

ORGANISATION



CHAPITRE XI

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

Magalie Bassan et David M. Robbins

Objectifs pédagogiques

- Comprendre l'importance et le rôle de l'exploitation et de la maintenance des stations de traitement des boues de vidange.
- Comprendre les points critiques de l'exploitation et de la maintenance, à prendre en compte dès les phases de planification et de dimensionnement.
- Être capable de définir un plan efficace de suivi, d'exploitation et de maintenance garantissant les performances de traitement.
- Comprendre l'importance de la gestion administrative pour une exploitation durable des stations de traitement des boues de vidange.

11.1 INTRODUCTION

Les stations de traitement des boues de vidange nécessitent des activités d'exploitation-maintenance continues et appropriées pour assurer leur fonctionnement à long terme. Les activités d'exploitation-maintenance sont à l'interface des domaines techniques, administratifs et institutionnels qui permettent le fonctionnement durable des stations de traitement. « Exploitation » renvoie à toutes les activités nécessaires pour qu'une station fournisse le niveau de traitement pour lequel elle a été conçue, et « maintenance » à toutes les activités qui permettent une exploitation durable des équipements et des infrastructures (Bräustetter, 2007). L'exploitation et la maintenance des stations de traitement requièrent nombre de tâches importantes à effectuer, quelles que soient la taille et la complexité technologique de la station (figure 11.1). L'engagement d'ouvriers qualifiés pour réaliser ces tâches dans les délais opportuns et en suivant les règles de l'art augmente la valeur de la station et garantit ses performances à long terme.



Figure 11.1 : Un ouvrier de maintenance nettoie les dégrilleurs mécaniques ; cette activité essentielle doit être réalisée à chaque dépotage pour assurer le fonctionnement du système. Dakar, Sénégal (photo : Linda Strande).

Beaucoup de stations cessent d'être exploitées après leur construction et ce indépendamment du choix technologique, de la qualité et de la robustesse des infrastructures. Peu d'intérêt est porté aux raisons de ces échecs. Les explications fréquemment données invoquent une capacité d'exploitation réduite (Fernandes *et al.*, 2005 ; Lennartsson *et al.*, 2009 ; Koné, 2010 ; HPCIDBC, 2011) et un manque de moyens financiers pour accomplir les tâches d'exploitation-maintenance (Koné, 2002). Les leçons à tirer de ces échecs sont que l'exploitation-maintenance doit être considérée comme une composante à part entière du cycle de vie d'une installation et de ses coûts. De même, la formation continue et le renforcement des capacités sont essentiels pour assurer une exploitation de qualité et durable. Le développement d'un plan d'exploitation-maintenance doit faire partie du processus de dimensionnement. Ce document doit être adapté aux choix technologiques et ajusté à chaque étape de planification. L'intégration des aspects d'exploitation-maintenance suffisamment tôt dans le processus décisionnel permet une cohérence et la fonctionnalité des installations dès leur mise en exploitation.

Les aspects financiers, techniques et organisationnels liés à l'exploitation-maintenance sont primordiaux, même pour des stations fonctionnant avec des technologies très simples. Les procédures établissant l'utilisation des installations de traitement sont documentées dans des plans d'exploitation-maintenance, des programmes de suivi, des rapports et des carnets, ainsi que dans des directives visant à garantir la santé et la sécurité des employés. Ces documents présentent étape par étape les tâches nécessaires pour assurer le fonctionnement durable de la station. Alors que beaucoup d'activités d'exploitation-maintenance sont spécifiques à un processus ou à une technologie, d'autres sont communes pour toutes les installations. Tous les plans d'exploitation-maintenance devraient inclure les informations suivantes :

- Les procédures de réception et de dépotage des boues de vidange à la station ;
- Les données spécifiques d'exploitation de chaque installation assurant un fonctionnement selon la conception originale ;
- Les programmes de maintenance du parc technique pour assurer son exploitation durable et minimiser les pannes ;
- Les procédures de suivi et de rapport pour les activités d'exploitation-maintenance et pour la gestion des produits issus du traitement ;
- La gestion des aspects de santé et de sécurité pour la protection des travailleurs et des aspects de protection de l'environnement ;
- La structure organisationnelle, la distribution des tâches et la gestion des aspects administratifs ;
- Les procédures pour le stockage des boues de vidange et des produits issus du traitement, ainsi que leur transport hors de la station.

Le niveau d'organisation requis pour une station de traitement des boues de vidange dépend de sa taille et de sa capacité de traitement. Les petites stations recevant de faibles charges de boues de vidange par semaine peuvent fonctionner avec un seul exploitant. Elles seront ainsi dotées d'un plan d'exploitation-maintenance relativement simple. À l'inverse, de grandes installations municipales recevant en continu des charges importantes de boues requièrent plus de personnel, impliquant une hiérarchisation de ce dernier. Ce chapitre présente le processus de

planification de l'exploitation, de la maintenance et du suivi, ainsi que les éléments types d'un plan d'exploitation-maintenance. Y sont passés en revue les procédures et tâches communes à toutes les stations de traitement de boues de vidange, ainsi que quelques aspects liés spécifiquement à certaines technologies.

11.2 INTÉGRATION DE L'EXPLOITATION-MAINTENANCE DANS LE PROCESSUS DE PLANIFICATION DES STATIONS

Plusieurs points cruciaux sont à considérer lors de la planification de stations de traitement, impactant directement l'exploitation, la maintenance et le suivi. Ceux-ci comprennent aussi bien des aspects d'ingénierie classique liés à la technologie, que des aspects de gestion institutionnelle définissant le programme de gestion des boues de vidange. L'exploitation-maintenance est primordiale pour un fonctionnement durable des installations de traitement. Sa planification doit donc être incluse dans les termes de références de dimensionnement de toutes les stations, y compris les dotations financières dédiées à l'exploitation-maintenance (Fernandes *et al.*, 2005 ; Lüthi, 2011). En outre, le planning d'exploitation, de maintenance et de suivi devrait être revu et approuvé tout au long du processus de dimensionnement en considérant les aspects suivants :

- L'emplacement de la station et sa proximité avec des zones résidentielles ;
- Les volumes et les horaires de dépotage des boues à la station ;
- La disponibilité des ressources locales ;
- Le niveau de mécanisation des technologies ;
- La valorisation et/ou la mise en décharge des produits issus du traitement.

11.2.1 Emplacement de la station de traitement des boues de vidange

La localisation d'une station de traitement est un aspect crucial lors de la préparation d'un plan d'exploitation-maintenance (voir aussi paragraphe 14.4). Les stations génèrent souvent des nuisances (odeurs, mouches, moustiques, bruit...). Une installation située à proximité d'une zone résidentielle doit être dotée de mesures préventives concernant son exploitation-maintenance. Par exemple, le contrôle des moustiques est une exigence importante pour des stations à lagunage proches d'une zone résidentielle. De même, la réduction du bruit et des poussières générées par les camions de vidange doit être assurée pour des stations dont les routes d'accès traversent des zones résidentielles. Plusieurs autres aspects dépendant du site peuvent influencer les activités et les coûts d'exploitation-maintenance :

- L'état du sol, sa profondeur et sa capacité de portance peuvent déterminer le choix des équipements et des installations ;
- Le niveau d'eau souterraine : si ce dernier est élevé, les risques de pollution des ressources en eau ou d'infiltration d'eau souterraine dans les installations sont importants, pouvant altérer le fonctionnement des équipements de pompage et de gestion des solides ;
- Les eaux de surface et les risques d'inondation peuvent réduire ou rendre impossible l'accès à la station durant une saison pluvieuse et détériorer les équipements (rouille, érosion...).

11.2.2 Volumes et horaires de dépotage des boues de vidange

Le volume des boues collectées et dépotées à la station de traitement, ainsi que les périodes d'exploitation déterminent les coûts et les exigences d'exploitation-maintenance. Certaines habitudes culturelles ou des événements importants peuvent influencer les volumes dépotés à la station au cours de l'année. De même, la variabilité saisonnière de volumes de boues influencent les besoins en personnel pour l'exploitation-maintenance. De grandes stations fonctionnant tous les jours de l'année auront des exigences en personnel bien différentes de petites stations fonctionnant de manière intermittente.

La fluctuation des volumes de boues reçus à la station au cours d'une journée est un aspect critique dans le processus de planification. En effet, des débits en dessous ou au-dessus des valeurs de dimensionnement peuvent altérer le rendement d'exploitation. La planification initiale doit donc assurer la sélection d'une technologie adaptée aux conditions locales, avec un dimensionnement correct, permettant de gérer les variations de débits attendus. La mise en place d'un schéma institutionnel coordonnant les activités entre l'exploitant et les vidangeurs est donc importante dès le début de la planification.

11.2.3 Disponibilité des ressources

La disponibilité locale des ressources impacte non seulement les coûts de construction liés au choix technologique et aux matériaux de construction, mais aussi ceux nécessaires pour l'exploitation, la maintenance et le suivi. Les aspects à considérer sont :

- La disponibilité de pièces de rechange et d'outils ;
- La disponibilité des consommables (par exemple : les produits de floculation) ;
- La disponibilité et la fiabilité des ressources en eau et en électricité ;
- La disponibilité de ressources humaines compétentes pour l'exploitation adéquate des installations ;
- L'accès à des laboratoires locaux et la disponibilité des ressources nécessaires pour les programmes de suivi ;
- La disponibilité de sous-traitants soit pour assister dans certaines tâches périodiques pouvant exiger une surcharge importante de travail, soit pour des compétences très spécifiques.

