

Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique

18. Autres éléments d'une station d'épuration – Préliminaire

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction des eaux usées municipales (DEUM) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp
Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Pour obtenir un exemplaire du document :

Visitez notre site Web : www.environnement.gouv.qc.ca

Dépôt légal – 2023
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2023

Table des matières

Liste des tableaux	18-v
Liste des figures	18-vi
Remerciements	18-vii
18. Autres éléments d'une station d'épuration	18-1
18.1 Électricité	18-1
18.1.1 Classification des salles	18-1
18.1.2 Entrée électrique et génératrice	18-2
18.2 Ventilation	18-4
18.2.1 Principes de ventilation	18-4
18.2.2 Traitement de l'air vicié (odeurs et gaz corrosifs)	18-5
18.3 Instrumentation et contrôle	18-8
18.3.1 Types d'instrumentation et de système de contrôle	18-8
18.3.2 Types de signal	18-9
18.3.3 Types de logique de contrôle automatisé	18-10
18.3.4 Systèmes d'acquisition de données	18-11
18.3.5 Schéma de procédé et d'instrumentation (P et I)	18-12
18.3.6 Cybersécurité	18-13
18.4 Aménagements	18-15
18.4.1 Rayon de protection	18-15
18.4.2 Confinement des ouvrages	18-16
18.4.3 Clôtures	18-17
18.4.4 Accès aux ouvrages et aires de circulation	18-17
18.4.5 Bâtiments	18-18
18.4.6 Matériaux et corrosion	18-20
18.5 Équipements d'échantillonnage, de laboratoire et d'exploitation	18-24

18.5.1	Échantillonnage	18-24
18.5.2	Laboratoire	18-25
18.5.3	Atelier de mécanique	18-27
18.5.4	Équipements d'exploitation	18-27
18.6	Santé-sécurité	18-28
18.6.1	Bioaérosols	18-28
18.6.2	Bruit	18-29
18.6.3	Cadenassage	18-30
18.6.4	Protection contre les éclats d'arc électrique	18-30
18.6.5	Produits chimiques	18-30
18.6.6	Aménagements et équipements d'accès en espace clos	18-30
18.6.7	Aménagements et équipements pour l'accès aux plans d'eau	18-32
18.6.8	Équipements de protection individuelle (EPI)	18-32
18.7	Références bibliographiques	18-34

Liste des tableaux

Tableau 18.3.6-1 – Exemples de symboles utilisés dans un P et I _____	18-14
Tableau 18.4.1-1 – Rayons de protection d'un procédé mécanisé ou d'étangs aérés _____	18-15
Tableau 18.4.5-1 – Recommandations d'emplacement de certains locaux et étapes de traitement _____	18-19
Tableau 18.4.6-1 – Classes NEMA pour panneau électrique _____	18-21
Tableau 18.4.6-2 – Résistance des matériaux et recommandations d'installations selon l'exposition et l'utilisation _____	18-22

PRÉLIMINAIRE

Liste des figures

Figure 18.3.3-1 – Schéma d'un contrôle par rétroaction _____ 18-11

Figure 18.3.4-1 – Schéma d'un contrôle par prévision _____ 18-12

PRÉLIMINAIRE

Remerciements

Équipe de rédaction de FNX-INNOV

Marc-André Desjardins, ing., Ph. D. – chargé de projet

Justine Duguet, ing., M. Sc. A. – chargée de projet adjointe et coordonnatrice

Jean-François Despins, ing., PMP

Et les autres ingénieurs du Service de traitement des eaux de FNX-INNOV.

Équipe de révision du MELCCFP

Héloïse Bastien, ing., M. Sc. A. – DEUM – chargée de projet

Bernard Lavallée, ing., Ph. D. – DEUM

Bernard Patry, ing., Ph. D. – DPEU

Experts consultés (par ordre alphabétique de nom de famille)

Emilie Bédard, ing., Ph. D. et Arthur Ouradou – Polytechnique Montréal

Marie-Christine Bélanger et les autres membres de l'équipe de Premier Tech

Christian Boulanger et Antoine Laporte – Ville de Repentigny

Élaine Guénette – APSAM

Alain Roy, ing., M. Ing., et Dorothée Benoit, ing. – MAMH

18. Autres éléments d'une station d'épuration

Outre les procédés de traitement, une station d'épuration comprend des bâtiments (administratifs et techniques) abritant divers composants électriques et mécaniques (ventilation, chauffage, plomberie, etc.). Un laboratoire est souvent présent pour faire sur place les analyses de suivi des procédés.

Le présent chapitre a pour but d'éclairer le concepteur de la filière de traitement sur les aspects connexes aux procédés pour enrichir sa conception préliminaire et faciliter sa collaboration avec les autres disciplines durant la conception détaillée de l'ensemble de la station d'épuration.

Certaines recommandations énoncées dans le présent chapitre pourraient, pour un projet donné, ne pas être applicables. La pertinence des recommandations devrait être évaluée par le concepteur en considérant le contexte spécifique de son projet.

18.1 Électricité

La section Électricité porte sur les systèmes d'alimentation électrique, mais aussi sur les systèmes électroniques. Les stations d'épuration étant de plus en plus mécanisées et instrumentées pour faciliter leur exploitation, un plus grand nombre d'équipements de procédé, de contrôle et de suivi sont alimentés en électricité. Outre les besoins d'entrée électrique, il faut prévoir les boucles d'automatisation (voir section 18.3), les équipements à relier à une génératrice d'urgence en cas de panne de courant ainsi que les éléments de cybersécurité.

18.1.1 Classification des salles

La classification des salles dans une station d'épuration est un enjeu de santé et sécurité, mais aussi un enjeu économique.

Le Code canadien de l'électricité (CCÉ) doit être suivi. Les stations d'épuration sont considérées comme un emplacement dangereux à cause de la présence dans l'air de gaz ou de vapeurs en quantité suffisante pour constituer un mélange explosif ou inflammable. Les espaces sont subdivisés en trois catégories définies comme suit :

- Zone 0 : emplacement où les gaz explosifs sont présents en continu ou sur de longues périodes.
- Zone 1 : a) emplacement où les gaz explosifs sont susceptibles d'être présents en condition normale d'exploitation ou b) emplacement pouvant capter des gaz explosifs d'une zone 0 voisine.
- Zone 2 : a) emplacement où la présence de gaz explosifs est peu probable en condition normale d'exploitation et, s'il y en a, la durée d'exposition est très courte ou b) emplacement pouvant capter des gaz explosifs d'une zone 1 voisine.

Pour les travaux d'agrandissement, de réfection ou de modification d'installations existantes, le CCÉ autorise à conserver la classification par division telle qu'elle est proposée par la NFPA 820 et la NFPA 70¹ (2020, a et b). Les espaces de classe 1 (gaz et vapeurs) sont répartis en deux catégories selon leur probabilité d'occurrence :

- Division 1 : emplacements où il est prévu qu'en temps normal une atmosphère dangereuse sera présente sur une base permanente, intermittente ou périodique.

¹ NFPA 820 : *Standard for fire protection in wastewater treatment and collection facilities*

NFPA 70 : *National electrical code*

- Division 2 : emplacements dans lesquels des gaz ou des liquides volatils inflammables sont manipulés, utilisés ou entreposés, dans lesquels ils seraient normalement confinés à des contenants ou à des systèmes fermés d'où ils ne pourraient s'échapper qu'en cas de rupture accidentelle des contenants ou du système.

Les coûts associés à la classification des salles sont importants, surtout dans les stations d'épuration existantes qui n'ont pas été conçues en tenant compte des risques d'atmosphère explosive (Châteauneuf et Gauvin, 2020). En effet, les systèmes et équipements électriques situés dans les espaces classifiés doivent être conçus et certifiés pour cette application (p. ex. moteurs et dispositifs antidéflagrants ou *explosion proof*). Ils doivent être raccordés de manière sécuritaire, mais aussi inspectés et entretenus minutieusement (Châteauneuf et Gauvin, 2020).

Une étude de classification des salles réalisée par une firme spécialisée permettra de déterminer des solutions d'optimisation pour réduire le nombre et l'étendue des salles classifiées zone 0 ou 1 (Châteauneuf et Gauvin, 2020). Ces solutions peuvent comprendre entre autres l'amélioration de la ventilation ou le cloisonnement des espaces et des procédés (Châteauneuf et Gauvin, 2020).

Les enjeux de corrosion des équipements électriques sont traités à la section 18.4.6.

18.1.2 Entrée électrique et génératrice

18.1.2.1 Entrée électrique

Afin d'aider le concepteur du système électrique, le concepteur de la mécanique de procédés devrait préparer une liste des moteurs et indiquer la nature de l'utilisation des équipements (en continu, par intermittence ou en attente).

Les moteurs de 0,37 à 300 kW (0,5 - 400 HP) constituent l'essentiel des charges électriques de la plupart des stations d'épuration (WEF et ASCE, 2018). Ils présentent généralement les caractéristiques suivantes : 480 V, 3 phases, 60 Hz (normes américaines). Certains gros moteurs de plus de 168 kW (250 HP) peuvent avoir les caractéristiques suivantes : 4 160 V, 3 phases, 60 Hz (WEF et ASCE, 2018). Comme l'alimentation électrique au Québec se fait à 600 V, il est requis d'installer des transformateurs à l'entrée de la station.

18.1.2.2 Génératrice de secours

La fiabilité électrique de la station peut être assurée par une génératrice de secours qui constitue une source d'énergie de substitution (WEF et ASCE, 2018).

La génératrice de secours devrait alimenter les équipements essentiels à la santé et sécurité du personnel, notamment la ventilation des salles classifiées et l'éclairage de la station. Elle devrait également alimenter les équipements requis (pompes, vannes motorisées, panneaux de contrôle) pour assurer l'écoulement continu des eaux usées le long de la filière de traitement (Atlantic Canada, 2006). Les équipements de désinfection peuvent devoir être alimentés par la génératrice si une désinfection est requise en tout temps (MOE, 2008).

Le choix des autres équipements à raccorder à la génératrice est à étudier au cas par cas. Par ailleurs, la génératrice peut fournir la puissance pour qu'un équipement fonctionne à sa capacité minimale, normale ou maximale selon les besoins. Le concepteur devrait notamment considérer les éléments suivants (Atlantic Canada, 2006 ; MOE, 2008) :

- La qualité des eaux rejetées à l'environnement à assurer durant la panne électrique (selon les usages du milieu récepteur).
- La fréquence des pannes (accès souhaitable à l'historique de fiabilité du réseau).

- L'alimentation gravitaire ou par pompage des eaux usées (l'eau brute continue-t-elle à arriver à la station d'épuration durant la panne ?).
- Le type de traitement et sa capacité à supporter une surcharge hydraulique ou massique.
- Les risques de détérioration ou de surcharge de chaque équipement durant la panne.

Par exemple, il n'est généralement pas nécessaire d'alimenter le système d'aération d'un procédé de boue activée avec la génératrice de secours. Cependant, avec un historique de pannes de plus de quatre heures, il est préférable de maintenir une aération minimale dans les réacteurs (Atlantic Canada, 2006). Si les usages du milieu récepteur incluent la baignade ou une prise d'eau potable, il pourrait être nécessaire de faire fonctionner le système à capacité normale même durant la panne (MOE, 2008).

Dans les cas où il n'y aurait que l'éclairage, la ventilation et quelques instruments à brancher sur une génératrice de secours (pas de pompage des eaux usées ou d'équipements de traitement), celle-ci pourrait être typiquement de 25 kW (MOE, 2008).

La génératrice de secours devrait se connecter facilement au système de distribution électrique de la station d'épuration. Il faut prendre en compte le niveau de bruit causé par son fonctionnement et mettre en place des mesures d'atténuation sonore si nécessaire (MOE, 2008).

Les réserves de combustible devraient offrir un volume suffisant pour que la génératrice puisse alimenter la station pendant un minimum de 12 heures, de préférence 24. Les durées habituelles des pannes dans la région et les contraintes de livraison en période hivernale peuvent imposer des réserves plus importantes (MOE, 2008). On devrait consulter les manufacturiers pour connaître la consommation des génératrices. Si le combustible est du gazole, les volumes minimaux de réserve recommandés sont les suivants (MOE, 2008) :

- Un volume de 450 L pour une génératrice de 25 à moins de 30 kW.
- Un volume de 900 L pour une génératrice de 30 à moins de 100 kW.
- Un volume de 1 135 L pour une génératrice de 100 à moins de 160 kW.
- Deux fois 1 135 L pour une génératrice de 160 à 300 kW.

Les réservoirs peuvent être aussi bien enfouis que hors sol. Quel que soit leur emplacement, il faut évaluer les facteurs potentiels de corrosion, les conséquences d'une fuite, leur volume et le besoin de pompes (MOE, 2008).

Des sources d'énergie de substitution aux combustibles, comme le gaz naturel, sont également envisageables pour alimenter une génératrice de secours.

18.2 Ventilation

La ventilation des salles et des ouvrages d'une station d'épuration est un élément connexe au traitement qui s'avère crucial pour assurer la santé, la sécurité et le confort des opérateurs ainsi que la pérennité des installations (problématique de corrosion, protection contre les feux et explosion) (WEF et ASCE, 2018). Par ailleurs, dans un contexte où le voisinage des stations d'épuration est de plus en plus résidentiel, le captage des airs viciés et le traitement des odeurs deviennent souvent nécessaires pour ne pas compromettre le bien-être des concitoyens.

18.2.1 Principes de ventilation

La conception des systèmes de ventilation relève du domaine de la mécanique du bâtiment. Cette section présente un bref résumé des aspects de conception auxquels il faut porter une attention particulière.

18.2.1.1 Changements d'air

18.2.1.1.1 Documents de référence

Le [Règlement sur la santé et la sécurité du travail \(Québec – S-2.1, r.13\)](#) est une référence légale qui donne des indications sur le nombre minimal de changements d'air frais requis à l'heure selon la fonction du bâtiment ou de la salle.

