du système de traitement, mais de définir sa capacité à respecter une exigence annuelle ou périodique. Donc, une observation unique ou un groupe d'observations devraient respecter une exigence quelconque pendant une période donnée. L'objectif est donc de définir la limite de tolérance qui englobe l'ensemble des observations selon un centile $(1 - \alpha)$ acceptable.

Lorsqu'on dispose d'un groupe d'observations représentatives de la population de données ($n =$ valeur finie), l'écart type « s » du groupe peut différer de l'écart type (σ) de la population. Il convient alors de définir la certitude $(1 - \gamma)$ sur « s » dans l'évaluation de la limite. La limite de tolérance peut alors être définie selon une certitude et un centile acceptables à partir de l'équation suivante :

$$LT = \mu + k_{\alpha,\gamma} s$$

Le facteur de tolérance $k_{\alpha,\gamma}$ est donné dans des tables statistiques qui ont été établies à cet effet (Walpole et al, 1998; NIST/SEMATECH, 2007).

Limite de tolérance d'une moyenne

Pour un échantillon d'observations dont on a défini l'écart type « s », il est possible de définir l'écart-type s_y de la moyenne d'un sous-groupe quelconque d'observations.

$$s_y = \frac{s}{\sqrt{m}}$$

Ainsi, il est possible de définir la limite de tolérance de la moyenne d'un nombre défini de valeurs (m) avec l'équation suivante :

$$LT = \mu + k_{\alpha,\gamma} s_y$$

C.2.2 Vérification des données

Pour calculer les limites de rejet pour un contaminant, on doit compiler les données de l'effluent exprimées en concentration et suivre les étapes suivantes :

1. Représentation graphique des données quotidiennes en courbe de distribution et vérification du type de distribution.

2. Vérification des données selon le type de distribution, puis élimination des valeurs aberrantes.

Toutefois, il faut être prudent avant d'écarter une donnée, car un résultat élevé ou très bas peut refléter une situation normale. Lorsqu'on a peu de données, le retrait d'une valeur élevée ou très basse peut influencer grandement sur la moyenne et les autres calculs qui s'ensuivent.

Avant de calculer les valeurs limites, il est nécessaire de traiter les données afin de respecter les hypothèses inhérentes aux méthodes statistiques. Le calcul d'une valeur moyenne et d'un écart type ne peut être effectué qu'à partir d'un groupe de valeurs qui suit une distribution normale. Or, si la distribution du groupe de valeurs ne respecte pas cette hypothèse, une transformation est requise afin de donner au groupe une distribution normale.

Une transformation logarithmique des mesures est utilisée pour normaliser la distribution des observations à l'effluent lorsque celles-ci suivent une distribution lognormale.

La pondération de la moyenne et de l'écart type en proportion de la fraction de valeurs sous le seuil de détection doit être effectuée à partir de la valeur arithmétique de la moyenne et de l'écart type. Cela peut requérir plusieurs transformations supplémentaires selon la forme de la distribution.

C.2.3 Méthode de régression linéaire

Lorsque la méthode de vérification utilisée est basée sur de multiples cas de charge, la performance escomptée pour un taux de charge donné peut être estimée à l'aide d'une régression linéaire selon la formule suivante :

$$Z_i = a + b * x_i$$

Z_i = prédiction de la variable dépendante donnée par le modèle de régression linéaire en fonction de la variable indépendante x_i

a = ordonnée à l'origine de la droite de régression

b = pente de la droite de régression

x_i = valeur de la variable indépendante retenue pour le calcul

La droite de régression linéaire doit être obtenue à l'aide de la méthode des moindres carrés. La probabilité que la pente de la droite soit nulle doit être inférieure à 1 % (signification α du test bilatéral) avec une certitude de 99 % (puissance du test $\gamma=0,99$).