Idéalement, les équipements sélectionnés doivent pouvoir être entretenus et réparés à proximité. Si aucun fournisseur local n'est disponible, un service de livraison et de réparation rapide doit être assuré. Si cela n'est pas possible, il est recommandé de prévoir un stock de réserve de pièces et des équipements de remplacement sur le site de la station. Par exemple, les camions hydrocuveurs nécessaires pour vidanger des bassins de décantation et d'épaississement requièrent des compétences de maintenance spécifiques, manquant souvent dans les petits garages locaux (figure 11.2). Les contrats lors de l'acquisition de tels équipements devraient donc inclure des clauses prévoyant les services de réparation et de maintenance périodique. Lors du dimensionnement de stations pour lesquelles l'ajout de consommables est nécessaire (par exemple : de la chaux ou du chlore), les coûts et la disponibilité de ces ressources doivent être évalués, de même que les conditions pour un stockage sûr. Les procédures d'exploitation en cas d'urgence, de coupure de courant ou d'eau, et les dépenses pour le transport et l'analyse d'échantillons en laboratoire influencent aussi les coûts d'exploitation-maintenance. Les choix technologiques ne devraient donc pas seulement dépendre des coûts de construction et d'installation, mais intégrer aussi ceux liés à l'exploitation, la maintenance et le suivi.



Figure 11.2 : Maintenance de la flotte de camions de vidange à Dumaguete City, Philippines (photo : David M. Robbins).

11.2.4 Niveau de mécanisation des technologies

Le niveau de mécanisation des stations dépend de la disponibilité locale de pièces de rechange, de courant électrique et d'agents d'exploitation compétents. Là où ces éléments font défaut, le choix de technologies passives telles que des lits de séchage ou des bassins de lagunage est judicieux. Si la disponibilité en électricité ne peut être assurée en continu, des technologies manuelles plutôt que mécaniques devraient être adoptées. Par exemple : les déchets de dégrillage peuvent être retirés manuellement ou par un râteau mécanique ; les boues séchées peuvent être transportées par une pelle mécanique ou à l'aide de brouettes ; et de gros tas de compost doivent être aérés mécaniquement, alors que des petits tas peuvent être retournés manuellement.

11.2.5 Utilisation finale ou mise en dépôt des produits issus du traitement

Les choix pour l'utilisation finale ou la mise en dépôt des produits issus du traitement déterminent les processus et les installations sélectionnés, permettant le niveau de traitement visé (voir chapitre 10). Le niveau de traitement recherché influence à son tour les coûts et les compétences nécessaires pour l'exploitation-maintenance des équipements. Par exemple, dans une station où les boues sont séchées pour être évacuées en décharge ou valorisées comme combustible, une réduction minime des agents pathogènes suffit, imposant un traitement moins contraignant et de moindres coûts d'exploitation-maintenance qu'une station générant des produits destinés à être utilisés dans des cultures maraîchères visant une consommation humaine de produits, comme des salades. Une des clés pour dimensionner les stations de traitement est l'évaluation de l'équilibre entre les bénéfices associés aux activités de valorisation et les coûts impliqués par la technologie et l'exploitation-maintenance afin d'atteindre le niveau de traitement visé. La compréhension des coûts associés aux tâches spécifiques d'exploitation, de maintenance et de suivi pour les activités de valorisation identifiées contribue à l'efficacité d'un programme de gestion des boues de vidange.

11.3 RÉCEPTION DES BOUES DE VIDANGE À LA STATION DE TRAITEMENT

Il est important de prendre en compte la circulation et la gestion du trafic des camions à l'intérieur et à l'extérieur des stations de traitement, afin de maximiser l'efficacité du processus de réception et de dépotage. La réception des boues de vidange à la station implique :

- Le contrôle du trafic ;
- Le contrôle des boues à dépoter dans les installations.

Ces aspects sont discutés dans les paragraphes suivants.

11.3.1 Contrôle du trafic

Dans des stations peu fréquentées, le contrôle du trafic est rarement problématique. Dans la plupart des cas, le personnel de ces stations gère la réception et le contrôle des camions de vidange et les dirige dans la station. Dans des stations à plus large échelle, où nombre de camions peuvent être pressés de dépoter, le personnel d'exploitation peut favoriser le dépotage rapide en assistant les conducteurs et en évitant des accidents.

Le contrôle du trafic peut être simplifié par une station intelligemment dimensionnée. Des routes d'accès permettant aux camions de vidange de traverser la station plutôt que de devoir y manœuvrer sont le gage d'une meilleure efficacité et d'une sécurité accrue. Des postes de contrôle mécanisés, où l'identité des conducteurs et les volumes de boues dépotés sont enregistrés automatiquement, peuvent aussi réduire les coûts d'exploitation dans le cas de grandes stations de traitement. Les rayons de braquage pour que les camions les plus larges et les plus lourds puissent circuler doivent être pris en compte dans le dimensionnement des routes d'accès hors et dans la station de traitement. De plus, les zones de stationnement et de dépotage doivent être horizontales, et les routes d'accès ne devraient pas avoir une pente supérieure à 3 %.

11.3.2 Réception des boues de vidange pour le dépotage

La variabilité des caractéristiques des boues de vidange issues de différents dispositifs d'assainissement à la parcelle peuvent impacter l'exploitation d'une station de traitement. Des boues de vidange venant de quartiers résidentiels (par exemple : de fosses septiques ou de latrines) contiennent souvent des concentrations faibles en produits chimiques toxiques. Les boues de restaurants, en revanche, peuvent contenir des quantités importantes d'huiles et de graisses, spécialement lors d'absence ou de dysfonctionnement des déshuileurs. Il est recommandé d'avoir deux files de traitement séparées pour les boues de vidange provenant de garages, de blanchisseries, d'hôpitaux ou d'autres établissements commerciaux ; l'une traitant les boues de vidange d'origines ménagères, l'autre les boues d'origines commerciales.

En fonction du schéma institutionnel et de l'entente entre les acteurs locaux en charge de la collecte, du transport et du traitement des boues de vidange, un système d'enregistrement de l'origine, des volumes et des caractéristiques des boues de vidange peut être mis en place. Un formulaire peut être complété lors de la vidange par le propriétaire du dispositif d'assainissement à la parcelle (figure 11.3). Le formulaire remis à la station devrait aussi indiquer lorsque plusieurs dispositifs d'assainissement ont été vidangés. Une fois le dépotage accepté, le formulaire est signé par le personnel exploitant de la station et rendu au conducteur.

Formulaire de vidange

Origine des boues

Nom (propriétaire de maison) _____

Adresse _____

Date _____

Origine et volume des boues de vidange

Origine	Choix	Volume (en mètre cube)
Résidentiel		
Commercial/ industriel		
Institutionnel		
Station de traitement des eaux usées		

Les boues commerciales et industrielles doivent être échantillonnées et analysées avant le dépotage à la station de traitement pour s'assurer qu'aucune matière n'altère le fonctionnement des installations de traitement. Une altération du traitement peut être causée par des graisses, de l'huile, des métaux ou des produits chimiques.

Description des boues commerciales/industrielles :

Vidangeur

Opérateur/entreprise	
Adresse	
Type de véhicule	
Numéro de plaque	
Nom du conducteur	
Signature	
Numéro de permis de conduire	
Nom des autres employés	

Approuvé par
le représentant officiel

(Nom et signature)

Figure 11.3 : Formulaire identifiant l'origine des boues de vidange, le volume et le vidangeur. Document adapté à partir de celui du service Santé des Philippines (Philippines Department of Health, 2007).

Le personnel exploitant la station de traitement doit être entraîné au contrôle physique des échantillons de boues de vidange. S'il y a un doute concernant l'origine des boues, un échantillon doit être prélevé et sa couleur, son odeur ainsi que la présence en graisses ou huiles observées. Les boues de vidange d'origines ménagères ont un aspect particulier, tout comme les boues contenant des concentrations élevées en huiles ou en graisses. Les boues ne correspondant pas aux exigences établies pour les installations de traitement doivent être refusées, sauf existence d'une file de traitement dédiée.

11.4 PLAN D'EXPLOITATION-MAINTENANCE

Le plan d'exploitation-maintenance détaille les tâches, le matériel, les équipements et les outils ainsi que les procédures d'échantillonnage, de suivi et de protection de la santé nécessaires pour la bonne exploitation de la station de traitement. Tous ces aspects génèrent des coûts qu'il s'agit de prévoir.

11.4.1 Procédures d'exploitation

Toute station de traitement des boues de vidange requiert une procédure claire et précise d'exploitation-maintenance. Les informations suivantes devraient être consignées dans le manuel d'exploitation :

- Les plans et les spécifications techniques ;
- Les documents de fabrication et les modes d'emploi des équipements ;
- La (les) personne(s) responsable(s) de chaque tâche ;

- La fréquence de chaque activité ;
- Les procédures d'exploitation et les outils nécessaires à chaque tâche ;
- Les mesures de sécurité ;
- Les données à suivre et les informations à enregistrer.

