

VOL. 1

*A summary of current research publications*

CCIW

JUL 11 1994

LIBRARY

# RIVERS RESEARCH BRANCH

*National Water Research Institute*  
*NWRI Contribution No. 93-149*

TD  
226  
N87  
No. 93-  
149  
c.1

*Compiled and edited by*

**Freda Crisp**

*Rivers Research Branch  
National Water Research Institute*

*First Edition, 1993*

## TABLE OF CONTENTS

	<b>Page</b>	
<b>92-100</b>	Abiotic Transformations of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons and Polynuclear Aromatic Nitrogen Heterocycles in Aquatic Environments <i>J. Kochany and R.J. Maguire</i>	1
<b>92-101</b>	FLOCSETL: A Computer Model to Predict Settling and Flocculation of Fine-Grained Sediment in Water Columns: User Manual <i>B.G. Krishnappan</i>	1
<b>92-102</b>	A Simple Technique for the Determination of Biofilm Formation and Growth <i>D. Liu, Y.L. Lau, Y.K. Chau and G.J. Pacepavicius</i>	2
<b>92-103</b>	Effect of Flow Rate on Biofilm Growth in Open Channels <i>Y.L. Lau and D. Liu</i>	4
<b>92-104</b>	Refining a Tributary Monitoring Program for the Great Lakes Basin <i>I.G. Droppo, E.D. Ongley and J. Marsalek</i>	5
<b>92-105</b>	Remote Sensing as an Aid to Monitoring the Impacts of Regional Climate Change on the Hydrological Cycle and Water Resources <i>R.P. Bukata, J.H. Jerome and J.M. Whiting</i>	6
<b>92-106</b>	EXPRES: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface, Users Manual <i>J.P. Mutch, A.S. Crowe and O. Resler</i>	9
<b>92-107</b>	Trend Assessment Techniques: Application to Prairie Provinces Water Board Water Quality Data Set <i>A.J. El-Shaarawi, S.R. Esterby and J. Yip</i>	10
<b>92-108</b>	Separation of Vanadyl and Nickel Petroporphyrins on Aminopropyl Column by HPLC <i>H. Xu and S. Lesage</i>	14
<b>92-109</b>	The Application of Expert Systems to Solving Groundwater Problems <i>A.S. Crowe and G.L. McClymont</i>	15

<b>92-110</b>	<b>A Review and Evaluation of Models for Assessing the Potential for Pesticides to Contaminate Groundwater</b>	<b>17</b>
	<i>A.S. Crowe and J.P. Mutch</i>	
<b>92-111</b>	<b>Fate of Organic Solvents in Landfill Leachates Under Simulated Field Conditions and in Anaerobic Microcosms</b>	<b>19</b>
	<i>S. Lesage, R.A. McBride, P.M. Cureton and S. Brown</i>	
<b>92-112</b>	<b>EXPRES: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface. Phase Five Report: Description of Agricultural Zones Included in EXPRES</b>	<b>20</b>
	<i>J.P. Mutch and A.S. Crowe</i>	
<b>92-113</b>	<b>Comparison of Solid Phase Testing Procedures: Direct Sediment Toxicity Testing and Microtox Solid Phase</b>	<b>22</b>
	<i>K.K. Kwan and B.J. Dutka</i>	
<b>92-114</b>	<b>Remote Sensing as an Aid to Aquatic Habitat Surveillance</b>	<b>24</b>
	<i>R.P. Bukata</i>	
<b>92-115</b>	<b>The Analysis of Tracer Experiments Conducted in Divergent Radial Flow Fields</b>	<b>25</b>
	<i>K.S. Novakowski</i>	
<b>92-116</b>	<b>Regional Analysis of Pesticide Contamination of Groundwater Using an Expert System Approach</b>	<b>27</b>
	<i>A.S. Crowe and J.P. Mutch</i>	
<b>92-118</b>	<b>Characterization of Biofilm Development on Artificial Substratum in Natural Water</b>	<b>29</b>
	<i>D. Liu, Y.L. Lau, Y.K. Chau and G.J. Pacepavivius</i>	
<b>92-119</b>	<b>Occurrence of Butyltin Compounds in Severn Sound, Ontario</b>	<b>30</b>
	<i>P.T.S. Wong and Y.K. Chau</i>	
<b>92-120</b>	<b>Analysis of Aquatic Humic Material and High Molecular Weight Components of Bleached Kraft Mill Effluent (BKME) by Gradient Gel Electrophoresis</b>	<b>31</b>
	<i>R.M. Baxter and J. Malysz</i>	
<b>92-121</b>	<b>Soil Gas Surveys of Natural Hydrocarbons in Southern Ontario</b>	<b>33</b>
	<i>I. Noor and K. Novakowski</i>	

92-123	Calculations of Variable Concentrations and Exports from the Mersey River at Kejimkujik National Park in Nova Scotia <i>T.A. Clair and D.S. Jeffries</i>	34
92-124	Ice Breakup and Jamming in the Restigouche River, New Brunswick <i>S. Beltaos and B.C. Burrell</i>	36
92-125	The Application of Expert Systems to Groundwater Contamination Protection, Assessment and Remediation <i>A.S. Crowe</i>	37
92-127	Mathematical Models for Saltwater Intrusion - Literature Review <i>A.G. Bobba</i>	40
92-128	Battery of Tests Approach Applied to Three Different Types of Sediment Extracts <i>B.J. Dutka, A. Jurkovic, R. McInnis, K.K. Kwan and T. Murphy</i>	40
92-129	The Results of Bioassay Tests Applied to Extracts of Samples, Collected from the Athabasca, Peace and Slave Rivers, March 1990. <i>B.J. Dutka, K.K. Kwan, A. Jurkovic, R. McInnis, B. Brownlee, D. Liu and C. Taylor</i>	42
92-130	A Comparison of Four Simple Water Extraction-Concentration Procedures to be Used with the Battery of Bioassay Tests Approach. <i>B.J. Dutka, D.L. Liu and A. Jurkovic</i>	43
92-132	Herbicide Residues in Surface Runoff from a Agricultural Waterbed in Southern Ontario. <i>H. Ng, B. Trapp and S. Clegg</i>	44
92-133	Characterization of Fracture Aperture by Inverse Analysis <i>A.R. Piggott</i>	46
92-134	Extracellular Fibril Production by Freshwater Algae and Cyanobacteria <i>T. Strycek, J. Acreman, A. Kerry, G.G. Leppard, M.V. Nermut and D.J. Kushner</i>	47
92-135	Relationships Between Concentrations of Metals in Sediment and Two Species of Freshwater Mussels in the Ottawa River <i>J.L. Metcalfe-Smith, J.C. Merriman and S.P. Batchelor</i>	49

<b>92-136</b>	<b>The Occurrence and Roles of Porphyrins in the Environment: Possible Implications for Bioremediation</b>	<b>52</b>
	<i>S. Lesage, H. Xu and L. Durham</i>	
<b>92-138</b>	<b>Urban Impacts on Bacteriological Pollution of the St. Clair River in Sarnia: Sources and Cleanup</b>	<b>52</b>
	<i>J. Marsalek, B.J. Dutka and I.K. Tsanis</i>	
<b>92-139</b>	<b>In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part I): Physical Characteristics and Formational Processes</b>	<b>54</b>
	<i>I.G. Droppo and M. Stone</i>	
<b>92-140</b>	<b>In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part II): Chemical Characteristics and Implications for Contaminant Transport in Fluvial Systems</b>	<b>56</b>
	<i>M. Stone and I.G. Droppo</i>	
<b>92-143</b>	<b>An Expert Systems Approach for Assessing the Potential for Pesticide Contamination of Groundwater</b>	<b>57</b>
	<i>A.S. Crowe and J.P. Mutch</i>	
<b>92-144</b>	<b>Chlorinated Anisoles and Veratroles in a Canadian River Receiving Bleached Kraft Pulp Mill Effluent. Identification, Distribution, and Olfactory Evaluation.</b>	<b>59</b>
	<i>B.G. Brownlee, G.A. MacInnis and L.R. Noton</i>	
<b>92-145</b>	<b>Supporting Document - Environmental Section: Canadian Environmental Protection Act Assessment of Non-Pesticidal Organotin Compounds</b>	<b>61</b>
	<i>R. James Maguire</i>	
<b>92-146</b>	<b>Retrofitting Stormwater Ponds for Water Quality Control</b>	<b>62</b>
	<i>J. Marsalek, W.E. Watt and D. Henry</i>	
<b>92-147</b>	<b>Overview of Sediment Issues in Urban Drainage</b>	<b>64</b>
	<i>J. Marsalek</i>	
<b>92-148</b>	<b>Supporting Document - Environmental Section: Canadian Environmental Protection Act Assessment of Aniline, 3, 5-Dimethylaniline, Benzidine and 3, 3'-Dichlorobenzidine</b>	<b>65</b>
	<i>R.J. Maguire and A.M. Bobra</i>	

<b>92-149</b>	An Overview of Expert Systems Developed for Hydrogeological Applications <i>A.S. Crowe and G.L. McClymont</i>	<b>65</b>
<b>92-150</b>	Solubility Enhancement of Fenvalerate by Isolated DOC Lakewater Fractions <i>B.K. Burnison</i>	<b>67</b>
<b>92-151</b>	Extraction Efficiencies of Hydrocarbons from Niagara River Water <i>R.J. Maguire, R.J. Tkacz and S.P. Batchelor</i>	<b>69</b>
<b>92-152</b>	Cohesive Sediment Settling - Is There Simultaneous Erosion and Deposition? <i>Y.L. Lau and B.G. Krishnappan</i>	<b>71</b>
<b>92-154</b>	Urban Impacts on River Shoreline Microbiological Pollution <i>B.J. Dutka and J. Marsalek</i>	<b>72</b>
<b>92-155</b>	Urban Impacts on Bacteriological Pollution of the St. Marys River in Sault Ste. Marie <i>B.J. Dutka and J. Marsalek</i>	<b>73</b>
<b>92-156</b>	Urban Drainage Systems: Design and Operation <i>J. Marsalek, T.O. Barnwell, W. Geiger, M. Grottke, W.C. Huber, A.J. Saul, W. Schilling and H.C. Torno</i>	<b>74</b>
<b>92-157</b>	Methods for the Analysis of Hazardous Wastes: A Review <i>S. Lesage</i>	<b>76</b>
<b>92-158</b>	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Suspended Particulates from Hamilton Harbour <i>T. Mayer and E. Nagy</i>	<b>77</b>
<b>92-160</b>	EXPRES: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface; Progress Report: Incorporation of the Integrity Checking Module into EXPRES <i>O. Resler, J.P. Mutch and A.S. Crowe</i>	<b>78</b>
<b>92-161</b>	The Potential for Metal Release by Reductive Dissolution of Weathered Mine Tailings <i>I. Ribet, C.J. Ptacek and D.W. Blowes</i>	<b>80</b>

<b>92-162</b>	<b>Removal of Agricultural Nitrate from Tile-Drainage Effluent Waters Using In-Line Bioreactors</b>	<b>84</b>
	<i>D.W. Blowes, W.D. Robertson, C.J. Ptacek and C. Merkley</i>	
<b>92-163</b>	<b>Athabasca River Project 1990/91 Progress Report</b>	<b>86</b>
	<i>R.A. Bourbonniere</i>	
<b>92-164</b>	<b>Modelling of Multicomponent Reactive Transport in Aquifers Impacted by Mine Tailings Effluents</b>	<b>88</b>
	<i>A.L. Walter, E.O. Frind, D.W. Blowes, C.J. Ptacek and J.W. Molson</i>	
<b>92-165</b>	<b>Suitability of Carboxylated Porphyrin Profiles as a Biochemical Indicator in White Fish (<i>Coregonus Clupeaformis</i>) Exposed to Bleached Kraft Pulp Mill Effluent</b>	<b>91</b>
	<i>H. Xu, S. Lesage and K.R. Munkittrick</i>	
<b>92-166</b>	<b>Applications of the EXPRES Expert System to Pesticide Regulatory Evaluations in Canada</b>	<b>92</b>
	<i>J.P. Mutch and A.S. Crowe</i>	
<b>92-167</b>	<b>A Supplementary Bibliography on the Environmental Effects of Dams, Impoundments, and Diversions</b>	<b>93</b>
	<i>R.M. Baxter</i>	

## **INTRODUCTION**

This compendium contains the Management Perspectives and Abstracts of Rivers Research Branch scientific contributions for the calendar year 1992. As noted under each listing, some have been submitted or published in scientific journals, others have appeared in books, while still others have been produced as NWRI reports.

For reprints, reports or further information, please contact the author (first author if no name underlined in entry) directly, or myself at the address below.

Rivers Research Branch  
National Water Research Institute  
Ecosystem Conservation Directorate  
Environment Canada  
867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050  
Burlington, Ontario, Canada  
L7R 4A6

FAX: (905) 336-4972

John Carey, Director  
Rivers Research Branch

December 31, 1993

**92-100**

**Abiotic Transformations of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons and Polynuclear Aromatic Nitrogen Heterocycles in Aquatic Environments.** J. Kochany and R.J. Maguire. *Science of the Total Environment* (in press).

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) are CEPA priority chemicals. Polynuclear aromatic nitrogen heterocycles (PANHs) are related compounds, some of which are more toxic and carcinogenic than PAHs. Very little is known of the environmental occurrence, persistence and fate of PANHs. This review was written as a prelude to research on the aquatic environmental persistence and fate of PANHs, in particular their sunlight degradation.

**ABSTRACT**

The chemical and photochemical oxidation of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) and polynuclear aromatic nitrogen heterocycles (PANHs) in water has been critically reviewed. Research needs are identified in order to assess and predict the photodegradation of these compounds in natural water. In particular, more information is needed on the effects of dissolved and particulate material on the chemical and photochemical oxidation of these compounds in order to understand their behaviour in aquatic ecosystems.

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des produits chimiques de la liste des substances d'intérêt prioritaire de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE). Les hétérocycles azotés aromatiques polycycliques sont des composés apparentés dont certains sont plus toxique et plus cancérogènes que les HAP. Nos connaissances sont limitées sur la présence de hétérocycles azotés aromatiques polycycliques dans l'environnement, leur persistance et leur devenir. Cette analyse a été rédigée comme entrée en matière aux recherches sur la persistance dans le milieu aquatique et le devenir de ces hétérocycles azotés, notamment sur leur décomposition en présence de lumière solaire.

**RÉSUMÉ**

L'oxydation chimique et photochimique des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des hétérocycles azotés aromatiques polycycliques dans l'eau a été étudiée d'un œil critique. Les besoins en matière de recherche sont déterminés afin d'évaluer et de prévoir la photodégradation de ces composés dans l'eau naturelle. Notamment, il faut plus d'informations sur les effets des matières dissoutes et des particules sur l'oxydation chimique et photochimique de ces composés si l'on veut comprendre leur comportement dans des écosystèmes aquatiques.

**92-101**

**FLOCSETL: A Computer Model to Predict Settling and Flocculation of Fine-Grained Sediment in Water Columns: User Manual.** B.G. Krishnappan. *User Manual* (NWRI Report).

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

Knowledge on the settling characteristics of fine grained sediment is important for the design

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Il est important de connaître les

and operation of reservoirs and settling ponds. The computer model described in this manual is a comprehensive model of fine sediment settling as it accounts for the flocculation process, hitherto neglected. Using this model, it is possible to make realistic predictions of settling times in a variety of settling ponds such as stormwater management ponds, mine tailings ponds etc... Use of ponds to trap contaminated fine sediments from agriculture and other sources as an option to manage contaminated sediment can be evaluated using this model.

#### ABSTRACT

A computer model called FLOCSETL capable of predicting the settling characteristics of fine grained sediment in water columns is described in this manual. The model considers the flocculation process explicitly and hence is capable of making realistic predictions of fine sediment settling. The details of the model, including the mathematical basis, programme structure, input data requirements and a practical application are outlined in this report so as to make it a self contained user guide for the model.

caractéristiques de décantation des sédiments de faible granulométrie en vue de la conception de réservoirs et d'étangs de décantation et de leur fonctionnement. Le modèle informatique décrit dans le présent manuel est un modèle polyvalent de décantation des sédiments de faible granulométrie étant donné qu'il tient compte du processus de flocculation, négligé jusqu'ici. Ce modèle permet de faire des prévisions réalistes du temps de décantation dans différents étangs de décantation, comme des étangs de gestion des eaux pluviales, des étangs de résidus miniers, etc... L'utilisation de ces étangs pour piéger des sédiments contaminés de faible granulométrie d'origine agricole et d'autres sources comme moyen de gestion des sédiments contaminés peut être évaluée à l'aide de ce modèle.

#### RÉSUMÉ

Un modèle informatique appelé FLOCSETL permettant de prévoir les caractéristiques de décantation de sédiments de faible granulométrie dans des colonnes d'eau est décrit dans le présent manuel. Le modèle tient compte du processus de flocculation explicitement, et permet de faire des prévisions réalistes concernant la décantation des sédiments de faible granulométrie. On trouvera dans le présent rapport les détails du modèle, incluant la base mathématique, la structure du programme, les exigences au niveau des données d'entrée et une application pratique. Il constituera donc un guide d'utilisation complet du modèle.

#### 92-102

**A Simple Technique for the Determination of Biofilm Formation and Growth.** D. Liu, Y.L. Lau, Y.K. Chau and G.J. Pacepavicius, Bull. Env. Toxicology & Chem. (in press).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

In recent years, it has been demonstrated that microbial populations in biofilms play a more important role than the free, suspended microorganisms in the removal of contaminants from the aquatic environment. Because a biofilm is not a single entity (substance), it can only be estimated by approximation, using methods such as dry weight determination, thickness measurement, as well as measurement of organic contents such as C/N content and ATP level. These methods

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Au cours des dernières années, il a été démontré que les populations microbiennes dans les films biologiques jouent un rôle plus important que les microorganismes libres en suspension pour l'élimination des contaminants de l'environnement aquatique. Parce qu'un film biologique n'est pas une entité (substance) simple, on ne peut s'en faire une idée que par approximation, en utilisant des méthodes

however often lead to inconsistent results.

In this communication, we report the development of a simple and reliable method for the quantitative estimation of biofilm mass. The method is based on the direct measurement of the total carbohydrate content in the biofilm. It is highly sensitive and specific, and biofilm growth of less than a day in natural water can be easily detected. It is believed that this carbohydrate method for biofilm mass estimation will be a useful aid in studying the ultimate fate of chemicals in the environment.

### ABSTRACT

In an aquatic system with large specific areas, such as shallow streams or rivers, the growth of biofilm often determines the rate at which environmental contaminants are removed and degraded. Thus, knowledge about biofilm growth is critical in predicting the ultimate fate of chemicals in the aquatic environment. Because biofilm is a complex of functional assemblage, made up of microorganism, inorganic and organic solids, its mass can only be estimated by approximation. In this communication, we report the development of a simple and reliable method for the quantitative estimation of biofilm mass in both the laboratory and natural aquatic environment. The method is based on the direct measurement of the total carbohydrate content in the biofilm which has been developed on a 15 x 25 x 0.95 mm glass slide. It is highly sensitive and specific, and the growth of biofilm in natural water can be easily detected in less than one day. Various factors which are likely to affect the biofilm development were also studied. These included the level of organic nutrients, surface property of the solid supporting media, and the community structure of biofilm.

comme la détermination du poids sec, des mesures d'épaisseur ainsi que des mesures de teneur en substances organiques comme la teneur en C/N et la teneur en ATP. Toutefois, ces méthodes donnent souvent des résultats peu cohérents.

Dans la présente communication, nous signalons l'élaboration d'une méthode simple et fiable pour l'estimation quantitative de la masse de films biologiques. Cette méthode est basée sur la mesure directe de la teneur totale en hydrocarbures dans des films biologiques. Elle est très sensible et très spécifique, et elle permet d'identifier facilement en moins d'un jour des croissances biologiques dans les eaux naturelles. On croit que cette méthode basée sur les glucides pour l'évaluation de la masse des films biologiques sera utile pour l'étude du devenir final des produits chimiques dans l'environnement.

### RÉSUMÉ

Dans un réseau aquatique à aires particulières importantes, comme les rivières ou cours d'eau peu profonds, la croissance des films biologiques détermine souvent la vitesse à laquelle les contaminants environnementaux sont éliminés et dégradés. Ainsi, les connaissances portant sur la croissance des films biologiques sont critiques pour prévoir le devenir final des produits chimiques dans l'environnement aquatique. Parce que les films biologiques sont un assemblage fonctionnel complexe comportant des microorganismes, des matières solides inorganiques et organiques, leur masse ne peut être évaluée que par approximation. Dans la présente communication, nous signalons l'élaboration d'une méthode simple et fiable pour l'évaluation quantitative de la masse des films biologiques tant en laboratoire qu'en milieu aquatique naturel. Cette méthode est basée sur la mesure directe de la teneur totale en glucides du film biologique, qui est développé sur une lame de verre de 15 x 25 x 0,95 mm. Il s'agit d'une méthode très sensible et très spécifique, et la croissance de films biologiques dans l'eau naturelle peut être facilement détectée en moins d'un jour. On a également étudié les divers facteurs qui influent vraisemblablement sur le développement du film biologique. Parmi ceux-ci, notons la

teneur en substances nutritives organiques, des propriétés superficielles du support solide et la structure communautaire du film biologique.

## 92-103

**Effect of Flow Rate on Biofilm Growth in Open Channels.** Y.L. Lau and D. Liu. *Water Research*, 27:(3):355-360, 1993.

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

In shallow streams, biofilms growing on the bottom play a major role in the removal of biodegradable materials. Therefore, knowledge of the process of biofilm growth and its controlling factors is essential to the understanding of contaminant fate and pathways.

There has not been any systematic study of the effect of flow velocity or shear stress on the growth rate of biofilms. In this study, biofilm growth experiments were carried out in a model river channel in which all parameters were kept essentially constant and the flow velocity was systematically varied. The increase in biofilm mass was monitored by the direct measurement of the total carbohydrate content in the biofilms grown on sample slides placed on the channel bottom, as well as by microscopic examination. The results show that the biofilm growth rates are substantially reduced at high flow velocities. These results can be useful for the assessment of contaminant removal in streams.

### ABSTRACT

Experiments were carried out to study the effect of flow shear stress on the rate of accumulation of bottom-attached biofilms. Natural harbour water without special nutrient enrichment was circulated through an outdoor open channel, simulating natural river conditions. Biofilm development on small glass plates (15 x 25 mm) placed on the bottom of the channel was monitored through microscopic examination and determination of total carbohydrate by a recently developed biochemical method. Results indicate that biofilm biomass accumulation was substantially reduced as flow shear stress increased and that the maximum accumulation occurred under very low flow conditions.

**Key words** - biofilm, biomass accumulation, channel flow, shear stress, bacterial slime, periphyton dynamics

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Dans les cours d'eau peu profonds, les biofilms qui se forment sur le fond jouent un rôle capital dans l'élimination des matières biodégradables. En conséquence, il est essentiel d'étudier la formation des biofilms et des facteurs régissant ce phénomène pour comprendre le sort et la trajectoire des contaminants.

Aucune étude systématique n'a été effectuée au sujet des effets de la vitesse d'écoulement ou de la force de cisaillement sur la vitesse à laquelle se forment les biofilms. Au cours de cette étude, on a fait des expériences de croissance de biofilms dans un modèle de canal de cours d'eau, où tous les paramètres étaient pratiquement constants et où on a fait varier systématiquement la vitesse d'écoulement. On a surveillé la vitesse de croissance en mesurant directement la teneur en glucides totaux dans les biofilms qui se sont formés sur des lames d'échantillonnage qu'on a placées sur le fond du canal, ainsi que par examen au microscope. Les résultats révèlent que la vitesse de formation des biofilms est notablement réduite quand les vitesses d'écoulement sont élevées. Ces données pourraient être utiles en ce qui concerne l'évaluation de l'élimination des contaminants dans les cours d'eau.

### RÉSUMÉ

On a réalisé des expériences afin d'étudier les effets de la force de cisaillement exercée par l'écoulement sur la vitesse à laquelle se forme des biofilms sur le fond des cours d'eau. On a fait circuler de l'eau naturelle, non enrichie en substances nutritives, dans un canal ouvert extérieur, dans lequel on a simulé les conditions naturelles d'un cours d'eau. On a surveillé le développement de biofilms sur des lames en verre de 15 x

25 mm, placées sur le fond du canal, par examen au microscope et en mesurant, au moyen d'une méthode biochimique récente, la teneur en glucides totaux. D'après les résultats, les biofilms se forment probablement à un rythme maximal quand l'écoulement est nul, et l'accroissement de la force de cisaillement exercée par l'écoulement peut réduire, de façon fort marquée, la vitesse de formation des biofilms.

## 92-104

Refining a Tributary Monitoring Program for the Great Lakes Basin. I.G. Droppo, E.D. Ongley and J. Marsalek. In: *Proceedings of IAHS Conference, IAHS Publication No. 210 August 1992.*

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

With the new ecosystem approach to environmental management, a larger, more diverse set of data is required by managers to make realistic environmental decisions. Much of this data currently comes from a large number of tributary monitoring programs within the Great Lakes Basin. These programs were, however, developed independent of each other due to the different environmental priorities and goals. This has resulted in program segregation and poor continuity in terms of data collection, analysis and reporting between programs. Thus, the utilization of different agencies' data sets may result in erroneous management decisions for Great Lakes' water resources management.

The study addresses the importance of an integrated monitoring system for the future management of the Great Lakes' water resources and the problems which face its development. Scientific questions related to suspended sediment which need to be resolved before such an integration can occur, such as the temporal and spatial variability of suspended sediment and associated chemistry, and the influence of sampler type and sampling strategies on suspended sediment and associated contaminant concentration predictions are addressed as well as the need to standardize the many field and analytical methods between agencies.

