

ingénieries

eau – agriculture – territoires

Dans un contexte de constante augmentation de la production des boues issues du traitement d'épuration, leur caractérisation physique et chimique devient un enjeu important pour optimiser leur valorisation par l'épandage agricole. Ce numéro spécial présente les dernières avancées dans le domaine de la définition des différentes caractéristiques des boues résiduelles en matière de composition, de consistance et des méthodes de traitement. Il expose aussi quelques aspects des recherches scientifiques engagées sur les conséquences encore mal connues de l'épandage des boues sur le développement des cultures agricoles, les sols et les concentrations en métaux lourds dans les plantes.

Sommaire

Introduction	3
Ecotech 2007 – International Symposium on environmental technologies applied to sewage sludge <i>Ludovico Spinosa</i>	5
Ecotech 2007 – Programme scientifique du colloque	7
Physical consistency: a useful tool for sludge characterization to the implementation of European standards La détermination de la consistance physique, une méthode pour la caractérisation des boues pour la mise en œuvre des normes européennes <i>Ludovico Spinosa et Knut Wichmann</i>	9
Optimiser les traitements des boues : de nouvelles avancées en matière de caractérisation physique Sewage sludge characterization: new improvements to optimize treatments <i>Emilie Dieudé-Fauvel, Jean-Christophe Baudez et Henri Van Damme</i>	23
Le chaulage des boues : qualité du mélange et impact sur ses propriétés mécaniques Sludge liming: blend quality and impact on mechanical properties <i>Philippe Héritier, Émilie Dieudé-Fauvel et Jean-Christophe Baudez</i>	33
Traitement des boues par lits plantés de roseaux : rappels des points clefs de cette technique Sludge drying reed beds : recall of technical key points <i>Alain Liénard, Stéphane Troesch, Pascal Molle et Dirk Esser</i>	41
Valorisation des boues traitées en lits plantés de roseaux : premiers retours d'expérience des curages-épandages sur quelques stations françaises Reuse of treated sludge from reed beds, first experience feedbacks of emptying and land spreading for some French wastewater treatment plants <i>Alain Liénard, Stéphane Troesch, Pascal Molle, François Thirion, Philippe Héritier, Jean-Christophe Baudez et Dirk Esser</i>	51

Coordination scientifique :
Jean-Christophe Baudez
et Émilie Dieudé-Fauvel

Ingénieries
n° Spécial
2008

sommaire (suite)

Agronomical use of sewage sludge from Urban Waste Water Treatment: heavy metals in Zea mays plants

Valorisation agronomique des boues d'épuration et de traitement des eaux résiduaires urbaines : le transfert de métaux lourds en culture de maïs

Silvia Motta et Tommaso Maggiore _____ 65

Épandage en agriculture de boues de station d'épuration : impact sur la productivité et les transferts en éléments traces métalliques (ETM) des cultures

Agricultural use of sewage sludge : impact on crop productivity and MTE transfer

Agnès Piquet-Pissaloux, Sabine Pauly, Soraya Garnier et Fabrice Leprince _____ 73

Analyses de cycle de vie (ACV) appliquées au traitement des boues d'épuration : état de l'art, bilan des connaissances et des impacts environnementaux

Life Cycle Assessment applied to sewage sludge treatment : state of the art, knowledge and environmental impacts assessment

Marilys Pradel _____ 81

Glossaire _____ 95

Introduction

Il est bien connu que la gestion des boues résultant du traitement des eaux dans les stations d'épuration est aujourd'hui l'un des plus importants problèmes environnementaux, notamment en raison de l'augmentation très rapide des flux à traiter.

Il est donc nécessaire de mettre au point des stratégies plus durables visant :

- à réduire le plus possible la production de boues,
- à réduire la consommation globale d'énergie,
- à permettre leur réutilisation en prenant d'avantage en compte leur structure et leur composition.