On peut trouver des recommandations dans plusieurs publications généralement consultées par les concepteurs dans le domaine de la mécanique du bâtiment :

- NFPA 820, *Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities*, publiée par la NFPA (National Fire Protection Association), qui vise la protection des équipements ;
- les guides *Fundamentals* et *HVAC Applications* publiés par l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.), qui portent globalement sur l'ensemble du bâtiment.

Le Comité des eaux usées des Grands Lacs et de la rivière du Mississippi supérieur (WWC-GLUMRB, 2014), de même que WEF et ASCE (2018), présentent plus spécifiquement des recommandations de ventilation pour les installations de traitement des eaux usées.

Le Code national du bâtiment – Canada (CNB) décrit quant à lui des règles générales pour l'emplacement des prises d'air.

18.2.1.1.2 Aspects de la conception à prendre en considération

Les besoins de ventilation dans une salle peuvent être modulés en fonction de la présence ou non d'un opérateur et du niveau de confinement de la salle. La santé et la sécurité des travailleurs doivent être assurées, quel que soit l'endroit où ils se trouvent. La classification électrique de la salle conditionne aussi ses besoins de ventilation.

Avec les basses températures extérieures observées au Québec en hiver, il faut porter attention au besoin de chauffage et éviter de trop refroidir les salles à cause de taux de changement d'air élevés.

Une partie de l'air des salles non classées dans la division 1 ou 2 de la station peut être recyclé et mélangé à l'air frais pour ventiler les salles. Le sectionnement des espaces devrait être prévu dans la conception des systèmes de recyclage de l'air (section 18.2.1.2). Le concepteur devrait évaluer le pour et le contre du recyclage de l'air, dont :

- les besoins de traitement de l'air avant sa réutilisation ;
- la réduction des coûts de chauffage ;

- le risque accru de corrosion du système de ventilation et des équipements présents dans les salles alimentées en partie avec de l'air recyclé.

18.2.1.1.3 Conversion

Le nombre de changements d'air à l'heure (CAH) peut se convertir en débit d'air à appliquer sur la surface de l'espace à ventiler de la façon suivante (Québec, 2021) :

Équation 18.01 :
$$\frac{Q_a}{S} = \text{CAH} \times [3,6 \text{ m} + h_t]$$

où :

Q_a : débit d'air (m³/h) ;
 S : surface de la salle (m²) ;
 CAH : changements d'air à l'heure (h⁻¹) ;
 h_t : hauteur de travail (m).

La hauteur de travail se mesure par rapport au plancher principal.

18.2.1.2 Sectionnement des espaces

Logiquement, pour éviter la propagation d'air vicié dans la station d'épuration ou à l'extérieur, il est recommandé d'effectuer un sectionnement des systèmes de ventilation des salles selon leur taux de contamination. Les salles présentant l'air le plus contaminé (p. ex. salles de prétraitement ou d'entreposage des déchets, salles de traitement avec des procédés demandant une aération ou un mélange mécanique, ou avec une chute d'eau) devraient être en pression légèrement négative pour qu'à l'ouverture des portes, le mouvement d'air se fasse de l'extérieur vers l'intérieur. Dans les sections administratives et électriques, la pression devrait au contraire être légèrement positive pour que l'air se dirige de l'intérieur vers l'extérieur. Les salles intermédiaires (p. ex. corridor) sont généralement en pression neutre.

Il revient aux concepteurs de la mécanique de procédés et de la mécanique du bâtiment de travailler conjointement afin de déterminer les sources de contamination et l'approche de sectionnement des espaces à adopter. Lorsque des ajustements à la ventilation d'installations existantes sont nécessaires, la consultation des opérateurs est essentielle pour confirmer les salles où l'air est le plus contaminé, déterminer les problématiques de dégagement d'odeurs et de bioaérosols, et comprendre la circulation de l'air à l'intérieur de la station d'épuration.

18.2.1.3 Adaptation à l'environnement de la station

Il est important d'adapter les systèmes de ventilation aux conditions du site et à son environnement en tenant compte des vents dominants, tant pour la prise d'air frais que pour les rejets d'air vicié.

On peut notamment modéliser la dispersion de l'air pour prédire la dilution des odeurs dans le voisinage et démontrer le maintien de la qualité de l'air aux environs de la station. Le *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* préparé par le MDDEP en 2005 peut d'ailleurs être consulté à cet effet.

18.2.2 Traitement de l'air vicié (odeurs et gaz corrosifs)

18.2.2.1 Conditions causant le dégagement d'odeurs

Des odeurs peuvent se dégager tout au long de la filière de traitement (liquide et solide) si :

- des composants odorants sont présents dans les eaux usées ou les boues ;
- la surface du procédé est exposée à l'air ;

- une force motrice entraîne le passage du composé odorant des eaux/boues à l'air.

18.2.2.1.1 Composants malodorants

De nombreux composants odorants sont présents dans les eaux usées et les boues, mais les principaux sont le H₂S, les composés organosulfurés, l'ammoniac et les composés azotés (WEF et ASCE, 2018).

Le H₂S est produit par la réduction biologique des sulfates (SO₄²⁻) en condition anaérobie. En plus d'être malodorant, ce gaz est corrosif ainsi que mortel au-delà d'une concentration de 1 000 ppm dans l'air (exposition d'une minute). En présence d'humidité, il peut être oxydé par les bactéries du genre *Thiobacillus* en H₂SO₄ qui est corrosif. Dans un système de traitement d'air vicié, le H₂S est traité en premier (WEF et ASCE, 2018).

Les composés organosulfurés sont généralement présents dans l'air vicié de la filière liquide, mais le H₂S demeure le plus préoccupant. Leur présence est plus problématique dans la filière solide. Certains de ces composés sont moins solubles que le H₂S et peuvent être difficiles à enlever. Des systèmes de traitement de l'air vicié multiétages peuvent donc être requis (WEF et ASCE, 2018).

L'ammoniac (NH₃) et les composés azotés se retrouvent souvent dans l'air vicié de la filière solide. Ce gaz peut présenter des effets réversibles à de faibles concentrations (30 à 300 ppm), des effets non réversibles à des concentrations inférieures à 1 500 ppm et être mortel à des concentrations plus élevées (Tissot et collab., 2003).

18.2.2.1.2 Surface d'exposition

Plus la surface d'exposition à l'air est grande, plus le dégagement d'odeurs est important. Confiner les ouvrages et les équipements les plus susceptibles de dégager de mauvaises odeurs permet de réduire la quantité d'air vicié à traiter (voir section 18.4.2).

18.2.2.1.3 Force motrice

Plusieurs conditions facilitent le passage des composés odorants des eaux ou des boues à l'air (WEF et ASCE, 2018) :

- La turbulence du liquide (causée p. ex. par un brassage mécanique intense, l'aération par bullage ou le déversement d'un équipement à un autre par gravité).
- La turbulence de l'air au-dessus de la surface liquide.
- L'aération forcée.
- La température (son augmentation diminue la solubilité des gaz et augmente leur taux de transfert).
- Le pH (le dégazage de H₂S est favorisé à pH faible alors que le dégazage de NH₃ l'est à pH élevé).

18.2.2.1.4 Mesures préventives

Différentes mesures peuvent être prises pour limiter la formation ou le dégagement de composés odorants le long de la filière de traitement, notamment les suivantes :

- Le maintien de la concentration d'oxygène dissous dans le liquide à au moins 0,5 ou 1 mg O₂/l (US EPA, 1985, cité par WEF et ASCE, 2018).
- L'utilisation d'oxydants chimiques tels que le permanganate de potassium ou l'ozone.
- L'ajout de nitrates pour dégazer du N₂ au lieu du H₂S en condition anaérobie.
- L'ajout de sels de fer pour précipiter les ions sulfures.
- L'ajustement du pH.

Avant de mettre en œuvre une mesure préventive, il faut tenir compte de ses autres effets possibles (p. ex. problématique d'encrassement des lampes UV par le fer).

18.2.2.2 Critères de conception

La conception d'un système de traitement d'air demande de quantifier les émissions potentielles qui surviendraient sur une base annuelle si la station d'épuration était exploitée à sa capacité de conception en continu ainsi que les émissions réelles de chaque procédé (WEF et ASCE, 2018). Pour cela, il faut déterminer les sources des odeurs, les débits d'air, la charge de polluants odorants et les critères de performance (WEF et ASCE, 2018).

Le débit d'air dépend de la ventilation requise (voir section 18.2.1.1). La charge maximale en polluant conditionne la taille du système de traitement d'air (WEF et ASCE, 2018).

Un système de traitement d'odeur vise l'enlèvement d'un polluant ou d'un groupe de polluants en particulier. Si plusieurs polluants aux caractéristiques différentes sont présents dans l'air, il peut être requis d'installer un système multiétage (WEF et ASCE, 2018). Il est donc important de connaître la composition de l'air à traiter d'un point de vue chimique et olfactif.

18.2.2.3 Types de traitement de l'air

Les systèmes de traitement de l'air sont fournis par divers manufacturiers, et leurs composants sont souvent brevetés. Ils peuvent être de type biologique (biofiltration) ou physicochimique (filtration sur charbon activé, lavage avec absorbeur-neutraliseur [*scrubber*]).

Les traitements biologiques présentent comme avantages d'être plus efficaces, de nécessiter moins de contrôles opérationnels et d'éviter l'usage de produits chimiques dangereux (WEF et ASCE, 2018). Pour leur part, les traitements physicochimiques sont généralement plus simples à mettre en œuvre et leur performance est plus facilement prévisible.

18.3 Instrumentation et contrôle

L'instrumentation, l'automatisation et les systèmes de contrôle des stations d'épuration se sont développés en même temps que la mise en œuvre de technologies mécanisées qui permettent d'obtenir un effluent de meilleure qualité. Il s'agit d'un moyen d'obtenir de l'information sur des variables (p. ex. température, pression, débit) et de fournir un contrôle automatisé selon les points de consigne désirés (WEF, 1996). Les technologies passives (étangs, marais artificiels, filtres granulaires intermittents et champs d'épuration) requièrent moins d'instrumentation que les systèmes mécanisés étant donné que les interventions de contrôle sur le procédé restent limitées.

Les besoins en instrumentation varient d'une station d'épuration à l'autre en fonction des besoins de l'exploitant et des bénéfices procurés. Pour un même procédé (qu'il soit mécanisé ou passif), le degré d'instrumentation et de contrôle peut varier selon les objectifs du projet. Les bénéfices d'un suivi et d'un contrôle en temps réel sont notamment les suivants (WEF, 1996; Qasim et Zhu, 2018 ; WEF, 2006) :

- L'amélioration de la performance et de la fiabilité des procédés.
- La possibilité de réaliser des économies sur les ressources consommables (p. ex. électricité, produits chimiques) ou le personnel requis sans modifier la qualité de l'effluent.
- L'amélioration de la santé et sécurité des opérateurs.
- Une meilleure acquisition des données procurant une vue plus détaillée des performances des procédés.
- Une réduction de certaines tâches d'exploitation.
- L'exécution automatique de mesures correctives.
- Une plus grande tranquillité d'esprit.
- Une surveillance et un diagnostic à distance.

En contrepartie, l'instrumentation et les systèmes de contrôle peuvent présenter des coûts d'achat plutôt élevés (WEF, 1996) et ils requièrent des connaissances et des compétences appropriées de la part des opérateurs. Leur implantation peut donc changer la structure organisationnelle du personnel de la station d'épuration (WEF, 1996). De plus, les équipements d'instrumentation devraient être sélectionnés, installés et entretenus avec la même attention que n'importe quel autre équipement de la station (WEF, 1996). L'installation de ce type d'équipements devrait être faite selon les recommandations des fabricants et de façon à être facilement accessibles pour l'entretien (WEF, 2006).

Les besoins en instrumentation et contrôle devraient être établis en se basant sur :

- la complexité du procédé ;
- la disponibilité des opérateurs ;
- les besoins de surveillance et de contrôle à distance ;
- les contraintes imposées par les normes de santé et sécurité et les normes environnementales.

18.3.1 Types d'instrumentation et de système de contrôle

L'instrumentation et les systèmes de contrôle regroupent tous les équipements permettant :

- le suivi de la qualité des eaux ou des boues (débits, concentrations, pH, etc.) ;
- le suivi des conditions du procédé (concentration d'oxygène dissous, pression, débit d'air, etc.) ;
- le contrôle des procédés (panneau de contrôle, intégrateurs de signal, automates, variateurs de vitesse, actionneurs de vannes, etc.).

On compte trois principaux groupes d'équipements d'instrumentation et de contrôle :

- **les instruments de lecture**

Les instruments de lecture mesurent le paramètre suivi et transforment l'information en un signal pouvant être lu par le contrôleur.

Le paramètre suivi peut être de trois types :

- de statut ou de position (p. ex. vanne ouverte ou fermée, équipement en marche ou à l'arrêt, en mode manuel ou automatique) ;
- physique (débit, niveau, pression, vitesse, etc.) ;
- analytique (pH, turbidité, etc.).

Les paramètres physiques et analytiques permettent de contrôler certaines fonctions automatisées, de vérifier la performance des procédés et de produire un historique de données.

Les instruments de lecture peuvent être de type interrupteur, c'est-à-dire « tout ou rien » (p. ex. flottes), ou de type analogique (« en continu »). Un signal proportionnel à l'état du système (p. ex. pourcentage d'ouverture, pression, pH, etc.) est envoyé directement par l'instrument lorsque celui-ci est de type « capteur intégré » ou par un transmetteur auquel il est relié. Divers protocoles de communication existent (Ethernet, Profibus, Modbus, Hart, etc.). Il s'agit de divers langages utilisés par les instruments de contrôle.