### ABSTRACT

There are numerous water quality and quantity programs operating within the Great Lakes basin. While these programs are not entirely

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

L'adoption récente de l'approche écosystémique dans la gestion de l'environnement fait que les gestionnaires ont besoin d'ensembles de données plus vastes et plus diversifiés pour être en mesure de prendre des décisions éclairées. Une grande quantité de données sont actuellement recueillies dans le cadre de nombreux programmes de surveillance des tributaires du bassin des Grands Lacs. Ces programmes ont toutefois été conçus de façon indépendante en raison de leurs différents objectifs et priorités en matière d'environnement. Ils ont donc fait l'objet d'une application séparée, de sorte que leurs données, analyses et rapports forment un ensemble plutôt hétérogène. Ainsi, l'utilisation des ensembles de données des différents organismes responsables de ces programmes peut conduire à des décisions erronées en matière de gestion des ressources en eau des Grands Lacs.

La présente étude traite de l'importance de se doter d'un système intégré de surveillance pour la gestion future des ressources en eau des Grands Lacs ainsi que des difficultés que posent l'élaboration d'un tel système. On examine certains problèmes d'ordre scientifique ayant trait aux particules en suspension et qui doivent être résolus pour qu'un système intégré puisse être mis en place, notamment la variabilité temporelle et spatiale des particules en suspension et les processus chimiques associés, et l'influence des types d'échantilleurs et des stratégies

independent of each other, there are significant differences in their environmental priorities and goals. This has resulted in poor continuity of data collection, analysis, and reporting techniques between programs. Thus, integration of different data sets may result in erroneous conclusions for water resource management.

The integration of data from these many monitoring programs into a comprehensive environmental assessment framework is of great importance for the future management of the Great Lakes' water resources. This paper examines the suspended sediment and associated metal concentrations for a river in southern Ontario to discuss important fundamental scientific questions (such as the influence of sampler type, sampling strategies, and temporal and spatial variability of suspended sediment and associated chemistry on obtaining an representative sample) which must first be addressed, and the many field and analytical methods which must be standardized before such an integration can occur.

d'échantillonnage sur les prévisions des concentrations des particules en suspension et des contaminants chimiques qui y sont liés. On traite également de la nécessité de normaliser les nombreuses techniques de terrain et d'analyse utilisées par les divers organismes.

## RÉSUMÉ

De nombreux programmes sur la qualité et le volume des eaux sont en cours dans le bassin des Grands Lacs. Ces programmes ne sont pas totalement indépendants les uns des autres, mais il existe d'importantes différences dans leurs objectifs et priorités en matière d'environnement. Il y a donc peut d'uniformité entre les techniques de cueillette des données et d'analyse de même que dans les rapports des divers programmes. Ainsi, la mise en commun des divers ensembles de données peut conduire à des décisions erronées en matière de gestion des ressources en eau des Grands Lacs.

L'intégration des données produites dans le cadre de ces nombreux programmes de surveillance en un système global d'évaluation environnementale est d'une grande importance pour la gestion future des ressources en eau des Grands Lacs. Dans la présente étude, réalisée dans une rivière du sud de l'Ontario, on examine les concentrations des particules en suspension et des métaux qui y sont liés pour traiter de certains problèmes scientifiques (influence du type d'échantillonneur, des stratégies d'échantillonnage et de la variabilité temporelle et spatiale des particules en suspension et des processus chimiques associés sur l'obtention d'échantillons représentatifs) qui doivent d'abord être résolus, et des nombreuses techniques de terrain et d'analyse qui doivent être normalisées avant qu'une telle intégration puisse être réalisée.

### 92-105

**Remote Sensing as an Aid to Monitoring the Impacts of Regional Climate Change on the Hydrological Cycle and Water Resources.** R.P. Bukata, J.H. Jerome and J.M. Whiting. (NWRI Report).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The earth is currently being stressed as a consequence of both natural and anthropogenic

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

À l'heure actuelle, la terre est soumise

climate changes. These environmental stresses have necessitated global participation in solar/terrestrial research programs of unprecedented complexities. Environmental monitoring from terrestrial satellites is destined to play a major role in such multinational, multidisciplinary research activities in the upcoming decades. Of major importance to Canada is the need to assess the impacts of climate change on the earth's environment in general (global climate change) and on the Canadian environment in particular (regional climate change). This work addresses the latter in terms of presenting a dispassionate critique of the distinct virtues and limitations of existing and planned earth-orbiting satellite missions in providing useful information inputs to regional climate change impacts on the hydrological cycle and Canadian inland water resources.

The harsh realities of such analyses are that a) less than 6% of all satellite monitoring activities generates readily-obtainable information on a top-priority hydrologic variable, b) with additional effort over 25% of the remote monitoring activities can generate information on a top-priority hydrologic variable, c) about 50% of the satellite monitoring effort appears to be directed either towards readily obtaining information on variables of lesser hydrological consequence or attempting to obtain information on parameters that would best be monitored by some other technique, and d) approximately 37% of the top priority variables presently cannot be appropriately determined for global hydrological monitoring. Consequences of these realities are discussed.

## ABSTRACT

Remote Sensing in general, and environmental satellites in particular, are destined to play major roles in the upcoming decades of monitoring and assessing the impacts of climate change on the earth's environment. This document attempts to present a dispassionate critique of both the distinct virtues and the distinct limitations of currently existing and planned earth-orbiting satellites in providing useful information inputs to regional climate change impacts on the hydrological cycle and Canadian water resources. To do so, regional climate is first functionally defined in terms of near-surface air temperature, precipitation, surface wind velocity and a term which represents the non-atmospheric relative humidity of the Canadian aquatic basin under consideration.

à des contraintes dues à des changements climatiques naturels et anthropiques. Il est donc impératif d'élaborer des programmes de recherche solaire et terrestre d'une complexité sans précédent et exigeant une participation planétaire. Dans les prochaines décennies, la surveillance de l'environnement à partir de satellites terrestres est destinée à jouer un rôle primordial dans des activités de recherche pluridisciplinaires et multinationales. Dans le cas du Canada, il importe surtout d'évaluer les répercussions du changement climatique sur l'environnement de la terre en général (changement climatique du globe), et sur l'environnement canadien en particulier (changement climatique régional). Cette question est traitée sous forme d'une critique impartiale des mérites et des limites des missions satellitaires actuelles et futures destinées à fournir des informations utiles concernant les répercussions du changement climatique régional sur le cycle hydrologique et les ressources en eaux intérieures du Canada.

Ces analyses présentent les lacunes suivantes: a) moins de 6 % de toutes les activités de surveillance par satellites produisent des informations facilement accessibles sur une variable hydrologique de priorité absolue, b) grâce à un effort supplémentaire, plus de 24 % des activités de télédétection peuvent fournir des informations sur une variable hydrologique de priorité absolue, c) environ 50 % de efforts de surveillance satellitaire semblent être axées sur l'obtention d'informations facilement accessible sur des variables dont l'effet hydrologique est moindre ou la tentative d'obtenir des informations sur des paramètres qui seraient mieux surveillés par une autre technique, et d) environ 37 % des variables de priorité absolue, à l'heure actuelle, ne peuvent pas être adéquatement déterminées pour la surveillance hydrologique mondiale. Les conséquences de ces lacunes sont abordées dans le présent rapport.

## RÉSUMÉ

La télédétection en général, et en particulier les satellites pour l'étude du milieu, sont destinés à jouer, dans les prochaines décennies, des rôles importants de surveillance et d'évaluation des répercussions du

Hydrologic and climatic variables, along with their surrogates are then presented and discussed in terms of a) minimal spatial resolution, accuracy, and observational frequency required to obtain reliable numerical estimates, b) the importance of each variable and surrogate in understanding and assessing climatic change/environmental impacts, and c) the ability of existing and/or planned environmental satellite missions to obtain reliable estimates of these variables.

The harsh realities of such analyses are that a) less than 6% of all satellite monitoring activities generates readily-obtainable information on a top-priority hydrologic variable, b) with additional effort over 25% of the remote monitoring activities can generate information on a top-priority hydrologic variable, c) about 50% of the satellite monitoring effort appears to be directed either towards readily obtaining information on variables of lesser hydrological consequence or attempting to obtain information on parameters that would best be monitored by some other technique, and d) approximately 37% of the top priority variables presently cannot be appropriately determined for global hydrological monitoring. Consequences of these realities are discussed.

Biological monitoring from satellite altitudes is recommended as an integral component of regional climate change studies. A model, based upon optical cross section spectra, is discussed which would enable the simultaneous estimation of the co-existing concentrations of aquatic chlorophyll, suspended mineral, and dissolved organic carbon from a remotely inferred subsurface volume reflectance spectrum.

changement climatique sur l'environnement terrestre. Le présent document se veut une critique impartiale des mérites et des avantages des missions satellitaires actuelles et futures destinées à fournir des informations utiles concernant les répercussions du changement climatique régional sur le cycle hydrologique et les ressources en eaux au Canada. À cette fin, le climat régional est d'abord décrit sur le plan pratique en fonction de la température de l'air proche de la surface, des précipitations, de la vitesse du vent de surface et d'une variable qui représente l'humidité relative autre qu'atmosphérique du bassin aquatique canadien à l'étude. Les variables hydrologiques et climatiques, ainsi que leurs variables de remplacement sont ensuite présentées et examinées en fonction a) de la résolution minimale spatiale de la précision et de la fréquence des observations nécessaire pour obtenir des estimations numériques fiables, b) de l'importance de chaque variable et de la variable de remplacement afin de comprendre et d'évaluer le changement climatique et les incidences et c) l'aptitude des missions satellitaires existantes ou prévues pour obtenir des estimations fiables de ces variables.

Ces analyses présentent les lacunes suivantes: a) moins de 6 % de toutes les activités de surveillance par satellites produisent des informations facilement accessibles sur une variable hydrologique de priorité absolue, b) grâce à un effort supplémentaire, plus de 25 % des activités de télédétection peuvent fournir des informations sur une variable hydrologique de priorité absolue, c) environ 50 % de efforts de surveillance satellitaire semblent être axés sur l'obtention d'informations facilement accessibles sur des variables dont l'effet hydrologique est moindre ou la tentative d'obtenir des informations sur des paramètres qui seraient mieux surveillés par une autre technique, et d) environ 37 % des variables de priorité absolue à l'heure actuelle ne peuvent pas être adéquatement déterminées pour la surveillance hydrologique mondiale. Les conséquences de ces lacunes sont abordées dans le présent rapport.

La surveillance biologique effectuée à l'altitude des satellites est recommandée comme élément intégral des études sur le

changement climatique régional. On décrit un modèle, fondé sur des spectres vus en coupe optique, qui permettrait une estimation simultanée des concentrations co-existantes de chlorophylle aquatique, des minéraux en suspension et du carbone organique dissous à partir d'un spectre de réflectance volumique sous la surface établit à distance.

## 92-106

**EXPRES: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface, Users Manual.** J.P. Mutch, A.S. Crowe and O. Resler. *I.W.D. Scientific Series #201.*

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The Pesticides Division of the Commercial Chemicals Branch, Environment Canada, is involved with assessing the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved for public use. One specific concern of the Pesticides Division is the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. Although a number of models currently exist that can predict the transport and transformation of pesticides in the subsurface, regulatory personnel may not have the expertise required to accurately utilize these models. The Groundwater Contamination Project, NWRI, was approached by the Pesticides Division to develop an expert system that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination by pesticides. In addition, this expert system (EXPRES - EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) can also be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable. This report discusses the development and application of the EXPRES expert system, and will serve as a "User's Manual" for the operation of the expert system.

### ABSTRACT

The EXPRES expert system is designed to aid regulatory personnel in their assessment of the potential for pesticides to contaminate the soil and shallow groundwater environment. EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), consists of one screening assessment, and two mathematical simulation models. The screening assessment model (LP/LI) allows the user to perform a quick and general assessment of the relative potential for a particular pesticide to

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides de la Direction des produits chimiques commerciaux d'Environnement Canada participe à l'évaluation des risques écologiques associés à un pesticide et à ses dérivés avant que son utilisation par le public ne soit approuvée. L'une des préoccupations particulières de la Division des pesticides concerne le potentiel de contamination des eaux souterraines peu profondes par ces substances chimiques. Même s'il existe actuellement un certain nombre de modèles permettant de prévoir le sort et la transformation des pesticides dans le sous-sol, le personnel chargé de la réglementation risque de ne pas posséder les connaissances techniques nécessaires pour les employer de façon adéquate. La Division des pesticides a demandé au personnel affecté au Projet d'étude sur la contamination des eaux souterraines de l'INRE de mettre au point un système expert pouvant aider à évaluer le potentiel de contamination des eaux souterraines par les pesticides. En outre, ce système expert, baptisé EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), peut être utilisé pour déterminer si les nouvelles pratiques agricoles peuvent être durables ou non. Ce rapport porte sur l'élaboration et l'application du système expert EXPRES, et servira de "Manuel d'utilisateur" pour celui-ci.

### RÉSUMÉ

Le système expert EXPRES a été conçu pour aider le personnel chargé de la réglementation à évaluer les risques que

contaminate shallow groundwater, while the two mathematical models (PRZM and LEACHM) simulate the transport and transformation of pesticides in the unsaturated zone. EXPRES couples these pesticide models to a knowledge-based system which guides the user through the choice of all the necessary information required to execute the models, and the interpretation of the predicted results. The information required by the models consists of data that characterizes the geological, physical, climatic, hydrogeological, pedological and agricultural setting of the site being simulated. EXPRES includes a database which contains the data required by the models to characterize eleven typical agricultural regions across Canada. This report discusses the EXPRES expert system, and will serve as a "User's Manual" for the expert system.

présentent les pesticides de contaminer le sol et les eaux souterraines peu profondes. L'EXPRES (Expert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) comporte un modèle d'évaluation préalable et deux modèles de simulation mathématiques. Le modèle d'évaluation préalable (LP/LI) permet à l'utilisateur d'estimer rapidement et de façon générale le potentiel relatif de contamination des eaux souterraines d'un pesticide particulier, tandis que les deux modèles mathématiques (PRZM et LEACHM) simulent la migration et la transformation des pesticides dans la zone non saturée. L'EXPRES conjugue ces modèles à un système basé sur la connaissance qui aide l'utilisateur à choisir tous les renseignements nécessaires requis pour exécuter les modèles et interpréter les prévisions obtenues. Les renseignements requis pour l'exécution des modèles sont des données géologiques, physiques, climatiques, hydrogéologiques, pédologiques et agricoles caractérisant l'emplacement faisant l'objet d'une simulation. L'EXPRES est doté d'une base comportant les données auxquelles doivent avoir accès les modèles afin de caractériser onze régions agricoles types dans l'ensemble du Canada. Ce rapport traite du système expert EXPRES et servira de "Manuel d'utilisateur" pour celui-ci.

## 92-107

Trend Assessment Techniques: Application to Prairie Provinces Water Board Water Quality Data Set. A.J. El-Shaarawi, S.R. Esterby and J. Yip. Praire Pro. Wat. Board (PPWB).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

This report contains the work conducted at the National Water Research Institute at the request of the Prairie Provinces Water Board (PPWB) on identifying appropriate trend assessment techniques for the types of data generated by the PPWB monitoring network and applying these techniques to the available data set. The report begins with an overview of the basic characteristics of the data set (its structure, quantity, frequency, missing and below detection values) and their impacts on trend assessments. In general, the data set consists of up to 17 years of measurements at 11 sampling stations for 30 water quality variables at approximately a monthly frequency, with the occurrence of missing data and values below the analytical detection limits depending upon variable and location. These characteristics were contrasted

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Ce rapport présente le travail effectué à l'Institut national de recherche sur les eaux à la demande de la Régie des eaux des provinces des Prairies (REPP) pour sélectionner des techniques appropriées d'évaluation des tendances pour les types de données produites par le réseau de surveillance du REPP et pour l'application de ces techniques à l'ensemble des données disponibles. Le rapport commence par un compte rendu des caractéristiques de base de l'ensemble des données (structure, quantité, fréquence, valeurs manquantes ou sous le seuil de détection) et leurs répercussions sur les évaluations des tendances. En général, l'ensemble de données est constitué par plus de 17 ans de mesures à

with various parametric and nonparametric trend analyses methods. The results showed that nonparametric methods provide simple and easy to compute tests for the preliminary examination of the data and for the quick screening for trends in various parameters. In contrast, parametric methods are flexible tools for the detailed testing for trend and modelling the form of the trend. However, they require extensive computations and good knowledge of statistical methods and their applications.

This report does not represent technology transfer to the Prairie Provinces Water Board only, since its results are useful to other scientists and managers who are involved in setting water quality monitoring networks and or interpreting the data generated from these networks. As a follow up of this work the PPWB organized a workshop to discuss the contents of the report which was held in Winnipeg in December 1991. The workshop was attended by representatives of various Water Quality Agencies in Canada. During the workshop the techniques and the analysis were discussed by the participants and a computer program developed for performing the analysis was made available to the participants.

On the basis of the analysis of the PPWB data set it is concluded that changes have occurred in the water quality over time. For example, the data from South Saskatchewan River at Highway 41 indicating increasing trends for conductivity, turbidity, B(Diss), pH, Na(Diss), K(Diss), while (P-tot), 2-BHC, CA(Diss) and Mn(Diss) showed a decreasing trend.

## ABSTRACT

A data set from the monitoring network of the Prairie Provinces Water Board has been examined for features pertinent to the choice of methods of analysis for time trends. The methods have been described and a preliminary analysis of the data is reported. The data set consists of up to 17 years of measurements at 11 sampling locations for 30 water quality variables at approximately a monthly frequency, with the occurrence of missing data and values below the analytical detection limits depending upon variable and location. Nonparametric methods suitable for the detection and estimation of monotonic trend in the presence of seasonal variability are described. Regression methods for the estimation of monotonic and more

11 stations d'échantillonnage portant sur 30 variables de la qualité des eaux d'une fréquence approximativement mensuelle, avec à l'occasion des données manquantes ou des valeurs sous les limites de détection analytique, selon les variables et l'emplacement. On comparait ces caractéristiques à celles de diverses méthodes paramétriques et non paramétriques d'analyse des tendances. Les résultats ont montré que les méthodes non paramétriques constituent une façon simple et facile de compiler les résultats des tests utilisés pour l'examen préliminaire des données et pour un dépistage rapide des tendances de divers paramètres. Par contre, les méthodes paramétriques sont des outils souples permettant des tests détaillés des tendances et la modélisation de la forme de la tendance. Toutefois, ils nécessitent d'importants calculs et une bonne connaissance des méthodes statistiques et de leurs applications.

L'intérêt de ce rapport déborde la question du transfert de technologie à la Régie des eaux des provinces des Prairies, étant donné que ces résultats sont utiles à d'autres chercheurs et gestionnaires responsables de l'établissement de réseaux de surveillance de la qualité de l'eau ou de l'interprétation des données produites par ces réseaux. Dans le cadre d'un suivi pour cette étude, la REPP a organisé un atelier pour examiner le contenu du rapport, qui a eu lieu à Winnipeg en décembre 1991. Les divers organismes de qualité de l'eau du Canada ont envoyé des représentants à cet atelier. Au cours de celui-ci, les participants ont examiné les techniques et les méthodes d'analyse et un programme informatique élaboré pour effectuer les analyses a été offert aux participants. En se basant sur l'analyse de l'ensemble de données de la REPP, on conclut qu'il y a eu des changements dans la qualité de l'eau avec le temps. Par exemple, les données de la rivière Saskatchewan Sud, à l'intersection avec la route 41, indiquaient une augmentation des tendances pour la conductivité, la turbidité, B(diss.), pH, Na(diss.), alors que P tot, 2-BHC, Ca(diss.) et Mn(diss.) présentaient une tendance décroissante.

## RÉSUMÉ

Un ensemble de données du réseau de

general trends in the presence of seasonality are also described. The nonparametric methods are applicable in the presence of extreme values and non-normality, but depend upon the assumption of a monotonic trend. Regression methods encompass other forms of trend but require more effort to ensure that model assumptions are met. Serial dependence is problematic for both types of methods. The results of all the analyses are given in the report with examples of discussions by variable and by location also given. It is clear that changes over time have occurred for some variables and locations. The extensive results reported here, together with any further analysis required upon examination of the results in light of information such as location characteristics and analytical methodology, should allow extensive conclusions to be drawn about trends in water quality. On the basis of this analysis we conclude that the nonparametric tests could be adequately used as a tool for the preliminary examination of the data and for the quick screening for trend in various parameters. For example, the application of these tests to the data from South Saskatchewan River at Highway 41 indicated increasing trends for conductivity, turbidity, B (DISS), pH, Na (DISS), C1 (DISS), K (DISS), while a decreasing trend for (P-TOT), 2-BHC, Ca(DISS) and Mn (DISS) showed a decreasing trend.

An overall summary of the results are given in Table 1. The pair of columns in Table 1 for each location give the following information on each water quality variable:

- 1) The left column labelled No. Mo. gives the number of months for which either the Kendall or Spearman trend tests were significant at the 0.05 level.
- 2) The right column labelled year gives the direction of change (+ means increase over years, - means decrease) when the Kendall seasonal trend test was significant at the 0.05 level. A sign with a or b indicates that, although the Kendall seasonal trend test was significant with the direction as indicated by the sign, the Sen confidence limits for the slope were both ) (a), or the nonparametric slope estimator was ) (b). An \* in this column means that the test of homogeneity of change was significant at the 0.05 level, that is, the changes overtime are either of different magnitude

surveillance de la Régie des eaux des provinces des Prairies a fait l'objet d'une étude afin de déterminer quelles caractéristiques sont pertinentes pour le choix des méthodes d'analyse devant mesurer les tendances temporelles. Ces méthodes ont été décrites et une analyse préliminaire des données est présentée. L'ensemble de données est constitué de jusqu'à 17 années de mesures à 11 emplacements d'échantillonnage portant sur 30 variables de la qualité des eaux, effectuées à une fréquence approximativement mensuelle, ainsi que des cas de données manquantes et de valeurs sous les limites de détection analytique selon les variables et l'emplacement. On décrit des méthodes non paramétriques adaptées à la détection et à l'estimation de la tendance monotone en présence de variabilité saisonnière. On décrit également des méthodes de régression pour l'estimation des tendances monotones et plus générales en présence de variations saisonnières. Les méthodes non paramétriques sont applicables à la présence de valeurs extrêmes et aux cas de non-normalité, mais elles sont fondées sur l'hypothèse d'une tendance monotone. Les méthodes de régression incorporent d'autres formes de tendances mais elles nécessitent un effort supplémentaire visant à assurer que les hypothèses du modèle sont fondées. La dépendance sérielle pose des problèmes pour les deux types de méthode. Les résultats de toutes les analyses sont présentés dans le rapport avec des exemples de discussions pour chaque variable et emplacement. Il est clair qu'il y a eu des changements avec le temps pour certaines variables et certains emplacements. Les résultats détaillés présentés dans ce rapport, ainsi que toute autre analyse requise lors de l'examen des résultats à la lumière d'informations comme les caractéristiques des emplacements et la méthodologie analytique, devraient permettre de tirer des conclusions générales quant aux tendances de la qualité des eaux. Sur la base de cette analyse, nous concluons que des essais non paramétriques pourraient être utilisés de façon adéquate pour l'examen préliminaire des données, ainsi que pour le dépistage rapide des tendances de divers paramètres. Par exemple, l'application de ces résultats aux données de la rivière Saskatchewan Sud à l'intersection avec la route 41 a indiqué des tendances croissantes pour la conductivité, la turbidité, B (diss), pH,

or different sign for some months than for others.

- 3) A blank pair of columns indicates no significant results for that location and water quality parameter whereas a line through both pairs of columns indicates either that the data was not available or not adequate for analysis.

The Kendal and Spearman tests on individual months and the seasonal Kendall test are able to detect a monotonic change which could be either a step change or a linear change. The nonparametric slope estimator and corresponding confidence intervals are appropriate if the change is linear. If inhomogeneity of change is indicated, then a single test or estimate for all months is not appropriate and individual months or groups of months must be assessed. As emphasized elsewhere in the report, these results require further examination taking into account knowledge about the water quality parameters (e.g. analytical methods, size of measurable differences, values below the detection limit, expected form of seasonality etc.) and knowledge about the river and sampling location. The complexity of the results in the table and the need for further interpretive work in using the table do not detract from the value of the data set, but rather show that there is a lot of information in the data set.

Na (diss.), Cl (diss.), K (diss.), tout en indiquant une tendance décroissante pour P tot., 2-BHC, Ca(diss.) et Mn (diss.). Un résumé général des résultats est présenté dans le tableau 1. Les colonnes parallèles du tableau 1 donnent les informations suivantes pour chaque emplacement et pour chaque variable de la qualité des eaux :

- 1) La colonne de gauche, étiquetée «n. mois», indique le nombre de mois pour lesquels le test de tendances de Kendall ou de Spearman était significatif à un niveau de probabilité de 0,05.
- 2) La colonne de droite, intitulée «années», indique la direction du changement (+ indique une augmentation avec les années, - indique une diminution) quand le test des tendances saisonnières de Kendall était significatif à un niveau de 0,05. Un signe accompagné de a ou b indique que, bien que le test des tendances saisonnières de Kendall soit significatif dans la direction indiquée par le signe, les limites de l'intervalle de confiance pour la pente étaient toutes deux) (a), ou l'estimateur non paramétrique de pente était) (b). Une \* dans la colonne indique que le test d'homogénéité du changement était significatif à un niveau de 0,05, c'est-à-dire que les changements en fonction du temps étaient soit d'une grandeur différente ou d'un signe différent pour certains mois plutôt que d'autres.
- 3) Une paire de colonnes sans chiffres indique qu'on n'a pas obtenu de résultats significatifs pour cet emplacement et les paramètres de qualité de l'eau, alors qu'une ligne dans les deux paires de colonnes indique soit que ces données n'étaient pas disponibles ou qu'elles n'étaient pas adéquates pour l'analyse.

