

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

17. Dosage de produits chimiques – 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	17-v
Liste des figures	17-vi
Remerciements	17-vii
17. Dosage de produits chimiques	17-1
17.1 Caractéristiques des produits chimiques courants	17-1
17.2 Considérations relatives aux coagulants	17-6
17.2.1 Production de boues	17-6
17.2.2 Effet des sels métalliques sur l'effluent et les boues	17-8
17.2.3 Consommation d'alcalinité	17-9
17.3 Considérations relatives aux produits alcalins	17-11
17.3.1 Généralités relatives à l'alcalinité	17-11
17.3.2 Types de produits alcalins	17-12
17.4 Livraison et entreposage	17-15
17.4.1 Livraison	17-15
17.4.2 Entreposage	17-16
17.5 Injection	17-19
17.5.1 Conditions de conception	17-19
17.5.2 Automatisation du dosage	17-20
17.5.3 Équipements de dosage	17-20
17.5.4 Point d'injection et de mélange	17-25
17.6 Installation	17-29
17.6.1 Installation des réservoirs et des équipements de dosage	17-29
17.6.2 Compatibilité des matériaux avec les produits chimiques	17-29
17.7 Exploitation	17-31
17.7.1 Calibration	17-31

17.7.2 Santé et sécurité	17-31
17.8 Références bibliographiques	17-32

PRÉLIMINAIRE

Liste des tableaux

Tableau 17.2.1-1 – Caractéristiques des produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées d'origine domestique	17-2
Tableau 17.2.2-1 – Critères de protection de l'eau de surface	17-8
Tableau 17.2.3-1 – Quantité d'alcalinité nécessaire pour neutraliser l'acidité des trois sels métalliques selon les formes de précipités	17-10
Tableau 17.3.2-1 – Liste de produits basiques avec leur équivalence en alcalinité CaCO_3	17-13
Tableau 17.6.2-1 – Matériaux et couches de protection recommandés pour le dosage de produits chimiques	17-30

PRÉLIMINAIRE

Liste des figures

Figure 17.4.2-1 : Exemple de zone de livraison et de réservoir d'entreposage de produit chimique liquide _____ 17-17

Figure 17.4.2-2 – Dimensions d'un bassin de confinement contenant un réservoir de produit chimique _____ 17-18

Figure 17.5.3-1 – Exemple de système de dosage d'une solution chimique _____ 17-23

Figure 17.5.3-2 – Exemple de système de préparation et de dosage d'un produit chimique sec _____ 17-24

Figure 17.5.4-1 – Exemple de système de contrôle du pH par cuvée _____ 17-27

Figure 17.5.4-2 – Exemple de système de contrôle du pH en continu _____ 17-28

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

Stéphane Landry, techn.

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)

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

Christian Boulanger et Antoine Laporte – Ville de Repentigny

Martin Milot, chimiste, M. Sc. – Bionest

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

17. Dosage de produits chimiques

Un dosage de produits chimiques peut être effectué à plusieurs étapes de la filière de traitement, par exemple pour aider à la séparation solide-liquide, précipiter le phosphore (déphosphatation chimique), réguler le pH ou encore conditionner les boues avant leur déshydratation.

Certains produits chimiques peuvent être qualifiés de « critiques », car leur injection est requise pour le respect des normes de rejet et la préservation du milieu récepteur (p. ex. coagulant pour la déphosphatation). On ne peut donc pas arrêter leur dosage au cours de la période d'application de la norme. En revanche, le dosage des produits chimiques non critiques (p. ex. polymère pour la déshydratation) peut être interrompu lors d'un événement exceptionnel comme un bris d'équipement. Dans ce dernier cas, des dispositions moins contraignantes en ce qui concerne la capacité de stockage ainsi que la redondance peuvent être acceptables.

Il faut noter qu'outre les coûts d'immobilisation qu'implique la mise en place des équipements de dosage, d'entreposage et de suivi, le choix des produits chimiques et du mode de gestion devrait tenir compte de leurs effets sur l'exploitation et l'environnement.

Le présent chapitre apporte des précisions concernant les produits chimiques et leur dosage en complément des informations contenues dans les chapitres sur les procédés de traitement.

17.1 Caractéristiques des produits chimiques courants

Le Tableau 17.2.1-1 résume les caractéristiques des produits chimiques typiquement utilisés dans les installations de traitement des eaux usées. Cette liste est non exhaustive, et les caractéristiques des produits chimiques de même type peuvent varier d'un fournisseur à l'autre selon la recette utilisée. Pour plus de détails sur un produit chimique, le concepteur est invité à s'informer directement auprès du fournisseur.

À noter que tous les produits chimiques peuvent comporter des risques ou des incompatibilités. Les informations pour une manutention et un stockage sécuritaires se trouvent dans les fiches de données de sécurité des produits.

Tableau 17.2.1-1 – Caractéristiques des produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées d’origine domestique

Produit	Formule chimique	Utilisation	Format	Concentration/pureté du produit ^[A]	Masse volumique (kg/l)	Autres caractéristiques
Acide acétique	CH ₃ COOH	Déphosphatation biologique	Liquide	100 % 56 % 20 %	1,05 1,06 1,03	<ul style="list-style-type: none"> • Source d'acide gras volatil pour la déphosphatation biologique
Acide chlorhydrique	HCl	Contrôle du pH	Liquide	31-35 %	1,16-1,18	<ul style="list-style-type: none"> • Incompatible avec l'acide sulfurique.
		Rétrolavage de filtres/membranes	Liquide	10-15 %		<ul style="list-style-type: none"> • Enlèvement des résidus de précipitation et autres impuretés organiques.
Acide phosphorique	H ₃ PO ₄	Ajout de nutriments (P)	Liquide	75-85 %	1,57-1,69	<ul style="list-style-type: none"> • Température de congélation selon la concentration (p. ex. -17,5 °C à 75 %, 4,6 °C à 80 % et 21,1 °C à 85 %).
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	Contrôle du pH	Liquide	93 %	1,83	
Aluminate de sodium	NaAlO ₂	Coagulant	Sec	-	0,6-0,84	<ul style="list-style-type: none"> • La poussière d'aluminate de sodium est irritante. • Temps de stockage maximal : 6 mois sous forme solide et 2 à 3 mois sous forme liquide.
			Liquide	20 %	1,46	
Alun (sulfate d'aluminium)	Al ₂ (SO ₄) ₃ · x H ₂ O	Coagulant	Sec (granules ou poudre)	-	0,6-1,2	<ul style="list-style-type: none"> • Typiquement lié à 14 ou 18 H₂O. • La poussière d'alun est irritante. • Gamme de pH optimale : 5 à 7. • Température de cristallisation selon la concentration (p. ex. -15,6 °C à 48,8 % et 8,3 °C à 50,7 %). L'isolation du réservoir peut donc être requise. • Temps de stockage sous forme liquide : indéfini (pas de dégradation).
			Liquide	48-51 %	1,2-1,33	
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	Alcalinité	Sec	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Dissolution requise à la station. • Relativement peu utilisé.
Carbonate de sodium (soude)	Na ₂ CO ₃	Alcalinité	Sec	-	0,5-1,1	<ul style="list-style-type: none"> • Dissolution requise à la station. • Relativement peu utilisé.

Tableau 17.1-1 – Caractéristiques des produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées d'origine domestique (suite)

Produit	Formule chimique	Utilisation	Format	Concentration/pureté du produit ^[A]	Masse volumique (kg/l)	Autres caractéristiques
Chlore	Cl	Traitement contre la prolifération des bactéries filamenteuses (procédé de boues activées)	Gaz liquide compressé	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Injection dans la filière liquide où la concentration de boues est la plus élevée pour éviter les réactions indésirables avec l'eau et les autres éléments présents. Endroits suggérés : dans la recirculation des boues ou au niveau des aérateurs dans chaque réacteur. Dosage létal en surface seulement pour maintenir la biomasse en activité et utilisation d'un chlorateur ou d'une pompe à hypochlorite pour plus de précision.
Chlorure ferreux	FeCl ₂	Coagulant	Liquide	28-35 %	1,32-1,38	
Chlorure ferrique	FeCl ₃	Coagulant	Sec	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Stockage dans une pièce sèche et utilisation immédiate une fois ouvert ou dilution dans l'eau (temps de stockage plus long en solution).
			Liquide	35-45 %	1,3-1,5	<ul style="list-style-type: none"> Température de cristallisation selon la concentration (p. ex. -12 °C à 35 % et 10 °C à 45 %). L'isolation ou le chauffage du réservoir peuvent être requis si la température ambiante est < 16 °C. Température de livraison élevée, jusqu'à 60 °C.
Coagulant préhydrolysés	Polyaluminium silicate sulfate (p. ex. PASS-10)	Coagulant	Liquide	Variable selon le produit	Variable selon le produit	<ul style="list-style-type: none"> Plus faible consommation d'alcalinité par gramme d'Al que l'alun (moins acide grâce aux ions OH⁻). Essais fortement recommandés. Peut supporter des températures < -30 °C (hydroxydes de sulfate de chlorure d'aluminium).
	Poyaluminium chlorure (p. ex. PAX-XL6)					
	Chlorhydrate d'aluminium (p. ex. PAX-XL19)					

Tableau 17.1-1 – Caractéristiques des produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées d'origine domestique (suite)

Produit	Formule chimique	Utilisation	Format	Concentration/pureté du produit ^[A]	Masse volumique (kg/l)	Autres caractéristiques
Hydroxyde de calcium (chaux éteinte)	Ca(OH) ₂	Alcalinité Chaulage des boues	Sec (poudre)	82-98 % Ca(OH) ₂ 62-74 % CaO	0,39-0,63	<ul style="list-style-type: none"> Mise en solution à température ambiante à la station, concentration à 3-5 % massique (pH ~12) Risque d'entartrage dans les pompes et la tuyauterie, entretiens réguliers requis Suspension très abrasive mais non corrosive, risque d'érosion à l'intérieur des pompes et de la tuyauterie Entreposage sous format sec, maximum 1 an
Hydroxyde de magnésium	Mg(OH) ₂	Alcalinité	Sec	82-95 %	-	<ul style="list-style-type: none"> pH maximal à 10,5 avant la précipitation Risque d'entartrage à un pH ≥ 8 Peut influencer sur la formation de struvite dans un digesteur anaérobie
			« Boue »	-	-	
Hydroxyde de sodium (soude caustique)	NaOH	Base forte/Alcalinité	Liquide	50 % 25 % 20 %	1,53	<ul style="list-style-type: none"> Température de congélation selon la concentration (p. ex. 12,8 °C à 50 %) Risque d'entartrage au point d'injection et de mélange, entretiens réguliers requis Si dilué à la station, installation de deux sections de mélange distinctes (redondance) et aménagement de conduites facilement nettoyables
Hypochlorite de sodium	NaClO	Rétrolavage de filtres/membranes	Liquide	5 %	-	<ul style="list-style-type: none"> Enlèvement de la matière biologique
Méthanol	CH ₃ OH	Dénitrification ^[B]	Liquide	100 %	0,79	<ul style="list-style-type: none"> Source de carbone soluble pour la dénitrification Risque d'inflammabilité (point d'éclair à 12 °C), précautions à prendre

Tableau 17.1-1 – Caractéristiques des produits chimiques couramment utilisés pour le traitement des eaux usées d’origine domestique (suite et fin)

Produit	Formule chimique	Utilisation	Format	Concentration/pureté du produit ^[A]	Masse volumique (kg/l)	Autres caractéristiques
Oxyde de calcium (chaux vive)	CaO	Alcalinité Conditionnement des boues Chaulage des boues	Sec (granules ou poudre)	85-96 % CaO (typ. 90 %)	0,88-1,20	<ul style="list-style-type: none"> Mise en solution (<i>slaking</i>) exothermique (120-180 °C), formation de Ca(OH)₂. Utilisation sous forme solide possible pour le chaulage. Exploitation complexe, mais coût d'achat et quantités plus faibles comparativement au NaOH. Abrasif mais non corrosif. Entreposage sous forme sèche, au maximum 60 jours dans un récipient étanche ou 3 mois dans un sac étanche à l'humidité.
Polymère	-	Floculation	Sec ou en émulsion	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Activation requise (mise en solution, mélange et maturation) avant utilisation dans le procédé. De type cationique ou anionique. De poids moléculaire variable selon l'application.
Sulfate ferreux	FeSO ₄	Coagulant	Liquide	19 %	1,25	
Sulfate ferrique	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Coagulant	Sec (Fe ₂ (SO ₄) ₃ • 8,8 H ₂ O)	-	1,1	<ul style="list-style-type: none"> Gamme de pH optimale : 4 à 6. Moins soluble que l'alun.
			Liquide	10-60 %	Jusqu'à 1,62	
Urée	CH ₄ N ₂ O	Ajout de nutriments (N)	Liquide	-	-	

^[A] La concentration d'un certain élément chimique (p. ex. Al³⁺, Fe³⁺) peut se calculer à l'aide des masses molaires et de la concentration/pureté du produit chimique dans la solution, le cas échéant (voir section 17.5).

^[B] Il existe aussi des mélanges propriétaires sucrés pour la dénitrification et d'autres applications (p. ex. MicroC[®]).

