

GESTION DES MATIÈRES SOLIDES DESTINÉE À OPTIMISER LES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES

UNE RÈGLE DE L'ART DU GUIDE NATIONAL POUR DES
INFRASTRUCTURES MUNICIPALES DURABLES



Canada

NRC - CNRC



*Gestion des matières solides destinée à optimiser les stations d'épuration
des eaux usées*

Publication n° 1.0

Date de publication : avril 2004

© 2004 Fédération of canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada

N° ISBN 1-897094-61-2

Le contenu de la présente publication est diffusé de bonne foi et constitue une ligne directrice générale portant uniquement sur les sujets abordés ici. L'éditeur, les auteur(e)s et les organisations dont ceux-ci relèvent ne font aucune représentation et n'avancent aucune garantie, explicite ou implicite, quant à l'exhaustivité ou à l'exactitude du contenu de cet ouvrage. Cette information est fournie à la condition que les personnes qui la consultent tirent leurs propres conclusions sur la mesure dans laquelle elle convient à leurs fins; de plus, il est entendu que l'information ci-présentée ne peut aucunement remplacer les conseils ou services techniques ou professionnels d'un(e) spécialiste dans le domaine. En aucune circonstance l'éditeur et les auteur(e)s, ainsi que les organisations dont ils relèvent, ne sauraient être tenus responsables de dommages de quelque sorte résultant de l'utilisation ou de l'application du contenu de la présente publication.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------------|
| Introduction | v |
| Remerciements | vi |
| Résumé | vii |
| 1. Généralités | 1 |
| 1.1 Introduction..... | 1 |
| 1.2 Objet et portée..... | 1 |
| 1.3 Mode d'utilisation du document | 1 |
| 1.4 Glossaire | 1 |
| 2. Justification | 3 |
| 2.1 Contexte..... | 3 |
| 2.2 Avantages escomptés d'une meilleure gestion des matières solides | 3 |
| 2.3 Risques | 4 |
| 3. Description du travail | 5 |
| 3.1 Analyse de la comptabilisation des boues..... | 5 |
| 3.2 Bilans massiques de matières solides | 9 |
| 3.2.1 Bilan massique des matières solides dans le clarificateur primaire..... | 9 |
| 3.2.2 Bilan massique des matières solides dans le cas du traitement secondaire | 11 |
| 3.2.3 Données nécessaires | 14 |
| 3.3 Façons d'aborder la gestion des matières solides | 14 |
| 3.3.1 Clarificateurs primaires..... | 15 |
| 3.3.2 Traitement biologique..... | 17 |
| 3.3.3 Clarificateurs secondaires | 21 |
| 3.3.4 Digesteurs | 23 |
| 3.3.5 Fermenteurs | 24 |
| 4. Cas d'utilisation et limitations | 25 |
| 4.1 Cas d'utilisation | 25 |
| 4.2 Ressources | 25 |
| 4.3 Limitations..... | 25 |
| 5. Évaluation | 26 |
| Annexe A - Exemple de calcul de bilan massique | 32 |
| Annexe B - Exemple de calcul de moyenne mobile | 33 |
| Bibliographie | 34 |

TABLEAUX

| | |
|---|---|
| Tableau 3-1 : Taux types de production de boues..... | 6 |
| Tableau 3-2 : Exemple d'analyse de comptabilisation des boues | 8 |

| | |
|---|----|
| Tableau 3-3 : Valeurs servant à prévoir la production de boues dans les procédés de traitement biologique à biomasse en suspension..... | 12 |
| Tableau 3-4 : Valeurs de TRS types..... | 18 |
| Tableau 3-5 : Rapports EN/b types | 19 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 3-1 : Bilan massique des matières solides relatives à un clarificateur primaire..... | 10 |
| Figure 3-2 : Bilan massique des matières solides relatives à un clarificateur primaire avec flux de recirculation | 11 |
| Figure 3-3 : Bilan massique des matières solides relatives à une station avec système d'aération prolongée | 12 |
| Figure 3-4 : Chemin de la fermentation des boues primaires..... | 18 |

INTRODUCTION

INFRAGUIDE – INNOVATIONS ET RÈGLES DE L'ART

Pourquoi le Canada a besoin d'InfraGuide

Les municipalités canadiennes dépensent de 12 à 15 milliards de dollars chaque année dans le domaine des infrastructures, mais cela semble ne jamais suffire. Les infrastructures actuelles sont vieillissantes et la demande pour un plus grand nombre de routes de meilleure qualité, et pour de meilleurs réseaux d'eau et d'égout continue d'augmenter, en réaction à la fois aux normes plus rigoureuses en matière de sécurité, de santé et de protection de l'environnement, et à la croissance de la population. La solution consiste à modifier la façon dont nous planifions, concevons et gérons les infrastructures. Ce n'est qu'en agissant ainsi que les municipalités pourront satisfaire les nouvelles demandes dans un cadre responsable sur le plan fiscal et durable sur le plan de l'environnement, tout en préservant la qualité de vie.

C'est ce que le Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art (InfraGuide) cherche à accomplir.

En 2001, par l'entremise du programme Infrastructures Canada (IC) et du Conseil national de recherches Canada (CNRC), le gouvernement fédéral a uni ses efforts à ceux de la Fédération canadienne des municipalités (FCM) pour créer le Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide). InfraGuide est à la fois un nouveau réseau national de personnes et une collection de plus en plus importante de règles de l'art publiées à l'intention des décideurs et du personnel technique œuvrant dans les secteurs public et privé. En s'appuyant sur l'expérience et la recherche canadiennes, les rapports font état des règles de l'art qui contribuent à la prise de décisions et de mesures assurant la durabilité des infrastructures municipales dans six domaines clés : 1) la voirie municipale, 2) l'eau potable, 3) les eaux pluviales et les eaux usées, 4) la prise de décisions et la planification des investissements, 5) les protocoles environnementaux et 6) le transport en commun. On peut se procurer une version électronique en ligne ou un exemplaire sur papier des règles de l'art.

Un réseau d'excellence de connaissances

La création d'InfraGuide est rendue possible grâce à une somme de 12,5 millions de dollars d'Infrastructures Canada, des contributions de produits et de services de diverses parties prenantes de l'industrie, de ressources techniques, de l'effort commun des praticiens municipaux, de chercheurs et d'autres experts, et d'une foule de bénévoles du pays tout entier. En regroupant et en combinant les meilleures expériences et les meilleures connaissances des Canadiens, InfraGuide aide les municipalités à obtenir le rendement maximal de chaque dollar investi dans les infrastructures — tout en étant attentives aux répercussions sociales et environnementales de leurs décisions.