Pour le calcul des limites de rejet, dans la méthode de calcul statistique présentée en A.5.3.1.1 et en A.5.3.2.1, la moyenne (μ) calculée doit être remplacée par la prédiction (Z_i) déterminée à l'aide de la droite de régression linéaire ($Z_i = a + b * x_i$) selon la valeur de l'abscisse (x_i) retenue pour le calcul. La distribution des résidus ($x_i - \bar{x}$) ou ($Z_i - y_i$) doit être normale. Les limites de rejet doivent être déterminées selon l'adaptation suivante :

$$LT = Z_i + k_{a,\gamma} * \frac{s}{\sqrt{m}} * \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

où

\bar{x} = valeur moyenne de la variable indépendante

La transformation des résultats pour linéariser le modèle de régression demeure possible si la méthode de calcul statistique des limites de rejet est modifiée pour l'adapter à la transformation. Le fournisseur demeure responsable d'effectuer les transformations et adaptations proposées sous réserve de l'approbation par le Programme VTE.

C.3 LIMITES DE REJET

Les exigences de rejet des stations de traitement des eaux usées d'origine domestique peuvent être exprimées en moyenne annuelle, périodique ou saisonnière.

Selon la formulation des exigences de rejet, la moyenne annuelle obtenue à l'effluent de la station de traitement est définie par la moyenne de 12 mesures effectuées au rythme d'une journée d'échantillonnage par mois. La moyenne saisonnière est définie par la moyenne de 6 mesures effectuées sur la période spécifiée à l'exigence. La moyenne périodique est définie par la moyenne de 3 mesures réparties sur la période spécifiée à l'exigence.

Afin qu'il y ait concordance entre les exigences et les limites de rejet calculées, l'évaluation des limites de rejet doit être effectuée de façon à refléter la formulation des exigences de rejet.

Pour que la performance usuelle de la technologie respecte les exigences de rejet définies pour l'installation, la probabilité de non-dépassement de la limite de tolérance est fixée à 99 % avec une certitude de 95 %. La limite de tolérance ainsi définie sera plus élevée que les observations et devra demeurer en deçà des exigences de rejet.

Limite de rejet en moyenne annuelle (LRMA)

Aux fins de vérification des performances des nouvelles technologies, la limite de tolérance de la moyenne annuelle est déterminée selon la méthode proposée pour définir la limite de rejet d'une moyenne de 12 résultats selon un centile de non-dépassement de 99 %, avec un degré de confiance de 95 % d'une moyenne de 12 mesures.

Limite de rejet en moyenne saisonnière (LRMS)

Aux fins de vérification des performances des nouvelles technologies, la limite de tolérance de la moyenne saisonnière est déterminée selon la méthode proposée pour définir la limite de rejet d'une moyenne de six résultats selon un centile de non-dépassement de 99 %, avec un degré de confiance de 95 % d'une moyenne de six observations.

Limite de rejet en moyenne périodique (LRMP)

Aux fins de vérification des performances des nouvelles technologies, la limite de tolérance de la moyenne périodique est déterminée selon la méthode proposée pour définir la limite de rejet d'une moyenne de trois résultats selon un centile de non-dépassement de 99 %, avec un degré de confiance de 95 % d'une moyenne de trois observations.

C3.1 CALCUL DES LIMITES DE REJET POUR UNE EXIGENCE EN MOYENNE ARITHMÉTIQUE

La méthode de calcul de la limite de rejet doit tenir compte de la forme de la distribution statistique des données et aussi de la méthode de calcul des exigences de rejet. Pour la DBO₅C, les MES, l'azote et le phosphore, l'exigence de rejet correspond à la moyenne calculée en valeur arithmétique.