- **les contrôleurs**

Les contrôleurs servent à comparer la valeur de l'instrument de lecture obtenue avec le point de consigne désiré. Ils permettent ensuite de corriger le signal de consigne transmis vers l'élément final à l'aide d'une logique de contrôle. Ils sont composés de plusieurs éléments.

Les panneaux de contrôle reçoivent les signaux transmis par les capteurs et affichent l'information traitée par le microprocesseur. Ils servent de points de contrôle (p. ex. lumière, alarme, boutons-poussoirs) et peuvent déclencher une alarme en cas de surcharge ou si les conditions deviennent dangereuses. Il en existe divers types, dont les panneaux de contrôle local (PCL) des composants associés à chacun des équipements et les panneaux de contrôle centralisé (PCC) comme les centres de contrôle de moteurs (CCM) qui regroupent l'alimentation, les variateurs et les démarreurs de moteurs.

Les microprocesseurs et les ordinateurs (CLP pour « contrôleur à logique programmée » ou [PLC pour *programmable logic controllers* en anglais]) abritent les logiques de contrôle et permettent aux opérateurs de les reprogrammer au besoin. Ils peuvent traiter un signal reçu selon une logique programmée et transmettre le signal de sortie à divers systèmes de contrôle. Ils sont intégrés aux panneaux de contrôle locaux ou centralisés selon la complexité du système et des besoins.

- **les éléments de contrôle final**

Les éléments de contrôle final reçoivent le signal du contrôleur et s'ajustent en conséquence aux consignes reçues (p. ex. actuateur, variateur de fréquence, relais, pompes, volets). Des points de contrôle manuel avec cadenassage devraient toutefois être installés à proximité de chaque équipement.

18.3.2 Types de signal

Les signaux sont transmis à l'aide de câblages électriques ou sans fil (ondes radio ou cellulaire) :

- de façon analogique (signal continu proportionnel à l'intensité du courant) ;
- de façon numérique (code binaire) ;
- par impulsion.

Les signaux analogiques 4-20 mA sont devenus la norme en Amérique du Nord. Ils demandent une faible tension (0 à 10 V) et un faible courant électrique, ils sont peu touchés par la longueur des câbles de transmission et ils acheminent des réponses instantanées. Cependant, chaque signal analogique ne peut transmettre qu'une valeur par instrument de mesure (WEF et ASCE, 2018).

Les signaux numériques peuvent transmettre une grande quantité de données très rapidement. Ils permettent de simplifier la conception et d'utiliser moins de matériel puisque plusieurs appareils se retrouvent sur le même réseau (WEF et ASCE, 2018).

La transmission sans fil permet d'envoyer des informations entre deux points très éloignés.

18.3.3 Types de logique de contrôle automatisé

On compte trois types de logique de contrôle automatisé, soit par rétroaction, par prévision ou composée. Le contrôle composé consiste en la combinaison des contrôles par rétroaction et prévision. La logique de contrôle se base sur le signal reçu, le différentiel entre le signal et une valeur de consigne, la dérivée du signal reçu, ou encore le différentiel entre les signaux amont et aval ou leur dérivée. En bref, plusieurs logiques de contrôle peuvent être utilisées pour optimiser une fonction de contrôle.

18.3.3.1 Contrôle par rétroaction

Dans le cas d'un contrôle par rétroaction, un panneau de contrôle reçoit une information provenant d'un capteur placé à la sortie du procédé et la compare avec une donnée de contrôle préprogrammée ou fixée par l'opérateur comme il est montré à la Figure 18.3.3-1. Le signal de consigne est déterminé par une conversion numérique proportionnelle ou « proportionnelle intégrée dérivée (PID) » du rétrosignal selon les objectifs de contrôle. Il s'agit de la méthode la plus simple pour automatiser un procédé (WEF, 1996). Cependant, un délai reporte l'observation de l'effet de la rétroaction sur la variable suivie selon les caractéristiques du système et du procédé. Cela peut produire des oscillations de la variable mesurée à l'effluent. Si le délai dépasse 30 minutes, il se peut que cette méthode d'automatisation utilisée seule soit inadéquate (WEF, 1996).

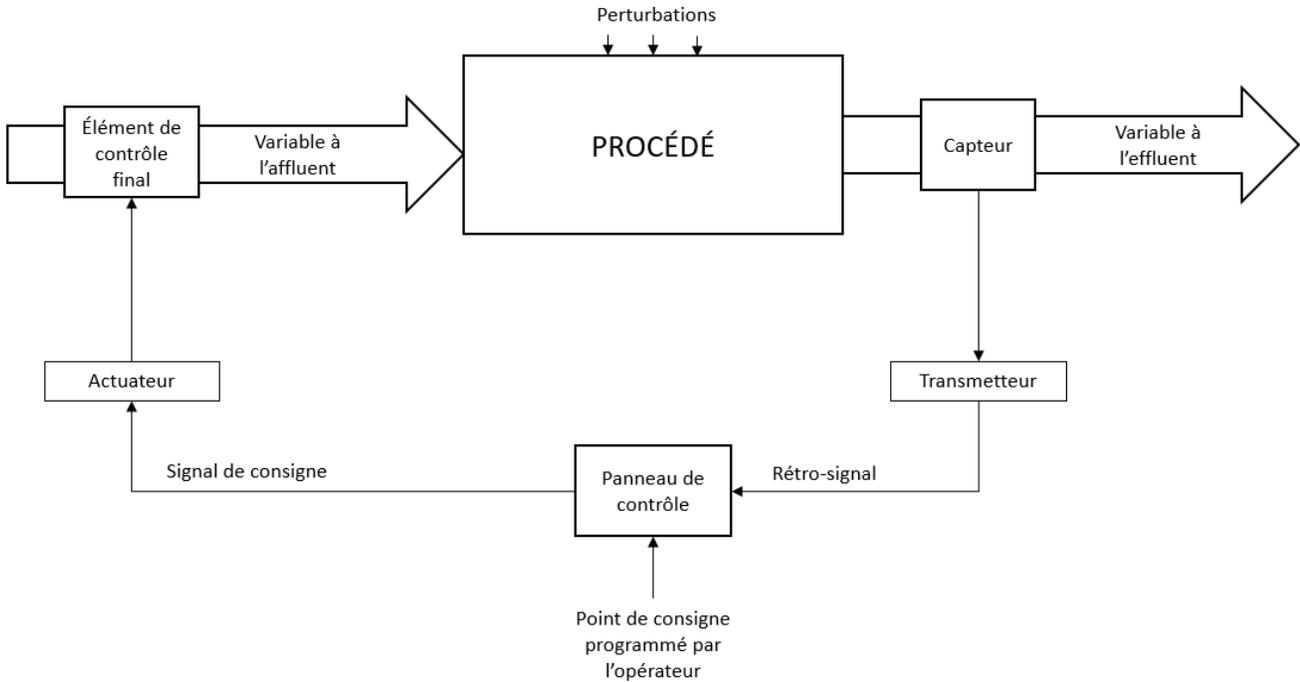


Figure 18.3.3-1 – Schéma d'un contrôle par rétroaction
Traduite de WEF (1996)

18.3.3.2 Contrôle par prévision

La méthode de contrôle par prévision utilise les données d'intrants à l'affluent pour ajuster la performance du procédé en modulant des variables contrôlables (WEF, 1996) comme le montre la Figure 18.3.4-1. Cette méthode est typiquement utilisée pour le contrôle automatisé du dosage d'un produit chimique en fonction du débit d'affluent (Qasim et Zhu, 2018).

18.3.4 Systèmes d'acquisition de données

Les systèmes d'acquisition de données (ou SCADA pour *supervisory control and data acquisition system*) permettent de collecter, formater, afficher, enregistrer et traiter une grande quantité de données. Ils sont utilisés pour suivre et contrôler les réseaux d'égouts et les stations d'épuration.

Les SCADA permettent notamment de corriger des procédés pour optimiser leur fonctionnement. Ils peuvent également servir à programmer le calendrier d'entretien des équipements lorsqu'ils enregistrent leur temps de fonctionnement (Qasim et Zhu, 2018).

Les systèmes SCADA peuvent enfin alimenter divers logiciels de contrôle et systèmes intelligents (Therrien et collab., 2020).

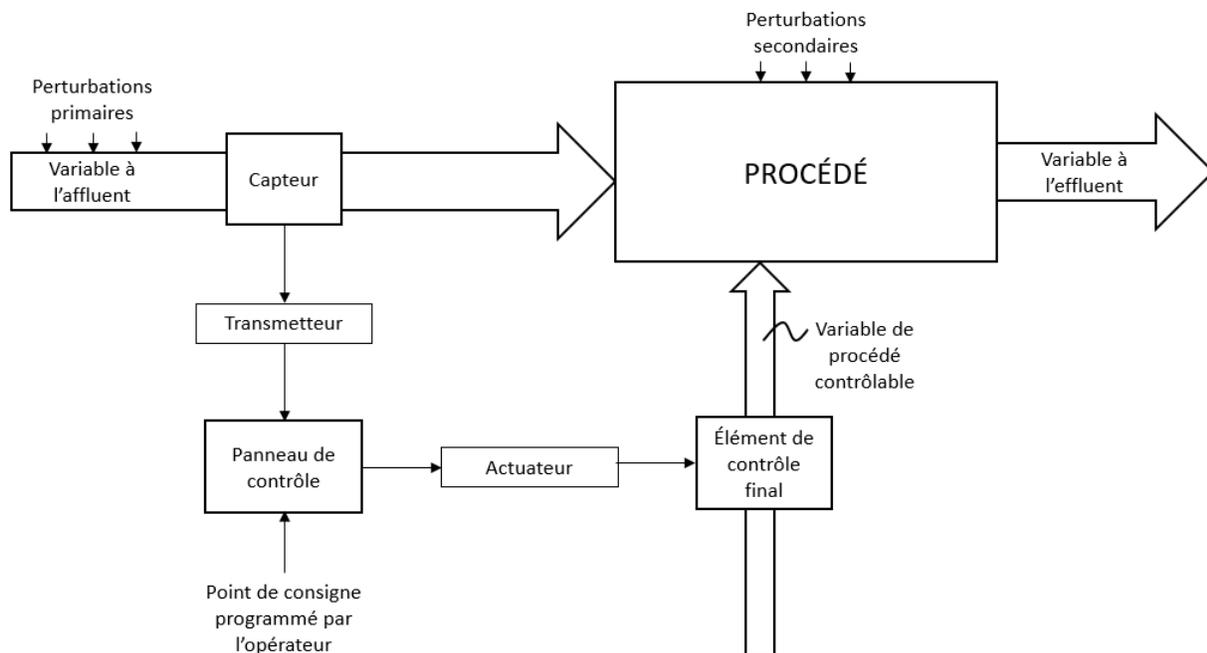


Figure 18.3.4-1 – Schéma d'un contrôle par prévision
Traduite de WEF (1996)

18.3.5 Schéma de procédé et d'instrumentation (P et I)

Le schéma de procédé et d'instrumentation (P et I) est une présentation abstraite des procédés de traitement, des interconnexions entre les unités, des équipements d'instrumentation et de contrôle et des boucles de contrôle (WEF, 2006). Il permet de comprendre comment le procédé sera suivi et contrôlé (WEF, 2006).

Le P et I est adapté du schéma de procédé élaboré à la première étape de conception (WEF, 2006). Il s'en distingue par une présentation plus précise du positionnement des équipements les uns par rapport aux autres, y compris leur montage, et par l'ajout des éléments de contrôle. Il peut aussi indiquer les instruments, leur numéro d'identification, leur fonction (indication, transmission, enregistrement, régulation), les liens entre chacun d'eux, les états par défaut (p. ex. lors d'une panne de courant), la propriété mesurée, etc.

Une approche répandue consiste à utiliser le schéma de procédé et d'instrumentation (P et I) pour concevoir le système électrique. Dans ce cas, on produit un P et I détaillé qui inclut les raccordements des instruments (électricité avec tension et type de courant, air comprimé, etc.), les panneaux de contrôle, les CCM, les variateurs de fréquence, les besoins et la distribution électriques (WEF, 2006). Le P et I peut également servir de base pour concevoir le réseau de conduites.

En général, les symboles utilisés dans ce type de schéma sont basés sur ceux de l'International Society of Automation (ANSI/ISA-5.1-2009), de l'Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) et de la National Electrical Manufacturers' Association (NEMA), souvent disponibles dans les bibliothèques de CAD (Qasim et Zhu, 2018; WEF, 2006). Quelques exemples de symboles courants sont présentés au Tableau 18.3.6-1.

Les documents suivants accompagnent généralement le P et I :

- La liste des instruments.
- La liste des entrées/sorties qui décrit chaque point d'entrée et de sortie d'un signal et indique son type, le PLC ou processeur associé et les unités de mesure.
- La liste des panneaux de contrôle.
- La liste des câbles et conduits.
- Les descriptions fonctionnelles qui détaillent les stratégies de contrôle (équations, hiérarchie et type de contrôle, signaux d'entrée/sortie associés, etc.) et les séquences d'événements pour utiliser tous les équipements d'instrumentation et de contrôle automatiquement et manuellement.

18.3.6 Cybersécurité

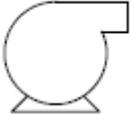
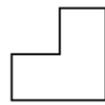
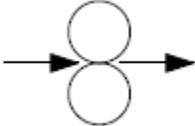
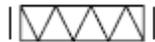
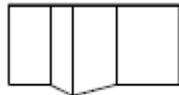
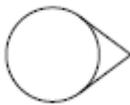
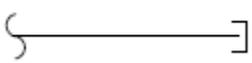
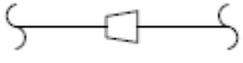
Les erreurs d'un opérateur ou d'un entrepreneur, les attaques externes et les incidents environnementaux (inondation, incendie, etc.) constituent des menaces de cybersécurité. Ces menaces peuvent causer la perte du contrôle ou du suivi de la station d'épuration, l'exploitation inadéquate des procédés, voire l'impossibilité de remettre un système en marche après un défaut d'équipement (WEF et ASCE, 2018).