Si des produits chimiques ou des consommables sont nécessaires pour l'exploitation d'une installation technique, ils doivent eux aussi être listés, ainsi que le nom du fournisseur et les informations relatives à leur utilisation et à leur stockage. Les contacts et la description des sous-traitants doivent également apparaître dans le manuel d'exploitation en cas de tâches spécifiques nécessitant l'intervention d'entreprises externes ou, par exemple, pour le transport des produits issus du traitement. Dans le manuel d'exploitation figurent aussi les procédures et les informations spéciales en cas d'urgence ou de dysfonctionnement. Les procédures devraient en particulier être prévues pour les événements climatiques extrêmes, les coupures de courant, les surcharges, les dysfonctionnements de pompes, de canaux ou de bassins, ou en cas d'accidents. Toutes les procédures listées dans le manuel d'exploitation doivent respecter la réglementation et les normes locales.

Les technologies de traitement décrites aux chapitres 5 à 9 nécessitent toutes la gestion des aspects suivants :

- La séparation des déchets de dégrillage ;
- L'alimentation en boues de vidange (quantité, qualité et fréquence) ;
- Le traitement (par exemple : l'aération des tas de compost, l'ajout de produits pour le séchage mécanique) ;
- Le temps de séjour ;
- Le transfert des boues traitées d'un ouvrage à un autre ou le curage des produits solides issus du traitement ;
- La collecte et le traitement des produits liquides issus du traitement ou leur utilisation finale ;
- Le stockage et la vente des produits issus du traitement.

Les procédures d'exploitation doivent prendre en compte les variables climatiques et les autres aspects liés au contexte local. Les temps de séchage et de séjour dans les ouvrages peuvent par exemple varier de manière importante entre des périodes de sécheresse et d'intenses pluies. Des épisodes de pluie peuvent aussi influencer les volumes dépotés aux stations si les dispositifs d'assainissement à la parcelle n'ont pas été dimensionnés ou construits de manière optimale. En effet, de l'eau peut s'y infiltrer par ruissellement ou par infiltration en cas de montée des eaux souterraines et remplir les dispositifs plus rapidement. Ces aspects devraient être pris en compte dans la planification de l'exploitation des stations de traitement. Par exemple également, les macrophytes des lits de séchage plantés peuvent aussi être coupés pendant une période sèche, alors que les charges en boues de vidange sont réduites et que le temps de séchage est plus court.

Les caractéristiques des boues de vidange (viscosité, volume de déchets solides, type de boues) et le niveau de traitement visé sont aussi à prendre en compte dans les procédures d'exploitation. Le système de suivi et les informations qu'il fournit devraient de plus servir à améliorer la plani-

fication et les procédures d'exploitation-maintenance. Par exemple, la fréquence de l'extraction des boues épaissies d'un bassin de décantation et d'épaississement ou d'un bassin de lagunage devrait être ajustée en fonction des quantités de boues accumulées au cours du temps.

11.4.2 Procédures de maintenance

Il y a deux types de maintenance : la maintenance préventive et la maintenance réactive. Un programme efficace de maintenance préventive permet de limiter les interventions de maintenance réactive en cas d'urgence, souvent plus complexes et coûteuses. Les pannes de certains équipements ou installations peuvent sérieusement altérer la capacité de fonctionnement de toute la station, voire se solder par une panne généralisée. Ainsi, chaque partie de la station de traitement nécessite des activités de maintenance préventive régulières. Ces dernières doivent être détaillées dans le plan de maintenance comprenant les tâches, leur fréquence et les procédures précises, y compris les inspections. Il est important d'assurer une inspection régulière de tous les équipements et installations. Pendant ces inspections, le personnel exploitant contrôle l'absence de fissure, d'éclat ou de coloration inhabituelle dans le béton et de dégradation des canalisations, afin d'identifier les mesures préventives nécessaires.

Le plan de maintenance devrait lui aussi être défini en fonction du contexte local, du climat et des informations fournies par les systèmes de suivi. Par exemple, des stations de traitement de boues de vidange situées dans des régions côtières peuvent nécessiter des contrôles et des actions anticorrosion plus fréquentes qu'ailleurs étant donné les quantités élevées de sel dans l'air. Le plan de maintenance doit détailler les tâches, les équipements, les outils et les pièces de rechange requises pour assurer toutes les activités, ainsi que les responsables et le temps nécessaire à la réalisation de ces tâches. Un carnet de maintenance permet de noter les tâches de maintenance préventives effectuées en détail, de même que les difficultés ou les anomalies rencontrées. Ces informations peuvent aussi être enregistrées dans une base de données.

Les tâches de maintenance fréquentes comprennent :

- Le contrôle anticorrosion, l'élimination de la rouille, la peinture et la protection des surfaces métalliques et la réparation des parties de béton dégradées ;
- Le curage des boues et des déchets solides des bassins et des canaux ;
- L'entretien et le contrôle des vannes ;
- Le graissage des équipements mécaniques tels que les pompes, les centrifugeuses ou les camions de vidange ;
- Les opérations de nettoyage et d'entretien des bâtiments, comprenant la gestion des déchets et l'entretien de la végétation dans la station.

11.5 GESTION DES ÉQUIPEMENTS ET DES CONSOMMABLES

La gestion des équipements et des consommables doit prendre en compte tous les éléments d'une station de traitement des boues de vidange afin d'assurer son efficacité durable à un moindre coût. L'analyse financière du cycle de vie d'une station doit donc inclure :

- Les coûts d'investissement pour l'achat des équipements et des installations ;
- Les coûts relatifs aux tâches d'exploitation, de maintenance et de suivi ;

- Les coûts d'achat des pièces de rechange pour les réparations ;
- Les coûts liés à l'achat des consommables, tels que les graisses ou les produits chimiques ;
- Les coûts de remplacement de tous les équipements et des installations une fois leur cycle de vie terminé.

La totalité des coûts du cycle de vie comprend aussi les stocks de matériaux et d'outils nécessaires à long terme. Ces derniers devraient, dans l'idéal, tous être disponibles immédiatement sur le site de la station de traitement (Lüthi *et al.*, 2011). Si plusieurs stations sont équipées des mêmes technologies, des stocks centralisés peuvent être organisés.

La gestion des équipements est cruciale pour les stations de traitement à large échelle, et les aspects suivants devraient être prévus dans leur plan de maintenance :

- L'état actuel des équipements et des installations ;
- Le niveau de service requis pour une exploitation durable ;
- Les équipements et les installations critiques pour la durabilité de l'exploitation et des performances ;
- Les coûts minimums sur le cycle de vie ;
- La stratégie de financement de tous ces éléments à long terme.

Seul un inventaire précis de tous les équipements et installations permet la comparaison sur la base des coûts et de leur importance dans le fonctionnement de la station. Les composants cruciaux pour l'exploitation de la station doivent être identifiées et, en cas de panne ou d'usure avancée, être immédiatement remplacées. Il est donc important d'avoir des contrats prédéfinis avec les fournisseurs pour assurer le remplacement rapide de ces éléments critiques. L'étude de cas 11.1 illustre l'exemple de l'échec d'une station dû au manque d'employés en charge de la maintenance et de l'oubli d'une pompe dans la liste des équipements clés.

11.6 SUIVI

La maintenance de stations de traitement des boues de vidange nécessite une compréhension complète des processus de traitement et des prérequis assurant le niveau de traitement attendu. Cette compréhension se base non seulement sur les connaissances théoriques concernant les mécanismes de traitement et les principes de dimensionnement de la technologie, mais aussi sur les informations fournies par les procédures de suivi. Le programme de suivi nécessite une planification et des infrastructures telles qu'un laboratoire, du personnel et un budget propre. Ce programme devrait être structuré de manière à fournir les informations nécessaires au personnel d'exploitation pour optimiser en continu les performances de la station de traitement et à permettre un contrôle efficace de la qualité des effluents. Le suivi peut inclure différentes méthodes dont :

- Des informations visuelles ou sensorielles concernant le fonctionnement des installations, telles que la formation de mousse sur les bassins, la couleur des boues ou des odeurs émanant de pompes par exemple ;
- L'analyse ou la mesure sur place, incluant des tests ou des kits utilisés sur le terrain pour mesurer le pH, l'oxygène dissout ou la température ;
- L'analyse d'échantillons en laboratoire.

Le suivi est une activité nécessitant beaucoup de temps et de ressources financières. Un plan de suivi écrit est essentiel pour permettre au personnel exploitant de collecter et d'organiser les données requises de manière adéquate et précise. Ce plan de suivi peut utilement être basé sur les questions suivantes :

- À quoi les informations servent-elles ?
- Comment et quand les informations ou les échantillons devraient-ils être collectés sur place ?
- Qui est responsable de cette collecte ?

Étude de cas 11.1 : Exemple d'un échec d'exploitation-maintenance.
(Adapté de Bassan, 2009).

Une station de traitement des boues de vidange a été construite en 2004 avec un canal de dégrillage, deux bassins de décantation et d'épaississement en parallèle et neuf lits de séchage. Une canalisation est utilisée pour l'évacuation de la fraction liquide vers la station de traitement des eaux usées attenante fonctionnant avec des bassins de lagunage.