C3.1.1 Méthode de calcul pour une distribution normale

Lorsque la distribution des données de suivi est normale, les calculs des limites de tolérance deviennent donc :

Calcul de la moyenne

$$\mu = \sum_i^n y_i / n$$

y_i = chacune des données de concentrations à l'effluent

n = nombre de données

Calcul de l'écart type

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

Calculs de la LRMA, de la LRMS et de la LRMP

$$LRMA = \mu + k_{\alpha,\gamma} * \frac{s}{\sqrt{m}}$$

$$LRMS = \mu + k_{\alpha,\gamma} * \frac{s}{\sqrt{m}}$$

$$LRMP = \mu + k_{\alpha,\gamma} * \frac{s}{\sqrt{m}}$$

LRMA	=	limite de rejet en moyenne annuelle
LRMS	=	limite de rejet en moyenne saisonnière
LRMP	=	limite de rejet en moyenne périodique
μ	=	moyenne de la série de mesures
$k_{\alpha,\gamma}$	=	facteur de tolérance pour un nombre de données, selon un centile α et un degré de confiance γ définis dans les tables statistiques
s	=	écart type observé de la série de mesures
n	=	nombre de valeurs de la série de mesures
m	=	Nombre de mesures de la moyenne annuelle (12), saisonnière (6) ou périodique (3)

C.3.1.2 Méthode de calcul pour une distribution lognormale

Généralement, les données de suivi d'un effluent traité d'une station d'épuration suivent une distribution de type lognormale.

Lorsque la distribution est lognormale, il est nécessaire d'effectuer la transformation en valeur logarithmique avant de faire les calculs. Cette transformation amène la distribution sous une forme normale afin que les méthodes statistiques usuelles puissent être appliquées.

À la suite des calculs statistiques, il est nécessaire de reconvertir la valeur obtenue en valeur arithmétique pour obtenir la LRMA, la LRMS et la LRMP.

La transformation en valeur logarithmique s'effectue avec l'équation suivante :

$$w_i = \ln(y_i)$$

y_i = chacune des données de concentration à l'effluent

w_i = valeur logarithmique de chacune des données de concentration à l'effluent

Calcul de la moyenne

$$\mu_w = \sum_i^n w_i / n$$

μ_w = moyenne de la valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent

w_i = valeur logarithmique de chacune des données de concentration à l'effluent

n = nombre de données

Calcul de l'écart type

$$s_w = \sqrt{\frac{\sum_i (w_i - \mu_w)^2}{n - 1}}$$

Calculs de la LRMA, de la LRMS et de la LRMP

$$E(y) = \exp\left[\mu_w + \frac{(s_w)^2}{2}\right]$$

$$\text{Var}(y) = \exp\left[2\mu_w + (s_w)^2\right] \left[\exp\left[(s_w)^2\right] - 1\right]$$

$$\text{Var}(y)_m^{[1]} = \frac{\text{Var}(y)}{m}$$

$$E(y)_m = E(y)$$

$$\sigma_m = \sqrt{\ln\left(\frac{\text{Var}(y)_m}{[E(y)]^2} + 1\right)}$$

$$\mu_m = \ln(E(y)) - 0,5(\sigma_m)^2$$

$$\text{LRMA}^{[2]} = E(y)_m + k_{\alpha, \gamma} \sqrt{\text{Var}(y)_m}$$

$$\mathbf{LRMS}^{[3]} = \exp\left(\mu_m + k_{\alpha,\gamma} \sigma_m\right)$$

$$\mathbf{LRMP}^{[3]} = \exp\left(\mu_m + k_{\alpha,\gamma} \sigma_m\right)$$

[1] Comme l'exigence est basée sur une moyenne arithmétique, l'écart type d'un groupe de moyennes arithmétiques doit être déterminé à partir de la valeur arithmétique.

[2] L'USEPA présuppose que la distribution d'une série de moyennes de 12 valeurs suit une distribution normale.

[3] Lorsque la distribution d'un groupe de données suit une distribution lognormale, l'USEPA présuppose que la distribution d'une série de moyennes de moins de 10 valeurs suit une distribution lognormale.