Sources : Davis (2010); Desjardins (1997); M&EA (2014); MOE (2008); Potash Corp (2012), UMQ (2007), US EPA (1976, 1979, 1987 et 2010), WEF (1996), WEF et ASCE (2005), WEF et ASCE (2018).

17.2 Considérations relatives aux coagulants

L'ajout de coagulants métalliques dans les eaux usées a plusieurs effets, notamment :

- une production accrue de boues ;
- un accroissement de sels métalliques à l'effluent ;
- une modification du contenu des boues (à prendre en compte pour leur valorisation) ;
- une consommation d'alcalinité.

Ces effets sont détaillés dans les sous-sections 17.2.1 à 17.2.3 suivantes.

17.2.1 Production de boues

En plus d'être utilisée pour la déphosphatation chimique, la coagulation-floculation a pour but d'aider à la séparation solide-liquide de matières initialement peu ou pas décantables. Cela se traduit inévitablement par une production de boues attribuable :

- à l'amélioration des performances d'enlèvement des MES (surtout pour la décantation primaire) ;
- à l'enlèvement d'une partie des matières solubles ;
- à la précipitation du phosphore ;
- à la formation d'hydroxydes métalliques.

17.2.1.1 Enlèvement accru des MES

Comme le montre le Tableau 13.1.5-1 du chapitre 13 sur la séparation solide-liquide, les pourcentages d'enlèvement de MES en décantation primaire sont améliorés par la coagulation. La quantité de boues supplémentaires produite par cet enlèvement accru de MES peut se calculer à l'aide de la formule suivante :

Équation 17.01 :
$$X_{\text{MES suppl}} = \frac{\text{MES}_{\text{aff}} Q_{\text{aff}} (R_{\text{avec coag}} - R_{\text{sans coag}})}{1000}$$

où :

$X_{\text{MES suppl}}$: quantité supplémentaire de MES enlevée par addition de coagulant (kg/d) ;

MES_{aff} : concentration de MES de l'affluent (mg/l) ;

Q_{aff} : débit d'affluent (m^3/d) ;

$R_{\text{avec coag}}$: pourcentage d'enlèvement de MES avec ajout de coagulant (%) ;

$R_{\text{sans coag}}$: pourcentage d'enlèvement de MES sans ajout de coagulant (%).

Un enlèvement accru de MES n'est pas forcément obtenu à l'étape du traitement secondaire avec l'ajout d'alun (US EPA, 1987) ou d'un autre coagulant.

À l'étape du traitement tertiaire, étant donné les concentrations de MES relativement faibles à l'effluent du traitement secondaire, l'ajout de coagulant est essentiel pour assurer l'enlèvement de MES de petite taille et atteindre les concentrations attendues à l'effluent final.

17.2.1.2 Enlèvement des matières solubles

L'ajout de coagulant permet l'enlèvement d'une partie des matières solubles. La US EPA (1976) considère qu'un enlèvement d'environ 30 % des matières organiques solubles (après filtration à $0,45 \mu\text{m}$) est possible lorsque le coagulant est dosé avant un procédé biologique. La production de boues qui en résulte peut être estimée à l'aide d'une des trois formules suivantes (US EPA, 1976 et 1987) :

Équation 17.02 :
$$X_{\text{boues,mat sol}} = \frac{\text{COT}_{\text{s,aff}}}{1000} Q_{\text{aff}} R * 2,5 * 1,18$$

Équation 17.03 :
$$X_{\text{boues,mat sol}} = \frac{\text{DCO}_{\text{s,aff}}}{1000} Q_{\text{aff}} R * 1,1 * 1,18$$

Équation 17.04 :
$$X_{\text{boues,mat sol}} = \frac{\text{DBO}_{\text{s,aff}}}{1000} Q_{\text{aff}} R * 1,6 * 1,18$$

où :

$X_{\text{boues, mat sol}}$: quantité de boues produites par l'enlèvement de matières solubles (kg/d) ;

Q_{aff} : débit d'affluent (m^3/d) ;

R : pourcentage d'enlèvement de matières solubles (valeur recommandée : 30 %) ;

$\text{COT}_{\text{s, aff}}$: concentration de COT soluble à l'affluent (mg/l) ;

$\text{DCO}_{\text{s, aff}}$: concentration de DCO soluble à l'affluent (mg/l) ;

$\text{DBO}_{\text{s, aff}}$: concentration de DBO_5 soluble à l'affluent (mg/l).

Les équations 17.03 et 17.04 ne sont applicables qu'à un affluent n'ayant subi aucune oxydation biologique (US EPA, 1987).

La décantation primaire assistée chimiquement réduit l'apport de matières organiques à l'entrée du traitement biologique subséquent, ce qui soulage celui-ci. Il faut toutefois s'assurer que la concentration de phosphore résiduelle est suffisante pour soutenir les besoins du traitement biologique (voir chapitre 14).

17.2.1.3 Précipitation du phosphore et d'hydroxydes métalliques

La quantité de boues produite par déphosphatation chimique dépend notamment de la concentration de phosphore de l'affluent et du dosage du coagulant appliqué. Pour estimer cette quantité, il est admis que le phosphore précipite sous forme de phosphate d'aluminium (AlPO_4) ou de phosphate de fer (FePO_4) et que le reste des cations métalliques (dosage en excès) précipite sous forme d'hydroxyde d'aluminium ($\text{Al}(\text{OH})_3$) ou d'hydroxyde de fer ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). La formation d'hydroxydes métalliques se produit de la même façon, quel que soit le point d'injection du coagulant (traitements primaire, secondaire ou tertiaire) (US EPA, 1987).

La quantité de boues chimiques produite par déphosphatation peut se calculer à l'aide des formules suivantes, en considérant qu'il n'y a aucune perte de sels métalliques à l'effluent (Canler et Perret, 2007) :

Équation 17.05 :
$$X_{\text{Me aj}} = \frac{M_{\text{Me}}}{M_{\text{P}}} X_{\text{P élim}} R_{\text{mol Me:P}}$$

Équation 17.06 :
$$X_{\text{chim,MeP}} = \frac{M_{\text{MeP}}}{M_{\text{P}}} X_{\text{P élim}}$$

Équation 17.07 :
$$X_{\text{Me,MeP}} = \frac{M_{\text{Me}}}{M_{\text{MeP}}} X_{\text{chim,MeP}}$$

Équation 17.08 :
$$X_{\text{chim,MeOH}} = \frac{M_{\text{MeOH}}}{M_{\text{Me}}} (X_{\text{Me aj}} - X_{\text{Me,MeP}})$$

Équation 17.09 :
$$X_{\text{chim,tot}} = X_{\text{chim,MeP}} + X_{\text{chim,MeOH}} = X_{\text{P élim}} \left[\frac{M_{\text{MeP}}}{M_{\text{P}}} + (R_{\text{mol Me:P}} - 1) * \frac{M_{\text{MeOH}}}{M_{\text{P}}} \right]$$

où :

$X_{\text{Me aj}}$: quantité d'ions métalliques à ajouter pour la déphosphatation (kg Me/d) ;

M_{Me} : masse molaire de l'ion métallique (g/mol) ;

M_{P} : masse molaire du phosphore (g/mol) ;

$X_{\text{P élim}}$: quantité de phosphore à éliminer (kg P/d) ;

$R_{\text{mol Me : P}}$: ratio molaire fixé entre l'ion métallique et le phosphore (mol Me/mol P) ;
 $X_{\text{chim, MeP}}$: quantité de précipités de phosphates métalliques formés (kg/d) ;
 M_{MeP} : masse molaire du précipité de phosphate métallique (g/mol) ;
 $X_{\text{Me, MeP}}$: quantité d'ions métalliques qui ont réagi avec le phosphore (g Me/d) ;
 $X_{\text{chim, MeOH}}$: quantité d'hydroxydes métalliques formés (kg/d) ;
 M_{MeOH} : masse molaire de l'hydroxyde métallique (g/mol) ;
 $X_{\text{chim, tot}}$: quantité de boues chimiques totales formées (kg/d).

Comme d'autres cations (p. ex. métaux lourds) et anions peuvent être incorporés dans la structure complexe des hydroxydes métalliques, l'EPA (1976) recommande d'ajouter 35 % à l'estimation des quantités théoriques de boues chimiques.

17.2.1.4 Volume de boues chimiques

En présence de boues chimiques, la siccité des boues décantées peut diminuer (jusqu'à 20 % de moins) ; le volume de boues devient donc plus important (US EPA, 1987).

17.2.2 Effet des sels métalliques sur l'effluent et les boues

L'aluminium ou le fer ajouté dans les eaux usées par l'injection de sels métalliques (alun, sulfate ou chlorure ferrique) se retrouvent dans les boues extraites de la filière liquide ainsi que potentiellement dans l'effluent.

17.2.2.1 Effet sur le milieu récepteur

Le Tableau 17.2.2-1 indique les concentrations limites de fer et d'aluminium dont il faut tenir compte pour assurer la protection des eaux de surface. Ces critères de qualité sont établis soit directement à l'effluent de la station d'épuration d'eaux usées (effet aigu), soit après une zone restreinte de mélange (effet chronique).

Tableau 17.2.2-1 – Critères de protection de l'eau de surface¹

Critère de qualité	Concentration de fer (mg/l)	Concentration d'aluminium
VAFé	6,9	2x critère de qualité d'effet aigu
Protection de la vie aquatique (effet aigu)	3,4	À déterminer en fonction de la concentration de carbone organique dissous, de la dureté et du pH
Protection de la vie aquatique (effet chronique)	1,3	

Source : [Critères de qualité de l'eau de surface](#)

Un excès de fer peut être dommageable pour le milieu récepteur en raison de la précipitation du fer en hydroxydes de taille fine qui s'avèrent très colmatants et qui constituent des sédiments supplémentaires dans les cours d'eau (Canler et Perret, 2007).

En principe, si le dosage est adéquat et la séparation solide-liquide, efficace, la quantité de sels métalliques dans l'effluent devrait demeurer en deçà des critères de qualité. Un surdosage peut entraîner une baisse de pH et une augmentation de la concentration de fer ou d'aluminium sous forme soluble, tandis qu'une mauvaise séparation solide-liquide accroît leur présence sous forme particulaire dans l'effluent.

En France, on a noté une forte coloration du canal d'effluent et du milieu naturel dans certaines installations où des surdosages de fer surviennent régulièrement (dosage de FeCl_3 non optimisé). Canler et Perret

¹ Ces critères sont ceux en vigueur au moment de la publication du guide, mais sont sujets à des changements. Les critères à jour sont disponibles sur le site Web du Ministère.

(2007) relèvent que l'effluent d'une installation ayant un surdosage avéré de FeCl_3 a présenté des concentrations de 1,1 à 1,7 mg Fe/l alors que la concentration de MES était de 6 mg/l, soit un ratio Fe/MES d'environ 20 à 30 %.

17.2.2.2 Effet de la présence de fer sur la désinfection

Par ailleurs, la présence de fer influe sur la désinfection. Elle diminue la transmittance de l'eau et peut se fixer aux lampes UV, réduisant ainsi leur efficacité et conduisant à des entretiens plus fréquents (voir chapitre 15). Un bon contrôle du pH et du dosage de fer pour limiter la présence de cations Fe^{3+} libres et favoriser leur précipitation en FePO_4 ou en $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en amont pourrait réduire cet inconvénient. En présence d'un système UV, il demeure préférable d'utiliser de l'alun, qui occasionne moins d'effets négatifs sur la désinfection.

17.2.2.3 Effet sur le traitement des boues et leur valorisation

Les boues chimiques contiennent usuellement une plus grande proportion de matière inorganique que les boues primaires et secondaires. Cette caractéristique peut avoir une incidence sur le traitement des boues, notamment lors de l'épaississement et de la déshydratation. De plus, la digestion anaérobie pourrait ne pas être possible avec des boues chimiques en raison de la coprécipitation de métaux lourds (M&EA, 2014).

Les boues chimiques ont également un contenu de phosphore élevé, mais la forte teneur en sels métalliques peut les rendre impropres à la valorisation agricole. En effet, selon le [Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes](#), pour être considérés comme des matières résiduelles fertilisantes, les biosolides municipaux et de fosses septiques devraient respecter l'un des deux critères suivants :

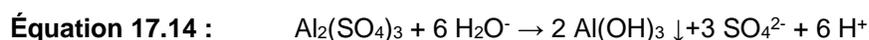
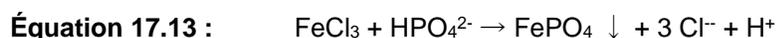
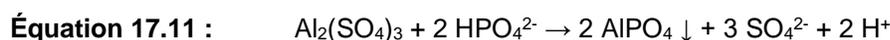
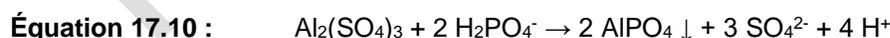
- Contenir moins de 125 000 mg Al + 0,5 Fe/kg (b.s.) si leur teneur en matière organique est inférieure ou égale à 25 % (base sèche).
- Contenir moins de 150 000 mg Al + 0,5 Fe/kg (b.s.) si leur teneur en matière organique est supérieure à 25 % (base sèche).