Les tests de Kendall et de Spearman pour des mois déterminés et le test saisonnier de Kendall permettent de déceler un changement monotone qui peut être soit un

changement en forme d'échelon ou un changement linéaire. L'estimateur non paramétrique de pente et les intervalles de confiance correspondants sont adéquats si le changement est linéaire. Si l'on note un changement inhomogène, alors un simple test où une estimation pour tous les mois n'est pas appropriée et il faut évaluer chacun des mois ou groupe de mois. Comme on l'a souligné ailleurs dans le rapport, ces résultats nécessitent un examen supplémentaire prenant en compte les connaissances relatives aux paramètres de la qualité de l'eau (p. ex. méthodes analytiques, ampleur des différences mesurables, valeurs sous le seuil de détection, forme prévue de saisonnalité, etc.) ainsi que des connaissances concernant le cours d'eau et l'emplacement de l'échantillonnage. La complexité des résultats dans le tableau et la nécessité de travaux supplémentaires d'interprétation pour l'utilisation du tableau ne diminuent par la valeur de l'ensemble de données, mais montrent plutôt que celui-ci est très riche en informations.

## 92-108

**Separation of Vanadyl and Nickel Petroporphyrins on Aminopropyl Column by HPLC.**  
H. Xu and S. Lesage. *J. of Chrom.* 607(1992) 139-144.

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

This paper describes an analytical method to measure the metal containing porphyrins that are found in petroleum crudes and partially refined products such as diesel oil. The method is an improvement over the previously published methods because it allows for the detection and separation of the porphyrins without removal of the metals. The speciation of nickel and vanadium porphyrins is accomplished directly in a simple HPLC analysis. Crudes originating from different geographical locations contain different mixtures of porphyrins. Therefore this analysis may be used to differentiate between sources of petroleum, which is a very important in cases of petroleum spills.

### ABSTRACT

The Ni(II)- and VO(II)- petroporphyrins in fuel oil and crude oil samples are separated by normal phase HPLC on an aminopropyl column. The separation mechanisms presented include hydrogen bonding and van der Waals' interactions between the petroporphyrin and the amino-group on

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Cet article décrit une méthode de dosage de métalloporphyrines trouvées dans les pétroles bruts et des produits partiellement raffinés du pétrole tels que le carburant diesel. Cette méthode constitue un progrès par rapport aux méthodes antérieurement décrites parce qu'elle permet de détecter et d'isoler les porphyrines sans extraire les métaux. L'identification des nickel-porphyrines et des vanadyl-porphyrines est faite directement par simple analyse de CLHP. Les bruts de différentes origines contiennent des mélanges différents de porphyrines. Ainsi, cette analyse peut servir à différencier les sources de pétrole, ce qui a beaucoup d'importance dans le cas de déversements.

### RÉSUMÉ

Les Ni(II)- et VO(II)- pétroporphyrines d'échantillons de fuel oil et de pétrole brut sont séparés par CLHP en

the column surface. The method is simple and efficient for the fingerprinting of petroporphyrins in crude oils and oil products.

phase normale dans une colonne d'aminopropyle. Les mécanismes d'isolement qui sont présentés font intervenir les ponts hydrogène et des interactions par force de van der Waals entre la pétroporphyrine et les groupements amino en surface de la colonne. C'est une méthode simple et efficace d'identifier les pétroporphyrines des bruts et des produits pétroliers.

## 92-109

The Application of Expert Systems to Solving Groundwater Problems. A.S. Crowe and G.L. McClymont. In: *Proceedings of Canadian Hydrology Symposium*, pp. 213-231.

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

Over the past decade, the protection, management and restoration of groundwater has become a major issue in Canada. As a result, there has been a dramatic increase in, firstly, regulatory measures to ensure that groundwater quantity and quality is maintained, secondly, research into understanding the physical, chemical and biological processes affecting the occurrence and fate of contaminants in the groundwater environment, and thirdly, research into remediation technology designed to restore the quality of groundwater at contaminated sites. The primary purpose of these regulatory measures and research programs has been to reduce health risks to groundwater receptors. Although this objective has, in general, been successfully met, the attainment of this objective has created two unexpected problems. Groundwater regulations are so numerous, complex, and often involve overlapping jurisdictions, that practicing hydrogeologists and groundwater engineers must be regulatory experts to successfully meet the set conditions. The scientific theory, models and technology are so complex and interdisciplinary, that regulatory personnel, and practicing hydrogeologists and groundwater engineers, must have considerable expertise in contaminant hydrogeology and associated disciplines such as organic chemistry, toxicology and microbiology, to make best use of this research. Clearly, one cannot be an expert in all the above noted areas. Expert systems is an emerging technology that offers to provide non-experts with the necessary knowledge and expertise to successfully meet the objectives of protecting, managing, and restoring our groundwater resources by government, industry, research and educational institutes. The expert systems now in use have

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Au cours des dix dernières années, la protection, la gestion et la restauration des eaux souterraines sont devenus des sujets importants au Canada. Il en est résulté une augmentation marquée, premièrement, des mesures de réglementation visant à maintenir la quantité et la qualité des eaux souterraines, deuxièmement, des recherches ayant pour but de comprendre les processus physiques, chimiques et biologiques qui ont un rôle à jouer dans l'introduction et le devenir des contaminants dans les eaux souterraines et, troisièmement, des recherches sur les techniques de dépollution à utiliser pour rétablir la qualité des eaux souterraines aux endroits contaminés. L'objet principal de ces mesures de réglementation et de ces programmes de recherche était de réduire les risques pour la santé aux points de réception des eaux souterraines. Bien que cet objectif ait été atteint en général, deux problèmes imprévus se sont présentés. Les règlements relatifs aux eaux souterraines sont tellement nombreux et complexes et relèvent souvent d'un si grand nombre de juridictions qui se chevauchent que les hydrogéologues appliqués et les ingénieurs en hydrogéologie doivent être également des experts en réglementation pour remplir les conditions établies. La théorie scientifique, les modèles et la technologie sont si complexes et recoupent tellement de domaines que le personnel chargé de la réglementation, de même que les hydrogéologues appliqués et les ingénieurs en hydrogéologie, doivent posséder des connaissances étendues en hydrogéologie des contaminants et dans des domaines

proven to be valuable tools for: (1) solving groundwater problems when the required expertise is not available, (2) improving staff productivity and efficiency, (3) ensuring that regulatory functions are undertaken on a consistent basis, and (4) educating and training staff.

### ABSTRACT

A dramatic increase in the number of regulatory measures, and the complexity and interdisciplinary nature of scientific research, has occurred during the last 10 years due to the importance placed on the management, protection and restoration of groundwater resources. It is difficult for most practicing hydrogeologists, engineers and regulatory personnel to acquire all of the information knowledge, to effectively solve groundwater problems. Expert systems have proven to be valuable tools of providing expertise to groundwater problems where the expertise is currently not available within an organization. The main advantages of an expert system is that the knowledge of one or several experts can be compiled into one source that can easily be accessed and distributed. Expert systems will improve staff productivity, performance and efficiency, and ensure consistency in the tasks undertaken. In addition, expert systems are valuable tools for educating or training staff in many areas of the theory, practice and regulations of a given domain. The eighteen expert systems, identified in this paper, are designed to solve a variety of groundwater problems, including: (1) assisting with regulatory procedures, (2) characterizing contaminated sites, (3) evaluating remedial strategies, (4) assessing the potential for groundwater contamination by organic chemicals, (5) assisting in the use of complex contaminant transport/transformation models, (6) assessing the health risks associated with contaminated groundwater, and (7) developing groundwater resources. Because the number, quality and acceptance of expert systems is rapidly growing, it is evident that they will become increasingly important in all aspects of groundwater investigations.

connexes, comme la chimie organique, la toxicologie et la microbiologie, pour faire le meilleur usage des recherches. Il est évident qu'on ne peut pas être un expert dans tous les domaines précités. Les systèmes experts font partie d'une technologie émergente qui offre aux non initiés les connaissances et l'expertise nécessaires pour atteindre les objectifs de protection, de gestion et de restauration des ressources en eaux souterraines, que ce soit au sein du gouvernement, de l'industrie, de la recherche ou des établissements d'enseignement. Les systèmes experts en usage actuellement se sont révélés des outils utiles pour résoudre des problèmes relatifs aux eaux souterraines en l'absence des experts requis, pour améliorer la productivité et l'efficacité du personnel, pour faire appliquer la réglementation de façon uniforme et pour former le personnel.

### RÉSUMÉ

Une augmentation marquée du nombre de mesures de réglementation, ainsi que de la complexité et de la nature interdisciplinaire de la recherche scientifique dans le domaine des eaux souterraines a été observée au cours des dix dernières années à cause de l'importance qui a été accordée à la gestion, à la protection et à la restauration de ces ressources. Il est difficile à la plupart des hydrogéologues appliqués, des ingénieurs et du personnel chargé de la réglementation d'acquérir toutes les connaissances nécessaires pour régler efficacement les problèmes relatifs aux eaux souterraines. Les systèmes experts se sont révélés des outils précieux pour fournir l'expertise nécessaire concernant les problèmes d'eaux souterraines lorsque cette expertise n'est pas disponible au sein d'un organisme donné. Le principal avantage d'un système expert est de réunir les connaissances d'un ou de plusieurs experts en une source facilement accessible et distribuable. Les systèmes experts améliorent la productivité, le rendement et l'efficacité du personnel et permettent d'uniformiser les mesures prises. En outre, les systèmes experts sont des outils précieux pour enseigner au personnel de nombreux aspects théoriques, pratiques et réglementaires d'un domaine. Les dix-huit systèmes experts mentionnés dans le présent document sont conçus pour résoudre toute une gamme de

problèmes relatifs aux eaux souterraines : 1) faciliter l'application des mesures de réglementation, 2) caractériser les endroits contaminés, 3) évaluer les stratégies correctrices, 4) évaluer les possibilités de contamination des eaux souterraines par des composés organiques, 5) faciliter l'utilisation des modèles complexes de transport et de transformation des contaminants, 6) évaluer les dangers pour la santé liés aux eaux souterraines contaminées et 7) exploiter les ressources en eaux souterraines. Étant donné qu'il y a de plus en plus de systèmes experts, que leur qualité augmente constamment et qu'ils sont de plus en plus acceptés, il est évident qu'ils prendront de l'importance dans tous les types d'études sur les eaux souterraines.

## 92-110

### A Review and Evaluation of Models for Assessing the Potential for Pesticides to Contaminate Groundwater. A.S. Crowe and J.P. Mutch. (NWRI Report).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVES

Under the new pesticides program, Environment Canada, is likely to have an expanded role in assessing the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved for public use. One of the specific concerns is the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. At the request of the Pesticides Division of the Commercial Chemicals Branch, C&P, the Groundwater Contamination Project of NWRI, is developing an expert system that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. In addition, this expert system can be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable.

This paper presents a review of 17 existing models that can be used to assess the potential for pesticides to contaminate groundwater. These 17 models are divided into two groups, (1) screening models which simply assess the potential for a pesticide to leach to the water table, relative to other pesticides, and (2) mathematical models, which are designed to quantify the amount and rate of pesticide leaching to the water table by simulating the physical, chemical and biological processes controlling the migration and transformation of a pesticide in the subsurface. All the models are grouped on the basis of the

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Dans le cadre du nouveau programme sur les pesticides, Environnement Canada aura sans doute à intervenir davantage dans l'évaluation des risques pour le milieu qui sont associés aux pesticides et à leurs produits de transformation avant leur homologation pour usage public. Le risque qu'un pesticide puisse contaminer des sources peu profondes d'approvisionnement en eau souterraine constitue l'une des préoccupations précises. À la demande de la Division des pesticides de la Direction des produits chimiques commerciaux, CP, l'équipe du projet sur la pollution des eaux souterraines de l'INRE élabore un système expert qui pourrait concourir à l'évaluation du potentiel de contamination des eaux souterraines par l'utilisation de pesticides. En outre, ce système expert peut servir à déterminer si des développements agricoles peuvent ou non être soutenables.

Cet article passe en revue 17 modèles qui peuvent servir à l'évaluation du potentiel qu'ont certains pesticides de contaminer des eaux souterraines. Ces 17 modèles sont répartis en deux groupes : 1. les modèles d'évaluation préliminaire, qui permettent simplement une évaluation du potentiel qu'a un pesticide de contaminer une nappe phréatique

approach taken in the assessment, the quantity and type of data required by the models, the level of complexity at which the processes are described, and the expected results of the models. Although all models can be used to assess the potential for groundwater contamination due to pesticide usage, screening models appear to be most widely applicable. For detailed analyses into the processes and factors controlling pesticide migration, attenuation, degradation, etc, only mathematical model have the encoded detail to allow such studies. However, these models will only provide accurate and meaningful results only when the data necessary to undertaken a simulation is available and accurate.

#### ABSTRACT

The recognition that groundwater supplies are susceptible to contamination by pesticides has led to the development of a number of pesticide models capable of assessing the potential for the contamination of groundwater and simulating the transport and transformation of pesticides within the unsaturated zone. The models are categorized into two main groups, (1) screening models and (2) mathematical models, according to the number of processes considered by the model, the level of complexity at which these processes are described, the intended use of the model, and the approach taken for an assessment. Based on the review of the 17 existing pesticide models presented herein, it is evident that for a general range of applications screening models or the educational sub-group of mathematical models are most applicable over a wide range of applications of assessing the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. For quantifying the amount and rate of pesticide leaching to the water table, or for a detailed assessment into the factors controlling pesticide migration and degradation, the management and research sub-groups of mathematical models should be used provided there are sufficient and accurate data for characterizing the pesticide, the site and the farm management practices.

par lixiviation, relativement à d'autres pesticides, et 2. des modèles mathématiques conçus pour mesurer la quantité et la vitesse de progression de pesticides entraînés par lixiviation jusqu'à une nappe phréatique, ceci étant obtenu par simulation des mécanismes physiques, chimiques et biologiques qui déterminent la migration et la transformation d'un pesticide dans le sol. Tous les modèles sont regroupés conformément à l'approche appliquée à l'évaluation, à la quantité et au type de données requises par les modèles, au degré de complexité de la description des mécanismes et aux résultats qu'on attend de ces modèles. Bien que tous les modèles puissent servir à évaluer les risques de pollution de l'eau souterraine par suite de l'application de pesticides, les modèles d'évaluation préliminaire semblent être ceux qui ont le plus grand champ d'application. Seuls les modèles mathématiques comportent les paramètres qui permettent la tenue de l'analyse détaillée des mécanismes et des facteurs qui déterminent la migration, l'atténuation, la décomposition et autres, des pesticides. Toutefois, ces modèles ne fourniront de résultats précis et significatifs qu'avec des données suffisamment précises pour permettre une simulation.

#### RÉSUMÉ

Lorsqu'il fut constaté que les sources d'approvisionnement en eaux souterraines pouvaient être contaminées par les pesticides, on a mis au point un certain nombre de modèles susceptibles de permettre l'évaluation du risque de contamination d'eaux souterraines et de simulation du transport et de la transformation des pesticides dans la zone non saturée. Les modèles sont regroupés en deux grandes catégories, soit les modèles d'évaluation préliminaire et les modèles mathématiques, selon le nombre de mécanismes considérés par les modèles, le degré de complexité de la description de ces mécanismes, l'utilisation prévue des modèles et la démarche conduisant à une évaluation. L'examen des 17 modèles présentés dans ce rapport conduit à la conclusion que pour un ensemble général d'applications, les modèles d'évaluation préliminaire ou les modèles mathématiques appartenant au sous-groupe des modèles didacticiels sont ceux qui se prêtent le

mieux à une vaste gamme d'applications relatives à l'évaluation des risques de contamination de l'eau souterraine par des pesticides. Afin de mesurer la quantité et le taux de lixiviation des pesticides jusque dans la nappe phréatique, ou encore pour une évaluation détaillée des facteurs qui déterminent la migration et la décomposition des pesticides, les sous-groupes de modèles mathématiques de gestion et de recherche devraient être utilisés, à la condition d'avoir des données assez précises et en quantité suffisante pour permettre de caractériser le pesticide, le site ainsi que les pratiques culturelles.

## 92-111

**Fate of Organic Solvents in Landfill Leachates Under Simulated Field Conditions and in Anaerobic Microcosms.** S. Lesage, R.A. McBride, P.M. Cureton and S. Brown. *Waste Management Research* (in press).

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

Municipal solid waste landfill leachates were stored in holding tanks to simulate an impoundment stabilization stage as part of a wastewater recirculation experiment. The chlorinated organic solvents contained in the leachate were found to undergo reductive dechlorination typical of anaerobic biological processes, whereas aromatic hydrocarbons were not degraded under these conditions.

The findings have potential implications for the management and treatment of leachates from municipal solid waste landfills. A period of undisturbed anaerobic storage in stabilization lagoons followed by forced aeration could be a very effective and low cost option for the detoxification of landfill leachates. The process could be accelerated by using sequential anaerobic and aerobic biological reactors as a precursory treatment step. Leachate recirculation to a vegetated clay surface cover may also prove to be an environmentally acceptable and economic alternative to the more proven but costly engineering technologies available for treating landfill leachates.

### ABSTRACT

Municipal solid waste landfill leachates were stored in holding tanks to simulate an

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Des percolats de décharges contrôlées municipales contenant des déchets solides ont été stockés dans des bassins de rétention afin de simuler une étape de stabilisation en bassin, dans le cadre d'un essai de recirculation d'eaux usées. On a constaté que les solvants organiques chlorés contenus dans le percolat subissaient une déchlorination réductive typique des processus biologiques anaérobies, alors que les hydrocarbures aromatiques n'étaient pas dégradés dans ces conditions.

Ces constatations pourraient avoir des applications pour la gestion et le traitement des percolats des décharges contrôlées de déchets solides municipaux. Un traitement prévoyant un stockage anaérobie au repos dans des étangs de stabilisation, suivi d'une aération forcée, pourrait être une option très efficace et peu coûteuse pour la détoxicification des percolats des décharges contrôlées. Ce procédé pourrait être accéléré par l'utilisation séquentielle des réacteurs anaérobies et aérobies lors d'une étape préliminaire. La recirculation des percolats qui seraient épandus sur une surface argileuse recouverte de végétation pourrait être une solution environnementalement acceptable et rentable qui remplacerait des techniques mieux éprouvées mais coûteuses, pour le

impoundment stabilization stage as part of a wastewater recirculation experiment. The field study was conducted over two consecutive years, followed by a laboratory microcosm experiment aimed at differentiating between anaerobic degradation and other processes that might be responsible for the field experiment observations. The compound CFC-113 was added to the field holding tanks and the laboratory microcosms as an indicator of anaerobic activity. The results showed that an anaerobic solution environment promotes rapid dechlorination of chlorinated solvents, but that most aromatic hydrocarbons are not degraded to the same extent. The chlorinated organic solvents contained in the leachate were found to undergo reductive dechlorination typical of anaerobic biological processes.

**Keywords:** MSW landfill leachates, landfill leachate recirculation, CFC-113, anaerobic degradation, microcosms, chlorinated organic solvents, aromatic hydrocarbons.

traitement des percolats des décharges contrôlées.

## RÉSUMÉ

Des percolats de décharges contrôlées municipales de déchets solides ont été stockés dans des bassins de rétention pour simuler une étape de stabilisation en bassin, dans le cadre d'un essai de recirculation d'eaux usées. L'étude sur place a été effectuée au cours de deux années consécutives, suivie par une expérience microcosmique en laboratoire destinée à établir les différences entre des procédés de dégradation anaérobie et d'autres procédés qui pourraient être responsables d'observations expérimentales sur le terrain. Le composé CFC-113 a été ajouté aux bassins sur le terrain ainsi que dans les microcosmes de laboratoire, pour servir d'indicateur de l'activité anaérobie. Les résultats ont montré qu'un milieu anaérobie en solution favorise la déchlorination rapide des solvants chlorés, mais que la plupart des hydrocarbures aromatiques ne sont pas dégradés dans la même mesure. On a constaté que les solvants organiques chlorés contenus dans le percolat subissaient une déchlorination réductive typique des procédés biologiques anaérobies.

**Mots clés :** Percolats de décharge contrôlée de déchets solides municipaux, recirculation des percolats de décharges contrôlées, CFC-113, dégradation anaérobie, microcosmes, solvants organiques chlorés, hydrocarbures aromatiques

### 92-112

**EXPRES: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface.**  
**Phase Five Report: Description of Agricultural Zones Included in Express. J.P. Mutch and A.S. Crowe. (NWRI Report).**

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The Pesticide Division of the Commercial Chemicals Branch, Environment Canada, is involved with assessing the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved and registered for public use. One specific concern of the Pesticide Division is to assess the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. Although a number of models currently exist that can predict the transport and transformation of pesticides in the subsurface, generally, regulatory

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides de la Direction des produits chimiques commerciaux d'Environnement Canada participe à l'évaluation des dangers pour l'environnement que représentent un pesticide et ses produits de transformation avant son homologation et sa mise sur le marché. La Division des pesticides se préoccupe, entre autres, de la possibilité qu'un pesticide contamine les eaux souterraines peu profondes. Bien qu'il existe actuellement

personnel do not have the expertise required to accurately utilize these models. The Groundwater Contamination Project, NWRI, was approached by the Pesticide Division to develop an expert system that can also be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination by pesticides. In addition, this expert system (EXPRES - EXPert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) can be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable. This report provides a general description of the twenty-two agricultural regions which have been characterized in the data base of the EXPRES expert system. It also includes a list of the values selected for the model parameters for each of the agricultural regions, as well as, the references from which they were derived.

## ABSTRACT

The EXPRES expert system is designed to aid regulatory personnel in their assessment of the potential for pesticides to contaminate the soil and shallow groundwater environment. EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), consists of one screening assessment model, and two numerical simulation models. The screening assessment model (LP/LI) allows the user to perform a quick and general assessment on the relative potential for a particular pesticide to contaminate shallow groundwater, while the two mathematical models (PRZM and LEACHM) simulate the processes controlling the transport and transformation of pesticides in the unsaturated zone at different levels of detail. EXPRES couples these pesticide models to a knowledge-based system, which guides the user through the choice of all the necessary information required to execute the models. EXPRES will also aid the user in interpreting the results predicted by the models. The numerical assessment models require information that characterizes the geological, physical, climatic, hydrogeological, pedological and agricultural setting of the site being simulated. EXPRES includes a data base which contains the data required by the models to characterize twenty-two typical agricultural regions across Canada. This report provides a general description of the twenty-two typical agricultural regions, and includes the model parameter values selected for each of the agricultural regions, as well as, the references from

un certain nombre de modèles pouvant prédire le transport et la transformation des pesticides dans le sol, le personnel chargé de la réglementation ne possède pas, en général, l'expertise requise pour se servir de ces modèles avec précision. La Division des pesticides a demandé aux responsables du Projet relatif à la contamination des eaux souterraines de l'INRE d'élaborer un système expert pouvant également être utilisé pour faciliter l'évaluation de la contamination éventuelle des eaux souterraines par les pesticides. En outre, le système expert (EXPRES - EXPert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) peut servir à déterminer si une activité agricole est durable ou non. Le présent rapport donne une description générale des vingt-deux régions agricoles qui ont été caractérisées dans la base de données du système expert EXPRES. On y trouve également une liste des valeurs choisies pour les paramètres concernant chaque régions agricole dans les modèles, ainsi que les sources de ces valeurs.

## RÉSUMÉ

Le système expert EXPRES a été conçu pour aider le personnel chargé de la réglementation dans son évaluation des possibilités de contamination des sols et de l'eau souterraine peu profonde par les pesticides. Le système EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) comprend un modèle d'évaluation du dépistage et deux modèles de simulation numérique. Le modèle d'évaluation du dépistage (LP/LI) permet à l'utilisateur d'effectuer une évaluation rapide et générale de la possibilité relative d'un pesticide de contaminer les eaux souterraines peu profondes, et les deux modèles mathématiques (PRZM et LEACHM) simulent les processus qui régissent le transport et la transformation des pesticides dans la zone non saturée pour différents niveaux de détail. Le système EXPRES allie également à ces modèles un système à base de connaissance qui guide l'utilisateur dans le choix de toutes les données requises pour se servir des modèles. Le système EXPRES aidera également l'utilisateur à interpréter les résultats fournis par les modèles. Les modèles d'évaluation numérique exigent des données concernant les conditions

which they were derived.

géologiques, physiques, climatiques, hydrogéologiques, pédologiques et agricoles de l'endroit sous simulation. Le système EXPRES comprend une base de données qui renferme les données requises par les modèles pour caractériser vingt-deux régions agricoles typiques au Canada. Le présent rapport donne une description générale des onze zones agricoles typiques et les valeurs paramétriques choisies pour chaque région agricole dans les modèles, ainsi que les sources de ces valeurs.

## 92-113

**Comparison of Solid Phase Testing Procedures: Direct Sediment Toxicity Testing and Microtox Solid Phase.** K.K. Kwan and B.J. Dutka. (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Toxicity testing of solid phase samples (sediments, suspended sediment, soils and sludges) is becoming increasingly important in environmental studies. In the screening of solid phase samples for toxicants, the majority of bioassays used are applied to aqueous or organic extracts of these samples. However, it is often difficult to detect the presence of toxicants in extracts due to their low concentrations and the necessity of diluting extracting solvents to their Maximum Allowable Concentrations (MAC). The effectiveness of these bioassay tests is often nullified by the frequent reports of negative or non-toxic responses mainly due to concentration and dilution problems. Synergistic and perhaps antagonistic responses between toxicants, solvents and extracting/concentration processes also may play important roles whenever samples are manipulated for bioassay testing. Many bioassays using benthic organisms e.g. *Chironomus tentans* or soil organisms e.g. *Eisenia andrei* to screen solid phase samples for toxicants are usually cumbersome, time consuming and expensive.