LRMA	=	limite de rejet en moyenne annuelle
LRMS	=	limite de rejet en moyenne saisonnière
LRMP	=	limite de rejet en moyenne périodique
μ_w	=	moyenne de la valeur logarithmique des mesures
s_w	=	écart type de la valeur logarithmique des mesures
Var(y)	=	écart type de la série de mesures
Var(y) _m	=	écart type d'une série de moyennes
E(y)	=	moyenne de la série de mesures
$k_{\alpha,\gamma}$	=	facteur de tolérance pour un nombre de données, selon un centile α et un degré de confiance γ définis dans les tables statistiques
μ_m	=	valeur logarithmique de la moyenne calculée
σ_m	=	valeur logarithmique de l'écart type calculé d'une série de moyennes annuelles ou périodiques
n	=	nombre de valeurs de la série de mesures

m	=	nombre de mesures de la moyenne annuelle (12), saisonnière (6) ou périodique (3)
---	---	---

C3.1.3 Méthode de calcul pour une distribution delta-lognormale

Lorsqu'une proportion delta (δ) des valeurs se situe sous le seuil de détection de la méthode de mesure (D), la distribution devient delta-lognormale.

Si la distribution est delta-lognormale, la pondération de la moyenne et de l'écart type en proportion de la fraction de valeurs sous le seuil de détection doit être effectuée à partir de la valeur arithmétique de la moyenne et de l'écart type. Cela peut requérir plusieurs transformations supplémentaires selon la forme de la distribution.

Il est alors nécessaire d'effectuer la transformation en valeur logarithmique des valeurs au-dessus du seuil de détection (y_C) avant d'effectuer les calculs. Cette transformation amène la distribution des valeurs situées au-dessus du seuil de détection sous une forme normale afin que les méthodes statistiques usuelles puissent être appliquées à cette série de valeurs.

Selon l'USEPA, il est possible de déterminer la valeur du centile visé par la limite de tolérance en formulant l'hypothèse que la moyenne calculée peut être pondérée dans la proportion suivante :

$$\mu(U) = \delta D + (1 - \delta)\mu(y_C)$$

La variance peut être pondérée dans la proportion suivante :

$$\text{Var}(U) = \delta D^2 + (1 - \delta)(\text{Var}(y_C) + [\mu(y_C)]^2) - \mu(U)^2$$

Calcul de la proportion delta (δ) des valeurs qui se situent sous le seuil de détection de la méthode de mesure :

$$\delta = r / k$$

r = nombre de mesures sous le seuil de détection

k = nombre total de mesures

δ = nombre de mesures au-dessous du seuil de détection (k - r)

La transformation en valeur logarithmique des valeurs au-dessus du seuil de détection s'effectue avec l'équation suivante :

$$w_i = \ln(y_i)$$

y_i = chacune des données de concentration à l'effluent

w_i = valeur logarithmique des concentrations à l'effluent au-dessus du seuil de détection

Calculs pour une moyenne de n_m valeurs

Calcul de la moyenne, qui est la moyenne de la valeur logarithmique des données au-dessus du seuil de détection

$$\mu_w = \frac{\sum_i^{k-r} w_i}{(k-r)}$$

μ_w = moyenne de la valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent au-dessus du seuil de détection

w_i = valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent au-dessus du seuil de détection

$k - r$ = nombre de données au-dessus du seuil de détection

Calcul de l'écart type (s_w) de la série de données converties en valeur logarithmique

$$s_w = \sqrt{\frac{\sum_i^{k-r} (w_i - \mu_w)^2}{(k-r) - 1}}$$

Calculs de la LRMA, de la LRMS et de la LRMP

$$E(y) = \exp\left[\mu_w + \frac{(s_w)^2}{2}\right]$$

$$Var(y) = (E(y))^2 \left(\exp\left[(s)^2\right] - 1 \right)$$

$$E(Y^*) = \delta D + (1 - \delta)E(y)$$

$$Var(Y^*) = \delta D^2 + (1 - \delta) \left[Var(y) + (E(y))^2 \right] - E(Y^*)^2$$