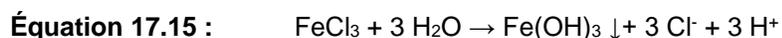
Ces critères restreignent la valorisation de certaines boues municipales advenant un fort dosage de coagulant à base de fer ou d'aluminium.

17.2.3 Consommation d'alcalinité

L'alcalinité des eaux usées brutes est souvent suffisante pour tamponner le pH lorsqu'une étape de coagulation est requise dans le procédé de traitement. Dans certains cas, des baisses significatives du pH peuvent toutefois être observées, particulièrement lors d'un surdosage de coagulant.

À un pH entre 5 et 9, la majorité des orthophosphates (o-PO_4) des eaux usées sont sous la forme ionique H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-} . Lors du mélange des eaux usées avec le coagulant, les cations Al^{3+} ou Fe^{3+} réagissent rapidement avec les o-PO_4 et forment un précipité de phosphate métallique. Cette réaction libère des ions H^+ , et c'est également le cas lors de la formation de précipités d'hydroxydes métalliques comme le montrent les équations 17.10 à 17.15.





Les ions H^+ ainsi libérés réagissent avec l'alcalinité selon les équations 17.18 et 17.19 présentées à la section 17.3.1.1. Lorsque le pH s'abaisse sous une valeur approximative de 6,4, le H_2CO_3 devient prédominant, ce qui se traduit par une perte d'alcalinité puisqu'il peut se dégazer en partie sous forme de CO_2 (équation 17.17). La perte d'alcalinité est possiblement irréversible sans nouvel apport. Le dosage de coagulant acide entraîne donc une réduction d'alcalinité qui peut occasionner une baisse plus ou moins significative du pH selon le pouvoir tampon résiduel de l'eau.

Dans le but de vérifier que l'alcalinité résiduelle à l'effluent est suffisante, on peut utiliser le Tableau 17.2.3-1 pour calculer la consommation théorique de CaCO_3 attribuable à la précipitation de phosphates ou d'hydroxydes métalliques. Les valeurs du tableau ont été établies de façon conservatrice en considérant la forme d'orthophosphates qui consomme le plus d'alcalinité (H_2PO_4).

Tableau 17.2.3-1 – Quantité d'alcalinité nécessaire pour neutraliser l'acidité des trois sels métalliques selon les formes de précipités

Pour 1 mg de fer ou d'aluminium sous les formes suivantes :					
$\text{AlPO}_4 \downarrow$		$\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$		$\text{FePO}_4 \downarrow$	
3,70 mg CaCO_3		5,56 mg CaCO_3		1,79 mg CaCO_3	
Pour 1 ml de solution commerciale de coagulant sous les formes suivantes :					
Alun à 4,3 % d'aluminium (densité 1,3 kg/l)		FeCl_3 à 14 % de fer (densité 1,4 kg/l)		$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ à 12 % de fer (densité 1,6 kg/l)	
$\text{AlPO}_4 \downarrow$		$\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$		$\text{FePO}_4 \downarrow$	
0,21 g CaCO_3		0,31 g CaCO_3		0,35 g CaCO_3	
				0,53 g CaCO_3	
				0,34 g CaCO_3	
				0,52 g CaCO_3	

Cas des coagulants préhydrolysés

Certains coagulants préhydrolysés à base d'aluminium (voir Tableau 17.2.1-1) ont été neutralisés par l'ajout d'ions OH^- lors de leur fabrication, ce qui réduit leur consommation d'alcalinité. Certains manufacturiers traduisent cette propriété par « la basicité » du coagulant. En d'autres mots, cela les rend moins acides par gramme d'aluminium que des coagulants usuels comme l'alun ou le sulfate ferrique. L'équation chimique du coagulant préhydrolysé peut être utilisée pour évaluer la quantité d'alcalinité théoriquement incorporée. Toutefois, compte tenu des diverses réactions chimiques possibles, il demeure souhaitable de réaliser des essais avec les eaux usées à traiter.

L'usage des coagulants préhydrolysés devrait être favorisé dans les cas où l'alcalinité initiale des eaux usées serait potentiellement insuffisante (voir section 17.3.1.2). Par ailleurs, leur utilisation est particulièrement recommandée dans le but d'éviter le dosage d'une base pour ajuster le pH et, conséquemment, l'installation de boucles de rétroaction. Si, malgré l'emploi d'un coagulant préhydrolysé, on prévoit un manque d'alcalinité à l'effluent, on devrait ajouter une base dosée proportionnellement au coagulant. Cet ajout nécessite un bassin de mélange rapide, un suivi en continu du pH et une boucle de rétroaction pour contrôler la quantité de produits alcalins.

17.3 Considérations relatives aux produits alcalins

17.3.1 Généralités relatives à l'alcalinité

17.3.1.1 Définition de l'alcalinité

L'alcalinité représente le pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à limiter les variations importantes du pH. Plus spécifiquement, en assainissement des eaux, l'alcalinité est liée à la présence de carbonates (CO_3^{2-}), de bicarbonates (HCO_3^-) et d'hydroxydes (OH^-), comme il est montré dans l'équation 17.16. Vu l'importance usuelle des carbonates et des bicarbonates pour ce paramètre, l'alcalinité s'exprime en équivalence de carbonate de calcium (CaCO_3).

Équation 17.16² :
$$\text{alc} = ([\text{HCO}_3^-] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]) \times (50 \text{ g CaCO}_3/\text{mol})$$

Les couples acido-basiques des carbonates sont présentés aux équations 17.17 à 17.19. Comme l'acide carbonique (H_2CO_3) ne peut pas accepter d'ions H^+ , il ne fait pas partie des éléments alcalins et n'est pas compris dans le calcul de l'alcalinité (équation 17.16).



17.3.1.2 Lien entre alcalinité et pH

Une baisse significative de l'alcalinité peut mener à un pH à l'effluent incompatible avec la vie aquatique du milieu récepteur. Le [Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées \(ROMAEU\)](#) spécifie une norme de rejet concernant le pH à l'effluent des stations d'épuration municipales. Celui-ci doit être compris entre 6,0 et 9,5 en tout temps. De plus, le pH, entre autres, influe sur le respect de la norme réglementaire liée à l'absence de toxicité aiguë à l'effluent. À titre indicatif, **l'alcalinité résiduelle recommandée pour assurer le maintien d'un pH adéquat à l'effluent d'une station d'épuration est de 50 à 100 mg CaCO_3/l** (WEF et ASCE, 2005 ; US EPA, 2008).

Le pH des eaux usées influe également sur les performances des procédés de traitement. L'activité biologique dans le traitement secondaire est notamment altérée par des pH trop faibles ou trop élevés. Par exemple, lorsqu'un procédé biologique qui effectue l'enlèvement de l'azote ammoniacal est prévu dans la filière de traitement, on devrait vérifier l'alcalinité résiduelle des eaux usées. Si elle est insuffisante, une baisse significative du pH peut survenir et inhiber la nitrification (plage optimale entre 6,5 et 8,0, voir chapitre 14). Les performances des procédés physico-chimiques de coagulation-floculation sont aussi affectées par le pH, car la formation des précipités de phosphore est favorisée seulement dans une certaine gamme de valeurs.

² Les symboles « [] » désignent les concentrations molaires des éléments.

17.3.1.3 Alcalinité des eaux usées brutes

L'alcalinité des eaux usées dépend principalement de l'alcalinité de l'eau potable consommée. L'alcalinité des eaux de surface au Québec varie généralement de 5,8 à 76 mg CaCO₃/l (CEAEQ, 2011) et celle des eaux souterraines varie en moyenne entre 50 et 200 mg CaCO₃/l selon le contexte géologique³.

Metcalf & Eddy-AECOM (2014) rapportent que l'alcalinité des eaux usées d'origine domestique varie typiquement entre 74 et 145 mg CaCO₃/l. L'usage d'adoucisseurs domestiques et commerciaux ainsi que les rejets industriels peuvent contribuer à augmenter l'alcalinité des eaux usées (M&EA, 2014). À l'inverse, plusieurs facteurs propres au réseau d'égouts peuvent la réduire, comme l'infiltration d'eau ayant une faible alcalinité ou la fermentation acidogène engendrée par des conditions anaérobies.

17.3.1.4 Variation d'alcalinité des eaux usées au cours du traitement

Diverses réactions ayant lieu au cours du traitement consomment de l'alcalinité, notamment :

- la précipitation chimique provoquée par l'ajout de coagulant (voir section 17.2.3) ;
- la nitrification (détaillée au chapitre 14) dont le ratio théorique est de 7,14 g CaCO₃/g AAT nitrifié.

D'autres réactions survenant dans certains procédés de traitement permettent de récupérer de l'alcalinité; c'est le cas de la dénitrification. Ces réactions sont toutefois moins courantes et ne permettent pas de regagner autant d'alcalinité que ce qui a été consommé.

Il est important de connaître l'alcalinité des eaux brutes et d'estimer sa consommation au cours du traitement avant le rejet à l'environnement pour éviter une baisse significative du pH. Dans le cas où l'alcalinité des eaux usées brutes serait insuffisante pour maintenir une concentration résiduelle d'au moins 50 mg CaCO₃/l à l'effluent, on devrait prévoir l'utilisation d'un coagulant préhydrolysé ou l'ajout d'un produit alcalin (base). La station d'épuration devra alors être munie d'une boucle de rétroaction pour contrôler le dosage de la base.

17.3.2 Types de produits alcalins

Il est possible de compenser la perte d'alcalinité occasionnée par le coagulant et la nitrification par l'ajout d'une base. Divers produits basiques peuvent être utilisés. Le Tableau 17.3.2-1 présente les caractéristiques de différentes bases fortes et faibles ainsi que leur équivalence en alcalinité (CaCO₃).

L'alcalinité n'est pas une mesure du pH en soi. Une eau de même alcalinité peut afficher des pH très différents selon le produit utilisé. Par exemple, une eau initialement pure ayant une concentration de 10⁻³ mol/l de OH⁻ aurait un pH de 11⁴. En revanche, une eau pure contenant 10⁻³ mol/l de HCO₃⁻, en équilibre chimique avec 10^{-3,63} mol/l de H₂CO₃, aurait un pH de 7⁵. Il est recommandé de réaliser des essais en laboratoire et/ou à échelle pilote notamment pour valider le dosage d'un produit basique en fonction des dosages de coagulants et du pH recherché.

³ MELCC (s.d.), *Projets d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines*, [en ligne], <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm> (consulté le 30 mars 2021).

⁴ pH = 14 - pOH = 14 - (- log [OH⁻]) = 14 - (- log 0,001) = 14 - (3) = 11

⁵ pH = - log [H⁺] = - log ((10^{-6,37} x [H₂CO₃])/[HCO₃⁻]) = - log ((10^{-6,37} x 10^{-3,63})/10⁻³) = 7

Tableau 17.3.2-1 – Liste de produits basiques avec leur équivalence en alcalinité CaCO₃

Base	Formule	Masse molaire (g/mol)	Solubilité (g/100 ml d'eau)	Alcalinité apportée (g CaCO ₃ /g)	Facteur de neutralisation pour 1 mg/l d'acidité* (mg CaCO ₃ /l)
Forte - Groupe I					
Hydroxyde de sodium	NaOH	40,0	42-347	1,25	0,80
Hydroxyde de potassium	KOH	56,2	107-178	0,89	1,12
Forte - Groupe II					
Oxyde de calcium	CaO	56,1	0,07-0,131	1,79	0,56
Hydroxyde de calcium	Ca(OH) ₂	74,1	0,077-0,185	1,35	0,74
Hydroxyde de magnésium	Mg(OH) ₂	58,3	0,0009-0,004	1,72	0,58
Oxyde de magnésium	MgO	40,3	0,00062-0,008 6	2,48	0,40
Chaux dolomitique vive	(CaO) _{0,6} (MgO) _{0,4}	49,8		2,01	0,50
Chaux dolomitique hydratée	(Ca(OH) ₂) _{0,6} (Mg(OH) ₂) _{0,4}	67,8		1,48	0,68
Faible					
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	84,1	6,9-16,4	0,59	1,68
Carbonate de sodium	Na ₂ CO ₃	106,0	7,1-45,5	0,94	1,06
Carbonate de calcium	CaCO ₃	100,1	0,0014-0,001 9	1,00	1,00

* Produit pur à 100 %

Sources : CRC (1987); WEF et ASCE (2018); WEF (2008).

17.3.2.1 Base forte

La grande solubilité de l'hydroxyde de sodium (NaOH ou soude caustique) permet d'atteindre un pH de 14. L'oxyde de calcium (CaO ou chaux vive), tout comme l'hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂ ou chaux éteinte), peut également provoquer des pH de plus de 12. Un lait de chaux à base de CaO ou de Ca(OH)₂ sous forme particulaire, dont la concentration est usuellement entre 50 g/l et 100 g/l, peut engendrer quant à lui des variations excessives du pH au point de dosage en cas de manque d'homogénéité.