Il est recommandé d'utiliser des pare-feux pour restreindre le flux depuis ou vers un réseau informatique ou une partie de celui-ci. L'utilisation de deux pare-feux permet de créer une zone de séparation entre le système de contrôle et l'environnement de travail (zone démilitarisée, DMZ) pour assurer qu'il n'y a aucune communication directe entre les deux. Des architectures de réseau plus complexes peuvent aussi permettre d'en isoler certaines parties (WEF et ASCE, 2018).

Une saine exploitation et gestion du réseau est cruciale pour prévenir les brèches de cybersécurité. Il est recommandé de restreindre les accès, de maintenir les systèmes antivirus ou de détection d'intrusions (IDS) à jour, de changer régulièrement les mots de passe, de limiter la connexion de clés USB, de réaliser fréquemment des sauvegardes, etc. (WEF et ASCE, 2018).

Si le défaut d'un appareil informatique ou d'un logiciel ne peut être toléré en raison de ses répercussions sur l'exploitation de la filière de traitement, une redondance est requise (WEF et ASCE, 2018). Dans tous les cas, il convient de réaliser une analyse de fiabilité (voir chapitre 2).

Tableau 18.3.6-1 – Exemples de symboles utilisés dans un P et I

POMPES			
			
Pompe centrifuge	Pompe à lobe	Pompe doseuse	Pompe rotative
ÉQUIPEMENTS			
			
Agitateur	Mélangeur statique	Colonne de calibration	Évent
ROBINETTERIE			
			
Robinet à bille	Robinet à soupape	Soupape de relâche de pression	Robinet de maintien de la pression
ACTIONNEURS			
			
Actionneur motorisé électrique	Actionneur à solénoïde	Actionneur à membrane à simple action	Actionneur pneumatique
ÉLÉMENTS DE MESURE			
			
Débitmètre magnétique	Tube venturi	Canal Parshall	Rotamètre
DIVERS			
			
Bouchons	Réducteur	Joint flexible	Trop-plein

18.4 Aménagements

18.4.1 Rayon de protection

Le maintien d'un rayon de protection autour d'une station d'épuration permet de créer une zone tampon qui atténue l'intensité des odeurs, du bruit et de la lumière perçus par le voisinage (WEF et ASCE, 2018) ainsi que la concentration de bioaérosols dans l'air (voir section 18.6.1). Les caractéristiques du milieu environnant peuvent atténuer naturellement ces problématiques (présence de boisés, de collines, etc.). Il n'existe pas de norme réglementaire pour l'ensemble du Québec concernant la distance minimale à maintenir entre l'installation de traitement des eaux usées et un bâtiment voisin. Le concepteur devrait consulter la municipalité où se trouve la station d'épuration afin de vérifier si un règlement, une directive, un plan d'urbanisme (schéma d'aménagement et de développement du territoire) ou autre fournirait des indications à cet effet.

À noter que selon les définitions données à l'article 1 de la LQE, un son, une odeur, un microorganisme ou une matière gazeuse sont des contaminants. Ainsi, les émissions d'odeurs, de bioaérosols et de bruits dans l'environnement doivent être gérées conformément à la LQE, comme la présence de tout autre contaminant. Des mesures d'atténuation peuvent être exigées pour éviter que les installations de traitement des eaux usées portent atteinte à la santé, à la sécurité, au bien-être et au confort des êtres humains.

Diverses stratégies de gestion des odeurs peuvent être mises en œuvre (voir section 18.2) pour limiter leur perception par le voisinage ou réduire le rayon de protection. On peut mener des études de dispersion atmosphérique (voir section 18.2.1.3). Diverses mesures pour minimiser la propagation des bioaérosols sont par ailleurs présentées à la section 18.6.1. Concernant le son, il est possible de réaliser une étude pour déterminer le bruit ambiant avant l'implantation de la station d'épuration. Il est reconnu qu'une augmentation du bruit de 3 dBA a des effets limités sur la qualité de vie du voisinage, que les effets sont modérés de 3 à 15 dBA et qu'une augmentation supérieure à 15 dBA a des conséquences sévères (NCEES, 2005, cité par WEF et ASCE, 2018).

Les gouvernements de l'Alberta et de l'Ontario suggèrent les rayons de protection indiqués au Tableau 18.4.1-1 pour limiter le désagrément à la population causé par les odeurs pouvant se dégager des stations d'épuration de type mécanisé ou étangs aérés. À titre de rappel, les étangs aérés construits suivant le Programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ) devaient respecter un rayon de protection minimal de 150 m.

Tableau 18.4.1-1 – Rayons de protection d'un procédé mécanisé ou d'étangs aérés

Distance minimale recommandée entre la zone de procédé et	
la limite du terrain de la station d'épuration	30 m
une route de campagne ou une voie ferrée	30 m
un axe routier principal ou secondaire	100 m
la limite de propriété d'une parcelle constructible ou construite*	
cas d'une station d'épuration desservant un développement privé ou ayant une capacité de traitement de moins de 500 m ³ /d	100 m
cas d'une station d'épuration ayant une capacité de traitement entre 500 m ³ /d et 25 000 m ³ /d	150 m
cas d'une station d'épuration ayant une capacité de traitement égale ou supérieure à 25 000 m ³ /d	> 150 m

* Usage résidentiel, école, hôpital, industrie alimentaire

Sources : Gouvernement de l'Alberta (2013) et MOE (2008).

Les rayons de protection présentés au Tableau 18.4.1-1 peuvent aussi s'appliquer aux marais artificiels et aux filtres granulaires intermittents. La localisation d'un élément épurateur est abordée au chapitre 6 (section 6.3.12).

Étant donné qu'il n'est pas possible de maîtriser l'apport d'oxygène dans les étangs non aérés et que de fortes odeurs peuvent s'en dégager à certaines périodes de l'année, ce type de lagune est généralement situé plus loin des résidences que les étangs aérés. Les distances minimales recommandées par rapport au bâtiment voisin le plus proche peuvent aller jusqu'à 600 m pour des installations municipales plus importantes. La US EPA (2011) recommande typiquement une distance de 400 m avec les habitations. À titre de rappel, les étangs non aérés construits dans le cadre du PAEQ devaient respecter un rayon de protection minimal de 450 m.

Les recommandations portant sur les rayons de protection ont pour but de protéger les citoyens et d'éviter aux municipalités de recevoir des plaintes récurrentes concernant les mauvaises odeurs. On devrait éviter tout développement à l'intérieur du rayon de protection d'une station d'épuration. Si un tel développement est envisagé, on devrait réaliser une évaluation rigoureuse des impacts, incluant une étude de dispersion atmosphérique des odeurs ainsi qu'une étude prédictive des niveaux sonores pour établir les mesures de mitigation à mettre en place. On devrait démontrer que les mesures d'atténuation prévues (comme le recouvrement de la station et l'installation d'un système de traitement des odeurs) sont suffisantes pour prévenir toute nuisance concernant les odeurs, les bioaérosols et le bruit.

18.4.2 Confinement des ouvrages

Les procédés de traitement des eaux usées dégagent une certaine quantité d'odeurs, de gaz toxiques/corrosifs et de bioaérosols. Les ouvrages et équipements installés dans des bâtiments fermés contaminent la salle dans laquelle ils sont situés ainsi que potentiellement les salles environnantes. Elles devraient donc toutes être ventilées. Dans le cas des ouvrages extérieurs, le dégagement se fait dans l'air ambiant extérieur, qui n'est ni capté ni traité.

Selon l'emplacement de la station d'épuration, il peut être nécessaire de confiner les procédés pour limiter la propagation d'odeurs et de bioaérosols. Le confinement des procédés consiste à restreindre l'espace d'air au-dessus des surfaces d'émission. Le confinement des équipements intérieurs offre l'avantage de capter à la source les bioaérosols, les odeurs et les gaz, ce qui réduit la quantité d'air à traiter. En revanche, le confinement d'un ouvrage extérieur nécessite l'ajout d'un système de captage et de traitement de l'air vicié.

Plusieurs types de structures de confinement existent et s'installent au-dessus de l'ouvrage à couvrir tels que les couverts plats, les structures en arche (de type demi-tonneau) ainsi que les dômes. Il est également possible pour les équipements intérieurs de créer une chambre de confinement autour de ceux-ci (WEF et ASCE, 2018).

Les couverts plats offrent le plus petit volume d'air à traiter puisqu'ils limitent au maximum l'espace libre au-dessus de la surface de l'eau. Il est par ailleurs possible de ne réaliser qu'une couverture partielle de l'ouvrage (p. ex. canal, décanteur) pour protéger la zone la plus critique de celui-ci. L'inconvénient de ce type de structure est qu'elle cache la surface de l'eau alors que les opérateurs pourraient parfois constater un problème de traitement en fonction de l'apparence des eaux dans le procédé (WEF et ASCE, 2018).

Les structures en arche permettent de couvrir des ouvrages étroits. La hauteur de l'arche dépend entre autres du dégagement désiré, des besoins structuraux et de l'esthétique recherchée. Des fenêtres et trappes d'accès peuvent être installées le long de la structure et à ses extrémités, ce qui permet de voir sans interruption la surface de l'eau. La conception du couvert devrait aussi prendre en compte la lumière et le brouillard pouvant se créer dans l'enceinte. Ce type de confinement est généralement retirable par section (WEF et ASCE, 2018).

Les dômes sont de grandes structures qui recouvrent les bassins circulaires. Ils sont équipés d'une porte d'accès et l'intérieur du dôme est considéré comme une zone de travail (WEF et ASCE, 2018).

En matière de protection contre les bioaérosols, le confinement a pour objectif de réduire la distance que les gouttelettes peuvent parcourir. Un couvert formant une barrière physique le plus près possible du niveau de l'eau est donc préférable. La simple pose d'un tapis caoutchouté antidérapant sur un caillebotis constitue une barrière physique facile à mettre en place dans une zone de travail fermée (APSAM, 2014). Cette stratégie combinée à une extraction de l'air sous le caillebotis a permis de réduire respectivement de 80 % et 70 % la teneur en bactéries cultivables (UFC/m³) et totales (génom/m³) dans l'air ambiant de la salle de dessablage de la station d'épuration de Repentigny (Asselin, 2020). Si une telle stratégie est mise en place, il est recommandé d'inspecter le caillebotis régulièrement, car ce dernier est sujet à la corrosion en présence de H₂S.

On choisit le type de couvert à la lumière des considérations suivantes (WEF et ASCE, 2018) :

- Les conditions climatiques (p. ex. gel et charges de neige).
- La sécurité des opérateurs (p. ex. fréquence d'accès à l'ouvrage requise, création d'un espace clos).
- La facilité de construction.
- La facilité d'exploitation et d'entretien.
- L'efficacité de confinement.
- La durabilité du couvert (choix des matériaux).
- Le coût d'exploitation (débit d'air à traiter).
- L'esthétique (pour le voisinage).

Il est préférable de prévoir les supports des couverts à l'extérieur de l'enceinte de confinement pour ne pas les exposer à des atmosphères corrosives (WEF et ASCE, 2018) ou d'envisager des structures en fibre de verre.

On devrait prévoir des accès pour l'observation et l'échantillonnage des eaux usées ainsi que des équipements permettant de retirer le couvert et d'entrer de façon sécuritaire à l'intérieur de l'ouvrage au besoin (WEF et ASCE, 2018).

18.4.3 Clôtures

Les stations d'épuration devraient être entourées d'une clôture servant à limiter l'accès aux ouvrages de traitement des eaux usées. Il s'agit généralement d'une clôture à mailles de chaîne d'une hauteur de 1,8 m. La barrière devrait être cadenassée. On devrait installer des panneaux d'avertissement indiquant la nature des installations et interdisant l'accès.

18.4.4 Accès aux ouvrages et aires de circulation

La circulation de camions sur le site d'une station d'épuration est plus ou moins fréquente selon le type de traitement et la taille de la station. Cette circulation peut résulter :

- de la livraison de produits chimiques ;
- de la vidange de boues de fosses septiques ou autres ;
- du pompage de boues liquides ;
- de la disposition de boues déshydratées ou séchées ou de cendres ;
- de la disposition de déchets de grilles et de sables ;

- de travaux de différente nature.

Par ailleurs, la circulation de véhicules plus légers autour des ouvrages d'épuration est fréquente pour le déplacement des opérateurs (tâches d'entretien, échantillonnage de l'effluent, etc.). En hiver, des véhicules de déneigements devraient également pouvoir y circuler.

La structure de voirie devrait être en mesure de supporter les charges de roulement des véhicules. On devrait prévoir un retrait sécuritaire par rapport aux ouvrages (notamment les étangs). Des routes principales et de service de respectivement 6 m et 4,9 m de large sont généralement adéquates. Une largeur minimale de 3,6 m est recommandée pour une voie à sens unique (WEF et ASCE, 2018). Il est préférable d'éviter que les pentes des chemins empruntés par les camions dépassent 7 % en raison de leur plus grande difficulté à les gravir, surtout en hiver (WEF et ASCE, 2018).

Le chemin d'accès et les aires de circulation autour des bâtiments devraient permettre à tout véhicule de circuler en marche avant, aussi bien à l'aller qu'au retour, ainsi que de sortir et de s'engager sur la voie publique en marche avant. Les voies de circulation devraient être conçues en considérant les rayons de braquage des véhicules. On devrait également prévoir l'espace nécessaire pour que les camions puissent faire demi-tour. L'aménagement d'une boucle ceinturant le site ainsi que d'une entrée et d'une sortie distinctes facilitera la circulation des camions. On recommande la mise en place d'un triangle de visibilité d'au moins 8 m de côté à chaque intersection et zone de livraison (WEF et ASCE, 2018).