Des comités techniques et des groupes de travail formés de bénévoles — avec l'aide de sociétés d'experts-conseils et d'autres parties prenantes — sont chargés des travaux de recherche et de la publication des règles de l'art. Il s'agit d'un système de partage des connaissances, de la responsabilité et des avantages. Nous vous incitons à faire partie du réseau d'excellence d'InfraGuide. Que vous soyez un exploitant de station municipale, un planificateur ou un conseiller municipal, votre contribution est essentielle à la qualité de nos travaux.

Joignez-vous à nous

Communiquez avec InfraGuide sans frais, au numéro **1 866 330-3350**, ou visitez notre site Web, à l'adresse [*www.infraguide.ca*](http://www.infraguide.ca), pour trouver de plus amples renseignements. Nous attendons avec impatience le plaisir de travailler avec vous.

REMERCIEMENTS

Nous apprécions énormément le dévouement des personnes qui ont donné leur temps et partagé leur expertise dans l'intérêt du *Guide national pour des infrastructures municipales durables*, et nous les remercions.

La présente règle de l'art a été créée par des groupes intéressés des municipalités canadiennes et des spécialistes du Canada tout entier. Elle est fondée sur de l'information tirée de la revue des pratiques municipales et d'une analyse documentaire approfondie. Les membres du Comité du programme de gestion des biosolides du Guide national, dont on trouvera les noms ci-après, ont fourni des conseils et une orientation en rapport avec la rédaction du document. Ils ont été aidés par les employés de la Direction du guide et ceux de ERES Consultants, une division de Applied Research Associates Inc.

| | |
|---------------------------|--|
| J John Hodgson, président | Ville d'Edmonton (Alberta) |
| André Aubin | Ville de Montréal (Québec) |
| Richard Bonin | Ville de Québec (Québec) |
| David Calam | Ville de Regina (Saskatchewan) |
| Kulvinder Dhillon | Province de la Nouvelle-Écosse, Halifax (Nouvelle-Écosse) |
| Tom Field | Delcan Corporation, Vancouver (Colombie-Britannique) |
| Wayne Green | Ville de Toronto (Ontario) |
| Claude Ouimette | OMI Canada Inc., Fort Saskatchewan (Alberta) |
| Peter Seto | L'Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada, Burlington (Ontario) |
| Timothy A. Toole | Ville de Midland (Ontario) |
| Bilgin Buberoglu | Conseiller technique, CNRC |

De plus, le Comité aimerait remercier les personnes qui suivent pour leur participation aux groupes de travail et aux révisions par les pairs.

| | |
|------------------|--|
| Peter Seto | L'Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada, Burlington (Ontario) |
| Mark Rupke | Ville de Toronto (Ontario) |
| Susheel K. Arora | Municipalité du Comté de Colchester (Nouvelle-Écosse) |
| Graeme Faris | District régional de Comox-Strathcona (Colombie-Britannique) |
| André Marsan | Centre d'épuration Rive-Sud de Longueuil (Québec) |
| Gaétan Morin | Roche Ltée, Groupe-Conseil (Québec) |
| Vince Corkery | Ville d'Edmonton (Alberta) |
| Howard Brown | SNC-Lavalin, Montréal (Québec) |
| David Chapman | CPO Inc., Burlington (Ontario) |
| Gilles Marchi | SNC-Lavalin, Montréal (Québec) |
| Gary Nieminen | Ville de Regina (Saskatchewan) |
| Jan Oleskiewicz | Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba) |
| Barry Rabinowitz | CH2M HILL Canada Ltd., Burnaby (Colombie-Britannique) |

Cette règle de l'art n'aurait pu voir le jour sans le leadership et les conseils du comité directeur du projet et du comité directeur technique du *Guide national pour des infrastructures municipales durables* dont les membres sont comme suit :

Comité directeur du projet :

| | |
|------------------------|---|
| Mike Badham, président | Conseiller, Regina (Saskatchewan) |
| Stuart Briese | Portage la Prairie (Manitoba) |
| Bill Crowther | Ville de Toronto (Ontario) |
| Jim D'Orazio | Greater Toronto Sewer and Watermain Contractors Association (Ontario) |
| Derm Flynn | Maire, Appleton (Terre-Neuve) |
| David General | Cambridge Bay (Nunavut) |
| Ralph Haas | Université de Waterloo (Ontario) |
| Barb Harris | Whitehorse (Yukon) |
| Robert Hilton | Bureau de l'infrastructure, Ottawa (Ontario) |
| Joan Lougheed | Conseillère, Burlington (Ontario) |
| | Liaison avec les intervenants |
| Saeed Mirza | Université McGill, Montréal (Québec) |
| René Morency | Régie des installations olympiques, Montréal (Québec) |
| Lee Nauss | Conseiller, Lunenburg (Nouvelle-Écosse) |
| Ric Robertshaw | Région d'Halton, Ontario |
| Dave Rudberg | Ville de Vancouver (Colombie-Britannique) |
| Van Simonson | Ville de Saskatoon (Saskatchewan) |
| Basile Stewart | Maire, Summerside (Île-du-Prince-Édouard) |
| Serge Thériault | Environnement et Gouvernements locaux (Nouveau-Brunswick) |
| Alec Waters | Alberta Transportation, Edmonton (Alberta) |
| Wally Wells | Dillon Consulting Ltd. (Ontario) |

Comité technique directeur :

| | |
|-----------------------|---|
| Don Brynildsen | Ville de Vancouver (Colombie-Britannique) |
| Al Cepas | Ville d'Edmonton (Alberta) |
| Andrew Cowan | Ville de Winnipeg (Manitoba) |
| Tim Dennis | Ville de Toronto (Ontario) |
| Kulvinder Dhillon | Gouvernement de la Nouvelle-Écosse, Halifax (Nouvelle-Écosse) |
| Wayne Green | Ville de Toronto (Ontario) |
| John Hodgson | Ville d'Edmonton (Alberta) |
| Bob Lorimer | Lorimer & Associates, Whitehorse (Yukon) |
| Betty Matthews-Malone | Ville de Hamilton (Ontario) |
| Umendra Mital | Ville de Surrey (Colombie-Britannique) |
| Anne-Marie Parent | Conseillère, Montréal (Québec) |
| Piero Salvo | WSA Trenchless Consultants Inc., Ottawa (Ontario) |
| Mike Sheflin | Ancien APA de la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton (Ontario) |
| Konrad Siu | Ville d'Edmonton (Alberta) |
| Carl Yates | Halifax Regional Water Commission (Nouvelle-Écosse) |

Membre Fondateur

Association canadienne des travaux publics (ACTP)

RÉSUMÉ

La gestion efficace et adéquate des matières solides relatives à chaque procédé d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) est la meilleure technique à laquelle le personnel d'exploitation puisse avoir recours pour gérer le procédé. La gestion des matières solides a des répercussions directes sur l'efficacité de la station d'épuration, la capacité du procédé et les coûts d'exploitation du système. C'est la première étape essentielle de l'optimisation du fonctionnement d'une STEP.