La capacité des bases fortes à hausser facilement le pH peut engendrer une surcorrection importante de celui-ci malgré un faible écart de dosage. Par exemple, une surdose de base forte d'uniquement 10 % dans une eau présentant un pH initial égal à 5 peut conduire à un pH final supérieur à 10 alors que typiquement le pH visé était de 7. Conséquemment, l'emploi d'une base forte, non ou peu diluée, peut engendrer un pH supérieur à la norme de 9,5.

Lorsque le déficit en alcalinité est important, on peut utiliser une base forte, mais **un système de suivi et de contrôle automatique du pH muni d'alarmes est requis**. Ainsi, les valeurs de pH lues par la sonde sont utilisées dans la boucle de rétroaction comme variable de contrôle du dosage.

Pour éviter des pH excessifs, l'emploi de bases fortes devrait être limité aux OMAEU de type mécanisé avec un opérateur (qualifié OW-1) présent en permanence. Autrement, il faut un système de suivi à distance. L'usage de bases fortes n'est pas recommandé dans la filière liquide des stations d'épuration

mettant en œuvre des ouvrages expansifs (p. ex. étangs, marais artificiels, filtres granulaires intermittents) ou des procédés non mécanisés.

17.3.2.2 Base faible

Les bases faibles ont des solubilités et des pH maximaux inférieurs aux bases fortes du groupe I (voir Tableau 17.3.2-1), ce qui limite l'atteinte de pH excessifs en cas de surdosage. De plus, elles apportent et/ou forment des éléments tampons intermédiaires qui réduisent les variations brusques de pH. Si le pH à l'effluent est légèrement sous la norme minimale réglementaire de 6 (ROMAEU), on recommande l'usage de bases faibles. De même, leur utilisation devrait être privilégiée lorsque les besoins en alcalinité sont peu élevés (p. ex. lors d'un surdosage de coagulants préhydrolysés sans nitrification).

Les bases faibles sont généralement livrées sous forme de granules ou de poudre. Pour limiter les volumes de préparation de la solution et de dosage, on devrait favoriser celles qui ont les plus grandes solubilités. Si le point d'injection est loin du bâtiment de services, il faut porter attention au choix du produit, à sa concentration et à la température d'exploitation pour éviter une cristallisation dans la conduite d'injection.

PRÉLIMINAIRE

17.4 Livraison et entreposage

17.4.1 Livraison

17.4.1.1 Généralités

Lors de la réception d'une livraison de produits chimiques, un opérateur qualifié devrait assister à l'ensemble du déchargement.

Un système de nettoyage devrait être présent pour rincer les accessoires et la plateforme de déchargement après la livraison. Des douches d'urgence et des douches oculaires devraient être facilement accessibles aux opérateurs ainsi qu'aux transporteurs (APSAM, 2004).

Dans le cas d'une livraison en vrac, le point de branchement pour le transfert du camion-citerne au réservoir devrait être cadenassable. Chaque produit chimique devrait avoir sa propre conduite de livraison. De plus, le code SIMDUT, le NIP/UN et le nom (en français) du produit chimique livré devraient être clairement indiqués au-dessus du point de branchement pour éviter toute erreur de transfert (APSAM, 2004). Ces informations devront être mises à jour advenant un changement de produit chimique.

17.4.1.2 Réception d'un produit chimique livré sous forme liquide

La livraison de produits chimiques liquides peut s'effectuer en vrac par camion-citerne ou en contenants. Il peut s'agir de barils ou de réservoirs de 1 000 L communément appelés *totes* ou grand récipient pour vrac (GRV).

La gestion par barils de 200 L (45 gallons) est intéressante pour les projets nécessitant moins de 1 000 L/an de produit chimique, tandis que celle par GRV est préférable lorsqu'on en utilise entre 1 000 et 3 000 L/an. La livraison de GRV requiert un quai de déchargement dont la hauteur correspond à celle de la plateforme du camion livreur. En effet, certains chariots élévateurs pourraient avoir de la difficulté à transporter les contenants de produits chimiques qui peuvent peser plus de 1 600 kg lorsqu'ils sont pleins. De même, le dépôt des GRV dans un bassin de confinement peut poser problème avec un chariot élévateur. Pour faciliter la manutention, le bassin de confinement peut être sous le niveau du plancher et surmonté d'un caillebotis (voir section 17.4.2.3). À noter qu'après un certain nombre de remplissages, la robinetterie des GRV devra être remplacée.

Pour une consommation de produits chimiques supérieure à 3 000 L par année, on recommande un réservoir d'entreposage fixe d'au moins 6 000 L pour réduire les coûts de transport. La livraison se fera alors en vrac. La conduite de livraison devrait avoir un diamètre d'au moins 50 mm et descendre en direction du réservoir (MOE, 2008). Dans le but d'éviter tout déversement sur le sol, une vanne permettant d'ouvrir la conduite de réception seulement après le raccordement du boyau du camion-citerne peut être installée sur la bride du point de branchement. La conduite devrait également être pourvue de ports de drainage et de nettoyage pour être maintenue propre et exempte de cristaux (APSAM, 2004). Diverses alarmes (sonores ou visuelles) peuvent être installées au niveau de la plateforme de livraison pour faciliter et sécuriser la réception du produit liquide (p. ex. alarme de réservoir d'entreposage plein).

17.4.1.3 Réception d'un produit chimique livré sous forme solide

Pour de grandes consommations, l'achat de produits chimiques en format sec (solide) permet des économies de livraison et d'entreposage. La livraison peut se faire en vrac ou en sacs.

Pour une gestion en sacs, il faut prévoir leur manutention sur des palettes. Le bâtiment abritant les produits chimiques devrait alors disposer de portes, de corridors et d'espaces de circulation suffisamment larges (1,5 m minimum) entre les zones d'entreposage (MOE, 2008; Gouvernement de l'Alberta, 2012).

La gestion de produits chimiques en vrac nécessite la présence d'un silo d'entreposage. On doit trouver dans sa partie supérieure un système de collecte de la poussière (Davis, 2010). Le déchargement du camion de livraison peut se faire à l'aide d'équipements pneumatiques, de convoyeurs à vis ou d'élévateurs à godets (Davis, 2010). Lorsque des équipements pneumatiques sont utilisés, le camion de livraison dispose généralement de compresseurs pouvant fournir des débits d'air pouvant atteindre 20 m³/min. La conduite de réception a généralement un diamètre de 100 mm et la distance maximale sur laquelle le produit sec peut être transporté dépend de ses caractéristiques. Par exemple, l'AWWA et l'ASCE (2005) indiquent que la poudre légère peut parcourir une distance de 90 m lorsqu'il y a une alternance de sections verticales et horizontales (Davis, 2010). Il est recommandé de réduire la longueur de la conduite de réception le plus possible. Celle-ci devrait être munie d'une vanne de relâche, et ses coudes devraient présenter un rayon minimum de 1,2 m (Davis, 2010).

17.4.2 Entreposage

17.4.2.1 Volume d'entreposage

La consommation journalière de produit chimique à considérer pour le calcul du volume d'entreposage est déterminée à partir de la concentration maximale de produit à doser (en mg/l) et du débit moyen d'eaux usées (Davis, 2010). Ce volume devrait permettre une autonomie d'au moins 30 jours dans le cas de produits critiques et d'au moins 10 jours dans le cas de produits non critiques ou correspondre à environ 1,5 fois le volume de livraison en vrac (Davis, 2010). En plus de la consommation journalière et des volumes de livraison, l'emplacement géographique, les conditions météorologiques, le temps de livraison, la quantité de fournisseurs et la dégradation temporelle de certains produits chimiques devraient aussi être pris en compte.

17.4.2.2 Réservoir d'entreposage

La Figure 17.4.2-1 présente un exemple de réservoir d'entreposage pour un produit chimique liquide.

Les réservoirs d'entreposage devraient être munis d'évents d'au moins 50 mm de diamètre (MOE, 2008) dont l'extrémité est recourbée vers le bas, située à l'extérieur du bâtiment et dotée d'une grille anti-insectes (Gouvernement de l'Alberta, 2012). Dans le cas de produits chimiques sensibles à l'humidité, les événements des réservoirs devraient être équipés en plus d'une cartouche de dessiccation (MOE, 2008).

Les réservoirs devraient avoir un trop-plein qui se déverse dans le bassin de confinement. Il peut être à l'air libre ou mouillé (extrémité plongée dans de l'eau), ce qui évite la cristallisation. Le trop-plein devrait être positionné au moins 300 mm au-dessus du niveau maximal du réservoir si le remplissage s'effectue par pompage ou à un minimum de 150 mm s'il s'effectue par gravité (MOE, 2008).

Les réservoirs devraient posséder un indicateur de niveau. On peut aussi mettre en place un système d'alarme de débordement déclenché par une sonde de niveau ou une flotte de haut niveau. Dans un tel cas, l'alarme devrait être audible (p. ex. klaxon) et/ou visible (p. ex. voyant lumineux) depuis la zone de livraison (Davis, 2010). Les réservoirs devraient également être munis d'un drain (MOE, 2008).

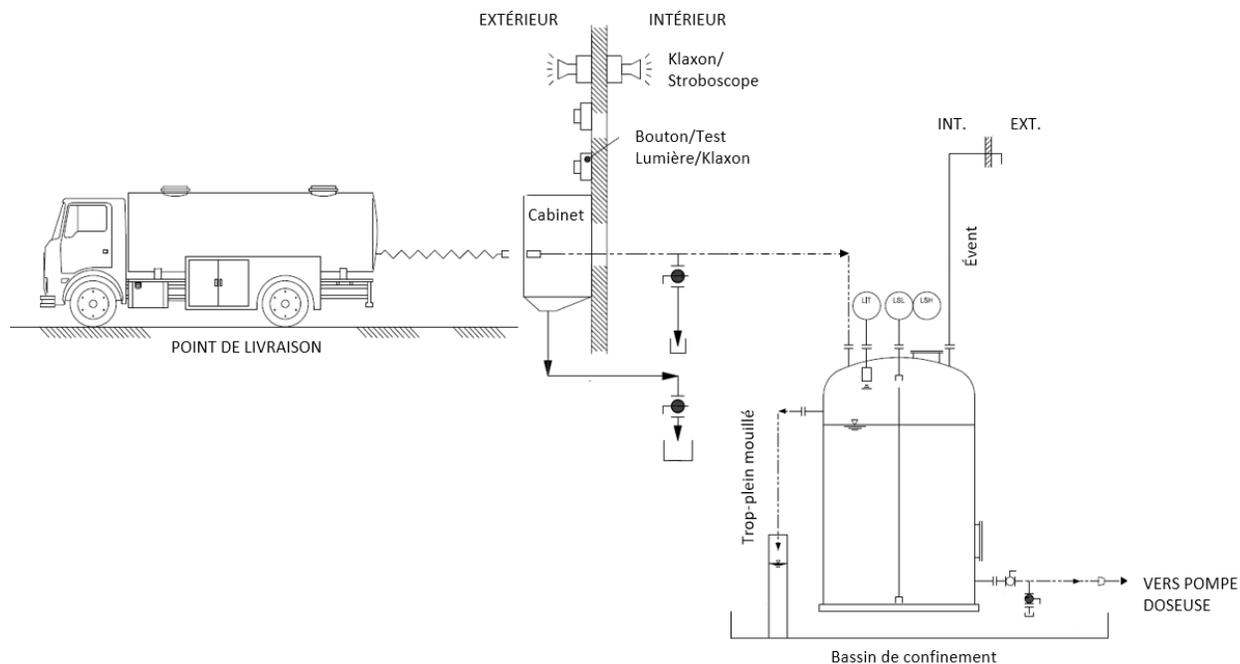


Figure 17.4.2-1 : Exemple de zone de livraison et de réservoir d'entreposage de produit chimique liquide

Les silos d'entreposage de produits secs peuvent être de différentes formes. Il est toutefois préférable qu'ils soient circulaires avec des pentes de fond d'au moins 60° (Davis, 2010). Les silos ont généralement une hauteur comprise entre 2,5 et 4 fois leur diamètre (AWWA et ASCE, 2005). Un système de collecte de poussière devrait être présent dans sa partie supérieure (Davis, 2010).