Après 5 ans d'exploitation, la station s'est trouvée à l'arrêt pendant quelques mois et ce malgré la robustesse des technologies mises en œuvre. Cette panne a résulté de la sélection de pompes insuffisamment puissantes pour extraire les boues et d'une panne des camions hydrocureurs requis pour le curage des boues épaissies au fond des bassins. Les bassins de décantation et d'épaississement n'ayant pas été curés pendant plusieurs mois, d'importantes quantités de solides sont entrées dans les bassins de lagunage pendant la période de dysfonctionnement. Ainsi, c'est l'ensemble de la station attenante qui a été surchargée. De plus, les boues épaissies n'ont pas pu être séchées sur les lits de séchage et aucun entretien n'a été effectué pendant plusieurs mois. Ce manque de maintenance prolongée a eu pour résultat l'altération des matériaux filtrants, des murs et des vannes. Des ressources importantes ont finalement été requises pour remédier à ces dégradations et au faucardage des mauvaises herbes pour assurer à nouveau un fonctionnement performant de l'ensemble de la station de traitement.

Cette situation est le résultat d'une stratégie de gestion des ressources humaines insuffisante, d'un système administratif trop rigide et d'un manque de procédures efficaces pour l'exploitation-maintenance. Il n'y avait en effet aucun exploitant fixe pour cette station de traitement des boues de vidange, mais des travailleurs journaliers sans formation étaient régulièrement engagés. Ce mode de recrutement du personnel n'encourage pas le sentiment de responsabilité nécessaire pour une maintenance soignée et ne permet pas une continuité satisfaisante des activités d'exploitation. De plus, aucun technicien compétent n'a été engagé pour la réparation des pompes pendant toute la période à cause d'un manque de circulation de l'information dans l'entreprise. Une fois ces informations communiquées au siège principal, les travaux nécessaires de réparation et de maintenance ont été effectués rapidement, permettant le retour au fonctionnement normal des installations de traitement.

Cet exemple illustre bien l'importance d'une attribution intelligente des ressources humaines pour l'exploitation des stations de traitement des boues de vidange afin d'assurer leur fonctionnement dans la durée. Il est donc crucial de prévoir un budget suffisant permettant l'engagement de personnel d'exploitation compétent. Cette étude de cas montre aussi la nécessité d'établir des stratégies de gestion d'entreprise suffisamment flexibles pour réagir rapidement à des problèmes techniques. Une procédure hiérarchique trop complexe entraînant une communication interne trop lente affecte directement la possibilité d'assurer les réparations nécessaires en temps opportun ou de changer la gestion d'une installation pour permettre son optimisation. De tels systèmes administratifs complexes peuvent causer d'importantes détériorations des procédés de traitement.

11.6.1 Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Un programme efficace d'analyses de laboratoire doit fournir les informations nécessaires pour obtenir un historique du fonctionnement de la station et pour faciliter la prise de décisions d'exploitation. Plus l'information est précise et régulière, plus faciles sont les prises de décisions en termes d'exploitation. L'exploitation d'un bassin de lagunage ou d'un digesteur anaérobie peut par exemple être rapidement ajustée en fonction des résultats des analyses en laboratoire. Si des analyses révèlent des valeurs de demande biologique en oxygène et de matière sèche dépassant les exigences de rejet, le temps de séjour dans les bassins peut être augmenté pour améliorer les performances de traitement.

La chaîne de responsabilités doit être organisée pour s'assurer que le personnel en charge de l'échantillonnage communique de manière efficace avec les responsables du laboratoire concernant les échantillons prélevés et les analyses requises. Il comprend un registre écrit des conditions d'échantillonnage, des observations spéciales, des instructions et une liste des responsables pour chaque échantillonnage ainsi que les informations suivantes :

- L'identification des échantillons ;
- Les informations concernant le fonctionnement des installations au moment de l'échantillonnage ;
- Les instructions pour le personnel de laboratoire, à savoir les analyses à effectuer pour chaque échantillon ;
- La date et l'heure de prélèvement et de manipulation, ainsi que la signature de chaque personne manipulant les échantillons.

Selon HPCIDBC (2011), les paramètres les plus souvent analysés sont :

- Les matières sèches et les matières en suspension : ces analyses permettent l'évaluation des performances de sédimentation (figure 11.4) ;
- La teneur en eau des produits issus du traitement : ce paramètre fournit une estimation des performances de séchage ;
- Les demandes biologique et chimique en oxygène dans la fraction liquide : ces analyses permettent le suivi de l'oxygène qui sera consommé, impactant directement la vie aquatique ;
- La teneur en nutriments (par exemple en azote et en phosphore), qui influence les possibilités de valorisation en agriculture, de même que le risque d'eutrophisation des eaux ;
- La teneur en germes pathogènes : cet aspect est généralement évalué par l'analyse de la concentration en *E. Coli*, en coliformes fécaux ou en œufs d'helminthe qui permettent un suivi des risques de maladies d'origine hydrique.

Ces paramètres de suivi doivent être ajustés en fonction des technologies utilisées, des exigences de qualité locales concernant les effluents et des objectifs de valorisation (voir chapitres 2 et 10). Par exemple, l'évaluation du contenu en germes pathogènes n'est pas nécessaire si les produits issus du traitement sont ensuite brûlés dans une cimenterie. Le pH est un élément important à contrôler pour l'alimentation d'un digesteur anaérobie avec des boues de vidange.

L'analyse des échantillons en laboratoire requiert le suivi de procédures strictes par des employés qualifiés. Un budget spécifique et significatif doit être prévu pour l'achat des consommables de laboratoire, ainsi que pour l'utilisation et l'entretien des équipements d'analyse et de l'infrastructure. Certaines technologies de traitement impliquent des procédures de suivi en laboratoire plus complexes que d'autres, telles que par exemple les procédés de compostage, de boues activées ou de traitement à la chaux. D'autres installations nécessitent un suivi relativement simple se limitant à l'évaluation des performances de traitement. Les activités de laboratoire requièrent aussi des procédures bien définies d'assurance et de contrôle qualité.

Lorsque des analyses spéciales sont nécessaires, des contrats peuvent être prévus avec des laboratoires externes. Dans le cas d'une sous-traitance de certains aspects du suivi, le contrat doit clairement statuer sur les méthodes d'échantillonnage, de conservation et d'analyse des échantillons. Les stations de traitement des boues de vidange pour lesquelles une partie du suivi est effectuée par des laboratoires externes doit bénéficier d'un système clair de contrôle et d'assurance qualité permettant le contrôle des procédures et de vérifier la fiabilité des informations.

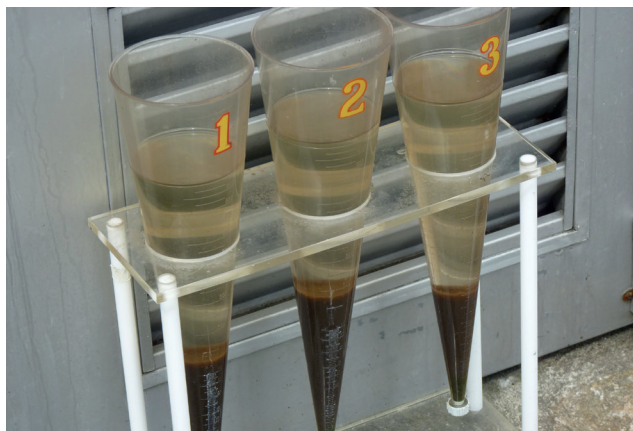


Figure 11.4 : Tests de décantabilité réalisés à la station de traitement de Manille sud (Manila Water South Septage Treatment) aux Philippines (photo : David M. Robbins).

11.6.2 Manuel d'analyses

Un manuel d'analyses est préparé pour chaque station de traitement des boues de vidange, avec les informations suivantes :

- La fréquence, l'emplacement et les procédures d'échantillonnage (par exemple : échantillon instantané ou composite), ainsi que les conditions de transport pour chaque type d'échantillon ;
- Les conditions de stockage et de conservation des échantillons et des produits chimiques pour l'analyse (par exemple : le type de contenant, les produits de conservation et la température de stockage) ;
- Les protocoles d'analyse pour chaque paramètre, suivant autant que possible des méthodes normalisées reconnues ;
- Le plan de contrôle et d'assurance qualité pour l'échantillonnage et toutes les analyses effectuées sur place ou en laboratoire pour assurer l'exactitude des données analytiques ;

- La nécessité et la fréquence d'échantillonnages fragmentés, de duplicatas ou de blancs pour les contrôles ;
- L'information nécessaire pour le calibrage la maintenance des équipements analytiques utilisés à la station et en laboratoire (par exemple : les sondes pH et d'analyses de la demande en oxygène).