On devrait prévoir des places de stationnement pour le personnel de la station d'épuration et les visiteurs, près des locaux administratifs.

On peut relier par des tunnels les différents bâtiments des grandes et très grandes stations. Ceux-ci peuvent servir de galeries pour les conduites d'eau, les conduits électriques, les câbles d'instrumentation et, potentiellement, de zones de circulation. Ces tunnels devraient être pourvus d'éclairage, de chauffage et de ventilation adéquats ainsi que de sorties de secours (WEF et ASCE, 2018).

18.4.5 Bâtiments

Comme tout autre bâtiment, ceux d'une station d'épuration devraient respecter le Code national du bâtiment (CNB).

18.4.5.1 Raccordement aux services publics

Les stations d'épuration devraient être dotées de services d'eau et raccordées au réseau de distribution d'électricité ainsi qu'au besoin aux services Internet et téléphoniques (WEF et ASCE, 2018). L'accès à un réseau de distribution de gaz naturel peut être avantageux pour certains besoins spécifiques tel le chauffage des bâtiments. En outre, dans le cas d'installations de biométhanisation (digestion anaérobie) de grande capacité, la proximité d'un réseau de distribution de gaz naturel permet d'envisager l'injection de biométhane (biogaz purifié) dans le réseau. Si la station n'est pas raccordée au réseau d'aqueduc, on peut produire de l'eau potable sur place à partir d'une installation de prélèvement d'eau souterraine.

Il est possible d'utiliser de l'eau de procédé (effluent traité et désinfecté) à titre d'eau de service (p. ex. production de polymère, scellement des pompes, rinçage de tuyauterie, dilution de boues ou de sables, systèmes de refroidissement, nettoyage d'équipements de procédé) plutôt que d'utiliser de l'eau potable (WEF et ASCE, 2018). Il est préférable alors que le système de distribution d'eau de service ne soit pas raccordé au réseau d'eau potable, autrement il faudra installer un dispositif anti-refoulement.

18.4.5.2 Emplacement des locaux dans l'enceinte du site

La station d'épuration peut comporter plusieurs bâtiments ou sections. Le Tableau 18.4.5-1 indique les recommandations d'emplacement de certains locaux et étapes de traitement.

Tableau 18.4.5-1 – Recommandations d’emplacement de certains locaux et étapes de traitement

Local ou étape de traitement	Emplacement recommandé	Avantage	Considérations
Locaux administratifs	périphérique	limiter la circulation de véhicules à l’intérieur du site	s. o.
Laboratoire			
Atelier	intérieur central	faciliter la logistique	prévoir les accès pour recevoir et déplacer les équipements lourds et les pièces de rechange
Traitement tertiaire peu odorant	intérieur ou périphérique	s. o.	s. o.
Désinfection UV			
Traitement des solides odorants	intérieur ou dans une zone périphérique loin du voisinage	limiter la perception des odeurs	s. o.
Chargement des solides (refus de grilles, sables, boues, cendres)	périphérique	limiter la circulation de camions à l’intérieur du site	limiter le risque d’odeurs
Gestion des produits chimiques	équilibre à trouver par rapport aux considérations	s. o.	limiter la circulation de camions à l’intérieur du site et rester à proximité du point de dosage

Source : WEF et ASCE, 2018.

L’arrangement des procédés de la filière liquide devrait suivre l’écoulement de l’eau. Il est recommandé de regrouper les ouvrages et équipements similaires pour faciliter l’exploitation, minimiser les longueurs de conduites et permettre un agrandissement futur (WEF et ASCE, 2018).

18.4.5.3 Locaux administratifs

Les locaux administratifs devraient répondre aux besoins du personnel de supervision, d’exploitation et d’entretien. On peut inclure un laboratoire (voir section 18.5.2).

Lorsque le personnel est présent à la station d’épuration huit heures d’affilée ou plus, on devrait disposer des installations suivantes (MOE, 2008) :

- Vestiaires.

Ils devraient comporter des casiers individuels pour chaque opérateur et un nombre suffisant de toilettes, douches et lavabos. Un vestibule pour l’enlèvement et le rangement des vêtements de travail (bottes, vestes, gants) devrait être aménagé avant les vestiaires. Sa localisation devrait permettre aux opérateurs d’accéder directement aux espaces de travail sans passer par les bureaux administratifs.

- Salle à manger.

- Salle(s) de réunion.
- Bureau(x) du (des) superviseur(s).

Les stations où la présence des opérateurs est inférieure à huit heures par jour devraient avoir minimalement une salle de bain avec toilette et lavabo ainsi qu'une salle distincte (administration et autre) (MOE, 2008).

18.4.5.4 Drainage

Les drains des garages devraient être pourvus d'un séparateur d'huile pour éviter l'écoulement d'huile vers les unités de traitement de la station d'épuration (WEF et ASCE, 2018).

Les drains d'équipement ou de plancher situés au sous-sol devraient être raccordés gravitairement à un puisard muni d'une pompe submersible qui relève les eaux drainées vers le réseau domestique. La pompe de puisard devrait préférablement être de type dilacératrice. Le concepteur de la plomberie devrait être impliqué dès le début, car l'emplacement des drains impose les pentes minimales des planchers qui sont ensuite prises en considération par le concepteur en structure (WEF et ASCE, 2018).

18.4.5.5 Manipulation des bennes

Lorsque les bennes à déchets ne sont pas sur roulettes et glissent sur des rails à l'intérieur du bâtiment, il est recommandé de prévoir une dalle de béton à l'extérieur du bâtiment à l'endroit où les camions manipulent les bennes pour ne pas abîmer l'asphalte.

18.4.6 Matériaux et corrosion

Les panneaux électriques et d'instrumentation contiennent les commutateurs, les contrôleurs et d'autres appareillages électriques ou électroniques. Le Tableau 18.4.6-1 présente les classes établies par la National Electrical Manufacturers' Association (NEMA) qu'il faut respecter selon l'environnement auquel sera soumis le panneau. On y présente uniquement les classes les plus courantes dans les stations d'épuration. Il est important que les boîtiers soient bien scellés et étanches, notamment à l'entrée et à la sortie des conduits (WEF et ASCE, 2018). Par ailleurs, la WEF et l'ASCE (2018) conseillent l'utilisation de boîtiers en polyester renforcé de fibre de verre (FRP) dans les zones exposées au chlore gazeux, au gaz sulfuré ou au gaz sulfurique. Dans ces cas, certains opérateurs ventilent les panneaux en pression positive.

Tableau 18.4.6-1 – Classes NEMA pour panneau électrique

Classe NEMA	Application
3R	Installation extérieure avec risques de pluie, de neige et de formation de glace sur le panneau
4	Installation intérieure ou extérieure avec risques de pluie, de neige, de poussière, d'éclaboussures ou de jets d'eau et de formation de glace sur le panneau
4X	Comme NEMA 4 + atmosphère corrosive
7	Installation intérieure dans des espaces Classe I Division 1 selon la classification du NFPA (correspond aux zones 0 selon la classification du CCÉ)
8	Installation intérieure ou extérieure dans des espaces Classe I Division 1 selon la classification du NFPA (correspond aux zones 0 selon la classification du CCÉ)

Les installations se trouvant dans une station d'épuration sont soumises à plusieurs mécanismes de corrosion en fonction de leur exposition au sol, à l'atmosphère et aux fluides (eaux usées, boues). Il est important de choisir et de protéger, si requis, les matériaux des équipements, ouvrages et conduites en fonction des conditions auxquelles ils seront exposés (température, humidité, acidité, etc.) pour en assurer la durabilité. Le Tableau 18.4.6-2 résume les comportements des matériaux généralement utilisés dans les stations d'épuration face à la corrosion.

Parmi les revêtements protecteurs, il y a entre autres les membranes thermoplastiques, plastiques, époxy et uréthanes ainsi que les résines polyester. Ils devraient être typiquement résistants à l'humidité, à la lumière du jour, au H₂S et aux produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées. L'application d'un revêtement protecteur contre l'abrasion ou les gaz corrosifs à l'intérieur des conduites peut, dans certains cas, être requise notamment lors du transport des suspensions sableuses (soutirage des dessableurs) ou dans les systèmes de ventilation.

Comme il est indiqué au Tableau 18.4.6-2, l'acier inoxydable est largement privilégié dans les installations de traitement des eaux usées en raison de sa très bonne résistance à la corrosion. Les classes d'acier inoxydable 304, 304L, 316 et 316L sont les plus répandues. Leur durée de vie utile est plus longue que celle de l'acier galvanisé (Euro Inox, 2010; Tuthill et Samb, 1998), elle peut atteindre 20 ans et plus dans les conditions de traitement des eaux usées (Tuthill et Samb, 1998). En raison de leur composition qui comprend une fraction de molybdène, les classes 316 et 316L ont une résistance encore plus grande à la corrosion locale. Elles sont préférables dans les conditions très agressives (p. ex. présence d'ozone ou d'ions chlorures) et offrent une sécurité supplémentaire lorsque des conditions inhabituelles surviennent (Tuthill et Samb, 1998; Euro Inox, 2010). L'acier inoxydable 304 est tout de même satisfaisant lorsque les concentrations d'ions chlorures sont inférieures à 200 mg/l (Euro Inox, 2010). Les classes d'acier inoxydable contenant moins de carbone (304L et 316L) sont souvent privilégiées dans les assemblages soudés, car elles sont résistantes à la corrosion intergranulaire sans traitement thermique supplémentaire (Tuthill et Samb, 1998; Euro Inox, 2010). Les soudures devraient cependant être passivées.

Le dépôt de boue sur ou dans les conduites ainsi que la stagnation des eaux peuvent favoriser la corrosion microbienne. C'est pourquoi il est conseillé de maintenir les boues et les eaux usées un minimum agitées. Les vitesses recommandées dans les conduites transportant des eaux usées ou des boues sont abordées respectivement aux chapitres 4 et 16 (à venir). La vidange et le nettoyage régulier des conduites sont également recommandés (Euro Inox, 2010).

Tableau 18.4.6-2 – Résistance des matériaux et recommandations d’installations selon l’exposition et l’utilisation

Matériau	Exposition			Utilisation
	Sol	Atmosphère	Fluide	
Béton	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne durabilité, peu touché par la corrosion électrolytique - Revêtement protecteur requis dans les sols acides 	<ul style="list-style-type: none"> - Portion située au-dessus de la ligne d’eau sujette à la corrosion induite par le H₂SO₄ formé biologiquement à partir du H₂S - Sélection du type de béton en fonction de la classe d’exposition selon la norme CSA A23.1:F19/CSA A23.2:F19 - Utilisation du béton nu (c.-à-d. non protégé) non recommandée en présence de H₂S (prétraitement, traitement primaire, filière solide) - Revêtement protecteur recommandé sur les parois submergées (surtout en cas de niveau d’eau variable) et au-dessus de la ligne d’eau pour une protection accrue - Bonne ventilation de l’ouvrage nécessaire surtout si celui-ci est couvert 		<p>Canaux, bassins, décanteurs, épaisseurs, réservoirs, fosses septiques, conduites, postes de pompage, etc.</p>
Acier et fonte	<ul style="list-style-type: none"> - Protection cathodique à appliquer, quel que soit le type de sol - Isolation électrique requise en présence de métaux dissemblables 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion rapide en présence de H₂S; un revêtement protecteur est requis. - Isolation électrique requise en présence de métaux dissemblables 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion plus sévère dans les zones d’éclaboussures (accentuée par l’oxygène atmosphérique) - Protection cathodique à appliquer en combinaison avec un revêtement protecteur - Isolation électrique requise en présence de métaux dissemblables 	<p>Conduites enfouies principalement. Pour celles non enfouies, on privilégie l’acier inoxydable.</p>
Acier inoxydable	<p>Installation enfouie non recommandée</p>	<p>Excellente résistance à la corrosion</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Résistant à la corrosion, surtout les classes austénitiques (série 300) - Protection cathodique possible pour éviter la corrosion par piqûres 	<p>Conduites de procédé intérieures et extérieures (air, boues, eaux usées), pièces et recouvrement d’équipements (déversoirs, vannes, etc.), équipements auxiliaires (escaliers, rampes, etc.)</p>

Sources : ASM (2006), WEF et ASCE (2018).

Tableau 18.3.6-2 (suite) – Résistance des matériaux et recommandations d’installations selon l’exposition et l’utilisation

Matériau	Sol	Exposition Atmosphère	Fluide	Utilisation
Aluminium	Installation enfouie non recommandée	<ul style="list-style-type: none"> - Excellente résistance aux sulfides présents dans l’air - Isolation électrique avec les autres métaux requise - Installation non recommandée si possible contact avec une base ou un acide fort 	Installation au contact de fluides non recommandée	<p>Composant des structures et des équipements intérieurs et extérieurs</p> <p>Utilisation d’aluminium anodisé dans les panneaux électriques</p>
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne durabilité dans les sols au pH neutre ayant une faible concentration d’ions agressifs (p. ex. sulfate, chlorure) - Isolation électrique avec les autres métaux requise - Séparation et isolation électrique des lignes d’eau chaude et froide 	<ul style="list-style-type: none"> - Excellente résistance à la corrosion atmosphérique sauf en présence de H₂S - Revêtement protecteur requis pour les éléments électriques (p. ex. boîtiers NEMA 4X) et bon scellement des conduits entrants 	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet à la corrosion - Risque de dissolution en présence d’ammoniac et de sulfides - Éviter son utilisation pour le transport des eaux usées recyclées contenant plus de 2 ppm de chlore. 	Conduite d’eau potable, composant des équipements électriques
Matériau non métallique (FRP, PVC, CPVC, polyéthylène, etc.)	Bonne durabilité dans les sols	Bonne résistance à la corrosion		Conduites et réservoirs de produits chimiques, équipements auxiliaires (p. ex. caillebotis) et réservoirs enfouis

Sources : ASM (2006); WEF et ASCE (2018).