17.4.2.3 Bassin de confinement

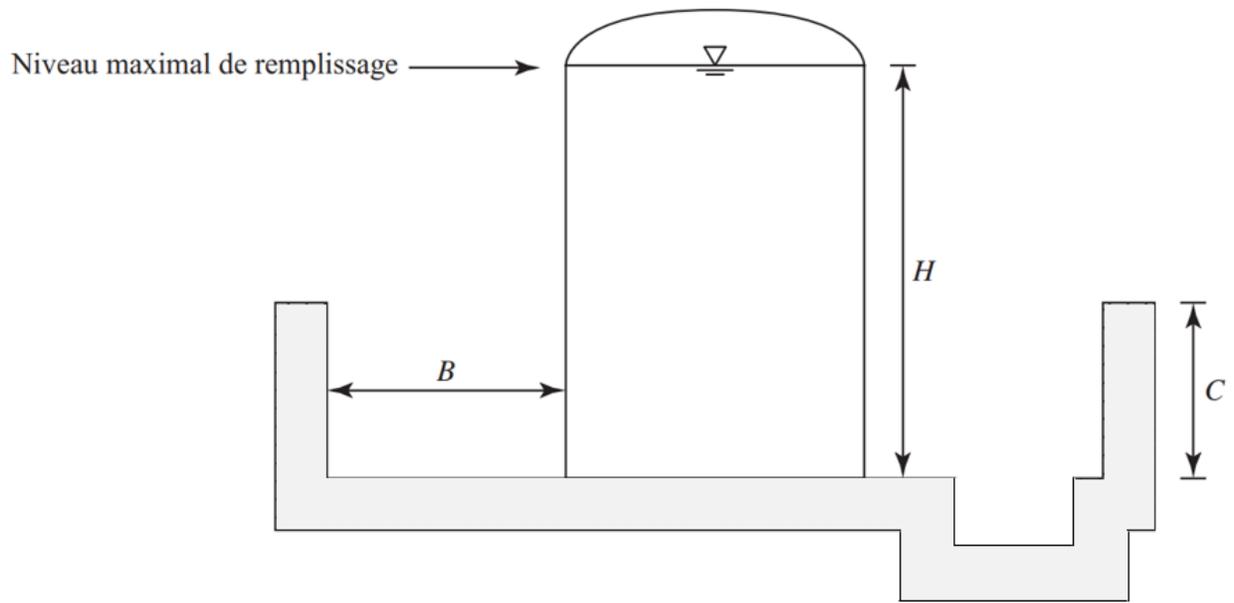
Tous les produits chimiques liquides devraient être entreposés dans un bassin de confinement ou un réservoir à doubles parois pour contenir les fuites en cas de bris ou les écoulements accidentels. Le volume du bassin de confinement devrait être minimalement égal à :

- 110 % du volume du contenant (réservoir, baril, etc.) s'il n'y en a qu'un ;
- 125 % du plus volumineux des contenants (réservoirs, barils, etc.) s'il y en a plus d'un.

À noter que seuls des produits chimiques compatibles peuvent être entreposés côte à côte et dans le même bassin de confinement.

La Figure 17.4.2-2 schématise un bassin de confinement typique pour un réservoir seul. Lorsque des GRV de 1 000 L ou des barils de 200 L entreposés sur un caillebotis sont utilisés, le bassin de confinement peut être situé sous le plancher ou décalé à l'aide d'un plan d'écoulement. Une sonde mesurant le niveau de liquide dans le bassin permet d'alerter les opérateurs en cas de fuite. Les bassins de confinement ne devraient pas disposer d'un drain ou d'un trop-plein, mais la présence d'un point bas est souhaitable pour la récupération par pompage du liquide accumulé. Aucune ouverture ne devrait être présente, que ce soit pour le passage de conduites ou de conduits électriques ou encore pour l'entrée des opérateurs (Davis, 2010). Le bassin de confinement est typiquement construit en béton et recouvert d'une membrane imperméabilisante procurant une protection adéquate selon le(s) produit(s) chimique(s) entreposé(s).

Si les réservoirs sont situés à l'extérieur, il faut éviter que les eaux de pluie et de drainage soient acheminées au bassin de confinement.



Relation recommandée : $H = B + C$

Figure 17.4.2-2 – Dimensions d'un bassin de confinement contenant un réservoir de produit chimique

Adaptée de Davis (2010)

PRÉLIMINAIRE

17.5 Injection

Le dosage d'une solution chimique se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Équation 17.20 : } D = \frac{d * Q}{C * \rho * 1000}$$

où :

D : dosage de la solution (L/d) ;

d : dose du réactif (mg/l) ;

Q : débit du liquide où est injecté le produit (soit les eaux usées, soit les boues) (m³/d) ;

C : concentration/pureté du réactif dans la solution commerciale (pourcentage à exprimer au format décimal) ;

ρ : masse volumique de la solution commerciale (kg/l).

Le dosage d'un produit chimique sec est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Équation 17.21 : } D = \frac{d * Q}{1000 * C}$$

où :

D : dosage du produit sec (kg/d) ;

d : dose du réactif (mg/l) ;

Q : débit du liquide où est injecté le produit (soit les eaux usées, soit les boues) (m³/d) ;

C : concentration/pureté du réactif dans le produit sec (pourcentage à exprimer au format décimal).

La concentration du réactif dans un produit chimique est déterminée par un ratio des masses molaires (équation 17.22). Dans le cas d'une solution chimique, il faut aussi prendre en compte la concentration/pureté du produit chimique dans la solution (équation 17.23).

$$\text{Équation 17.22 : (cas d'un produit sec) } C = \frac{M_R}{M_{PC}}$$

$$\text{Équation 17.23 : (cas d'une solution) } C = \frac{M_R}{M_{PC}} C_{sol}$$

où :

C : concentration/pureté du réactif dans le produit ou la solution chimique (pourcentage à exprimer au format décimal) ;

M_R : masse molaire du réactif (g/mol) ;

M_{PC} : masse molaire du produit chimique (g/mol) ;

C_{sol} : concentration/pureté du produit chimique dans la solution (pourcentage à exprimer au format décimal).

17.5.1 Conditions de conception

17.5.1.1 Débits et charges

Les équipements de dosage de produits chimiques (p. ex. pompe d'injection) devraient être suffisamment flexibles pour couvrir toutes les situations d'exploitation. Par exemple, ils devraient répondre aux besoins de dosage d'une dose maximale (mg/l) pour un débit d'affluent ou de boues maximal (Davis, 2010) et à ceux d'une dose minimale (faible dose, débit minimum). En raison de la différence entre les besoins de dosage actuels et futurs, des unités de différente capacité peuvent être mises en place si les équipements

ne présentent pas une marge de réglage (ratio Q_{min}/Q_{max}) suffisante. Lors de la conception, le choix d'installer la capacité requise pour un horizon plus court que le reste de la station peut être techniquement justifié en plus d'être économiquement intéressant. Il faut cependant prévoir les emplacements requis pour les unités supplémentaires futures, sauf si l'on préfère remplacer les plus petites unités par de plus grosses (Davis, 2010).

Les stations d'épuration aux prises avec de très grandes variations horaires ou journalières de débit et/ou de charge sont sujettes à présenter des besoins de dosage très variables au cours de la journée ou de la semaine. C'est le cas des petites stations d'épuration avec apport de nuit très réduit ou de celles avec des apports industriels ponctuels importants. Dans ce contexte, les pompes d'injection devraient avoir de grandes plages de capacité, ou alors le système devrait inclure plusieurs pompes de différentes capacités. Les pompes devraient dans ce cas être asservies à un système d'instrumentation et de contrôle.

17.5.1.2 Redondance

Lorsque des produits chimiques « critiques » sont dosés, il faut prévoir minimalement une pompe d'injection en réserve pour pallier le dysfonctionnement de celle(s) en fonction. La ou les pompes de réserve devraient permettre de remplacer la pompe présentant la plus grande capacité (Davis, 2010).

17.5.2 Automatisation du dosage

Différents modes de contrôle du dosage des produits chimiques sont possibles dont l'ajustement manuel, le dosage proportionnel au débit (contrôle par prévision), le dosage préprogrammé ou le dosage asservi à un analyseur en ligne (contrôle par rétroaction). Les différentes boucles de contrôle et l'équipement d'automatisation sont présentés au chapitre 18.

Ce sont les systèmes à ajustement automatique qui optimisent le mieux le dosage des produits chimiques en temps réel. Ces systèmes augmentent la fiabilité et la stabilité du traitement et permettent aux opérateurs de réagir plus rapidement en cas de problème. Comme les dosages asservis (temps, débit, concentration) sont plus coûteux et complexes d'exploitation, ils se retrouvent typiquement dans de grandes stations. Leur utilisation peut toutefois être appropriée dans les petites stations où la présence des opérateurs est ponctuelle et où les risques de sous-dosage ou de surdosage de produits chimiques sont importants. De telles situations peuvent avoir des conséquences notables sur le traitement et/ou le respect des normes de rejet (p. ex. déphosphatation). Le relais des signaux et des alarmes peut augmenter la fiabilité de la station et permettre aux opérateurs d'assurer le maintien à distance des services de la station en tout temps. La réalisation d'une analyse de fiabilité permet de justifier l'installation de systèmes de contrôle automatisé des dosages de produits chimiques dans les petites installations.

Dans le cas d'un ajustement du pH, le dosage de produits basiques (surtout s'il s'agit d'une base forte) devrait s'arrêter automatiquement lorsque la valeur cible est atteinte. Un message d'alarme devrait être transmis à l'exploitant lorsque le pH sort de la gamme de valeurs cibles.

Lorsque le débit d'eaux usées est discontinu au point d'injection en raison d'un pompage intermittent non temporisé par les unités de traitement préalable, il peut être requis d'asservir le fonctionnement des pompes doseuses à celui des pompes d'eaux usées en amont.

17.5.3 Équipements de dosage

17.5.3.1 Généralités

17.5.3.1.1 Conduites

La tuyauterie des systèmes de dosage devrait être aménagée de façon à en faciliter l'entretien préventif ainsi que les interventions curatives, advenant une cristallisation à la suite notamment d'une baisse de

température excessive. Les conduites devraient donc être équipées de points de drainage et de ports de nettoyage.

Les conduites devraient être protégées contre le gel et rester facilement accessibles sur toute leur longueur. La longueur des conduites devrait par ailleurs être minimisée dans la mesure du possible (MOE, 2008), surtout entre le réservoir de solution liquide et la pompe doseuse (AWWA et ASCE, 2005). Il est recommandé de supporter les conduites rigides en plastique tous les 1,2 m ou moins et celles en métal tous les 3 m ou moins (AWWA et ASCE, 2005). Il est utile de prévoir des joints de démontage par endroits. Lorsque les conduites sont enfouies, elles devraient être installées dans une gaine (conduite de diamètre supérieur) pour les protéger des travaux d'excavation et permettre la détection de fuite. De plus, le rayon de courbure de la gaine et/ou la présence de regard(s) devraient faciliter l'introduction d'une conduite de remplacement, au besoin.

Le diamètre minimal des conduites recommandé est de 12 mm, sauf si la solution transportée risque de créer des dépôts (entartrage, etc.). Dans ce cas, le diamètre minimal devrait être de 25 mm (MOE, 2008).

Les vannes d'isolement présentes sur les conduites ne devraient pas comporter d'éléments restreignant l'écoulement de la solution lorsqu'elles sont complètement ouvertes. Les vannes guillotines et les vannes à pointeau sont aussi déconseillées. Les vannes à bille, les vannes à diaphragme et les vannes à boisseau sont généralement utilisées lorsque la solution transportée est exempte de matières en suspension. Les vannes à pincement sont plus adaptées pour le transport de solutions contenant des matières en suspension et permettent également de moduler le débit (AWWA et ASCE, 2005).

17.5.3.1.2 Pompes doseuses

Les pompes doseuses sont des pompes à déplacement positif (à piston, à diaphragme, à cavité progressive ou péristaltiques). Il est préférable qu'elles soient à vitesse variable.

Les pompes péristaltiques sont particulièrement bien adaptées aux faibles débits entre quelques millilitres par minute et 1 L/min (Davis, 2010). Les pompes à cavité progressive sont plus appropriées pour les liquides visqueux (p. ex. polymères).

Lorsque le débit de dosage est faible, la marge de réglage des pompes à piston et à diaphragme ne devrait pas dépasser 10 : 1 pour assurer la précision du dosage, voire 5 : 1 pour assurer sa stabilité à faible vitesse (AWWA et ASCE, 2005).

Toutes les pompes à déplacement positif devraient être immédiatement suivies d'une vanne de relâche pour éviter toute surpression (AWWA et ASCE, 2005) qui pourrait mener à l'explosion des conduites de refoulement. Parfois, une telle vanne est déjà intégrée à la pompe. La solution passant au travers de la vanne de relâche peut être retournée dans le réservoir d'entreposage ou juste en amont de la pompe doseuse.

Pour assurer un fonctionnement constant des pompes à diaphragme, on devrait installer des vannes de contre-pression sur la ligne de refoulement. Elles permettent d'éviter l'écoulement par gravité ou la création d'un effet de siphon lorsque la pression est basse au niveau du point d'injection (situation habituelle ou chute de pression accidentelle). On recommande une contre-pression de 207 kPa (30 psig) comme point de consigne minimale (AWWA et ASCE, 2005).

Un atténuateur de pulsation peut être installé entre la pompe et la vanne de contre-pression pour égaliser l'écoulement et atténuer les coups de bélier (AWWA et ASCE, 2005). Même en présence de celui-ci, la pression nominale des conduites devrait correspondre à 150 % de la pression d'exploitation moyenne prévue (AWWA et ASCE, 2005).

Lorsque la pompe est située à une élévation supérieure à celle du niveau de liquide dans le réservoir, il est recommandé de prévoir un clapet de pied sur la conduite de succion de la pompe doseuse pour éviter que la colonne d'aspiration se vide.

Comme les pompes doseuses déplacent le fluide par pulsation, les conduits de succion et de refoulement à proximité de la pompe devraient être suffisamment flexibles pour résister aux pulsations, mais tout de même rigides pour supporter la pression. On recommande l'utilisation de tuyaux renforcés (MOE, 2008).