11.7 TENUE DE REGISTRES

Un programme efficace d'exploitation-maintenance requiert une tenue de registres complète, où toutes les activités d'exploitation, de maintenance et de suivi, ainsi que tout dysfonctionnement est documenté. Ces registres et rapports sont des outils importants pour le personnel exploitant qui peut s'y référer pour identifier les fluctuations et les problèmes d'exploitation, analyser leur périodicité et évaluer l'efficacité des mesures de mitigation entreprises. Ces informations permettent aussi l'optimisation continue des procédures d'exploitation-maintenance. Elles devraient donc être toujours accessibles à l'ensemble du personnel exploitant et contenir les éléments suivants :

- Les informations concernant l'exploitation de la station de traitement consignées dans des cahiers d'exploitation ou des rapports quotidiens d'exploitation comme illustré à la figure 11.5, des formulaires de suivi du fonctionnement de chaque unité de traitement ainsi que des documents et des rapports concernant la réception des boues de vidange à la station ;
- Les rapports concernant les événements urgents et les dysfonctionnements avec en réponse les méthodes de mitigation et de fonctionnement ;
- Les rapports et les cahiers consignants les activités de maintenance préventive et réactive, dont des cahiers de maintenance pour chaque unité de traitement, et les stocks de consommables, d'outils et de pièces de rechange ;
- Les dossiers de conformité comprenant les résultats des analyses et des observations de terrain, les normes et les courriers officiels concernés ;
- Les dossiers concernant les employés, en particulier les horaires, les fiches de travail et les rapports mentionnant les blessures.

Le nombre, le type et la longueur des rapports et des cahiers utilisés pour une station de traitement dépend de sa taille, de sa complexité technologique et des normes et lois concernant les installations de traitement et la qualité des effluents. Des résumés et des rapports de bilans devraient être préparés régulièrement afin de faciliter l'utilisation des données pour l'optimisation des plans d'exploitation-maintenance, voire la planification de modification ou d'expansion de la station de traitement. Ces informations peuvent aussi servir en cas de dimensionnement de nouvelles stations. Les éléments clés de la tenue des registres sont listés ci-dessous.

11.7.1 Cahier d'exploitation

Le cahier d'exploitation figure parmi les documents les plus importants. Ce cahier permet la communication entre tout le personnel exploitant et consigne les événements importants. Les informations enregistrées comprennent le nom des responsables des différentes tâches, les conditions climatiques, tous les dysfonctionnements, les anomalies et les difficultés d'exploitation, les messages importants, les informations concernant la sécurité et les actions entreprises en ré-

ponse aux anomalies. Un exemple du cahier d'exploitation recommandé par le code administratif sur la gestion des eaux usées au New Jersey (États-Unis) est présenté dans l'étude de cas 11.2.

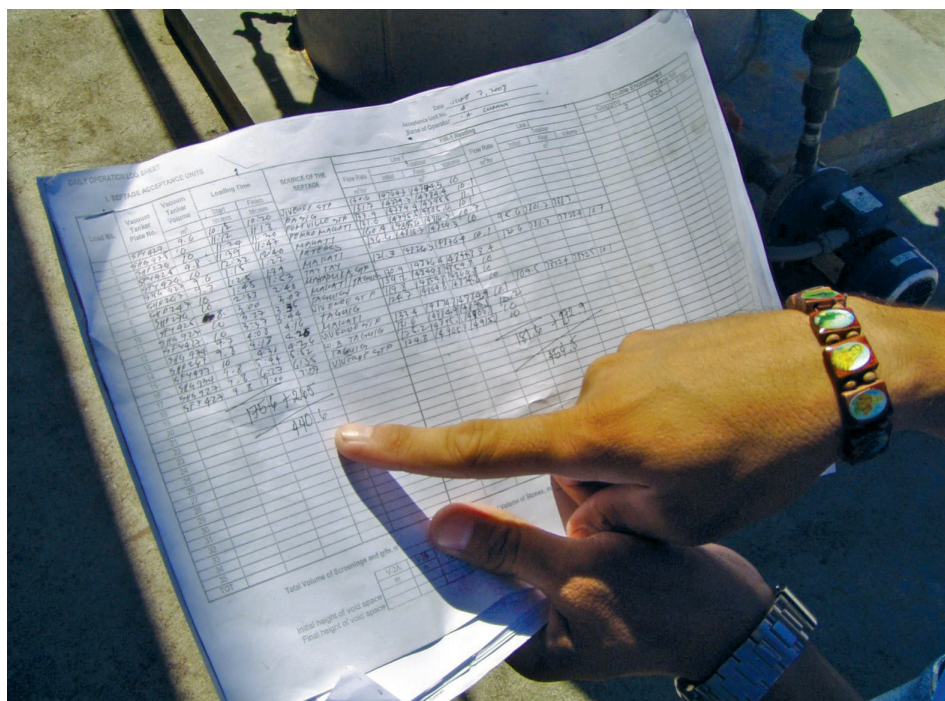


Figure 11.5 : Le registre des entrées des camions consigne le nombre de camions ayant déposé, les volumes de boues de vidange, la date et le jour du dépotage ainsi que le nom du conducteur. Ces rapports sont remplis dans chaque station de traitement des boues de vidange (photo : David Robbins).

Étude de cas 11.2 : Extrait du code administratif sur la gestion des eaux usées de l'État du New Jersey (cahier d'exploitation).

Le résultat des inspections de tous les équipements mécaniques et des accessoires et outils essentiels à l'exploitation-maintenance du système de traitement est soit enregistré sur papier et conservé dans des cahiers d'inspection, soit saisi dans des bases de données sécurisées, ou toute méthode d'enregistrement équivalente. Les cahiers ou bases de données informatiques incluent les informations suivantes :

- L'heure, la date et l'objet de toutes les inspections ;
- Le rapport complet sur tous les arrêts et problèmes, toutes les pannes et situations de dérivation, d'arrêt de pompes ou d'urgence, toutes les plaintes ou raisons d'intervention sur un élément du système de traitement nécessitant une modification des procédures d'exploitation-maintenance de routine, ou toute situation pouvant résulter en une violation des permis, lois ou normes ;
- Les informations concernant les actions de remédiation ou de suivi et les protocoles appliqués pour la correction de tous les cas susmentionnés ;
- La date, l'heure et la personne ayant consigné ces informations.

11.7.2 Rapports de réception des boues de vidange

Les rapports de réception des boues de vidange consignent les quantités de boues de vidange reçues chaque jour à la station, les taxes de dépotage collectées et toute information spéciale reportée par les employés à ce sujet. Le remplissage régulier de ce document permet de minimiser les fraudes et limite le dépotage sauvage des boues hors des stations de traitement.

11.7.3 Fiches d'exploitation des unités de traitement

Les fiches d'exploitation répertorient les quantités de boues de vidange déversées dans chaque unité de traitement et les activités d'exploitation réalisées (par exemple : l'extraction des produits issus du traitement), les variables d'exploitation appliquées (par exemple : le ratio de mélange entre des boues fraîches et stabilisées ou l'ajout de chaux), la qualité des produits issus du traitement et les déchets extraits, ainsi que les consommables utilisés. Le personnel et les compétences nécessaires pour réaliser toutes les activités y sont aussi listés, avec les anomalies pouvant être observées et les actions de mitigation possibles. Ces fiches fournissent un historique des activités d'exploitation-maintenance entreprises pour chaque installation, équipement ou pièce, les pannes observées et les solutions développées, de même que le budget et les ressources humaines nécessaires. Les activités de maintenance préventive et réactive sont distinguées et des recommandations pour l'optimisation des procédures enregistrées.

11.7.4 Interprétation et communication des données techniques

Les données collectées par les procédures de suivi à la station et en laboratoire (par exemple : dans les cahiers, les rapports et les fiches d'exploitation) sont utilisées conjointement pour ajuster les procédures d'exploitation-maintenance en vue de l'optimisation des performances de traitement. Par exemple, la charge volumique des boues de vidange sur des lits de séchage plantés peut être ajustée en comparant les résultats d'analyses en laboratoire avec les informations sur les charges massiques et le temps de séjour (Kootatpe *et al.*, 2005). Les conditions optimales d'exploitation peuvent ainsi être identifiées et les performances de traitement améliorées.

Toutes les informations collectées par le biais du programme de suivi et dans les différents types de registres est analysée régulièrement et des rapports sont préparés pour assurer une communication interne. L'efficacité du système de communication interne est cruciale, car elle permet l'amélioration des procédures administratives et d'exploitation et assure aussi que chaque employé dispose de toutes les informations nécessaires pour contribuer au bon fonctionnement de la station de traitement. La définition des fréquences d'émission des différents rapports et de la chaîne de prise de décision est aussi essentielle.

Afin de s'assurer que les actions adéquates sont mises en œuvre et de rendre utiles tous les rapports, fiches et cahiers d'exploitation et de suivi, les rapports d'analyses en laboratoire doivent être mis à disposition de tout le personnel d'exploitation et être lus par les responsables administratifs en charge de l'exploitation. La formation de tout le personnel exploitant, des techniciens aux responsables, est donc primordiale pour être sûr que les informations et les résultats d'analyses sont bien compris et interprétés. Lors de dépassement des exigences de qualité ou des valeurs prévues, une réunion devrait être organisée pour décider des mesures à prendre. Toutes les informations consignées dans les fiches d'exploitation-maintenance et les rapports d'analyses en laboratoire devraient aussi être résumées au fil des mois et des années d'exploitation. Par

exemple, il est important d'avoir un historique des pannes d'équipements tels que les pompes sur une période d'une année afin d'ajuster le programme de maintenance préventive. Un tel historique peut également permettre la décision d'améliorer les installations de dégrillage avant une pompe pour réduire le nombre de pannes. Les activités d'exploitation-maintenance dépendent aussi des conditions climatiques et donc des saisons. Cet aspect est aussi important à considérer lors de la planification des activités d'exploitation et de maintenance.