An awareness of these problems has led to research and development of simple, quick and inexpensive direct solid phase toxicity testing procedures. Recently, two nonextractive solid phase testing procedures, Microtox Solid-Phase Test and the Direct Sediment Toxicity Testing Procedure (DSTTP), have been developed for testing the toxicity of solid phase samples. These tests can detect the overall toxicity of soluble and insoluble, organic and inorganic, volatile and non-volatile contaminants in solid phase samples without distorting the results due to chemical manipulations

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La détermination de la toxicité d'échantillons solides (sédiments, sédiments en suspension, sols et boues) devient un aspect de plus en plus important des études environnementales. La plupart des dosages biologiques des substances toxiques dans les échantillons solides s'effectuent sur des extraits aqueux ou organiques de ces échantillons. Toutefois, il est souvent difficile de déceler la présence de substances toxiques dans les extraits par suite de leur faible concentration et de la nécessité de diluer les solvants d'extraction à leur concentration maximale admissible (CMA). L'efficacité de ces dosages biologiques est souvent réduite à néant par le fait que de nombreux rapports font état de résultats négatifs ou d'absence de toxicité principalement à cause de problèmes de concentration et de dilution. Les rapports de synergie, d'antagonisme même, entre des substances toxiques, des solvants et des procédés d'extraction et de concentration peuvent également jouer un rôle important lorsque les échantillons subissent des manipulations dans les dosages biologiques. De nombreux dosages biologiques qui font appel à des organismes benthiques, comme *Chironomus tentans*, ou à des organismes du sol, comme *Eisenia andrei*, pour rechercher la présence de substances toxiques dans des échantillons solides sont généralement peu commodes, longs et coûteux.

Ces problèmes ont suscité la recherche et la mise au point de méthodes de mesure

or solvent synergisms. This paper presents the results from the applications of these tests to a variety of samples.

### ABSTRACT

Two direct solid phase toxicity testing procedures, Direct Sediment Toxicity Testing Procedure (DSTTP) and the Microtox Solid-Phase procedure were evaluated. Both procedures are practical, simple, rapid, inexpensive and can be used to screen solid phase samples (sediments, suspended sediments, soils and sludges) for the bioavailability of organic and inorganic contaminants in the environment. These procedures are useful in monitoring sediments, landfill sites and effluent streams from biological treatment plants as well as air samples. These toxicity testing procedures could provide sewage treatment plant operators with rapid and sensitive means of assessing the toxicity of solid wastes (sludges) prior to their disposal.

simples, rapides et peu coûteuses des substances toxiques dans des échantillons solides. Récemment, on a mis au point deux méthodes de mesure applicables aux échantillons solides ne faisant pas appel à des techniques d'extraction, l'essai Microtox de dosage en phase solide (Microtox Solid-Phase Test) et la méthode directe de dosage des substances toxiques dans les sédiments (Direct Sediment Toxicity Testing Procedure). Ces essais peuvent permettre de déterminer la toxicité globale de contaminants solubles ou insolubles, organiques ou inorganiques, volatils ou non volatils dans des échantillons solides sans que les résultats soient biaisés par la manipulation de produits chimiques ou des phénomènes de synergie causée par des solvants. Le présent article fait état des résultats de l'application de ces essais à toute une gamme d'échantillons.

### RÉSUMÉ

Deux méthodes de mesure directe des substances toxiques dans les échantillons solides, la méthode directe de dosage des substances toxiques dans les sédiments (Direct Sediment Toxicity Testing Procedure) et le procédé Microtox de dosage en phase solide ont été évaluées. Les deux méthodes se sont révélées pratiques, simples, rapides et peu coûteuses, et elles peuvent servir à déceler la présence dans des phases solides (sédiments, sédiments en suspension, sols et boues) de contaminants organiques et inorganiques biodisponibles dans l'environnement. Ces méthodes sont utiles pour la surveillance des sédiments, des sites d'enfouissement et des effluents d'usines de traitement biologique, ainsi que pour les échantillons d'air. Ces méthodes de détermination de la toxicité pourraient représenter pour les exploitants des usines de traitement des boues usées des outils rapides et sensibles de détermination de la toxicité des déchets solides (boues) avant leur élimination.

## 92-114

Remote Sensing as an Aid to Aquatic Habitat Surveillance. R.P. Bukata. In: *The Development of an Aquatic Habitat Classification System for Lakes*, ed. W. Busch and P.G. Sly, pp. 203-205. Ann Arbor: CRC Press.

## MANAGEMENT PERSPECTIVE

This document, which was a solicited response to the Great Lakes Fisheries Commission (GLFC), has recently been published as an NWRI contribution to the Workshop on Classification and Inventory of Great Lakes Aquatic Habitats (CIGLAH). Appearing in the book "The Development of an Aquatic Habitat Classification System for Lakes" edited by W-D. N. Busch and P.G. Sly, the article considers the role of remote sensing in the surveillance of aquatic habitats, and concludes that:

- a) Many relatively simple and feasible applications of visible and thermal surveillance activities (generation of baseline geometric and land use and vegetation information, areal extents of standing water, monitoring surface water colour and temperature gradients) are possible and should be encouraged.
- b) Many other feasible applications (estimation of the concentrations of chlorophyll, suspended solids, and dissolved organic carbon in the open water regions of aquatic habitats, delineation of groundwater regimes and groundwater flow pathways, mapping areas of vegetation, classification of wetland types, location of regions of plant stress, marsh acreage and regeneration, estimates of vegetation vigor), while requiring more research activity, should also be encouraged.
- c) Many other activities (fish species identification and inventory, quantitative estimates of soil moisture, identification of aquatic contaminants and pollutants) had best be handled by non-remote sensing methods.

Since the 1987 generation of this critique of the role of remote sensing in the surveillance of aquatic habitats, research performed at NWRI has promoted some of the b) entries to the status of a) entries.

## SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Ce document, préparé à la demande de la Commission de la recherche sur les pêches des Grands Lacs (CRPGL), a récemment été présenté à titre de contribution de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) à l'Atelier sur la classification et l'inventaire des habitats aquatiques des Grands Lacs (CIHAGL). Publié dans un ouvrage intitulé «*The Development of an Aquatic Habitat Classification System for Lakes*», édité par W.-D. N. Bush et P.G. Sly, l'article examine le rôle de la télédétection dans la surveillance des habitats aquatiques et conclut ce qui suit :

- a) Beaucoup d'applications relativement simples et réalisables d'activités de surveillance visuelle et thermique (génération de la géométrie de base et information sur l'utilisation des terres et la végétation, l'étendue des eaux dormantes, la surveillance de la couleur des eaux de surface et des gradients de température) sont possibles et doivent être encouragées.
- b) Beaucoup d'autres applications possibles (estimation des concentrations de chlorophylle, matières en suspension, et carbone organique dissous dans les régions d'eaux libres des habitats aquatiques, délimitation des régimes des eaux souterraines et des voies d'écoulement de ces mêmes eaux, établissement d'une carte des aires de végétation, classification des types de terres humides, emplacement des régions de perturbation de la végétation, superficie et régénération des marais, estimations de la vigueur de la végétation), devraient être encouragées même si elles nécessitent plus de recherche.
- c) Nombre d'autres activités (identification et inventaire des

## ABSTRACT

This report considers the application of visible, near infra-red, and thermal infra-red remote sensing to wetland problems. The applications are considered in four categories: a) feasible and simple, b) feasible but more difficult, c) feasible but still more difficult, and d) possible non-feasible.

espèces de poissons, estimations quantitatives de l'humidité du sol, identification des contaminants et des matières polluantes du milieu aquatique) auraient avantage à être traitées par des méthodes autres que la télédétection.

Depuis la critique, en 1987, du rôle de la télédétection dans la surveillance des habitats aquatiques, les recherches effectuées à l'INRE ont fait passer certaines des applications indiquées en b) au niveau a).

## RÉSUMÉ

Le rapport examine l'application de la télédétection visuelle, par proche infrarouge et par infrarouge thermique aux problèmes des terres humides. Les applications sont classées en quatre catégories; elles sont jugées : a) réalisables et simples, b) réalisables, mais difficiles, c) réalisables, mais encore plus difficiles et d) possibles, mais non réalisables.

### 92-115

The Analysis of Tracer Experiments Conducted in Divergent Radial Flow Fields. K.S. Novakowski. *Water Resources Research*, 28: (12):3215-3225.

## MANAGEMENT PERSPECTIVE

Determining the rate and extent of contaminant migration in polluted groundwater environments is traditionally undertaken using computer models which employ coefficients for dispersion and groundwater velocity usually determined from field tracer experiments conducted at scales similar to the scale at which the model simulation is defined. Tracer experiments are usually interpreted using standard analytical models which are based on a wide variety of assumptions, some realistic and some not.

In this paper, a new analytical model is developed to account for mixing in the source and observation wells during a tracer experiment conducted using a radial groundwater flow field. In previous models mixing is assumed to be of little consequence and has been ignored. The results of both the model development and several field experiments shows that mixing processes are, in fact, very important and must be considered for the proper interpretation of radial tracer experiments, particularly those conducted in fractured media.

## SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Dans la méthode classique, la détermination du taux et de l'importance de la migration d'un contaminant dans une nappe d'eau souterraine polluée se fait grâce à des modèles informatiques qui appliquent des coefficients de dispersion; la vitesse de l'eau souterraine est habituellement mesurée sur le terrain avec des traceurs lors d'expériences faites à une échelle semblable à l'échelle à laquelle la simulation du modèle est fixée. Les résultats des expériences avec traceurs sont habituellement interprétés au moyen de modèles analytiques standard qui sont fondés sur un nombre assez important d'hypothèses, certaines vraisemblables, d'autres non.

Dans ce document, un nouveau modèle d'analyse est développé : il permet de tenir compte du mélange à la source et dans les puits d'observation au cours d'une expérience avec traceurs faite sur un champ d'écoulement radial d'eau souterraine. Les modèles

Therefore, the new analytical model and experimental method introduced in this paper is a significant advance with respect to the reliable determination of the transport properties of geological media.

### ABSTRACT

To interpret tracer experiments conducted in a divergent flow field, new analytical models are developed which account for the mixing of tracer in both the source and observation wells. A solution for the particular case where the volume of the observation well is infinitesimally small is also presented. The solutions are derived for both resident and flux concentrations and for macroscopically discontinuous conditions at both the inlet and outlet boundaries. Following a solution method developed for the case of uniform flow having similar boundary conditions, it was found that the solutions for resident and flux concentration are identical when the mixing volume in the observation well is of finite volume. A similar solution for the convergent flow case can not be derived, although, it was found that the solutions for divergent flow can be employed to interpret convergent tracer experiments provided that the coefficients which are employed to describe the mixing process in the well bores, are properly defined. Two tracer experiments were conducted in a horizontally fractured shale to demonstrate the use of the new analytical models. Experiments are conducted where the observation well is of finite volume and where a new device is employed to sample the groundwater directly from the fracture zone. The results show that the analytical models developed in this paper will yield an improved estimate of the transport properties of the fracture zone relative to models which do not account for mixing in the source and observation wells.

précédents prenaient pour hypothèse que le mélange avait peu de conséquences et qu'on pouvait donc l'ignorer. Les résultats obtenus par le développement du modèle et lors de plusieurs expériences sur le terrain montrent qu'en fait, les mécanismes du mélange sont très importants et qu'il faut en tenir compte lorsqu'on interprète les résultats d'expériences de traçage radial, particulièrement dans une matrice fissurée. Par conséquent, le nouveau modèle analytique et la méthode expérimentale proposés dans ce document constituent un progrès important en vue de la détermination valide des propriétés de transport de matrices géologiques.

### RÉSUMÉ

Afin d'interpréter les résultats des expériences avec traceur qui sont faites sur des champs à écoulement divergent, de nouveaux modèles analytiques sont développés; ils permettent de tenir compte du mélange du traceur tant dans la source que dans les puits d'observation. En outre, une solution est présentée pour le cas d'un volume infinitésimal dans un puits d'observation. Les solutions sont dérivées en fonction de concentrations stationnaires et de concentrations changeantes ainsi qu'en fonction de conditions discontinues à l'échelle macroscopique, aux limites d'entrée et de sortie. Selon une méthode de solution mise au point pour les cas d'écoulement uniforme qui présentent des conditions limitrophes semblables, on a trouvé que les solutions en fonction des concentrations stationnaires et changeantes sont identiques lorsque le volume de mélange du puits d'observation est limité. Il est impossible de dériver une solution semblable dans le cas d'un écoulement convergent quoiqu'on ait observé que les solutions pour l'écoulement divergent peuvent servir à l'interprétation d'expériences avec traceur en conditions d'écoulement convergent pourvu que les coefficients servant à décrire le mécanisme de mélange dans les puits de forage soient définis adéquatement. Deux expériences avec traceur ont été faites dans un schiste fissuré horizontalement afin de faire la démonstration des nouveaux modèles analytiques. Les expériences sont faites lorsque le puits d'observation a un volume déterminé et quand un nouveau dispositif est appliqué au prélèvement direct d'un échantillon

d'eau souterraine dans la zone de fracture. Les résultats montrent que les modèles analytiques présentés dans ce rapport conduisent à une meilleure estimation des propriétés de transport d'une zone de fracture par rapport aux résultats des modèles qui ne tiennent pas compte du mélange dans la source et dans les puits d'observation.

## 92-116

**Regional Analysis of Pesticide Contamination of Groundwater Using an Expert System Approach.** A.S. Crowe and J.P. Mutch. In: *"Solving Groundwater Problems with Models"*, *Proceedings of National Water Well Association Conference*, pp. 413-427.

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

The Pesticides Division of the Commercial Chemical Branch, Environment Canada, is required to assess the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved for public use. One of the specific concerns of the Pesticides Division is the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. The Groundwater Contamination Project of NWRI, has developed an expert system, known as EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. In addition, this expert system can be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable.

This paper presents an overview of the EXPRES expert system, including its purpose, design criteria, structure, operation and application. In addition four examples are provided to illustrate typical regulatory operations and applications of EXPRES. Basically, EXPRES combines (1) three pesticide assessment models of varying complexity, (2) two extensive data bases containing the chemical properties of pesticide and the physical, pedological, hydrological, meteorological and agricultural practices of 11 agricultural regions across Canada, and (3) a graphically-base - user-system interface, within an expert system (rule-based) framework that is designed to the user with guidance and assistance with all aspects of an assessment. An expert system approach allows a user with little knowledge in either the theory of pesticide transport in the unsaturated zone and/or proficient in the use of pesticide assessment models

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides, Direction des produits chimiques commerciaux, d'Environnement Canada, est responsable de l'évaluation des risques pour l'environnement qui sont associés à un pesticide et à ses produits de transformation avant qu'il ne soit homologué pour usage par le public. Le risque qu'un pesticide puisse contaminer des réserves d'eau souterraine peu profonde, constitue l'une des préoccupations spécifiques de la Division. L'équipe du Projet d'étude de la contamination des eaux souterraines, de l'INRE, a développé un système expert connu sous l'acronyme EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations); celui-ci peut aider à évaluer les risques de contamination d'eau souterraine associés à l'utilisation d'un pesticide. En outre, ce système expert peut servir à la détermination des développements agricoles qui peuvent ou non être durables.

Ce document donne un aperçu du système expert EXPRES, notamment son objectif, ses critères de conception, sa structure, son fonctionnement et ses applications. En outre, quatre exemples sont donnés pour illustrer les mécanismes réglementaires et applications typiques de l'EXPRES. Essentiellement, ce système expert combine : 1) trois modèles d'évaluation des pesticides de différents niveaux de complexité, 2) deux importantes bases de données qui contiennent des listes des propriétés chimiques des pesticides ainsi que des données physiques,

to successfully, quickly and accurately, undertake a range of assessments of the potential for a pesticide to contaminate groundwater. This paper was presented at the National Water Well Association Conference *Solving Ground Water Problems with Models*, held in Dallas, Texas, on February 11-13, 1992.

#### ABSTRACT

The EXPRES expert system (Expert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) has been developed to allow persons not proficient in the use of pesticide models or the theory of pesticide transport in the unsaturated zone to confidently and accurately assess the potential for a pesticide to contaminate groundwater. EXPRES combines extensive geographical and pesticide data bases, a graphically-based interface, and three existing pesticide models (LP/LI, PRZM and LEACHM) within an expert system framework. Based upon the available data, objectives specified by the user for the assessment and time constraints, EXPRES selects the most appropriate model, provides pertinent data for characterizing a site, and guides the user through the choice of all the necessary information to complete an assessment and interpret the results. Three models allow EXPRES to provide a range of assessments of varying complexity. A demonstration of the ability of the EXPRES expert system to assess the potential for, and investigate the causes of, groundwater contamination due to the use of pesticides is provided through both local and regional analyses. Two levels of analysis were undertaken; firstly, an analysis of the factors contributing to contamination with a region, and secondly, a comparison of whether the relative influence of these factors are consistent among regions.

pédologiques, hydrologiques, et météorologiques, et des données sur le travail du sol, qui proviennent de 11 régions agricoles dans l'ensemble du pays, et 3) une interface graphique système-utilisateur, dans le cadre d'un système expert (de type heuristique) conçue en fonction de l'utilisateur, et qui le guide et le conseille dans tous les aspects de l'évaluation. La formule du système expert permet à un utilisateur qui connaît peu la théorie du transport des pesticides dans la zone d'aération et(ou) qui n'est pas très familier avec l'utilisation des modèles d'évaluation des pesticides, de parvenir à formuler, rapidement et avec exactitude, toute une série d'évaluations du risque qu'un pesticide contamine des réserves d'eau souterraine. Ce document a été présenté à la National Water Well Association Conference, *Solving Ground Water Problems with Models*, qui s'est déroulée à Dallas, Texas, du 11 au 13 février 1992.

#### RÉSUMÉ

Le système expert EXPRES (Expert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) a été mis au point afin que des personnes qui ne sont pas familières avec l'utilisation des modèles de pesticides ou avec la théorie du transport des pesticides dans la zone d'aération, parviennent à évaluer avec exactitude et avec confiance, les risques qu'un pesticide contamine des réserves d'eau souterraine. L'EXPRES combine des bases étendues de données géographiques et de données sur les pesticides, une interface graphique, ainsi que trois modèles connus de pesticides (LP/LI, PRZM et LEACHM), dans le cadre d'un système expert. Compte tenu des données disponibles, des objectifs d'évaluation déterminés par l'utilisateur et des délais imposés, l'EXPRES choisit le modèle le mieux adapté, fournit les données pertinentes qui permettent de caractériser un endroit donné et guide l'utilisateur dans le choix de tous les renseignements nécessaires pour mener à terme son évaluation et interpréter les résultats. L'EXPRES peut faire appel à trois modèles pour fournir un ensemble d'évaluations de complexité différente. La preuve de la capacité du système expert EXPRES d'évaluer les risques d'une contamination de l'eau souterraine par suite de l'utilisation de pesticides, et d'en examiner les causes, est

présentée, à partir d'analyses locales et régionales. L'analyse a porté sur deux niveaux : 1) une analyse des facteurs qui ont contribué à la contamination dans une région; 2) une comparaison pour voir si l'influence relative de ces facteurs reste uniforme d'une région à l'autre.

## 92-118

**Characterization of Biofilm Development on Artificial Substratum in Natural Water.** D. Liu, Y.L. Lau, Y.K. Chau and G.J. Pacepavicius. *Wat. Res.* 27(3):361-367.

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

Bacterial adhesion to solid submerged objects and subsequent growth often lead to the formation of biofilms. The process of biofilm development is of major importance in aquatic environments. It provides living microorganisms in nutrient-deficient systems, such as oligotrophic waters, with sites where growth and survival can take place. Microbial activity resulting from such attached biofilm is the driving force for many important processes such as nutrient recycling and degradation of contaminants in the aquatic environment. For this reason, reliable estimates of biofilm mass are critical in the impact assessment of toxic chemicals on the environment. In this report we detail our biochemical and microbiological studies on biofilm development in natural water. Our study provided the first direct biochemical evidence that the origin and mass of a natural biofilm is mainly derived from bacterial activity, thus justifying the approach of using a major microbial component (carbohydrate) to approximate biofilm mass. It is also believed that our carbohydrate method for biofilm mass estimation will find wide applications in various fields of biofilm research, because determination of biofilm mass can be readily performed in the presence of seawater and hard water.

### ABSTRACT

Bacterial biofilm tends to predominate in aquatic systems with large specific areas (bottom surface area/volume of water), such as shallow streams or rivers, where the growth of biofilm often determines the rate at which environmental contaminants are removed and degraded. Thus, understanding biofilm growth is critical in predicting the ultimate fate of chemicals in the aquatic environment. Through sequential acid hydrolysis (natural biofilm, bacteria, and algae), and

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

L'adhérence de bactéries à des objets solides submergés et la prolifération ultérieure de ces bactéries entraînent souvent la formation de biofilms. Le processus de développement d'un biofilm revêt une importance capitale en milieu aquatique. Le biofilm fournit aux microorganismes vivant dans les systèmes pauvres en éléments nutritifs, comme les eaux oligotrophes, des endroits où se développer et survivre. L'activité microbienne résultant de biofilms ainsi fixés est à l'origine de nombreux processus importants, comme le cycle des éléments nutritifs et la dégradation des contaminants en milieu aquatique. C'est pour cette raison qu'il est capital d'estimer avec fiabilité la masse de biofilms lors de l'évaluation de l'impact sur l'environnement de produits chimiques toxiques. Le présent rapport examine en détail les études biochimiques et microbiologiques sur le développement de biofilms dans les eaux naturelles. Notre étude a été la première à apporter des preuves biochimiques directes que l'origine et la masse d'un biofilm naturel proviennent principalement de l'activité bactérienne, justifiant ainsi l'approche qui consiste à doser les principaux glucides pour estimer la masse du biofilm. Nous croyons également que notre méthode d'estimation de la masse du biofilm à l'aide de glucides trouvera de nombreuses applications dans divers domaines de la recherche sur les biofilms, car il est facile de déterminer cette masse en présence d'eau de mer et d'eau dure.

### RÉSUMÉ

Les biofilms de bactéries ont tendance à dominer dans des systèmes aquatiques

HPLC analysis, our study provided the first direct biochemical evidence that the origin and mass of a natural biofilm was mainly derived from bacterial activity, thus justifying the approach of using the major carbohydrate component of microorganisms to approximate the mass of a natural biofilm. Our data also demonstrated the potential applicability of the carbohydrate method for biofilm mass estimation in various aquatic environments, as biofilm mass can be readily determined in the presence of seawater and hard water.

comportant des caractéristiques très particulières (superficie de la surface du fond/volume d'eau), comme des cours d'eau ou rivières de faible profondeur, où la croissance de biofilms détermine souvent le rythme auquel sont éliminés et dégradés des contaminants de l'environnement. Il est donc essentiel de bien comprendre le développement des biofilms pour prévoir le devenir ultime des produits chimiques en milieu aquatique. Grâce à l'hydrolyse acide séquentielle (biofilm naturel, bactéries et algues) et à des dosages CLHP, notre étude a permis d'obtenir les premiers indices biochimiques directs que l'origine et la masse d'un biofilm naturel provenait principalement de l'activité bactérienne, justifiant ainsi l'approche consistant à se baser sur le dosage des principaux glucides des microorganismes pour estimer la masse d'un biofilm naturel. Nos données ont également montré l'applicabilité potentielle de la méthode du dosage des glucides pour l'estimation de la masse des biofilms dans divers milieux aquatiques, puisque cette masse peut être facilement établie en présence d'eau de mer et d'eau dure.

## 92-119

Occurrence of Butyltin Compounds in Severn Sound, Ontario. P.T.S. Wong and Y.K. Chau (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Severn Sound, a group of bays including Penetang Bay, Midland Bay, Hog Bay and Sturgeon Bay, is a heavily used recreational area in the southeast corner of Georgian Bay. Twenty-four private marinas, 5 federal Small Craft Harbour facilities and 2 ports are located in the area. Boating (for pleasure cruising and sport fishing) is a major recreational attraction. Because of the concern with the possible release of tributyltin from antifouling paints on boat hulls and its contamination to the aquatic environment, Environment Ontario has funded a study to investigate the occurrence of butyltin compounds in 100 samples of sediment, fish, mussels and aquatic plants from three heavily used marinas in the Severn Sound area.

Results indicated that fish, mussels and sediments in the study area contain detectable levels of tributyltin. There was a seasonal variation in tributyltin with higher significant levels in the

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Le détroit de Severn, un groupe de baies comprenant notamment la baie Penetang, la baie Midland, la baie Hog et la baie Sturgeon, est un secteur de loisirs intensément fréquenté de la pointe sud-est de la baie Georgienne. On y trouve 24 marinas privées, 5 installations portuaires fédérales pour petits bateaux et 2 ports. La navigation (de plaisance et pêche sportive) constitue une importante activité récréative. À cause de préoccupations relatives au dégagement possible de tributylétain qu'on retrouve dans les peintures antiallumettes appliquées sur la coque des bateaux, et à la contamination résultante du milieu aquatique, Environnement Ontario a financé une étude qui visait à déterminer la présence de composés de tributylétain dans cent échantillons de sédiments, de poisson, de moules et de plantes aquatiques prélevés dans trois marinas intensément exploitées du secteur du détroit de

spring than in summer and fall. Dibutyltin was frequently detected in the sediments but not in fish and clams. Monobutyltin was generally below detection limits. Plants (macrophytes and cladophora) contained very little butyltin compounds.

#### ABSTRACT

100 samples of fish, mussels, sediment, and aquatic plants, sampled in spring and fall of 1988, were analyzed in an investigation of the occurrence of butyltin compounds in Severn Sound area. It was found that there was a seasonal variation in tributyltin with higher levels in the spring than in summer and fall.

Dibutyltin was frequently detected in the sediments but not in fish and mussels. Monobutyltin was generally below the detection limit. Plants (macrophytes and cladophora) contained insignificant amounts of butyltin compounds.

Severn.

Les résultats montrent que le poisson, les moules et les sédiments contiennent du tributylétain en quantité détectable. On a observé des variations saisonnières : les concentrations significatives sont plus élevées le printemps que l'été et l'automne. Le dibutylétain a été fréquemment détecté dans les sédiments, mais pas dans le poisson et les clams. Le monobutylétain n'était généralement pas détectable. Les plantes (macrophytes et cladophores) contenaient très peu de composés de butylétain.

#### RÉSUMÉ

Cent échantillons de poissons, de moules, de sédiments et de plantes aquatiques, prélevés au printemps et à l'été 1988, ont été analysés au cours d'une étude visant à déterminer la présence de composés de butylétain dans la région du détroit de Severn. Une variation saisonnière de la concentration en tributylétain a été observée : la concentration était plus élevée au printemps qu'à l'été et à l'automne.