$$A = \frac{Var(Y^*)}{\left[m \left(E(Y^*) - \delta^m D \right)^2 \right]}$$

$$\mathbf{B} = \frac{-\left[\delta^m D^2(1-\delta^m)\right]}{\left[E(Y^*)-\delta^m D\right]^2}$$

$$\mathbf{C} = \frac{\left[2\delta^m D\right]}{\left[E(Y^*)-\delta^m D\right]}$$

$$\sigma_m^2 = \ln\left\{\left(1-\delta^m\right)\left[1+A+B+C\right]\right\}$$

$$\mu_m = \ln\left[\frac{\left(E(Y^*)+\delta^m D\right)}{\left(1-\delta^m\right)}\right]-0,5\sigma_m^2$$

$$\gamma = \frac{(0,99-\delta)}{(1-\delta)}$$

$$\mathbf{LRMA} = \exp\left(\mu_m + k_{\alpha,\gamma} \sigma_m\right)$$

$$\mathbf{LRMS} = \exp\left(\mu_m + k_{\alpha,\gamma} \sigma_m\right)$$

$$\mathbf{LRMP} = \exp\left(\mu_m + k_{\alpha,\gamma} \sigma_m\right)$$

LRMA = limite de rejet en moyenne annuelle

LRMS = limite de rejet en moyenne saisonnière

LRMP = limite de rejet en moyenne périodique

μ_w = moyenne des valeurs logarithmiques des mesures au-dessus du seuil de détection

s_w = écart type des valeurs logarithmiques des mesures au-dessus du seuil de détection

$\text{Var}(y)$	=	écart type des mesures au-dessus du seuil de détection
$E(y)$	=	moyenne des mesures au-dessus du seuil de détection
$\text{Var}(Y^*)$	=	écart type pondéré des mesures
$E(Y^*)$	=	moyenne pondérée des mesures
$k_{\alpha,\gamma}$	=	facteur de tolérance pour un nombre de données, selon un centile α et un degré de confiance γ définis dans les tables statistiques
μ_m	=	valeur logarithmique de la moyenne pondérée pour une série de moyennes annuelles ou périodiques
σ_m	=	valeur logarithmique de l'écart type pondéré d'une série de moyennes annuelles ou périodiques
$k - r$	=	nombre de valeurs au-dessus du seuil de détection de la méthode de mesure
δ	=	r / k
n	=	nombre de valeurs de la série de mesures
m	=	nombre de mesures de la moyenne annuelle (12), saisonnière (6) ou périodique (3)

C.3.2 CALCUL DES LIMITES DE REJET POUR UNE EXIGENCE EN MOYENNE GÉOMÉTRIQUE

La méthode de calcul de la limite de rejet doit tenir compte de la forme de la distribution statistique des données et aussi de la méthode de calcul des exigences de rejet. Pour les coliformes fécaux, l'exigence de rejet correspond à la moyenne calculée en valeur géométrique pour la période.

Par conséquent, l'écart type d'un groupe de moyennes géométriques doit être déterminé à partir de l'écart type des valeurs logarithmiques.

C.3.2.1 Méthode de calcul pour une distribution lognormale

Généralement, les données de suivi d'un effluent traité d'une station d'épuration suivent une distribution de type lognormale.

Lorsque la distribution est lognormale, il est nécessaire d'effectuer la transformation en valeur logarithmique avant de faire les calculs. Cette transformation amène la distribution sous une forme normale afin que les méthodes statistiques usuelles puissent être appliquées. À la suite des calculs statistiques, il est nécessaire de reconvertir la valeur obtenue en valeur arithmétique pour obtenir la LRMA, la LRMS et la LRMP.