18.5 Équipements d'échantillonnage, de laboratoire et d'exploitation

Le suivi des performances des ouvrages de la filière de traitement requiert des analyses d'échantillons représentatifs des eaux usées et possiblement des boues, ce qui permet aux opérateurs d'ajuster les consignes d'exploitation au besoin (p. ex. dosage de produits chimiques). Certaines tâches d'exploitation nécessitent par ailleurs des équipements spécifiques.

18.5.1 Échantillonnage

L'affluent et l'effluent des stations d'épuration doivent être échantillonnés aux fréquences prescrites par le programme de *Suivi d'exploitation des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (OMAEU)* (MELCC, 2019) ou le [Suivi environnemental des installations de traitement des eaux usées d'origine domestique](#), selon le cas.

Par ailleurs, pour suivre et ajuster le traitement, il est utile de prélever des échantillons interprocédés à l'intérieur des filières liquide et solide, notamment dans les stations mécanisées.

L'échantillonnage peut être instantané (échantillon ponctuel) ou composé (multiples échantillons prélevés proportionnellement au temps ou au débit) ainsi que manuel ou automatisé.

18.5.1.1 Point d'échantillonnage

Le point d'échantillonnage devrait permettre de prélever un échantillon le plus représentatif possible du liquide (eaux usées ou suspension boueuse). Pour cela, il est essentiel que le liquide soit bien mélangé (US EPA, 1989 ; MOE, 2008).

Pour les suspensions boueuses, il est préférable de faire le prélèvement au refoulement d'une pompe puisque l'écoulement y est turbulent (US EPA, 1989). Dans le but de faciliter ce prélèvement, il est utile de prévoir un robinet ou une vanne d'échantillonnage sur la conduite de refoulement. Si le prélèvement n'est possible qu'à distance de la pompe, il faut que la vitesse d'écoulement dans la conduite soit d'au moins 0,6 m/s pour éviter une stratification solide-liquide et des dépôts (US EPA, 1989). Les robinets d'échantillonnage devraient préférentiellement être installés sur le côté des conduites de procédé plutôt qu'au-dessus ou en dessous (US EPA, 1989). Il est également préférable d'éviter les coudes et les changements de direction. Les robinets d'échantillonnage et les vannes devraient avoir un diamètre d'au moins 40 mm (MOE, 2008).

Les installations nécessaires à l'échantillonnage instantané ou composé devraient être présentes pour faciliter le travail des opérateurs ou des sous-traitants. Le concepteur devrait notamment penser à l'aménagement :

- d'un regard d'échantillonnage de l'affluent pour les petites installations dont les bassins sont enfouis ou les stations sans poste de pompage ni prétraitement ;
- d'un regard d'échantillonnage de l'effluent ;
- de points d'échantillonnage pour les retours en tête de traitement, les boucles de recirculation et les conduites de boue ;
- de conduites et de pompes d'échantillonnage si requis.

Lorsqu'on prélève des échantillons composites, il faut prévoir les espaces et équipements requis pour l'installation d'un échantillonneur automatique près du point de prélèvement.

Les points de prélèvement devraient être accessibles en tout temps. S'ils sont situés en espace clos, il faut prévoir les espaces requis pour l'installation des équipements de sécurité ou les accès pour les secours d'urgence. Lorsque l'échantillonnage est difficile localement, l'installation d'une pompe d'échantillonnage (petite pompe de relèvement d'environ 1 HP) à l'emplacement du point de prélèvement permet de

transporter les eaux à analyser dans un endroit se prêtant mieux à l'installation d'un échantillonneur automatique (facile d'accès, à l'abri du froid, atmosphère moins corrosive). Un bac de transfert réceptionne alors les eaux pompées et sert de point de prélèvement pour l'échantillonneur. Par surverse, les eaux devraient retourner dans la filière de traitement à un endroit adéquat selon leur qualité. La durée de vie de l'échantillonneur est ainsi augmentée, et l'exploitation est grandement facilitée (cas des étangs). La vitesse d'écoulement dans les conduites de transfert devrait être suffisante pour éviter les dépôts ($> 0,6$ m/s) (MOE, 2008) de même que le mélange dans le bac de transfert.

18.5.1.2 Échantillonneurs

Les échantillonneurs automatiques peuvent prélever des eaux usées ainsi que des boues liquides. Au-delà d'une certaine siccité, les boues (p. ex. celles à consistance pâteuse ou les gâteaux de boue déshydratée) devraient être prélevées manuellement (US EPA, 1989).

Les échantillonneurs automatiques sont généralement munis d'un contrôleur, de bouteilles de prélèvement, d'une pompe péristaltique, d'un tuyau flexible, d'une crépine lestée avec un embout en acier inoxydable et d'un détecteur de liquide. Ils fonctionnent avec un courant de 110 V ou avec deux piles de 12 V rechargeables (avec chargeur et câble de manutention). Ils pèsent au plus 12 kg à vide et mesurent moins de 45 cm de diamètre. En raison des conditions requises pour la conservation des échantillons, l'échantillonneur devrait être réfrigéré.

La programmation de l'appareil inclut normalement un cycle de purge pour expulser toutes matières solides restantes dans la conduite d'échantillonnage et éviter ainsi la contamination du prochain échantillon (MOE, 2008). Elle comporte aussi un mode « étalonnage » permettant d'ajuster au besoin le volume d'eau pompée. La vitesse d'écoulement dans les conduites d'échantillonnage devrait être au minimum de 1 m/s (MOE, 2008).

18.5.2 Laboratoire

Lors de l'exploitation d'une station d'épuration, plusieurs mesures pourraient être effectuées sur place pour le suivi de la qualité de l'effluent, mais aussi pour vérifier les consignes de fonctionnement des procédés. En plus des équipements pour la mesure de la concentration d'oxygène dissous, du pH et des orthophosphates, d'autres équipements d'analyse peuvent être utiles à l'exploitation des installations. Le suivi et l'ajustement des procédés biologiques mécanisés, et des étapes physicochimiques notamment, peuvent nécessiter l'obtention rapide des caractéristiques des eaux usées ou des boues à certains points de la filière de traitement. Ces analyses devraient être effectuées par les opérateurs pour éviter les délais subis en passant par un laboratoire accrédité. Cela requiert la présence d'un laboratoire dans le bâtiment de service et des équipements propres à chaque paramètre analysé comme ceux décrits dans les méthodes du CEAEQ² ou du *Standard Methods*. Il faut donc déterminer les analyses que les opérateurs pourraient être amenés à effectuer régulièrement (p. ex. DCO, MES, IVB) pour prévoir les installations de laboratoire nécessaires lors de la conception.

Les équipements de laboratoire minimalement requis pour les stations d'épuration sont :

- un oxymètre portatif pour les traitements biologiques aérés artificiellement ;
- un pH-mètre ;
- un réfrigérateur ;
- un thermomètre de poche ;

² https://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/methode_index.htm

- de la verrerie :
 - un seau gradué en polyéthylène, d'une capacité de 10 L avec un large bec verseur ;
 - une tige d'agitation manuelle en polypropylène d'une longueur minimale de 25 cm avec pales ;
 - deux béchers en polypropylène d'une capacité de 250 ml ;
 - deux cylindres gradués en polypropylène d'une capacité de 250 ml ;
 - un goupillon pour cylindre gradué de 250 ml ;
 - six bouteilles à col large en polyéthylène d'une capacité de 1 000 ml avec bouchon ;
 - une pissette (flacon laveur) en polyéthylène d'une seule pièce d'une capacité de 500 ml avec bouchon ;
 - une pipette de 1-2 ml avec embouts ;
 - une pipette de 2-5 ml avec embouts.

Un suivi plus fréquent de la DCO et des MES que celui demandé par le MELCCFP pourrait être à effectuer directement sur place par les opérateurs pour assurer le bon fonctionnement des procédés.

Les équipements d'analyse de la DCO comprennent :

- un porte-éprouvette ;
- un four à DCO ;
- un lecteur colorimétrique ou un spectrophotomètre.

Les équipements nécessaires pour l'analyse des MES sont :

- un four à MES pouvant atteindre 100 °C ;
- une balance de précision (au 0,001 g) ;
- une rampe de filtration ;
- une pompe vacuum et la tubulure flexible requise ;
- deux cylindres gradués en polycarbonate de 1 000 ml.

Les stations de type boues activées (moyenne, grande ou très grande) peuvent nécessiter de plus les équipements suivants :

- un four à MVES (> 600 °C) ;
- un microscope (1 000×) ;
- un manuel d'identification des bactéries filamenteuses.

Dans les stations qui procèdent à une déphosphatation, l'opérateur devrait être capable de mesurer les orthophosphates et l'alcalinité ainsi que de déterminer la dose requise de coagulant et de polymère, le cas échéant. Les équipements requis sont :

- une trousse portative d'analyse des orthophosphates (comprenant un colorimètre et les réactifs nécessaires) ;
- un chronomètre de poche ;
- deux cylindres gradués en polycarbonate pour chacune des capacités suivantes : 10 ml, 25 ml, 50 ml et 100 ml ;
- un goupillon pour cylindre gradué de 10 ml, 25 ml, 50 ml et 100 ml ;

- deux fioles en polypropylène avec bouchons à vis et graduation colorée indélébile, jaugées pour chacune des capacités suivantes : 25 ml, 50 ml et 100 ml ;
- une rampe de *jar test* ;
- quatre à six béchers gradués en polycarbonate de 1 000 ml ;
- un titrateur automatique (comprenant les réactifs nécessaires).

Le laboratoire est préférablement situé au rez-de-chaussée du bâtiment de services. Sa taille dépend de l'envergure des analyses effectuées par les opérateurs. Dans les stations où seules des analyses de DCO, de MES, de pH, d'oxygène dissous et de température sont faites, un laboratoire de 14 m² incluant un comptoir de 1,5 m² est suffisant. Dans celles où des analyses plus nombreuses et complexes sont réalisées, le laboratoire devrait avoir une surface d'au moins 28 m² et offrir suffisamment d'espace de comptoir pour chaque équipement requis en fonction des paramètres mesurés (MOE, 2008).

La conception du laboratoire devrait respecter le CNB, le *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail* (RCSST) et le *Règlement sur la santé et la sécurité au travail* (RSST). En plus d'une alimentation en eau potable, elle devrait prévoir une ventilation et un chauffage adéquats. Le laboratoire comprend généralement des paillasses, des lavabos et des espaces de rangement. En raison de la possible manipulation de produits dangereux, l'installation devrait être pourvue d'une douche d'urgence et d'un bassin oculaire. Les matériaux installés devraient être de classe industrielle (MOE, 2008) et résistants aux produits chimiques.

Pour éviter de fausser les résultats des analyses, le laboratoire devrait être isolé des vibrations, du bruit et de la chaleur produits par les équipements de la station, qui pourraient nuire au travail des opérateurs ou la précision des instruments (MOE, 2008). Le plancher devrait être ignifugé et résistant aux produits acides et basiques ainsi qu'aux solvants et aux sels (MOE, 2008). Des hottes ventilées sont requises dans le cas où on réalise des réactions avec des produits dangereux (acides ou bases fortes notamment) ou dégageant des gaz.

18.5.3 Atelier de mécanique

Les stations mécanisées devraient comprendre un atelier de mécanique pour l'entretien et la réparation des équipements électriques et mécaniques. On devrait y prévoir les comptoirs et équipements de levage nécessaires.

18.5.4 Équipements d'exploitation

Les équipements d'exploitation incontournables dans les stations d'épuration sont :

- une chaloupe et une mire d'arpentage (cas des étangs à digues en terre) ;
- un détecteur de niveau de boue (cas des ouvrages avec accumulation de solides) ;
- un détecteur de niveau pour piézomètre (cas des installations à infiltration dans le sol et des FIE) ;
- un échantillonneur automatique lorsque requis ;
- un pluviomètre.

18.6 Santé-sécurité

La [Loi sur la santé et la sécurité du travail](#) (LSST) préconise l'élimination des dangers à la source ([article 2, S-2.1](#)). Il est important, pour la sécurité des personnes, d'appliquer le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST). De nombreuses recommandations sont aussi formulées par la CNESST. Pour la sécurité des machines, la norme CSA-Z-432 s'applique.

18.6.1 Bioaérosols

Le terme « aérosol » désigne toutes les particules qui se retrouvent en suspension dans l'air pendant un certain temps dont la poussière, le pollen et les microorganismes vivants ou morts (Brisebois, 2017). Les bioaérosols représentent plus particulièrement les aérosols d'origine biologique, tels que les bactéries pathogènes (p. ex. *E. coli*), les débris cellulaires des microorganismes, les toxines (comme les endotoxines³), les moisissures, les spores fongiques et bactériens, ainsi que les virus. Ces microorganismes peuvent causer des désordres respiratoires et gastro-entériques (Duchaine et collab., 2019; Korzeniewska, 2011). Une fois produits, les bioaérosols se déposent sur une surface ou restent dans l'air. En raison de leur très petit diamètre (inférieur à 10 µm), les microorganismes et les virus peuvent être inhalés et atteindre facilement les alvéoles pulmonaires (Duchaine et collab., 2019; Korzeniewska, 2011). La contamination peut donc se faire par inhalation ou par contact « main-bouche » après qu'une personne a touché une surface contaminée par un dépôt de particules aérolisées (c.-à-d. projetées dans l'air) (Duchaine et collab., 2019; APSAM, 2006).

Les eaux usées contiennent de nombreux microorganismes et virus qui peuvent être projetés dans l'air par les différents procédés de traitement de la station d'épuration. Les étapes les plus sujettes à la formation de bioaérosols sont le prétraitement, le traitement secondaire et le traitement des boues (APSAM, 2006) par suite, notamment, de l'aération des liquides ou de leur agitation mécanique (brosse rotative, système de raclage, etc.). Par ailleurs, le débit et la composition des eaux usées, la température de l'air et de l'eau, ainsi que l'humidité de l'air ambiant jouent un rôle prédominant dans l'augmentation de la concentration de bioaérosols (Korzeniewska, 2011).