Malgré son importance et l'accent mis sur le processus dans les manuels et les guides d'exploitation et de procédures, il reste que la gestion des matières solides qu'on retrouve dans une STEP ou dans le cadre du procédé unitaire qui constitue la station n'est pas toujours adéquat. La présente règle de l'art procure au personnel d'exploitation d'une STEP les renseignements de base dont ils ont besoin pour analyser la comptabilisation des boues et établir le bilan massique des matières solides pour chaque procédé en usage dans la station. Une règle de l'art générale, intitulée *Optimisation d'une station d'épuration des eaux usées*, a déjà été publiée par la direction du *Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art*.

La gestion efficace des matières solides qu'on retrouve dans une STEP permet :

- d'augmenter la capacité de chaque procédé distinct;
- de réaliser la nitrification sans avoir à accroître la capacité de traitement biologique;
- de réduire la consommation d'énergie et les coûts associés à l'aération durant le procédé biologique;
- de réduire les coûts de gestion des biosolides en diminuant la quantité de matières solides à traiter;
- d'améliorer les caractéristiques de décantation de la biomasse;
- de faciliter les opérations de la station et d'en augmenter la stabilité,
- d'améliorer de façon générale la qualité de l'effluent.

L'analyse de la comptabilisation des boues consiste à comparer la quantité de matières solides qui quitte la STEP sous forme de biosolides contenus dans l'effluent ou par d'autres voies (incinération, enfouissement, etc.) au volume théorique de matières solides qui aurait dû être produit par la station. L'analyse permet alors de confirmer les données d'exploitation et d'efficacité, d'évaluer la précision des procédés d'échantillonnage et des débitmètres de la station, en plus de contrôler la qualité des méthodes d'analyse en laboratoire. La présente règle de l'art illustre la méthode utilisée pour analyser la comptabilisation des boues dans le cas d'une installation hypothétique. Quand l'exercice révèle un écart important, il faut alors examiner les données sur l'efficacité de la station et vérifier la précision des débitmètres ou recourir à d'autres mesures avant

d'entreprendre des démarches dans le but d'optimiser le fonctionnement de la station.

La présente règle de l'art décrit, étape par étape, la marche à suivre pour établir le bilan massique des matières solides dans le cas des procédés simples et conservatifs, tels que les clarificateurs (ou décanteurs) primaires, et dans celui des procédés plus complexes et non conservatifs, tels que les systèmes de traitement biologique. On y décrit en outre les méthodes servant à gérer efficacement la quantité de matières solides relative à plusieurs procédés, notamment les clarificateurs primaires, les procédés de traitement biologique, les clarificateurs secondaires, les digesteurs de boues et les épaisseurs.

Pour tirer parti des avantages associés à l'optimisation d'une STEP, il faut utiliser le mécanisme de gestion des matières solides le mieux adapté à la configuration, à la taille et au type d'installation exploitée.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 INTRODUCTION

La présente règle de l'art résume les éléments clés de la gestion des matières solides dans une station d'épuration des eaux usées (STEP). On y présente les méthodes qui permettent d'effectuer une gestion adéquate en rapport avec toute une gamme de procédés, en plus des approches servant à déterminer si la gestion des matières solides est satisfaisante. La gestion efficace est la première étape essentielle de l'optimisation de la capacité et de l'efficacité d'une station d'épuration. Le document décrit une des étapes de l'optimisation d'une STEP, dont un aperçu a été publié par la direction du *Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art*, dans le document intitulé *Optimisation d'une station d'épuration des eaux usées*.

1.2 OBJET ET PORTÉE

La présente règle de l'art contient à l'intention des exploitants de stations d'épuration mécaniques de toutes sortes et de toutes tailles de l'information sur les approches à utiliser pour gérer les matières solides efficacement. Elle s'applique à la gestion des matières solides relative à divers procédés (p. ex. les réacteurs biologiques ou bioréacteurs, les clarificateurs et les digesteurs) en usage dans les stations d'épuration.

La gestion des matières solides est l'un des paramètres de la régulation de procédés les plus importants qui ont de grandes répercussions sur l'efficacité et l'efficience de la station, sa capacité et les coûts d'exploitation connexes. La gestion précise des matières solides permet d'assurer un contrôle exact des paramètres opérationnels clés tels que le rapport éléments nutritifs-biomasse (EN/b), le temps de rétention des matières solides (TRS), l'âge des boues, le niveau du lit de boues dans les clarificateurs, les charges de matières solides et les autres paramètres. En règle générale, lorsque les matières solides sont bien gérées durant le procédé, la station d'épuration fonctionne de façon stable et efficace.

1.3 MODE D'UTILISATION DU DOCUMENT

La présente règle de l'art procure au personnel d'exploitation d'une STEP les renseignements de base dont ils ont besoin pour établir le bilan massique des matières solides relatif à chaque procédé utilisé dans la station et comptabiliser les boues. Les avantages pouvant découler de la gestion adéquate de ces matières sont décrits à la section 2.

Le concept de l'analyse de la comptabilisation des boues est exposé à la section 3.1. Les méthodes servant à établir le bilan massique des matières solides sont présentées à la section 3.2, depuis les procédés simples dans lesquels il n'y a ni création ni destruction de matières solides (procédés conservatifs) jusqu'aux procédés plus complexes dans lesquels il y a création ou destruction de matières solides (procédés non conservatifs).

La section 3.3 contient la description de certaines méthodes qui peuvent servir dans le cadre de divers procédés courants à gérer les matières solides efficacement et à obtenir certains des avantages mentionnés à la section 2.

1.4 GLOSSAIRE

Azote total Kjeldahl (ATK)— Somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal contenus dans un échantillon d'eau, exprimée en mg/L.

Bioréacteur — Composante de la STEP dans laquelle se produisent les réactions biologiques, entre autres l'oxydation de la DBO₅, la nitrification, la dénitrification et la déphosphatation biologique. Les termes « bioréacteur », « réacteur biologique », « bassin d'aération » et « réservoir d'aération » sont employés de façon interchangeable dans le texte.

Boues activées de retour (BAR)— Partie des boues activées qui se détache de la liqueur mixte dans les décanteurs (ou clarificateurs) secondaires et retourne aux bassins d'aération.

Boues activées excédentaires (BAE)— Excédent de boues activées qui se détache durant le procédé de traitement biologique.