La transformation en valeur logarithmique s'effectue avec l'équation suivante :

$$w_i = \ln(y_i)$$

x_i = chacune des données de concentration à l'effluent

y_i = valeur logarithmique de chacune des données de concentration à l'effluent

Calcul de la moyenne

$$\mu_w = \sum_i^n w_i / n$$

μ_w = moyenne de la valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent

w_i = valeur logarithmique de chacune des données de concentration à l'effluent

n = nombre de données

Calcul de l'écart type

$$s_w = \sqrt{\frac{\sum_i (w_i - \mu_w)^2}{n - 1}}$$

Calculs de la LRMA, de la LRMP et de la LRMS

$$\sigma_m = \frac{s_w}{\sqrt{m}}$$

$$\text{LRMA} = \exp\left[\mu_w + k_{\alpha, \gamma} \sigma_m\right]$$

$$\text{LRMS} = \exp\left[\mu_w + k_{\alpha, \gamma} \sigma_m\right]$$

$$\text{LRMP} = \exp\left[\mu_w + k_{\alpha, \gamma} \sigma_m\right]$$

LRMA	=	limite de rejet en moyenne annuelle
LRMS	=	limite de rejet en moyenne saisonnière
LRMP	=	limite de rejet en moyenne périodique
μ_w	=	moyenne des valeurs logarithmiques des mesures
s_w	=	écart type des valeurs logarithmiques des mesures
σ_m	=	écart type calculé d'une série de moyennes géométriques annuelles ou périodiques
$k_{\alpha,\gamma}$	=	facteur de tolérance pour un nombre de données, selon un centile α et un degré de confiance γ définis dans les tables statistiques
n	=	nombre de valeurs de la série de mesures
m	=	nombre de mesures de la moyenne annuelle (12), saisonnière (6) ou périodique (3)

C3.2.2 Méthode de calcul pour une distribution delta-lognormale

Lorsqu'une proportion delta (δ) des valeurs se situe sous le seuil de détection de la méthode de mesure (D), la distribution devient delta-lognormale. La pondération de la moyenne et de l'écart type en proportion de la fraction de valeurs sous le seuil de détection doit être effectuée à partir de la moyenne et de l'écart type des valeurs logarithmiques. Cela peut requérir quelques transformations supplémentaires selon la forme de la distribution.

Si la distribution est delta-lognormale, les valeurs logarithmiques des mesures au-dessus du seuil de détection (x_C) suivent une distribution normale.

Selon l'USEPA, il est possible de déterminer la valeur du centile visé par la limite de tolérance en formulant l'hypothèse que la moyenne calculée peut être pondérée dans la proportion suivante :

$$\mu(U) = \delta D + (1 - \delta) \mu(x_C)$$

La variance peut être pondérée dans la proportion suivante :

$$\text{Var}(U) = \delta D^2 + (1 - \delta)(\text{Var}(x_C) + [\mu(x_C)]^2) - \mu(U)^2$$

Calcul de la proportion delta (δ) des valeurs qui se situent sous le seuil de détection de la méthode de mesure :

$$\delta = r / k$$

r = nombre de mesures sous le seuil de détection

k = nombre total de mesures

δ = nombre de mesures au-dessous du seuil de détection (k - r)

La transformation en valeur logarithmique des valeurs au-dessus du seuil de détection s'effectue avec l'équation suivante :

$$w_i = \ln(y_i)$$

y_i = chacune des données de concentration à l'effluent

w_i = valeur logarithmique des concentrations à l'effluent au-dessus du seuil de détection

Calculs pour une moyenne de n_m valeurs

Calcul de la moyenne, qui est la moyenne de la valeur logarithmique des données au-dessus du seuil de détection :

$$\mu_w = \frac{\sum_i^{k-r} w_i}{(k-r)}$$

μ_w = moyenne de la valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent au-dessus du seuil de détection

w_i = valeur logarithmique des données de concentration à l'effluent au-dessus du seuil de détection

k - r = nombre de données au-dessus du seuil de détection

Calcul de l'écart type (s_w) de la série de données converties en valeur logarithmique :