17.5.3.1.3 Instrumentation

Selon les variables de contrôle utilisées pour l'asservissement du dosage de produits chimiques, on doit utiliser des instruments de mesure des paramètres cibles (p. ex. débitmètre, sonde de pH, analyseur d'o-PO₄). Des débitmètres peuvent aussi être installés sur les conduites d'injection pour simplifier le suivi de la consommation de produits chimiques et faciliter l'automatisation du dosage (boucle de contrôle).

Pour vérifier la pression dans les conduites, il faut installer des manomètres à membrane (aussi appelés manomètres à diaphragme). La présence de la membrane empêche la solution chimique d'entrer en contact avec l'instrument.

17.5.3.2 Dosage d'une solution chimique

Outre les pompes doseuses, le dosage d'une solution chimique requiert des instruments de calibration constitués de cylindres gradués avec un jeu de vannes d'isolement. La solution ayant servi à la calibration est retournée dans le réservoir d'entreposage.

Selon la nature du produit, la présence d'un réservoir journalier est souvent recommandée dans la documentation technique pour différentes raisons :

- Permettre la dilution des solutions commerciales trop concentrées (M&EA, 2014).
- Suivre plus facilement la quantité journalière de produit dosé dans les petites installations s'il n'y a pas de débitmètre (Gouvernement de l'Alberta, 2012).
- Limiter la quantité de solution dans la zone de dosage, ce qui diminue les pertes en cas de bris de la conduite de succion entre le réservoir et la pompe (AWWA et ASCE, 2005).
- Assurer une hauteur statique (NPSH) quasiment constante à la succion de la pompe doseuse (AWWA et ASCE, 2005).

Le réservoir journalier devrait avoir la capacité de contenir le volume de solution consommé durant une période de 30 heures (MOE, 2008). Son alimentation se fait à l'aide de pompes de transfert, généralement des pompes centrifuges (AWWA et ASCE, 2005). Il devrait être pourvu d'équipements de mesure du niveau, de même que d'éléments de contrôle pour éviter tout débordement (AWWA et ASCE, 2005; MOE, 2008). On doit disposer, autour du réservoir journalier, d'un bassin de confinement respectant les critères présentés à la section 17.4.2.3.

La Figure 17.5.3-1 présente un schéma de système de dosage typique d'une solution chimique.

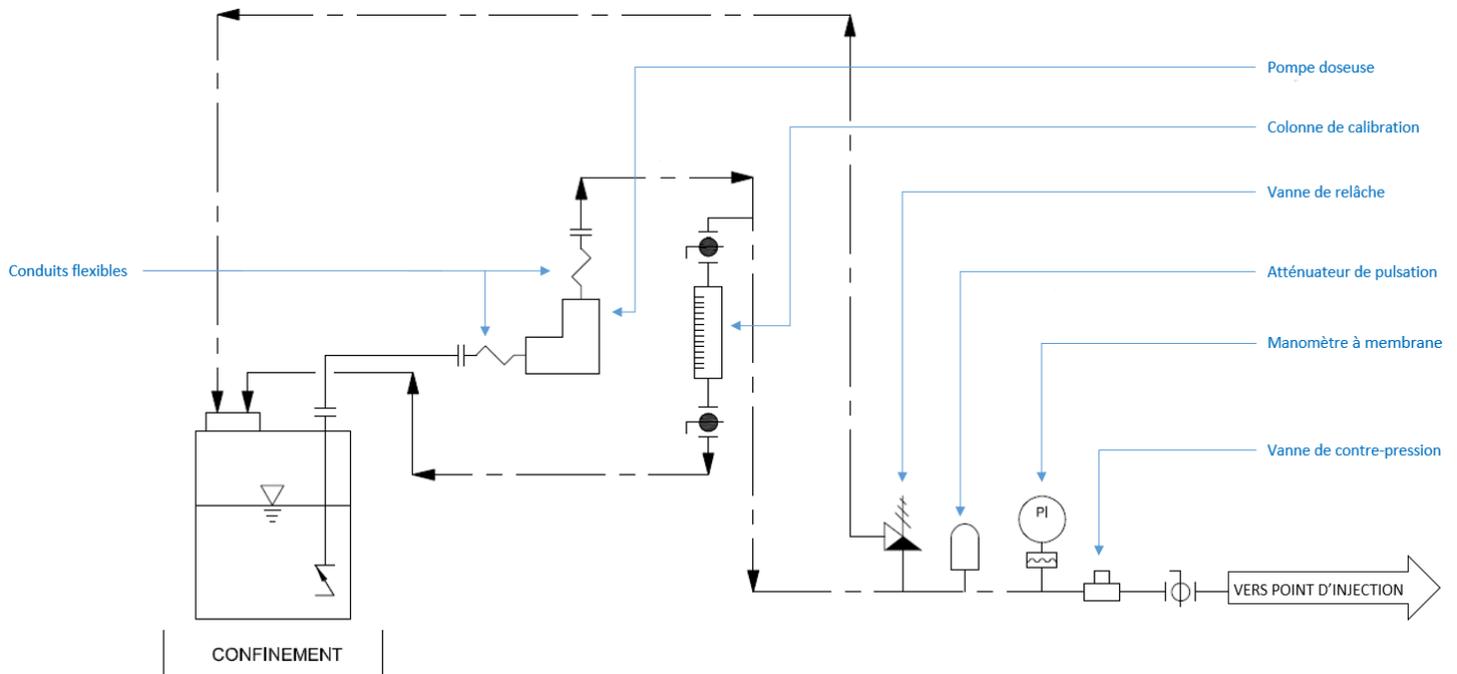


Figure 17.5.3-1 – Exemple de système de dosage d’une solution chimique

Cas des polymères en émulsion

Les polymères en émulsion sont des polymères concentrés dans de l’huile. Ces solutions ne présentent pas de viscosité contraignante pour le pompage ni de solubilité limitée malgré la concentration élevée en polymère. Il est important d’activer les polymères en émulsion avant leur utilisation. Cette activation se fait en deux étapes. La première consiste en une rupture de l’émulsion (dispersion de l’huile dans de l’eau) permise par un fort mélange durant une brève période (quelques secondes). La seconde étape consiste en une maturation (vieillessement) de la solution dans une zone de mélange calme, ce qui permet au floculant de devenir actif. La durée de maturation dépend du type de polymère; elle s’étend de quelques minutes à 0,5 h, voire plus en eau froide (WEF et ASCE, 2018).

17.5.3.3 Préparation et dosage d’un produit chimique sec

Comparativement aux produits chimiques liquides, les produits solides sont souvent moins chers à l’achat, mais leur utilisation s’accompagne généralement de coûts d’exploitation et d’entretien supérieurs. Elle requiert également une attention accrue (Suez, 2020).

Un produit chimique livré sous format sec est en général dissous avant l’injection. On devrait donc prévoir l’espace et les systèmes requis pour la dissolution lors de la conception, en plus de ceux pour l’entreposage.

Tout d’abord, le produit chimique sec devrait être introduit manuellement ou de façon automatisée dans un cône d’alimentation. Il tombe ensuite dans une trémie de stockage qui alimente un cône de mouillage. Dans les systèmes automatisés, on devrait installer un système de vibration sur la trémie et le cône de mouillage pour éviter le pontage du produit sec et un blocage de l’alimentation. L’eau de service et le produit chimique sont mélangés dans un réservoir de préparation. Par la suite, la solution de produit chimique peut être entreposée dans un autre réservoir au besoin (M&EA, 2014). Des pompes doseuses à déplacement positif permettent enfin d’envoyer cette solution vers le point d’injection. Le transport de la solution se fait

généralement à l'aide d'eau de service dont l'écoulement est à débit constant. Il est recommandé de mesurer les débits de solution de produit chimique et d'eau de transport indépendamment l'un de l'autre.

La Figure 17.5.3-2 présente un schéma de système de préparation et de dosage typique d'un produit chimique sec.

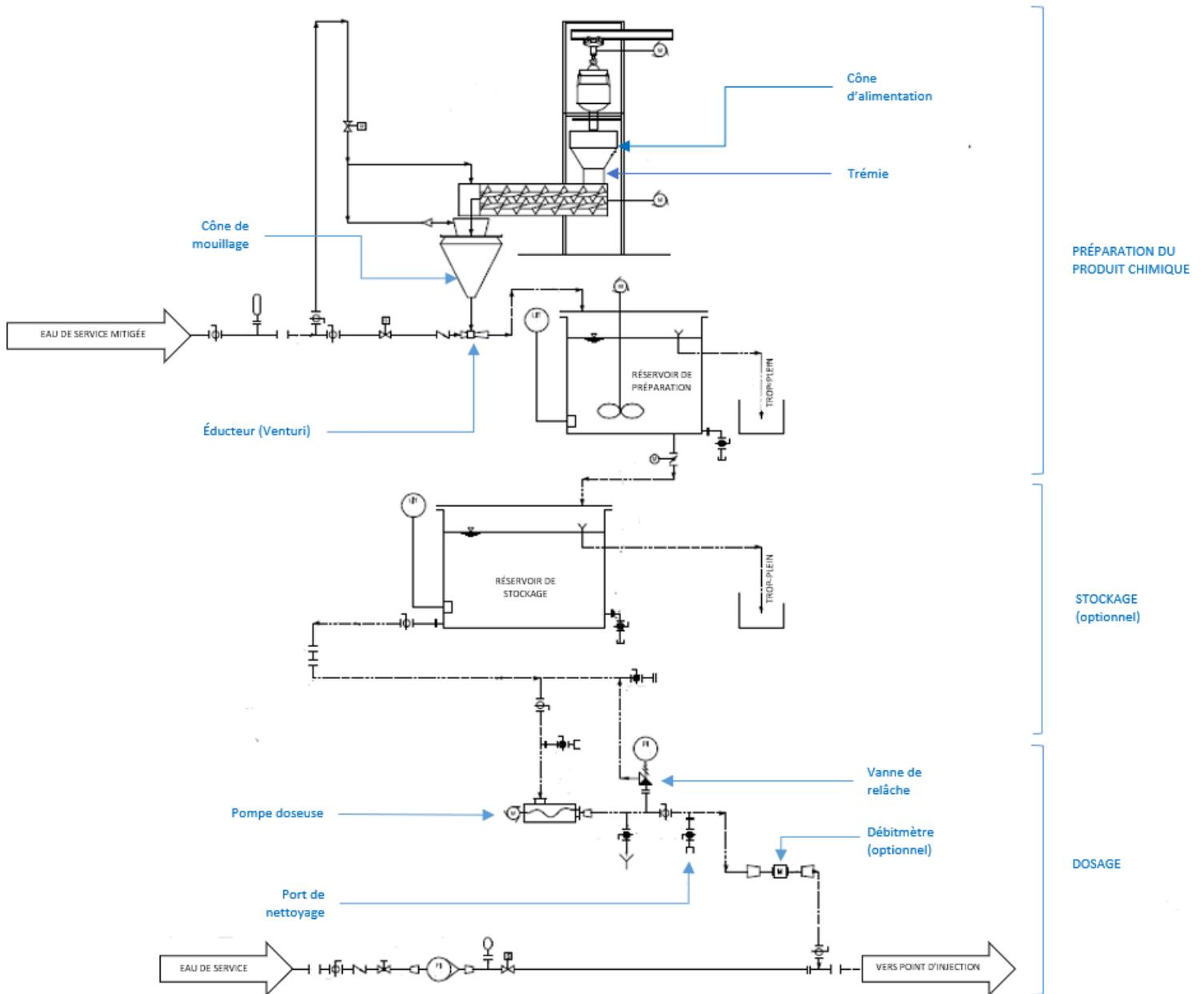


Figure 17.5.3-2 – Exemple de système de préparation et de dosage d'un produit chimique sec

Les cônes d'alimentation peuvent être de deux types :

- **Volumétriques :**
Cela signifie qu'ils mesurent le volume de solide versé. Leur précision est de 1 % à 5 %. Ce type de cône présente un coût d'achat faible. En revanche, il requiert une calibration manuelle régulière et il ne s'ajuste pas lorsque la masse volumique du produit change. Ses ouvertures, qui sont de taille fixe, peuvent par ailleurs se boucher (AWWA et ASCE, 2005).
- **Gravimétriques :**
Cela signifie qu'ils pèsent la quantité de solide versée. Leur précision est de 0,5 % à 1 %. Ce type de cône est préférable pour les produits secs peu uniformes et dont la masse volumique peut varier (AWWA et ASCE, 2005).

Le système d'alimentation en produit sec devrait être confiné (MOE, 2008) et idéalement pourvu d'un système de collecte de poussière. Si le produit est sous forme de poudre compressible, la trémie devrait être équipée d'agitateurs (M&EA, 2014).

Le volume du réservoir de préparation dépend du temps de rétention hydraulique requis pour dissoudre adéquatement le produit chimique sec. Le TRH au dosage maximal devrait être d'au moins 5 min (WCGLUMR, 2014). Pour du polymère, le TRH varie de 30 min à 2 heures (WEF et ASCE, 2018). Le mélange est réalisé par des agitateurs mécaniques à vitesse variable (WEF et ASCE, 2018).