Le dibutylétain a été fréquemment détecté dans les sédiments, mais non dans les tissus des poissons et des moules. La concentration en monobutylétain était généralement sous le seuil de détection. Les plantes (macrophytes et cladophores) contenaient des quantités insignifiantes de composés de butylétain.

#### 92-120

Analysis of Aquatic Humic Material and High Molecular Weight Components of Bleached Kraft Mill Effluent (BKME) by Gradient Gel Electrophoresis. R.M. Baxter and J. Malysz. In: *Chemosphere*.

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Humic substances are dark-coloured high molecular weight materials found in soil and water. Although their structures are still poorly understood, it is clear that they are of environmental significance in a number of ways. In water they can bind metal ions and organic contaminants, thus influencing their transport and bioavailability.

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les substances humiques sont des substances de poids moléculaire élevé et de couleur foncée qui se retrouvent dans le sol et dans l'eau. Bien que leur structure soit encore mal comprise, il est clair qu'elles jouent un rôle important sur le plan environnemental à plusieurs égards. En milieu aquatique, elles

When wood pulp is manufactured by the kraft process, lignin degradation products remain with the pulp and undergo chlorination on subsequent bleaching with chlorine. Some of this material may survive waste water treatment and enter the environment. This is a matter of concern because these substances are known to be toxic to certain organisms.

This paper describes the migration of both of these classes of materials in polyacrylamide gels under the influence of an electric field. The high molecular weight material in kraft effluents was found to be very similar to natural humic substances. The procedure is relatively easy to carry out and shows promise as a tool for the analysis of materials of this kind, and for the isolation of individual components in order to study their chemical and biological properties to clarify their possible environmental impact.

#### ABSTRACT

Three preparations of humic material (a commercial humic acid and material isolated from soil and from water) were analysed by electrophoresis on polyacrylamide gradient gel slabs. All gave similar patterns showing four bands of material of molecular weights apparently ranging from a few hundred to about 20,000 as estimated by comparing their mobilities with those of protein markers. The high molecular weight material from bleached kraft mill effluent (BKME) showed similar patterns with the addition of completely unresolved material of molecular weight up to about 100,000. Electrophoresis on polyacrylamide slabs may prove valuable for the study of humic substances and other ill-defined polymeric materials.

peuvent lier les ions métalliques et les contaminants organiques et ainsi influencer leur transport et leur biodisponibilité.

Lors de la fabrication de la pâte à l'aide du procédé kraft, des produits de dégradation de la lignine restent dans la pâte et sont blanchis ultérieurement au chlore. Certaines de ces substances peuvent subsister au traitement d'épuration et pénétrer dans l'environnement. C'est là une question préoccupante puisqu'on sait que ces substances sont toxiques pour certains organismes.

Le présent article décrit la migration de ces classes de substances dans des gels de polyacrylamide dans lesquels elles se déplacent sous l'action d'un champ électrique. Les substances à poids moléculaire élevé présentes dans les effluents du procédé de fabrication kraft se sont avérées très semblables aux substances humiques naturelles. La méthode est relativement simple et semble un outil prometteur pour l'analyse des substances de ce type et pour l'isolement des éléments individuels afin d'étudier leurs propriétés chimiques et biologiques et de mieux comprendre leur impact éventuel sur l'environnement.

#### RÉSUMÉ

Trois préparations de substances humiques (un acide humique commercial et une substance isolée dans le sol et dans l'eau) ont été analysées par électrophorèse sur plaques de gel à gradient de polyacrylamide. Elles ont toutes donné des configurations similaires, produisant quatre bandes de substances dont le poids moléculaire variait en apparence de quelques centaines à environ 20 000, poids estimés grâce à une comparaison entre leur mobilité et celle de marqueurs de protéines. Les substances à poids moléculaire élevé provenant de l'effluent de l'usine de pâte kraft blanchie présentaient des configurations similaires après ajout de substances complètement non séparées d'un poids moléculaire allant jusqu'à 100 000. L'électrophorèse sur plaques de polyacrylamide peut s'avérer un outil précieux pour l'étude des substances humiques et d'autres polymères mal définis.

92-121

**Soil Gas Surveys of Natural Hydrocarbons in Southern Ontario. I. Noor and K. Novakowski. (NWRI Report).**

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

Several recent studies have proposed that large regional faults and associated fractures play an important role in the upward migration and mixing of basinal fluids (Land and Prezbindowski, 1982; Frape et al., 1989; Jacobi and Fountain, 1989; Maslia and Prowell, 1989; Bradly and Kidd, 1991). It is possible that some faults in the Great Lakes region act as pathways for natural loading of petroleum hydrocarbons into the lakes and shallow groundwater aquifers. Of particular concern is the general area of southwestern Ontario which overlies the boundary between the Michigan and Appalachian basins and contains a number of oil and gas producing fields and large natural gas storage reservoirs. In this paper, we evaluate the use of soil-gas techniques in delineating natural gas migration pathways within the context of the structural geological framework in southern Ontario. We present the preliminary results of our first year's study undertaken to assess the impact of natural gas loading on shallow groundwater aquifers in southern Ontario.

**ABSTRACT**

Anomalies of hydrocarbon gas in soil were measured using soil-gas survey methods over two natural gas storage reservoirs in southern Lambton County, southwestern Ontario, and along an active regional fault zone in south-central Ontario. In southern Lambton County, methane gas anomalies were recorded along two east-west and 14 north-south transects in the Terminus and Dawn 47-49 gas fields. The measurements were obtained at 4 m depth in more than 300 auger-drilled holes which cover approximately 6 square kilometres of the two fields. Methane concentrations are anomalously high in the eastern part of the Terminus field. In the Dawn 47-49, high concentrations occur northwest and southeast of the trend of the Dawn Fault that passes under this gas field. The distribution of anomalies reflects the position of the fault and associated fractures as observed in the structural contour map of the top of salina A-2 unit.

In south-central Ontario, samples were obtained from an instrumented borehole in

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Plusieurs études récentes ont émis l'hypothèse selon laquelle les grandes failles régionales et les fractures associées jouent un rôle important dans la migration vers la surface et le mélange des fluides des bassins (Land et Prezbindowski, 1982; Frape et al., 1989; Jacobi et Fountain, 1989; Maslia et Prowell, 1989; Bradly et Kidd, 1991). Il est possible que certaines failles dans la région des Grands Lacs servent de voies pour l'acheminement de charges naturelles d'hydrocarbures du pétrole dans les aquifères d'eaux souterraines peu profondes et des lacs. On s'intéresse plus particulièrement à la région générale du sud-ouest de l'Ontario, qui chevauche la séparation entre les bassins du Michigan et des Appalaches, et qui renferme un certain nombre de champs pétrolifères et gaziers, ainsi que d'importants réservoirs de stockage de gaz naturel. Dans cet exposé, nous évaluons l'utilisation des techniques sol-gaz pour déterminer les voies de la migration du gaz naturel dans les formations géologiques du sud de l'Ontario. Nous présentons les résultats préliminaires de notre première année d'étude, qui a servi à évaluer les répercussions de la charge du gaz naturel sur les aquifères d'eaux souterraines peu profondes dans le sud de l'Ontario.

**RÉSUMÉ**

On a mesuré des anomalies de concentrations d'hydrocarbures gazeux dans le sol à l'aide de méthodes de relevés sol-gaz au-dessus de deux importants réservoirs naturels de stockage de gaz dans le sud du comté de Lambton, dans la région sud-ouest de l'Ontario, et le long d'une zone de failles régionales actives dans la région centre-sud de l'Ontario. Dans le sud du comté de Lambton, on a observé des anomalies de concentrations de gaz méthane le long de deux transects est-ouest et de quatorze transects nord-sud des champs gaziers des zones de Terminus et de Dawn 47-49. Ces mesures ont été obtenues à une profondeur de quatre mètres dans plus de

Chippawa, Niagara Falls, and from soil-gas in the Lake Scugog area. These sites are located along an active regional fault zone known as the Niagara-Pickering Linear Zone (NPLZ). Chromatographic analysis of the gas samples obtained from these sites show similar geochemical signatures of methane, ethane and propane. The similarity in geochemical signatures suggests either a common thermogenic source of deep basinal origin, or shallow bedrock sources with similar organic contents. A common source for the gas from these areas would suggest migration pathways many tens of kilometres in length, probably along the NPLZ. Alternatively, the gas may be seeping from local sources along the structure. Further data is required before definitive conclusions can be drawn in this regard.

300 trous forés à la tarière, répartis sur une superficie d'environ 6 km<sup>2</sup> des deux champs. Les concentrations de méthane étaient anormalement élevées dans la partie est du champ Terminus. Dans le champs Dawn 47-49, de fortes concentrations étaient observées au nord-ouest et au sud-est de la direction générale de la faille Dawn, qui passe sous ce champ de gaz. La distribution des anomalies reflète la position de la faille et des fractures associées, comme on peut le voir sur la carte de courbes des niveaux au sommet de l'unité saline A-2.

Dans la partie centre-sud de l'Ontario, on a obtenu des échantillons d'un trou de sonde muni d'instruments à Chippawa, à Niagara Falls, et des relevés sol-gaz dans la région du lac Scugog. Ces emplacements sont situés le long d'une zone de failles régionales actives appelée Zone linéaire Niagara-Pickering (ZLNP). L'analyse chromatographique des échantillons de gaz provenant de ces sites met en évidence les signatures géochimiques semblables de méthane, d'éthane et de propane. La similitude des signatures géochimiques suggère soit une source thermogène commune située à grande profondeur dans le bassin, où une source peu profonde dans la roche en place, contenant des matières organiques semblables. Une source commune pour le gaz de cette zone suggérerait des voies de migration de plusieurs dizaines de kilomètres de longueur, probablement situées le long de la ZLNP. Par ailleurs, le gaz peut être diffusé à partir de sources locales le long de la structure. D'autres données sont nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions définitives à cet égard.

## 92-123

**Calculations of Variable Concentrations and Exports from the Mersey River at Kejimkujik National Park in Nova Scotia. T.A. Clair and D.S. Jeffries. In: *Science and Management of Protected Areas*, pp. 417-423. Elsevier Publishers.**

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

After a request by the organizers of the International Conference on Science in Protected Areas (Wolfville, Nova Scotia, May 17, 1991), this manuscript was developed in partnership with the IWD Water Quality Branch, Atlantic Region. It utilizes a comprehensive dataset (daily sampling over a 2-year period) to determine the optimal

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

À la demande des organisateurs de la International Conference on Science in Protected Areas (Wolfville, Nouvelle-Écosse, le 17 mai 1991), le présent manuscrit a été préparé en collaboration avec la Direction de la qualité des eaux (région de l'Atlantique) de la

sampling frequency required to provide effective water resource management. The analysis shows that sampling frequency is a function of the degree of accuracy required by resource managers. It is argued that a variable frequency reflecting the magnitude of river flow is an efficient sampling strategy that can provide the accuracy required. Data processing and some of the interpretation was completed at NWRI (Jeffries), while the remaining interpretation, manuscript preparation, and conference attendance and paper presentation was completed at the WQB, Moncton (Clair). The paper has already received internal review and release by the WQB, and subsequent external peer review as part of the process for acceptance in the conference proceedings (T. Pollock, Ed.).

### ABSTRACT

The determination of water chemistry status and the evaluation of exports of substances from river basins is important in describing the current status of water courses, for understanding short and long term trends in parameter concentrations, as well for understanding the effects of various land types and land uses on water chemistry. The Mersey River located in Kejimkujik National Park was sampled daily over a two year period. Average monthly concentrations and exports of major ions from the basin at that site were then calculated and compared to those calculated using 3, 7, 14, 21, 28, 42 and 56 day intervals. Results were studied to determine optimum sampling frequencies in order to provide accurate concentration and export values. This type of analysis is recommended for a proper evaluation of current water quality status, as well as for providing data useful in trend analyses.

**Direction générale des eaux.** On a fait appel à un ensemble important de données (prélèvement quotidien pendant 2 ans) pour déterminer la fréquence d'échantillonnage optimale requise pour une gestion efficace des ressources en eau. L'analyse montre que la fréquence d'échantillonnage est fonction du degré de précision exigé par les gestionnaires des ressources. On soutient qu'une stratégie d'échantillonnage efficace permettant d'obtenir la précision requise consiste à varier la fréquence d'échantillonnage en fonction du débit du cours d'eau. Le traitement des données et une partie de l'interprétation ont été réalisés à l'INRE (Jeffries), alors que le reste de l'interprétation, la préparation du manuscrit, de même que la présentation de l'exposé à la conférence ont été confiés à la Direction de la qualité des eaux, à Moncton (Clair). L'exposé a également fait l'objet d'un examen interne par les pairs et a été accepté par la Direction, puis il a fait l'objet d'un examen externe par les pairs dans le cadre du processus d'acceptation pour fins de publication dans le compte rendu de la conférence (T. Pollock, éd.).

### RÉSUMÉ

La détermination des paramètres chimiques de l'eau et l'évaluation des substances exportées des bassins hydrographiques des cours d'eau sont des éléments importants pour établir l'état d'un cours d'eau à un moment précis, pour analyser les tendances à court et à long terme dans les concentrations des diverses substances et pour comprendre les effets des divers types de terres et d'utilisations de ces terres sur les paramètres chimiques de l'eau. La rivière Mersey, située dans le Parc national de Kejimkujik a fait l'objet d'un échantillonnage quotidien sur une période de deux ans. On a calculé les moyennes sur un mois des concentrations et quantités exportées des principaux ions à cet endroit du bassin hydrographique et on a comparé ces valeurs à celles calculées pour des intervalles de 3, 7, 14, 28, 42 et 56 jours. À partir de ces résultats, on a déterminé les fréquences optimales d'échantillonnage fournissant des valeurs précises de concentrations et de quantités exportées. On recommande ce type d'analyse lorsqu'on veut effectuer une évaluation précise de la qualité

de l'eau à un moment précis, et aussi lorsqu'on veut obtenir des données permettant d'effectuer des analyse de tendances.

## 92-124

**Ice Breakup and Jamming in the Restigouche River, New Brunswick.** S. Beltaos and B.C. Burrell. In: *Proceedings of Eleventh International Symposium on Ice*, June 1992, Alberta Canada.

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

In Canada, ice breakup and associated jamming are a major natural cause of environmental emergencies such as flooding and damage to habitat. At the same time, the spring breakup can have major ecological implications because it often controls river-bank and floodplain characteristics and vegetation, and therefore the biological communities living there.

The Restigouche River ice study is a research project on ice breakup and jamming processes, carried out jointly by the National Water Research Institute of Environment Canada and the Environmental Planning and Sciences Branch of New Brunswick Environment. The Restigouche River, having considerable size and slope, and being subject to the relatively severe winters of Northern New Brunswick, has a very different ice regime from that of previously studied streams in southern parts of Ontario and New Brunswick. Essentially, the study consists of documenting five breakup events (1988-1991), so as to "sample" an adequate range of hydrologic and climatic conditions. The focus is on obtaining data that can be used to improve or develop predictive models, and thence, render the results transferable to other river sites.

This paper presents the main findings of the study after the fourth year. Using past records and in situ observations, it was possible to identify the mechanisms that may cause potentially damaging events, and to formulate quantitative methods to forecast their occurrence. Applications of a previously developed numerical model of ice jams to four case studies indicated good performance of the theory and extended our data base of values for the various coefficients used in the model.

### ABSTRACT

The lower Restigouche River is a medium-sized steep stream, subjected to severe winters and

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Au Canada, la débâcle, et l'embâcle qui la précède, est l'une des principales causes naturelles des urgences environnementales comme les inondations et la destruction de l'habitat naturel. La débâcle printanière peut en outre avoir des conséquences écologiques majeures car, bien souvent, elle a une influence déterminante sur la végétation et sur les caractéristiques de la berge et de la plaine inondable et par là, sur les communautés biologiques qui s'y trouvent.

L'étude des glaces de la rivière Restigouche est un projet de recherche sur les processus de l'embâcle et de la débâcle que mènent conjointement l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada et la Direction de la planification et des sciences environnementales du Nouveau-Brunswick. La Restigouche, cours d'eau de dimensions et d'inclinaison considérables, coule dans le nord du Nouveau-Brunswick, où les hivers sont relativement rigoureux; elle se caractérise par un régime des glaces fort différent de ceux des cours d'eau étudiés antérieurement dans le sud de l'Ontario et du Nouveau-Brunswick. L'étude a consisté essentiellement à observer cinq débâcles (1988-1991) de façon à «échantillonner» un ensemble de conditions hydrologiques et climatiques adéquat. Il s'agit plus précisément de recueillir des données afin d'améliorer les modèles de prévision ou d'en créer de nouveaux pour que les prévisions puissent s'appliquer à d'autres cours d'eau.

Nous présentons ici les principales constatations que cette étude a permis de faire au bout de quatre années d'observation. L'examen de données recueillies antérieurement et des observations faites sur les lieux a permis de déterminer quels mécanismes

single freeze up-breakup sequences each year. Thermal and mechanical breakups occur with equal frequency. Using past records and in situ observations, a criterion has been formulated to forecast the onset of mechanical events. Their severity can only be predicted in terms of an upper limit. Applications of a numerical model to measured ice jam profiles indicated good performance of the theory and consistency of the model coefficients.

peuvent causer des phénomènes susceptibles de provoquer des dégâts et de décrire des méthodes quantitatives pour les prévoir. Un modèle numérique d'embâcle préalablement mis au point a été appliqué à quatre études de cas : la théorie s'est révélée solide et la base de données a pu être enrichie avec de nouvelles valeurs applicables aux divers coefficients utilisés dans le modèle.

## RÉSUMÉ

Dans son cours inférieur, la rivière Restigouche est un cours d'eau de dimensions moyennes, à pente abrupte; or, comme les hivers sont rigoureux dans ce secteur, il se forme chaque année une embâcle qui donne lieu à une débâcle. Les débâcles thermiques et mécaniques se produisent à fréquence égale. D'après des données recueillies autrefois et les observations faites sur les lieux, on a formulé un critère permettant de prévoir la mise en branle des phénomènes mécaniques. On ne peut en prévoir la gravité qu'en fonction d'une limite supérieure. L'application d'un modèle numérique à des profils d'embâcles constitués d'après des mesures a permis de constater que la théorie est solide et que les coefficients du modèle sont adéquats.

### 92-125

The Application of Expert Systems to Groundwater Contamination Protection, Assessment and Remediation. A.S. Crowe. In: *Groundwater Contamination and Control*, Chap. 32:567-584.

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The protection, management and restoration of groundwater has become a major issue in Canada during the last decade. As a result, there has been a dramatic increase in, firstly, regulatory measures to ensure that groundwater quantity and quality is maintained, secondly, research into understanding the physical, chemical and biological processes affecting the occurrence and fate of contaminants in the groundwater environment, and thirdly, research into remediation technology designed to restore the quality of groundwater at contaminated sites. The primary purpose of these regulatory measures and research programs has been to reduce health risks to groundwater receptors. Although this objective has, in general, been met, the attainment of this objective has created two unexpected problems. Groundwater

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Au cours de la dernière décennie, la protection, la gestion et le rétablissement de la qualité de l'eau souterraine sont devenus des questions importantes au Canada. C'est ainsi qu'il s'est produit une augmentation spectaculaire, premièrement, du nombre de mesures réglementaires pour assurer que la quantité ainsi que la qualité de l'eau étaient conservées, deuxièmement, de la recherche dans les mécanismes physiques, chimiques et biologiques qui agissent sur la présence et le devenir des contaminants dans des nappes d'eau souterraine, et troisièmement, de la recherche sur les moyens destinés à rétablir la qualité de l'eau souterraine dans les sites contaminés. Le but premier de ces mesures

regulations are so numerous, complex, and often involve overlapping jurisdictions, that a considerable effort is focused on regulatory rather than technical aspects of a project. The scientific theory, models and technology are so complex and interdisciplinary, that regulatory personnel, and consulting hydrogeologists and groundwater engineers, must have considerable expertise in contaminant hydrogeology and associated disciplines such as organic chemistry, toxicology and microbiology, to make best use of this research. Clearly, one cannot be an expert in all the above noted areas. Expert systems is an emerging technology that offers to provide non-experts with the necessary knowledge and expertise to meet the objectives of protecting, managing, and restoring our groundwater resources by government, industry, research and educational institutes. The expert systems now in use have proven to be valuable tools, for: (1) solving groundwater problems when the required expertise is not available, (2) improving staff productivity and efficiency, (3) ensuring that regulatory functions are undertaken on a consistent basis, and (4) educating and training staff.

#### ABSTRACT

The recent concern for the protection, management and restoration of groundwater resources, has lead to a dramatic increase in regulatory measures and scientific research designed to reduce the health risks to groundwater users. This has not necessarily resulted in improved methods for groundwater protection and restoration because: (1) the demand for qualified personnel, in government, industry and university, currently cannot be met, (2) the groundwater regulations are so numerous, complex, and often involve overlapping jurisdictions that a considerable portion of time on many projects is spent dealing with regulatory aspects rather than technical solutions, and (3) the scientific theory, models and technology are so complex and interdisciplinary that most regulatory personnel, and consulting hydrogeologists and groundwater engineers do not have the expertise to incorporate these recent advances. Expert systems is an emerging technology that offers a means of providing government, industry, research and educational institutes with the expertise to meet the objectives of protecting, managing, and restoring our groundwater resources. Nineteen expert systems, identified in this paper, are designed to assist in

réglementaires et de ces programmes de recherche a été la réduction des risques pour la santé des utilisateurs de l'eau souterraine. En général, cet objectif a été atteint, mais le fait de l'atteindre a créé deux problèmes inattendus. La réglementation applicable aux questions relatives à l'eau souterraine est si abondante et si complexe, et elle est souvent à juridiction partagée, qu'une partie considérable des efforts passe aux aspects réglementaires plutôt qu'aux aspects techniques des projets. La théorie scientifique, les modèles et la technologie sont tellement complexes et de caractère interdisciplinaire tellement marqué que le personnel responsable de la réglementation ainsi que les hydrogéologues et les techniciens spécialisés dans le domaine de l'eau souterraine doivent avoir un savoir-faire considérable dans l'hydrogéologie des contaminants et dans les disciplines associées telles que la chimie organique, la toxicologie et la microbiologie, afin de tirer le meilleur parti possible de cette recherche. Bien entendu, il est impossible d'être spécialisé dans tous les domaines susmentionnés. La technologie des systèmes experts est une nouvelle technologie qui promet d'apporter aux non-spécialistes les connaissances et le savoir-faire nécessaires à l'atteinte des objectifs de protection, de gestion et de rétablissement de la qualité de nos ressources en eau souterraine par les gouvernements, le secteur industriel, ainsi que les établissements de recherche et d'enseignement. Les systèmes experts maintenant en usage se sont révélés être de précieux instruments pour : 1) régler des problèmes relatifs à l'eau souterraine lorsqu'on n'a pas le savoir-faire requis, 2) améliorer la productivité et l'efficacité du personnel, 3) s'assurer que les fonctions de réglementation sont exercées de façon cohérente, et 4) instruire et former le personnel.

#### RÉSUMÉ

Notre préoccupation récente pour la protection, la gestion et la rétablissement de la qualité des ressources en eau souterraine a conduit à une augmentation spectaculaire du nombre de mesures réglementaires et de travaux de recherche en vue de la réduction des risques pour la santé des utilisateurs de l'eau souterraine. Cela n'a pas nécessairement conduit à l'amélioration des méthodes de

solving a variety of groundwater problems, including (1) assisting with regulatory procedures, (2) characterizing contaminated sites, (3) evaluating remedial strategies, (4) assessing the potential for groundwater contamination by organic chemicals, (5) assisting in the use of complex contaminant transport and transformation models, and (6) developing groundwater resources. Because of the success that many of the expert systems have attained, many government, industrial and consulting organizations are developing and using expert systems. It is expected that expert systems will become an integral tool in all aspects of groundwater investigations.

protection et de rétablissement de la qualité de l'eau souterraine car : 1) on ne peut pas combler la demande en personnel qualifié au gouvernement, dans l'industrie et dans les milieux universitaires, 2) les règlements relatifs à l'eau souterraine sont tellement nombreux, tellement complexes, et sont souvent de juridiction partagée, qu'une part considérable du temps consacré à de nombreux projets passe dans le traitement des aspects réglementaires plutôt qu'à des solutions techniques, et 3) la théorie scientifique, les modèles et la technologie sont tellement complexes et ont un caractère interdisciplinaire tellement marqué que la plupart des hydrogéologistes et techniciens consultants qui sont spécialisés dans l'eau souterraine n'ont pas le savoir-faire qui leur permettrait d'incorporer les progrès récents. La technologie des systèmes experts est une technologie naissante qui offre aux gouvernements, au secteur privé ainsi qu'aux établissements de recherche et d'enseignement, un moyen d'obtenir le savoir-faire qui permet d'atteindre les objectifs de protection, de gestion et de rétablissement de la qualité de nos ressources d'eau souterraine. Dix-neuf systèmes experts, identifiés dans ce document, sont conçus en vue de régler différents problèmes avec l'eau souterraine, notamment : 1) ils aident à l'application de méthodes de réglementation, 2) ils aident à caractériser les sites contaminés, 3) ils aident à évaluer les stratégies de correction, 4) ils aident à évaluer les risques de contamination des eaux souterraines par des composés organiques, 5) ils aident à appliquer des modèles complexes de transport et de transformation des contaminants, et 6) ils aident à développer les ressources en eau souterraine. Étant donné le succès obtenu avec bon nombre de systèmes experts, beaucoup d'organisations gouvernementales, industrielles et d'experts conseils mettent au point et utilisent des systèmes experts. On s'attend à ce que ces derniers deviennent un instrument intégralement utilisé dans tous les aspects de la recherche sur l'eau souterraine.

**92-127**

**Mathematical Models for Saltwater Intrusion - Literature Review.** A.G. Bobba. *Water Resources Management* (submitted).