Or les facteurs locaux tels que la géographie, le climat, les contraintes sociales et économiques au niveau des collectivités, sont autant de variables importantes qui peuvent intervenir fortement dans le choix des chaînes de gestion des boues. Il convient donc d'établir des protocoles et des solutions au cas par cas pour éviter non seulement des effets négatifs sur l'environnement, mais aussi des dépenses imprévues.

Dans tous les cas, une gestion des boues respectueuse de l'environnement nécessite le développement de dispositifs réglementaires réalistes et applicables, et de circuits de valorisation capables :

- d'accroître le plus possible le recyclage ainsi que la viabilité et la durabilité des filières,
- de développer des systèmes opérationnels appropriés aux différentes situations locales.

Dans ce contexte général, le « Pôle Épandage Environnement » du Cemagref de Montoldre a organisé le symposium ECOTECH 2007 sur la caractérisation, le traitement, la gestion des boues et leur valorisation.

Ce numéro spécial de la revue *Ingénieries Eau-Agriculture-Territoires* est issu des communications et des débats menés lors de ce symposium. Il nous présente les avancées récentes dans le domaine de la caractérisation des produits, de leur traitement, de leurs aptitudes à l'épandage, de leurs impacts sur les systèmes de cultures, sans oublier les enseignements que nous apportent les analyses de cycle de vie (ACV) dans la connaissance et les perspectives d'une meilleure maîtrise des bilans environnementaux.

Qu'est-ce que les écotecnologies ?

Le terme « écotecnologies » s'applique à des technologies conçues et conduites selon une vision globale de la protection de l'environnement. Il s'agit donc de technologies plus propres, utilisables de façon durable tant en matière de protection des ressources que de la valorisation des déchets. Elles permettent le recyclage d'une proportion plus importante de leurs produits, résidus et déchets, en les gérant tout au long de leur cycle de vie.

Les écotecnologies ne sont pas seulement des technologies plus écologiques, elles recouvrent aussi l'ensemble des démarches organisationnelles et des procédés mis en œuvre : savoir-faire, procédés, services et équipements, ainsi que leurs modes d'organisation et de gestion.

La recherche sur la gestion et le traitement des déchets ne se limite donc pas à l'amélioration des processus et des biens, mais elle met en œuvre de nouvelles approches prenant en compte ce qui se passe en amont et en aval de chaque filière.

Présentation d'Ecotech 2007

Le symposium Ecotech 2007 était consacré aux boues résiduaires domestiques et industrielles. Le traitement de ces boues est un enjeu majeur pour le développement des écotechnologies confrontées à des règles et réglementations de plus en plus restrictives.

Le colloque Ecotech 2007 s'est organisé autour de deux grands axes : l'axe eco-process traitant des procédés de traitement notamment sous l'aspect de l'amélioration des caractéristiques physiques et comportementales des boues résiduaires, en lien avec leur utilisation finale ; enfin le second axe intitulé eco-utilisation a abordé la fin du cycle de vie des boues résiduaires en s'intéressant aux aspects de prévention des risques, de valorisation et de recyclage, ainsi que des débouchés en production d'énergie et autres utilisations.

Ce symposium s'est tenu au centre de recherche du Cemagref à Montoldre (Allier), où sont initiées des recherches sur les épandages de matières organiques et à leurs aspects environnementaux.

Ecotech 2007 a été suivi par 55 experts et a donné lieu à 25 communications. L'assemblée était constituée de scientifiques venus présenter leurs travaux et partager leurs savoir-faire ; et de professionnels des sociétés industrielles ou des services de conseils qui souhaitaient se tenir informés et discuter des nouvelles approches en matière d'évaluation et d'éco-innovation dans ce domaine.

Pour en savoir plus :

Jean-Christophe Baudez et Émilie Dieudé-Fauvel,
Cemagref Clermont-Ferrand,
UR TSCF, Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes,
Domaine des Palaquins,
03150 Montoldre.

ECOTECH 2007

International Symposium on environmental technologies applied to sewage sludge

Cemagref – Pôle Épandage Environnement, Montoldre (F), 2-3 October 2007

It is well known that management of sludge deriving from treatment of urban and industrial wastewaters is today one of the most critical environmental issues, due to the very fast increase in sludge production as a result of extended sewerage, new installations and up-grading of existing facilities.

In addition, there is a need to develop *more sustainable strategies aiming at* :

- minimizing sludge production,
- *reducing overall energy consumption,*
- re-using waste materials and taking advantage of their energy content, instead of simple their disposal.

It must be also stressed that local factors, such as geography, climate, social and economical level of communities, are important additional market drivers that strongly affect the selection of the most adapted sludge management chain, thus requiring case-by-case solutions to avoid not only negative environmental effects, but also additional and unexpected costs.

In all cases a regular and environmentally safe utilization and disposal of sludge requires the development of realistic and enforceable regulations to assess management routes capable to (i) maximize the recycle/recovery benefits, (ii) develop operational systems appropriate to local circumstances, and (iii) assure long-term services and sustainable operations.

Within this general context, the “*Pôle Épandage Environnement*” of *Cemagref* in Montoldre organised on 2-3 October 2007 a two-days event (*Ecotech*) with the purpose to discuss on the first day “*Characterization*” and “*Treatment*” aspects of sludge management (*Eco-process*), and on the second one “*Valorization*” aspects (*Eco-use*).

In particular :

- new tools and procedures for sludge characterization, and recent developments in sludge dewatering, digestion and thermal processing, the latter being a cost-effective solution in large urban areas where the distance to agricultural land or landfill site makes transportation prohibitively expensive and when restrictions on landfilling are imposed by legislation, have been discussed during *Eco-process*,
- while practical experiences in sludge valorization through agricultural application, which is likely to remain as a major option for sludge management, especially for small and medium wastewater works that are sufficiently close to disposal fields and serve comparatively non-industrialized areas sludge, have been dealt with during *Eco-use*, together with procedures for life cycle assessment, and some social, economic and legislative aspects of sludge management.

Ecotech was attended by 55 experts and included a total of 25 oral presentations.

A *Round Table* concluded the first day of presentations, and an interesting visit to *Cemagref* installations in Montoldre, where were presented the two spreading benches and labs, concluded the Symposium.

In this special issue of *Ingénieries* a selected number of presentations is published.

Ludovico Spinosa

CNR c/o,
Commissariat for Environmental Emergency,
Via Lattanzio 29, 70126 Bari, Italy

ECOTECH 2007

International Symposium on Environmental Technologies Applied to Sewage Sludge October 2-3, 2007 Cemagref, Pôle Épandage Environnement, Montoldre (France)

Scientific Program

First day – Scientific Workshop

9h30 Welcome and registration

Characterization

- 09h45 Physical consistency : an useful tool for sludge characterization
Ludovico Spinosa – CNR, Italy
- 10h10 Improvements of sewage sludge characterization
Emilie Dieudé-Fauvel – Cemagref, France
- 10h35 Influence of organic synthetic suspension. Components on its physical behaviour
Pascal Ginisty – IFTS, France

Coffee Break 11h00

Treatment

- 11h15 Influence of ultrasonic treatment on activated sludge flocs surface properties : interactions with heavy metals
Julien Laurent – ENSIL, France
- 11h40 Aerated and anaerobic sludge treatment with drying reed beds
Stéphane Troesch – Cemagref, France
- 12h05 Anaerobic digestion : an industrial point of view
Sylvie Fleury – Saur, France

Lunch 12h30

- 14h00 Optimisation of sludge dewatering through associating lime-based reagents and flocculants.
Marc Rémy – Lhoist, Belgium
- 14h25 Sludge liming : quality of the blend and impact on mechanical properties
Jean-Christophe Baudez – Cemagref, France
- 14h50 Characterization of some sewage sludge properties essential for the design and management of thermal processes
Patricia Arlabosse – EMAC, France
- 15h15 Fry-drying of sewage sludge : from the physical mechanisms to the process eco-design
Didier Lecomte – EMAC, France

Coffee Break 15h40

- 16h00 Study of voc and odour emissions during the convective drying of urban residual sludges
Angélique Léonard – University of Liège, Belgium
- 16h25 Kinetics for thermal gasification of sewage sludge
Jean-Henry Ferrasse – LMSNM, France
- 16h50 Sludge gasification : state of the art
Cristina Valéan – Degrémont, France

17h15-18h15 Round table and discussion

20h00 – Official reception dinner , Château des Eycherolles (Eycherolles Castle)

Second day – Technical Session

Valorization

- 09h00 Sewage sludges from wastewater treatment plants : which technologies ?
- the different sludge industries : advantages & disadvantages
- particular case of small rural plants : which global orientations ?
Alain Vachon – Agence de l'Eau Loire Bretagne, France
- 09h30 Agronomical use of sewage sludge from urban waste water treatment
Silvia Motta – University of Milan, Italy
- 09h50 Removal and spreading of sewage sludge processed by reed beds
François Thirion – Cemagref, France

Coffee break 10h10

- 10h40 Sewage sludge application on forest land in France
Anne-Laure Thomas – INRA, France
- 11h00 Practices of sludge spreading in willow short rotation coppices (willow European program)
Pierre Havard – Station des Cormiers, France
- 11h20 Agricultural valorisation of sludge and other organic products : management of practices for a productivity of quality and the respect of environment
Agnès Piquet – ENITAC, France
- 11h40 The question of guarantee funds
Sylvie Lupton – Université Catholique de Lyon – France
- 12h00 Sludge dewatering : automatic filter press system
Franck Charron – Faure Equipement – France

Lunch 12h30

- 14h00 Life cycle assessment applied to sewage sludge treatment : state of the art, knowledge assessment and environmental impacts
Marylis Pradel – Cemagref, France
- 14h20 Life cycle assessment used for sewage sludge spreading : results, limits and prospects
Emmanuel Meurville – ENSAM, France
- 14h40 Sewage sludge – Social and economical aspects
Christophe Desprès – ENITAC, France
- 15h00 The use of sewage sludge : the French legislation
Didier Rat – Ministère de l'Agriculture, France
- 15h30 Visit of the Cemagref installations

Closing collation

Glossaire

Abaque (n.m.) : diagramme, graphique donnant par simple lecture la solution approchée d'un problème numérique, instrument mécanique facilitant le calcul.

Adimensionnement (n.m.) : suppression partielle ou totale des unités d'une équation par une substitution appropriée de variables, dans le but de simplifier la représentation paramétrique de problèmes physiques.

Aérobic (n.f.) : se dit de tout phénomène, processus ou métabolisme se déroulant en présence d'oxygène.

Anaérobic (n.f.) : se dit de tout processus ou de toute réaction chimique se déroulant en l'absence d'oxygène.

Colloïde (n.m.) : substance qui est dissoute dans un solvant et qui forme des particules de très petit diamètre.

Déchet (n.m.) fermentescible (adj.) : désigne un déchet composé exclusivement de matière organique biodégradable.

Défloculation (n.f.) : transformation réversible que subissent les suspensions colloïdales par association des particules constituantes, séparation des flocules associés d'un colloïde.

Faucard (n.m.) : faux à long manche pour couper les herbes dans les rivières et les étangs (faucarder : couper avec un faucard).

Fluage (n.m.) : phénomène physique qui provoque la déformation lente d'un matériau soumis à une contrainte permanente.

Force (n.m.) ionique (adj.) : facteur influençant l'activité des ions en solution aqueuse. Elle s'exprime en mol et se détermine à partir de la concentration des différents ions en solution aqueuse.

Hémicellulose (n.f.) : deuxième composant d'une paroi pectocellulosique chez les végétaux, après la cellulose. Elle a un rôle de pontage entre les fibres de cellulose, mais aussi avec d'autres composés matriciels.

Hookéen (adj.) : lorsqu'on applique à un corps solide une déformation, celui-ci répond souvent par une contrainte proportionnelle à la déformation imposée, on l'appelle solide Hookéen.

Humification (n.f.) : transformation en humus de la matière organique.

Impédance (n.f.) : rapport de l'amplitude complexe d'une grandeur sinusoïdale (tension électrique, pression acoustique) à l'amplitude complexe de la grandeur induite (courant électrique, flux de vitesse) dont le module se mesure en ohms.

Labile (adj.) : instable.

Leachate : produit de la lixiviation, le lixiviat.

Lit (n.m.) fluidisé (adj.) : un lit fluidisé est constitué d'un ensemble de particules solides traversé de bas en haut par un fluide dont le débit est tel que le frottement du fluide sur les grains équilibre leur poids. Les particules sont mises en mouvement et subissent de nombreuses interactions, mais leur mouvement barycentrique moyen est nul. Suivant la taille des particules et la densité du fluide, on observe une fluidisation homogène (exemple : liquide-solide) ou hétérogène (exemple : gaz-solide fin). Dans ce dernier cas, le lit fluidisé est diphasique, constitué d'une phase dense et d'une phase

bulles. Au-delà d'un certain débit de fluide, on assiste à l'entraînement du lit. Le solide peut être séparé du fluide en tête de colonne par un cyclone et recyclé à la base : c'est le lit fluidisé circulant, qui reste relativement dense avec de nombreuses interactions. Avec des débits plus importants et une densité de particules plus faibles, on a un lit transporté, assez proche de l'écoulement piston, avec une moyenne de glissement de la phase solide par rapport à la phase gazeuse. On parle aussi de transport pneumatique.

Lixiviation (n.f.) : opération qui consiste à faire passer lentement un liquide à travers un produit en poudre et déposé en couche épaisse ; le liquide ainsi récupéré est le lixiviat qui peut être traité pour en extraire un plusieurs constituants solubles.

Mouvement (n.m.) brownien (adj.) : mouvement incessant de particules microscopiques en suspension dans un liquide ou dans un gaz, dû à l'agitation thermique des molécules du fluide.

Oedomètre (n.m.) : mesure le degré de tassement d'un terrain.

Rhéométrie (n.f.) : regroupe les différentes techniques de mesures rhéologiques.

Pulvérulent (adj.) : qui est à l'état de poudre.

Radier (n.m.) : dalle épaisse en maçonnerie ou en béton qui constitue la fondation d'un ouvrage, le plancher d'une fosse, d'un canal.

Réalésage (n.m.) : action de rectifier les cylindres que l'usure a rendus ovales.

Résistivité (n.f.) : caractéristique d'une substance conductrice, numériquement égale à la résistance d'un cylindre de cette substance de longueur et de section unités (unité : ohm-mètre).

Respirométrie (n.f.) : mesure de la vitesse de consommation d'oxygène par une biomasse, utilisée en laboratoire en tant qu'indicateur d'activité microbienne d'une biomasse aérobie.

Respirométrique (adj.) : en rapport avec la respirométrie.

Ressuyage (n.m.) : action de faire sécher, action d'enlever la terre laissé sur les légumes.

Rhéogramme (n.m.) : c'est une représentation graphique qui traduit le comportement mécanique des fluides sous l'effet des contraintes.

Rhéologie (n.f.) : branche de la physique qui étudie l'écoulement ou la déformation des corps sous l'effet des contraintes qui leur sont appliquées, compte tenu de la vitesse d'application de ces contraintes ou plus généralement de leur variation au cours du temps.

Siccité (n.f.) : le pourcentage de matière sèche dans la composition des boues.

Settleable solids test : test de sédimentation des matières solides. C'est un test utilisé dans la caractérisation des boues d'épuration afin de mesurer la densité de la matière solide. Ce test est réalisé à l'aide d'un cône d'Imhoff dans le fond duquel les substances lourdes se fixent.

Zea mays : maïs sucré graminé/maïs doux.