17.5.4 Point d'injection et de mélange

Selon le type de station d'épuration, les coagulants, polymères et autres produits chimiques peuvent être ajoutés à de multiples endroits dans la filière liquide (p. ex. prétraitement, traitement primaire, secondaire ou tertiaire) ou la filière solide (p. ex. surnageant du bassin d'accumulation, déshydratation).

L'injection peut se faire à l'aide d'un liquide transporteur qui permet, par la même occasion, de diluer le produit chimique (notamment pour la régulation du pH). L'effluent du bassin de traitement peut parfois être utilisé comme liquide transporteur.

Dans les petites installations, le dosage de produits chimiques peut être réalisé en utilisant des ouvrages en place pour des raisons de simplification et de réduction de coûts. Le dosage de coagulant à même un regard de transfert interétang avec mélange rapide à l'air provenant de la conduite principale en est un bon exemple (voir Figure 14.1.3-5 du chapitre 14). La présence ponctuelle de l'opérateur dans les petites stations d'épuration peut rendre plus difficiles l'optimisation des dosages et le maintien de bons rendements. Il est donc important d'en tenir compte lors de la conception des installations ; on peut prévoir des systèmes asservis et des relais des signaux à cet effet. Il faut également vérifier que les équipements réutilisés respectent les critères de conception requis pour un dosage et un mélange adéquats des produits chimiques dans la grande majorité des conditions d'exploitation.

17.5.4.1 Injection de coagulant

Pour assurer sa dispersion immédiate, un coagulant devrait être injecté dans une zone de mélange rapide où toutes les eaux usées à traiter s'écoulent (p. ex. réservoir dédié, conduite sous pression avec ou sans mélangeur statique, boîte de répartition des décanteurs, etc.). Si l'agitation est insuffisante, les sels métalliques qui sont plus denses que les eaux usées risquent de couler (US EPA, 2008). Les critères de mélange rapide sont fournis au chapitre 4, tandis que les détails sur l'injection de coagulant pour la déphosphatation chimique sont indiqués au chapitre 14.

17.5.4.2 Injection de polymère

L'ajout de polymère pour aider à la floculation des particules se fait dans une zone de mélange en continu (p. ex. réservoir dédié, zone centrale de répartition de l'affluent d'un décanteur, etc.). Les critères de mélange lent sont également détaillés au chapitre 4.

17.5.4.3 Injection de produits alcalins

A priori, l'injection de produits alcalins peut s'effectuer à plusieurs endroits dans une station d'épuration.

Lorsqu'une neutralisation du pH est requise en raison de l'ajout d'un coagulant, le produit alcalin devrait idéalement être injecté en aval du point d'injection du coagulant. De plus, il est déconseillé de mélanger un produit basique avec un coagulant (produit acide) avant leur injection dans les eaux usées à traiter, car cela pourrait accroître la production d'hydroxydes métalliques au détriment de la formation de précipités de phosphates métalliques. Le concepteur des équipements de manutention, d'entreposage et de dosage devrait se référer aux recommandations des fournisseurs des produits.

Chaque système de dosage de produits alcalins devrait être accompagné d'un système de dosage d'acide (et réciproquement) pour contrebalancer tout surdosage éventuel.

- **Bassin de neutralisation du pH**

Sachant que l'ajout d'une base peut entraîner une forte augmentation du pH, il est recommandé de faire la neutralisation du pH dans un ou plusieurs bassins réservés à cette fonction. Deux paramètres sont prépondérants pour atteindre l'équilibre de la réaction de neutralisation : le temps de mélange et sa qualité (WEF, 2008).

Au débit maximum, le temps de rétention hydraulique dans le bassin de neutralisation devrait être d'au moins 10 minutes. Au débit moyen, le TRH est généralement de 15 à 30 minutes (WEF, 2008).

Pour un mélange optimal, le bassin de neutralisation devrait préférablement avoir une forme cubique ou cylindrique de même qu'une profondeur égale à son diamètre (WEF, 2008). Le mélange peut être effectué mécaniquement, par injection d'air ou hydrauliquement à l'aide d'une boucle de recirculation. La puissance de mélange typiquement requise est de 0,04 à 0,08 kW/m³ (WEF, 2008). Par ailleurs, le mélange devrait être suffisant pour limiter le « temps mort » à moins de 5 % du TRH du bassin. Le « temps mort » correspond au délai entre l'ajout du produit chimique et la détection de la variation du pH. Il peut être assimilé au temps requis pour mélanger le volume d'eau du bassin au complet, soit le temps de renouvellement. Une valeur faible est nécessaire pour que le système de contrôle du pH puisse ajuster le dosage du produit chimique en temps réel (WEF, 2008).

Les bassins de neutralisation peuvent fonctionner soit en cuvée, soit en continu.

Contrôle du pH par cuvée

Le contrôle du pH par cuvée requiert au moins deux bassins de neutralisation fonctionnant en alternance ou alors un bassin de neutralisation en aval d'un bassin d'égalisation suffisamment volumineux (WEF, 2008). Cette méthode d'ajustement du pH s'applique préférablement aux installations traitant un débit inférieur à 380 m³/d (WEF, 2008). Le contrôle par cuvée est plus simple et potentiellement plus fiable que celui en continu, car les eaux usées ne sont évacuées du bassin qu'une fois le pH cible atteint. On recommande d'attendre 5 minutes après l'atteinte de la valeur cible pour valider la stabilité du pH (WEF, 2008). Les bassins de neutralisation devraient comporter des flottes de niveau. L'injection du produit chimique peut se faire durant la phase de remplissage ou une fois le bassin plein (WEF, 2008). Le volume de chacun des bassins devrait être suffisant pour assurer les différentes étapes du processus de neutralisation (remplissage, dosage, réaction et repos) au débit de pointe en fonction de la configuration des installations. Un schéma type d'un tel système de contrôle du pH est présenté à la Figure 17.5.4-1.

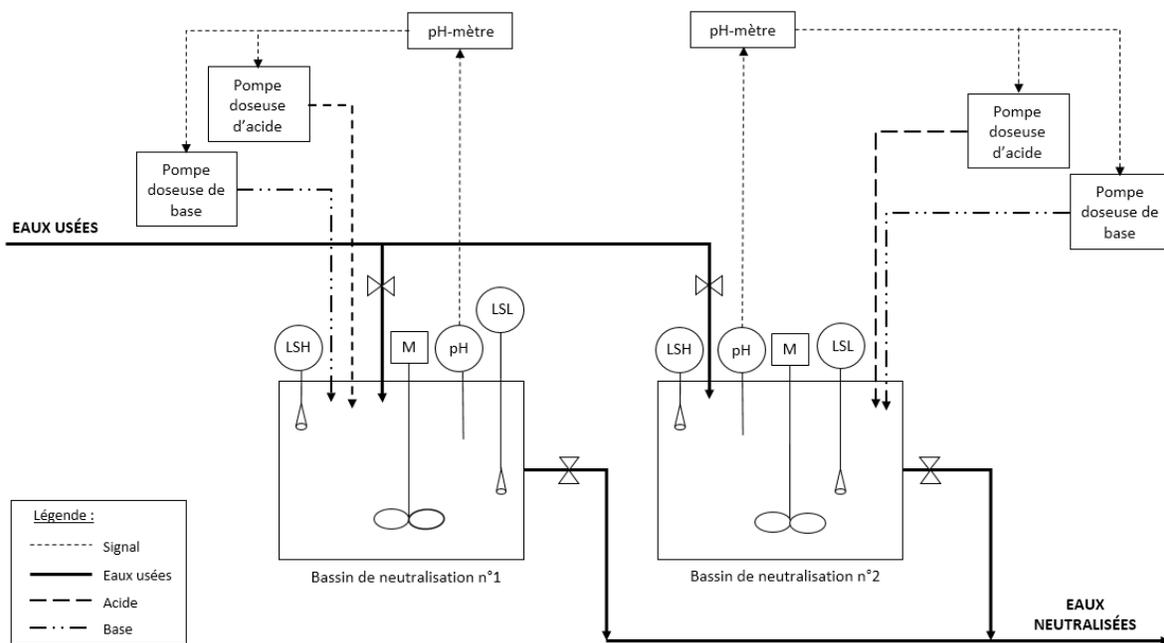


Figure 17.5.4-1 – Exemple de système de contrôle du pH par cuvée
Adaptée de WEF (2008)

Contrôle du pH en continu

La méthode d'ajustement du pH en continu est plus complexe que celle en cuvée. En général, un seul bassin de neutralisation suffit. Toutefois, lorsqu'on doit effectuer un ajustement important du pH (plus de deux unités de pH), il est préférable d'utiliser au moins deux bassins en série. Un ajustement grossier du pH est effectué dans le premier (avec une base forte par exemple). Ensuite, l'ajustement est finalisé dans le deuxième à l'aide d'une base faible étant donné le léger écart entre le pH des eaux et la valeur cible. En raison de la taille des bassins de neutralisation, la mesure du pH directement dans le bassin pourrait se révéler non représentative. Il est recommandé de procéder à cette mesure à l'effluent du bassin, en restant le plus près possible de celui-ci, ou sur une boucle de recirculation (WEF, 2008). Dans ce dernier cas, la sonde de pH devrait être située sur la conduite de refoulement de la pompe. On peut également surveiller le pH de l'affluent. Un schéma type d'un système de contrôle du pH en continu est présenté à la Figure 17.5.4-2.

Le produit chimique peut être ajouté dans l'affluent du bassin de neutralisation, à l'entrée de celui-ci ou dans la boucle de recirculation (WEF, 2008).

La valeur cible de pH devrait être conservatrice en raison de l'écoulement des eaux en continu. Cela signifie que, dans le cas de l'ajout d'un produit alcalin, la valeur cible devrait être moindre que la valeur maximale de pH que les eaux usées pourraient afficher selon les procédés de traitement subséquents ou la norme de rejet à l'effluent. Par exemple, pour une valeur maximale acceptable de 9,0, il convient de fixer la valeur cible à 8,5, voire 8,0 (WEF, 2008).

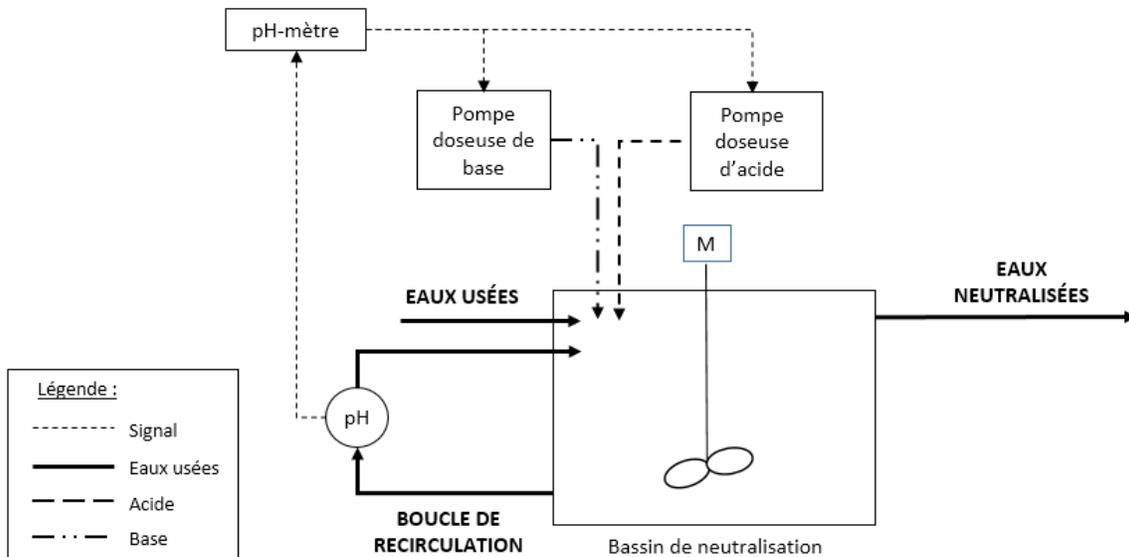


Figure 17.5.4-2 – Exemple de système de contrôle du pH en continu
Adaptée de WEF (2008)

- **Dosage directement dans un ouvrage de traitement**

L'ajustement du pH directement dans un ouvrage de traitement existant peut être acceptable si l'asservissement du dosage est fait en « temps réel » (c.-à-d. avec le moins de décalage possible). Le concepteur devrait donc tenir compte de la durée du temps mort dans l'ouvrage de traitement et juger avec discernement si cette méthode de dosage est applicable.

On devrait respecter le temps mort fixé à moins de 5 % du TRH pour un bassin de neutralisation. Pour les ouvrages bien mélangés à court temps de rétention, ce temps mort ne représente que quelques minutes, tandis que, pour ceux à long temps de rétention, comme les bassins complètement mélangés précédant les étangs, il peut facilement atteindre plusieurs heures. Sachant que le dosage d'une base forte peut conduire à des pH inadéquats pour l'activité de la biomasse ou pour le respect des normes de rejet, le temps mort devrait se limiter à quelques minutes. Dans le cas du dosage d'une base faible qui est beaucoup moins susceptible de hausser le pH à des valeurs trop élevées, un temps mort de plusieurs dizaines de minutes peut rester envisageable. Il faut se rappeler que plus le temps mort est élevé, moins la mesure du pH s'apparente à une lecture en temps réel et moins la boucle de rétroaction est réactive, ce qui peut causer des surdosages et des sous-dosages, donc des variations de pH importantes. Dans le cas de procédés où le mélange est relativement faible et le temps mort très élevé, tels que les étangs aérés, il est évident qu'une boucle de rétroaction serait inefficace. Il est alors requis d'installer un bassin de neutralisation.