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**  
and  
**ABSTRACT**

A literature review on the persistence and fate of saltwater intrusion to coastal aquifers is discussed in this report. Flow of freshwater and saltwater intrusion in coastal aquifers has drawn the attention of many investigators. Several laboratory, as well as mathematical models, have been developed to study the pattern of flow of groundwater in coastal aquifers. Mathematical models have wider range of application and are the concern of this paper. Due to the complex nature of the problem, each of these mathematical models are based on certain simplifying assumptions and approximations. This paper presents a critical review of various methods of solution which have been proposed. The validity of the results obtained and the limitations of these models are also discussed.

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**  
et  
**RÉSUMÉ**

Une mise au point sur la persistance et le devenir des intrusions d'eau salée dans des aquifères littoraux est examinée dans ce rapport. La circulation de l'eau douce et les intrusions de l'eau salée dans ces aquifères ont attiré l'attention de bon nombre de chercheurs. Plusieurs modèles de laboratoire ainsi que plusieurs modèles mathématiques ont été mis au point pour l'étude des modes de circulation de l'eau souterraine dans les aquifères littoraux. Les modèles mathématiques ont un champ d'application plus étendu; ils font l'objet du présent rapport. Étant donné la complexité du problème, chacun de ces modèles mathématiques s'appuie sur certaines hypothèses et approximations simplificatrices. Le rapport fait une mise au point critique des différentes méthodes de solution qui ont été proposées. La validité des résultats obtenus ainsi que les limites des modèles sont aussi examinées.

**92-128**

**Battery of Tests Approach Applied to Three Different Types of Sediment Extracts.** B.J. Dutka, A. Jurkovic, R. McInnis, K.K. Kwan and T. Murphy. *J. of Env. Sci. and Health.* (submitted)

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

The application of bioassay tests to solid phase samples such as sediments, suspended sediments/particulates, air borne particulates etc. for toxicant/genotoxicant assessment has always been a problem. For the majority of bioassay procedures the toxicants/genotoxicants must be in a liquid, which is nontoxic itself and does not interact synergistically or antagonistically with the contained toxicants/genotoxicants.

Chemists have many procedures for extracting specific toxicants/genotoxicants from solid phase samples, most of which are very time consuming and specific. Researchers and users of bioassay procedures, on the other hand, are

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

L'utilisation d'essais biologiques pour des échantillons de phases solides, comme les sédiments, les sédiments ou particules en suspension, les particules atmosphériques, etc., aux fins d'évaluation des toxiques et (ou) des génotoxiques, a toujours représenté un problème. Dans la plupart des méthodes d'essais biologiques, il faut que les toxiques ou les génotoxiques se trouvent dans un milieu liquide, lui-même non toxique et n'ayant aucune interaction synergiste ou antagoniste avec les toxiques ou génotoxiques qu'il renferme.

interested in obtaining a general overall picture of the solid phase toxicant/genotoxicant load, after which more specific chemical extractions for bioassay testing can be carried out, if necessary.

Over the past seven years we have been evaluating a variety of sediment extraction procedures. We have settled on a three phase sequential procedure which individually do as not extract all contaminants, but does appear to provide an almost complete picture of the water soluble contaminants and a reasonable slice of the bioavailable organic contaminants.

In this report we document the three phase sequential procedures and note their efficiency in extracting sediments which have both water soluble and organically soluble contaminants.

#### ABSTRACT

This report describes the application of three different extraction procedures to five sediments collected from a contaminated part of Hamilton Harbour. Three sediments were used as comparison controls, one for a relatively unpolluted part of Hamilton Harbour another from a suspected polluted area (end of Stelco pier) in Hamilton Harbour and the other from Honey Harbour, a relatively unpolluted Ontario harbour. The three sediment extracts which were evaluated by a maximum of eleven bioassay tests, were pore water, Milli Q water, and a solvent extract containing 10% DMSO and 10% Methanol. The pattern of responses was very similar in each extract with Hamilton Harbour sites 3,3, 4.1 and 4.3 containing the greatest concentration of bioavailable contaminants and the Stelco end of pier the least. The nematode test for survival and maturity using *Panagrellus redivivus* was probably the most responsive test with these samples.

Les chimistes disposent de beaucoup de méthodes pour l'extraction de toxiques ou de génotoxiques spécifiques à partir d'échantillons de phases solides; mais, la plupart de ces méthodes demandent beaucoup de temps et ont un caractère très spécifique. Par ailleurs, les chercheurs et les utilisateurs de méthodes d'essais biologiques ont besoin d'avoir une idée générale de la charge de toxiques et (ou) de génotoxiques présente dans la phase solide, ce qui permettra d'effectuer par la suite et si nécessaire des extractions chimiques plus spécifiques dans le cadre de ces essais.

Lors des sept dernières années, nous avons évalué diverses méthodes d'extraction à partir de sédiments. Nous avons retenu des méthodes séquentielles à trois phases, qui ne permettent pas d'extraire individuellement tous les contaminants, mais semblent donner une image presque complète de la présence de contaminants hydrosolubles et un bon aperçu sur les contaminants organiques biodisponibles.

Dans le présent rapport, nous décrivons lesdites méthodes séquentielles à trois phases et indiquons leur efficacité pour l'extraction à partir de sédiments qui renferment à la fois des contaminants hydrosolubles et des contaminants organosolubles.

#### RÉSUMÉ

Le présent rapport décrit l'utilisation de trois différentes méthodes d'extraction pour cinq sédiments recueillis dans une section contaminée du port de Hamilton. Trois échantillons de sédiments ont servi comme témoins : l'un d'une zone relativement peu polluée du port de Hamilton; un autre d'une zone soupçonnée d'être polluée (extrémité du quai de la Stelco) également dans le port de Hamilton; enfin, un troisième de Honey Harbour, port relativement peu pollué de l'Ontario. Les trois extraits de sédiments, évalués au plus par onze essais biologiques, étaient l'eau interstitielle, l'eau Milli Q et un extrait à un solvant contenant 10 % de DMSO et 10 % de méthanol. Les résultats étaient comparables pour chaque extrait des sites 3,3, 4.1 et 4.3 du port de Hamilton, qui renfermaient les concentrations les plus élevées de contaminants biodisponibles, alors que l'extrait de l'échantillon du quai de la Stelco

présentait la concentration la plus faible. L'essai aux nématodes pour la survie et la maturité, avec *Panagrellus redivus*, était probablement l'essai donnant les résultats les plus nets avec ces échantillons.

## 92-129

The Results of Bioassay Tests Applied to Extracts of Samples, Collected from the Athabasca, Peace and Slave Rivers, March 1990. B.J. Dutka, K.K. Kwan, A. Jurkovic, R. McInnis, G.A. MacInnis, B. Brownlee, D. iu and C. Taylor (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

This exploratory ecotoxicological study of the waters, sediments and suspended sediments in the Athabasca, Slave and Peace Rivers is part of a four year research project. The long term goal of this ecotoxicological-bioassay part of this project is to develop a knowledge base which can assist government and industry in the assessment of potential environmental impacts and the degree and extent of these impacts, and then incorporate this knowledge base into models which can be used to predict degrees of environmental stress from various loadings.

In this study organic solvent extracts of water, suspended sediments and bottom sediments were examined by the battery of bioassay tests approach. Bioassay data from water extracts and suspended sediment extracts indicate that the toxicant loadings upstream of the tar sands recovery plants (Mile 16) are similar to that observed immediately downstream (Mile 34) of these activities. However, sediment bioassay data from Mile 34 strongly suggest that there is a toxicant input from a site or sites below Mile 16, the site upstream of the tar sands complex.

Data from this study also indicate the presence of an unsuspected toxicant source which strongly impacts the sediment and suspended sediments at Carlson's Landing on the Peace River.

At a later stage in this four year multi-disciplinary study, chemical data will be correlated with ecotoxicological bioassay results.

### ABSTRACT

This report describes a continuation of our ecotoxicological study of the Athabasca, Peace and

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Cette étude écotoxicologique à caractère exploratoire de l'eau, des sédiments et des matières en suspension des rivières Athabasca, des Esclaves et Peace est l'un des éléments d'un projet de recherche d'une durée de quatre ans. L'objectif à long terme du volet de recherche écotoxicologique et d'épreuves biologiques est la création d'une base de connaissances qui peut aider les gouvernements et le secteur privé à évaluer d'éventuelles répercussions sur le milieu ainsi que le degré d'intensité et l'étendue de ces répercussions; dans un deuxième temps, cette base de connaissances serait intégrée à des modèles qui serviraient à prévoir l'intensité du stress sur le milieu correspondant à différents niveaux de charge.

Grâce à la méthode d'examen par une série d'épreuves biologiques, on a examiné, au cours de cette étude, la fraction de l'eau, des matières en suspension et des sédiments qui est extraite par des solvants organiques. Les résultats des épreuves menées sur la fraction extraite de l'eau et des matières en suspension indiquent qu'en amont des usines d'exploitation de sables bitumineux (Mille 16), la charge des matières toxiques est la même que celle observée immédiatement en aval (Mille 34) de ces installations. Cependant, les résultats des épreuves faites sur les sédiments à hauteur du Mille 34 indiquent fortement qu'il y a apport de matières toxiques à partir d'un ou plusieurs points situés en aval du Mille 16, soit le point situé en amont du complexe d'exploitation des sables bitumineux.

En outre, les résultats de cette étude

Slave Rivers. In this study, organic solvent extracts of water, suspended sediments and bottom sediments were examined by the battery of bioassay tests approach. Bioassay data from water extracts and suspended sediment extracts indicate that the toxicant loading upstream of the tar sands recovery plants (Mile 16) are similar to that observed immediately downstream (Mile 34) of these activities. However, sediment bioassay data from Mile 34 strongly suggests that there is a toxicant source from a site or sites below Mile 16, the site upstream of the tar sands complex.

Data from this study also indicate the presence of an unsuspected toxicant source which strongly impacts the sediment and suspended sediments at Carlson's Landing on the Peace River.

indiquent la présence d'une source inattendue de matières toxiques qui contaminent fortement les sédiments et les matières en suspension de la rivière Peace à hauteur de Carlson's Landing.

À une étape ultérieure de cette étude pluridisciplinaire d'une durée de quatre ans, les résultats des examens chimiques seront mis en corrélation avec ceux des épreuves biologiques d'écotoxicité.

## RÉSUMÉ

Ce rapport fait état de la poursuite de notre étude écotoxicologique des rivières Athabasca, Peace et des Esclaves. Lors de cette étude, la fraction de l'eau, des matières en suspension et des sédiments extraite par des solvants organiques a été étudiée au moyen de la série des épreuves biologiques. Les résultats obtenus sur la fraction extraite de l'eau et des matières en suspension indiquent que la charge des matières toxiques en amont des usines d'exploitation de sables bitumineux (Mille 16) est semblable à celle observée immédiatement en aval (Mille 34) de ces installations. Cependant, les résultats des épreuves biologiques faites sur les sédiments prélevés au Mille 34 indiquent fortement l'existence d'une source de substances toxiques associées à un ou plusieurs sites en aval du Mille 16, soit la station située en amont du complexe d'exploitation des sables bitumineux.

En outre, les résultats de cette étude indiquent la présence d'une source inattendue de matières toxiques qui contaminent fortement les sédiments et les matières en suspension de la rivière Peace à hauteur de Carlson's Landing.

### 92-130

**A Comparison of Four Simple Water Extraction-Concentration Procedures to be Used With the Battery of Bioassay Tests Approach.** B.J. Dutka, D.L. Liu and A. Jurkovic. *Toxicity Assessment and Water Quality* (in press).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Chemical concentration-extraction procedures are now relatively easily performed on contaminants at ppb and ppt levels in water samples. However, many bioassay tests appear not to be sufficiently sensitive to chemicals at these

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

On peut maintenant effectuer relativement facilement la concentration et l'extraction de contaminants de l'ordre de la partie par  $10^9$  et de la partie par  $10^{12}$  dans des

concentrations, therefore some form of concentration is required to bring the toxicant concentration into concentration ranges which can elicit a response in the bioassay. This report describes the evaluation of a variety of water concentration/extraction procedures. One of these procedures using membrane filtration followed by dissolving the membrane in 100% DMSO was developed in our laboratories in 1981 for use with the Ames' Test for mutagen screening, and in this study it was found to still be one of the better and least expensive procedures to concentrate water samples for bioassay testing.

#### ABSTRACT

With many environmental water samples, excluding industrial and domestic effluents, it has been found necessary to concentrate the water samples prior to testing with various bioassays for toxicant/genotoxicant content. In this report we describe four water concentration procedures: (1) flash evaporation, (2) Blue Rayon, (3) Empore disk and (4) membrane filtration. For the water samples tested in this study a flash evaporation procedure and the membrane filtration procedure were the most promising sample concentration procedures. Results are discussed and future research directions are proposed.

échantillons aqueux. Toutefois, de nombreux dosages biologiques ne semblent pas suffisamment sensibles aux substances à ces concentrations; il faut donc procéder à une certaine forme de concentration des substances toxiques dans les échantillons pour permettre leur dosage par une méthode biologique. Le présent rapport décrit l'évaluation de diverses méthodes de concentration et d'extraction d'échantillons aqueux. L'une de ces méthodes fait appel à une technique de filtration sur membrane suivie d'une dissolution de la membrane dans du DMSO à 100 %, technique que nous avons mise au point dans nos laboratoires, en 1981, pour le dépistage des agents mutagènes par le Test d'Ames; dans la présente étude, cette méthode reste l'une des meilleures et des moins coûteuses pour concentrer des échantillons aqueux avant de procéder à un dosage biologique.

#### RÉSUMÉ

Dans de nombreux échantillons aqueux prélevés dans l'environnement, sauf les échantillons d'effluents industriels et domestiques, il s'avère nécessaire de concentrer les agents toxiques et génotoxiques qui y sont présents avant leur dosage au moyen de diverses méthodes biologiques. Dans le présent rapport, on décrit quatre méthodes de concentration d'échantillons aqueux : 1) l'évaporation à détente, 2) la méthode «Blue Rayon», 3) le disque Empore et 4) la filtration sur membrane. Dans le cas des échantillons soumis aux essais, c'est une méthode d'évaporation à détente et une méthode de filtration sur membrane qui se sont révélées les plus prometteuses pour concentrer les échantillons. On discute des résultats obtenus et on propose l'orientation à prendre en matière de recherche.

#### 92-132

Herbicide Residues in Surface Runoff from a Agricultural Waterbed in Southern Ontario.  
H. Ng, B. Trapp and S. Clegg. *Wat. Poll. J. of Canada* (submitted).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Herbicides in agricultural runoff have been identified as one of the non-point sources of pollution to receiving waters. The report that follows examined the relationships between the

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les herbicides présents dans l'eau de ruissellement en milieu agricole ont été caractérisés comme l'une des sources non

surface runoff volumes and the herbicide concentrations and their diminishing nature with time after application.

The information will assist in dealing with modelling aspects of herbicide release from the agricultural watershed.

## ABSTRACT

Five herbicides were selected for monitoring of their residues in agricultural runoff from an established agricultural watershed located in southwestern Ontario. A large portion of the watershed was planted in corn, and the rest was planted in soybean, and cash crops. Alachlor and cyanazine were not detected in any of the runoff events monitored. Atrazine and deethylatrazine were detected in all the events. The concentrations of atrazine ranged from .45 to 21  $\mu\text{g/L}$ , and the concentrations of deethylatrazine ranged from 0.3 to 3.0  $\mu\text{g/L}$ . Metolachlor was detected in 23 out of the 58 samples with concentrations ranging from .67 to 13.0  $\mu\text{g/L}$ . Relationships between the herbicide concentrations and the runoff volumes could not be established. The residue levels of atrazine, deethylatrazine and metolachlor in the runoff declined exponentially with time after application.

Atrazine and deethylatrazine were detected in the baseflow samples. The residue of atrazine in the baseflow accounted to 16% and 27% of the surface runoff for June and August respectively. Similarly, the residue of deethylatrazine in the baseflow accounted to 46% and 59% of the surface runoff for June and August, respectively. Metolachlor was not detected in the baseflow samples.

The concentrations of atrazine, deethylatrazine and metolachlor observed in May 17 and July 9 runoff events were higher than those observed in the other events. It suggested that the times of herbicide applications on the farms were somewhere around those periods.

ponctuelles de pollution pour les eaux réceptrices. Le rapport qui suit examine la relation entre les volumes d'eau de ruissellement en surface et les concentrations d'herbicide, ainsi que la vitesse de la baisse de concentration en fonction du temps, après l'application.

Ces données permettront de faciliter la modélisation de la libération d'herbicide par les bassins hydrographiques agricoles.

## RÉSUMÉ

Cinq herbicides ont été choisis pour la surveillance de leurs résidus dans l'eau de ruissellement agricole provenant d'un bassin agricole, situé dans le sud-ouest de l'Ontario. Une grande partie du bassin était constituée de champs de maïs, le reste de soya et d'autres cultures commerciales. L'alachlore et la cyanazine n'ont été décelés dans aucun des épisodes de ruissellement. Mais, on a chaque fois constaté la présence d'atrazine et de déséthylatrazine. Les concentrations d'atrazine variaient de 0,45 à 21  $\mu\text{g/L}$ , et celles de déséthylatrazine de 0,3 à 3,0  $\mu\text{g/L}$ . Le métolachlore a été décelé dans 23 échantillons sur 58, avec des concentrations de 0,67 à 13,0  $\mu\text{g/L}$ . On n'a pas pu établir de relation entre les concentrations d'herbicide et les volumes de ruissellement. Les concentrations résiduelles d'atrazine, de déséthylatrazine et de métolachlore de l'eau de ruissellement ont baissé exponentiellement en fonction du temps après l'application.

L'atrazine et la déséthylatrazine ont été décelées dans les échantillons de l'écoulement de fond. Les résidus d'atrazine dans cette partie de l'écoulement représentaient respectivement 16 % et 27 % de l'écoulement en surface pour juin et août. De même, les résidus de déséthylatrazine dans l'écoulement de fond représentaient 46 % et 59 % du ruissellement en surface pour juin et août. On n'a pas pu décelé de métolachlore dans les échantillons de l'écoulement de fond.

Les concentrations d'atrazine, de déséthylatrazine et de métolachlore, observées dans l'eau de ruissellement du 17 mai et du 9 juillet, étaient plus élevées que celles observées au cours de n'importe lequel des

autres épisodes. Cela laisse supposer que les applications d'herbicides dans les exploitations agricoles se situaient aux alentours de ces périodes.

## 92-133

Characterization of Fracture Aperture by Inverse Analysis. A.R. Piggot. *Canada Geotechnical Journal* (in press).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Knowledge of the hydrogeomechanical properties of single fractures is widely recognized as a necessary precursor to the prediction of groundwater flow and contaminant transport through the fractured soil and rock masses which characterize much of the near-surface and subsurface geology of Canada. This report discusses a novel method of relating the observed fluid and electrical current transport behaviour of a fracture to the fracture void geometry responsible for this behaviour. With fracture void geometry defined from this analysis, other aspects of the behaviour of a fracture, including contaminant transport, may be predicted with considerable confidence.

The insight gained from this study is directly applicable to the performance assessment of hazardous waste isolation facilities in fractured rock, specifically to the assessment of the Canadian concept of geologic disposal of nuclear fuel wastes. This insight is also applicable to the design of groundwater resource recovery and contamination remediation programs in fractured geologic media and to various aspects of hydrocarbon and geothermal energy recovery.

### ABSTRACT

Formulation and application of a procedure for characterizing the spatial distribution of aperture within a single fracture in rock are discussed. A simultaneous inversion approach is used to construct the aperture distribution which best replicates the macroscopic variability apparent in measured hydraulic and electrical data. In this approach, aperture distributions are generated from a specified model, flow is simulated for each of multiple test types and configurations, the error of approximating the measured data with the simulated results is evaluated, and an optimization algorithm is used to minimize the error with respect to parameters regulating the aperture distribution. The

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La connaissance des propriétés hydrogéomécaniques des fractures simples est largement considérée comme nécessaire à la prévision de l'écoulement des eaux souterraines et du transport des contaminants dans les sols et les masses rocheuses fracturées caractéristiques d'une bonne partie de la géologie de subsurface et des couches voisines de la surface au Canada. Le présent rapport traite d'une nouvelle méthode permettant de relier l'écoulement d'un fluide et le courant électrique circulant dans une fracture à la géométrie de son ouverture, dont sont tributaires ces deux paramètres. À partir de la géométrie de l'espace vide de la fracture établie grâce à cette analyse, d'autres aspects des propriétés des fractures, dont le transport de contaminants, peuvent être prédites avec un degré de certitude élevé.

Les résultats de cette étude sont directement applicables dans l'évaluation de l'efficacité des installations de confinement de déchets dangereux aménagées dans un substrat rocheux fracturé, particulièrement à l'évaluation du recours au stockage géologique des combustibles nucléaires au Canada. Les connaissances acquises peuvent aussi servir dans l'exploitation des ressources en eaux souterraines dans des substrats géologiques fracturés et l'élaboration de programmes visant leur décontamination, de même qu'en matière d'exploitation des hydrocarbures et de l'énergie géothermique.

### RÉSUMÉ

Le présent rapport décrit une méthode permettant d'établir le profil spatial de l'ouverture d'une fracture simple dans le roc, et montre comment l'appliquer. Une analyse inverse simultanée est utilisée pour

procedure is applied to data obtained from laboratory tests conducted on a natural fracture in granite. Three aperture distributions which illustrate similar characteristics at the macroscopic scale are inferred from the data. Corroboration of these distributions is obtained from the simulation of tracer transport through the fracture and comparison of the simulated results with measured data. While this presentation addresses laboratory scale data, the procedure is equally applicable at in situ scales.

**Key words:** characterization, fractured rock, groundwater flow, contaminant transport, inverse analysis

l'établissement du profil spatial de l'ouverture qui rend le mieux compte de la variabilité macroscopique observée dans des mesures hydrologiques et électriques. Dans cette analyse, des profils spatiaux de l'ouverture sont générées par un modèle spécifique, l'écoulement est simulé pour chacun des divers types et configurations testés, l'écart entre les données empiriques et les prévisions du modèle est évalué et un algorithme d'optimisation visant à minimiser cet écart en tenant compte des paramètres déterminant le profil spatial de l'ouverture est utilisé. Cette méthode est appliquée à des données obtenues en laboratoire lors de tests réalisés sur une fracture naturelle dans le granite. Trois profils spatiaux ayant des caractéristiques macroscopiques similaires sont tirées des données. La corroboration de la validité de ces profils est obtenue par simulation du transport d'un traceur dans la fracture et comparaison des résultats de cette simulation avec des données empiriques. Il s'agit ici de données de laboratoire, mais cette méthode peut également être appliquée en grandeur réelle sur le terrain.

**Mots-clés:** établissement; fracture dans le roc; écoulement des eaux souterraines; transport des contaminants; analyse inverse.

## 92-134

Extracellular Fibril Production by Freshwater Algae and Cyanobacteria. T. Strycek, J. Acreman, A. Kerry, G.G. Leppard, M.V. Nermut and D.J. Kushner. *Microbial Ecology*, 23:53-74.

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The extracellular fibril production by Canadian freshwater algae was assessed using fibril-specific stains and chemical measures applied to 28 freshly isolated species in cultures established by the University of Toronto Culture Collection. With the baseline information in place, nutritional effects on fibril production, especially phosphate deprivation effects, were analyzed for selected algal species. Such new information is useful in light of the facts that (1) fibrils can account for up to 33% of the Dissolved Organic Carbon in a lake and that (2) nutrient level changes can modulate fibril production rate, for some species. Some algae could be induced by nutritional manipulation to produce fibril concentrations of 50 mg/L or higher in mesocosms, thus suggesting their use in the production of sufficient quantities of fresh fibrils of

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La production de fibrilles extracellulaires par des algues d'eau douce canadiennes a été évaluée au moyen de colorations propres aux fibrilles et d'analyses chimiques de 28 espèces nouvellement isolées dans des cultures provenant de la collection de cultures de l'Université de Toronto (University of Toronto Culture Collection). Les données de base étant bien établies, les effets des éléments nutritifs sur la production de fibrilles, en particulier les effets d'une carence en phosphate, ont été analysés chez des algues choisies. Ces nouvelles données sont utiles si l'on tient compte que : 1) les fibrilles peuvent représenter jusqu'à 33 % du carbone organique dissous dans un lac et 2) les variations de la

a given type for contaminant partitioning studies (fibrils vs. water). The relationship between phosphate deprivation and fibril production was shown to be more complex than believed earlier.

### ABSTRACT

In order to study the ability of freshwater algae and cyanobacteria to form extracellular fibrils, a screening test using ruthenium red (RR) staining was carried out on 28 species. Five of these were examined for growth and production of fibrillar material in culture media of different phosphate ( $P_i$ ) contents. RR-staining and uranic acid determinations at various stages of algal growth were complemented by electron microscopy of the cells and of fibrillar material released into the medium. The lower  $P_i$  concentrations enhanced growth of *Micrasterias radiata*, *Eremosphaera* sp. and *Microcystis aeruginosa*, and had little or no effect on growth of a *Xanthidium* sp. and *Scenedesmus quadricauda*. Extracellular uranic acid production, which was higher in low  $P_i$  medium in *M. radiata*, *M. aeruginosa* and *Xanthidium* sp., and which could reach levels of 50 mg/L or more, represented only a small portion of the materials released into the growth medium. Algae with high proportions of RR-positive cells (*M. radiata*, *Eremosphaera* sp., *Xanthidium* sp., and *M. aeruginosa*) produced high levels of slime-like material and distinct fibrils which were often seen attached to the cell surface and only slowly released into the medium. No such material was found in cultures (or supernatants) of *Sc. quadricauda*, which also produced relatively low amounts of polyuronic acids. Specific types of filaments, often forming "fascicles" with rectangular arrays of globular particles were observed by negative staining electron microscopy of some algal cultures. RR-positive material was also observed in the cytoplasm and on the cell walls and surfaces of *M. radiata* and *M. aeruginosa*.

teneur en éléments nutritifs peuvent modifier le taux de production de fibrilles, chez certaines espèces. Des manipulations au niveau des éléments nutritifs peuvent induire, chez certaines algues, la production de concentrations minimales de 50 mg par litre de fibrilles dans des mésocosmes, ce qui porte à croire qu'elles pourraient être utilisées pour la production de quantités suffisantes de nouvelles fibrilles d'un type donné pour des études sur le fractionnement des contaminants (fibrilles par rapport à l'eau). Le rapport entre la carence en phosphate et la production de fibrilles s'est révélé plus complexe que prévu.

