

OPTIMISATION DU TRAITEMENT DES BOUES

USINE DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS DE DISTILLERIE

MOHAN MEAKIN LTD., UTTAR PRADESH, INDE

Pierre Navarro*

*Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels (Laepsi), Insa de Lyon
Professeur associé, département génie civil, Indian Institut of Technology (New Delh - Inde)

L'actuel traitement des boues de la station d'épuration des effluents de distillerie de l'usine Mohan Meakin Ltd. (550 m³/j), Inde, n'est pas adapté ; les boues secondaires, dont le débit volumique journalier n'est pas mesuré, sont directement envoyées sur quatre lits de séchage pour une surface totale de 204 m² : la siccité finale, non mesurée, est inférieure à 20 % puisque les boues ne sont toujours pas pelletables après séchage.

Ces boues sont actuellement utilisées à des fins agricoles, sans aucune stabilisation.

Les solutions proposées sont la mesure du débit d'extraction des boues, l'épaississement gravitaire des boues dans un nouveau décanteur cylindro conique, la déshydratation par sept lits de séchage, pour une surface totale de 1 120 m², et enfin la stabilisation de la boue par compostage par mélange avec des ordures ménagères.

Le siccité finale des boues stabilisées devrait être égale à 65 %.

The present sludge treatment of the distillery waste water treatment plant Mohan Meakin Ltdd (550 m³/d), India, is not adapted ; the secondary sludge, which volume flow rate is not measured, are directly sent on four drying beds, presenting a total surface equal to 204 m² : the final dryness, not measured, is inferior to 20 % since the sludge are not shovellable after drying.

These sludge are presently end used for agriculture, without any stabilisation.

The proposed solutions are the measure of the sludge draw off, the sludge thickening by means of a new cylindro conical settling tank, drying by seven drying beds, presenting a total surface equal to 1 120 m², and finally a stabilisation by means of composting with household refuses.

The final stabilised sludge dryness should be equal to 65 %.

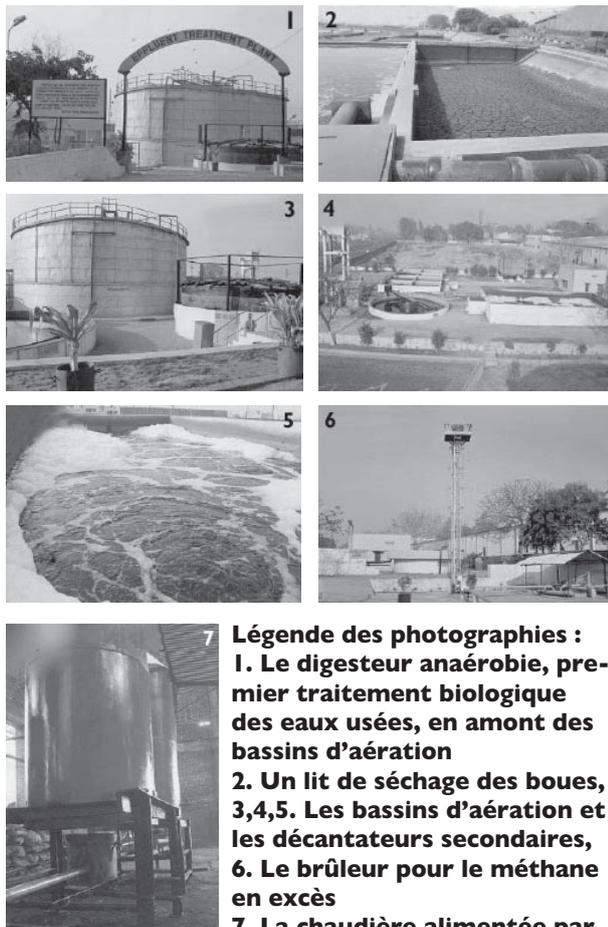
INTRODUCTION

Les principales étapes du traitement des eaux de la station d'épuration des effluents de la distillerie Mohan Meakin Limited sont :

- prétraitement par décantation primaire

- digestion anaérobie
- premier procédé de boues activées forte charge
- deuxième procédé de boues activées faible charge et rejet des eaux traitées en rivière.