$$s_w = \sqrt{\frac{\sum_i^{k-r} (w_i - \mu_w)^2}{(k-r) - 1}}$$

Calculs de la LRMA, de la LRMP et de la LRMS

$$\mu_c = \delta \ln(D) + (1 - \delta) \mu_w$$

$$\frac{(\sigma_c)^2}{m} = \frac{\left\{ \delta [\ln(D)]^2 + (1 - \delta) (\mu_w^2 + s_w^2) - \mu_c^2 \right\}}{m}$$

$$(\sigma_c)_m = \sqrt{\frac{(\sigma_c)^2}{m}}$$

$$\text{LRMA} = \exp(\mu_c + k_{\alpha, \gamma} (\sigma_c)_m)$$

$$\text{LRMS} = \exp(\mu_c + k_{\alpha, \gamma} (\sigma_c)_m)$$

$$\text{LRMP} = \exp(\mu_c + k_{\alpha, \gamma} (\sigma_c)_m)$$

LRMA = limite de rejet en moyenne annuelle

LRMS = limite de rejet en moyenne saisonnière

LRMP = limite de rejet en moyenne périodique

μ_w = moyenne des valeurs logarithmiques des mesures au-dessus du seuil de détection

s_w = écart type des valeurs logarithmiques des mesures au-dessus du seuil de détection

$k_{\alpha, \gamma}$ = facteur de tolérance pour un nombre de données, selon un centile α et un degré de confiance γ définis dans les tables statistiques

μ_c = moyenne pondérée des valeurs logarithmiques des mesures

$(\sigma_c)_m$ = écart type pondéré d'une série de moyennes annuelles ou périodiques calculé en valeur logarithmique

k-r = nombre de valeurs au-dessus du seuil de détection de la méthode de mesure

$$\delta = r / k$$

n = nombre de valeurs de la série de mesures

m = nombre de mesures de la moyenne annuelle (12), saisonnière (6) ou périodique (3)

Table C-1 — Facteur de tolérance $K_{\alpha,95}$

Degré de confiance de 95 %								
k	Centile							
	$t_{150/95}$	$t_{155/95}$	$t_{160/95}$	$t_{170/95}$	$t_{180/95}$	$t_{190/95}$	$t_{195/95}$	$t_{199/95}$
	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,99
2	0,000	2,454	4,943	10,237	16,450	25,007	32,138	45,462
3	0,000	0,639	1,287	2,666	4,284	6,513	8,370	11,840
4	0,000	0,410	0,826	1,710	2,748	4,178	5,369	7,595
5	0,000	0,326	0,657	1,361	2,188	3,326	4,274	6,046
6	0,000	0,283	0,571	1,183	1,900	2,889	3,713	5,252
7	0,000	0,257	0,518	1,073	1,724	2,621	3,369	4,766
8	0,000	0,239	0,482	0,999	1,605	2,440	3,136	4,436
9	0,000	0,227	0,456	0,945	1,519	2,308	2,967	4,197
10	0,000	0,217	0,437	0,904	1,453	2,209	2,838	4,015
11	0,000	0,209	0,421	0,872	1,401	2,130	2,737	3,872
12	0,000	0,203	0,408	0,846	1,359	2,066	2,655	3,756
13	0,000	0,198	0,398	0,824	1,324	2,013	2,587	3,659
14	0,000	0,193	0,389	0,806	1,295	1,968	2,529	3,578
15	0,000	0,189	0,381	0,790	1,269	1,930	2,480	3,508
16	0,000	0,186	0,375	0,776	1,247	1,896	2,437	3,448
17	0,000	0,183	0,369	0,764	1,228	1,867	2,400	3,394
18	0,000	0,181	0,364	0,754	1,211	1,841	2,366	3,347
19	0,000	0,178	0,359	0,744	1,196	1,818	2,337	3,306
20	0,000	0,176	0,355	0,736	1,182	1,797	2,310	3,268
25	0,000	0,169	0,340	0,703	1,130	1,718	2,208	3,124
30	0,000	0,163	0,329	0,682	1,095	1,665	2,140	3,027
33	0,000	0,161	0,324	0,672	1,079	1,640	2,108	2,982
35	0,000	0,160	0,321	0,666	1,070	1,626	2,090	2,957
40	0,000	0,157	0,316	0,654	1,050	1,597	2,052	2,902
45	0,000	0,154	0,311	0,644	1,035	1,573	2,021	2,859
50	0,000	0,152	0,307	0,636	1,022	1,554	1,997	2,824
55	0,000	0,151	0,304	0,629	1,011	1,537	1,976	2,795
60	0,000	0,149	0,301	0,624	1,002	1,524	1,958	2,770
65	0,000	0,148	0,299	0,619	0,994	1,512	1,943	2,748
70	0,000	0,147	0,297	0,614	0,987	1,501	1,929	2,729
75	0,000	0,146	0,295	0,611	0,981	1,492	1,917	2,712
80	0,000	0,146	0,293	0,607	0,976	1,484	1,907	2,698
85	0,000	0,145	0,292	0,604	0,971	1,476	1,897	2,684
90	0,000	0,144	0,291	0,602	0,967	1,470	1,889	2,672
95	0,000	0,144	0,289	0,599	0,963	1,464	1,881	2,661
100	0,000	0,143	0,288	0,597	0,959	1,458	1,874	2,651
150	0,000	0,139	0,281	0,581	0,934	1,424	1,831	2,601
200	0,000	0,137	0,277	0,573	0,920	1,402	1,802	2,557
250	0,000	0,136	0,274	0,567	0,911	1,388	1,783	2,529
300	0,000	0,135	0,272	0,563	0,904	1,377	1,770	2,508
400	0,000	0,134	0,269	0,557	0,895	1,363	1,751	2,481
500	0,000	0,133	0,267	0,554	0,889	1,354	1,739	2,463
600	0,000	0,132	0,266	0,551	0,884	1,347	1,730	2,449
700	0,000	0,132	0,265	0,549	0,881	1,342	1,723	2,439
1000	0,000	0,131	0,263	0,545	0,874	1,332	1,709	2,419
∞	0,000	0,126	0,253	0,524	0,842	1,280	1,645	2,327