11.8 SÉCURITÉ DANS LES STATIONS DE TRAITEMENT

Les stations de traitement des boues de vidange doivent être protégées de toute entrée non-autorisée et des actes de vandalisme. Pour cela, du personnel de sécurité peut être engagé et des barrières de protection installées. La sécurité peut aussi être favorisée par les éléments suivants :

- L'intégration de la sécurité comme un sujet à part entière dans les réunions du personnel exploitant ;
- La désignation d'un responsable de la sécurité ou la définition précise des tâches relatives à la sécurité aux différents employés ;
- La mise en place et le suivi des règles de sécurité de manière cohérente et équitable ;
- La formation de tous les employés sur les aspects de sécurité.

11.8.1 Santé et sécurité

De nombreux risques découlent des tâches d'exploitation-maintenance sur une station de traitement des boues de vidange. Ces aspects sont donc une partie intégrante du plan d'exploitation-maintenance. Malheureusement, les aspects de santé et de sécurité sont souvent sous-estimés.

Le plan de santé et de sécurité inventorie les procédures, les pratiques et les équipements que doivent connaître les employés pour permettre une exploitation sécurisée. Ce plan est détaillé de manière spécifique pour chaque station de traitement, bien que nombre d'aspects soient les mêmes partout. Les procédures visant à garantir la santé et la sécurité sont strictement encouragées et contrôlées par les responsables administratifs. Pour cela, le plan de santé et de sécurité devrait être accompagné par des panneaux près de chaque zone à risques (par exemple : près des bassins, des installations électriques, des espaces confinés). Un exemple de consignes de sécurité est donné à la figure 11.6. Les aspects suivants devraient être intégrés dans le plan de santé et de sécurité :

- Les équipements de protection individuelle et les mesures de sécurité à observer lors des activités d'exploitation-maintenance ;
- Les mesures d'hygiène et de contrôle des infections ;
- Les procédures d'urgence en cas d'accident ;
- La protection contre les chutes et les risques de noyade ;
- La protection à l'entrée des espaces confinés ;
- La sécurité à l'usage des installations électriques, ainsi que les procédures de mise en tension et hors tension.

De plus amples détails peuvent être trouvés sur le site internet de l'administration de santé et de sécurité au travail des États-Unis (<http://www.osha.gov/>). Ces aspects sont aussi développés ci-dessous.



Figure 11.6 : Les panneaux d'indication des mesures de sécurité sont importants pour assurer le suivi des procédures visant à garantir la santé et la sécurité des employés (photo : David M. Robbins).

11.8.2 Équipements de protection individuelle

Pour réduire les risques d'exposition lors des activités d'exploitation-maintenance, les équipements de protection individuelle suivants doivent être portés :

- Les casques contre les chutes d'objets ;
- Les lunettes ou masques de protection contre les projections chimiques et les poussières ;
- Les gants en latex ou autres matériaux pour protéger du contact avec des produits chimiques et abrasifs ;
- Les masques de respiration, anti-poussières ou les appareils respiratoires lors de certaines tâches, par exemple dans des zones confinées ;
- D'autres vêtements de protection mis à disposition du personnel exploitant, tels que des bottes ou des chaussures de protection, des pantalons ou des tabliers ;
- Les équipements spécifiques pour des tâches particulièrement dangereuses.

En plus de la préparation d'un plan de santé et de sécurité pour chaque station de traitement et pour chaque activité d'exploitation-maintenance, il est du ressort des responsables administratifs d'assurer la formation de tous les employés concernant ces aspects et de veiller au respect des normes et des usages de sécurité.

Le plan de santé et de sécurité prévoit aussi des directives claires pour la réception des charges de boues de vidange à la station, le déplacement des camions à l'intérieur du site, les activités de maintenance et de suivi, le stockage et la séparation des produits chimiques et des consommables et la gestion des produits issus du traitement. Par exemple, les camions doivent être bien immobilisés pendant le dépotage, tout le personnel d'exploitation, de maintenance et de suivi doit porter les vêtements de protection adéquats sur le site de la station et l'interdiction de fumer doit être respectée.

11.8.3 Contrôle des infections

Les boues de vidange sont par nature infectieuses. Elles contiennent des concentrations importantes en bactéries, en virus et autres germes pathogènes pouvant générer des maladies dites « d'origine hydrique ». Le personnel exploitant doit donc être vacciné, par exemple contre l'hépatite A et le tétanos, et suivre des règles d'hygiène strictes lors de l'utilisation des équipements et des outils qui ont pu être en contact avec les boues de vidange. Des douches, des robinets et du savon pour se laver les mains doivent être mis à disposition du personnel exploitant, de même qu'un vestiaire où les employés peuvent se changer. Les procédures de contrôle des infections comprennent :

- Le port des équipements de protection individuelle adéquats pour éviter tout contact de la peau et du visage avec des boues de vidange ;
- Le lavage régulier des mains après un contact avec les boues de vidange et avant de manger ou boire ;
- L'interdiction de manger ou boire dans les zones où des boues de vidange ou des produits chimiques sont stockés et manipulés ;
- La communication immédiate aux responsables de la station de traitement des maladies ou malaises observés ;
- L'interdiction de fumer et de toute activité pouvant favoriser l'ingestion de matières fécales.

11.8.4 Contacts et procédures en cas d'urgence

Les numéros et les contacts en cas d'urgence doivent être visibles dans les différentes salles et accessibles à tous les employés. De même, l'accès à un téléphone fonctionnel est important. Des kits de premiers secours et de soins basiques devraient aussi être fournis sur toutes les stations de traitement, en particulier les plus retirées. Une procédure d'urgence typique comprend les actions suivantes :

- Le contact du personnel d'urgence ou de secours adéquat ;
- Selon les cas, l'évacuation du personnel (par exemple : en cas de feu, d'explosion ou de fuite de produits chimiques) ;
- Le contact des responsables de la station si ces derniers ne sont pas déjà sur le site ;
- L'assistance au personnel blessé ou touché jusqu'à ce que le personnel de secours arrive et gère la situation d'urgence.

Les situations d'urgence doivent être documentées dans un rapport ou un formulaire d'urgence et envoyé aux responsables administratifs pour enquête. Toutes les situations d'urgence sont, de plus, entièrement détaillées dans le cahier d'exploitation.

11.8.5 Protection contre les chutes et les risques de noyade

Les stations dans lesquelles des bassins de décantation et d'épaississement ou de lagunage sont utilisés doivent être dotées d'une stratégie de prévention des risques de noyade. Ces stratégies comprennent la mise à disposition de matériel de sécurité et de sauvetage, d'une signalétique

appropriée et la formation du personnel exploitant. Les stations présentant de larges bassins ou lagunes sont souvent dotées de barques pour les activités d'exploitation-maintenance. Lors de l'accomplissement des tâches de suivi ou de maintenance nécessitant l'usage de ces bateaux, le personnel d'exploitation préalablement formé portera des gilets de sauvetage, travaillera en binôme et prendra toutes les mesures pour éviter la noyade.

Toutes les précautions devraient aussi être prises pour éviter les fuites ou les projections de boues de vidange et pour s'assurer que les regards sont fermés afin d'éviter toute chute.

11.8.6 Travail dans les espaces confinés

Les espaces confinés sont toutes les zones des stations de traitement des boues de vidange qui sont fermées et dont l'accès est limité. Cela comprend par exemple les bassins fermés, les regards et les puits secs. Ce sont des zones à risques, car l'atmosphère peut y être irrespirable à cause de quantités d'oxygène insuffisantes ou de la présence de gaz toxiques tels que du chlore gazeux ou du sulfure d'hydrogène. Afin de prévenir de potentiels accidents dans les espaces confinés, la mise en place d'un programme de permis d'entrée pour ces zones est recommandée. Ce programme débute par l'identification de tous les espaces confinés de la station de traitement. Les procédures suivantes sont ensuite clarifiées pour permettre la réalisation des activités de maintenance de manière sécurisée dans ces espaces :

- Un permis d'entrée dans les espaces confinés est préparé par le personnel concerné et signé par les responsables ;
- La qualité de l'air est testée avec une sonde à oxygène avant l'entrée et la réalisation des travaux dans l'espace confiné ou, dans le cas de regards, avec une sonde à sulfure d'hydrogène ;
- Le travail est effectué en binôme : la personne travaillant dans l'espace confiné est attachée à une corde par un harnais et la personne située à l'extérieur reste à disposition constamment pour l'assister en cas de besoin ;
- Le permis est retourné aux responsables pour signature afin de signifier la fin de la tâche.