Les photos 1 à 7 présentent quelques installations de l'usine. Une étude précédente montre que le premier procédé par boues activées présente des dysfonctionnements : les rendements d'élimination de la DCO et de la DBO5 sont insuffisants ; cette étude présente diverses optimisations du procédé (extraction des boues du bassin d'aération, augmentation des temps d'aération), en particulier l'installation de débitmètres pour les boues recirculées et pour les boues extraites du décanteur secondaire.



Légende des photographies :
1. Le digesteur anaérobie, premier traitement biologique des eaux usées, en amont des bassins d'aération
2. Un lit de séchage des boues,
3,4,5. Les bassins d'aération et les décanteurs secondaires,
6. Le brûleur pour le méthane en excès
7. La chaudière alimentée par le méthane

Après l'optimisation du procédé de boues activées qui a été proposée [4, 8], le débit de boues extraites s'élève à 90 m³/j, pour une concentration en matières en suspension (MES) de 6g/L et en matières volatiles en suspension (MVS) de 5 g/L [3,6].

La région de New Delhi, Inde, est confrontée à de graves problèmes environnementaux : pollution de l'air, de l'eau, des sols ; les aménagements pour la collecte et le traitement des eaux usées et des déchets sont insuffisants ; les usines de traitement des effluents résiduaires urbains, bien que le plus souvent dimensionnées correctement, sont mal gérées.

Les contraintes économiques sont importantes et il convient de trouver des solutions peu onéreuses pour optimiser les procédés, i.e. sans modification importante du dimensionnement des usines.

Cet article propose un nouveau dimensionnement de la gestion des boues, prenant en compte les spécificités de la région de New Delhi (climat chaud et sec) et les impératifs économiques (obligation de mettre en place des traitements rustiques et peu onéreux, main d'œuvre disponible).

MÉTHODE

Actuellement, aucun débitmètre n'est installé pour mesurer le débit de boues extraites du décanteur secondaire du premier procédé par boues activées.

Après optimisation du traitement de l'eau, la production de boues s'élève à 541 kg MES/j ; ces boues sont caractérisées par une concentration massiques en MES de 6 g/L et le tableau 1 résume les caractéristiques des boues brutes à traiter.

Le traitement des boues suivant a été choisi :

- épaissement gravitaire dans un décanteur
- déshydratation par lit de séchage
- stabilisation par compostage

Le tableau 2 présente les critères de choix de ces procédés [2,7].

RÉSULTAT

Épauississement des boues

a) Hypothèses

Les hypothèses de dimensionnement pour un épaisseur cylindro-conique sont présentées tableau 3 [2,7].

b) Dimensionnement

Le dimensionnement de l'épaisseur est présenté tableau 4

c) Performances attendues

Tableau 1 : Caractéristiques des boues brutes

Paramètres	Résultats
Débit volume de boues (m ³ /j)	90
MES (kg/m ³)	6
MVS (kg/m ³)	5
Débit massique de MES (kg/j)	540
Débit massique de MVS (kg/j)	450

Tableau 2 : Critères de choix des procédés de traitement des boues

Traitements	Procédés	Justifications
Épauississement	Décanteur statique	Permet de diminuer les volumes de boues à sécher Faible coût d'investissement et de fonctionnement
Déshydratation	Lit de séchage	Procédé existant à l'usine Faible coût d'investissement et de fonctionnement Pas de conditionnement nécessaire Adapté au débit de boues à traiter Espace disponible à l'usine
Compostage	Mélange avec des ordures ménagères	Nécessité de stabiliser les boues sèches destinées à une utilisation agricole Faible coût de fonctionnement Main d'œuvre disponible en Inde Recyclage des ordures ménagères

Tableau 3

Paramètres	Hypothèses
Temps de séjour de la boue brute (j)	1
Capacité (kg MES/m ² /j)	30
Pente du radier (°)	10
Hauteur totale minimal (m)	3
Vitesse ascensionnelle maximale (m/h)	0,5

La concentration massique en MES des boues épaissies par procédé gravitaire atteint généralement 20 g/L.

Or le rapport MES/MVS des boues brutes est égales à 1,2 ; celui des boues épaissies est le même et la concentration massique en MVS des boues épaissies est alors égal à 17 g/L.

Le tableau 5 présente les performances attendues de l'épaisseur [2,7].

L'influence des retours en tête de surnageant sur les procédés d'épuration des eaux usées par boues activées est présenté après la description des lits de séchage.

Déshydratation des boues [2,7]

Etant donné que les lits de séchage actuels déshydratent une boue non épaissie, le débit volume de boues qu'ils reçoivent est élevé (90 m³/j) et le dimensionnement actuel n'est pas adapté.

Actuellement, quatre lits de séchage déshydratent les boues extraites du premier procédés de boues activées ; chaque lit présente une surface de 51 m², soit une surface totale de 204 m².

Les boues sont répandues sur une hauteur de 0,66 m ; cela permet de traiter 135 m³ de boues en quinze jours mais la siccité finale est très insuffisante.

Ces lits sont sous-dimensionnés :

- actuellement, sans épauississement, 21 lits devraient être installés (voir le tableau 7 : 7 lits sont nécessaires à la déshydratation de 27 m³ de boue par jour)
- l'installation de l'épaisseur permet de diminuer la quantité de boues à déshydrater de 90 à 27 m³ par jour, soit 405 m³ en 15 jours.

Tableau 4

Paramètres	Calculs	Résultats
Surface (m ²)	débit massique MES/capacité	19
Rayon (m)	- (surface/π)	2,5
Volume total (m ³)	Temps séjour * débit volumique	90
Hauteur de la partie conique (m)	tan 10 * 2,5	0,44
Hauteur totale (m)	- volume / surface	4,7
Hauteur de la partie cylindrique (m)	hauteur totale – hauteur conique	4,26
Vitesse ascensionnelle (m/h)	débit volumique horaire / surface	0,2

Tableau 5

	Boues brutes	Boues épaissies
Débit volumique de boues (m ³ /j)	90	27
Débit volumique de surnageant (m ³ /j)	-	63
[MES] (kg/m ³)	6	20
[MVS] (kg/m ³)	5	16,6
Débit massique de MES (kg/j)	540	540
Débit massique de MVS (kg/j)	450	450

a) Hypothèses

Les hypothèses permettant de déterminer le nouveau dimensionnement des lits de séchage sont indiquées tableau 6 [2,7].

b) Dimensionnement et performances attendues

Le tableau 7 présente la description des nouveaux lits de séchage.

On estimera que la masse volumique de la boue déshydratée est de 1 kg/dm³.

Ce volume d'eau issu de la déshydratation doit être ajouté à celui du surnageant d'épaississeur, soit un volume total d'environ 88,8 m³/j, i.e. 16 % du débit volumique d'eau usée brute arrivant en entrée de station d'épuration.

Cette charge organique est retournée en tête de station et doit être prise en compte dans le dimensionnement du procédé de traitement des eaux [5].

Appelons F le débit massique de DBO₅ (kgO₂/j) dû à l'eau brute entrant en station (effluent de distillerie).

Soit x le pourcentage de ce débit massique, et dû au retour en tête des eaux issues du traitement des boues.

Tableau 6

Paramètres	Hypothèses
Débit volume de boues épaissies (m ³ /j)	27
Concentration massique des boues épaissies en MES (kg/m ³)	20
Temps minimal de séchage (j)	15
Épaisseur maximale de la couche de boues épandues (m)	0,4
Surface maximale pour un lit de séchage alimenté en (m ²) un seul point	160
Pente maximale du drain de collecte de l'eau (%)	1
Épaisseur de la couche inférieure de gravier (15-30mm) (m)	0,2
Épaisseur de la couche supérieure de sable (0,5 à 2 mm) (m)	0,15

Soit C la charge totale de pollution à traiter par les procédés de traitement des eaux :

$$C = F/(1-x).$$

Le tableau 8 présente l'influence du retour en tête sur la charge de pollution (exprimée en kg DBO₅/j) reçue par les procédés de traitement des eaux.

En résumé :

- il y a actuellement 4 lits de séchage à l'usine
- l'optimisation du traitement de l'eau apporte 90 m³ de boues brutes par jour à traiter, ce qui nécessiterait 21 lits de séchage avec les procédés actuels, i.e. l'absence d'épaississement
- l'installation d'un épaississeur permet de réduire le volume de boues à déshydrater de 90 à 27 m³/j et de diminuer le nombre de lits de séchage à installer de 21 à 7.

Stabilisation des boues [1]

Le compostage est une technique rustique permettant de stabiliser la boue, c'est à dire de réduire sa concentration en micro-organismes pathogènes et son pouvoir fermentescible.

Le compostage des boues déshydratées avec un agent structurant carboné facilite leur élimination ; ce procédé permet d'obtenir un produit final humifié et qui peut être ainsi utilisé comme engrais en agriculture.

C'est une technique biologique aérobie ; cette aération est efficace si la boue est perméable à l'air ; comme la boue déshydratée a souvent un faible niveau de porosité, il est important d'ajouter un agent structurant, généralement représenté par un support carboné : sciure de bois, paille, ordures ménagères...

Tableau 7

Paramètres	Calculs	Résultats
Volume de boues épaissies à déshydrater en 15 j (m ³)	débit volumique * 15	405
Volume de boues déshydratable par un seul lit (m ³)	160 * 0,4	64
Nombre de lits nécessaires	volume de boue à épaissir / volume de boue traitable par un lit	7
Siccité attendue des boues sèches (%)	hypothèse (2,7)	45
Masse totale de MES obtenue en 15 jours (t)	volume de boues à déshydrater * concentration en MES	8,1
Masse totale annuelle de MES (t)	masse de MES en 15 j/15 * 365	197,1
Masse totale de boues déshydratées obtenue en 15 j (t)	masse de MES/siccité * 100	18
Masse totale annuelle de boues déshydratées (t)	masse de boues en 15 j/15 * 365	438
Volume annuel de boues déshydratées (m ³)	hypothèse : masse volumique = 1 kg/dm ³	438
Débit volume d'eau issue de la déshydratation (m ³ /j)	volume de boues épaissies journalier (27) – volume de boue déshydratées journalier (1,2)	25,8

Tableau 8		
x (% en traitement décimale)	Charge C reçue par les procédés de traitement des eaux (kgO ² /j)	Charge reçue par les procédés de traitement des eaux, dans le cas de l'usine Mohan (kgO ² /j)
Meakin		
0	F	942
0,1	1,11 F	1068
0,2	1,25 F	1202,5
0,3	1,428 F	1374,3
0,4	1,66 F	1570
0,5	2 F	1884

Le tableau 9 compare la qualité de la boue déshydratée brute, issue du lit de séchage, à la qualité optimale d'une boue destinée au compostage.

Dans le cas de l'addition d'ordures ménagères aux boues :

- le ratio massique final C/N de la boue à composter est généralement égal à 26

- cette technique est intéressante dans notre étude de cas indienne où la gestion des ordures ménagères pose d'importants problèmes.

Après mélange, deux principales étapes caractérisent le mécanisme de compostage :

- la fermentation pendant laquelle
- la température et la siccité augmentent
- une partie des micro-organismes mésophiles pathogènes sont tués
- une partie de la matière organique est minéralisée
- la maturation de 2 à 3 mois pendant laquelle
- la matière organique résiduelle est transformée en acide humique par des aérations et des mélanges manuels et réguliers
- la nitrification a lieu.

La boue finale est sèche (siccité de 60 à 70 %), non pathogène et constitue un amendement pour l'agriculture.

Estimation annuelle de la masse de boues nécessaires à la production de compost

Les quantités de support nécessaires varient de un à trois volumes de support carboné pour un volume de boues déshydratées (issu des lits de séchage), selon la siccité de la boues à stabiliser [1]. Pour une boue à 45 % de siccité, un mètre cube d'agent structurant par mètre cube de boue est suffisant.

Les ordures ménagères devront être, avant mélange, traitées, c'est à dire broyées, déverées et déferrillées. Les données bibliographiques [1] indiquent une masse volumique pour les OM de 0,5, et une siccité de 62 %.

Le tableau 10 indique les caractéristiques des ordures ménagères avant mélange avec les boues

Tableau 9		
pour	Boue brute	Qualité optimale
	un compostage	
Siccité(%)	45	< 50
Rapport massique C/N	10	30

Tableau 10		
Calculs		
Résultats		
Masse volumique (kg/dm ³)	hypothèse	0,5
Siccité (%)	hypothèse	62
Volume annuel (m ³)	mélange OM / boue = V / V	438
Masse annuelle (t/an)	masse volumique de 0,5	219
Masse annuelle de MES (t/an)	masse annuelle/100 * siccité	136

Tableau 11			
Étape Siccité du procédé	Débit volume de boue brute (m ³ /j)	[MES] (kg/m ³)	
		dans la boue brute	(%)
Épaulement	90	8,5	0,85
Déshydratation	27	20	2
Stabilisation	-	450	45

L'ajout volume à volume permet donc la formation de 657 t de mélange OM - boues, soit 333 t de MES, soit une siccité moyenne du mélange avant maturation de 50,6 %.

Le compost mature présente une siccité de 65 %, ce qui représente, pour une masse constante de 333 t de MES, une masse annuelle de compost de 512 t.

Le tableau 11 résume l'évolution des caractéristiques de la boue tout au long de la filière de traitement.

La siccité finale de la boue se situe aux alentours de 65 %, avec une production annuelle de 512 t.

CONCLUSION

Cette étude a permis de proposer un traitement des boues adapté dans le cas des boues extraites d'un procédé de boues activées traitant les effluents de distillerie à l'usine Mohan Meakin Limited, Inde.

Ce traitement prend en compte les spécificités économiques (main d'œuvre disponible, nécessité d'installer des procédés rustiques et dont les coûts d'investissement et de fonctionnement ne sont pas élevés) et climatiques indiennes (climat chaud et sec).

L'installation d'un épaisseur statique permet de réduire considérablement les quantités de boues à traiter.

Les lits de séchage ont été redimensionnés dans le but de déshydrater la totalité des boues extraites du décanteur secondaire et d'obtenir des boues sèches.

Ces deux procédés génèrent des retours en tête qu'il faut prendre en compte dans le dimensionnement des procédés d'épuration des effluents.

Le compostage est une technique bien adaptée à l'Inde et permet de recycler une partie des ordures ménagères.

L'optimisation du procédé tient donc compte des contraintes économiques puisque aucun changement notable dans le dimensionnement de l'usine n'est envisagé.

*Pierre Navarro

Laboratoire d'analyse environnementale des procédés et des systèmes industriels - Insa de Lyon - 9, rue de la Physique - 69621 Villeurbanne Cedex

Bibliographie

[1] Cahier technique de l'Agence de Bassin Seine Normandie et Loire Bretagne : *Compostage des boues d'effluents résiduaires urbains*, (Décembre 1984).

[2] Degrémont (1991): "Water Treatment Handbook", 6th English edition, Paris

[3] R. Daryapurkar, D. Chakrapani, (1999): "Challenging Problems in Distillery Waste Treatment – Indian Scenario", Journal of Indian Association for Environmental Management, 26 (3), p.141-149

[4] W. Eckenfelder, J.L. Mustermann (1995): "Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater", Technomic Publishing Company, Lancaster.

[5] Grulois P., Bousseau A., Blin E., Fayoux C., *L'impact des retours en tête du traitement des boues sur le fonctionnement d'une station d'épuration*, L'eau, L'industrie et les nuisances, n° 160, décembre 1992.

[6] K. Litty (2001): "Evaluation of existing effluent treatment operations and processes of a molasses based distillery – an Indian Experience", Diploma thesis, University of Karlsruhe, Prof. H.H. Hahn Ph.D.

[7] Metcalf & Eddy, Inc (1995): "Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse", international edition, McGraw-Hill Book Co, New York

[8] M.N. Rao, A.K. Datta (1987): "Waste Water Treatment – Rational Methods of Design and Industrial Practices", Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd, New Delhi

ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES D'UN DÉCHET STABILISÉ SOUMIS AU VIEILLISSEMENT

Jérémie Domas et Guillaume Pepin*

*Ineris - Direction des risques chroniques

L'étude des caractéristiques physiques et mécaniques est essentielle pour l'évaluation du comportement à long terme d'un déchet stabilisé. Elle peut être réalisée en particulier en utilisant des essais mécaniques classiques (Rc et Rt) qui doivent être couplés à des essais de vieillissement accéléré (H/D, G/D). Afin de vérifier la pertinence de cette approche, deux phases successives de vieillissement, l'une naturelle, la seconde artificiellement accélérée ont été conduites. Au cours de la phase accélérée, l'évolution de la masse du déchet, le rayon de pore moyen, la porosité et la densité sèche apparente ont été mesurés parallèlement à la réalisation d'essais mécaniques classiques. Cette étude apporte des informations quant à l'influence du vieillissement sur l'évolution des caractéristiques physiques et mécaniques de la matrice d'un déchet stabilisé.

Les techniques de stabilisation/solidification des déchets (résumées sous l'appellation « stabilisation ») se sont développées en France avec les échéances réglementaires des 30/03/95 et 30/03/98, fixées par les arrêtés du 18 décembre 1992 modifiés. En parallèle, les publications scientifiques sur le sujet se sont multipliées, comme lors des congrès de Nancy en 1995 [1] et Lyon en 1999 [3], ou encore lors des congrès réguliers de WASCON (WASte materials in CONstruction) en 1991 [4], 1994 [5], 1997 [6] et 2000 [7].

La stabilisation des déchets permet d'améliorer la rétention physico-chimique des polluants, afin de limiter leur solubilité et par conséquent leur rejet dans l'environnement. Ce mode de traitement a égale-

The physical and mechanical features study is essential for assessment of stabilized waste long term behaviour. Particularly, this could be carried out using classical mechanical tests (Rc, Rt), which have to be coupled with accelerated aging tests (H/S, G/D). In order to check the relevance of these tools, two successive stages of aging have been effected, the first one natural, the second one artificially accelerated. During the accelerated aging, the evolution of the following parameters was measured : weigh of the samples, mean pore radius, porosity and wet apparent density. Classical mechanical tests (Rc et Rt measurements) were performed in parallel. This study gives data on the influence of aging on the evolution of physical and chemical cha-

ment pour but d'améliorer les propriétés mécaniques du déchet, en vue de faciliter sa manipulation et son stockage, et d'obtenir un état aussi pérenne que possible [4].

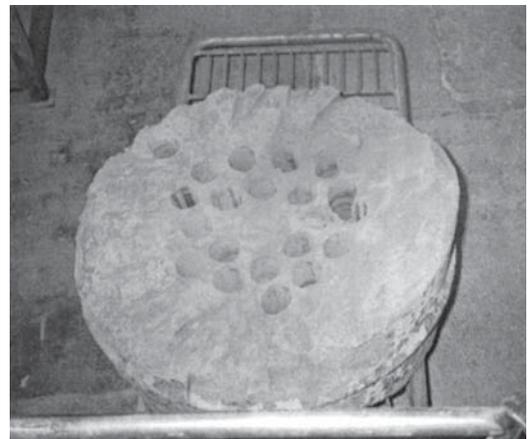


Photo 1 : Carottage du fût de déchet stabilisé