L'injection du produit alcalin devrait se faire idéalement dans le premier tiers du réacteur. La sonde de pH peut être installée sur une boucle de recirculation, sur la conduite d'effluent du réacteur (en restant le plus près possible de celui-ci) ou possiblement dans son dernier tiers. Cette sonde devrait permettre la lecture en continu du pH, et les valeurs lues devraient servir de signal de contrôle pour la boucle de rétroaction. Le dosage de la base devrait avoir comme objectif de maintenir le pH dans une gamme de valeurs cibles conservatrices (p. ex. entre 7,0 à 7,2).

Il est recommandé que chaque réacteur ayant besoin d'alcalinité soit muni de sa propre sonde de pH et qu'il soit alimenté par une pompe doseuse qui lui est consacrée.

17.5.4.4 Injection d'autres produits chimiques

Les autres produits chimiques sont généralement injectés directement dans les bassins de traitement ciblés.

17.6 Installation

17.6.1 Installation des réservoirs et des équipements de dosage

17.6.1.1 Abritement des réservoirs

Si les conditions de conservation des produits chimiques le permettent, un abri constitué d'un toit et de trois murs peut minimalement être installé pour protéger les réservoirs contre les intempéries et le rayonnement du soleil. Ce type d'abri peut, par exemple, servir lors d'un dosage semi-annuel de sulfate ferrique liquide. Le réservoir devrait alors être en mesure de supporter des températures inférieures à 0 °C et être vidé au terme de la période.

Un bâtiment isolé et chauffé à une température minimale de 10 °C est toutefois préférable pour éviter la cristallisation, le gel ou l'augmentation de la viscosité du produit, rendant difficile son pompage. Un tel bâtiment permet l'usage d'une plus grande variété de produits chimiques, dont ceux nécessitant une solubilisation ou une dilution. Il est essentiel de vérifier auprès du fournisseur la température à laquelle le produit devrait être minimalement maintenu. Les points de congélation ou de cristallisation de certains produits chimiques sont fournis à titre indicatif au Tableau 17.2.1-1.

17.6.1.2 Localisation des pompes doseuses

Les pompes d'injection et les cylindres gradués devraient être installés dans un bâtiment chauffé.

17.6.1.3 Aménagement des salles d'entreposage et de dosage

Dans le bâtiment technique, il est recommandé que les salles d'entreposage et de dosage de produits chimiques soient munies de portes qui s'ouvrent vers l'extérieur de la pièce. Elles devraient aussi être équipées d'accessoires pour nettoyer tout déversement, ainsi que de douches d'urgence et oculaires (Gouvernement de l'Alberta, 2012). On recommande de prévoir un dégagement d'au moins 300 mm de large autour de chaque réservoir (MOE, 2008). De plus, le sol des salles où est entreposé, préparé ou dosé du polymère devrait être antidérapant (WEF, 2018).

Les salles d'entreposage de produits chimiques solides devraient être sèches (faible humidité) (WEF et ASCE, 2018) et ventilées en pression légèrement négative pour limiter le transfert de poussière dans les salles voisines. Il est également important de protéger les équipements électriques contre les fines poussières (Gouvernement de l'Alberta, 2012). Il est requis d'assurer une bonne ventilation des salles d'entreposage de produits chimiques liquides, car des vapeurs ou des odeurs désagréables peuvent se dégager des réservoirs, notamment dans le cas des polymères liquides (WEF et ASCE, 2018). Les équipements de ventilation devraient être résistants à la corrosion. Le chapitre 18 fournit d'ailleurs de plus amples informations à ce sujet.

Il est recommandé que les pompes et les connexions entre les éléments de conduites soient munies de pare-éclaboussures pour protéger les opérateurs. Les conduites transportant des produits corrosifs ou dangereux devraient être situées à une hauteur inférieure à celle de l'épaule. Autrement, un système de collecte des gouttes devrait être installé sous la conduite pour éviter tout écoulement sur les opérateurs (WCGGLUMR, 2014).

17.6.2 Compatibilité des matériaux avec les produits chimiques

Tous les matériaux du système de dosage (réservoir, pompe, tuyauterie, robinetterie) devraient être choisis en tenant compte de la nature corrosive des produits chimiques susceptibles de s'y écouler. Le Tableau 17.6.2-1 présente les matériaux recommandés pour les réservoirs et les conduites de distribution de certains produits chimiques ainsi que les protections à appliquer sur les surfaces en béton et les structures en acier carbone pouvant être en contact avec ceux-ci dans la filière de traitement. Une

vérification auprès des fournisseurs de matériaux est toutefois requise pour confirmer leur compatibilité avec les produits chimiques utilisés.

Tableau 17.6.2-1 – Matériaux et couches de protection recommandés pour le dosage de produits chimiques

(Adapté de WEF et ASCE, 2018)

Produit chimique	Béton	Structure en acier carbone	Conduites	Réservoirs	Quincaillerie
Alun	Couches d'époxy ou de vinylester		PVC, CPVC, FRP, acier inox 316	HDPE, FRP, acier inox 316	Acier inox
Sulfate ferrique	Couches de vinylester ou d'époxy	Couches d'époxy traité aux amines ou d'époxy	FRP, CPVC, acier inox	FRP, acier inox	Acier inox 316
Chlorure ferrique	Couches de vinylester ou d'époxy	Couches de vinylester ou d'époxy ^[A]	CPVC, FRP, titane	FRP	Titane
Polymères	Pas de protection requise	Couches d'époxy	PVC ou CPVC	HDPE, polypropylène, FRP	Acier inox
Acide sulfurique	Couches d'époxy ou de vinylester		Acier inox 304, CPVC	Acier carbone (avec assécheur-dessiccateur ou évent)	Acier inox
Hydroxyde de sodium	Couches d'époxy		Acier inox 304L, acier carbone	Acier inox 304L, FRP	Acier inox
Chaux (carbonate de calcium)	Pas de protection requise	Couches d'époxy	Acier carbone, fonte ductile, acier inox	Acier carbone	Acier carbone, acier inox

^[A] Encadrement, grille et rampe en FRP préférablement

17.7 Exploitation

17.7.1 Calibration

Tous les systèmes de dosage de produits chimiques devraient comporter un système permettant de procéder à la calibration périodique de la dose. Un cylindre gradué avec un jeu de vannes devrait être présent sur la ligne de refoulement des pompes d'injection à cet effet.

Les équipements d'automatisation (débitmètre, sonde, analyseur en ligne, etc.) devraient également être nettoyés et calibrés périodiquement. Ceux utilisés pour la neutralisation du pH requièrent une calibration hebdomadaire ou plus fréquente. De plus, on devrait tenir un registre des valeurs de pH.

17.7.2 Santé et sécurité

Il est important de consulter les fiches de données de sécurité⁶ des produits chimiques utilisés pour bien sélectionner l'équipement nécessaire à la sécurité des lieux et du personnel. La Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité au travail (CNESST) explique notamment en quoi consiste le *Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT)* et présente [quelques publications en lien avec celui-ci](#) sur son site Web.

De l'aire d'entreposage jusqu'aux points de mélange, les liquides se manipulent plus facilement que les produits secs. Advenant la réception de produits chimiques sous forme solide, leur mise en solution est généralement nécessaire avant leur acheminement aux points d'injection. Cette étape augmente le temps d'exposition et accroît les risques de contacts avec les travailleurs (peau, yeux, poumons). De plus, la manipulation de solides ayant une certaine dangerosité, p. ex. les produits acides, requiert une ventilation adéquate des aires de travail. Lorsqu'ils sont disponibles, les formats liquides devraient idéalement être favorisés; c'est le cas particulièrement pour les coagulants.

Les matières incompatibles, comme les acides et les bases, devraient être entreposées à l'écart les unes des autres. Il faut aussi s'assurer d'entreposer les produits inflammables loin des sources d'inflammation et des portes de sortie.

Étant donné sa manipulation et son entreposage risqués, la soude caustique (base forte liquide), utilisée pour l'ajustement de l'alcalinité, devrait être réservée aux stations d'épuration municipales mécanisées dont l'opérateur est présent en permanence.

On devrait assurer la présence de douches d'urgence et oculaires dans les différents espaces où sont entreposés ou manipulés des produits chimiques. Les douches d'urgence devraient être alimentées en eau potable à une température modérée (15-25 °C), à une pression entre 140 kPa et 350 kPa et à un débit continu de 1,3 L/s durant un minimum de 15 minutes (à valider avec les fiches de données de sécurité des produits utilisés) (Atlantic Canada, 2006). Les douches oculaires devraient permettre une irrigation continue de l'œil durant 15 à 30 min avec de l'eau potable à une température modérée (16-25 °C) (Atlantic Canada, 2006).

⁶ Anciennement appelées fiches signalétiques

17.8 Références bibliographiques

GOUVERNEMENT DE L'ALBERTA (2012). « Part 2 – Guidelines for municipal waterworks », *Standards and Guidelines for Municipal Waterworks, Wastewater and Storm Drainage Systems*, Edmonton, Alberta Queen's Printer, 90 p.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL SECTEUR « AFFAIRES MUNICIPALES » (APSAM) (2004). *Fiche technique n° 52 – Procédure de réception sécuritaire des produits chimiques*, 4 p.

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

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION ET AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (AWWA et ASCE) (2005). « Chapter 15 – Chemicals and chemical handling », *Water treatment plant design*, 4^e éd., McGraw-Hill.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ) (2011). *Méthode d'analyse, MA. 303 – Alc 1.0, Détermination de l'alcalinité totale par titrage à l'acide nitrique dans l'eau : méthode par titrateur automatique*, [En ligne], [<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA303Alc10.pdf>] (consulté le 31 mars 2015).

CANLER, P. et J. M. PERRET (2007). *Les clari-floculateurs plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire*, CÉMAGREF, FNDAE, n° 35, 80 p.

DAVIS, M. (2010). *Water and Wastewater Engineering – Design principles and practice*, [s. l.], WEF Press, McGraw-Hill Companies, 1 301 p.

DESJARDINS, R. (1997). *Le traitement des eaux*, 2^e éd., Presses internationales Polytechnique, 304 p.

HÉBERT, M. (2015). *Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : critères de référence et normes réglementaires*, Québec. 216 pages.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2015). *Guide de conception des installations de production d'eau potable*, [En ligne], mis à jour en décembre 2020, [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/index.htm>]

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2021). *Critères de qualité de l'eau de surface*, [En ligne]

[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0253]

[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0026]

[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_17.htm]

(consultés le 21 janvier 2021).

METCALF & EDDY INC. (2003). *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*, 4^e éd., New York, McGraw-Hill, 1 819 p.

METCALF & EDDY-AECOM (M&EA) (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*, 5^e éd., New York, États-Unis, McGraw-Hill Education, 2018 p.

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>]

POTASH CORP (2012). *Purified phosphoric acid H₃PO₄ – Technical information bulletin*, 28 p.

SUEZ (2020). *Handbook of industrial water treatment: Chapter 35 - Chemical Feed Systems*, [en ligne], [<https://www.suezwatertechnologies.com/handbook/chapter-35-chemical-feed-systems>] (consulté le 6 novembre 2020).

UNION DES MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC (UMQ) (2007). *Regroupements d'achats de l'UMQ – Procédure de réception sécuritaire des produits chimiques*, révision juillet 2014, 18 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (1976). *Process Design Manual for Phosphorus Removal*, EPA/625/1-76/001a, Great Lakes National Program Office. GLNPO Library, 286 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (1979). *Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal*, EPA 625/1-79-011, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, Center for Environmental Research Information Technology Transfer, 1 152 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (1987). *Design Manual – Phosphorus Removal*, EPA/625/1-87/001, Cincinnati, OH, Center for Environmental Research Information, Water Engineering Research Laboratory, 116 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (2008). *Municipal Nutrient Removal Technologies – Reference Document*, EPA/832/R-08/006, Office of Wastewater Management, Municipal Support Division, volumes 1 et 2, 449 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (2010). *Nutrient Control Design Manual*, EPA/600/R-10/100, Cincinnati, OH, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, 369 p.

WASTEWATER COMMITTEE OF THE GREAT LAKES - UPPER MISSISSIPPI RIVER BOARD OF STATE AND PROVINCIAL PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL MANAGERS (WCGLUMR) (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, 175 p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (1996). *Operation of municipal wastewater treatment plant*, Manuel of Practice MOP 11, 5^e éd., volumes 1, 2 et 3, 1 369 p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION et AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (WEF et ASCE) (2005). *Biological Nutrient Removal (BNR) Operation in Wastewater Treatment plants*, WEF Manual of Practice n° 29, McGraw-Hill, 597 p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (2008). *Industrial Wastewater Management, Treatment, And Disposal*, WEF Manual of Practice n° FD-3. 3^e éd., WEF Press. Alexandria, Virginie. McGraw-Hill. 568 p.

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.



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

Québec 