Demande biochimique en oxygène (DBO) — Quantité d'oxygène, exprimée en mg/L, consommée durant l'oxydation biochimique des matières organiques pendant un temps donné (p. ex. DBO à cinq jours ou DBO₅) à une température de 20° C.

Demande chimique en oxygène (DCO) — Quantité d'oxygène utilisée pour oxyder par voie chimique des substances organiques selon des procédés en laboratoire normalisés; elle est exprimée en milligrammes par litre.

Matières solides en suspension dans la liqueur mixte (MSLM) — Concentration de matières sèches (mg/L) de la biomasse en suspension dans la liqueur mixte du bassin d'aération de la station d'épuration (boues activées ou aération prolongée).

Matières volatiles en suspension dans la liqueur mixte (MVSLM) — Matières solides de diverses natures en suspension dans un liquide et susceptibles d'être séparées de celui-ci par décantation, filtration ou centrifugation.

Rapport éléments nutritifs-biomasse (EN/b) — Rapport entre la charge massive dans l'affluent (généralement exprimée en kg/j) de la DBO ou de la DCO et la masse de matières volatiles en suspension dans un bassin d'aération servant à épurer les eaux usées. Les unités EN/b s'expriment généralement en d⁻¹.

Temps de rétention des matières solides (TRS) (Âge des boues c)— Mesure de la durée théorique pendant laquelle la particule de matières solides en suspension séjourne en moyenne dans le bioréacteur. Cette durée est généralement exprimée en jours et on l'appelle aussi âge des boues ou temps de séjour moyen dans la cellule.

Total des solides en suspension (TSS)— Matières solides présentes dans un échantillon d'eau, qui sont captées sur le papier filtre à la suite du filtrage de l'échantillon; elles sont exprimées en mg/L.

2. JUSTIFICATION

2.1 CONTEXTE

La Water Pollution Control Federation (WPCF, qui s'appelle maintenant la Water Environment Federation, WEF), affirme dans son *manuel de pratiques* n° 11 intitulé *Operation of Wastewater Treatment Plants* (WPCF, 1990) que la gestion des matières solides dans le système est une technique importante utilisée pour réguler le procédé de traitement par les boues activées. L'évacuation de boues a plus d'incidence sur le procédé que tout autre réglage. L'énoncé pourrait en fait s'appliquer à la quasi-totalité des procédés d'épuration des eaux usées en usage aujourd'hui. L'importance de la gestion des matières solides durant les opérations d'épuration des eaux usées a été mise en relief dans les manuels, les guides d'exploitation et les cours de formation des opérateurs pratiquement depuis qu'on a commencé à épurer les eaux usées pour protéger les cours d'eau contre les effets de l'activité humaine. La gestion des matières solides a des répercussions directes sur l'efficacité de la station, la capacité du procédé et les coûts d'exploitation, et elle constitue donc un volet essentiel de l'optimisation d'une STEP.

Malgré l'importance qu'elle revêt dans une station d'épuration des eaux usées, il arrive souvent que la gestion des matières solides ne soit pas efficace dans les conditions réelles d'exploitation. En 1991–1992, on a mené une enquête visant à déterminer les principaux facteurs qui contribuent à la piètre efficacité des STEP municipales (XCG Consultants Ltd., 1992). Dans le cadre de l'enquête, qui touchait 19 stations en Ontario, on a évalué les répercussions des facteurs d'exploitation, d'administration et de conception sur l'efficacité de l'installation. L'évacuation et l'élimination inadéquates des boues constituent le plus souvent le facteur le plus important qui restreint l'efficacité des stations. Aux États-Unis, on est arrivé aux mêmes conclusions (Gray et coll., 1979; Hegg et coll., 1979, 1980). Les raisons pour lesquelles la gestion des matières solides est inadéquate dans les STEP sont multiples et variées. La mauvaise gestion des matières solides a comme conséquence directe la détérioration de la qualité de l'effluent. Indirectement, il en résulte une diminution de la capacité de la station d'épuration ainsi qu'une augmentation des coûts d'exploitation liés à la gestion de la consommation électrique et des biosolides.

2.2 AVANTAGES ESCOMPTÉS D'UNE MEILLEURE GESTION DES MATIÈRES SOLIDES

La gestion efficace des matières solides dans une STEP contribue à :

- accroître la capacité de chaque procédé distinct;
- réaliser la nitrification sans avoir à accroître la capacité de traitement biologique;

- réduire la consommation d'énergie et les coûts associés à l'aération durant le procédé de traitement biologique;
- réduire les coûts de gestion des biosolides en diminuant la quantité de matières solides à éliminer;
- améliorer les caractéristiques de décantation de la biomasse;
- améliorer la facilité et la stabilité des opérations de traitement;
- améliorer de façon générale la qualité de l'effluent.

2.3 RISQUES

Sans gestion efficace et adéquate des matières solides, l'optimisation de l'efficacité et de la capacité de chacun des procédés unitaires distincts qui constituent la STEP ne peut tout simplement pas se concrétiser. Les procédés de traitement biologique consomment alors trop d'énergie, ce qui fait augmenter les coûts de gestion des biosolides. De plus, la qualité de l'effluent traité de la station d'épuration est compromise.

Malgré l'importance de l'efficacité de la gestion des matières solides pour l'optimisation de l'efficacité et de la capacité de la station d'épuration, d'autres facteurs, tels que la température, les précipitations, le pH, la concentration d'oxygène dissous et les dosages chimiques, ont eux aussi une incidence sur la STEP. La gestion efficace des matières solides ne peut à elle seule garantir l'optimisation de l'efficacité de la station. Tous les facteurs influant sur le déroulement d'un procédé unitaire doivent être pris en compte dans l'élaboration d'un programme d'optimisation détaillé. Une règle de l'art portant sur l'optimisation d'une STEP a été préparée par la direction du *Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art. Pour s'assurer d'optimiser* la capacité et l'efficacité d'une installation, on doit consulter la règle de l'art intitulée *Optimisation d'une station d'épuration des eaux usées*.

3. DESCRIPTION DU TRAVAIL

La gestion efficace des matières solides dans une STEP ou dans le cadre de tout procédé en usage à la station exige une :

- connaissance de la façon de déterminer les quantités de matières solides qui entrent dans chaque procédé ou dans toute la STEP et qui en sortent;
- compréhension des méthodes pouvant servir à gérer la quantité totale de matières solides ou celle en cause dans un procédé déterminé.

L'analyse de la comptabilisation des boues est une méthode qu'on peut utiliser pour déterminer si les données servant à établir le bilan massique des matières solides dans une STEP, telles que les résultats d'analyse ou les données sur les débits, sont valables et exactes. La méthode peut également servir à déterminer si certains flux dont le débit et la concentration ne sont pas définis ajoutent ou enlèvent des matières solides à un procédé unitaire ou à la station globale. Tel qu'on le décrit dans la règle de l'art du *Guide national* intitulée *Optimisation d'une station d'épuration des eaux usées*, l'analyse de la comptabilisation des boues est la première étape essentielle de l'optimisation d'une station d'épuration. Les notions élémentaires de la méthode sont décrites dans l'article 3.1 plus loin. Celle-ci consiste essentiellement à établir le bilan massique des matières solides.

La marche à suivre exacte pour établir le bilan massique des matières solides dans le cas des procédés unitaires relativement simples dans lesquels il n'y a ni création ni destruction de matières solides (procédés conservatifs) et dans celui des procédés unitaires plus complexes dans lesquels il y a création ou destruction de matières solides (procédés non conservatifs) est décrite à l'article 3.2. L'établissement du bilan massique des matières solides relatif à un procédé donné et la détermination de la tendance révélée par les conclusions indique au conducteur d'installation si la quantité de matières solides ou la masse des matières dans le procédé augmente ou diminue, ou si le niveau de gestion des matières est stable et constant.

Les différentes façons d'aborder la gestion des matières solides dans le cadre des procédés couramment utilisés dans les STEP sont décrites à l'article 3.3. Dans le cas de bon nombre de procédés, il peut y avoir plusieurs modes de gestion différents. La méthode qui convient le mieux à un procédé donné est fonction de la conception du procédé, de l'équipement de surveillance disponible (p. x. les débitmètres, les points d'échantillonnage, l'équipement de surveillance en continu), du niveau d'expérience du personnel d'exploitation, de l'efficacité requise, de la variabilité des eaux usées et de certains autres facteurs. Le personnel chargé de l'exploitation doit faire l'essai de diverses méthodes et choisir celle qui répond le mieux à ses besoins.

3.1 ANALYSE DE LA COMPTABILISATION DES BOUES

L'analyse de la comptabilisation des boues sert à comparer la quantité de matières solides qui quitte une STEP sous forme de biosolides dans l'effluent et par d'autres voies (incinération, enfouissement, etc.) à la quantité théorique de matières solides qui aurait dû quitter la station.

L'analyse de la comptabilisation des boues doit couvrir une longue période (de plusieurs mois à une année complète) pour éviter que les effets à court terme, tels que l'accumulation de matières solides dans le cadre du procédé ou l'emmagasinement de matières, ne faussent les résultats. On examine les données d'exploitation relatives à la période en cause dans le but de déterminer la masse de matières (kilogrammes ou tonnes sèches de matières solides totales) retirées de la STEP en comparaison de la quantité de matières qui aurait dû être produite d'après les volumes et les concentrations des eaux usées traitées et les procédés unitaires utilisés.

La quantité de matières solides qui, en théorie, doit être produite dans une STEP dépend de la concentration des eaux usées, du type d'usine d'épuration et des procédés utilisés pour stabiliser les biosolides. Les manuels de conception et d'exploitation de la STEP donnent des conseils relativement aux taux types de production de boues. Les modèles de procédés, comme GPS-XTM ou BioWinTM, peuvent servir à produire des estimations plus exactes des taux de production de boues puisque les paramètres de conception et de qualité des eaux usées propres à une station d'épuration donnée peuvent servir à établir ces prévisions. Le tableau 3-1 indique les taux types de production de boues dans le cas des eaux usées domestiques types, pour certains procédés répandus d'épuration des eaux usées.

Tableau 3-1 : Taux types de production de boues.

| Procédé d'épuration | Matières solides sèches (g/m ³) | |
|---|---|-------------------------------|
| | BNR ¹ ou sans déphosphatation chimique | Avec déphosphatation chimique |
| Décantation primaire et procédé classique par boues activées | 180 | 220 |
| Décantation primaire et procédé classique par boues activées avec digestion anaérobie | 115 | 150 |
| Aération prolongée | 90 | 120 |
| Aération prolongée avec bassin à boues aérées | 80 | 110 |

¹ BNR — Biological Nutrient Removal (élimination biologique des nutriments).

Source : Ontario, MEO (1984).

Les modèles de procédés tels que GPS-X^{MC} et BioWin^{MC} prédisent la production de biosolides à partir de la DCO plutôt que de la DBO₅, puisque l'utilisation de la DCO permet d'établir le bilan massique du processus biologique. Les modèles tiennent aussi compte des particules inertes et dégradables ainsi que des fractions particulaires et solubles de la DCO présente dans les eaux d'égout brutes, de

même que des effets de variables telles que la température et le TSB sur la production de boues. Lorsqu'ils sont étalonnés à l'aide des caractéristiques réels des eaux d'égout brutes en cours d'épuration, les modèles de procédés peuvent donner des estimations plus précises des taux de production de boues que celles fondées sur les valeurs types qu'on trouve dans la documentation. Dans le cas d'une analyse superficielle de la comptabilisation des boues, les taux types de production de boues, tels que ceux indiqués dans le tableau 3-1, sont assez précis. Il faut toutefois signaler que les estimations de taux de production de boues mentionnées dans le tableau 1 supposent que la concentration des eaux usées brutes est typique des eaux d'égout brutes domestiques. Dans le cas où la teneur en DBO_5 ou en matières solides en suspension est plus élevée ou plus faible, on doit utiliser des modèles de procédés plus perfectionnés ou des taux de production de boues établis d'après la concentration des eaux d'égout, tel que l'illustre le tableau 3-3. La façon la plus appropriée d'estimer la production de boues théorique dans une STEP déterminée dépend des caractéristiques des eaux usées, de la conception de la station et des ressources dont dispose le personnel de la station (c.-à-d. la disponibilité de modèles de procédés). On doit choisir la meilleure méthode et l'utiliser régulièrement pour analyser la comptabilisation des boues, et on doit éviter de comparer des résultats obtenus à l'aide de méthodes différentes.

Le tableau 3-2 illustre, dans le cas d'une STEP hypothétique, l'analyse de la comptabilisation des boues faite à l'aide des taux de production de boues indiqués dans le tableau 3-1. Dans l'illustration, la mesure de la production de boues s'établit à 104 p. 100 de la production théorique, d'après les taux de production types. Il est rare que la production réelle de boues corresponde exactement à la production théorique. Un écart inférieur à 15 p. 100 est jugé acceptable; toutefois, un écart supérieur à 15 p. 100 révèle qu'il faut procéder à une évaluation plus poussée afin de déterminer l'origine de la divergence (WEAO, 1996). Parmi les sources fréquentes des écarts constatés dans l'analyse de la comptabilisation des boues, on retrouve :

- les échantillons non représentatifs (précision de l'analyse, techniques d'échantillonnage);
- la mesure inexacte du débit;
- les déversements d'eaux usées à concentration élevée dans la STEP, en provenance de sources industrielles; et
- les hypothèses concernant les accumulations.

Dans le cas où l'écart constaté dans l'évaluation de la quantité de boues n'est pas inférieur à environ 15 p. 100, on doit déterminer les causes de la différence en procédant à un examen exhaustif des sources possibles énumérées plus haut.

L'analyse de la comptabilisation des boues présente maints avantages, en permettant notamment de :

- confirmer les données collectées sur l'efficacité;
- confirmer la précision des débitmètres;
- confirmer la représentativité des méthodes d'échantillonnage; et
- garantir la qualité des méthodes d'analyse.

Les calculs liés à l'analyse de la comptabilisation des boues peuvent aisément être transposés dans un chiffrier électronique, ce qui permet aux conducteurs d'installation d'effectuer l'analyse rapidement et facilement, en indiquant les données relatives au débit et à la concentration. Au moment d'analyser la comptabilisation des boues et de préparer le bilan massique des matières solides en utilisant l'un des exemples présentés à la section 3.2, il importe d'utiliser les mêmes unités de mesure du débit et de la concentration pour tous les intrants et les extrants. Par exemple, tous les débits doivent être exprimés en m^3/j et toutes les concentrations, en mg/L ($10\,000\text{ mg}/\text{L} = 1,0\%$ de MTS).

À partir des calculs effectués à l'aide d'un chiffrier électronique, il est possible de créer des graphes de tendances qui illustrent la masse de matières solides retenue dans les bassins des principaux procédés tels que les clarificateurs et les bioréacteurs. Les graphes de tendances illustrent les modifications de la masse de matières solides au cours du temps (quotidiennement ou hebdomadairement), ce qui permet de s'assurer que chaque procédé est bien géré. La gestion des matières solides a pour objectif de minimiser la variation de la masse des matières dans le cadre du procédé.

Tableau 3–2 Exemple d'analyse de la comptabilisation des boues.

| | |
|---|---|
| Type de station | Processus classique par boues activées avec déphosphatation chimique et digestion anaérobie |
| Débit journalier moyen | 25 000 m ³ /j |
| Qualité des eaux brutes | DBO ₅ = 200 mg/L; TSS = 225 mg/L |
| Qualité de l'effluent final | DBO ₅ = 10 mg/L; TSS = 15 mg/L |
| Biosolides transportés aux fins d'épandage agricole | 43 000 m ³ /an à 3 % (30 kg/m ³) MTS |
| <p>Calcul de la production de boues :</p> <p>Biosolides épandus sur les sols = $43\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{an}} \times \frac{30 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ tonne}}{10^3 \text{ kg}} = 1\,290 \text{ tonnes/an}$</p> <p>+ matières solides contenues dans l'effluent = $25\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{j}} \times 365 \frac{\text{j}}{\text{an}} \times 15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1000\text{L}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ tonne}}{10^9 \text{ mg}} = 137 \text{ tonnes/an}$</p> <p>= Production totale, soit 1 427 tonnes/an</p> | |
| Quantité théorique de boues à un taux de production de 150 g/m ³ * | $= 25\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{j}} \times 365 \frac{\text{j}}{\text{an}} \times 150 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ tonne}}{10^6 \text{ g}} = 1\,369 \text{ tonnes/an}$ |
| Quantité calculée/quantité théorique(%) | $= \frac{1427}{1369} \times 100 = 104 \%$ |
| Conclusion | La quantité calculée se situe à l'intérieur de la marge de 85 % à 115 % de la quantité théorique. Confirmation de la bonne évaluation. |
| * Se reporter au tableau 3–1. | |

3.2 BILAN MASSIQUE DES MATIÈRES SOLIDES

Pour assurer l'efficacité de la gestion des matières solides, il est essentiel d'établir le bilan massique des matières pour chaque procédé.

Le bilan massique des matières solides s'exprime tout simplement comme suit :

les matières présentes au début du procédé dans tous les flux d'alimentation
plus

les matières solides issues du procédé
moins

les matières solides détruites durant le procédé
égalent

les matières solides présentes à la fin du procédé dans tous les flux de sortie
plus

les matières solides accumulées durant le procédé.

On suppose que l'accumulation est négligeable dans une station en régime stable, mais dans le cas d'une courte durée (p. ex. jours ou heures), il faut absolument la

prendre en compte. Ainsi, l'accumulation de matières solides dans un clarificateur se traduit par une hausse du niveau du lit de boues.

Le bilan massique est plus facile à calculer dans le cas d'un procédé unitaire dans lequel il n'y a ni création ni destruction de matières (p. ex. dans le clarificateur). Ce genre de procédé est dit « conservatif ». Il est toutefois plus difficile d'établir le bilan massique dans le cas d'un procédé unitaire dans lequel il y a création (p. ex. dans un bioréacteur) ou destruction (p. ex. dans un digesteur) de matières solides, car il faut alors estimer la quantité de matières ainsi créée ou détruite. Ce genre de procédé est dit « non conservatif ».

On trouvera ci-après des exemples qui illustrent le calcul du bilan massique des matières solides dans le cas des procédés unitaires simples ou plus complexes en usage dans les STEP. On trouvera également à l'Annexe A des exemples de calcul du bilan massique relatif à certains procédés unitaires.

Il est possible de combiner les bilans massiques établis pour chacun des procédés utilisés dans une STEP et de produire le bilan massique détaillé de toute l'installation. L'extrait d'un procédé donné devient en effet l'intrant du prochain procédé en aval. Les bilans massiques établis pour plusieurs procédés peuvent servir à estimer l'intrant ou l'extrait d'un procédé conservatif quand on ne dispose d'aucune mesure réelle. Il est par exemple possible d'estimer la quantité de matières solides retournée à un procédé à partir d'un flux de recirculation lorsqu'on ne dispose d'aucunes données réelles; l'estimation peut alors faire ressortir la nécessité de procéder à un échantillonnage ou à une mesure supplémentaire du débit du flux de recirculation.

3.2.1 BILAN MASSIQUE DES MATIÈRES SOLIDES DANS LE CLARIFICATEUR PRIMAIRE

La figure 3–1 présente un diagramme illustrant les paramètres nécessaires à l'établissement du bilan massique des matières solides dans le clarificateur primaire.

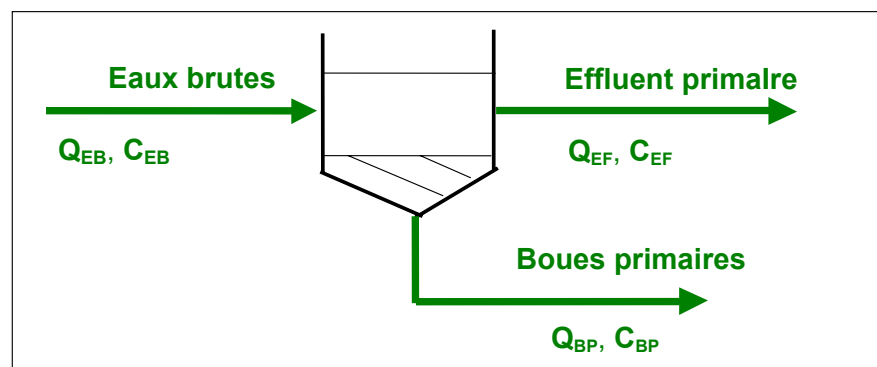


Figure 3–1 : Bilan massique des matières solides dans un clarificateur primaire.

D'après la figure 3-1, on peut exprimer le bilan massique des matières solides dans le clarificateur primaire au moyen de la formule suivante :

Matières entrantes = matières sortantes + matières accumulées

$$Q_{EB} * C_{EB} = (Q_{ef} * C_{ef} + Q * C) + \text{accumulation}$$

où

Q_{EB} = débit d'eaux d'égout brutes

C_{EB} = concentration de matières solides dans les eaux d'égout brutes

Q_{EP} = débit de l'effluent primaire

C_{EP} = concentration de matières solides dans l'effluent primaire

Q_{BP} = débit des boues primaires

C_{BP} = concentration des matières solides totales dans les boues primaires

Tel qu'on l'a déjà mentionné, pour tous les intrants et les extrants, il faut utiliser les mêmes unités de mesure du débit et de concentration. Tous les débits doivent par exemple être exprimés en m^3/j et toutes les concentrations, en mg/L ($10\ 000\ mg/L = 1,0\ \% \text{ de MST}$). Nota. - On utilise aussi l'unité m^3/j .

Quand le lit de boues dans le clarificateur est maintenu à un niveau raisonnablement constant, on peut ne pas tenir compte de l'accumulation. Dans le cas où l'écart entre la quantité de matières solides entrante et la quantité sortante calculées n'est pas inférieur à $\pm 15\ p. 100$, cela peut être dû à une accumulation importante dans le clarificateur ou aux autres sources d'écart décrites à l'article 3.1.

Lorsque le clarificateur primaire reçoit le flux de recirculation provenant d'un procédé, tel que la déshydratation des boues, ou est utilisé pour le co-épaississement des boues activées excédentaires, l'établissement du bilan massique des matières solides devient plus complexe et les sources d'écart sont alors plus nombreuses. La figure 3-2 illustre ce cas plus complexe.

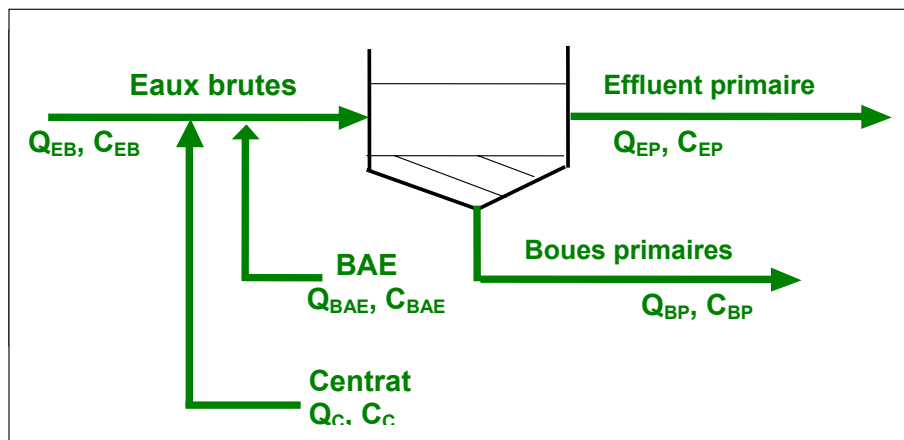


Figure 3-2 : Bilan massique des matières solides relatives à un clarificateur primaire avec flux de recirculation.

L'introduction des flux de recirculation ou des BAE dans le clarificateur primaire rend le calcul du bilan massique un peu plus complexe. Dans ce cas, pour établir le bilan massique et confirmer que les matières solides ont été comptabilisées, il faut mesurer le débit et la concentration de tous les flux. Le bilan massique, qui ne tient pas compte des matières solides accumulées dans le clarificateur, s'exprime au moyen de la formule suivante :

Matières entrantes = Matières sortantes

$$Q_{EB} * C_{EB} + Q_C * C_C + Q_{BAE} * C_{BAE} = Q_{EP} * C_{EP} + Q_{BP} * C_{BP}$$

où les termes supplémentaires non définis précédemment sont :

Q_C = débit du centrat

C_C = concentration des matières solides dans le centrat

Q_{BAE} = débit de boues activées excédentaires (BAE)

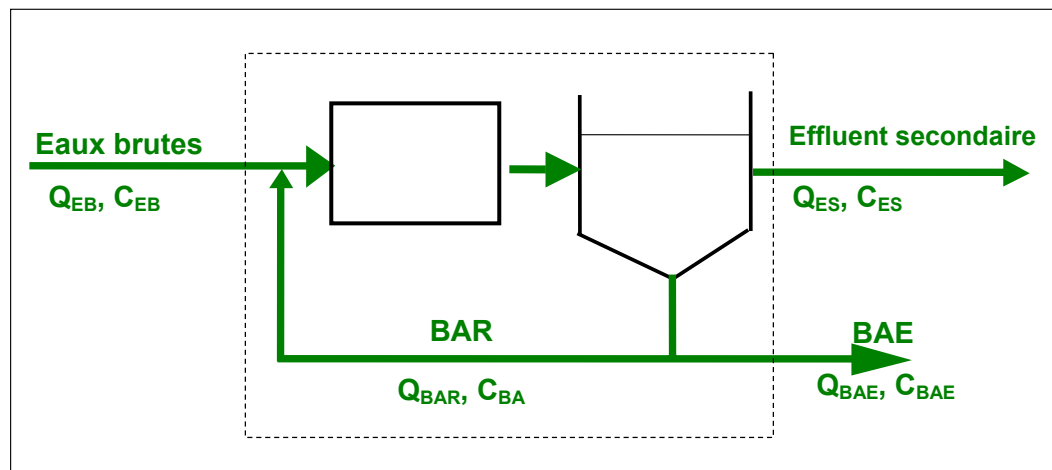
C_{BAE} = concentration des matières solides dans les BAE

Un écart supérieur à ± 15 p. 100 dans le bilan massique reflète souvent des inexactitudes ou un manque de données concernant le flux de recirculation et peut indiquer qu'il y a lieu d'examiner les répercussions du flux sur le procédé. Quand ce ne sont pas les flux de recirculation qui sont à l'origine du piètre bilan massique, il faut évaluer les autres sources d'écart mentionnées à l'article 3.1.

3.2.2 BILAN MASSIQUE DES MATIÈRES SOLIDES DANS LE CAS DU TRAITEMENT SECONDAIRE

Lorsqu'on établit le bilan massique des matières solides ou qu'on comptabilise les boues en rapport avec la composante de traitement secondaire d'une station d'épuration, on considère que le bassin d'aération (ou bioréacteur) et le clarificateur secondaire ne forment qu'un seul et même procédé. Dans le cas du réacteur discontinu (SBR), les deux fonctions ont lieu dans le même bassin, ce qui permet de simplifier le procédé. La figure 3-3 illustre les paramètres clés qui entrent dans le calcul du bilan massique dans le cas d'une station avec système d'aération prolongée (bassin d'aération, en plus du clarificateur secondaire).

Figure 3-3 : Bilan massique des matières solides relatives à une station avec système d'aération prolongée.



Le traitement biologique est un procédé non conservatif, car la biomasse est produite dans le bioréacteur; la production de boues doit par conséquent être estimée. Les valeurs types de production de boues dans le cas des divers types de procédés de traitement sont résumées dans le tableau 3-3.

Tableau 3-3 : Valeurs servant à prévoir la production de boues dans les procédés de traitement biologique à biomasse en suspension.

| Type de procédé | kg de TSS (boues)/kg DBO ₅ éliminé |
|--|---|
| Boues activées avec clarification primaire | 0,7 |
| Boues activées sans clarification primaire | |
| Procédé classique ^a | 0,85 |
| Aération prolongée ^b | 0,65 |
| Stabilisation par contact | 1,0 |
| Notes : ^a Comprend l'aération décroissante, l'alimentation étagée, l'écoulement piston et le brassage complet avec temps de rétention des eaux usées < 10 heures. | |
| ^b Comprend le fossé d'oxydation. | |

Source : U.S. EPA (1989).

Le flux de boues activées de retour (BAR) n'a pas à être pris en compte dans le bilan massique du fait qu'il demeure dans les limites du procédé unitaire. Quand un flux de recirculation externe (p. ex. le liquide surnageant du digesteur) est incorporé aux eaux d'égout brutes, la masse de matières solides qu'il contient doit être prise en considération. Dans ce cas, le bilan massique relatif au procédé illustré dans la figure 3-3 s'exprime au moyen de la formule suivante :

$$(Q_{EB} * C_{EB} * \text{croissance de la biomasse}) = Q_{ES} * C_{ES} + Q_{BAE} * C_{BAE} + \text{accumulation}$$

Il est possible d'estimer la croissance de la biomasse de façon assez précise à partir des valeurs types (tableau 3-3) ou de la prévoir à l'aide de modèles de procédé tels que GPS-X™ ou BioWin™. Le terme de rendement de la biomasse qui est fondé sur la DBO₅, incorpore à la fois les matières solides provenant du TSS dans les eaux d'égout brutes et la croissance de la biomasse.

Si on ajoute au système de traitement secondaire des produits chimiques (alun ou sels de fer) servant à la déphosphatation, il y aura production supplémentaire de boues en raison de la précipitation du phosphore et de l'hydroxyde métallique. On peut estimer la production supplémentaire résultant de l'ajout de produits chimiques à partir des données suivantes (U.S. EPA, 1976):

Al : de 4,52 à 2,89 mg de matières solides en suspension par mg d'Al ajouté.

Fe : de 2,70 à 1,92 mg de matières solides en suspension par mg de Fe ajouté.

3.2.3 DONNÉES NÉCESSAIRES

Comme on peut le constater dans l'exemple précédent, pour analyser la comptabilisation des boues et établir le bilan massique exact des matières solides, il faut d'abord connaître les débits et les concentrations de toutes les matières entrantes ou sortantes, y compris les flux de recirculation. Dans le cas des procédés dans lesquels il peut y avoir accumulation de matières solides (p. ex. dans les bassins d'entreposage des boues), il faut également mesurer l'accumulation et en tenir compte dans le bilan massique.

Un des éléments importants de l'analyse de la comptabilisation des boues et du bilan massique des matières solides, c'est la capacité de cerner les lacunes, telles que l'imprécision des mesures de débit ou l'inexactitude des données d'analyse utilisées. Un bilan massique incomplet ou une mauvaise comptabilisation des boues indique souvent la présence de matières entrantes ou sortantes qui ne sont pas contrôlées.

La mesure des concentrations en matières solides dans les flux liquides ou de boues exige des appareils de laboratoire perfectionnés, tels que des balances d'analyse, des étuves à séchage et du matériel de filtration. En outre, le procédé est vorace en temps. On a utilisé un essai en centrifugeuse comme méthode rapide d'estimation de la quantité de matières solides présente dans un flux de boues pour lequel on pouvait utiliser un moins grand nombre d'appareils d'analyse. En centrifugeant un échantillon à une vitesse et pendant un temps donnés, on obtient dans un tube de centrifugeuse gradué un volume de matières solides concentrées qui constitue une indication de la masse de matières solides présente dans l'échantillon et peut servir à mesurer la quantité de matières. Certains conducteurs d'installation utilisent pour gérer les matières solides et établir le bilan massique des unités de mesure des boues selon lesquelles l'unité est le volume de boues en pourcentage du volume du tube de centrifugeuse, multiplié par le volume du réacteur. On peut trouver plus de précisions au sujet de ce concept dans West (1975). Il est toujours avantageux d'effectuer à l'occasion des analyses en laboratoire des MST ou du TSS pour confirmer les résultats de l'essai en centrifugeuse.

3.3 FAÇONS D'ABORDER LA GESTION DES MATIÈRES SOLIDES

Pour gérer les matières solides, il faut, entre autres, déterminer la quantité optimale de matières qu'on doit retrouver dans un procédé (c.-à-d. la liqueur mixte dans un réacteur ou le niveau du lit de boues dans un clarificateur) et qui permet d'obtenir le niveau d'efficacité le plus stable et le plus fiable possible, avant de mettre en œuvre une stratégie de gestion visant à maintenir la quantité de matières solides au niveau optimal.

Le niveau optimal des matières solides relativement à un procédé donné est fonction d'un certain nombre de facteurs, notamment :

- la conception du procédé;
- les caractéristiques des eaux usées;