BIBLIOGRAPHIE

- Cohen J., 1988. *Statistical power analysis for the behavioural sciences*, 2^e edition, Lawrence Erlbaum associates, Publisher, Hillsdale, N.J..
- ETV/NSF, 2002. *Verification Protocol for Secondary Effluent and Water Reuse Disinfection Application*, Water Quality Protection Center, Environmental Technology Verification Protocol, NSF
- MDDELCC, 2009. *Procédures d'évaluation des technologies de traitement des eaux usées d'origine domestiques*.
- NIST/SEMATECH, Consultation en ligne 29-10-2007, e-Handbook of Statistical Methods, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.
- NSF/ANSI 40, *Residential wastewater treatment systems*, <http://www.nsf.org/> (Cette norme s'applique aux technologies ayant une capacité de traitement de 1514 litres par jour [400 gal US/j] à 5678 litres par jour [1500 gal US/j] et possède deux classes de traitement.)
- Walpole R.E., Myers R.H. and Myers S.L., 1998. *Probability and Statistics for engineers and scientists*, Prentice Hall Inc., N.J. USA, 739 p.
- USEPA, 1991. Technical support document for water quality based toxics control, Office of Water enforcement and permits, U.S. EPA, Washington D.C..
- USEPA, 2003. *Ultraviolet Disinfection Guidance Manual*, Office of Water, EPA, EPA 815-D-03-07.
- USEPA, 2004a. Appendix E: Modified Delta-Lognormal Distribution, dans Technical developpement document for the final effluent limitation guidelines and new source performance standards for the concentrated aquatic animal production point source category (revised august 2004), Engineering and analysis division, Office of science and technology, U.S. EPA, Washington, D.C..
- USEPA, 2004b. *Guidelines for Water Reuse*, EPA/625/R-04/108, *Office of water, Office of research and development*, EPA, Washington D.C.