11.8.7 Sécurité électrique

Des procédures spécifiques de sécurité sont aussi à prévoir pour les stations de traitement des boues de vidange dotées d'équipements électriques. Parmi ces dernières, figure la procédure de mise hors tension, assurant qu'un appareil est mis hors tension et verrouillé pendant sa réparation ou toute activité de maintenance. Une signalisation indiquant la date et les horaires prévus du travail effectué sur le système par la personne responsable est apposée de manière bien visible sur le panneau électrique ou à l'endroit où le courant est coupé. Cette signalisation comporte la signature des responsables et de l'électricien, et le verrou est enlevé seulement une fois le travail entièrement réalisé.

11.9 GESTION ADMINISTRATIVE

Une gestion efficace des stations de traitement des boues de vidange requiert la définition claire des stratégies pour chaque station. Le manque de considération d'aspects tels que la coordination du personnel, la planification et la supervision des activités de suivi et d'exploitation-

maintenance, ainsi que la formation peut sérieusement affecter les performances de traitement. Des problématiques telles que le manque de compétences du personnel exploitant, la mauvaise définition des priorités techniques par les responsables administratifs, une communication insuffisante ou une gestion inefficace des ressources financières peut en être la cause (voir l'étude de cas 11.1). Les procédures pour le suivi et l'exploitation-maintenance ainsi que les stratégies de communication devraient être définies suffisamment tôt et intégrées de manière stratégique dans le processus général de gestion de l'entreprise. Ces aspects sont développés ci-dessous.

11.9.1 Procédures financières

La définition des procédures financières dépend des besoins d'exploitation. Ainsi, les coûts d'exploitation doivent être suivis et enregistrés, et les budgets ajustés sur les dépenses réelles. Les différents coûts à considérer sont présentés au chapitre 13. Il est recommandé de prévoir un budget spécial et des procédures facilitées en cas de pannes d'équipements critiques, de même que pour le remplacement de matériel ou d'équipements en fin de vie. Les procédures d'acquisition des outils, des pièces de rechange et du matériel de sécurité doivent être rapides, et des fonds spéciaux réservés pour de petites réparations urgentes (par exemple : pour une grille de dégrillage ou une vanne). La réparation d'une pompe doit être très rapide pour permettre le fonctionnement continu d'une station et ne devrait pas être pénalisée par des délais d'approbation de budget.

11.9.2 Gestion des ressources humaines

La gestion des ressources humaines concerne la manière d'organiser et de former le personnel, y compris la définition des responsabilités, du système hiérarchique, des politiques et des procédures pour toutes les activités relatives aux stations de traitement. Alors que la gestion des ressources humaines est reconnue comme un aspect clé pour une exploitation durable et efficace de stations, le budget attribué à l'engagement de ressources humaines appropriées est souvent insuffisant. Les besoins en ressources humaines sont définis durant le processus de dimensionnement et ajustés en fonction du travail d'exploitation-maintenance pendant la période de mise en service de la station. Des services ou des entreprises externes peuvent être contractées dans le cas de tâches demandant des compétences ou des ressources très spécifiques, comme par exemple la réparation d'une centrifugeuse ou de camions hydrocureurs. L'attribution d'un budget spécial pour ces coûts est recommandée (voir étude de cas 11.3). Ce budget doit assurer une qualité et une fréquence de services suffisantes pour permettre une exploitation continue de la station, et le contrat doit être défini en ce sens.

Il est important que les rôles et responsabilités de tout le personnel exploitant soient clairement distribués, quelle que soit la taille de la station de traitement. La définition claire de l'organisation des ressources humaines permet la compréhension nécessaire des enjeux et des prérequis de chaque tâche et comprend :

- La description des circuits de communication, c'est-à-dire : « quelle information est communiquée à quel responsable ? » ;
- L'aperçu du niveau hiérarchique engagé dans les décisions d'exploitation ;
- La formation appropriée et continue afin de s'assurer que l'ensemble du personnel a les connaissances requises pour honorer ses responsabilités.

Étude de cas 11.3 : Sous-traitance de services de maintenance pour les stations de traitement.

L'Office national de l'électricité et de l'eau potable (ONEP) gère l'exploitation de plusieurs stations de traitement des eaux usées au Maroc. Étant donné la grandeur du territoire couvert, l'ONEP ne peut pas gérer en interne les équipements et le personnel nécessaires pour les activités spécifiques de maintenance des stations de traitement telles que, par exemple, la réparation des pompes. Des entreprises privées sont donc engagées sur la base de contrats de 5 ans. Les contrats prévoient la région couverte, les exigences de qualité à respecter et la formation des employés des entreprises privées au sein de l'ONEP. Ce type d'organisation permet l'optimisation des coûts et de l'utilisation des équipements de maintenance et assure un travail de qualité.

La dépendance des procédés de traitement à des services externes doit cependant être bien gérée. Une collaboration à long terme peut être encouragée et la définition des exigences de qualité doit être précise. En cas de sous-traitance de tâches de maintenance d'équipements clés ou pour des cas de réparation imprévisible, un mécanisme assurant une réalisation très rapide des travaux est recommandé.

11.9.3 Recrutement, rôles et responsabilités

Les effectifs diffèrent selon la taille des stations de traitement des boues de vidange, leur volume de traitement et le type de compétences requises pour leur exploitation.

La mise en place d'un organigramme clair spécifiant les rôles et les responsabilités de chaque employé ainsi que les flux de communication est utile et devrait être entreprise pendant les phases de dimensionnement et de planification. Le recrutement suit évidemment les critères définis dans l'organigramme général avec, en complément, une description précise des tâches pour chaque type d'employé.

Dans de petites stations de traitement, il est commun qu'une personne combine plusieurs rôles comme ceux de responsable d'exploitation, d'agent de sécurité et de technicien d'exploitation-maintenance. Les besoins en personnel clé et les responsabilités importantes pour l'exploitation durable d'une station de traitement des boues de vidange sont présentés ci-dessous.

Responsable d'exploitation

Le (la) responsable d'exploitation fait partie de l'équipe de gestion administrative et gère l'exploitation quotidienne de la station de traitement. Il (elle) définit les objectifs, les stratégies et les priorités pour l'exploitation-maintenance et est responsable pour :

- La tenue des registres, des documents administratifs et des correspondances, la gestion de l'enceinte de la station et des équipements ainsi que la supervision du personnel ;
- La participation à la définition et à la mise en œuvre des objectifs, des stratégies et des priorités ;
- La coordination de l'organisation des activités, du personnel d'exploitation, du contrôle des processus, des plannings et du respect des normes et des objectifs de qualité, y compris la prise de responsabilités en cas de décisions critiques lors de changements de procédures d'exploitation ou de maintenance ;

- L'identification des possibilités d'amélioration des méthodes et des procédures d'exploitation-maintenance, de suivi et de sécurité ;
- La direction, la coordination et la révision des plans de travail pour chaque activité d'exploitation-maintenance ;
- La direction et le contrôle du fonctionnement des différentes étapes de traitement, l'interprétation des analyses et des tests pour l'optimisation continue des paramètres d'exploitation ;
- L'organisation des réparations d'équipements tels que des pompes, des équipements de chloration, des analyseurs automatiques, des panneaux électriques et des procédés de séchage des boues traitées ou digérées ;
- La participation aux projets de construction de nouvelles unités de traitement ;
- Le recrutement, la formation, la motivation et la gestion du personnel œuvrant sur la station ;
- La mise en place et la supervision des programmes de santé et de sécurité ;
- La participation au développement budgétaire et à la gestion des tâches administratives pour le fonctionnement de la station de traitement.

Ingénieur(e) de station

L'ingénieur(e) de station est le (la) responsable technique. Ses responsabilités comprennent :

- Le contrôle du fonctionnement général de la station et l'amélioration des processus de traitement ;
- Le suivi et le contrôle des dépenses liées à l'exploitation-maintenance ;
- L'organisation et la coordination du travail des équipes d'exploitation-maintenance (par exemple : des équipes chargées du curage des boues séchées comme illustré à la figure 11.7) ;
- L'élaboration de solutions techniques pour tout dysfonctionnement rencontré à la station de traitement ;
- La contribution au processus de suivi et de tenue des registres concernant les performances techniques, les processus et les équipements ;
- La gestion des entreprises en sous-traitance et des fournisseurs.

Opérateur(-trice)

L'opérateur(-trice) de station est en charge des activités quotidiennes liées à tous les aspects techniques nécessaires pour le fonctionnement de la station. Il (elle) est responsable d'assurer les tâches suivantes dans le respect des procédures prédéfinies :

- L'inspection des équipements et des installations, le suivi de l'exploitation, la collecte d'échantillons afin de contrôler les performances du système en collaboration avec le personnel de laboratoire ;

- Le fonctionnement des camions, des pompes, des turbines, des génératrices, des compresseurs et autres machines ou installations ;
- Le test, l'étalonnage et la réparation des instruments de suivi et de supervision ;
- La tenue des registres concernant les activités d'exploitation, les dégradations et les pannes ;
- La préparation des rapports de terrain et des rapports périodiques les résumant, l'émission de recommandations pour l'optimisation du système ;
- L'assistance, lors d'enquêtes de terrain, d'évaluation d'impact environnemental et des activités de nettoyage.



Figure 11.7 : Curage des boues séchées d'un lit de séchage non-planté à la station de traitement de Bugolobi à Kampala, Ouganda (photo : Linda Strande).