Parmi les équipements de mélange et d'aération des eaux usées, la revue de littérature de Korzeniewska (2011) établit actuellement ce qui suit :

- L'aération sous l'eau projette moins de gouttelettes que l'aération de surface.
- Selon le type de traitement, il peut être préférable de mettre en place des diffuseurs fines bulles plutôt que des diffuseurs grosses bulles, car ces dernières sont plus concentrées en microorganismes. De plus, les diffuseurs fines bulles provoquent une turbulence moins importante des eaux usées, ce qui limite aussi la formation de bioaérosols.

Le transport des bioaérosols viables (pouvant contaminer des êtres humains) exprimé en termes de distance et de durée dépend de nombreux facteurs environnementaux (température, humidité relative, magnitude des courants d'air) et des caractéristiques physiques des gouttelettes (taille, densité, forme). Lorsqu'ils sont produits dans un espace ouvert extérieur, les bioaérosols peuvent être transportés durant 10 minutes à 1 heure sur des distances de 100 m à 10 km dans la direction du vent, alors que dans un espace intérieur, leur transport est restreint à un rayon de moins de 100 m pendant environ 10 minutes (Korzeniewska, 2011; Li et collab., 2015). L'installation d'ouvrages à l'intérieur des bâtiments permet de réduire les émissions atmosphériques de bioaérosols (Korzeniewska, 2011). En revanche, les opérateurs se retrouvent potentiellement exposés à des bioaérosols viables plus concentrés en raison de l'absence de mortalité des microorganismes par les rayonnements solaires (UV), de l'humidité élevée (Duchaine et

³ Les endotoxines sont des composants de la membrane cellulaire extérieure des bactéries Gram négatives. La présence d'endotoxines dans l'air relève aussi bien de la présence de microorganismes vivants que des débris cellulaires libérés lors de la lyse bactérienne (Goyer et collab., 2001).

collab., 2019) et des surfaces de contact contaminées plus nombreuses. Cette problématique est amplifiée si la ventilation est inadéquate (Duchaine et collab., 2019).

Le confinement des ouvrages et des équipements (voir section 18.4.2) est recommandé pour réduire la concentration de bioaérosols. Il est également recommandé de confiner les refus de grilles et les sables par ensachage en sortie de convoyeur ou à l'aide de bennes à couvercle (APSAM, 2006 ; Asselin, 2020). De nombreux équipements de traitement des boues sont contenus dans des enceintes telles que les centrifugeuses ou les presseurs rotatifs, ce qui empêche la libération des bioaérosols dans l'air ambiant. En revanche, l'épaississement des boues dans des bassins ouverts reste problématique.

Outre le confinement des équipements, d'autres mesures peuvent être mises en place comme :

- le port de lunettes à coque étanche et d'un masque jetable bien ajusté de type N95 dans les environnements les plus à risque (APSAM, 2006; Duchaine et collab., 2019) ;
- l'installation de laveuses et de sècheuses pour laver les vêtements de travail sur place (APSAM, 2006) ;
- l'installation de filtres à particules à haute efficacité (HEPA) dans les salles hébergeant les procédés ;
- la présence d'un casier double dont une partie est réservée aux vêtements de travail.

18.6.2 Bruit

Le concepteur doit être soucieux des aspects relatifs au bruit dans la station d'épuration afin d'assurer la santé et sécurité des opérateurs, mais aussi pour améliorer leurs conditions de travail. Cette précaution permettra aussi de réduire le bruit environnant perçu par le voisinage. On doit appliquer, pour ce faire, la section XV du RSST.

Le bruit aérien, les vibrations mécaniques, les vibrations structurales, les turbulences de l'air et la résonance (vibration causée par des chocs) contribuent au bruit général perçu par une personne. Plusieurs solutions sont prescrites par la CSST (1998) (maintenant CNESST) pour réduire le bruit comme :

- l'installation de silencieux et de dispositifs d'isolation entre un équipement rotatif (p. ex. moteur) et le sol ainsi qu'entre les conduits (raccord souple, isolateur en suspension, matériau résilient) ;
- la construction d'une enveloppe insonorisante ou d'un encoffrement autour des équipements bruyants (p. ex. surpresseur).

Il est recommandé de consulter le rapport d'aide à la conception des encoffrements publié par l'IRSST en 2009. Les règles de base généralement utilisées pour concevoir un encoffrement performant (Sgard et collab., 2009; ASPHME, 2005) sont les suivantes :

- Prévoir des parois (matériau, épaisseur, fréquence critique) dont les performances acoustiques sont suffisantes pour atténuer la transmission du bruit vers l'extérieur. Les portes de l'encoffrement devraient être de même qualité acoustique que les parois. Le nombre de fenêtres (vitrage double épaisseur ≥ 4 mm) devrait être limité.
- Éviter la transmission des vibrations de la machine à l'encoffrement.
- Améliorer l'absorption du bruit à l'intérieur de l'encoffrement.
Le matériau devrait avoir un coefficient d'absorption près de 1 (laine de verre, laine de roche, fibre polyester, mousse synthétique, etc.), et son épaisseur dépend de la fréquence du bruit à absorber. Pour de très basses fréquences ou des fréquences discrètes, il est conseillé d'utiliser des absorbeurs sélectifs à panneaux résonants ou à résonateurs de Helmholtz.
- Éliminer les fuites et insonoriser les ouvertures (utiliser des masses de rebouchage aux jonctions des panneaux, poser un joint bitumineux au contact du sol, calfeutrer toute ouverture, etc.).

- Positionner la machine loin des parois ou des ouvertures (dans la mesure du possible).

Il existe par ailleurs certains modèles d'équipements plus silencieux ou directement vendus dans un encoffrement. Les équipements générant le plus de bruit peuvent également être regroupés dans une salle spéciale (CSST, 1998) qui peut être isolée phoniquement (WEF et ASCE, 2018). Les passages des conduits entre les murs devraient être colmatés avec de la laine ou du scellant non durci (CSST, 1998).

18.6.3 Cadenassage

Les équipements incluant les vannes devraient être cadenassables pour que les opérateurs puissent réaliser leurs activités d'entretien et de réparation de façon sécuritaire.

18.6.4 Protection contre les éclats d'arc électrique

Les éclats d'arc électrique (*arc flash*) se produisent lorsque le courant électrique sort de son conducteur et traverse l'air jusqu'à un autre conducteur ou à la terre. Ils peuvent notamment survenir lors de la défaillance d'un équipement électrique ou en présence de poussières, de corrosion ou de condensation (Mitchell et Senko, 2014). Un tel événement risque de provoquer un incendie, d'endommager les équipements et le bâtiment, en plus de blesser ou de tuer quelqu'un.

La norme CSA 7462 et le Code canadien de l'électricité doivent être rigoureusement suivis pour la conception des installations électriques et la réduction des risques associés à un éclat d'arc électrique.

Il peut être utile de réaliser une étude de site afin d'établir les risques, les niveaux d'énergie, les causes et les catégories d'éclats d'arc électrique pour en prévenir l'apparition (Merhi, 2013). De même, on peut prendre plusieurs précautions pour les limiter aux équipements électriques, par exemple en recourant à des dispositifs de débranchement à distance, à des mécanismes de verrouillage, à des indicateurs de tension, à l'isolation des barres omnibus, etc. (Mehri, 2013). L'espace de travail peut aussi être protégé des effets des éclats d'arc électrique en prévoyant de nombreuses barrières physiques ou des distances suffisantes pour permettre aux opérateurs de travailler hors des zones sous tension (Mehri, 2013).

Par ailleurs, il existe des équipements de protection individuelle ignifuges conçus spécifiquement pour protéger contre les éclats d'arc électrique (APSAM, 2020 a; Alix, 2018). Il existe aussi des boîtiers électriques permettant leur confinement (Merhi, 2013).

18.6.5 Produits chimiques

Les aspects de santé et sécurité à prendre en compte lors de la conception relativement à la manipulation de produits chimiques sont abordés en détail au chapitre 17, notamment :

- la compatibilité des produits chimiques entre eux ;
- l'entreposage et les mesures de confinement ;
- les douches et bassins oculaires ;
- la livraison et la réception des produits chimiques.

En matière d'équipements de protection individuelle, la manipulation des produits chimiques requiert l'utilisation de gants, de lunettes de protection et de vêtements appropriés.

18.6.6 Aménagements et équipements d'accès en espace clos

Le RSST définit un espace clos comme tout espace totalement ou partiellement fermé :

1. qui n'est pas conçu pour être occupé par des personnes, ni destiné à l'être, mais qui à l'occasion peut l'être pour l'exécution d'un travail ;

2. auquel on ne peut accéder ou duquel on ne peut ressortir que par une voie restreinte ;
3. qui peut présenter des risques pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique pour quiconque y pénètre, en raison de l'un ou l'autre des facteurs suivants :
 - a) son emplacement, sa conception ou sa construction ;
 - b) l'atmosphère ou l'insuffisance de ventilation naturelle ou mécanique qui y règne ;
 - c) les matières ou les substances qu'il contient ;
 - d) les autres dangers qui y sont afférents.

Il peut donc s'agir de réservoirs, bassins, trémies, fosses, égouts, puits d'accès, postes de pompage, etc. Les divers risques qu'ils présentent sont l'asphyxie, l'intoxication, la perte de conscience ou de jugement, l'incendie, l'explosion, l'ensevelissement, la noyade, l'entraînement (par le débit d'un liquide).

Un projet de règlement visant à modifier le RSST a été publié le 5 janvier 2022 dans la *Gazette officielle du Québec*⁴. Le lecteur est invité à vérifier si la définition de l'espace clos présentée ci-avant est toujours exacte, et sinon à considérer celle du RSST révisé.

Les espaces isolés à risques sont quant à eux des postes de travail conçus pour être occupés par des personnes et bénéficiant d'une ventilation et d'une qualité de l'air adéquate, d'un éclairage général et d'urgence, de conditions d'hygiène adéquates et d'une protection incendie. Ils sont faciles d'accès (escaliers et portes standard selon le Code national du bâtiment), et les risques de santé-sécurité sont contrôlés par des méthodes de travail et des équipements de protection individuelle appropriés (Guénette, 2011).

Le concepteur devrait étudier les options d'aménagement avec les opérateurs afin d'améliorer la sécurité dans les espaces clos de façon à pouvoir les classer comme des espaces isolés à risques. L'intégration de l'aspect « santé et sécurité » dans la conception des installations de traitement des eaux usées permet de réduire à la source les risques pour les opérateurs (accidents de travail) et d'effectuer certaines tâches plus rapidement, avec moins d'effectifs et d'efforts (APSAM, 2011a). Les travaux de mise à niveau des installations en matière de « santé et sécurité » sont plus coûteux s'ils sont réalisés après la construction que s'ils avaient été prévus dès la conception (APSAM, 2011b).

Pour rendre plus sécuritaire l'accès aux bassins profonds, il est recommandé notamment de prévoir :

- des ouvertures d'accès de 1 m x 1 m minimum ;
- une trappe d'accès munie de charnières et de crans d'arrêt ;
- une échelle fixe, amovible ou extensible ;
- un emplacement pour un dispositif de protection contre les chutes ;
- l'installation d'un éclairage portatif ;
- l'installation d'une ventilation portative ;
- l'installation d'un ensemble de garde-corps fixes ou amovibles pourvu d'une porte ;
- des mécanismes facilitant l'ouverture des trappes lourdes ;
- les ancrages pour chacun des équipements portatifs (p. ex. garde-corps, potence de sécurité) ;

⁴ <https://www.apsam.com/blogue/projet-de-reglement-espaces-clos> (Consulté le 03 mai 2022)
https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/fileadmin/gazette/pdf_encrypte/lois_reglements/2022F/76222.pdf
(Consulté le 03 mai 2022)

- des paliers de repos composés de deux grilles pouvant s'ouvrir séparément l'une de l'autre (article 6.3.14.3 du Devis normalisé technique BNQ 1809-300 révisé en 2007).

Par ailleurs, l'installation de crinolines et d'échelles de palier en quinconce est à proscrire (APSAM, 2011a).

Un détecteur multigaz devrait être prévu dans la liste des équipements requis pour l'exploitation d'une station d'épuration et d'un réseau d'égouts.

18.6.7 Aménagements et équipements pour l'accès aux plans d'eau

Pour prévenir à la source les risques de noyade, les nouvelles stations d'épuration de type lagune devraient être pourvues de voies d'accès ayant une largeur suffisante entre les étangs pour y circuler, ainsi que des équipements de sauvetage requis par la LSST. Le RSST (art. 312.93, section XXVI.II⁵) stipule qu'un travailleur est à risque de noyade lorsqu'il se situe au-dessus ou à moins de 2 m d'un endroit où la profondeur de l'eau excède 1,2 m sur plus de 2 m de largeur ou d'un endroit où le débit d'eau peut entraîner une personne. En hiver, la bordure des digues devrait être balisée adéquatement pour éviter le dérapage des véhicules et les risques de chute.

Un autre moyen de prévenir le risque de noyade est d'intervenir entre la source du danger et les personnes. Plusieurs barrières physiques peuvent ainsi être aménagées (voir section 18.4.3).

Pour les installations existantes qui n'ont pas la distance sécuritaire de 2 m ainsi que pour l'exécution des tâches qui présentent un risque de noyade, la prévention de ce risque passe par :

- l'élaboration et l'application d'une procédure sécuritaire de travail et de sauvetage comprenant un minimum de deux travailleurs sur place ;
- les équipements de protection individuelle (gilet de sauvetage ou veste de flottaison individuelle) et collectifs (corde flottante, bouée, perche, moyens de communication, embarcation de sauvetage, etc.).