### RÉSUMÉ

Afin d'étudier l'aptitude des algues d'eau douce et des cyanobactéries à former des fibrilles extracellulaires, un test de dépistage au rouge de ruthénium (RR) a été appliqué chez 28 espèces. On a analysé la croissance et la production de matériel fibrillaire dans des milieux de culture à teneurs variées en phosphates ( $P_i$ ) chez cinq de ces espèces. La coloration au rouge de ruthénium et les dosages d'acide uranique à différents stades de croissance des algues ont été complétés par des études de microscopie électronique des cellules et du matériel fibrillaire libéré dans le milieu. Les teneurs faibles en  $P_i$  favorisaient la croissance de *Micrasterias radiata*, d'*Eremosphaera* sp. et de *Microcystis aeruginosa*, et avaient peu ou pas d'effet sur la croissance de *Xanthidium* sp. et de *Scenedesmus quadricauda*. La production d'acide uranique extracellulaire, qui était plus élevée dans un milieu à faible teneur en  $P_i$  chez *M. radiata*, *M. aeruginosa* et *Xanthidium* sp., et qui pouvait atteindre des teneurs de 50 mg/L ou plus, ne représentait qu'une faible portion des matières libérées dans le milieu de croissance. Les algues qui contenaient une forte proportion de cellules positives au rouge de ruthénium (*M. radiata*, *Eremosphaera* sp., *Xanthidium* sp. et *M. aeruginosa*) produisaient de grandes quantités de matière ressemblant à un film biologique et des fibrilles distinctes qui étaient souvent fixées à la surface des cellules et qui n'étaient libérées que lentement dans le milieu. Les cultures (ou surnageants) de *Sc. quadricauda*, qui produisent également des quantités relativement faibles d'acide

polyuronique, ne contenaient pas ce genre de matière. Des types particuliers de filaments, formant souvent des "rameaux" avec des particules globulaires disposées en rectangles ont été observés au microscope électronique par coloration négative de certaines cultures d'algues. On a également relevé la présence de matière positive au rouge de ruthénium dans le cytoplasme, les parois cellulaires et les surfaces de *M. radiata* et de *M. aeruginosa*.

## 92-135

### Relationships Between Concentrations Of Metals In Sediment And Two Species Of Freshwater Mussels In The Ottawa River . J.L. Metcalfe-Smith, J.C. Merriman and S.P. Batchelor. *Wat. Poll. Res. J. Canada* (submitted).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

In recent years, the pollution status of the Ottawa River has been assessed by routine water quality monitoring and occasional sediment and biota surveys for contaminants of concern, including metals. The purpose of this study was to determine whether monitoring contaminant levels in indigenous freshwater mussels would be a viable option. Marine mussels are widely used as biomonitorers of metal pollution in coastal environments; freshwater mussels have similar potential (high metal bioaccumulation rates, sedentary lifestyle, ubiquitous, low trophic level) but to date they have been under-utilized. It is intuitively advantageous to use living organisms to monitor pollution, since they provide a direct, integrated measure of the bioavailability of contaminants from all sources of exposure.

The results of this study demonstrated that non-exceedance of water or sediment quality guidelines at a given site was not necessarily a good indicator of the degree to which resident mussels were contaminated. Concentrations of As, Cd, Zn and Hg in Ottawa River mussels were shown to be elevated relative to mussels from other tributaries to the St. Lawrence River. Most metals were more bioavailable to mussels at the Treadwell site than at Castleford or Carillon, and this was not apparent from the results of sediment analyses alone. Concentrations of Cd, Zn and Se were higher in mussels than in sediment, suggesting that mussels may be more suitable for detecting trends in contamination with these metals. Interspecific differences in metal uptake were significant for several metals; in particular, *Elliptio complanata* accumulated higher concentrations of Cr and Ni,

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Ces dernières années, le degré de pollution de la rivière des Outaouais a été évalué au moyen d'activités régulières de surveillance de la qualité de l'eau et de relevés occasionnels des contaminants préoccupants, dont les métaux, dans les sédiments et le biote. La présente étude avait pour but de déterminer si les moules d'eau douce indigènes pourraient constituer de bons indicateurs des concentrations de contaminants. Les moules marines sont largement utilisées comme bio-indicateurs de la pollution par les métaux dans les milieux côtiers; les moules d'eau douce offrent un potentiel similaire (taux élevés de bioaccumulation des métaux, vie sédentaire, omniprésence, niveau trophique bas), mais à ce jour, elles ont été sous-utilisées à cette fin. Il tombe sous le sens que l'utilisation d'organismes vivants pour la surveillance de la pollution est avantageuse; en effet, ils permettent l'obtention d'une mesure directe, «in vivo», de la biodisponibilité des contaminants provenant de toutes les sources susceptibles de contaminées le biote.

Les résultats de l'étude montrent que le fait que les concentrations de contaminants à un endroit donné n'exèdent pas les valeurs seuils établies dans les recommandations sur la qualité de l'eau et des sédiments ne reflète pas toujours le degré de contamination des moules présentes en cet endroit. On a observé que les concentrations d'As, de Cd, de Zn et de Hg dans les moules de la rivière des Outaouais étaient élevées par rapport à celles mesurées

while *Lampsilis radiata* accumulated higher concentrations of Cu and Zn. Although variability due to biological factors can reduce the precision of biomonitoring programs, there is evidence to suggest that sediment may in fact be more variable. The analysis of mussels provided additional, biologically relevant, information on the pollution status of the Ottawa River that was not apparent from water and sediment analyses. Further work is needed to develop standardized techniques for biomonitoring with indigenous mussels, and studies are currently underway in the St. Lawrence River.

#### ABSTRACT

In recent years, the pollution status of the Ottawa River has been assessed by routine water quality monitoring and occasional sediment and biota surveys for contaminants of concern, including metals. The purpose of this study was to determine whether monitoring contaminant levels in indigenous freshwater mussels would be a viable option. Water, sediment and two species of indigenous mussels, *Elliptio complanata* (Unionidae, Ambleminae) and *Lampsilis radiata* (Unionidae, Lampsiliinae), were collected from three stations at each of three sites on the river and analyzed for Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, As, Se and Hg. The data on all media were then compared to determine whether they provided confirmatory, complementary or conflicting information on contaminant trends in the river. Non-exceedance of environmental criteria for metals in water or sediment was not necessarily a good indicator of the degree to which mussels from the same site were contaminated. Concentrations of As, Cd, Zn and Hg in Ottawa River mussels were elevated relative to mussels from other tributaries to the St. Lawrence River. Significant correlations were observed between concentrations of Cd, Cr, As, Se (positive) and Zn (negative) in mussels and sediment. Concentrations of Cd, Zn and Se were higher, and Co, Cr and Ni lower, in mussels than sediment; As varied with exposure concentration. Concentrations of Cu and Hg were generally similar in both media, except that Hg concentrations were much higher in *E. complanata* accumulated higher concentrations of Cr, Ni and possible Co than *L. radiata*, while *L. radiata* accumulated higher concentrations of Cu, Zn and possibly As. Both species accumulated similar concentrations of Se and Hg except at Treadwell, where they were higher in *E. complanata*. There were no interspecific differences for Cd. Trends in metal

dans des moules d'autres tributaires du Saint-Laurent. La concentration de la plupart des métaux était plus élevée dans les moules échantillonnées à Treadwell que dans celles de Castleford et de Carillon, ce qui n'était pas apparent dans les résultats des analyses de sédiments. Les concentrations de Cd, de Zn et de Se étaient plus élevées dans les moules que dans les sédiments, ce qui laisse penser que les moules pourraient permettre une meilleure détection des tendances de la contamination par ces métaux. On a observé des différences statistiquement significatives entre les deux espèces de moules dans les concentrations de plusieurs métaux : par exemple, *Elliptio complanata* avait de plus fortes concentrations de Cr et de Ni, tandis que *Lampsilis radiata* avait de plus fortes concentrations de Cu et de Zn. La variabilité attribuable à des facteurs biologiques peut certes réduire la précision des mesures réalisées dans le cadre des programmes de biosurveillance, mais il semble que les sédiments peuvent montrer une variabilité encore plus importante. Les analyses des moules ont fourni de nouvelles informations, pertinentes au plan biologique, concernant le degré de pollution de la rivière des Outaouais, informations que les seules analyses de l'eau et des sédiments n'ont pu fournir. Des travaux supplémentaires devront être effectués pour l'élaboration de techniques normalisées de biosurveillance utilisant les moules; des études sont actuellement en cours dans le Saint-Laurent.

#### RÉSUMÉ

Ces dernières années, le degré de pollution de la rivière des Outaouais a été évalué au moyen d'activités régulières de surveillance de la qualité de l'eau et de relevés occasionnels des contaminants préoccupants, dont les métaux, dans les sédiments et le biote. La présente étude avait pour but de déterminer si les moules d'eau douce indigènes pourraient constituer de bons indicateurs des concentrations de contaminants. On a échantillonné dans la rivière, en trois endroits, de l'eau, des sédiments et deux espèces de moules indigènes, *Elliptio complanata* (Unionidae, Ambleminae) et *Lampsilis radiata* (Unionidae, Lampsiliinae), à trois sites par endroit à des fins de détermination des concentrations de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, As,

pollution among Ottawa River sites as determined by sediment analysis were not necessarily reflected by mussels, indicating that the bioavailability of metals depends on many factors in addition to actual exposure concentrations. There is some evidence to suggest that mussels may be more sensitive than sediment to site-to-site differences in environmental contamination. In conclusion, mussels provided additional, biologically relevant, information on metal pollution in the Ottawa River that was not apparent from water or sediment analyses alone.

Se et Hg. On a ensuite comparé les concentrations mesurées dans l'eau, les sédiments et les moules pour déterminer si elles fournissaient des informations confirmatives, complémentaires ou contradictoires relativement aux tendances des contaminants dans la rivière. Les résultats de l'étude montrent que le fait que les concentrations de métaux à un endroit donné n'excèdent pas les valeurs seuils établies dans les recommandations sur la qualité de l'eau et des sédiments ne reflète pas toujours le degré de contamination des moules présentes en cet endroit. On a observé que les concentrations d'As, de Cd, de Zn et de Hg dans les moules de la rivière des Outaouais étaient élevées par rapport à celles mesurées dans des moules d'autres tributaires du Saint-Laurent. Des corrélations statistiquement significatives ont été observées entre les concentrations de Cd, Cr, As, Se (corrélation positive) et Zn (corrélation négative) mesurées dans les moules et les sédiments. Les concentrations de Cd, Zn et Se étaient plus élevées dans les moules que dans les sédiments et celles de Co, Cr et Ni, moins élevées; les concentrations d'As étaient fonction des concentrations auxquelles les moules étaient exposées. Les concentrations de Cu et de Hg étaient généralement du même ordre dans les moules et les sédiments, sauf que celles de Hg étaient beaucoup plus élevées dans *E. complanata* que dans les sédiments à Treadwell. *E. complanata* avait de plus fortes concentrations de Cr, de Ni et peut-être de Co que *L. radiata*, tandis que cette dernière avait de plus fortes concentrations de Cu, de Zn et peut-être d'As. Les concentrations de Se et de Hg étaient similaires, sauf à Treadwell, où elles étaient plus élevées chez *E. complanata*. On a observé aucune différence entre les deux espèces dans le cas du Cd. Les tendances de la pollution par les métaux dans la rivière des Outaouais déterminées par les analyses des sédiments aux divers sites n'étaient pas nécessairement reflétées par les concentrations mesurées dans les moules, ce qui indique que le taux d'absorption des métaux par les moules est fonction de bien d'autres facteurs que les concentrations réelles auxquelles elles sont exposées. Certaines observations laissent entendre que le degré de contamination des moules varierait davantage que celui des sédiments suivant les différences dans la contamination du milieu d'un site à l'autre.

On peut conclure que les analyses des moules ont fourni de nouvelles informations, pertinentes au plan biologique, concernant le degré de pollution de la rivière des Outaouais par les métaux, informations que les seules analyses de l'eau et des sédiments n'ont pu fournir.

### 92-136

The Occurrence and Roles of Porphyrins in the Environment: Possible Implications for Bioremediation. S. Lesage, H. Xu and L. Durham. *Hydrological Sciences Journal*, (accepted).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE and ABSTRACT

Porphyrins are the molecules which are at the heart of most biochemical reactions involved in bioremediation. This review paper discusses the chemical structures, the biosynthetic pathways and the occurrence of porphyrins in the environment. The parallel between the mammalian and bacterial cytochrome P.450 enzyme systems and the similarity of the reactions at the molecular level is brought to the attention of the reader. Experiments where porphyrins and corrinooids are used as catalysts in the absence of the enzymes or the bacterial cells are opening the field of biochemical remediation, somewhere midway between biological and abiotic reactions.

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION et RÉSUMÉ

Les porphyrines sont les molécules qui se retrouvent au cœur de la plupart des réactions biochimiques impliquées dans la biorestauration. Cet article passe en revue les structures chimiques, les chaînes de biosynthèse et la présence des porphyrines dans l'environnement. On dresse un parallèle entre les systèmes enzymatiques cytochromes P-450 d'origine bactérienne et mammifère et la similitude de leurs réactions au niveau moléculaire est soulignée. Des essais où les porphyrines et les corrinoïdes sont utilisées comme catalyseurs en l'absence d'enzymes ou de cellules bactériennes ouvrent la voie à la restauration biochimique, quelque part entre les réactions biologiques et abiotiques.

### 92-138

Urban Impacts on Bacteriological Pollution of the St. Clair River in Sarnia: Sources and Cleanup. J. Marsalek, B.J. Dutka and I.K. Tsanis. (NWRI Report).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The closing of swimming beaches, caused by fecal bacteria contamination, is one of the most common water use impairments caused by urban pollution. Such incidents are particularly frequent in urban areas with combined sewer overflows. The report that follows addresses this problem in one of the areas of concern in the Great Lakes Basin, the St. Clair River in Sarnia, Ontario. The report presents a methodology proposed for the assessment of bacteriological contamination of the receiving waters, and evaluation of contamination

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La fermeture des plages à la baignade, par suite d'une contamination bactérienne fécale, constitue l'une des formes les plus courantes de perte d'utilité de l'eau attribuable à la pollution urbaine. Les problèmes de ce genre sont particulièrement fréquents dans les secteurs urbains où existent des égouts évacuateurs unitaires. Le présent rapport traite de ce problème dans l'un des secteurs préoccupants du bassin des Grands Lacs, soit

sources and transport modes. This methodology comprises field observations of indicator microorganisms in the receiving waters and source discharges, simulation of bacterial loads by a loading model, and simulation of transport in the receiving waters.

This report will assist the St. Clair River Remedial Action Plan Team in their environmental planning and should be of interest to others dealing with the assessment of fecal bacteria pollution of receiving waters due to urban sources.

## ABSTRACT

The urban impacts on fecal bacteria pollution of the near-shore zone of the St. Clair River in Sarnia were studied by means of field observations and computer modelling. Toward this end, 14 sampling stations were established in the study area and served for observing fecal coliform, fecal streptococci, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and coliphage in the river and in discharges from several sources. Distributions of the observed microorganism densities were used to assess the levels of fecal bacteria pollution and to evaluate compliance with the Canadian Recreational Water Quality Guidelines recommending a limiting value of 100 fecal coliform/100 mL. The upper reach of the river exhibited good water quality with low fecal bacteria densities and probabilities of compliance with the guidelines greater than 80%. The worst fecal bacteria contamination was observed at the downstream end of the Sarnia Waterfront where the probability of compliance was about 1%. Below the waterfront, the water quality somewhat recovered probably by the mixing and dilution of sewer outfall plumes.

For modelling purposes, a fecal bacteria loading model was developed and interfaced with a receiving water model. The loading model comprised an urban runoff/combined sewer overflow (CSO) generator coupled with a water quality rating curve, which was fitted to the observed data on indicator bacteria. Simulations with the receiving water model indicated that in the main river channel, the advective transport clearly prevailed and led to a fast flushing of the channel, the Government Harbour and Sarnia Bay, different transport conditions were observed - much weaker advection and longer flushing times. Consequently, in these bodies, wet weather impacts may persist from 10 to 20 hours after the cessation of runoff.

la rivière Sainte-Claire à Sarnia, Ontario. Ce rapport fait état d'une méthode proposée d'évaluation de la contamination bactérienne des plans d'eau récepteurs et de l'évaluation des sources de contamination ainsi que des modes de transport. La méthode comprend des observations sur le terrain de micro-organismes indicateurs dans les plans d'eau récepteurs et les points de rejet, la simulation des charges bactériennes par un modèle et la simulation du transport dans les plans d'eau récepteurs.

Ce rapport aidera l'équipe responsable du plan de mesures correctrices de la rivière Sainte-Claire à planifier ses interventions environnementales; il devrait avoir de l'intérêt pour d'autres personnes concernées par l'évaluation de la pollution bactérienne fécale des plans d'eau récepteurs, qui est attribuable à des sources urbaines.

## RÉSUMÉ

Les effets de la pollution bactérienne fécale d'origine urbaine sur la zone riveraine de la rivière Sainte-Claire à Sarnia, ont été étudiés par observation sur le terrain et modélisation informatique. À cette fin, 14 stations d'échantillonnage ont été déterminées dans la région d'étude et ont servi à l'observation des concentrations de coliformes fécaux, de streptocoques fécaux, d'*E. coli*, de *Pseudomonas aeruginosa* et de coliphages dans l'eau de la rivière et dans les rejets provenant de différentes sources. La distribution des densités observées de micro-organismes a servi à l'évaluation de l'importance de la pollution bactérienne fécale et à l'évaluation du respect des recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada, dont la limite a été fixée à 100 coliformes fécaux par 100 mL d'eau. Dans le cours supérieur de la rivière, l'eau était de bonne qualité, la densité des bactéries d'origine fécale était basse et les probabilités du respect des directives étaient supérieures à 80 %. La pire contamination bactérienne d'origine fécale a été observée du côté situé en aval du secteur riverain de Sarnia, où la probabilité du respect des directives était d'environ 1 %. En aval du secteur riverain, la qualité de l'eau s'améliore quelque peu; cela est probablement attribuable au mélange et à la dilution de l'eau de

A preliminary analysis of remedial measures indicated the need to prioritize such measures according to the water uses in various sections of the receiving waters and sources of bacterial contamination. In terms of recreational water uses, the highest ranking was assigned to Sarnia Bay followed by the water front. Among the sources, the highest priority should be assigned to pollutional discharges occurring in dry weather, caused by cross-connections or malfunctions in the sewer systems, followed by combined sewer overflows, and stormwater.

l'exutoire.

Afin de pouvoir procéder à des modélisations, un modèle de charge bactérienne fécale a été mis au point et combiné à un modèle de plans d'eau récepteurs. Le modèle de charge comprend une source de ruissellement urbain et d'égouts évacuateurs unitaires, et il comprend une courbe représentant la qualité de l'eau qui a été ajustée aux données d'observation sur les bactéries indicatrices. Les simulations faites avec le modèle des plans d'eau récepteurs indiquent que dans le chenal principal de la rivière, le transport par advection constitue le mécanisme dominant et qu'il exerce une action de chasse. Dans le port du gouvernement et dans la baie Sarnia, des conditions différentes de transport ont été observées : il y avait beaucoup moins d'advection et le temps de renouvellement de l'eau était plus long. Par conséquent, dans ces plans d'eau, l'effet des précipitations peut persister dix à vingt heures après la fin des précipitations.

Une analyse préliminaire des mesures correctrices indique la nécessité de procéder à un établissement des priorités des mesures afin de tenir compte des utilisations de l'eau dans les différents secteurs des plans d'eau récepteurs et selon les sources de contamination bactérienne. Pour ce qui est des activités récréatives, la baie Sarnia obtenait la plus grande priorité; elle était suivie par le secteur riverain. Quant aux sources, la plus grande priorité devrait être attribuée aux rejets de matières polluantes par temps sec qui sont attribuables à des raccordements ou au mauvais fonctionnement des réseaux d'égout; viennent ensuite les égouts évacuateurs unitaires et le rejet des eaux de pluie.

## 92-139

In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part I): Physical Characteristics and Formational Processes. I.G. Droppo and M. Stone. *Hydrological Processes* (in press).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Suspended solids are transport agents for nutrients and contaminants and, therefore, play a major role in the biological and chemical dynamics of the aquatic environment. Traditional approaches to sediment bedload transport have focused on the

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les matières solides fines en suspension jouent un rôle important dans le transport des substances nutritives et des contaminants dans de nombreuses rivières. Dans le passé, il était

cohesionless fraction ( $>63 \mu\text{m}$ ) and the hydraulic conditions required for their erosion, suspension and deposition. The cohesive fraction ( $<63 \mu\text{m}$ ), has generally been presumed to contribute little to the overall bedload particle matrix because of its easily transported nature. This report, however, demonstrates that during low flow periods, the  $<63 \mu\text{m}$  fraction may represent a significant proportion of the bed sediment which is available for subsequent resuspension and downstream transport at higher flows. This fine sediment can form a surficial fine-grained laminae (SFGL) of considerable thickness over existing bed forms. Flocculation of suspended solids and not low discharge or low competence is demonstrated to be the possible mechanisms of SFGL formation in southwestern Ontario rivers. Quantification of the significance of SFGL as a source of fine-grained sediment (which has direct implications for contaminant transport) will allow environmental managers to identify more accurately the source, fate and effects of sediment and associated contaminants on receiving water bodies.

## ABSTRACT

An in-channel surficial depositional feature (surficial fine-grained laminae) composed of loosely bound fine sediment deposited during low flow conditions has frequently been observed by the authors in many south western Ontario river systems. The physical characteristics of this feature have been determined by a direct observation image analysis system. This sediment consists primarily of flocculated fine-grained material. Size distributions of surficial fine-grained laminae and suspended sediment were not significantly different. Each distribution is bimodal in nature and exhibits a characteristic grain size deficiency in the 4 to 5  $\mu\text{m}$  size range. This observation suggests that flocculation and not low discharge or low competence is the dominant mechanism for the formation of surficial fine-grained laminae under conditions of low flow in fluvial systems of south western Ontario. A quantitative assessment of this feature demonstrates its potential importance as a source of fine-grained sediment and associated contaminants for downstream transport.

**Key Words:** surficial fine-grained laminae, suspended sediment, flocculation, particle size, rivers

généralement admis que la plus grande partie des sédiments de moins de 63  $\mu\text{m}$  charriés par les rivières provenaient de l'extérieur de leur chenal, y étant introduits par divers processus d'érosion. La partie I de la présente étude (Contribution de l'INRE n° 92-139) montre cependant qu'une couche superficielle de sédiments fins, qui se constitue sur les formes existantes du lit des cours d'eau par floculation quand les débits sont faibles, peut représenter une source importante de sédiments fins remis en suspension et charriés vers l'aval quand les débits augmentent. La partie II fait état de la teneur de cette couche en substances nutritives et en métaux dans trois rivières du sud-ouest de l'Ontario et établit son importance potentielle en tant que source de contaminants facilement transportables dans les rivières. Ces informations aideront les gestionnaires de la qualité de l'eau à élaborer des modèles de prévision concernant la source, le devenir et les effets des sédiments et des contaminants qui leur sont liés.

## RÉSUMÉ

Des échantillons ont été prélevés dans la couche superficielle de sédiments fins de trois rivières du sud-ouest de l'Ontario. Chaque échantillon de sédiments a été soumis à une extraction séquentielle visant à séparer les métaux particulaires (Cd, Pb, Cu, Zn) en cinq catégories opérationnelles : (1) échangeables; (2) liés à des carbonates; (3) liés à des oxydes de Fe et Mn; (4) liés à la matière organique; (5) résiduels. Le phosphore particulaire des échantillons de sédiments a été séparé par extraction séquentielle en trois fractions : (1) P inorganique non apatitique; (2) P apatitique; (3) P organique.

Les métaux traces les plus abondants dans la couche superficielle de sédiments fins étaient ceux liés aux carbonates, ceux des oxydes de Fe et Mn et ceux liés à la matière organique. Le phosphore inorganique non apatitique représentait entre 17 et 38 % du phosphore particulaire total. Les taux de phosphore et de métaux traces dans la couche superficielle de sédiments fins étaient inférieurs à ceux mesurés dans les sédiments en suspension et les sédiments du lit aux sites d'étude. Le présent document contient un examen conceptuel des processus physiques,

chimiques et biologiques influant sur la formation de la couche superficielle de sédiments fins et du rôle potentiel de ces sédiments dans le transport fluvial des contaminants.

**Mots-clés:** couche superficielle de sédiments fins; sédiments en suspension; flocculation; phosphore particulaire; métaux traces.

## 92-140

In-Channel Surficial Fine-Grained Sediment Laminae (Part II): Chemical Characteristics and Implications for Contaminant Transport in Fluvial Systems. M. Stone and I.G. Droppo. *Hydrological Processes* (in press).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Fine-grained suspended solids play an important role in the transport of nutrients and contaminants in many river systems. Generally, it has been presumed that the majority of <63 $\mu\text{m}$  sediment transported by rivers is contributed from outside of the river channel by selected processes of erosion. Part I of this study (NWRI Contribution No. 92-139), however, demonstrates that a surficial fine-grained laminae (SFGL), which forms over existing bed forms at low flows due to the phenomenon of flocculation, may represent a significant source of in-channel fine-grained sediment for resuspension and downstream transport at higher flows. Part II demonstrates the nutrient and metal composition of this SFGL in three southwestern Ontario rivers and illustrates its potential importance as a readily available source of contaminants for transport in fluvial systems. This information will assist water quality managers in the development of models for the prediction of the source, fate and effect of sediment and associated contaminants.