Technicien(ne) de maintenance

Le technicien ou la technicienne réalise des travaux de maintenance de routine et d'urgence sur toutes les installations de la station de traitement, y compris les pompes, machines, moteurs, filtres, dégrilleurs, vannes, canaux et bassins. Ses responsabilités comprennent :

- Le contrôle, le réglage et la maintenance des équipements mécaniques dont, par exemple, le graissage, la vidange et le changement d'huile ;
- La maintenance des bâtiments, des routes et des sols ;
- Le nettoyage des espaces de la station ;
- Le remplacement des pièces usées ou défectueuses et la réalisation des réparations de routine et d'urgence, dont le remplacement de moteurs, de roulements, de brides, de joints et autres composants ;

- L'inspection des équipements mécaniques ou hydrauliques, dont la maintenance est sous-traitée pour assurer le respect des contrats ;
- Le suivi des installations et des équipements afin d'identifier toute fuite ou altération ;
- La tenue des registres concernant ces activités par l'enregistrement des informations liées à la maintenance et la réparation, ainsi que la préparation des rapports périodiques résumant les tâches effectuées, les difficultés rencontrées et les recommandations.

11.10 COORDINATION

La communication est encouragée entre le personnel chargé du suivi, de l'exploitation et de la maintenance des différentes stations de traitement dans une même organisation ou juridiction, et avec les responsables administratifs. Une communication verticale efficace permet la compréhension des contraintes d'exploitation et les besoins du personnel d'exploitation par les responsables administratifs. Elle permet aussi l'acquisition rapide de pièces de rechange ou la commande de travaux de réparation afin d'assurer le fonctionnement en continu des stations de traitement des boues de vidange. La communication horizontale entre les employés des différentes stations de traitement facilite l'échange d'expérience et l'optimisation des procédures. Des réunions fréquentes (hebdomadaires ou mensuelles) peuvent être tenues pour encourager l'échange d'informations entre les responsables administratifs, d'exploitation, de maintenance et de suivi, ainsi que pour définir des solutions cohérentes. Lorsqu'une même compagnie est en charge de plusieurs stations de traitement des boues de vidange, une personne peut être désignée pour assurer le contrôle de qualité et l'harmonisation des procédures pour l'exploitation-maintenance de toutes les stations. La mise en place d'un tel poste favorise l'amélioration des procédures et des manuels sur la base des expériences diverses, évite la répétition de certains dysfonctionnements, permet la standardisation des méthodes et l'application uniforme des règles de sécurité et des systèmes d'exploitation-maintenance.

11.11 PÉRIODE DE DÉMARRAGE

Une période de mise en exploitation est nécessaire pour lancer et ajuster les opérations d'exploitation-maintenance pour toute nouvelle station. Cette période permet de définir la fréquence, les mesures de sécurité et la circulation de l'information pour toutes les activités de suivi, d'exploitation et de maintenance. Pendant la période de démarrage, une communication très fréquente entre les responsables administratifs et le personnel d'exploitation est recommandée. Chaque difficulté est traitée, afin de préparer les procédures et les documents finaux de manière cohérente et efficace (par exemple : le manuel d'exploitation, les fiches d'information, les fiches de suivi, les cahiers et autres registres). Pour toutes les installations, les aspects suivants sont à observer pendant la phase de démarrage, y compris pour celles nécessitant une période de démarrage relativement courte comme les lits de séchage non-plantés et les bassins de décantation et d'épaississement :

- Les quantités de boues de vidange dépotées à la station ;
- La circulation des camions aux alentours et dans la station ;
- Les fréquences de nettoyage des refus de dégrillage et leur quantité ;

- La charge reçue par les unités de traitement ;
- L'organisation des activités nécessaires au processus de traitement (par exemple : le retournement des tas de compost ou des couches dans les unités de séchage solaire) ;
- La fréquence d'extraction et la quantité de produits issus de chaque unité de traitement ;
- Le temps et les conditions nécessaires pour une stabilisation efficace et la réduction des germes pathogènes en fonction de l'utilisation finale prévue ;
- La fréquence et le type d'activités de maintenance de routine ;
- La fréquence et l'interprétation des analyses et des observations pour le suivi.

La durée de la période de démarrage dépend du type de technologies utilisées. Par exemple, la phase d'acclimatation des macrophytes sur un lit de séchage planté ou un bassin de lagunage peut prendre 3 à 6 mois avant que les rendements prévus soient atteints (figure 11.8). Pour certaines technologies, la saison de mise en exploitation est également importante, étant donné qu'elle influence les performances de traitement et les activités d'exploitation. Par exemple, le temps nécessaire pour le séchage de boues de vidange sur un lit de séchage non-planté varie de manière conséquente entre la saison des pluies et la saison sèche dans des zones arides. Les quantités de boues de vidange dépotées à la station peuvent aussi varier en fonction de la pluviométrie. L'analyse des charges et des temps de séjour pendant les différentes saisons est utile, et il est recommandé d'observer une période de démarrage couvrant au moins les deux saisons.

Tous les employés devraient être formés et engagés avant le début de la mise en exploitation d'une nouvelle station de traitement. Ainsi, des visites sur des sites de traitement similaires peuvent être organisées et les informations de base sur les mécanismes de traitement discutées. Pendant la période de mise en exploitation, il est utile d'organiser une assistance technique et de gestion par des experts reconnus dans le domaine.



Figure 11.8 : Mise en exploitation d'un système de lagunage pour le traitement de boues de vidange à San Fernando, Philippines. Dans ce cas, les bassins de lagunage ont été inoculés avec des boues d'une station de traitement des eaux usées située à proximité (photo : David M. Robbins).

Les horaires d'exploitation des stations de traitement et les procédures de dépotage (par exemple : les caractéristiques des boues de vidange acceptées et les taxes de dépotage) devraient être suivis pendant plusieurs mois et discutés avec les parties prenantes responsables du transport des boues de vidange. De même, les performances de traitement, la quantité et la qualité des produits issus du traitement doivent être évaluées et les procédures de valorisation ou de mise en décharge discutées entre les parties prenantes.

À la fin de la période de mise en exploitation, toutes les procédures administratives, d'exploitation, de maintenance, de suivi et de communication devraient être définies et comprises par l'ensemble des employés. Les versions finales de ces documents doivent être validées de manière participative et mises en application.

11.12 BIBLIOGRAPHIE

- Bassan M. (2009). *Méthodologie d'évaluation des facteurs de succès et d'échec des stations de traitement des eaux usées et des boues de vidange à grande échelle. A Methodology to Evaluate Success or Failure of Full-scale Wastewater and Faecal Sludge Treatment Systems*. Thèse de master, École polytechnique de Lausanne, Suisse ; disponible sur <http://infoscience.epfl.ch/record/140429>.
- Bassan M., Mbéguéré M., Tchonda T., Zabsonre F., Strande L. (2013). *Integrated Faecal Sludge Management Scheme for the Cities of Burkina Faso*. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 3 (2), p. 216-221.
- Bräustetter A. (2007). *Operation and Maintenance of Resource-oriented Sanitation Systems in Peri-urban Areas*. Thèse de master Fakultät Umweltsicherung, Fachhochschule Weihenstephan.
- Fernandes A., Kirshen P., Vogel R. (2005). *Faecal Sludge Management, St. Elizabeth, Jamaica. Impacts of Global Climate*. Anchorage, USA.
- HPCIDBC (2011). *Status and Strategy for Faecal Sludge Management in the Kathmandu Valley*. High Powered Committee for Integrated Development of the Bagmati Civilization, Nepal.
- Koné D. (2002). *Épuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et du Centre : État des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement*. Thèse de doctorat. Faculté Environnement naturel, architectural et construit. Lausanne, Suisse, École polytechnique fédérale de Lausanne.
- Koné D. (2010). *Making Urban Excreta and Wastewater Management Contribute to Cities' Economic Development - A Paradigm Shift*. Water Policy 12 (4), p. 602-610.
- Koottatep T., Surinkul N., Polprasert C., Kamal A.S.M., Koné D., Montangero A., Heinss U., Strauss M. (2005). *Treatment of Septage in Constructed Wetlands in Tropical Climate: Lessons Learnt from Seven Years of Operation*. Water Science and Technology 51 (9), p. 119-126.
- Lennartsson M., Kvarnström E., Lundberg T., Buenfil J., Sawyer R. (2009). *Comparing Sanitation Systems Using Sustainability Criteria*. EcoSanRes, Stockholm, Suède.
- Lüthi C., Panesar A., Schütze T., Norström A., McConville J., Parkinson J., Saywell D., Ingle R. (2011). *Sustainable Sanitation in Cities: A Framework for Action*. Rijswijk, Pays-Bas, Papiroz Publishing House.

Questions pour l'autoévaluation

1. Quels sont les aspects d'exploitation-maintenance à prendre en compte lors de la planification d'une station de traitement des boues de vidange et pourquoi sont-ils importants ?
2. Donner trois aspects en lien avec l'emplacement de la station qui pourraient avoir un impact sur son exploitation-maintenance.
3. Donner quatre exemples d'informations devant être consignées au cours de l'exploitation de stations de traitement des boues de vidange.
4. Expliquer pourquoi le suivi continu de l'exploitation des stations est indispensable.