Ces moyens de protection devraient être préalablement déterminés par une personne qualifiée.

18.6.8 Équipements de protection individuelle (EPI)

Le port d'équipements de protection individuelle (EPI) permet de limiter les conséquences d'un accident de travail sur l'opérateur, mais ne permet pas de l'empêcher (APSAM, 2020b). Pour réduire les risques d'accident à la source, il faut se référer notamment aux recommandations indiquées dans le présent chapitre ainsi qu'aux chapitres portant sur chaque procédé ou activité connexe au procédé.

Les obligations concernant la fourniture des EPI aux opérateurs sont encadrées en partie par le RSST. Comme il existe une panoplie de types et de modèles d'EPI offerts par différents fournisseurs, il est possible normalement d'en trouver un adapté à chaque personne pour la majorité des risques (APSAM, 2020b). Il est important de faire attention aux produits qualifiés de taille unique, car, en réalité, les différences morphologiques entre les hommes et les femmes voire entre les personnes du même genre peuvent rendre le port de ces EPI inadéquat pour certains, et les ajustements « faits maison » peuvent se révéler dangereux (OWD et IAPA, 2006 ; Bukowski, 2014). Pour choisir les EPI les plus appropriés à chaque situation, il faut considérer différents aspects tels que la nature du risque, le degré de protection nécessaire, l'environnement de travail, les tâches à réaliser, le respect des normes de sécurité pertinentes, la facilité d'utilisation et d'ajustement de l'EPI, son niveau de confort ainsi que sa compatibilité avec les autres EPI portés par l'opérateur ainsi que les équipements de protection collectifs (CSN, 2014 ; APSAM, 2020b).

⁵ <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/s-2.1,%20r.%2013> (Consulté le 03 mai 2022)

Les différentes catégories d'EPI sont les suivantes :

- **Détecteur 4 gaz.**
- **Protection oculaire** conforme à la norme CAN/CSA Z94.3-92 : Protecteurs oculaires et faciaux pour l'industrie (art. 343, RSST).
- **Chaussures de protection** conformes à la norme CAN/CSA-Z195-02 : Chaussures de protection (art. 344, RSST).
- **Protecteurs auditifs** conformes à la norme ACNOR Z94.2-1974 : Protecteurs auditifs (art. 137, RSST).
- **Masques** conformes à la norme CSA Z94.4-93 : Choix, entretien et utilisation des respirateurs (art. 45, RSST), masques de type N95 pour la protection des bioaérosols.
- **Harnais de sécurité** conforme à la norme CAN/CSA Z259.10-M90 : Harnais de sécurité.
- **Casque de sécurité** conforme à la norme ANSI Z89. 1-1986 : Protective Headwear for Industrial Workers ou à la norme CAN/CSA Z94.1-92 : Casques de sécurité pour l'industrie (si possibilité de choc latéral).
- **Gants et vêtements de protection** pour éviter le contact avec des matières dangereuses comme les produits chimiques, les brûlures, etc.

PRÉLIMINAIRE

18.7 Références bibliographiques

ALBERTA GOVERNMENT (2013). « Part 3 - Wastewater Systems Standards for Performance and Design », *Standards and Guidelines for Municipal Waterworks, Wastewater and Storm Drainage Systems*. Edmonton, Alberta Queen's Printer, 42 p.

ALIX, M.-A. (2018). « Sécurité électrique : EPI anti-arc », *Intervention Prévention*, [En ligne], https://www.interventionprevention.com/epi_anti-arc/ (consulté le 07 décembre 2020).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION ET WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA, AWWA, WEF) (2005). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 21^e éd, Washington DC, American Public Health Association.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2004). *Fiche technique n° 32 : Espace clos – La détection des gaz : le détecteur multigaz*, 6 p.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2006). *Fiche technique n° 19 : les risques biologiques reliés aux eaux usées*, 4 p.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2011a). *Recommandations sur la protection contre les chutes pour les réservoirs d'eau potable ainsi que les installations similaires (espaces clos)*, 13 p.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2011b). *Bilan de la plénière sur l'intégration de la santé et de la sécurité du travail dans les ouvrages d'assainissement*, [En ligne], <https://www.apsam.com/bloque/bilan-de-la-pleniere-sur-lintegration-de-la-sst-dans-les-ouvrages-assainissement> (consulté le 09 décembre 2020).

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2020a). *Électricité : équipements de protection*, [En ligne], révisé le 15 décembre 2020, <https://www.apsam.com/theme/risques-la-securite-ou-mecaniques/electricite/equipements-de-protection> (consulté le 07 décembre 2020).

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » APSAM (2020b). *Équipements de protection individuelle – Généralités*, [En ligne], révisé le 22 septembre 2020, <https://www.apsam.com/theme/moyens-et-equipements-de-protection/epi-generalites> (consulté le 09 décembre 2020).

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS INC. (ASHRAE) (2017). *ASHRAE Handbook – Fundamentals*.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS INC. (ASHRAE) (2019). *ASHRAE Handbook – HVAC Applications*.

ASM INTERNATIONAL HANDBOOK COMMITTEE (2006). *ASM Handbook® – Volume 13C : Corrosion : Environment and Industries*.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS EN MÉTAL, DE LA FABRICATION DE PRODUITS ÉLECTRIQUES ET DES INDUSTRIES DE L'HABILLEMENT (ASPHME) (2005). *Concevoir une enceinte insonorisante*, Multi Prévention ASP, 4 p.

ASSELIN, B. (2020). « Le contrôle des bioaérosols contaminés à la station de traitement des eaux usées de la Ville de Repentigny », *Présentation au Salon des TEQ – Réseau Environnement, Québec*, 10 mars 2020.

ATLANTIC CANADA (2006). *Atlantic Canada Wastewater Guidelines Manual for Collection, Treatment and Disposal*, ABL Environmental Consultants Ltd., 432 p.

BRISEBOIS, E. (2017). *Bioaérosols viraux dans les usines de traitement des eaux usées : détection moléculaire et métagénomique*, mémoire (maîtrise en microbiologie), Université Laval, Canada, 103 p.

BUKOWSKI, T. J. (2014). « Women and PPE: Finding the right fit – Employers need to keep women in mind when purchasing PPE », *Safety + Health an NSC publication*, [En ligne], [<https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/10602-Women-and-PPE-Finding-the-right-fit>] (consulté le 09 décembre 2020).

CANADA (2022). *Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail* (DORS/86-304), [En ligne], [<https://lois-laws.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-86-304/index.html>] (consulté le 20 avril 2020).

CHÂTEAUNEUF, H., et J.-O. GAUVIN (2020). « Classification électrique des emplacements dangereux : le cas des stations d'épuration », *BBA*, [en ligne], [<https://www.bba.ca/ca-fr/publications/classification-electrique-des-emplacements-dangereux-les-cas-des-stations-depuration>] (consulté le 16 novembre 2020).

COMMISSION CANADIENNE DES CODES DU BÂTIMENT ET DE PRÉVENTION DES INCENDIES (CCCBPI) et CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA (CNRC) (2015). *Code national du bâtiment – Canada 2015 (CNB)*, CNRC, Ottawa, volumes 1 et 2, 823 p. et 807 p.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST) (1998). *Réduire le bruit en milieu de travail – Informations générales et techniques illustrées*, 66 p.

CSA GROUP (2016). *Safeguarding Of Machinery*, CSA Z432-2016, 174 p.

CSA GROUP (2018a). *Code canadien de l'électricité, première partie – Norme de sécurité relative aux installations électriques*, C22.1-F18, 24^e éd., 1 020 p.

CSA GROUP (2018b). *Sécurité en matière d'électricité au travail*, CSA Z462-2018, 231 p.

CSA GROUP (2019). *Béton : constituants et exécution des travaux / Procédures d'essai et pratiques normalisées pour le béton*, CSA A23.1:F19/CSA A23,2:F19, 938 p.

CONFÉDÉRATION DES SYNDICATS NATIONAUX (CSN) (2014). *Équipements de protection individuelle – Quels sont les principaux EPI et comment les choisir ?* [En ligne], [<https://formationsst.csn.info/equipements-protection-individuelle/quels-sont-les-principaux-epi-et-comment-les-choisir/>] (consulté le 9 décembre 2020).

EURO INOX (2010). *Performance of stainless steel in waste water installations*, Materials and Applications Series, volume 13, 32 p.

DUCHAINÉ, C., M. VEILLETTE, V. DION DUPONT, H. MBARECHE, É. BRISEBOIS, J. LAVOIE et Y. BEAUDET (2019). *Exposition aux bioaérosols dans les centres de traitement des eaux usées – Application d'approches moléculaires et risque viral*, IRSST, Rapports scientifiques R-1061, 71 p.

GOYER, N., J. LAVOIE, L. LAZURE et G. MARCHAND (2001). *Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation, de contrôle et de prévention*, IRSST, Guide technique T-23, 72 p.

GUÉNETTE, É. (2011). « Intégration de la SST dans la conception des ouvrages d'assainissement dont les réservoirs d'eau potable », 23^e atelier sur l'eau potable Réseau Environnement, 27 septembre 2011.

KORZENIEWSKA, E. (2011). « Emission of bacteria and fungi in the air from wastewater treatment plants: A review », *Frontiers in Bioscience (Scholar Edition)*, vol. 1, n° 3, p. 393-407.

LI, J., L. ZHOU, X. ZHANG, C. XU, L. DONG et M. YAO (2016). « Bioaerosol emissions and detection of airborne antibiotic resistance genes from a wastewater treatment plant ». *Atmospheric Environment*, vol. 124, p. 404-412.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP) (2005). *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 38 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2021). *Suivi d'exploitation des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées*, 51 p.

MERHI, A. (2013). « Coups d'arc électrique, dangers et précautions – Concept de protection à trois niveaux », *Le Magazine Électricité Plus*, [En ligne], [<https://electricite-plus.com/2013/12/05/coups-darc-electrique-dangers-et-precautions-concept-de-protection-trois-niveaux/>] (consulté le 07 décembre 2020).

METCALF & EDDY-AECOM (M&EA) (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*, 5^e éd., New York, États-Unis, McGraw-Hill Education, 2 018 p.

MINISTÈRE DU TRAVAIL DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITÉ SOCIALE. *Règlement sur la santé et la sécurité au travail*, S-2.1, r. 13, [En ligne], mis à jour le 14 juin 2020 [<http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>] (consulté le 25 janvier 2021).

MITCHELL, L., et R. SENKO (2014). « Arc flash fall protection – New OSHA requirements for electric utility workers kick in April 1, 2015 », *Industrial Safety & Hygiene News*, [En ligne], [<https://www.ishn.com/articles/99443-arc-flash-fall-protection>] (consulté le 07 décembre 2020).

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA) (2020a). *NFPA 70 – National Electrical Code*.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA) (2020b). *NFPA 820 – Standard for fire protection in wastewater treatment and collection facilities*.

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT (MOE) (2008). *Design Guidelines for Sewage Works*, [En ligne], mis à jour en 2019, [<https://www.ontario.ca/document/design-guidelines-sewage-works-0>]

ONTARIO WOMEN'S DIRECTORATE (OWD) et INDUSTRIAL ACCIDENT PREVENTION ASSOCIATION (IAPA) (2006). *Personal protective equipment for women – Addressing the need*, 35 p.

QASIM, S. R., et G. ZHU (2018). *Wastewater Treatment and Reuse, Theory and design examples*, volume 2 – Post-Treatment, Reuse, and Disposal, Boca Raton, Floride, CRC Press, 747 p.

QUÉBEC (2020). *Loi sur la qualité de l'environnement*, chapitre Q-2. [En ligne], mis à jour le 1^{er} septembre 2020, [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/q-2>].

QUÉBEC (2021). *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, chapitre S-2.1, r. 13, *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, [En ligne], mis à jour le 1^{er} novembre 2021, [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/s-2.1,%20r.%2013>] (consulté le 20 avril 2022).

SGARD, F., H. NÉLISSE, N. ATALLA, N. TROMPETTE et J.-L. BARBRY (2009). *Développement d'un outil d'aide à la conception acoustique d'encoffrements de machines*, IRSST, Rapport R-619, 113 p.

THERRIEN, J. D., N. NICOLAÏ et P. A. VANROLLEGHEM (2020). « A critical review of the data pipeline: How wastewater system operation flows from data to intelligence », *Water Science & Technologies*, vol. 82, n°12, p. 2 613-2 634.

TISSOT, S., A. PICHARD et C. GILLET (2003). *Seuils de Toxicité : Aiguë Ammoniac (NH3)*, Rapport final, Ministère de l'Écologie et du Développement durable et Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées, INERIS, 40 p.

TUTHILL, A. H., et S. LAMB (1998). *Stainless steel in municipal wastewater treatment plants*. NiDI Technical Series n° 10 076, Nickel Development Institute, 11 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (1989). *POTW sludge sampling and analysis guidance document*, EPA 833-B-89-100.

WASTEWATER COMMITTEE OF THE GREAT LAKES – UPPER MISSISSIPPI RIVER BOARD OF STATE AND PROVINCIAL PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL MANAGERS (WWC-GLUMRB) (2014). *Recommended standard for wastewater facilities – Policies for the design, review, and approval of plans and specifications for wastewater collection and treatment facilities*, Albany, NY, Health Research Inc., Health Education Services Division.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (1996). *Operation of municipal wastewater treatment plant*, Manuel of Practice MOP 11, 5^e éd., Alexandria, Water Environment Federation, volumes 1, 2 et 3.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (2006). *Automation of Wastewater Treatment Facilities*, Manuel of Practice MOP 21, 3^e éd., McGraw-Hill Education.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) et AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) (2018). *Design of Water resource recovery facilities*, WEF Manual of Practice n° 8, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice n° 76, 6^e éd., New York, États-Unis, McGraw-Hill Education, 2 240 p.

PRÉLIMINAIRE



**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec 