

Comptes rendus

Proceedings

18^e Congrès de l'Est du Canada de recherche sur la qualité de l'eau
18th Eastern Canadian Symposium on Water Quality Research

Le vendredi 18 octobre 2002

Friday, October 18th, 2002

École Polytechnique

Montréal (Québec)

Organismes parrains:



**ÉCOLE
POLYTECHNIQUE
MONTREAL**



McGill

Table des matières

Table des matières.....	2
Présentations orales - Oral Presentations	6
Session A – Sols et Eaux Souterraines Session A - Soil and Groundwater	6
A1- In situ bioremediation of perchlorate contaminated groundwater	7
Alison Waller and Elizabeth Edwards, Evan Cox	7
A2- Biodegradation of explosives: Environmental fate and impact.....	8
Jalal Hawari	8
A3- Electrical field applied to the simultaneous removal of organic and inorganic contaminants from clayey soil	9
M. Hakimipour and M. Elektorowicz	9
A4- 3-D flow structure of a gyre in a square embayment: Implications for contaminant transport	10
L. Kemp, F. Faccenda, S.J. Gaskin.....	10
A5- The effect of interfacial films on mass transfer of aromatic hydrocarbons from crude oils and creosotes to water.....	11
Mohammed Alshafie, Catherine Pasion and Subhasis Ghoshal	11
A6- Biobarrier stability lab-scale studies for hydrocarbon-contaminated groundwater at a North-Quebec site	12
Ruxandra Cimpoaia, Serge R. Guiot, C. Rhofir and Adriana Peisajovich	12
Session B – Biotechnologies de traitement Session B – Treatment biotechnologies	13
B1- Application of anaerobic baffled reactors for enhanced treatment of aircraft deicing fluid	14
Michelle Barriault and Kevin J. Kennedy.....	14
B2- Characterization of a <i>Dehalococcoides</i> -containing anaerobic microbial culture maintained on vinyl chloride	15
Melanie Duhamel and Elizabeth A. Edwards	15
B3- The interaction of soil microbes with adipate and phthalate plasticizers	16
Sandro Nalli, David G. Cooper, and Jim Nicell	16
B4- Biosorption of lead, cadmium, copper, and nickel by anaerobic sludge	17
Alhawari Jalal and Catherine Mulligan	17
B5- Biodecoloration of textile dyes using <i>Trametes versicolor</i>	18
Juliana Ramsay, Janani Swamy, Paul-Philippe Champagne, Thuy Nguyen and Chris Goode	18
Session C – Pâtes et papiers Session C – Pulp and paper	19
C1- Nouvelle approche de traitement des eaux usées papetières	20
Daniel Gagnon, Henri-Claude Lavallée et Sylvain Robert.....	20
C2- Nutrient Limited Biofilm Activated Sludge as a Means to Increase Effluent Treatment Capacity at Pulp and Paper Mills.....	21
Jon Sointio and Thomas Welander	21

C3- Évaluation technico-économique de nouvelles options de gestion des boues pour les industries papetières utilisant un procédé AST de traitement des eaux usées	22
Martin Laflamme-Mayer, Steve Bellec, Caroline Gaudreault, Jean-Benoit Thibodeau, Paul R. Stuart	22
C4- Utilisation de l'acide folique dans les systèmes de traitement secondaire des eaux usées papetières	23
Etienne Dubé, Daniel Gagnon, Normand Cunningham, Sylvain Robert et Henri-Claude Lavallée.....	23
Session D – Rejets à haute valeur ajoutée Session D – Value added waste products.....	24
D1- Nitrification of a high strength ammonia solution (human urine) for nutrient recovery... ..	25
Kai Udert, Sarah Thuring, Max Maurer, Alan Werker, Christian Fux.....	25
D2- Les biosolides comme matières premières : Accroître leur potentiel nutritif pour une meilleure valeur ajoutée.....	26
S. Barnabé et R.D. Tyagi	26
D3- Traitement des eaux usées combiné à la production des produits à valeur ajoutée.....	27
Y. Filali-Meknassi, F. Ben Rebah, A. Yezza, R.D. Tyagi and R.Y. Surampalli	27
D4- Dewatering and pathogen elimination in biosolids using electrokinetic phenomena.....	28
Ali Esmaily and Maria Elektorowicz.....	28
Session E – Eau potable Session E – Drinking water.....	29
E1- Evaluation of water technologies for treatment of filter backwash wastes.....	30
M. Walsh, J.C. Bourgeois and G.A. Gagnon	30
E2- Relation entre les paramètres de conception des filtres (filtration directe) et leurs performances.....	31
Maurice Tchio, Boniface Koudjonou, Denis Allard, Michèle Prévost et Raymond Desjardins	31
E3- Impact du rinçage unidirectionnel sur la qualité de l'eau en réseau	33
Annie Carrière, Benoit Barbeau, Vincent Gauthier, Michel Fedak et Alain Lalumière.....	33
Session F – Innovation et nutriments Session F – Innovation and nutrients	35
F1- A market study on the anaerobic wastewater treatment.....	36
Serge R. Guiot, Zakiah A. Kassam, Laleh Yerushalmi	36
F2- Impact of surface modifying macromolecules on ultrafiltration membrane performance. ..	37
D. B. Mosqueda-Jimenez, R. M. Narbaitz, T. Matsuura	37
F3- Enlèvement de l'azote dans les eaux usées sanitaires par un procédé à culture fixée immergée.....	38
G. Aubry, P. Lessard, B. Lavallée, M. Lanoue, N. Tremblay	38
F4- Conditions for minimization of N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation in activated sludge treatment processes.....	40
C.M. Brubacher, S.A. Andrews, A.G. Werker	40
F5- Response of nitrifying bacteria to salt stress	41
S. Yan, M. Moussa and H. J. Gijzen.....	41
F6- Évaluation des capacités et des conditions d'enlèvement continu du phosphore dissous par les scories d'aciéries	42
Candice Lospied, Mourad Kharoune et Yves Comeau.....	42

Session G – Modélisation	Session G – Modelling	43
G1- Sensitivity of the AnnAGNPS model to key parameters.....		44
G. Parker and R.L. Droste.....		44
G2- Modélisation cybernétique des processus d'adaptation de la biomasse du procédé de boues activées.....		45
Bernard Lavallée, Paul Lessard et Peter A. Vanrolleghem		45
G3- Modélisation d'un procédé de traitement par biofiltration: Le cas d'un biofiltre nitrifiant		47
P. Lessard, J.-P. Canler et A. Héduit		47
G4- Application d'un bilan thermique à la modélisation des étangs aérés de deux stations d'épuration des eaux usées		48
Dwight Houweling, Antoni Escalas, Lynda Kharoune et Yves Comeau.....		48
G5- Variable structure model-based control of an anaerobic digester.....		50
E. Morel, B. Tartakovsky, J.P. Steyer and S.R. Guiot.....		50
PRÉSENTATIONS PAR AFFICHE -		
POSTER PRESENTATIONS		51
P1- Biodegradation of amaranth by <i>Trametes versicolor</i>		52
Mihaela Gavril		52
P2- Cyclodextrins for desorption, solubilization and hydrolysis of the cyclic nitramine explosives RDX and HMX from soils.....		53
Vimal K. Balakrishnan, Louise Paquet, Carl Groom, Annamaria Halasz, and Jalal Hawari.....		53
P3- Effets biologiques des excès de nutriments et des carences en éléments traces dans les mésocosmes marins en circuit fermé : Le cas du Saint-Laurent marin au Biodôme de Montréal		54
Serge Parent, Normand Labbé et Richard Villemur		54
P4- Estimation de l'influence d'éléments de structure de charbons actifs sur les composantes énergétiques de l'adsorption		55
M. Baudu, G. Guibaud, C. Herry et P. Lafrance ²		55
P5- Importance de la composition des exopolymères extraits de boues activées dans la complexation du Cd, Cu et Pb		56
G. Guibaud, A. Bouju, N. Tixier et M. Baudu.....		56
P6- Interactions entre un tensio-actif biologique et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors d'une procédure de décontamination physico-chimique d'un sol pollué.....		57
Sophie Gabet, François Bordas et Pierre Lafrance		57
P7- L'efficacité symbiotique des inoculants à base de boue sur la luzerne cultivée dans des sols amendés.....		58
F. Ben Rebah, Y. Filali-Meknassi, R. D. Tyagi et D. Prévost.....		58
P8- Remediation technologies/investigation on amphoteric surfactant behavior under electrical field		59
Shiva Habibi and Maria Elektorowicz.....		59
P9- Treatment of Agricultural Wastewater Using Vertical Flow Artificial Wetlands		60
Eva Maciaszek, Leta Fernandes, Eric Schiller and Rosa Miglio.....		60
P10- Valorisation de matières résiduelles pour la production de biofertilisants à base de <i>Rhizobium</i>		61
G. Dufresne, R.D. Tyagi et D. Prévost		61

Comité organisateur:

Yves Comeau, président, Département CGM, École Polytechnique

Jim Nicell, co-président, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University

Comité scientifique:

Wayne Brown, Department of Chemical Engineering, McGill University

Yves Comeau, département des génies civil, géologique et des mines, École Polytechnique

Ron Droste, département de génie civil, Université d'Ottawa

Subhasis Goshal, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University

Peter Jones, département de génie chimique, Université de Sherbrooke

Paul Lessard, département de génie civil, Université Laval

Jim Nicell, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University

Paul Stuart, département de génie chimique, École Polytechnique

Rajesh Tyagi, INRS-Eau – ETE

Présentations orales
Oral Presentations

Session A – Sols et Eaux Souterraines
Session A - Soil and Groundwater

A1- In situ bioremediation of perchlorate contaminated groundwater

Alison Waller^{1*} and Elizabeth Edwards¹, Evan Cox²

¹University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada M5S 3E5

²GeoSyntec Consultants, Guelph, Ontario, Canada

Perchlorate salts are used in the manufacturing of propellants, explosives and pyrotechnic devices by the chemical, aerospace and defense industries. Ammonium perchlorate is an additive to solid rocket fuel and provides the main source of perchlorate contamination in soil and groundwater. Studies of low levels of perchlorate in drinking water have showed statistically significant correlation between populations whose water supply contains perchlorate at levels of 5 to 6 ppb to abnormal thyroid activity in newborns. With these health concerns in mind the presence of perchlorate in drinking water supplies is a major concern that requires the development of reliable and cost-effective treatment technologies for large volumes of groundwater.

Our research focussed on enhancing bioremediation in the field with an ultimate goal to develop a robust and cost effective treatment technology for perchlorate-impacted groundwater. To this end, the ubiquity of perchlorate-degrading organisms was examined in laboratory microcosm studies. Contaminated groundwater and sediment were collected from 9 different sites in the South Western United States. An uncontaminated site was also examined. The initial perchlorate concentrations in the microcosms ranged from 200 ug/L to 660 mg/L.

Perchlorate reducing organisms were found to be ubiquitous in both uncontaminated and contaminated environments based on most probable number (MPN) determinations. Furthermore, the ability to stimulate and/or accelerate in-situ perchlorate degradation through donor addition was studied through microcosm experiments. Degradation of 100 mg/L to below 18 ug/L was observed at all of the sites. Acetate, molasses, canola oil and oleate all served as successful electron donors. Oleate was examined as a slow release donor that could eliminate the need for frequent donor addition on site and possibly alleviate concerns of fouling. The effect of sulphate on perchlorate degradation was also assessed. It was determined that the effect of sulphate on perchlorate degradation is dependent on both the relative concentrations of perchlorate and sulphate, and on the microbial community composition at a site.

Perchlorate reducing organisms were isolated from the sites and studied with respect to characteristics that may affect in-situ biodegradation of perchlorate. The isolates were phylogenetically classified based on 16S rRNA sequences. All organisms isolated were facultative aerobes, all but two can reduce nitrate, and none can reduce ferric iron or sulphate. Growth kinetic parameters were similar for all of the isolates tested.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

A2- Biodegradation of explosives: Environmental fate and impact

Jalal Hawari

Biotechnology Research Institute, National Research Council of Canada
6100 Royalmount Ave, Montreal, Quebec, Canada, H4P 2R2
Fax: (514) 496-6265
E-mail: jalal.hawari@nrc.ca

The history of explosives dates back to the development of black powder long before even the Industrial Revolution started in Europe. The high scale manufacturing, use and disposal of explosives has resulted in severe environmental contamination worldwide that followed intensive military activities in World Wars I and II and the subsequent cold war during the last century. In general explosives such as TNT, RDX and HMX are labile molecules that can (bio)transform, migrate through subsurface soil to reach groundwater and / or transport to plant tissues. These chemicals are toxic, mutagenic and carcinogenic thus increasing public awareness that necessitates their removal from the environment. Several countries including US, Canada and Germany have initiated programs to determine the level of soil and water contamination by explosives and to develop cost effective remediation technologies for their removal. The present paper provides an overview of the scope of the contamination problems related to explosives and summarizes relevant key (bio)remediation studies (biodegradation and phytoremediation) undertaken to remove these compounds. Finally, we will describe the use of an integrated chemical and toxicological monitoring approach to monitor the fate of these explosives and the ecological risk associated with their presence in the environment (natural attenuation).

A3- Electrical field applied to the simultaneous removal of organic and inorganic contaminants from clayey soil

M. Hakimipour¹ and M. Elektorowicz²

¹Ph.D. Student, ²Associate Professor, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, 1455 blvd. de Maisonneuve West, Montreal, QC, Canada, H3G 1M8

The mixed contamination presents a particularly difficult task for remediation when dealing with clayey soil. Clayey soil, contaminated with lead and nickel (heavy metals) and phenanthrene (PAH), was subjected to simultaneous removal using a hybrid multifunctional electrokinetic system. The electrokinetic surfactant supply system was applied to mobilize, transport and remove phenanthrene. A chelation agent (EDTA) was also electrokinetically supplied to mobilize heavy metals. These conditioning liquids were introduced in various sequences and at different periods in order to optimize the removal of both types of contaminants. The pH, electrical parameters, volume supplied, and volume discharged was monitored continuously during lab experiments. The investigation showed that the introduction of these liquids changed the resistance of the soil; e.g. an addition of the chelating agent instantaneously decreased the resistance of the soil to the initial level, contrary to the application of surfactant, which systematically increased soil resistance. At the end of the tests, the soil and catholyte were also subjected to physico-chemical analysis. Results showed that the optimal average simultaneous removal was 85 % for lead, 84 % for nickel, and 74 % for phenanthrene. The highest local removals achieved for lead, nickel and phenanthrene were 96 %, 95 %, and 84 % respectively.

For the optimal removal conditions the consumption of energy was 28.4 kWh/m³. The results of this study pertain to in-situ remediation of clayey sites contaminated with petroleum products and heavy metals.

A4- 3-D flow structure of a gyre in a square embayment: Implications for contaminant transport

L. Kemp¹, F. Faccenda², S.J. Gaskin³

¹ Graduate Student, ²Exchange Student, ³Assistant Professor, Department of Civil Engineering & Applied Mechanics, McGill University, 817 Sherbrooke St. W., Montreal, Quebec, H3A 2K6. e-mail: susan.gaskin@mcgill.ca

In river and coastal engineering, many studies deal with the longitudinal transport of pollutants, sediments or nutrients by the river or coastal current. River embayments as well as some hydraulic structures, such as harbors, groyne fields or spur dikes, have dead zones that influence the pollutant dispersion. In such dead zones, studies have shown the presence of recirculating eddies. The analysis of this recirculating flow often consists of the computation of flow velocities and the determination of the mass exchange between the recirculating flow and the main flow. Due to the shallowness of the flow, the gyres formed in the dead zones are predominantly 2-dimensional; thus the analysis in most investigations is restricted to the horizontal plane. However, some studies highlight the 3-dimensional effects that 2-dimensional experiments fail to represent and take into account.

In the present laboratory study, the details of the recirculating flow field in a square cavity adjacent to an open channel were investigated using Lagrangian particle tracking and flow visualization with dye. Results from the particle tracking indicated different flow paths of the nearly neutrally buoyant particles than previously found in PIV investigations with floating particles. Particles near the bed were observed to accumulate in the core of the gyre, whereas particles near the surface tended to follow the time averaged 2-D flow patterns. This flow structure was confirmed using dye studies, where dye was injected at different flow depths and the gyre was observed from both top and side views of the embayment. Results from both the dye and particle tracking experiments indicate that 3-D effects are significant and that the primary flow is a recirculating gyre with a secondary stagnation point flow, commonly known as Einstein's tea cup flow. This finding can be used to explain the discrepancies found between using dye and using PIV to calculate the exchange coefficients for the 1-D convection diffusion equation. This study shows that the spatial distribution of pollutants in a dead zone is important and that near the bed of the core region higher than expected concentrations can be found. Consequently the overall mass exchange between the recirculating flow and the main flow may be lower than expected.

A5- The effect of interfacial films on mass transfer of aromatic hydrocarbons from crude oils and creosotes to water

Mohammed Alshafie*, Catherine Pasion and Subhasis Ghoshal

Department of Civil Engineering, McGill University, Montreal

At contaminated sites, non-aqueous phase liquids (NAPLs) such as crude oils and creosotes often remain in contact with ground or surface water for long periods of time before or during any attempted remediation. During that time potentially toxic solutes such as aromatic hydrocarbon compounds are continuously released from the NAPL into aqueous phase causing groundwater and/or surface water contamination. Crude oils and creosotes are chemically complex and little is known about how dissolution patterns of toxic solutes contained in these non-aqueous phases may change with time. Extended contact of crude oils and creosotes and aqueous phases (aging) results in several unique interfacial phenomena, one of which is the formation of semi-rigid films at the NAPL-water interfaces for NAPLs that contain asphaltene or resin fractions. The objective of the research was to investigate if aging results in retarded rates of dissolution of aromatic compound solutes from crude oil and creosote phases. The equilibrium partitioning and mass transfer rates of benzene and naphthalene in several crude oil- and creosote-water systems were evaluated in laboratory experiments over aging periods ranging up to 35 days. Our results indicate that, with aging, the area-independent mass transfer rate coefficients of the target solutes from crude oils and creosotes were reduced significantly (up to 50%). To further confirm that the decreases in mass transfer coefficients were caused by the presence of interfacial films comprised of asphaltenes and resins, these substances were added to gasoline, an oil product that does not naturally form interfacial films but does so when amended with asphaltenes and resins. Similar reductions in solute mass transfer coefficients were observed, confirming the role of interfacial films in retarding mass transfer. The results suggest that some crude oils and creosotes that have aged in contact with water after being released to the environment, may require longer clean-up times when water-based remediation technologies are used.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

A6- Biobarrier stability lab-scale studies for hydrocarbon-contaminated groundwater at a North-Quebec site

Ruxandra Cimpoia*, Serge R. Guiot*, C. Rhofir* and Adriana Peisajovich**

*Biotechnology Research Institute, National Research Council Canada, Montreal, QC

**Transport Canada, Montreal, QC

The stability of laboratory-scale biobarrier in the treatment of contaminated groundwater after a long-term operation is evaluated in this study. A simulated groundwater is used as the influent during the continuous biobarrier operation. It contains diesel as the source of total petroleum hydrocarbons (TPH), as well as selected metals that were found to be present at a North-Quebec site. They included iron, aluminum, calcium, copper, cobalt, zinc, manganese, molybdenum, lead and silver. The influent of the biobarrier also contains sources of nitrogen and phosphorus to support microbial growth and activities inside the biobarrier. Two biobarriers were inoculated with an enrichment culture developed from the contaminated North-Quebec site soil, and operated at 10°C.

The study evaluated the performance of the biobarrier and its maintenance over six-month term, in terms of efficiency in the removal of TPH and metals; over 99%. Sorption of TPH onto peat contributed to the removal of hydrocarbons in the biobarrier; however bio by biomass was the ultimate mechanism of degradation of the hydrocarbons as shown by its high biomineralization potential (based on ¹⁴C-labeled chemical models): over 62% and 83% of mineralization of 100 ppm of hexadecane and naphthalene, respectively, within one week of incubation. Results showed that the biodegradation specific potential of biomass would improve with the duration of the operation.

Session B – Biotechnologies de traitement
Session B – Treatment biotechnologies

B1- Application of anaerobic baffled reactors for enhanced treatment of aircraft deicing fluid

Michelle Barriault* and Kevin J. Kennedy

Department of Chemical Engineering, University of Ottawa,
Ottawa, Ontario, Canada K1N 6N5

Aircraft deicing fluid (ADF), which is used to prevent ice formation and to remove ice from aircraft, is used in large quantities in North America every winter. Since ADF has a very high pollution potential (700,000-800,000 mg COD/L), it is desirable to treat ADF runoff before discharging it to a receiving body. Successful treatment of ADF has been achieved using Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactors, yet the treatment has been limited by the maximum flowrate attainable before washout of active granular biomass occurs. The Anaerobic Baffled Reactors (AnBR) circumvent washout by use of baffles which compartmentalize the reactor, slowing biomass migration through the system resulting in long SRT at low operational HRT. At a 1d HRT and an OLR of 7.7 g COD/L/d, 99% COD removal was achieved and the SRT was in excess of 200 d. Furthermore, reactor compartmentalisation resulted in the separation of acidogenic and methanogenic microbial activity longitudinally through the reactor, allowing the different bacterial groups to operate at their preferred conditions. This paper provides further details on the treatment of ADF at higher organic loading rates and HRTs less than 1d in AnBRs operated with and without recycle. Details on microbial phase separation, SRT/HRT relationships and COD removal will be presented. Additionally, a completely mixed reactor-in-series model will be presented to describe AnBR performance while treating ADF.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

B2- Characterization of a *Dehalococcoides*-containing anaerobic microbial culture maintained on vinyl chloride

Melanie Duhamel* and Elizabeth A. Edwards

Dept. of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto

Dept. of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto

Tetrachloroethene (PCE) and trichloroethene (TCE) are commonly encountered persistent groundwater contaminants. Anaerobic biological reductive dechlorination to nontoxic ethene is an effective way to remediate some contaminated sites, although the organisms that carry out the entire pathway are not always naturally present where they are needed. Vinyl chloride (VC) often accumulates at sites undergoing reductive dechlorination, yet VC is the most toxic and mobile species in the pathway. More information is needed on this crucial dechlorination step so that bioremediation strategies can be implemented at VC-contaminated sites.

A VC-dechlorinating enrichment has been studied and compared to a PCE-dechlorinating enrichment from the same source. PCR-DGGE analysis revealed that the PCE enrichment contained two distinct 16S rDNA sequences belonging to the *Dehalococcoides* group. However, the VC-dechlorinating enrichment contained only one of these sequences, and other experiments have shown that the VC enrichment has lost its ability to degrade PCE. Other important properties of the VC enrichment are that it does not generate methane and it can be sustained for over a year on hydrogen and VC in a defined mineral medium. These results suggest that VC dechlorination in this enrichment is growth-related and not cometabolic. Experiments are underway to prove this hypothesis.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

B3- The interaction of soil microbes with adipate and phthalate plasticizers

Sandro Nalli*, David G. Cooper*, and Jim Nicell**

*Department of Chemical Engineering, McGill University, Montreal, QC

**Department of Civil Engineering & Applied Mechanics, McGill University, Montreal

Chemicals commonly used in the processing of polymers have been the focus of recent environmental investigation into their potential as endocrine disruptors. Plasticizers, used to enhance certain qualities of plastics, are one of the most studied chemicals in this group of additives. Many studies have shown evidence that certain plasticizers leach out of the plastic and end up in the environment. Compounds such as di-(ethylhexyl) phthalate, the most commonly used plasticizer, are now ubiquitous and are found in many ecosystems including rivers, lakes and soil.

Our work deals with the interaction of common plasticizers with microorganisms present in the soil. Most of the investigation used bacteria in an aqueous environment interacting with different plasticizers in a batch reactor. It was found that the organisms initially degrade the plasticizer by cleaving ester bonds producing 2-ethylhexyl alcohol and dicarboxylic acids. The alcohol metabolite was further metabolized to produce 2-ethylhexanal, a volatile intermediate and 2-ethylhexanoic acid. The concentrations of the different metabolites were calculated. Most of the original compound was accounted for when a mass balance was done to include all of the compounds in both the aqueous phase and in the effluent gas.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

B4- Biosorption of lead, cadmium, copper, and nickel by anaerobic sludge

Alhawari Jalal* and Catherine Mulligan

Department of Building Civil and Environmental Engineering, Concordia University, 1455 de
Maisonneuve Blvd. W. Montreal, Quebec H3G 1M8 Canada

Biosorption is potentially an attractive technology for treatment of wastewater for retaining heavy metals from dilute solutions. Anaerobic sludge supplied from a wastewater treatment plant has shown to be an effective adsorbent for the removal of heavy metals from aqueous solutions. A comparison between the biosorption capacity of nonviable and viable sludge for recovery of metal ions was conducted. Batch adsorption studies were performed for several metal ions, namely, Pb^{++} , Cd^{++} , Cu^{++} , and Ni^{++} . Binding capacity experiments using viable biomass revealed a higher value than those for nonviable biomass. The following amounts of metal ions bound per gram of biomass were found: 78.6 mg Pb^{++} for viable biomass, 56.03 mg Pb^{++} for nonviable biomass, 32.98 mg Cd^{++} for viable biomass, 30.98 mg Cd^{++} for nonviable biomass, 39.2 mg Cu^{++} for viable biomass, 33.64 mg Cu^{++} for nonviable biomass, and 24.3 mg Ni^{++} for viable biomass, 23.2 mg Ni^{++} for nonviable biomass. Time dependency experiments for the metal ions showed that for lead, copper, and nickel, 85% of the binding to the anaerobic biomass occurred within the first few minutes. For cadmium, in the first few minutes, only 44% of the total amount bound occurred. The results of this study indicates that the anaerobic sludge could be used as an economic biosorbent.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

B5- Biodecoloration of textile dyes using *Trametes versicolor*

Juliana Ramsay, Janani Swamy, Paul-Philippe Champagne,
Thuy Nugyen and Chris Goode

Department of Chemical Engineering, Queen's University, Kingston, ON

The presence of dyes in our drinking or recreation water is a major concern since many dyes are visible at concentrations well below 1 ppm and certain dyes, especially azo dyes, pose a potential health risk. There is no single method presently available to treat all dyes. Physical and chemical treatments are costly and available biological methods are inadequate. Many of the lignin-degrading enzymes of white-rot fungi are relatively non-specific and can degrade a wide range of recalcitrant compounds including dyes. Studies in our laboratory have shown that of several white rot fungi evaluated, *Trametes versicolor* was the most rapid at decolorizing a wide range of dyes either as a single dye or in a mixture of dyes. Decoloration occurred under nitrogen limitation, and required a minimum of 0.35 g/L of glucose and aeration. Although laccase production was at a high constitutive level, dye addition further stimulated its production, and the production of manganese peroxidase was induced. Initial studies, with partially purified enzymes recovered from *T. versicolor*, indicate that manganese peroxidase plays a major role in decoloration. In the Microtox acute toxicity assay, the growth medium was found to be more toxic than the dye itself and could mask any detoxification due to dye decoloration. When decoloration was performed as a separate step from growth using the dye and glucose alone, the toxicity after decoloration may remain unchanged, be reduced or increased depending on the particular dye.

Session C – Pâtes et papiers
Session C – Pulp and paper

C1- Nouvelle approche de traitement des eaux usées papetières

Daniel Gagnon*, Henri-Claude Lavallée et Sylvain Robert

Centre de Recherche en Pâtes et Papiers, Université du Québec à Trois-Rivières
C.P. 500, Trois-Rivières, Qc, Canada, G9A 5H7

Cette étude doctorale s'inscrit dans le contexte d'une préoccupation à développer et à expliquer les fondements scientifiques d'une nouvelle approche de traitement physico-chimique des eaux usées, capable de contribuer à la réduction des divers paramètres environnementaux. L'idée novatrice du projet réside dans le fait qu'il vise à utiliser une substance qualifiée de «rejet industriel» pour éliminer un autre rejet industriel. Les principaux objectifs de ces travaux de recherche sont l'optimisation, la modélisation et la détermination de la cinétique réactionnelle de cette nouvelle technologie.

Une soixantaine de types d'eaux usées papetières ont été soumises au traitement. Les meilleures performances obtenues pour diverses eaux usées ont permis d'atteindre des réductions supérieures à 99 % de la couleur (CA, CR), des MES et MVES, de 99 % des AR, de 98 % des ARG, de 98 % de la teneur en azote, de 88 % de la DCO totale, de 85 % des AG, de 83 % des ST, de 68 % des COHA, de 67 % de la DBO₅ totale, de 61 % de la DCO soluble, de 60 % des STV, de 50 % du contenu en COT, de 45 % de la DBO₅ soluble et des SD et des réductions relatives supérieures à 100 % de la toxicité Microtox.

Cette approche présente une grande simplicité d'action et de mise en œuvre, de faibles coûts de traitement, une grande flexibilité et un large spectre d'action. Le procédé peut être implanté, tant en traitement primaire, qu'en traitement secondaire et tertiaire sur diverses eaux usées papetières. On pourrait donc en arriver à la fermeture totale ou partielle des circuits d'eau à une usine en implantant cette nouvelle technologie, combinée à d'autres plus conventionnelles, e.g., flottation à l'air dissous et microfiltration.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

**C2- Nutrient Limited Biofilm Activated Sludge
as a Means to Increase Effluent Treatment Capacity at Pulp and Paper Mills.**

Jon Sointio¹ and Thomas Welander²

¹New Technologies, LLC, Queensbury, NY

²Anox AB, Lund, Sweden

Many pulp and paper mills in Canada have, in the past ten years or so, installed activated sludge treatment systems, either conventional or SBRs, to treat their effluents prior to discharge into receiving waters. Over the years mill production capacity has had a tendency to increase and consequently the increased effluent loadings have sometimes put a strain on the effluent treatment systems, including biological treatment capacity and sludge dewatering and disposal. A novel way to cope with these problems is the addition of a highly loaded biofilm pretreatment step operated under strict nutrient limited conditions. This has the dual advantage of increasing the total system treatment capacity at a very small increase in total treatment volume, and a substantially decreased biological sludge production.

The bacteria in the highly loaded biofilm stage consume the readily biodegradable portion of the organic matter in the wastewater. If the biofilm pretreatment stage is operated under strict nutrient limited conditions the bacteria will produce large amounts of slimy extra-cellular polysaccharides. In a conventional activated sludge process formation of this slimy material is not desirable. However, in the BAS process it is an advantage. The slime, together with excess microorganisms, will slough off the carrier media and flow to the subsequent activated sludge process where it will be consumed. The result is a well settling sludge and a reduction in overall biological sludge production. An additional advantage is that nutrients are not released in the activated sludge process, as can be the case with the LSP process, and consequently it is possible to control nutrient releases to very low levels. The BAS concept is presented and results of pilot plant testing at pulp and paper mills are discussed in this presentation.

C3- Évaluation technico-économique de nouvelles options de gestion des boues pour les industries papetières utilisant un procédé AST de traitement des eaux usées

Martin Laflamme-Mayer^{1*}, Steve Bellec¹, Caroline Gaudreault¹,
Jean-Benoit Thibodeau², Paul R. Stuart¹

¹École Polytechnique de Montréal, Département de Génie Chimique C.P. 6079,
succ. Centre Ville, Montréal (QC) H3C 3A7

²Université du Québec à Trois-Rivières, Canada

Plusieurs industries papetières ont recours au procédé de traitement par boues activées (AST) afin d'assainir leurs eaux usées. Dépendamment de la siccité finale des boues, la disposition de celles-ci se fait de différentes façons : enfouissement, épandage, traitement thermique, etc. Les deux premiers choix cités impliquent d'une part de nombreux impacts environnementaux et d'autre part, des coûts élevés de disposition. Le principal avantage du traitement thermique réside en la possibilité d'utiliser l'énergie produite par la combustion des boues. Afin que cette dernière soit efficace, le contenu en eau des boues doit être inférieur à 65%. Pour un procédé AST conventionnel, le contenu en eau est d'environ 70%. Néanmoins, il existe fondamentalement deux voies permettant la réduction de la quantité d'eau dans les boues; la première consiste à sécher les boues à la fin du procédé et la seconde, à augmenter le ratio des boues primaires sur les boues biologiques et ce, en réduisant la production des boues biologiques. Pour le premier cas, nous avons étudié la possibilité d'implanter un système de bioséchage des boues consistant en une biopile aérée alimentée en continu. Dans le second cas, nous avons fait l'évaluation de deux systèmes permettant la réduction de la production de boues biologiques : l'insertion de membranes à fibres creuses dans le bassin d'aération et la modification du procédé AST en procédé LSP (à faible production de boues).

L'objectif principal de cette étude fut de compléter une évaluation technico-économique de ces trois différentes approches qui modifient un procédé AST conventionnel de sorte à réduire les coûts de déshydratation et de disposition des boues. La méthodologie suivie au cours de cette étude consiste en trois étapes principales soit 1) une revue de la littérature sur les procédés AST, 2) la simulation des procédés afin d'établir le design des chacune des options et 3), une analyse économique comparative incluant une base d'estimation des coûts bien définie. Finalement, cette analyse souligne que l'espace et les équipements disponibles, les besoins, ainsi que les priorités des industries papetières sont des facteurs déterminants lors du choix des techniques de gestion des boues.

Cette analyse a révélé que les facteurs les plus importants dans le choix d'une solution sont les besoins et priorités de l'usine de même que la disponibilité d'équipement et d'espace.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

C4- Utilisation de l'acide folique dans les systèmes de traitement secondaire des eaux usées papetières

Etienne Dubé^{1*}, Daniel Gagnon¹, Normand Cunningham², Sylvain Robert¹
et Henri-Claude Lavallée¹

¹Centre de Recherche en Pâtes et Papiers, Université du Québec à
Trois-Rivières, C.P. 500, Trois-Rivières, Qc., Canada, G9A 5H7

²Brenntag Canada Inc., 2900 Boul. Jean-Baptiste-Deschamps,
Lachine, Qc, Canada, H8T 1C8

Un projet de recherche à la maîtrise en Sciences des Pâtes et Papiers est en cours de réalisation et porte sur l'utilisation de l'acide folique dans les systèmes de traitements secondaires. En Europe et aux États-Unis, l'acide folique a été utilisé avec succès dans le traitement des eaux usées municipales et industrielles, e.g., eaux usées papetières. Cependant, peu de données sont actuellement disponibles. Le présent projet vise ainsi à combler en partie cette lacune.

Selon la littérature, l'acide folique présenterait de nombreux avantages économiques, environnementaux et opérationnels et constituerait une alternative efficace et intéressante de contrôle du foisonnement filamenteux. Il apparaît également comme un moyen efficace et utile pour améliorer l'efficacité des systèmes de traitement et éliminer ou réduire les effets toxiques de plusieurs composés organiques.

L'objectif de ce projet de recherche est d'évaluer l'impact de l'utilisation de l'acide folique dans les systèmes de traitements secondaires, tant du point de vue de l'aspect efficacité et opérationnel, que du point de vue économique. La réalisation de ce projet de recherche permettra également de valider les valeurs relevées dans la littérature et de comparer son efficacité à d'autres alternatives de contrôle du foisonnement filamenteux, e.g., hypochlorite de sodium, peroxyde d'hydrogène, sélecteur anoxique.

Les résultats préliminaires supportent en partie les avantages suggérés dans la littérature. Compte tenu que les essais de laboratoire ont été couronnés de succès, un essai pilote, en mode continu et dynamique, in-situ, dans une usine de pâte et papier est présentement en cours de réalisation. Un autre essai de démonstration à l'échelle pilote, en mode continu et dynamique, in-situ, dans une seconde usine devrait débuter à la mi-septembre. Les résultats de laboratoire seront ainsi validés par ceux obtenus lors de la réalisation des essais pilotes.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

Session D – Rejets à haute valeur ajoutée
Session D – Value added waste products

D1- Nitrification of a high strength ammonia solution (human urine) for nutrient recovery

Kai Udert¹, Sarah Thuring^{2*}, Max Maurer¹, Alan Werker², Christian Fux¹

¹EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology),
Dübendorf, Switzerland

²Department of Civil Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, N2L 3G1

Human urine is the principal contributor of nutrients to domestic wastewater. Source separation of urine allows recovery of these nutrients for reuse as agricultural fertiliser and alleviates the effects of eutrophication due to nutrient discharges to receiving waters. Source separation would further reduce the nutrient loading rates on wastewater treatment plants and result in less energy and resource consumption. The dominant form of nitrogen in stored urine is ammonia, which exhibits a high tendency for loss from solution due to volatilisation. Consequently, the feasibility of stabilising human urine by nitrification was investigated with two continuous-feed lab-scale processes: a suspended solids process using a continuously stirred tank reactor (CSTR) and a biofilm process using a moving bed biofilm reactor (MBBR). The objectives of the present investigation were to assess the effects of substrate inhibition, product inhibition, oxygen limitation, intermittent mixing, and pH fluctuations on nitrification capacity and process stability.

Both lab-scale reactors were inoculated with digester supernatant from a local wastewater treatment plant and initially acclimated with diluted urine. Undiluted stored urine from *NoMix* toilets contains approximately 8000 g-N/m³ of ammonium at pH 9. The influent ammonium concentration was increased incrementally to a maximum of 7300 g NH₄-N/m³ in the CSTR and 7400 g NH₄-N/m³ in the MBBR. In both reactors, 50% of influent ammonia was nitrified up to the maximum loading. In the CSTR ammonia is oxidised to nitrite without any significant nitrate build-up while in the MBBR, ammonia is oxidised to nitrate. The maximum nitrogen conversion rate at steady state in the CSTR with a loading rate of 4.8 g-N/d of ammonium was 860 g-N/m³-d. In the MBBR, a conversion of 550 gN/m³-d (or 2.3 g-N/m²_{carrier}-d) was achieved at an ammonium-loading rate of 2.0 g/d NH₄-N. However, process stability was sensitive to short-term changes in influent flow, aeration, and pH. Process upsets resulted in a reduced capacity for treatment and were followed by a slow recovery period to the nitrogen conversion rates observed before each disturbance. For both processes, the optimum reactor pH was observed to be approximately 7.5. An unspecified pH-associated inhibition of nitrification was observed at pH 6. This inhibition could be due to the direct pH effects on the microbial community or to the shift in the equilibrium concentration of NO₂⁻/HNO₂. Since nitrification also ceased near pH 6 in the MBBR when no HNO₂ was present, the ionised form of hydroxylamine (NH₂OH⁺), an intermediate in the ammonia oxidation, may also be an inhibitor.

Nitrification can be used to stabilise undiluted human urine and prevent nitrogen losses by ammonia volatilisation. These experiments have demonstrated the potential for nitrification of a highly concentrated nutrient solution and, therefore, the potential for separate urine waste management and nutrient recovery. Methods to make the stabilisation process more robust are being further developed.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

**D2- Les biosolides comme matières premières :
Accroître leur potentiel nutritif pour une meilleure valeur ajoutée**

S. Barnabé* et R.D. Tyagi

INRS-ETE, 2700 Einstein, Sainte-Foy, Québec, G1V 4C7

Le développement démographique et la mondialisation croissante de l'économie provoquent une augmentation marquée de la consommation des biens et des services, ce qui génère inévitablement des quantités abondantes de déchets dont il faut disposer de façon sécuritaire et économique. Certains de ces déchets sont récupérables alors que d'autres sont des résidus difficilement valorisables à cause de leur nature, de l'absence de technologies de valorisation ou de la carence de marchés potentiels. Cependant, en intégrant la fabrication de produits à haute valeur ajoutée comme une méthode économique pour valoriser ces résidus, les percées commerciales et les gains financiers escomptables permettraient de réduire considérablement les coûts de gestion. Les biosolides sont un exemple de résidus dont le potentiel économique est sous-estimé. Reconnus pour leur potentiel fertilisant et souvent éliminés par épandage, il est possible d'aller au-delà de cette pratique et d'opter pour la fabrication de produits à haute valeur ajoutée. Ils peuvent être une matière première abondante, au même titre que les biomasses agricoles ou forestières, économique et porteuse de caractéristiques nutritives stimulantes pour l'obtention de produits microbiens. En fait, les biosolides ont un potentiel nutritif capable de supporter la croissance de microorganismes produisant par exemple des bioplastiques ou des biogaz. En exploitant au maximum le potentiel nutritif des biosolides, les procédés de fabrication de produits à haute valeur ajoutée deviennent plus performants et par conséquent plus rentables.

Actuellement, un procédé de fabrication de biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) utilisant des biosolides comme substrat de fermentation fait l'objet d'études à l'INRS-ETE. Des travaux sur la transformation des biosolides visent à accroître leur potentiel nutritif pour améliorer le pouvoir insecticide (entomotoxicité) de *Bacillus thuringiensis*. Des résultats sur la relation entre diverses caractéristiques physico-chimiques des biosolides traités et l'entomotoxicité de Bt seront présentés. De plus, des résultats seront présentés pour montrer l'effet stimulant des biosolides sur la formation de bioproduits chez Bt (entomotoxines, spores, enzymes, etc.).

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

D3- Traitement des eaux usées combiné à la production des produits à valeur ajoutée

Y. Filali-Meknassi^{1*}, F. Ben Rebah¹, A. Yezza¹, R.D. Tyagi¹ and R.Y. Surampalli²

¹INRS-Eau, 2800 rue Einstein, CP 7500, Ste Foy, (Qc) G1V 4C7

²US Environmental Protection Agency, P.O. Box 17-2141, Kansas City, KS 66117, USA
Kansas City, USA

Le rejet de matières difficilement dégradables ou non biodégradables dans la nature pose de plus en plus de problèmes aux sociétés développées. Ainsi, depuis quelques années, l'idée de fabriquer des objets de consommation courante et massive en une matière facilement dégradable est devenue une préoccupation réelle et actuelle.

Les plastiques conventionnels sont durables et résistants à la dégradation et leur production porte atteinte à l'environnement de différentes façons :

- Ils créent des problèmes particuliers de toxicité et des effets nuisibles à l'environnement en cours de leur : fabrication, transformation, utilisation et de leur destruction.
- Ils sont difficiles à éliminer. Généralement, elles le sont par mise en décharge contrôlée ou par incinération.

Cette dernière méthode génère en plus des produits dérivés toxiques comme l'acide hydrochlorique et le cyanure d'hydrogène.

L'alternative aux plastiques conventionnels serait les plastiques biodégradables. Un matériel qui se présente dans la nature sous forme de réserve intracellulaire de source de carbone et d'énergie. Les PHAs sont accumulés par un grand nombre de bactéries, généralement lorsqu'un des nutriments est absent ou en très faible concentration (N, P, Mg, K, O ou S) (Lee, 1996).

Les essais ont été conduits de sorte à évaluer la production de produit à valeur ajoutée (polyhydroxybutyrate - PHB) lors de la croissance du rhizobium (*S. meliloti*, *R. leg. bv viciae*, *R. leg. bv phasolus* and *R. leg. bv trifolii*), *Bacillus thuringiensis* (*Var. kurstaki*) et des boues activées dans les déchets municipaux et industriels (eaux usées et boues). Les résultats ont montré que la culture du rhizobium, du *Bacillus thuringiensis* et les divers microorganismes des boues activées dans les différentes eaux usées et boues industrielles utilisées permettent une accumulation du polyhydroxybutyrate (PHB). La quantité de PHB accumulée changeait avec la composition/type de l'eau usée et la souche bactérienne utilisée. La charge de l'eau usée a été sensiblement diminuée tout en accumulant simultanément les PHB. Cette approche peut abaisser le coût du traitement des eaux et/ou de disposition des boues et simultanément réduire le coût de la production des PHB.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

D4- Dewatering and pathogen elimination in biosolids using electrokinetic phenomena

Ali Esmaily^{1*} and Maria Elektorowicz²

¹Graduate Student, ²Associate Professor, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, 1455 blvd. de Maisonneuve West, Montreal, QC, Canada, H3G 1M8

Municipal and industrial wastewater treatment plants (WWTP) produce sludge that contains only 5 % of solids. Sludge requires further treatment before final disposal, which is limited because of high water content and pathogens. The main objective of this study was an efficient dewatering of biosolids with a parallel elimination of pathogens in order to reduce the hazards associated with its disposal. Subsequently, a new electrokinetic method was investigated. The feasibility of using electrokinetic processes was evaluated at lab scale. Six cells were filled with biosolids from the WWTP in Laval (Quebec). A conditioner was also added to two cells. Desirable potential gradients of 0.5, 1.0, and 1.5 V/cm were applied to the respective cells. During 10 days of experiments, electrical parameters were measured and water was collected from the cathode area. Results showed the capability of dewatering by 95 %. The highest solids content was achieved in the cell with the highest voltage in the presence of the conditioner. No fecal coliforms were observed in cells with conditioner. Under optimal removal conditions, in the cell with a potential gradient of 1.5 V/cm and in the presence of the conditioner, the consumption of energy was 220 kW.h/m³ biosolids; it shows costs of the conditioning of \$ 6.62 per cubic meter of biosolids.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

Session E – Eau potable
Session E – Drinking water

E1- Evaluation of water technologies for treatment of filter backwash wastes

M. Walsh^{1*}, J.C.Bourgeois², G.A.Gagnon¹

¹Department of Civil Engineering, Dalhousie University, 1360 Barrington St., Halifax, NS, B3J 2X4

²CBCL Ltd., 1489 Hollis Street, Halifax, NS, B3J 2X4

Treated water used for backwashing a water utility's conventional or direct filtration process units can consume up to 3-10 percent of a plant's total water production. This use of clean treated water for plant operations not only consumes a significant quantity of a plant's total water production, but also generates an equally significant wastewater volume which must be managed. At present, this waste residual volume termed as Filter Backwash Water (FBWW), can be directly discharged without treatment to the source water, or within the treatment plant. Although direct discharge to waterways of clarified waste streams is a widely practiced disposal method, recycling the generated wastewater is an attractive option for utilities governed by strict plant economics and increasing government discharge regulations. Diminishing water resources, rapid population growth and industrial development have also prompted new interest in the reclamation of municipal and industrial wastewaters.

Many North American water treatment plants recycle their FBWW, and have reported both benefits and problems from this form of waste residual management. Cysts, metals, total organic carbon (TOC), DBP precursors and taste and odor are some examples of the undesirable components within FBWW. In Canada, there are no national guidelines concerning the subsequent recycling/blending of FBWW residuals within a water treatment facility. In the United States, concerns over potential health effects from recycling waste streams within a water treatment plant have prompted the development of the U.S.EPA *Filter Backwash Recycling Rule (FBRR, 2001)*.

This presentation will focus on reviewing current process technologies available for treating FBWW prior to recycling or source water discharge, as well as alternative advanced treatment options. Preliminary test results will be presented comparing Sedimentation, Dissolved Air Flotation (DAF) and Ultrafiltration (UF) Membrane treatments of FBWW. Test data emphasis will be placed on turbidity, TOC and metals reduction in the FBWW using these various treatment options.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

E2- Relation entre les paramètres de conception des filtres (filtration directe) et leurs performances.

Maurice Tchio*, Boniface Koudjonou,
Denis Allard, Michèle Prévost et Raymond Desjardins

Chaire en eau potable, Département des génies civil, géologique et des mines,
École Polytechnique de Montréal, succ. Centre Ville, Montréal (QC) H3C 3A7

Introduction et objectifs du projet :

Une filière conventionnelle de traitement des eaux de surface se définit en général par les principales étapes suivantes : coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection. La construction, l'opération et l'entretien des ouvrages font qu'une telle filière est généralement très coûteuse. Lorsque la ressource en eau est de bonne qualité et qu'elle respecte certains critères spécifiques, l'option d'une filière simplifiée pourrait suffire à la production d'une eau qui respecte les normes en vigueur. Pour la filtration directe (FD), ces caractéristiques sont entre autres, une faible turbidité (< 5 UTN), une couleur faible (< 40 UCV), peu de fer ($< 0,3$ mg/l) et de manganèse ($< 0,05$ mg/l) et une faible teneur en algues. La FD est caractérisée par l'absence de bassin de décantation; il s'agit donc de la filtration d'une eau ayant subi la coagulation ou la coagulation - floculation. De par sa simplicité et les faibles coûts associés, ce type de filière est de plus en plus en demande tant par les petites municipalités que par les plus grandes. En filtration directe, le filtre constitue donc la seule barrière physique pour les particules et les micro-organismes. L'optimisation de ce type de traitement s'avère alors d'autant plus cruciale qu'il doit garantir un enlèvement optimal des micro-organismes pathogènes résistants à la désinfection, tels *Giardia* et *Cryptosporidium*.

L'objectif de ce travail de recherche est de doter la communauté scientifique de meilleurs outils et de modèles scientifiques permettant d'optimiser le choix des configurations des filtres et leurs modes de fonctionnement. L'étude est réalisée grâce à une expérimentation poussée couvrant à la fois les conditions classiques et les cas extrêmes d'opération des filtres. Le modèle issu de l'étude sera donc basé sur une meilleure compréhension du procédé de filtration (filtration directe en particulier) et une connaissance approfondie des paramètres ayant le plus d'impact sur les performances des filtres. Un tel outil représentera un gain de temps considérable et un avantage économique énorme. En effet, il permettra d'une part d'éliminer les essais pilotes en général très coûteux, ou tout au moins d'en réduire le nombre et d'autre part de prédire les performances de diverses configurations de filtres avant d'avoir recours à l'expérimentation, au besoin.

Description générale du projet.

Sept paramètres de conception et de fonctionnement des filtres sont étudiés. Il s'agit du matériau filtrant (type, diamètre effectif et coefficient d'uniformité), de la hauteur du lit filtrant, de la hauteur d'eau, de la vitesse de filtration et de la turbidité de l'eau brute. Afin de bien étudier l'impact de tous ces paramètres sans réaliser un nombre invraisemblable d'expériences, une méthode statistique de détermination de plans d'expériences (*Experimental Design, Statistica*[®], *StatSoft Inc.*) a été appliquée aux trois étapes du projet. Les essais de la première étape (phase de sélection des variables les plus importantes) ont permis de déterminer les paramètres majeurs parmi les sept étudiés. Ces paramètres les plus importants ont été étudiés de manière plus approfondie lors d'une deuxième série d'expériences (phase

d'optimisation) à l'issue de laquelle, un modèle a été proposé et mis sous forme d'un logiciel qui permet de prédire les performances des filtres.

L'essentiel du projet a été fait en utilisant une usine pilote de 40 m³/d alimentée par une eau de surface de qualité relativement stable, à laquelle a été rajoutée une suspension de kaolin afin de contrôler la valeur de la turbidité de l'eau brute. Cette eau brute subit une coagulation à l'alun suivie de l'ajout d'un aide flocculant. L'eau flocculée est ensuite envoyée sur deux colonnes de filtration de 20 cm de diamètre et 6 m de hauteur utile. Les plages de variation des paramètres étudiés sont les suivantes : vitesse de filtration (5 à 30 m/h), turbidité (1 à 5 UTN), matériau (sable ou anthracite), diamètre effectif (0,4 à 2 mm), coefficient d'uniformité (1,3 à 1,5), hauteur de matériau (50 à 300 cm), hauteur d'eau (50 à 300 cm).

Principaux résultats et conclusions :

La phase de sélection des variables les plus importantes a porté sur 16 configurations différentes de filtre. Elle a permis de conclure que quatre des sept paramètres étudiés : vitesse de filtration, diamètre effectif du matériau, la hauteur de matériau et la hauteur d'eau représentent les paramètres majeurs pour le design et le fonctionnement des filtres. En effet ils permettent à eux seuls d'expliquer 70 à 90 % de la productivité des filtres et de l'enlèvement de la turbidité et des particules.

Une analyse a été réalisée sur l'aspect économique de chaque configuration en tenant compte des éléments suivants :

- construction : conception, génie civil, appareillage, instrumentation et contrôle
- fonctionnement : produits chimiques, consommation électrique, entretien, opérateurs.

Cette analyse a montré que pour une usine de capacité fixée, dans les conditions optimales, la filtration à haute charge est plus économique que la filtration à vitesse plus faible.

Lors de la phase d'optimisation, les 4 variables les plus importantes ont été étudiés grâce à un plan d'expériences comprenant une série de 25 configurations différentes. L'analyse des résultats est basée sur la quantité d'eau filtrée produite (productions journalières moins les pertes) et sa qualité (turbidité et compte de particules) de même sur que les coûts de construction et d'opération. Elle a permis de développer un modèle permettant de choisir, pour une application donnée, la meilleure configuration de filtre en fonction des objectifs préalablement définis. Ce modèle est conçu de façon à permettre, non seulement le design de filtres neufs mais il peut également servir dans le cas de réfection d'usines existantes.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

E3- Impact du rinçage unidirectionnel sur la qualité de l'eau en réseau

Annie Carrière^{1*}, Benoit Barbeau¹, Vincent Gauthier,
Michel Fedak² et Alain Lalumière²

¹ École Polytechnique de Montréal, Chaire Industrielle CRSNG en Eau Potable, Département des Génies Civil, Géologique et des Mines, CP 6079, Succ. Centre-ville, Montréal (Québec), Canada, H3C 3A7

² Ville de Saguenay, 504 Boul. Saguenay O, Chicoutimi (Québec), Canada, G7J 1H4

* Auteur pour la correspondance, courriel : annie.carriere@courriel.polymtl.ca

Le rinçage unidirectionnel est une pratique de plus en plus utilisée par les villes québécoises et nord-américaines pour l'entretien des réseaux de distribution. Cette technique est néanmoins basée sur des guides de « bonnes pratiques », avec peu de données scientifiques documentant les bénéfices réels. Ces lacunes peuvent être comblées avec un minimum d'analyses à effectuer. Le rinçage unidirectionnel peut devenir à la fois une activité de maintenance et un outil pour obtenir un grand nombre d'information sur l'état des conduites.

Cette technique a été étudiée à Jonquière, sur deux secteurs distincts de la ville, lors de trois campagnes successives qui se sont déroulées sur une période d'un an. Lors de ces essais de rinçages, quatre principaux objectifs ont été identifiés :

- (1) Vérifier l'effet à court (24 heures) et à moyen terme (7 jours) des rinçages sur la qualité de l'eau en réseau,
- (2) évaluer la contribution des particules en suspension à l'accumulation de dépôts dans les conduites,
- (3) déterminer la nature et la quantité de dépôts évacués des conduites et, finalement,
- (4) calculer le taux d'accumulation des dépôts.

Le premier objectif a été réalisé par l'échantillonnage de 8 points en réseau, la veille, le lendemain et 7 jours suivant le rinçage. Plusieurs paramètres ont fait l'objet de ce suivi, notamment la turbidité, le chlore libre et total, le fer total, les coliformes totaux, les BHA ainsi que les bactéries viables et totales. Les résultats de ces analyses ont démontré que le rinçage n'a pas d'effet significatif (positif ou négatif) sur la qualité de l'eau en réseau, mesurée par l'ensemble des paramètres mentionnés précédemment. Le rinçage ne représente donc pas de risque considérable de contamination.

Le deuxième objectif visait à comparer les particules en suspension en temps normal dans le réseau (hors rinçage) aux particules retrouvées durant le rinçage. Pour ce faire, des filtrations de particules ont été réalisées en réseau, sur les points sélectionnés pour l'échantillonnage de la qualité de l'eau. La nature des particules, analysée par absorption atomique de flamme, a été comparée pour les deux sources de particules. Les débits d'écoulement de même que la concentration de particules ont permis d'évaluer la contribution des particules en suspension à l'accumulation de dépôts. Les analyses minérales ont permis d'identifier la provenance de certains éléments et de suivre leur évolution lors du transit en réseau. Le fer, par exemple, provient majoritairement de la corrosion des conduites. Quant au manganèse, il est davantage présent sous forme dissoute à la sortie des usines et précipite lors du transit pour se retrouver dans les dépôts. Pour ce qui est du calcium, sa concentration est plus importante en début qu'en bout de réseau, indiquant une sédimentation/précipitation.

La nature et la quantité de dépôts évacués des conduites ont été analysées à partir de l'eau de rinçage. Les quantités mesurées sont très variables (entre 0.2 et 39 g/m) temporellement (d'un échantillonnage à un autre) et géographiquement (d'une conduite à une autre). Quant à la nature des dépôts, des différences ont été observées entre les deux secteurs étudiés. Les hypothèses concernant ces différences concernent le matériau des conduites et le traitement de l'eau en usine. Les principales composantes des dépôts sont : des oxydes de fer (67%), de la matière organique (15%) et des composés alumino-siliceux (7%). Aucun coliforme n'a été détecté lors de la caractérisation microbiologique des eaux de rinçage.

Le taux d'accumulation des dépôts, calculé à partir des résultats de rinçage de mai 2001, septembre 2001 et mai 2002, semble être influencé par la température de l'eau.

L'accumulation est plus rapide (50 à 70 %) en période estivale, ce qui s'explique en partie à la corrosion qui est favorisée en eau chaude. Avec des résultats s'échelonnant sur une période de 42 mois, aucun plateau n'a été détecté dans l'accumulation des dépôts, la tendance semble être plutôt linéaire.

L'ensemble de ces résultats permet de tracer un portrait des effets réels du rinçage unidirectionnel et de mieux comprendre les phénomènes d'accumulation qui ont lieu dans les conduites d'eau potable. Le rinçage unidirectionnel est un outil d'entretien efficace qui permet également d'identifier des alternatives pour contrôler les problèmes d'accumulation de dépôts, et ainsi diminuer la fréquence nécessaire de réalisation.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

Session F – Innovation et nutriments
Session F – Innovation and nutrients

F1- A market study on the anaerobic wastewater treatment

Serge R. Guiot, Zakiah A. Kassam, Laleh Yerushalmi

Biotechnology Research Institute, National Research Council Canada, Montreal, QC

The use of anaerobic biodegradation to treat industrial wastewaters is a promising technology, because of the relatively low capital expenditures required and the potential to create biogas, which can be used as a source of energy. Anaerobic systems generate less waste sludge than aerobic systems, can handle high organic loads, and unlike most other methods of treatment, can result in increased profits.

In order to evaluate the future potential for market growth of industrial anaerobic wastewater treatment systems, this study analyzed global trends in the industrial use of anaerobic wastewater treatment systems. Information on over 750 anaerobic systems installed over the last two decades by three leading suppliers of anaerobic systems, namely ADI Systems Inc., Biothane Corporation, and Paques, showed exponential growth in the use of industrial anaerobic wastewater systems internationally up to the mid-1990s. After 1994, the number of annual installations declined, and has been relatively constant over the last three years. In North America, most of the anaerobic wastewater treatment systems are serving breweries (26%), potato processing industries (11%), or pulp and paper industries (9%). An analysis of the market history of the commercial anaerobic models suggests the phasing out of traditional UASB and fermentor models, and the potential for growth of high-capacity and high-rate systems ($>20 \text{ kg/m}^3/\text{d}$) such as the Biothane EGSB and the Paques Internal Circulation (IC) systems. The trends point to the potential for market growth for high-rate and high-capacity anaerobic technologies.

The North American market was shown to be relatively volatile, with no clear indication of future growth, while the European market was found to be relatively mature. The disparity in market development for anaerobic systems in Europe and in North America reflects the strong difference in commitments to environmental issues. Economic incentives should encourage for industries implementing anaerobic wastewater treatment systems.

National and international legislation may also provide incentives for the use of anaerobic technologies. The Kyoto Protocol on greenhouse gas emissions, for example, contains clauses that provide for: research on, and promotion, development of, new and renewable forms of energy and of advanced and innovative environmentally sound technologies; limitation and/or reduction of methane emissions through recovery and use in waste management. Indeed an anaerobic treatment system with recovery of methane, and including an aerobic polishing, produces two times less CO_2 emissions than its aerobic counterpart such as an activated sludge system.

F2- Impact of surface modifying macromolecules on ultrafiltration membrane performance

D. B. Mosqueda-Jimenez^{1*}, R. M. Narbaitz¹, T. Matsuura²

¹Department of Civil Engineering, ²Industrial Membrane Research Institute, University of Ottawa, 161 Louis Pasteur St., P.O. Box 450, Station A, Ottawa, Ontario, Canada K1N 6N5

Ultrafiltration (UF) polyethersulfone (PES) membranes were surface modified using tailor-made fluorine-containing macromolecules in a single casting step procedure. These additives are called surface modifying macromolecules (SMMs). The SMMs are blended with the PES base polymer in the casting solution and, they migrate to the polymer-air interface (because of their lower surface free energy) making it more hydrophobic. The objective of the project was to evaluate the effect of the SMMs on the UF performance of Ottawa River water. This water, as many other northern waters, has a high content of natural organic matter (NOM), which gives it a brownish colour and a high formation potential of harmful disinfection by-products (DBPs). In addition, NOM causes the decrease of product water per membrane unit area (fouling). As fouling depends on the affinity between NOM and the polymer that constitutes the membrane, modifying the surface of the membrane to make it more hydrophobic (via SMM addition) may reduce fouling. Three different SMMs were tested, together with the effect of polyvinyl pyrrolidone (PVP), in the casting of new membranes that were compared with unmodified membranes. Two different membrane preparation variables were studied during the membrane manufacture by phase-inversion: the amount of PES in the casting solution and the evaporation time.

The performance of the membranes prepared in this project was better than that of the total organic carbon (TOC) removal-specially designed G-80 ultrafiltration membranes by Osmonics. The membranes prepared here achieved the same NOM removals with pure water permeation rates (PWP) almost 4 times higher with less than half the operating pressure (50 psig).

When comparing the performance of all the membranes prepared, the % DOC removal increased as the % PES in the casting solution was increased. DOC removal also increased with evaporation time. In general, the amount of NOM deposited on top of the membrane was lower for SMM membranes compared with the unmodified membranes. Increasing the evaporation time resulted in lower NOM deposition. In most of the cases, the addition of PVP did not significantly change the membrane performance.

In general, the SMMs modified membrane performance did not significantly differ from the performance of the unmodified PES membranes.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

F3- Enlèvement de l'azote dans les eaux usées sanitaires par un procédé à culture fixée immergée

G. Aubry^{1,2*}, P. Lessard¹, B. Lavallée¹, M. Lanoue², N. Tremblay²

¹ Département de génie civil, Université Laval, Québec (Qc), G1K 7P4

² Bioflo inc., 2186, de la Province, Longueuil (Qc), J4G 1R7

La présence d'azote dans un effluent, sous forme NH_4^+ ou NO_3^- , peut causer de sérieux problèmes de pollution. L'azote peut être enlevé de différentes façons, la principale étant biologique : nitrification en phase aérobie, suivie d'une dénitrification en phase anoxie. Les différentes conditions requises pour le développement des bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes impliquent que les processus doivent être effectués dans des réacteurs séparés ou dans un réacteur fonctionnant avec des phases séquentielles d'aérobie et d'anoxie. L'utilisation de ces phases est fréquente pour un procédé à milieu en suspension, type boues activées, mais non pour un procédé à milieu fixe immergé. Ces derniers sont avantageux et de plus en plus utilisés pour le traitement des effluents de petites municipalités.

C'est dans ce contexte que la société Bioflo inc. (une division de H₂O innovation) a mis au point un procédé de traitement à milieu fixe pour l'enlèvement du carbone : la Bio-fosse^{MD}, qui utilise des textiles comme support bactérien. Elle désire l'adapter pour l'enlèvement des composés azotés. L'objectif principal du projet est donc d'évaluer les possibilités du procédé Bio-fosse^{MD} pour l'enlèvement de l'azote. Plus spécifiquement, le projet permettra de : (1) déterminer les processus d'enlèvement de l'azote impliqués en aérobie et (2) vérifier l'applicabilité de l'utilisation de phases séquentielles pour effectuer la nitrification/dénitrification à l'aide de ce procédé.

Pour atteindre ces objectifs, un montage expérimental en laboratoire a été construit et des séries d'expériences conduites. Le montage comprend un système d'alimentation, une zone tampon aérée, un réacteur de 15 litres simulant la Bio-fosse^{MD}, ainsi qu'un décanteur secondaire. L'alimentation se fait à l'aide d'une eau usée sanitaire réelle et les essais sont effectués à la température de la pièce. Les performances épuratoires sont évaluées régulièrement par les mesures de DCO, MeS, MVeS, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , oxygène dissous, pH, potentiel d'oxydo-réduction, température et par des observations microscopiques de la biomasse développée sur le Biotex[®].

L'expérimentation se sépare en deux phases. Lors de la première phase, le réacteur a été aéré en continu et opéré selon les paramètres de conception optimisés antérieurement, soit un temps de rétention hydraulique (TRH) de 15 heures et une charge organique de 200 g DBO₅/m² de textile·d. La charge appliquée en azote a été fixée à 28 g N-NH₄/m²·d. La deuxième phase expérimentale implique quant à elle l'essai de différents cycles aérobie/anoxie, jusqu'à l'obtention d'un cycle permettant l'enlèvement de NH_4^+ et de NO_3^- .

D'excellents taux d'enlèvement ont été observés pendant la première phase du projet : 98% en DBO₅, 96% en NH_4^+ et 91% en MeS. Des valeurs de 6,0 mg DBO₅/L, 1,2 mg N-NH₄/L et 3,1 mg MeS/L ont été atteintes à la sortie du décanteur. Par ailleurs, le bilan pour l'azote tend à prouver la présence d'une certaine dénitrification simultanée à l'intérieur du biofiltre. La

deuxième phase des travaux démontre pour sa part que la dénitrification est possible. La cinétique de cette dernière est lente comparativement à celle d'une boue activée et semble limitante. Par conséquent, des essais plus complets en faisant varier les charges organiques et la durée des cycles seront nécessaires afin de bien adapter la Bio-fosse^{MD} à l'enlèvement des composés azotés.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

F4- Conditions for minimization of N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation in activated sludge treatment processes

C.M. Brubacher*, S.A. Andrews, A.G. Werker

Department of Civil Engineering, University of Waterloo

N-nitrosodimethylamine (NDMA) is a probable human carcinogen that is found in effluent from many wastewater treatment plants. A survey of wastewater treatment and water reclamation plants in the United States and Canada has indicated that significant NDMA formation may take place during wastewater treatment processes. This outcome must be considered more closely as the practice of recycle and reuse of wastewater as a more direct source of drinking water becomes more common.

The Priority Substances List Assessment Report on NDMA required under the 1999 Canadian Environmental Protection Act states that NDMA is entering the environment under conditions that may constitute a danger to human health. Specifically mentioned in the report is the need for optimization of drinking water treatment to minimize formation and monitoring of wastewater to determine the potential of exposure to humans. The objective of the present investigation is to determine principal factors that contribute to NDMA formation during wastewater treatment in order assist industry and municipalities in their effort to reduce formation potential and meet maximum acceptable concentration levels where applicable.

The formation mechanisms, precursors and intermediates of NDMA during wastewater treatment have not previously been well defined. In particular, there are relatively few articles in the literature addressing the details of the biological contribution to formation and/or degradation of NDMA. This presentation will focus on the NDMA precursors, tetramethylthiuram disulfide and nitrite, and define factors that contribute to NDMA formation and degradation within the activated sludge process.

Batch samples of activated sludge were spiked with NDMA and/or precursors, incubated and analyzed for changes in NDMA concentration. Microbial contribution to formation potential was performed by the use of active and inhibited samples. The influence of disinfection was simulated by the analysis of chlorinated and unchlorinated samples. Activated sludge nutrient levels and solids concentrations were characterized with respect to their impact on observed NDMA formation. NDMA was quantified using low-resolution gas chromatography/mass spectrometry.

Preliminary results indicate that biological activity enhances NDMA formation from precursors. Treatment of clarified wastewater with chlorine also increased the yield of NDMA. Solids concentrations and nitrite levels were significant with respect to the observed NDMA formation potential. Since wastewater treatment facilities for water reclamation are required to minimize NDMA concentrations in treated wastewater, the results and observations from the present investigation are of practical significance because experiments were performed using field grab samples of activated sludge.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

F5- Response of nitrifying bacteria to salt stress

S. Yan¹, M. Moussa² and H. J. Gijzen²

¹INRS-ETE, Université du Québec, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy, G1V 4C7

² International Institute for Infrastructural Hydraulic and Environmental Engineering (IHE), P.O. Box 3015, 2601DA, Delft, The Netherlands

Nitrification is the biological oxidation of ammonia to nitrate with nitrite formation as an intermediate. The microorganisms involved are two groups of the autotrophic species *Nitrosomonas* and *Nitrobacter*, which carry out the reaction in two steps: ammonia to nitrite and nitrite to nitrate. Nitrifying organisms are sensitive to environmental factors such as temperature, dissolved oxygen concentration, pH, available substrate and toxic and inhibitory compounds. An inhibitor of nitrification process is saline environment, which is the main objective of this study.

The effect of salinity on nitrification was studied by monitoring the oxygen uptake rate (OUR) in a biological oxygen monitor (BOM). Two sequencing batch reactors (SBR1 & SBR2) with 60 days and 17 days sludge retention time, respectively were used as donors of bacterial cells.

Two different experimental procedures A & B were used. Method B- measuring the activities for the three stages-endogenous respiration, nitrite oxidation and ammonia oxidation in different samples, separately was emphasized, while measuring these activities in one sample was method A. The salts used were as follows: NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, NaF, KI, Na₂SO₄ and K₂SO₄ with different concentrations. Several attempts were made to investigate the effect of salts on nitrification. The following conclusions were drawn from the study:

- Measuring endogenous respiration, nitrite oxidation and ammonia oxidation rate under inhibition condition in one sample (method A) is a proper method under limited nitrification activity (case of real activated sludge).
- Increasing sludge age from 20 days to 60 days has no effect on salt resistance (shock load) for ammonia oxidizers.
- Sludge age is a main factor determining the salt resistance for nitrite oxidation. Increasing sludge age from 20 days to 60 days increased the inhibitory effect (at salt concentration of 15 g Cl⁻/l) from 60 to 90%.
- *Nitrobacter* has less inhibition to salt than the dominant bacteria in two SBRs.
- The main reason for inhibitory effect of salt on nitrite oxidizers most probably is the concentration of anion in mmole/l.
- The main reason for inhibitory effect of salt on ammonia oxidizers most probably is the ionic strength of cation for the same type of anion (i.e. Cl⁻).

F6- Évaluation des capacités et des conditions d'enlèvement continu du phosphore dissous par les scories d'aciéries

Candice Lospied*, Mourad Kharoune et Yves Comeau

École Polytechnique de Montréal, Laboratoire de Génie de l'Environnement,
Département des Génies Civil, Géologique et des Mines, C. P.6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) Canada H3C 3A7

Dans une perspective de développement durable, l'industrie piscicole Québécoise devra réduire ses impacts environnementaux. Le phosphore est le principal paramètre problématique des eaux de rejets piscicoles puisque son apport massique reste relativement élevé dû aux forts débits d'eau utilisés (10 000 m³/d pour une pisciculture de moyenne capacité) contribuant ainsi à l'eutrophisation artificielle des plans d'eau récepteurs. Le critère de qualité retenu par le MENV pour prévenir l'eutrophisation des rivières est de 0.03 mg P total/L (MENV, 2002).

Il existe différentes technologies de déphosphatation mais dont la majorité n'est pas adaptée aux conditions actuelles et futures de l'industrie piscicole Québécoise. Des travaux sont réalisés au sein du Laboratoire de Génie de l'Environnement à l'École Polytechnique de Montréal afin de développer des technologies permettant de respecter les contraintes environnementales sans compromettre pour autant les perspectives de développement de cette industrie. Il a été montré que les scories d'aciéries présentaient une grande capacité de fixation du phosphore. L'utilisation de ces matériaux comme garnissage dans des procédés de déphosphatation est très prometteuse.

L'objectif principal de cette étude est de caractériser la capacité de rétention continue du phosphore de deux types de scories d'aciéries : les scories de type "Haut Fourneau" (HF) et de type "Four à Arc Électrique" (FAE) afin de comparer leurs performances et leurs conditions optimales de fonctionnement. Des essais en colonnes ont été réalisés durant 227 jours avec un effluent artificiel ne contenant que du phosphore. Pour les scories HF, deux colonnes ont été utilisées dont la concentration en phosphore en entrée était respectivement de 40 et 200 mg P/L. Pour les scories FAE, deux colonnes ont également été utilisées. La première a été alimentée successivement avec 40 mg P/L pendant 60 jours puis 80 mg P/L pendant 20 jours et enfin 120 mg P/L. La deuxième colonne a été alimentée avec 200 mg P/L. Le TRHv des quatre colonnes était compris entre 20 et 24 h. Les premiers résultats indiquent que la capacité de rétention du phosphore est fonction de la concentration en phosphore en entrée des colonnes et du type de scories. Les scories FAE sont plus efficaces que les scories HF et ce, quelle que soit la concentration en phosphore apportée en entrée des colonnes. Pour une concentration de 200 mg P/L, les capacités épuratoires des scories FAE et HF sont respectivement de 4 et de 2,5 mg P enlevé /g de scories. Après 227 jours de fonctionnement, les rendements des colonnes de plus faibles concentrations d'entrée sont de 50% pour les FAE et 20% pour les HF.

Les scories d'aciéries de type FAE et HF pourraient être utilisées comme substrat de rétention pour la déphosphatation d'effluents piscicoles. Des travaux sont en cours afin de définir l'effet de l'accumulation des MES et de la croissance microbienne au sein des colonnes sur l'efficacité d'enlèvement du phosphore d'un effluent piscicole par les scories.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

Session G – Modélisation
Session G – Modelling

G1- Sensitivity of the AnnAGNPS model to key parameters

G. Parker* and R.L. Droste

Department of Civil Engineering, University of Ottawa

The objective of this study is to determine the potential benefits on stream quality of employing agricultural best management practices in the South Nation watershed, as compared to the existing situation. The study employs the use of computer models and geospatial data to simulate watershed processes and compute water quality parameters for several historical weather scenarios.

The **Annualized Agricultural Non-Point Source** (AnnAGNPS) computer code is a continuous-simulation pollutant-loading model developed by the U.S. Department of Agriculture (USDA) for watershed-level analysis. This model is among the most commonly used models for dynamic simulation of agricultural impacts on surface water quality. Data input requirements are extensive, with over 400 parameters required for model execution. The code simulates a wide variety of watershed processes, and is organized into “modules”.

The major land use in the South Nation watershed is agricultural. AnnAGPS is able to simulate runoff quality and quantity from any land use type.

As part of a nutrient-loading analysis of the South Nation watershed in Eastern Ontario, a sensitivity analysis of AnnAGPS parameters was conducted on an artificial, “simple” scenario. A series of runs was conducted, while varying key input parameters (determined from a large number of preliminary runs), including climate data, cell parameters, reach parameters, and others. Topographical resolution was also evaluated for its effects on model outputs. Once setup and run, results were compiled and analyzed. The resulting work allows for a more informed assessment of the code behavior, as well as better parameter selection and delineation of procedures for model calibration. Additional work is currently being completed to evaluate watershed-level sensitivity in the South Nation system and emergent behaviors of the code.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

G2- Modélisation cybernétique des processus d'adaptation de la biomasse du procédé de boues activées

Bernard Lavallée^{1*}, Paul Lessard¹ et Peter A. Vanrolleghem²

¹ Département de génie civil, Université Laval, Ste-Foy, Québec, G1K 7P4.

² BIOMATH Department, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000 Gent, Belgium

Les modèles mathématiques ASM (Henze et coll., 2000) utilisés pour décrire la performance des systèmes de traitement par boues activées s'appuient sur les hypothèses proposées par Monod. Par le fait même, ces modèles assument que la biomasse ne possède qu'un seul niveau d'expression ou d'activité spécifique. Ainsi, les paramètres déterminés sont intrinsèquement dépendant des conditions d'opération et de la configuration du système étudié. Comme en réalité la cellule possède un niveau d'activité spécifique variable, toute variation de ces conditions, ou toute modification apportée au système entraînera une déviation de la réponse du modèle par rapport aux nouvelles conditions. Les modèles des procédés biologiques d'élimination des nutriments sont sensibles à ce type de variation. Ainsi, un ingénieur cherchant à optimiser la configuration d'un système, ou désireux de procéder à des modifications à un système donné, possède peu d'outils mathématiques pour définir quelle sera la configuration optimale, ou quels seront les correctifs les plus appropriés.

Le but de la recherche envisagée consiste à modifier le modèle ASM3 pour inclure la régulation enzymatique proposée par d'autres auteurs. L'objectif vise donc à obtenir une représentation plus réaliste de la biomasse, et ainsi obtenir une information de meilleure qualité lors de l'évaluation des paramètres cinétiques. Éventuellement, à l'aide d'une telle représentation, l'évaluation des paramètres cinétiques deviendrait une procédure indépendante de l'âge de la biomasse. Ceci nous permettrait, de mieux modéliser certains systèmes à charge variable, comme les sélecteurs, les réacteurs à écoulement en piston, RBS etc.

L'objectif de la présentation est donc de décrire le modèle proposé, ainsi que des résultats de calage basés sur les données de la littérature.

Tel que proposé par plusieurs auteurs (Daigger et Grady, 1982; Ramkrishna, 1983), la biomasse peut être structurée avec trois composantes principales, soit la structure de la cellule (X_H) constituant une part de la DCO, le bagage protéique (e_G) qui constitue une seconde part de la DCO, et l'ARN (R). La DCO de la biomasse pourra donc être décrite par la relation $(1+e_G)X_H$ si on exclut les réserves comme les glycogènes et les PHB.

Avec la représentation proposée de la biomasse, il est possible de modéliser la réponse transitoire d'un chemostat, variation de la DCO des cellules, la variation de la concentration des ribosomes et de l'ARN dans la cellule, ainsi que la variation de la respiration spécifique. Il est aussi possible de modéliser la variation de la concentration endogène des réserves et du taux de croissance pour des cultures en RBS. Certains résultats expérimentaux préliminaires sont présentés.

La formulation mathématique proposée semble en mesure de décrire la variation de l'activité spécifique de la biomasse. Le modèle proposé permettra éventuellement de mieux comprendre la réponse dynamique ou transitoire des systèmes de traitement biologique.

Références

- Daigger G. T. and Grady C. L. P. Jr., 1982. The dynamics of microbial growth on soluble substrate A unifying theory, *Wat. Res.*, vol. 16, p. 365-382.
- Henze et coll., 2000, Activated sludge models, Scientific and technical reports no. 9, IAWQ.
- Ramrisha D., 1983. A cybernetic perspective of microbial growth, in *Foundation of biochemical Engineering - Kinetics and thermodynamics in biological Systems*, Blanch H. W., Papoustakis E.T and Stephanopoulos G. Edition, ACS Symposium Series 207, American Chemical Society, 161-178.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

G3- Modélisation d'un procédé de traitement par biofiltration:
Le cas d'un biofiltre nitrifiant
P. Lessard¹, J.-P. Canler² et A. Héduit³

¹ Dép. Génie Civil, Pavillon Pouliot, Université Laval, Québec (Qc), G1K 7P4

² CEMAGREF, 3bis quai Chauveau, 69336, Lyon, France

³ CEMAGREF, Parc de Tourvoie, 92163, Antony, France

La biofiltration constitue une solution intéressante de traitement des eaux usées lorsque l'espace pour l'implantation d'une station conventionnelle est limitée ou pour mettre aux normes une station existante, e.g. pour la nitrification. Il s'agit d'un procédé complexe de par les multiples processus impliqués : formation d'un biofilm, dégradation de polluant, filtration, lavage. C'est probablement pour cette raison que très peu de modèles complets décrivant le fonctionnement d'un biofiltre ont été développés et validés jusqu'à maintenant. En fait, un seul modèle a été répertorié soit celui disponible dans le logiciel GPS-X®, et aucune étude démontrant sa validité n'a été trouvée dans la littérature. L'objectif de cette présentation est de vérifier l'applicabilité de ce modèle au cas de biofiltres nitrifiants.

Le biofiltre est représenté conceptuellement par une série de réacteurs complètement mélangés (RCM) simulant le comportement hydraulique du procédé et par une autre série de RCM pour simuler le biofilm. A ceux-ci sont superposés des modèles des processus biologiques (ASM1) et des mécanismes de filtration. Lors du lavage, tous les RCM de la masse liquide sont mélangés en un seul et un coefficient de perte de biomasse est introduit.

Les données ont été récoltées à l'usine de St-Fons (Lyon, France) d'une capacité de 700000 EH lors de la mise en route des biofiltres BIOSTYR® utilisés en nitrification tertiaire après une boues activées moyenne charge. Il s'agit de 5 unités de biofiltration d'une surface de 111 m² chacune et d'une hauteur de matériau de 3 m. La période d'étude couvre 313 jours dont 160 ont été échantillonnés. Les échantillons, composés quotidiens, ont été analysés pour les paramètres usuels dont les MeS, la DCO, le NTK, le NH₄ et le NO₃.

Certaines hypothèses ont du être faites concernant le fractionnement de l'affluent des biofiltres ainsi que la limitation en oxygène dans la masse liquide. Des analyses de sensibilité ont été faites sur certains paramètres du modèle. La base de données a été divisée en deux soit pour une partie pour la calibration et une pour la validation.

Quoique les données ne constituaient pas un idéal pour faire de la simulation dynamique, les résultats obtenus sont très intéressants. Le comportement des composés azotés est bien représenté par le modèle, tout comme celui de la DCO totale et des MeS. Dans ce dernier cas, la simulation était excellente en début d'expérience et se dégradait au fil du temps. Cela laisse sous-entendre que le coefficient de filtration (λ) varie dans le temps indiquant une influence de la croissance du biofilm sur le processus de filtration.

G4- Application d'un bilan thermique à la modélisation des étangs aérés de deux stations d'épuration des eaux usées

Dwight Houweling^{1*}, Antoni Escalas², Lynda Kharoune¹ et Yves Comeau¹

¹ Département des génies civil, géologique et des mines,
École Polytechnique de Montréal

² Département de Génie Chimique, Université Polytechnique de Catalogne,
Barcelone, Espagne

La perte d'azote ammoniacal à l'effluent des étangs aérés est problématique en raison de ses effets toxiques sur les milieux aquatiques récepteurs. Afin d'élaborer des solutions concrètes, il est indispensable de comprendre le fonctionnement des étangs, notamment les paramètres qui régissent la nitrification. Un suivi de la performance des étangs aérés de deux stations d'épuration au Québec de débit supérieur à 20,000 m³/j a été réalisé sur une période de trois ans. Les résultats ont montré que l'enlèvement de l'azote ammoniacal ne s'effectuait de manière efficace qu'en période estivale. Effectivement, l'enlèvement de l'azote ammoniacal, notamment par nitrification, est directement lié à la température au sein des étangs qui est d'environ 20°C l'été et 0°C en hiver.

Le développement d'un modèle a été proposé pour permettre d'identifier et de simuler des scénarios d'optimisation de l'enlèvement de l'azote ammoniacal dans les étangs aérés. Étant donné le rôle primordial de la température, le développement d'un modèle thermique est un préalable nécessaire au développement d'un modèle biologique. Dans les stations d'épuration, la collecte des données ne se fait pas toujours de manière systématique, particulièrement en hiver, en raison du gel des étangs. Le premier objectif du développement d'un modèle thermique est donc de combler les lacunes dans les données de température d'une station d'épuration. Le deuxième objectif est de simuler l'effet d'un ajout de technologies ou d'une modification à la station d'épuration qui permettrait l'optimisation de ses performances.

Un modèle basé sur un bilan thermique développé pour des systèmes de boues activées a été appliqué aux étangs aérés afin de permettre l'élaboration d'un modèle biologique de la nitrification dont les travaux sont en cours de réalisation. Le bilan thermique tient compte de dix flux de chaleur, du volume des étangs, de leur superficie, niveau d'aération et du débit d'eau à l'affluent en plus des paramètres météorologiques tels que la température atmosphérique, l'humidité, la vitesse du vent et l'insolation. Le modèle a été simulé de façon dynamique et en régime stationnaire et les résultats ont ensuite été comparés avec les résultats expérimentaux. L'analyse des éléments du bilan thermique permet également d'identifier les flux de chaleur déterminant le réchauffement et le refroidissement des étangs.

Les résultats démontrent que l'écart entre les températures modélisées et les températures observées est de 2 à 3°C en été et de 0 à 5°C le reste de l'année. De plus, le modèle permet une très bonne simulation des tendances de réchauffement et de refroidissement qui se produisent avec les changements de saisons. On observe que les valeurs générées en régime stationnaire accélèrent l'effet de réchauffement et de refroidissement d'environ deux semaines par rapport aux températures observées. Cet effet est attribué à l'effet tampon qu'ont les étangs par rapport au changement de température ambiante qu'ils subissent. Les simulations dynamiques ont donc

été exécutées pour éliminer cet effet. Par ailleurs, ce modèle mécanistique devrait s'adapter à la simulation des effets d'un ajout de technologies ou d'une modification de l'opération des stations d'épuration.

*Note: en compétition pour le prix étudiant de présentation orale Philip H. Jones.

G5- Variable structure model-based control of an anaerobic digester

E. Morel*, B. Tartakovsky, J.P. Steyer and S.R. Guiot

Biotechnology Research Institute, National Research Council Canada, Montreal, QC

A Variable structure model (VSM) technique was developed and applied for on-line control of an anaerobic reactor. The anaerobic digestion process was described by typical process states (e.g., methanogenic, organic overload, acidogenic, etc) with corresponding submodels. A knowledge based system was developed to determine process state at each time interval. The knowledge based system used on-line measurements of methane in the reactor off-gas as well as reactor pH to select for an active submodel. Feasibility of this approach was demonstrated in a 5 L lab-scale reactor. Simple control algorithms were used to operate the reactor at either methanogenic or organic overload states. Overall, the VSM-based control system was capable of maintaining the reactor in the selected process state for more than three months in spite of significant variations in the influent organic content and buffering capacity.

*Note: Competing for the Philip H. Jones student presentation award.

PRÉSENTATIONS PAR AFFICHE

POSTER PRESENTATIONS

P1- Biodegradation of amaranth by *Trametes versicolor*

Mihaela Gavril

Department of Chemical Engineering, Queen's University, Kingston, ON

The textile industry is a major consumer of synthetic dyestuffs and utilizes large volumes of water in wet processing operations. Currently there are more than 100,000 dyes known from which about 8,000 different dyes reached commercial significance. Their production exceeds 600,000 tones annually. Wastewater is the main route by which dyes enter the environment. It is estimated that 10 to 20% of the textile dyes ends in river streams where they cause a pollution problem and affect the ecosystem.

From a consumer point of view, dye resistance to decoloration is a desirable trait and dyes are designed to satisfy this necessity. Textile industry demands dyes that do not fade or change color even when exposed to harsh environments, sunlight or chemicals. Dyes also have to be resistant to aerobic degradation induced by contact with bodily fluids. Unfortunately, this design of textile dyes translates in their recalcitrance to degradation.

Forming 50% of the global dye production, azodyes are by far the most important type of dyes. Some of them are potential carcinogens, and generally they are the most toxic dye group. Many azodyes were proven to be carcinogenic. Under anaerobic conditions, like the ones found in the river sediments, the amines resulting in the degradation process are even more toxic than the parent azodye. Consequently, there is a strong demand to discover the most suitable strategies for advanced wastewater dye removal. Currently there are several physical and chemical methods available for dye removal such as adsorption, flocculation and chemical oxidation. However, due to their high cost and low efficiencies, the textile industry is constantly searching for ways to obtain better dye removal at a lower cost.

Biological decoloration of dyes seems to offer the advantage of lower cost. Several microorganisms have been proven to be effective in the decolorizing azodye solutions. One of the most efficient in dye decoloration has been proven to be *Trametes versicolor*. The objectives of this work are to investigate the decoloration of an azodye (Amaranth) by the fungal broth of *Trametes versicolor* and determine the toxicity of the resulting products. The results obtained during the HPLC, FTIR, ES-MS, EI-MS, UV and Microtox tests will be presented and discussed.

**P2- Cyclodextrins for desorption, solubilization
and hydrolysis of the cyclic nitramine explosives RDX and HMX from soils.**

Vimal K. Balakrishnan, Louise Paquet, Carl Groom,
Annamaria Halasz, and Jalal Hawari.

Biotechnology Research Institute, National Research Council of Canada, Montreal, Quebec,
Canada. H4P 2R2.

Heptakis-2,6,-di-O-methyl- α -cyclodextrin (DM α CD) and hydroxypropyl- α CD (HP α CD) (2% w/w solutions) were investigated for their ability to desorb hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) and octahydro-1,3,5,7,-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine (HMX) from artificially contaminated topsoil.

Neither HMX nor RDX were extensively sorbed by topsoil, and the efficiency by which they were removed from the soil was inversely proportional to the sorption capacity constant (K_d^S). For example, RDX ($K_d^S = 0.83$) was removed more easily than was HMX ($K_d^S = 1.63$), with removal efficiencies in 2% wt/wt HP α CD of 80.3% and 73.2%, respectively. The ability of CDs to extract RDX more efficiently than HMX is consistent with the greater affinity displayed by both CDs towards RDX rather than HMX (for example, with DM α CD RDX has a binding constant, $K_S = 72.6 \text{ M}^{-1}$ while for HMX, K_S (DM α CD) = 15.9 M^{-1}). The differences in these affinities are likely due, in part, to RDX having a size more complementary to the cavity size of the α -CD (0.346 nm^3) than does HMX. In general, HP α CD was more effective than DM α CD in desorbing the two nitramine explosives from the soil (for HMX, K_d^d (DM α CD) = 13.56, while K_d^d (HP α CD) = 2.56).

Consequently, the effect of HP α CD (2% w/w) on the hydrolysis of RDX at pH 10 was investigated. The kinetics, intermediates, and products obtained in these reactions are described, and the viability of using cyclodextrins for the decontamination of soils is discussed.

**P3- Effets biologiques des excès de nutriments et des carences en éléments traces
dans les mésocosmes marins en circuit fermé :
Le cas du Saint-Laurent marin au Biodôme de Montréal**

Serge Parent¹, Normand Labbé² and Richard Villemur²

¹ Biodôme de Montréal, 4777, Pierre-De Coubertin, Montréal H1V 1B3, Canada

² INRS – Institut Armand-Frappier, 531 boul. des Prairies, Laval H7V 1B7, Canada

Le Biodôme de Montréal gère depuis 10 ans un mésocosme marin froid de 3250 m³ fonctionnant en circuit fermé et dédié à la faune du Saint-Laurent marin (SLM). Durant cette période, les nitrates et les phosphates se sont accumulés, tandis que l'iode, le fer et le manganèse se sont épuisés. Les excès de nutriments ont eu des effets délétères sur la plupart des invertébrés à l'exception des Cnidaires. Ils ont affecté les maquereaux bleus – une épaisse couche de mucus a recouvert leurs yeux – et causé une mortalité accrue chez les nouveaux poissons. Ces excès ont aussi modifié la composition du périphyton. Malgré l'addition de suppléments d'iode dans leur nourriture, les morues franches ont développé des goîtres à l'automne 2001. De l'iode a été ajouté plusieurs fois dans l'eau du SLM, puis 50% de l'eau a été changée. Résultat, les goîtres se sont résorbés et les morues ont à nouveau frayé normalement au printemps 2002. Des strobiles et des éphyrules du Scyphozoaire *Aurelia* sp. ont aussi été observés ce printemps. Les additions de fer et de manganèse ont augmenté de 250% le taux de dénitrification dans des tests de laboratoire et dans l'unité de dénitrification du SLM. Enfin, un protocole spécial a permis de changer 50% de l'eau du SLM sans stresser les animaux ou affecter la structure du SLM.

P4- Estimation de l'influence d'éléments de structure de charbons actifs sur les composantes énergétiques de l'adsorption

M. Baudu¹, G. Guibaud¹, C. Herry¹, P. Lafrance²

¹Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques,
123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France

²Institut national de la recherche scientifique, Université du Québec,
INRS Eau-Terre-Environnement, Sainte-Foy, Québec, Canada

Dans le cas des matériaux plans, non microporeux, les mécanismes généraux d'adsorption des molécules organiques à la surface des solides sont bien connus. Ils dépendent de l'intervention de forces dispersives de faible énergie (London-Van der Waals), responsables de l'adsorption physique réversible, et des forces spécifiques de plus forte énergie, associées à des interactions dipolaires, ou acido-basiques. Cependant dans le cas des charbons actifs (CA), l'étude de ces mécanismes est considérablement gênée par leur microporosité. Les pores augmentent considérablement la surface de réaction des CA, mais perturbe l'étude de leur structure de surface.

L'étude comparative de la chromatographie inverse en phase gazeuse et d'une méthode par montée capillaire montre que la composante dispersive de l'énergie de surface est largement influencée par la porosité. Les forces d'adsorption spécifiques susceptibles d'intervenir dans l'adsorption des alcènes n'apparaissent pas du fait de l'encombrement stérique. Les alcools sont par contre mieux adsorbés que les alcanes et ce d'autant plus que le taux de recouvrement augmente.

Une méthode d'estimation des énergies d'adsorption basée sur la montée capillaire, montre clairement que la porosité est responsable d'une augmentation des énergies d'adsorption dispersives et que la composante hydrophobe et non spécifique l'emporte largement sur les interactions de type acido-basique susceptible d'intervenir avec des fonctions de surface du charbon actif.

P5- Importance de la composition des exopolymères extraits de boues activées dans la complexation du Cd, Cu et Pb

G. Guibaud, A. Bouju, N. Tixier et M. Baudu

Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France
gguibaud@unilim.fr – mbaudu@unilim.fr

Les boues jouent un rôle important dans l'extraction des métaux lourds des effluents. Les polymères extracellulaires (PEC) sont fortement impliqués dans la biosorption des métaux lourds. Ce travail étudie le comportement de 6 solutions de PEC extraites de 6 boues d'origine différentes vis-à-vis de 3 métaux : le Cd, le Cu et le Pb.

Les PEC étudiés sont principalement composés de protéines, d'acides humiques, d'acides uroniques, de polysaccharides et en de plus faible proportion de lipides et d'acides nucléiques. L'analyse des spectres IR des solutions de PEC a confirmé la composition des PEC.

Le dosage de la charge de surface des PEC¹ a permis de calculer 2 constantes d'acidité caractéristiques de 2 groupes de fonctions chimiques. Le pKa₁ pourrait être caractéristique des fonctions carboxyliques, le pKa₂ plutôt caractéristique des groupements hydroxyles, phénoliques et amines. La valeur de ces constantes indique qu'un seul groupe de fonctions (les fonctions caractérisées par le pKa₁ représentant probablement les fonctions carboxyliques) se trouve sous forme protonée au pH de l'étude (ici pH 7).

A l'aide de la polarographie et des modélisations de Chau et Ruzic², les paramètres de complexation (le nombre de sites de fixation des différents métaux et la constante de complexation) des solutions de PEC vis-à-vis du cuivre, du cadmium et du plomb ont été déterminés à pH=7. Les six solutions de polymères étudiées montrent un nombre variable de sites de fixation variant de 0,09 à 0,22 mmol.g⁻¹ de MS pour le cadmium ; 1,39 à 3,12 mmol.g⁻¹ de MS pour le plomb et 2,02 à 4,05 mmol.g⁻¹ de MS pour le cuivre. La constante de complexation (exprimée en Log (K)) varie de 3,8 à 4,6 pour le cadmium ; de 3,2 à 4,1 pour le plomb et de 3,0 à 4,4 pour le cuivre. Il a donc été établi dans cette étude l'ordre de nombre de sites suivant : Cu > Pb >> Cd et l'ordre de stabilité suivant : Cd > Pb ~ Cu. Il est difficile de comparer ces résultats à ceux de la littérature, car les résultats d'affinité des métaux pour les boues varient souvent d'un auteur à l'autre. Différentes hypothèses permettent d'expliquer cette variabilité : une différence de nature chimique des sites suivant les matériaux adsorbant, la formation de complexes ternaires, l'influence de l'environnement ionique des sites, ou la labilité des complexes formés.

Des matrices de corrélation ont montré qu'il existait une relation entre la composition en protéines, en substances humiques et en polysaccharides et les paramètres de complexation.

¹ Stumm W. Chemistry of solid-water interface, *Wiley, New York* (1992).

² Ruzic I. Trace metal complexation at heterogeneous binding sites in aquatic systems. *Marine Chemistry*, 53 : 1-15 (1995).

**P6- Interactions entre un tensio-actif biologique et
des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
lors d'une procédure de décontamination physico-chimique d'un sol pollué**

Sophie Gabet¹, François Bordas¹ et Pierre Lafrance²

¹Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement, Université de Limoges, Faculté des Sciences, 123 Avenue Albert Thomas, 87060 Limoges CEDEX, France

²Institut National de la Recherche Scientifique, Centre INRS-Eau-Terre-Environnement, Université du Québec, 2800 rue Einstein, C.P. 7500, Québec, Canada, G1V 4C7

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), composés issus de la combustion incomplète de matières carbonées, sont libérés dans l'environnement principalement suite à des activités anthropiques. Les HAP sont relativement non volatils et peu solubles. Rejetés dans l'air, le sol ou l'eau, ils se retrouvent principalement adsorbés sur les sédiments et les sols. Diverses techniques comme l'excavation avec traitement *ex situ* ou le "pompage et traitement" couplé à l'emploi d'agents tensio-actifs permettent de décontaminer les sols pollués.

L'objectif de ce travail est de tester l'efficacité d'un biosurfactant à solubiliser des HAP (fluorène, fluoranthène et pyrène) d'un sol sableux artificiellement contaminé. Les expériences sont réalisées en système statique et en système dynamique (colonnes de sol).

En système statique, le Rapport Molaire de Solubilisation (RMS) servant à évaluer l'efficacité du biosurfactant à solubiliser un composé hydrophobe, et le coefficient de partage micelle / eau (Km) ont été déterminés pour chacun des HAP, individuellement et en système ternaire. Les résultats obtenus montrent que l'affinité des HAP considérés vis-à-vis de la phase micellaire varie avec les propriétés des molécules. La solubilité apparente du fluorène, HAP le moins hydrophobe de l'étude, est la plus importante. Son RMS est alors supérieur à celui des deux autres. En mélange ternaire le pyrène et le fluoranthène, composés les plus hydrophobes, déplacent le fluorène des micelles diminuant ainsi sa solubilité apparente. Inversement, les solubilités apparentes du pyrène et du fluoranthène augmentent en système ternaire.

En système dynamique, l'injection de solutions de biosurfactant entraîne une augmentation rapide et importante de la solubilité apparente des HAP. Le maximum de solubilisation est obtenu après injection de 4 à 5 volumes de pore. La fraction la plus facilement remobilisable est éluee en premier puis une phase quasi-stationnaire est atteinte. Le fluorène est plus facilement remobilisé que le pyrène et le fluoranthène, ces deux derniers composés ayant des comportements très similaires. Dans le cas où l'on considère les HAP individuellement, la remobilisation suit les résultats obtenus avec le RMS.

Les tests en système statique ont permis d'évaluer l'efficacité du biosurfactant à solubiliser les HAP seuls ou en mélange ternaire. Il apparaît que la présence d'un soluté moins hydrophobe (fluorène) partagé à l'interface micelle / eau peut diminuer les tensions interfaciales et favoriser la solubilisation de composés plus hydrophobes, tel que cela a été observé par d'autres auteurs. Le fluorène pourrait aussi jouer le rôle de co-solvant dans la solubilisation du pyrène et du fluoranthène. Les résultats obtenus en colonnes de sol montrent qu'il y a une mobilisation rapide des HAP après injection du biosurfactant, et que l'efficacité peut être reliée au RMS. Dans les deux cas le fluorène, composé de solubilité importante, est remobilisé plus facilement. Le RMS, techniquement plus commode à mettre en œuvre, pourrait servir d'outil de prédiction quant à l'action de remobilisation d'un surfactant vis-à-vis des polluants étudiés.

P7- L'efficacité symbiotique des inoculants à base de boue sur la luzerne cultivée dans des sols amendés

F. Ben Rebah¹, Y. Filali-Meknassi², R. D. Tyagi² et D. Prévost³

1 Collège universitaire de Saint-Boniface, 200 avenue de la Cathédrale,
Saint-Boniface (Mb) R2H 0H7

2 INRS-Eau, 2800 rue Einstein, CP 7500, Ste Foy, (Qc) G1V 4C7
3 Agriculture et agroalimentaire Canada, Sainte Foy (Qc)

L'efficacité des inoculants de rhizobia préparés dans des boues des stations d'épuration a été comparée à celle du rhizobia cultivés dans le milieu synthétique. Les plantes de luzernes ont été cultivées dans des pots et inoculées avec des inoculants liquides ou solides de *S. meliloti*. Le sol utilisé est un sol argileux ayant déjà été cultivé avec de la luzerne au préalable. Ce sol a été amendé avec l'équivalent de 60 ou 120 kg N/ha de boue ou 60 kg N/ha de fertilisant (NH_4NO_3). Les inoculants à base de boue ont montré la même efficacité symbiotique (nodulation et rendement des plantes : poids sec et teneur en azote) que les inoculants standards, bien que le poids sec des plantes et la teneur en azote n'aient pas été augmentés de manière significative.

Généralement, l'inoculation a augmenté l'indice nodulaire de la luzerne passant de 4-6 (non inoculé) à 8-12 (après inoculation) ainsi que le nombre des rhizobias qui a atteint 10^7 cellules/g (10^3 cellules/g sans inoculation). L'amendement du sol avec les boues a augmenté le nombre de rhizobia à 10^4 cellules/g et a amélioré de plus de 25% le poids sec et le rendement en azote des plantes. Le traitement avec le fertilisant (NH_4NO_3) a donné moins de rendement (poids sec et teneur en azote) par rapport aux boues.

Cette étude a montré :

- Que contrairement aux inoculants cultivés sur un milieu synthétique et conservés dans la tourbe, les boues par leur propriétés physique jouaient simultanément le rôle de milieu de culture et de support pour les rhizobia.
- Que l'inoculation de la luzerne avec des inoculants à base de boue, augmente l'efficacité symbiotique à un même niveau que les inoculants standards.
- Que les boues utilisées comme fertilisant azoté ont un effet bénéfique sur le nombre de rhizobia dans le sol, et sur la croissance et la nodulation de la luzerne.

P8- Remediation technologies/investigation on amphoteric surfactant behavior under electrical field

Shiva Habibi¹ and Maria Elektorowicz²

¹Graduate Student, ²Associate Professor, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, 1455 blvd. de Maisonneuve West, Montreal, QC, Canada, H3G 1M8

Surfactants are the largest class of anthropogenic organic compounds. Recently, surfactants are largely used in industry. The use of surfactants with electrokinetics in soil and sludge remediation is a new concept. The combination of both surfactant and electrokinetic technology has been thought to take advantage of electrophoretic flow in addition to electroosmotic flow. The main objective of this research was the investigation on dynamics of a certain kind of surfactant (amphoteric) within the electrical field. Tests were performed in electrokinetic cells with different potential gradients. During 32 days of experiments, electrical parameters and pH were measured. Sampling was carried out during the experiment periodically and they were analyzed using FTIR. Due to creation of oxidation and reduced zones between electrodes, the formation of different kind of micelles was observed. The results also showed a different shape of micelles with the change of electrical potential. Subsequently, a different rate of micelle mobility under electrical field was demonstrated. The results can be directly applied to optimize the electrokinetic remediation technologies.

P9- Treatment of Agricultural Wastewater Using Vertical Flow Artificial Wetlands

Eva Maciaszek*, Leta Fernandes, Eric Schiller and Rosa Miglio

Department of Civil Engineering, University of Ottawa

Water shortages are a serious problem facing Peru. Wetlands are one technology that can help to alleviate it by treating wastewater and allowing for its reuse. Wetlands are simple to construct, cost effective and relatively easy to operate making them a technology well suited for the developing world. The main focus of wastewater treatment in Peru is the ability to reuse the final product for irrigation. To be used in agriculture, the treated wastewater has to meet set quality standard that help to assure no adverse effects for humans, crops and soils when the treated wastewater is reused. Artificial, vertical flow wetlands were evaluated for their treatment capacity. The criteria used to evaluate these wetlands were based on the water quality standards for reuse of treated wastewater in agriculture. The experimental setup was located at a pig farm, on the property of the agricultural university, Universidad Nacional Agraria La Molina, in Lima Peru. Swine manure from the pig farm along with washings from the pigsties were collected and passed through the wetlands. The two pilot scale wetlands were composed of two large barrels each (each barrel having a volume of 250 liters), the first one with descending flow followed by the second barrel with ascending flow. The wastewater is passed through the artificial wetlands at three different flow rates, 20 ml/s, 10 ml/s and 5 ml/s, in order to determine the optimum flow rate for improving wastewater quality in this system. The performance of the wetlands was evaluated three times for each of the three different flow rates. Furthermore, the performance of an artificial wetland containing plants, *Cyperus alternifolius*, was compared to a control without plants. The evaluation of the quality of wastewater was based on the following parameters: organic nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate, pH, electric conductivity and fecal coliform count. Samples were drawn at three points within the system: at the exit from the sedimentation tank, at the exit of the unplanted wetland and at the exit of wetland with plants. The results showed the planted wetland to be more effective in removal of the above mentioned wastewater constituents. In all cases however, both wetlands at the three distinct flow rates, the standards for reuse of wastewater in agriculture were not met. Several system alterations that would improve treatment efficiency of the vertical flow wetlands were proposed.

*Note: competing for the Philip H. Jones award

**P10- Valorisation de matières résiduelles
pour la production de biofertilisants à base de *Rhizobium***

G. Dufresne¹, R.D. Tyagi¹ et D. Prévost²

¹ Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Eau)

L'importance des légumineuses en agriculture vient principalement de leur symbiose avec la bactérie de l'espèce *Rhizobium* qui permet de fixer des quantités importantes d'azote dans l'atmosphère, les rendant disponibles aux cultures. Cependant, l'efficacité de la fixation symbiotique est parfois limitée par des conditions de sol, notamment le pH et les éléments nutritifs. Quelques études ont déjà démontré l'efficacité élevée du *Rhizobium* à la suite d'applications de biosolides (matières résiduelles) municipales et industrielles. Ce développement optimal et cette efficacité élevée du *Rhizobium* pourraient être attribués à la disponibilité de C et des éléments nutritifs par les biosolides qui apportent ainsi aux bactéries les éléments dont elles ont besoin pour leur énergie et leur métabolisme. Toutefois, les bio-inoculants à base de *Rhizobium* sont dispendieux et ont de la difficulté à rivaliser avec des engrais chimiques peu coûteux, pourtant reconnus pour être une source de pollution importante. L'utilisation des biosolides comme milieu de culture alternatif aux milieux commerciaux synthétiques coûteux permettrait de produire à coût moindre des bio-inoculants à base de *Rhizobium*. Diverses études sur les paramètres de production ont été réalisées et plusieurs résultats seront présentés.