

GESTION DES BOUES DE VIDANGE

**APPROCHE INTÉGRÉE
POUR LA MISE EN ŒUVRE ET L'EXPLOITATION**

GESTION DES BOUES DE VIDANGE

**APPROCHE INTÉGRÉE
POUR LA MISE EN ŒUVRE ET L'EXPLOITATION**

Responsables éditoriaux

Linda Strande
Mariska Ronteltap
Damir Brdjanovic

Coordination de cette édition en langue française
Pierre-Henri Dodane & Philippe Reymond

Publié par IWA Publishing
Alliance House
12 Caxton Street
London SW1H 0QS, UK
Téléphone : +44 (0)207 654 5500
Fax : +44 (0)207 654 5555
Email : publications@iwap.co.uk
Web : www.iwapublishing.com

Adaptation française de la première édition du livre *Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation*, publié en 2014.

Référence :

Strande L., Ronteltap M., Brdjanovic D. (Eds.) (2014). *Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing. Édition française 2018.

Référence aux chapitres individuels :

[Nom des auteurs] (2014). [Titre du chapitre]. In: Strande L., Ronteltap M., Brdjanovic D. (Eds.), *Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation* [numéros de page du chapitre]. IWA Publishing. Édition française 2018.

© 2018 IWA Publishing

Mis à part pour des objectifs de recherche ou d'étude personnelle, de critique ou d'analyse, tels qu'autorisés par la loi britannique UK Copyright, Designs and Patents Act (1998), aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée ou transmise sous quelque forme que ce soit sans l'autorisation préalable écrite de la maison d'édition ou, en cas de reproduction photographique, en conformité avec les termes des licences délivrées par la Copyright Licensing Agency au Royaume-Uni, ou, en dehors du Royaume-Uni, en conformité avec les termes des licences délivrées par l'entité appropriée en charge des droits de reproduction. Les demandes de renseignements concernant la reproduction en dehors des termes indiqués ici doivent être envoyées à IWA Publishing à l'adresse indiquée ci-dessus.

La maison d'édition ne prétend en aucune manière, explicite ou implicite, que les informations contenues dans ce livre sont exactes et ne peut être tenue pour responsable des erreurs ou omissions qui auraient pu être faites.

Avertissement

Les informations fournies et les avis donnés dans cette publication ne sont pas nécessairement ceux de l'IWA et ne doivent pas être utilisées sans une analyse indépendante et un conseil qualifié. L'IWA et les auteurs n'accepteront aucune responsabilité pour toute perte ou dommage subi par une personne agissant ou s'abstenant d'agir sur la base d'un élément contenu dans cette publication.

Catalogage avant publication de la British Library.

Un registre de catalogue est disponible pour ce livre auprès de la British Library.

Conception de la couverture originale : Peter Stroo.

Conception graphique originale : Hans Emeis.

Adaptation française : Pierre-Henri Dodane & Philippe Reymond.

Conception graphique de la version française : Audrey Colombié.

ISBN: 9781780409795 (relié)

ISBN: 9781780409801 (ePDF)

À PROPOS DE L'ÉDITION EN LANGUE FRANÇAISE

À travers cette adaptation en langue française du premier livre sur la gestion des boues de vidange, l'équipe de traduction a souhaité transmettre les connaissances de la manière la plus directe, agréable, compréhensible et précise à tous les francophones intéressés par le sujet, qu'ils soient intervenants publics ou privés dans l'un des services de la filière GBV, responsables politiques, entrepreneurs, chefs de projet, ingénieurs, chercheurs ou étudiants. Placées dans vos mains, nous espérons que ces informations contribueront à améliorer la qualité de vie des populations de manière durable et dans un cadre efficace, transparent et évolutif.

Cette édition française est une traduction fidèle de la version originale en anglais parue en 2014. Une mise à jour de certaines références et la mention de quelques initiatives importantes intervenues depuis 2014 ont néanmoins été effectuées, en accord avec les auteurs.

Dans une telle traduction les mots sont importants, car derrière eux se trouvent des idées et parfois des manières de penser. La terminologie française de la gestion des boues de vidange n'étant pas encore entièrement fixée (elle est parfois empruntée à l'anglais), un effort particulier a été fait pour choisir les correspondances les plus appropriées. Dans la recherche d'une adaptation claire de cette façon de conceptualiser l'assainissement qu'entraîne la gestion des boues de vidange, il s'est avéré utile de définir un référentiel particulier. Ainsi, l'expression « gestion des boues de vidange » désigne ici un système d'assainissement dans sa globalité, depuis la collecte des boues dans les fosses jusqu'à leur destination finale. Ce système GBV, que l'on a aussi nommé « filière GBV » et « chaîne de services GBV », englobe les infrastructures (fosses, camions, stations...), les parties prenantes et les services qui y sont associés (vidange, transport, valorisation, exploitation-maintenance...), mais aussi l'organisation institutionnelle et financière qui lie les intervenants et est nécessaire à son bon fonctionnement. La référence aux concepts d'assainissement autonome, collectif, non-collectif, centralisé ou décentralisé a été autant que possible évitée dans un souci de pédagogie, la filière GBV n'étant en effet par essence ni autonome ni individuelle, mais véritablement collective dans l'organisation de toute une chaîne de services dont certains peuvent d'ailleurs être réalisés par des opérateurs publics.

Pour pallier toute confusion sémantique, les mots « dispositifs d'assainissement des ménages » ou encore « dispositifs d'assainissement à la parcelle » ont été choisis pour désigner les fosses septiques, latrines et autres dispositifs que l'on appelle en anglais on site *treatment and containment*. D'autres choix de traduction ont été réalisés, par exemple : « vidangeur » (*collection and transport operator*), « opérateur de service » (*utility*), « exploitation-maintenance » (*operation & maintenance*) ou encore « exigences minimales » (*standards*). Le lexique anglais-français réalisé au cours de la traduction est présenté à la fin de cet ouvrage comme un outil supplémentaire aux praticiens de la GBV francophone, pour mieux pouvoir aborder la littérature et les offres de formation en anglais dans le domaine ainsi que pour contribuer à uniformiser le vocabulaire dans les publications en français à venir. Les choix de vocabulaire



ont été réalisés avec le précieux concours de M. Martin Leménager (AFD), Mme Cléo Lossouarn (SIAAP), M. Christophe Le Jallé (pS-Eau) et M. Julien Gabert (GRET).

Nous souhaitons particulièrement remercier les partenaires financiers AFD, AIMF, SIAAP et AESN pour leur volonté de diffusion des connaissances en direction des populations francophones qui représenteraient aujourd'hui environ 300 millions de locuteurs, soit le 5^e groupe linguistique au monde. Nos remerciements vont aussi à Mme Audrey Colombié pour le nouveau maquetage de la version française ainsi qu'à Mme Lucie Patient pour sa révision orthographique et ses nombreuses suggestions de langage.

Bonne lecture,

Pierre-Henri Dodane

Philippe Reymond



LES RESPONSABLES ÉDITORIAUX

Linda Strande

Dr. Linda Strande est responsable du groupe de Gestion des excréta, des eaux usées et des boues (MEWS) du département Sandec (Assainissement, eau & déchets pour le développement) de l'Eawag (Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau). L'objectif principal de ses recherches est le développement de connaissances scientifiques permettant le progrès des technologies durables de gestion des boues de vidange en milieu urbain. Que ce soit dans l'ingénierie ou dans la recherche, elle estime qu'il est toujours important de relier recherche fondamentale et mise en œuvre dans la vie réelle. Dans ce but, elle s'attache à une approche intégrée de la gestion des boues de vidange, qui associe les aspects technologiques, organisationnels et de planification pour aboutir à des systèmes complets et fonctionnels. Actuellement, l'équipe de recherche de Linda Strande met l'accent sur l'optimisation des technologies de traitement, l'innovation dans la valorisation des ressources et les méthodes pour la mise en œuvre des systèmes durables. Linda Strande travaille dans le domaine de l'environnement depuis plus de 15 ans. Elle détient des diplômes interdisciplinaires en ingénierie, en sciences des sols et en mathématiques. Son passé universitaire ainsi que ses vastes expériences internationales lui ont donné une vision globale et une capacité de recherche et d'application des fondamentaux de l'ingénierie environnementale dans des situations complexes et interdisciplinaires.



Mariska Ronteltap

Dr. Mariska Ronteltap est chargée d'enseignement en ingénierie sanitaire à l'UNESCO-IHE (Institute of Water Education), avec 12 années d'expérience sur le terrain. Elle détient un master en ingénierie de l'environnement de l'université de Wageningen et un doctorat conjoint de l'EPF (École polytechnique fédérale de Zurich) et de l'Eawag (Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau). Sa thèse de doctorat portait sur la séparation des urines en tant qu'approche innovatrice dans le domaine des technologies des eaux usées, avec un focus particulier sur les aspects chimiques, notamment sur la modélisation thermodynamique. Ses connaissances pratiques dans le domaine de la précipitation des urines en struvite ont été utilisées dans plusieurs projets de recherche pilotes, aussi bien dans les pays à faible revenu qu'aux Pays-Bas. Les principaux thèmes de recherche de Mariska Ronteltap sont la récupération des nutriments



et de l'énergie, la préservation et la valorisation de l'eau ainsi que l'assainissement écologique et durable. Mariska Ronteltap supervise plusieurs projets de doctorat et de maîtrise sur ces sujets. À travers ses liens avec les organisations et plateformes internationales, elle a pour but de contribuer à la connaissance globale dans ces domaines. Mariska Ronteltap coordonne également plusieurs cours en ligne et cours accélérés à l'UNESCO-IHE et notamment ceux sur la gestion des boues de vidange.

Damir Brdjanovic

Le professeur Damir Brdjanovic est responsable du département Génie environnemental et technologies de l'eau à l'UNESCO-IHE (Institute of Water Education). Sa mission est de contribuer au développement des connaissances en assainissement urbain tout en veillant au renforcement des capacités, avec un intérêt particulier pour les besoins des pays à revenu faible ou intermédiaire. Ses activités de recherche portent sur la gestion intégrée du cycle de l'eau en milieu urbain, notamment l'accès à l'assainissement dans les quartiers pauvres, l'assainissement à la parcelle, le drainage, la collecte des eaux usées, le traitement et la récupération/réutilisation, ainsi que la gestion des résidus.



Son approche intègre les visions centralisées et décentralisées, les technologies avancées comme les technologies à faible coût et les systèmes artificiels comme les systèmes naturels. Le groupe de recherche du professeur Brdjanovic travaille aussi sur l'assainissement d'urgence, l'assainissement centré sur les ressources, la gestion des boues de vidange, le traitement anaérobie, les bioréacteurs à membranes et la gestion des infrastructures. Ses recherches sont menées à travers des travaux expérimentaux en laboratoire, à échelle pilote et à échelle réelle, mais aussi sur la base de modélisation mathématique, de l'appui aux décisions et de l'optimisation des procédés dans leurs applications municipales et industrielles. Le professeur Brdjanovic dirige actuellement un vaste projet de recherche et d'éducation pour l'assainissement en faveur des plus pauvres, financé par la Fondation Bill et Melinda Gates.



AUTEURS PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

Magalie Bassan, Eawag – Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau, Suisse	● ▲ ■
Damir Brdjanovic, UNESCO-IHE – Institut d'enseignement sur l'eau, Pays-Bas	● △ □
Bipin Dangol, ENPHO – Organisation pour l'environnement et la santé publique, Népal	● △ □
Pierre-Henri Dodane, Consultant indépendant, France	● ▲ □
Christine Maria Hooijmans, UNESCO-IHE – Institut d'enseignement sur l'eau, Pays-Bas	● △ □
Carlos Manuel Lopez-Vazquez, UNESCO-IHE – Institut d'enseignement sur l'eau, Pays-Bas	● △ □
Mbaye Mbéguéré, ONAS – Office national de l'assainissement du Sénégal, Sénégal	● △ □
Georges Mikhael, WSUP – Eau et assainissement en milieu urbain défavorisé, Royaume-Uni	● △ □
Berta Moya Diaz-Aguado, Consultante indépendante, Espagne	● △ □
Charles Buregeya Niwagaba, Université Makerere, Ouganda	● △ □
Ives Magloire Kengne, Université Yaoundé I, Cameroun	● △ □
James Edward Ramsay, Consultant indépendant, Royaume-Uni	● △ □
Philippe Reymond, Eawag – Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau, Suisse	○ △ ■
David M. Robbins, Consultant indépendant, USA	● ▲ □
Mariska Ronteltap, UNESCO-IHE – Institut d'enseignement sur l'eau, Pays-Bas	● △ □
Linda Strande, Eawag – Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau, Suisse	● △ □
Elizabeth Tilley, EPF – École polytechnique fédérale de Zurich, Suisse	● ▲ □

PRÉFACE

Doulaye Kone

Après des décennies d'efforts pour la promotion de l'assainissement dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, plusieurs pays ainsi que la communauté internationale de l'assainissement se sont rendu compte qu'il est temps de changer d'approche si l'on veut accélérer l'accès à des services de qualité. Depuis l'année 2000, le Programme de suivi commun OMS/UNICEF (Joint Monitoring Program) des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) a systématiquement fait état d'un accroissement de la population des pays à revenu faible ou intermédiaire qui utilise des latrines à fosse, des fosses septiques et des dispositifs qualifiés de « non-améliorés ». On estime aujourd'hui entre 2,1 et 2,6 milliards le nombre de personnes dans les pays à revenu faible ou intermédiaire utilisant des dispositifs d'assainissement à la parcelle, qui produisent chaque jour des tonnes de boues de vidange (BV) non-traitées. Lorsque les fosses septiques et les latrines sont pleines, les boues qui en sont extraites sont en grande partie déversées sans traitement dans les canaux de drainage à ciel ouvert, les champs agricoles, les terrains vagues ou les eaux de surface. La quantité de BV non-traitées déversées en milieu ouvert constitue un risque sérieux pour la santé publique. Le dépotage de BV dans l'environnement par un camion de 5 m³ est l'équivalent de 5 000 personnes pratiquant la défécation à l'air libre. À cela s'ajoute la quantité de matières fécales brutes directement dééquées dans la nature par les 1,1 milliard de personnes qui n'ont toujours pas accès à des toilettes. Les impacts du déversement de ces déchets dans l'environnement sont stupéfiants. La Banque mondiale estime que le déficit en assainissement coûte chaque année au monde 260 milliards de dollars. La mauvaise qualité de l'assainissement contribue au décès de 1,5 million d'enfants par diarrhée chaque année. La diarrhée chronique est aussi un élément responsable de l'insuffisance du développement des enfants, via une assimilation moindre des nutriments essentiels au développement de l'esprit, du corps et du système immunitaire. Elle peut aussi empêcher l'absorption de vaccins sauveurs de vie.

Dans les années 1980, sous l'égide de Roland Schertenleib et de Martin Strauss, l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau (Eawag) a créé le Département assainissement, eau & déchets pour le développement (Sandec) avec un axe fort de recherche et développement sur la gestion des boues de vidange (GBV). Depuis lors, Sandec a été un pionnier de la recherche pour le développement, l'évaluation et l'essai de solutions d'assainissement, complétée par un programme fort de développement de politiques et de plaidoyer. Il a alimenté et piloté un appel à l'action au niveau mondial sur la question.

Ce livre est une ressource impressionnante qui fait le bilan des avancées scientifiques récentes et des solutions pratiques testées à l'échelle par les professionnels du secteur. Il rassemble les enseignements tirés d'études scientifiques et d'études de cas rigoureuses pour formuler des méthodologies et des solutions opérationnelles pour les planificateurs, les ingénieurs, les scientifiques, les étudiants et les chercheurs. J'ai personnellement coordonné une partie importante et très excitante de ce travail en tant que responsable de programme à Sandec et responsable de l'équipe GBV,

qui plus tard est devenue le groupe Gestion des eaux usées et des excréta (Excreta et Wastewater Management, EWM). Ce livre s'appuie sur l'expérience acquise en Amérique latine (Argentine), en Afrique (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Ghana, Kenya, Mali, Nigeria, Sénégal, Togo, Ouganda, Afrique du Sud) et en Asie (Cambodge, Chine, Inde, Indonésie, Malaisie, Philippines, Thaïlande, Vietnam). Il comble des lacunes importantes en matière de connaissances sur la GBV, tout en soulignant les lacunes persistantes et en identifiant de nouveaux domaines d'innovation pour les avancées futures. C'est un manuel précieux pour les professionnels de l'assainissement et les universitaires. Il est tourné vers la pratique et aborde les problèmes auxquels sont confrontés les vrais praticiens (par exemple, les gestionnaires de villes, les bureaux d'ingénierie, les agences de développement).

Depuis sa création, le programme Eau, assainissement et hygiène de la Fondation Bill et Melinda Gates a souligné l'importance stratégique d'améliorer la GBV au niveau mondial. Nous avons impliqué de nouveaux partenaires et soutenu des organisations déjà établies telles qu'Eawag-Sandec et l'UNESCO-IHE pour proposer et promouvoir des solutions qui catalyseront le secteur et auront un impact positif sur la vie des milliards de personnes des pays à revenu faible ou intermédiaire qui n'ont pas accès aux services GBV. Les technologies, les outils de planification de projet, les pratiques d'exploitation et de management des services GBV qui sont partagés dans ce livre aideront les parties prenantes du monde entier à mettre en place des filières d'assainissement fonctionnelles et viables pour le bénéfice des communautés pauvres. Des informations clés sur le potentiel et les limites des technologies, de l'exploitation des services GBV, des entreprises, ainsi que sur la valeur financière et économique de la valorisation aideront chacun à faire de la fourniture de services d'assainissement une filière économique plus durable et plus rentable.

Alors que la communauté mondiale attend avec impatience les solutions post-OMD de 2015, ce paradigme inspirera de nouveaux modèles de partenariat public-privé qui assureront la promotion de services d'assainissement abordables et de qualité, en particulier pour les communautés pauvres où la grande majorité des personnes vit encore avec des toilettes qui ne sont ni connectées à une infrastructure, ni desservies par des services publics.



*Dr. Doulaye Kone
Bill & Melinda Gates Foundation
Seattle, Mars 2014*

REMERCIEMENTS

Partenaires financiers

Version originale

Direction du développement et de la coopération suisse - DDC

Fondation Bill et Melinda Gates – BMGF

Édition française

Agence française de développement - AFD

Association internationale des maires francophones - AIMF

Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne - SIAAP

Agence de l'eau Seine-Normandie - AESN

Contributeurs (par ordre alphabétique)

Benedict Borer

Sally Brown

Chris Buckley

Grover Mamani-Casilla

Kartik Chandran

Manus Coffey

Stefan Diener

Moritz Gold

John Harrison

Halidou Koanda

Doulaye Kone

Neil Macleod

Kate Medicot

Susan Mercer

Martin Mulenga

Josiane Nikiema

Peter Penicka

Selvi Pransiska

Apurva Sahu

Lars Schoebitz

Alyse Schrecongost

Dave Still

Claire Taylor

Lukas Ulrich

Melanie Valencia

Konstantina Velkushanova

Chris Zurbrügg

Relecteurs (par ordre alphabétique)

Isabel Blackett

Olufunke Cofie

George Ekama

Guy Hutton

Florian Klingel

Thammarat Koottatep

Christoph Lüthi

Jennifer McConville

Ashley Murray Muspratt

Kara Nelson

Guy Norman

Jonathan Parkinson

David Robbins

Pippa Scott

Martin Strauss

Steve Sugden

Kevin Taylor

Björn Vinnerås



SOMMAIRE

À PROPOS DE L'ÉDITION EN LANGUE FRANÇAISE	V
LES RESPONSABLES ÉDITORIAUX	VII
AUTEURS PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE	IX
PRÉFACE	XI
REMERCIEMENTS	XIII

I - LA SITUATION GLOBALE	1
<i>Linda Strande</i>	
1.1 INTRODUCTION	1
1.2 QUE SONT LES BOUES DE VIDANGE ?	1
1.3 ENJEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE AU NIVEAU MONDIAL	1
1.4 OBJECTIF DE L'OUVRAGE	5
1.5 CONCEVOIR POUR LA VALORISATION DES PRODUITS	6
1.6 APPROCHE INTÉGRÉE	7
1.7 RESSOURCES DISPONIBLES	13
1.8 BIBLIOGRAPHIE	16

TECHNOLOGIE

II - QUANTIFICATION, CARACTÉRISATION ET OBJECTIFS DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE	19
<i>Charles B. Niwagaba, Mbaye Mbéguéré et Linda Strande</i>	
2.1 INTRODUCTION	19
2.2 QUANTIFICATION DES BOUES DE VIDANGE	20
2.2.1 Méthode de la production de boues	20
2.2.2 Méthode des boues vidangées	22
2.3 CARACTÉRISATION DES BOUES DE VIDANGE	23
2.4 FACTEURS INFLUENÇANT LA QUALITÉ DES BOUES DE VIDANGE	25
2.4.1 Utilisation des toilettes	25
2.4.2 Durée de stockage	25
2.4.3 Débit entrant et infiltration	26
2.4.4 Mode de vidange	26
2.4.5 Climat	26
2.5 FINALITÉ DU TRAITEMENT	27
2.6 OBJECTIFS DE TRAITEMENT	27
2.6.1 Déshydratation	28
2.6.2 Germes pathogènes	28
2.6.3 Nutriments	28
2.6.4 Stabilisation	29
2.7 AUTRES CONSIDÉRATIONS CONCERNANT LE TRAITEMENT	29
2.8 MÉTHODOLOGIES D'ÉCHANTILLONNAGE	30
2.9 CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES	33
2.9.1 Nutriments	33
2.9.2 pH	34
2.9.3 Matières sèches	35
2.9.4 Demande biochimique en oxygène et demande chimique en oxygène	35

2.9.5 Huiles et graisses	36
2.9.6 Sables et gravillons	36
2.9.7 Déchets solides	37
2.10 GERMES PATHOGÈNES CONTENUS DANS LES BOUES DE VIDANGE	38
2.10.1 Choisir un indicateur	40
2.10.2 Bactéries coliformes	40
2.10.3 Helminthes	41
2.10.4 Virus	42
2.11 CONCLUSION	42
2.12 BIBLIOGRAPHIE	43

III - MÉCANISMES DE TRAITEMENT

<i>Magalie Bassan, Pierre-Henri Dodane et Linda Strande</i>	47
3.1 INTRODUCTION	47
3.2 MÉCANISMES PHYSIQUES	48
3.2.1 Séparation gravitaire	48
3.2.2 Filtration	50
3.2.3 Évaporation et évapotranspiration	52
3.2.4 Centrifugation	55
3.2.5 Séchage thermique	55
3.2.6 Dégrillage	56
3.3 MÉCANISMES BIOLOGIQUES	57
3.3.1 Métabolisme	57
3.3.2 Température	58
3.3.3 Types de microorganismes	59
3.3.4 Traitement aérobie	59
3.3.5 Compostage	60
3.3.6 Traitement anaérobie	61
3.3.7 Cycle de l'azote	62
3.3.8 Réduction des germes pathogènes	64
3.4 MÉCANISMES CHIMIQUES	66
3.4.1 Stabilisation alcaline	66
3.4.2 Traitement à l'ammoniaque	67
3.4.3 Coagulation-floculation	67
3.4.4 Autres adjuvants	68
3.4.5 Désinfection des effluents liquides	68
3.5 BIBLIOGRAPHIE	69

IV - MÉTHODES ET DISPOSITIFS POUR LA COLLECTE ET LE TRANSPORT DES BOUES DE VIDANGE

<i>Georges Mikhael, David M. Robbins, James E. Ramsay et Mbaye Mbégué</i>	71
4.1 INTRODUCTION	71
4.2 TÂCHES ET RESPONSABILITÉS	72
4.2.1 Interaction avec les clients	73
4.2.2 Repérage du système à vidanger	74
4.2.3 Déterminer l'accessibilité	75
4.2.4 Outils de travail	76
4.3 PROPRIÉTÉS DES BOUES POUR LA COLLECTE ET LE TRANSPORT	77
4.4 MÉTHODES MANUELLES DE COLLECTE DES BOUES	77
4.4.1 Dispositifs d'assainissement à fûts amovibles	78
4.4.2 Extraction directe	78

4.5 VIDANGE MANUELLE MÉCANISÉE	78
4.5.1 La pompe Gulper	78
4.5.2 La pompe manuelle à diaphragme	80
4.5.3 Le Nibbler	81
4.5.4 Le système MAPET	81
4.5.5 Comparatif des différents équipements	81
4.6 ÉQUIPEMENTS DE VIDANGE MOTORISÉS	83
4.6.1 Motopompe à membrane	83
4.6.2 Motopompe pour eaux chargées	83
4.6.3 Tarière à boues motorisée	84
4.6.4 Le Gobbler	84
4.6.5 Véhicules équipés de pompes à vide	85
4.6.6 Étapes d'une vidange par véhicule équipé de pompe à vide	88
4.6.7 Résumé des systèmes de vidange motorisés	90
4.7 TRANSPORT DES BOUES DE VIDANGE	92
4.7.1 Transport à propulsion humaine	92
4.7.2 Transport motorisé	93
4.7.3 Déversement des boues en station	94
4.8 STATIONS DE TRANSFERT DES BOUES	95
4.8.1 Introduction	95
4.8.2 Les différents types de stations	95
4.8.3 Choix de l'emplacement des stations de transfert	97
4.9 SÉCURITÉ ET PROTECTION DE LA SANTÉ	99
4.9.1 Risques physiques	99
4.9.2 Risques chimiques	99
4.9.3 Risques biologiques	100
4.9.4 Autres risques	100
4.9.5 Réduction des risques	100
4.10 CONCLUSION	100
4.11 BIBLIOGRAPHIE	101

V - PANORAMA DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT

Mariska Ronteltap, Pierre-Henri Dodane et Magalie Bassan

103

5.1 INTRODUCTION	103
5.2 VUE D'ENSEMBLE	104
5.3 TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT BIEN ÉTABLIES	106
5.3.1 Cocompostage	106
5.3.2 Cotraitement en bassins de lagunage	109
5.3.3 Enfouissement en tranchées profondes	110
5.4 TECHNOLOGIES ADAPTÉES DU TRAITEMENT DES BOUES D'ÉPURATION	112
5.4.1 Digestion anaérobie	112
5.4.2 Décanteur-digesteur	113
5.4.3 Incinération	115
5.4.4 Traitements mécaniques	115
5.4.5 Ajout de chaux	117
5.5 TECHNOLOGIES POTENTIELLES	118
5.5.1 Vermicompostage	118
5.5.2 Mouches soldats noires	119
5.5.3 Traitement à l'ammoniac	120
5.5.4 Séchage thermique et granulation	122
5.5.5 Séchage solaire	124

5.6 CHOISIR UNE TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT	124
5.7 CONCLUSION	127
5.8 BIBLIOGRAPHIE	128

VI - BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Pierre-Henri Dodane et Magalie Bassan

131

6.1 INTRODUCTION	131
6.2 MÉCANISMES DE TRAITEMENT	133
6.2.1 Décantation	133
6.2.2 Épaississement	135
6.2.3 Flottation	135
6.2.4 Digestion anaérobie	135
6.2.5 Zones liquides et solides	136
6.3 CONCEPTION DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT	136
6.3.1 Caractéristiques des boues de vidange influençant la conception et les mesures en laboratoire	136
6.3.2 Surface et longueur du bassin	138
6.3.3 Volume de l'ouvrage	139
6.3.4 Configuration de l'entrée et de la sortie	140
6.4 EXPLOITATION-MAINTENANCE DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT	141
6.4.1 Extraction des boues et de l'écume	141
6.4.2 Période de démarrage et variations saisonnières	143
6.5 PERFORMANCE DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT	143
6.5.1 Séparation solide-liquide	143
6.5.2 Performance de traitement	145
6.6 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT	145
6.7 EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT	146
6.7.1 Situation initiale	146
6.7.2 Hypothèses de dimensionnement	146
6.7.3 Calculs de dimensionnement	147
6.7.4 Bilan massique	148
6.8 BIBLIOGRAPHIE	149

VII - LITS DE SÉCHAGE NON-PLANTÉS

Pierre-Henri Dodane et Mariska Ronteltap

151

7.1 INTRODUCTION	151
7.2 PRINCIPE DE TRAITEMENT	151
7.3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION DES LITS NON-PLANTÉS	152
7.3.1 Facteurs climatiques	152
7.3.2 Types de boues de vidange	153
7.3.3 Charge admissible	154
7.3.4 Épaisseur de la couche de boues	155
7.3.5 Nombre de lits	156
7.3.6 Résumé des paramètres de dimensionnement	156
7.4 MISE EN ŒUVRE D'UN LIT DE SÉCHAGE NON-PLANTÉ	157
7.4.1 Gravier et sable	157
7.4.2 Curage des boues	158
7.5 QUALITÉ DES PRODUITS SORTANTS (BOUES SÉCHÉES ET PERCOLAT)	160
7.6 EXEMPLES DE CONCEPTION	161
7.6.1 Exemple 1	161
7.6.2 Exemple 2	161

7.7 INNOVATIONS ET ADAPTATION DES LITS DE SÉCHAGE	162
7.7.1 Réseau de canalisations de chauffage	162
7.7.2 Séchage sous serre	162
7.7.3 Tamis métallique	163
7.7.4 Additifs	163
7.8 CONCLUSIONS	163
7.9 BIBLIOGRAPHIE	163

VIII - LITS DE SÉCHAGE PLANTÉS

Ives Magloire Kengne et Elizabeth Tilley

165

8.1 INTRODUCTION	165
8.2 MACROPHYTES	167
8.3 MÉCANISMES DE TRAITEMENT	169
8.3.1 Infiltration (percolation)	169
8.3.2 Évapotranspiration	170
8.3.3 Stabilisation/minéralisation	170
8.3.4 Transfert d'oxygène	171
8.4 INDICATEURS DE PERFORMANCE	171
8.4.1 Déshydratation	172
8.4.2 Rétention des nutriments	172
8.4.3 Devenir des métaux lourds	173
8.4.4 Abattement des germes pathogènes	174
8.4.5 Autres considérations	174
8.5 CONCEPTION ET CONSTRUCTION	176
8.6 EXPLOITATION-MAINTENANCE	179
8.6.1 Démarrage	179
8.6.2 Charges applicables et accumulation des boues	180
8.6.3 Fréquence d'alimentation et période de repos	181
8.6.4 Faucardage et reprise des plantes	181
8.6.5 Curage des lits	182
8.6.6 Percolat	182
8.6.7 Facteurs affectant la performance	183
8.7 COÛTS ET BÉNÉFICES	184
8.8 EXERCICE	184
8.8.1 Question pratique	184
8.9 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	185
8.10 BIBLIOGRAPHIE	186

IX - COTRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DANS LES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Carlos M. Lopez-Vazquez, Bipin Dangol, Christine M. Hooijmans et Damir Brdjanovic

189

9.1 INTRODUCTION	189
9.2 BIODÉGRADABILITÉ ET FRACTIONNEMENT DES BOUES DE VIDANGE	190
9.2.1 Ratios de caractérisation	190
9.2.2 Biodégradabilité et fractionnement	191
9.2.3 Niveau de concentration des boues de vidange	194
9.3 COTRAITEMENT DANS LES STATIONS D'ÉPURATION À BOUES ACTIVÉES	197
9.3.1 Impact sur la performance de traitement et la qualité de l'effluent	197
9.3.2 Impact sur la demande en oxygène	198
9.3.3 Impact sur la production de boues	199

9.3.4 Impacts sur les besoins en aération	200
9.3.5 Impact sur la décantation secondaire	201
9.3.6 Impacts de la dynamique des déversements des boues de vidange	202
9.4 CONSIDÉRATIONS PRATIQUES POUR LE COTRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DANS LES PROCÉDÉS À BOUES ACTIVÉES	203
9.5 COTRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE PAR VOIES ANAÉROBIES	206
9.5.1 Surcharge en DCO	206
9.5.2 Inhibition par l'ammoniaque	209
9.5.3 Fluctuations de pH	209
9.5.4 Inhibition par les sulfures	210
9.6 CONSIDÉRATIONS PRATIQUES POUR LE COTRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DANS LES PROCÉDÉS ANAÉROBIES	210
9.7 CONCLUSION	211
9.8 BIBLIOGRAPHIE	213

X - DESTINATION FINALE DES PRODUITS ISSUS DU TRAITEMENT

Ives Kengne, Berta Moya Diaz-Aquado et Linda Strande

217

10.1 INTRODUCTION	217
10.2 POSSIBILITÉS DE VALORISATION	218
10.3 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES	218
10.3.1 Germes pathogènes	218
10.3.2 Métaux lourds	220
10.3.3 Facteurs sociaux	220
10.4 UTILISATION DES BOUES DE VIDANGE COMME CONDITIONNEUR DE SOL	221
10.4.1 Contenu en nutriments	221
10.4.2 Boues de vidange non-traitées	222
10.4.3 Épandage de boues traitées	223
10.5 UTILISATION DES FLUX LIQUIDES	226
10.5.1 Boues de vidange liquides non-traitées et irrigation	226
10.5.2 Réutilisation et rejet des effluents traités	228
10.6 AUTRES FORMES DE VALORISATION	229
10.6.1 Protéines	229
10.6.2 Fourrage et végétaux	230
10.6.3 Poisson et végétaux	231
10.6.4 Matériaux de construction	232
10.6.5 Biocombustibles	232
10.7 REFUS DE DÉGRILLAGE	239
10.8 BIBLIOGRAPHIE	239

ORGANISATION

XI - EXPLOITATION, MAINTENANCE ET SUIVI DES STATIONS DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

Magalie Bassan et David M. Robbins

245

11.1 INTRODUCTION	245
11.2 INTÉGRATION DE L'EXPLOITATION-MAINTENANCE DANS LE PROCESSUS DE PLANIFICATION DES STATIONS	247
11.2.1 Emplacement de la station de traitement des boues de vidange	247
11.2.2 Volumes et horaires de dépotage des boues de vidange	248
11.2.3 Disponibilité des ressources	248

11.2.4 Niveau de mécanisation des technologies	249
11.2.5 Utilisation finale ou mise en dépôt des produits issus du traitement	249
11.3 RÉCEPTION DES BOUES DE VIDANGE À LA STATION DE TRAITEMENT	250
11.3.1 Contrôle du trafic	250
11.3.2 Réception des boues de vidange pour le dépotage	250
11.4 PLAN D'EXPLOITATION-MAINTENANCE	251
11.4.1 Procédures d'exploitation	251
11.4.2 Procédures de maintenance	253
11.5 GESTION DES ÉQUIPEMENTS ET DES CONSOMMABLES	253
11.6 SUIVI	254
11.6.1 Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques	256
11.6.2 Manuel d'analyses	257
11.7 TENUE DE REGISTRES	258
11.7.1 Cahier d'exploitation	258
11.7.2 Rapports de réception des boues de vidange	260
11.7.3 Fiches d'exploitation des unités de traitement	260
11.7.4 Interprétation et communication des données techniques	260
11.8 SÉCURITÉ DANS LES STATIONS DE TRAITEMENT	261
11.8.1 Santé et sécurité	261
11.8.2 Équipements de protection individuelle	262
11.8.3 Contrôle des infections	263
11.8.4 Contacts et procédures en cas d'urgence	263
11.8.5 Protection contre les chutes et les risques de noyade	263
11.8.6 Travail dans les espaces confinés	264
11.8.7 Sécurité électrique	264
11.9 GESTION ADMINISTRATIVE	264
11.9.1 Procédures financières	265
11.9.2 Gestion des ressources humaines	265
11.9.3 Recrutement, rôles et responsabilités	266
11.10 COORDINATION	269
11.11 PÉRIODE DE DÉMARRAGE	269
11.12 BIBLIOGRAPHIE	271

XII - CADRE INSTITUTIONNEL DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE

<i>Magalie Bassan</i>	273
12.1 INTRODUCTION	273
12.2 FACTEURS DE SUCCÈS	274
12.3 ENVIRONNEMENT RÉGLEMENTAIRE PROPICE	277
12.4 SCHÉMAS INSTITUTIONNELS	280
12.4.1 Vue générale de l'organisation de la filière	280
12.4.2 Répartition des rôles entre les acteurs de la filière	283
12.4.3 Dispositions institutionnelles pour la vidange et le transport	285
12.4.4 Dispositions institutionnelles pour le traitement	287
12.4.5 Dispositions institutionnelles pour l'utilisation finale ou la mise en décharge	289
12.5 BIBLIOGRAPHIE	290

XIII - TRANSFERTS FINANCIERS ET RESPONSABILITÉS AU SEIN DE LA FILIÈRE GBV

Elizabeth Tilley et Pierre-Henri Dodane

293

13.1 INTRODUCTION	293
13.2 MODÈLES FINANCIERS	294
13.2.1 Parties prenantes impliquées	294
13.2.2 Transferts financiers	295
13.3 MODÈLES DE FLUX FINANCIERS	299
13.4 FOCUS SUR L'ENTREPRISE DE VIDANGE	307
13.4.1 Perspectives	307
13.4.2 Étude de cas	309
13.4.3 Données	310
13.5 BIBLIOGRAPHIE	311

PLANIFICATION

XIV - ÉVALUATION DE LA SITUATION INITIALE

Philippe Reymond

315

14.1 INTRODUCTION	315
14.2 OUTILS ET MÉTHODES POUR LA COLLECTE DE DONNÉES	317
14.2.1 Revue documentaire	318
14.2.2 Entretiens semi-structurés	318
14.2.3 Enquêtes au niveau des ménages	319
14.2.4 Observations qualitatives de terrain	322
14.2.5 Cartographie	323
14.2.6 Analyses de laboratoire	325
14.2.7 Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces	325
14.3 DONNÉES À COLLECTER	327
14.3.1 Contexte général	327
14.3.2 Secteur de l'assainissement	327
14.3.3 Profil des vidangeurs, motorisés et manuels	328
14.3.4 Pratiques au niveau domestique	329
14.3.5 Cadre législatif et réglementaire	329
14.3.6 Évaluation des paramètres de dimensionnement	330
14.3.7 Données climatiques	331
14.3.8 Données spatiales et structurelles de la ville	331
14.3.9 Pratiques de réutilisation et études de marché	333
14.4 CARACTÉRISATION, ÉVALUATION ET SÉLECTION DES SITES DE TRAITEMENT	335
14.4.1 Identification des sites de traitement	336
14.4.2 Critères de caractérisation et d'évaluation	336
14.4.3 Nombre de sites	338
14.4.4 Boues issues de la vidange manuelle	339
14.5 BIBLIOGRAPHIE	340

XV - ANALYSE DES PARTIES PRENANTES

Philippe Reymond

343

15.1 INTRODUCTION	343
15.2 ANALYSE DES PARTIES PRENANTES : POURQUOI ET COMMENT	344
15.3 IDENTIFICATION DES PARTIES PRENANTES	346
15.3.1 Parties prenantes de la gestion des boues de vidange	347
15.3.2 Différences entre villes grandes et moyennes	349

15.4 CARACTÉRISATION DES PARTIES PRENANTES	349
15.4.1 Informations à collecter	349
15.4.2 Influence et intérêt	351
15.4.3 Critères de sélection pour les parties prenantes clefs	352
15.4.4 Synthèse des principales caractéristiques et besoins d'implication des parties prenantes.	353
15.4.5 Problèmes concrets rencontrés par les parties prenantes	353
15.5 DANS LA PRATIQUE : SÉLECTION ITÉRATIVE DES PARTIES PRENANTES CLEFS	357
15.5.1 ÉTAPE 1 : Identification et caractérisation préliminaire des parties prenantes	358
15.5.2 ÉTAPE 2 : Caractérisation et sélection des parties prenantes clefs	361
15.5.3 ÉTAPE 3 : Réévaluation des parties prenantes clefs par rapport aux options validées	362
15.5.4 ÉTAPE 4 : Réévaluation par rapport au plan d'action	365
15.5.5 ÉTAPE 5 : Réévaluation avant l'inauguration de la station de traitement des boues de vidange	366
15.6 BIBLIOGRAPHIE	366

XVI - IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES

Philippe Reymond et Magalie Bassan

367

16.1 INTRODUCTION	367
16.2 DE L'IMPORTANCE D'IMPLIQUER LES PARTIES PRENANTES	368
16.3 NIVEAUX DE PARTICIPATION	369
16.3.1 De l'information à la délégation	370
16.3.2 Détermination du niveau de participation sur la base de l'analyse des parties prenantes	371
16.3.3 Matrice de participation des parties prenantes	371
16.4 OUTILS D'IMPLICATION	372
16.4.1 Liste des outils d'implication	373
16.4.2 Choix des outils d'implication	375
16.5 JALONS ET TÂCHES TRANSVERSALES	379
16.5.1 Principaux jalons du processus de planification	379
16.5.2 Sensibilisation	379
16.5.3 Formation et renforcement de capacités	380
16.6 RÉPARTIR ET FORMALISER LES RÔLES ET RESPONSABILITÉS	383
16.6.1 Documents de formalisation	384
16.6.2 Diagramme des relations	385
16.7 BIBLIOGRAPHIE	390

XVII - PLANIFICATION D'UN SYSTÈME INTÉGRÉ DE GESTION DES BOUES DE VIDANGE

Philippe Reymond

391

17.1 INTRODUCTION	391
17.2 LE BESOIN D'UNE APPROCHE INTÉGRÉE	395
17.2.1 Comprendre et améliorer les conditions-cadres	397
17.2.2 Importance de l'aspect participatif	398
17.3 APPROCHE DE PLANIFICATION ET CADRE LOGIQUE	401
17.3.1 Études exploratoires et préalables	404
17.3.2 Étude de faisabilité	405
17.3.3 Développement du projet détaillé - plan d'action	406
17.3.4 Mise en œuvre	407
17.3.5 Suivi et évaluation	407

17.4 SÉLECTION DE SOLUTIONS TECHNIQUES ADAPTÉES AU CONTEXTE	408
17.4.1 Association de services	408
17.4.2 Critères de choix des solutions de traitement	409
17.4.3 Approche par élimination	410
17.4.4 Schématisation d'un système d'assainissement	414
17.5 BIBLIOGRAPHIE	416
XVIII - LES ORIENTATIONS POUR LE FUTUR	417
<i>Linda Strande</i>	
18.1 INTRODUCTION	417
18.1.1 Reconnaître l'importance de la gestion des boues de vidange	420
18.1.2 Mettre en place les cadres structurants et les responsabilités	421
18.1.3 Améliorer la dissémination des connaissances et le développement des capacités	422
18.1.4 Créer des modèles économiques et des modes de tarification durables	424
18.1.5 Mettre en œuvre des méthodologies de planification intégrées	426
18.1.6 Développer des technologies adaptées	428
18.2 CARACTÉRISATION DES BOUES DE VIDANGE	429
18.3 COLLECTE ET TRANSPORT	429
18.4 TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT SEMI-CENTRALISÉES	429
18.5 DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT AU NIVEAU DES MÉNAGES	431
18.6 VALORISATION	432
18.7 REMARQUES FINALES	432
18.8 BIBLIOGRAPHIE	432
LEXIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS DE LA GBV	435
TERMINOLOGIE GÉNÉRALE	435
PRODUITS ET MATIÈRES	437
DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT À LA PARCELLE	437
VIDANGE ET ÉVACUATION	438
TRAITEMENT (BOUES ET EAUX)	439
PARAMÈTRES & MÉCANISMES DE TRAITEMENT	441
DESTINATION FINALE	442