### ABSTRACT

Samples of surficial fine-grained laminae (SFGL) were collected in three southwestern Ontario rivers. Each sediment sample was subjected to a sequential extraction procedure designed to partition particulate metals (Cd, Pb, Cu, Zn) into five operationally defined fractions: (1) exchangeable; (2) bound to carbonates; (3) bound to Fe-Mn oxides; (4) bound to organic matter; (5) residual. Particulate phosphorus was sequentially extracted from the sediment samples into three

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les solides en suspension transportent des substances nutritives et des contaminants; ils jouent donc un rôle important dans la dynamique biologique et chimique du milieu aquatique. Dans le passé, l'étude du transport des sédiments de la charge de fond a surtout porté sur la fraction non cohérente (<63  $\mu\text{m}$ ) et les conditions hydrauliques responsables de son érosion, de sa mise en suspension et de son dépôt. Comme elle est facilement transportée, cette fraction a généralement été considérée comme ne constituant qu'une faible part de l'ensemble de la matrice de particules de fond. Le présent rapport montre cependant que dans les périodes de faible débit, les particules de taille inférieure à 63  $\mu\text{m}$  peuvent représenter une proportion importante des sédiments déposés sur le lit des cours d'eau; elles peuvent aussi être remises en suspension et charriées vers l'aval quand les débits augmentent. Ces sédiments fins peuvent former une couche superficielle considérablement épaisse sur les formes existantes du lit. On propose ici que la flocculation de solides en suspension, plutôt que les faibles débits ou une faible compétence, serait le mécanisme responsable de la formation de cette couche de sédiments fins dans les rivières du sud-ouest de l'Ontario. La quantification de l'importance de cette couche en tant que source de sédiments fins (ayant des implications directes en matière de transport des contaminants) permettra aux gestionnaires de l'environnement d'établir avec plus de précision la source et le devenir des sédiments

fractions: (1) nonapatite inorganic P (NAIP); (2) apatite P (AP); (3) organic P (OP).

The major accumulative phases of trace metals in SFGL are carbonates, Fe/Mn oxides and organic matter. The content of NAIP in SFGL ranged from 17 to 38% of total particulate P. Compared to suspended and bed sediments, levels of P and trace metals in SFGL were lower at the study sites. A conceptual overview of physical, chemical and biological processes influencing SFGL formation and the potential role of this fine-grained sediment for contaminant transport in fluvial systems is presented.

**Key Words:** surficial fine-grained laminae, suspended sediment, flocculation, particulate phosphorus, trace metals

et des contaminants qui leur sont liés, de même que leurs effets sur les masses d'eau qui les reçoivent.

**Mots-clés:** couche superficielle de sédiments fins; sédiments en suspension; flocculation; grosseur des particules; rivières.

## RÉSUMÉ

Les auteurs ont souvent observé dans de nombreuses rivières du sud-ouest de l'Ontario la présence sur leur lit fluviatile d'une couche superficielle de sédiments fins ayant peu de cohésion, déposée quand les débits sont faibles. Les caractéristiques physiques de cette entité ont été déterminées au moyen d'un système d'analyse d'image par observation directe. Cette couche est principalement constituée de matières fines floculées. La différence entre le spectre de taille des particules de cette couche et celui des sédiments en suspension n'était pas significative. Chacune de ces distributions est de nature bimodale et montre un creux caractéristique correspondant aux particules de 4 à 5  $\mu\text{m}$ . Cette observation laisse entendre que c'est la flocculation, et non pas les faibles débits ou une faible compétence, qui est le principal mécanisme responsable de la formation de la couche superficielle de sédiments fins sous faible débit dans les rivières du sud-ouest de l'Ontario. Une évaluation quantitative de cette couche montre son importance potentielle en tant que source de sédiments fins et de contaminants associés pouvant être transportés vers l'aval.

**Mots-clés:** couche superficielle de sédiments; sédiments en suspension; flocculation; grosseur des particules; rivières.

### 92-143

An Expert Systems Approach for Assessing the Potential for Pesticide Contamination of Groundwater. A.S. Crowe and J.P. Mutch. *Groundwater* (in press).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The Pesticides Division of the Commercial Chemical Branch, Environment Canada, is required to assess the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved for public use. One of the specific

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides qui relève de la Direction des produits chimiques commerciaux, Environnement Canada, est chargée de l'évaluation des risques

concerns of the Pesticides Division is the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. The Groundwater Contamination Project of NWRI, has developed an expert system, known as EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations), that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. In addition, this expert system can be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable.

This paper presents an overview of the EXPRES expert system, including its purpose, design criteria, structure, operation and application. In addition four examples are provided to illustrate typical regulatory operations and applications of EXPRES. Basically, EXPRES combines (1) three pesticide assessment models of varying complexity, (2) two extensive data bases containing the chemical properties of 170 pesticides and the physical, pedological, hydrological, meteorological and agricultural practices of 22 agricultural regions across Canada, and (3) a graphically-base user-system interface, within an expert system (rule-based) framework that is designed to the user with guidance and assistance with all aspects of an assessment. An expert system approach allows a user with little knowledge in either the theory of pesticide transport in the unsaturated zone and/or proficient in the use of pesticide assessment models to successfully, quickly and accurately, undertake a range of assessments of the potential for a pesticide to contaminate groundwater.

#### ABSTRACT

The EXPRES expert system (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations) has been developed to allow those not proficient in the use of pesticide models or the theory of pesticide transport in the unsaturated zone to confidently and accurately assess the potential for a pesticide to contaminate groundwater. EXPRES combines a knowledge based system, extensive geographical and pesticide data bases, and three existing pesticide models (LP/LI, PRZM and LEACHM). Based upon the user's available data, objectives of the assessment and time constraints, EXPRES selects the most appropriate model, provides pertinent data for characterizing a site, and guides the user through the choice of all the necessary information to complete an assessment and interpret the results. The inclusion of three

environnementaux liés à un pesticide et à ses produits de transformation avant son homologation à des fins d'utilisation publique. La Division des pesticides se préoccupe en particulier de la contamination possible des eaux souterraines peu profondes par un pesticide. Dans le cadre du Projet sur la contamination des eaux souterraines de l'INRE, on a élaboré un système expert, dénommé EXPRES (EXpert System for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations) qui peut servir à faciliter l'évaluation du potentiel de contamination des eaux souterraines attribuable à l'emploi de pesticides. En outre, ce système permet de signaler les projets de développement agricole susceptibles d'être ou de ne pas être durables.

Ce rapport présente un aperçu du système expert EXPRES, notamment son objet, ses critères de conception, sa structure, son fonctionnement et son application. De plus, il donne quatre exemples pour illustrer les processus de réglementation et les applications types d'EXPRES. Ce système combine essentiellement 1) trois modèles d'évaluation des pesticides de complexité diverse, 2) deux bases importantes de données sur les propriétés chimiques du pesticide ainsi que sur le contexte physique, pédologique, hydrologique, météorologique et les pratiques culturales de 22 régions agricoles du Canada et 3) une interface utilisateur-système à base de graphiques, intégrée à une structure de système expert (à base de règles) conçue pour aider et guider l'utilisateur dans tous les aspects d'une évaluation. L'approche d'un système expert permet à l'utilisateur possédant peu de connaissances sur la théorie du transfert des pesticides dans la zone non saturée, ou inexpérimenté dans l'utilisation des modèles d'évaluation des pesticides d'entreprendre avec succès, rapidité et précision une gamme d'évaluations du potentiel de contamination des eaux souterraines par un pesticide.

#### RÉSUMÉ

Le système expert EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations) a été élaboré pour permettre aux utilisateurs profanes de modèles de pesticides, ou possédant peu de connaissances sur la théorie du transfert des pesticides dans la

models allow EXPRES to select the model which is most applicable for the objectives of the investigation and to provide the user with a range of assessments of varying complexity, including: (1) a review of the pesticide properties influence the fate of pesticides in the subsurface, (2) a relative assessment (with respect to other pesticides) of the potential for a pesticide to leach to the water table, (3) a quantitative prediction of the concentration, distribution and migration rates of pesticide species, with respect to both time and depth, and (4) a detailed evaluation of the processes and factors controlling the fate of pesticides.

zone non saturée, d'évaluer avec confiance et précision le potentiel de contamination des eaux souterraines par un pesticide. EXPRES combine une base de connaissances, d'importantes bases de données sur le contexte géographique et sur les pesticides ainsi que trois modèles existants sur les pesticides (LP/LI, PRZM et LEACHM). À partir des données accessibles de l'utilisateur, et en fonction des objectifs de l'évaluation et des contraintes de temps, EXPRES choisit le modèle le plus approprié, fournit des données pertinentes pour caractériser un site et guide l'utilisateur dans le choix de toutes les informations nécessaires pour mener à bien une évaluation et interpréter les résultats. L'adjonction de trois modèles permet à EXPRES de choisir le modèle qui se prête le mieux aux objectifs de l'étude et de fournir à l'utilisateur un éventail d'évaluations de complexité variée, notamment 1) une récapitulation des propriétés des pesticides qui déterminent leur dynamique dans le sous-sol; 2) une évaluation relative (par rapport à d'autres pesticides) du potentiel d'un pesticide de s'infiltrer jusqu'à la nappe phréatique; 3) une prévision quantitative de la concentration, des vitesses de répartition et de migration des espèces de pesticides, en fonction du temps et de la profondeur, et 4) une évaluation détaillée des processus et des facteurs qui déterminent la dynamique des pesticides.

## 92-144

**Chlorinated Anisoles and Veratroles in a Canadian River Receiving Bleached Kraft Pulp Mill Effluent. Identification, Distribution, and Olfactory Evaluation.** B.G. Brownlee, G.A. MacInnis and L.R. Noton. *Environmental Science and Technology*. 27:2450-55 (1993).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Four compounds belonging to a family of compounds known to impart odour to water and implicated in fish tainting have been identified in winter samples from the Athabasca River. On the basis of upstream/downstream measurements, there four compounds are attributed to effluent from the bleached kraft pulp mill at Hinton, Alberta (Hinton Combined Effluent). Two of these compounds have previously been detected in this effluent. Measurable concentrations of these four compounds

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Dans des échantillons prélevés en hiver dans la rivière Athabasca, on a identifié quatre composés appartenant à une famille de composés qui donnent une odeur à l'eau et qui sont responsables de la contamination des poissons. D'après des dosages effectués en amont et en aval, ces quatre composés proviennent de l'effluent d'une usine de pâte kraft blanche située à Hinton, en Alberta

were found as far as 1100 km downstream from Hinton. One compound (2, 4, 6-trichloroanisole) was present in river water at levels near its odour threshold concentration. Several other odorous compounds were detected, but not identified, in these same samples.

Odour has been a historical problem in the Athabasca River, but the extent of the problem has not been determined. Field observations have shown that the odour persists for 1200 km downstream from Hinton, although the nature of the odour changes. This northern flowing river is used by local residents of the Athabasca Delta for water and food (fish). It is ice-covered and has low flow for several months every winter. In-river transformations of chlorophenolic compounds from pulp mill effluents may result in compounds (chlorinated anisoles and veratroles) with much greater odour and tainting potential than the parent compounds.

Our study has partly identified the cause of odour in the river in the winter and has begun to examine the extent of the problem at the individual compound level. Identification of odour and tainting compounds makes possible consideration of corrective measures.

### ABSTRACT

One chlorinated anisole and three chlorinated veratroles have been identified in extracts of Athabasca River water collected in the winter downstream from a bleached draft pulp mill effluent. Their potential for causing off-flavours in the receiving waters was evaluated. The average concentration of 2, 4, 6-trichloroanisole was about 1 ng/L, close to the odour threshold concentration in water. The average concentrations of 4, 5-dichloroveratrole, 3, 4, 5-trichloroveratrole, and tetrachloroveratrole were 7, 7, and 1 ng/L, respectively, 2-4 orders of magnitude below their odour threshold concentrations. Chemical structure appears to be more important than volatility from water (Henry's constant) in determining odour threshold concentration. Olfactory gas chromatography showed several odour peaks in these extracts in addition to the chlorinated anisole and veratroles. Several of these compounds were found as far as 1100 km downstream from the pulp mill, consistent with field observations of odour in this river during the ice-covered winter period.

(éffluents combinés de Hinton). Deux de ceux-ci ont déjà été décelés dans cet effluent. Il a été possible de mesurer ces quatre composés jusqu'à 1 100 km en aval de Hinton. La teneur d'un des composés (2,4,6-trichloroanisole) dans l'eau d'une rivière atteignait presque la valeur de son seuil de perception olfactive. Dans les mêmes échantillons, on a décelé plusieurs autres composés odorants, sans toutefois les identifier.

Dans la rivière Athabasca, l'odeur n'est pas un problème récent, mais son ampleur n'a pas été déterminée. Des observations sur le terrain ont montré que l'odeur persiste sur les 1 200 km en aval de Hinton, même si la nature des odeurs se modifie. Les habitants locaux du delta de l'Athabasca prélèvent leur eau potable et le poisson destiné à la consommation dans cette rivière qui coule vers le nord. Pendant plusieurs mois, chaque hiver, elle est recouverte de glace et son débit est faible. Les transformations dans la rivière des composés chlorophénoliques provenant des effluents de l'usine de pâte peuvent produire des composés (anisoles et vératroles chlorés) susceptibles de dégager une odeur plus forte et être plus polluants que les composés parents.

Nos travaux ont permis de déterminer en partie la cause de l'odeur dans la rivière en hiver, et nous avons commencé à étudier l'ampleur du problème au niveau de chaque composé. L'identification des composés responsables de l'odeur et de la contamination permettent d'envisager des mesures correctrices.

### RÉSUMÉ

Un anisole chloré et trois vératroles chlorés ont été identifiés dans des échantillons d'eau de la rivière Athabasca prélevés en hiver, en aval de l'effluent d'une usine de pâte kraft blanchie. On a évalué leur capacité de donner un mauvais goût aux eaux réceptrices. La concentration moyenne du 2,4,6-trichloroanisole était d'environ 1 ng/L, valeur s'approchant du seuil de perception olfactive dans l'eau. Les concentrations moyennes du 4,5-dichlorovératrole, du 3,4,5-trichlorovératrole et du tétrachlorovératrole étaient respectivement de 7, 7 et 1 ng/L, de 2 à 4 ordres de grandeur sous leur seuil de

**Keywords:** chloroanisole chloroveratrole odour tainting

perception olfactive. La structure chimique semble être plus importante que la volatilité dans l'eau (constante de Henry) pour calculer la valeur du seuil de perception olfactive. La chromatographie en phase gazeuse a montré plusieurs pics d'odeur dans ces échantillons en plus de l'anisole et des vénératroles chlorés. Plusieurs de ces composés étaient présents jusqu'à une distance de 1 100 km en aval de l'usine de pâte, ce qui correspond aux observations sur le terrain d'odeur dans cette rivière pendant la période où les eaux sont couvertes de glace.

**Mots-clés :** chloro-anisole, chlorovératrole, pollution olfactive

## 92-145

Supporting Document - Environmental Section: Canadian Environmental Protection Act Assessment of Non-Pesticidal Organotin Compounds. R. James Maguire. (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

This document is the Supporting Document which is required for the Canadian Environmental Protection Act Environmental Assessment of non-pesticidal organotin compounds.

### ABSTRACT

Non-pesticidal organotin compounds are on the Priority Substances List of the Canadian Environmental Protection Act. They must be assessed to determine whether they are toxic according to the definition specified in Section 11 of the Act. This report is the Supporting Document for the environmental assessment. It identifies those non-pesticidal monomethyltin, dimethyltin, monobutyltin, diutyltin, monoocetyltin and dioctyltin compounds in Canadian commerce, and reviews their uses, methods of analysis, environmental occurrence, and primarily their aquatic toxicity. The single largest use of organotin compounds in Canada and elsewhere is the stabilization of poly(vinyl chloride) (PVC). It is likely that the most important non-pesticidal route of entry of mono- and di-methyltin, butyltin and octyltin to the environment will be through leaching of PVC by water, but this source of organotin compounds may not have a significant impact on the environment. Monomethyltin and dimethyltin are widespread in

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Le présent document est un document justificatif pour l'évaluation environnementale prévue par la Loi canadienne sur la protection de l'environnement de composés non pesticides à base d'organotin.

### RÉSUMÉ

Les composés non pesticides à base d'organotin font partie de la liste des substances prioritaires de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Elles doivent être évaluées pour déterminer si elles sont toxiques selon la définition de l'Article 11 de la Loi. Le présent rapport constitue un document justificatif pour l'évaluation environnementale. Il identifie les composés non pesticides de monométhylétain, de diméthylétain, de monobutylétain, de dibutylétain, de monoocetylétain et de dioctylétain qu'on trouve dans le commerce au Canada, et il examine leurs utilisations, leurs méthodes d'analyse, leur occurrence dans l'environnement et surtout leur toxicité en milieu aquatique. La principale utilisation des composés d'organotin au Canada et ailleurs dans le monde est la stabilisation du poly(chlorure de vinyle) (PVC). Il est vraisemblable que la plus importante voie

the global environment, probably due to the environmental methylation of tin as well as anthropogenic input. Monobutyltin and dibutyltin have been found in harbours, marinas and shipping channels in Canada and elsewhere, occurring largely as degradation products of the pesticide tributyltin, whose antifouling use is now regulated in Canada. There are few reports in the literature on the occurrence of butyltin species as a result of non-pesticidal uses or uses of tributyltin other than as an antifouling agent.

(autre que les pesticides) d'entrée du mono- et du diméthylétain, du butylétain et de l'octylétain dans l'environnement est la lixiviation du PVC par l'eau, mais cette source de composés d'organoétain peut ne pas avoir de répercussions significatives sur l'environnement. Le monoéthylétain et le diméthylétain sont répandus dans l'environnement planétaire, probablement à cause de la méthylation environnementale de l'étain, ainsi que de l'apport anthropique. On a trouvé du monobutylétain et du dibutylétain dans les ports, les marinas et les canaux de navigation au Canada et ailleurs, principalement produits par la dégradation du pesticide dibutylétain, dont l'utilisation comme agent antalissores est maintenant réglementée au Canada. Dans la documentation, certains rapports portent sur l'occurrence d'espèces de butylétain provenant d'utilisations autres que pesticides ou d'utilisations du tributylétain autres que comme agents antalissores.

## 92-146

Retrofitting Stormwater Ponds for Water Quality Control. J. Marsalek, W.E. Watt and D. Henry. *Wat. Poll. Res. J. Canada*, 27:2:403-422.

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Many older stormwater ponds, designed for flood control only, may adversely impact on the environment and represent potential liabilities. Significant environmental benefits could be realized by auditing the performance of these older ponds in flood and pollution control and, where feasible, improving their performance by implementing specific structural measures. This paper describes the retrofitting measures which improve pollutant removal and contribute to the protection of the downstream receiving waters. Proposed retrofitting measures include: changes in flow regimes, storage pool volumes and flow velocities, achievable by structural changes in inlet, storage and outlet structures; treatment of runoff by sedimentation or filtration; enhancement of biological processes contributing to pollutant removal through longer detentions and introduction of aquatic plants; and, improvement of aquatic life habitat. A case is made for an ecosystem approach where the pond is one element in the urban stormwater treatment train which controls catchment, pond and receiving waters.

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

De nombreux bassins plus vieux de retenue des eaux de pluie, conçus uniquement pour lutter contre les inondations, peuvent avoir un impact défavorable sur l'environnement et présenter des risques potentiels. Il pourrait être très bénéfique pour l'environnement de vérifier la capacité de ces bassins plus vieux à lutter contre les inondations et la pollution et d'améliorer, si possible, leur capacité en apportant des modifications aux installations. Le présent document décrit les mesures de réadaptation qui améliorent l'élimination des polluants et contribuent à la protection du milieu récepteur en aval. Parmi les mesures de réadaptation, mentionnons des variations des débits, des volumes de stockage et des vitesses d'écoulement, réalisables grâce à des modifications des ouvrages d'entrée, de retenue et d'évacuation, le traitement des eaux de ruissellement par sédimentation ou filtration, l'amélioration des processus biologiques contribuant à l'élimination des polluants grâce à de plus longues périodes de rétention et à

## ABSTRACT

During the last 15 years, many stormwater ponds were built in Canada. While these ponds were designed to control runoff flows by peak shaving and thereby prevent flooding resulting from urbanization, they are ineffective in protecting the water quality of receiving waters. Thus, one of the emerging challenges in urban water management is retrofitting existing stormwater ponds to address current environmental concerns. Proposed retrofitting measures include: changes in flow regimes, storage pool volumes and flow velocities, achievable by structural changes in inlet, storage and outlet structures; treatment of runoff by sedimentation or filtration; enhancement of biological processes contributing to pollutant removal through longer detentions and introduction of aquatic plants; and, improvement of aquatic life habitat. A case is made for an ecosystem approach where the pond is one element in the urban stormwater treatment train which controls catchment, pond and receiving waters.

**Key words:** Urban runoff; stormwater ponds; water quality processes; retrofitting measures; feasibility.

l'introduction de plantes aquatiques, et l'amélioration de l'habitat aquatique. L'auteur plaide en faveur d'une approche écosystémique où le bassin n'est qu'un élément de l'ensemble du système de traitement des eaux pluviales urbaines qui régularise les eaux du bassin versant, des bassins de retenue des eaux de pluie et du milieu récepteur.

## RÉSUMÉ

Au cours des 15 dernières années, de nombreux bassins de retenue des eaux de pluie ont été construits au Canada. Ces bassins, bien qu'ayant été conçus pour régulariser les eaux de ruissellement par écrêtement des pointes, empêchant ainsi les inondations attribuables à l'urbanisation, ne réussissent pas à protéger la qualité de l'eau du milieu récepteur. Par conséquent, l'un des plus grands défis de la gestion des eaux urbaines est la réadaptation des bassins de retenue des eaux de pluie existants afin de calmer les craintes à l'égard de l'environnement. Parmi les mesures de réadaptation proposées, mentionnons des variations des débits, des volumes de stockage et des vitesses d'écoulement, grâce à des modifications des ouvrages d'entrée, de retenue et d'évacuation, le traitement des eaux de ruissellement par sédimentation ou filtration, l'amélioration des processus biologiques contribuant à l'élimination des polluants grâce à de plus longues périodes de rétention et à l'introduction de plantes aquatiques, et l'amélioration des habitats aquatiques. L'auteur plaide en faveur d'une approche écosystémique où le bassin ne serait qu'un élément de l'ensemble du système de traitement des eaux pluviales urbaines qui régularise les eaux du bassin versant, du bassin de retenue des eaux de pluie ou du milieu récepteur.

**Mots clés :** ruissellement urbain; bassin de retenue des eaux de pluie; processus relatifs à la qualité de l'eau; mesuresd'adaptation; faisabilité.

**92-147**

**Overview of Sediment Issues in Urban Drainage.** J. Marsalek. In: **Proceedings of the International Symposium on Urban Stormwater Management, Sydney, Australia, Feb., 1992, pp. 30-37.**

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

Understanding of sediment issues in urban areas is essential for the management of urban water resources. A comprehensive review of such issues is presented in this report under three headings - sediment impacts, sources and controls. The specific subjects addressed include sediment transport in sewer networks, sediment impact on the receiving waters, sources of surficial and sewer sediment, and methods of sediment control and removal. The report offers guidance to urban water quality planners and managers for mitigating adverse impacts of sediment on urban water quality.

**ABSTRACT**

Review of sediment issues in urban drainage focuses on concerns about sediment impacts on urban water resources, sources of sediment and sediment controls. Sediment impacts on water resources fall into two major categories - physical impacts, caused by sediment transport or accumulation, and water quality impacts caused by sediment-associated transport of phosphorus, biodegradable organic matter, hydrocarbons, metals, toxicants, and bacteria. Urban sediment originates from two sources - catchment surface and municipal sewage. Sediment controls, including source controls and sediment removal, are also briefly discussed. Rational management of urban sediment is a prerequisite for successful management of urban water quality.

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Pour gérer les ressources en eau des villes, il faut bien comprendre les problèmes de sédimentation en milieu urbain. Le présent rapport examine en détail ces problèmes et les regroupe dans trois grande catégories : l'impact des sédiments, les sources de sédiments et la lutte contre la sédimentation. Parmi les sujets abordés, mentionnons le transport des sédiments dans les réseaux d'égout, l'impact des sédiments sur le milieu récepteur, les sources de sédiments en surface et dans les égouts et les méthodes de lutte et d'élimination des sédiments. Le rapport offre des conseils aux planificateurs et aux gestionnaires de la qualité des eaux urbaines pour atténuer les incidences négatives des sédiments sur la qualité de l'eau des villes.

**RÉSUMÉ**

Cet examen des problèmes de sédimentation dans les bassins versants des villes porte sur les préoccupations à l'égard des incidences des sédiments sur les ressources en eau des villes, les sources de sédiments et les mesures de lutte contre la sédimentation. Les incidences des sédiments sur les ressources en eau se répartissent dans deux grandes catégories : les incidences physiques causées par le transport ou l'accumulation des sédiments et les incidences sur la qualité de l'eau causées par le transport, par les sédiments, du phosphore, de matières organiques biodégradables, d'hydrocarbures, de métaux, de matières toxiques et de bactéries. Dans les villes, les sédiments proviennent de deux sources : de la surface du bassin versant et des eaux usées municipales. Le rapport examine également brièvement les mesures de lutte contre la sédimentation, y compris les mesures de lutte à la source et l'élimination des sédiments. Le succès de la gestion de la qualité des eaux urbaines repose sur une gestion rationnelle des sédiments en milieu urbain.

**92-148**

**Supporting Document - Environmental Section: Canadian Environmental Protection Act Assessment of Aniline, 3, 5-Dimethylaniline, Benzidine and 3, 3'-Dichlorobenzidine.**  
**R.J. Maguire and A.M. Bobra. (NWRI Report).**

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

This document is the Supporting Document which is required for the Canadian Environmental Protection Act Environmental Assessment of aniline, 3, 5-dimethylaniline, benzidine and 3, 3'-dichlorobenzidine.

**ABSTRACT**

Aniline, 3, 5-dimethylaniline, benzidine and 3, 3'-dichlorobenzidine are on the Priority Substances List of the Canadian Environmental Protection Act. They must be assessed to determine whether they are toxic according to the definition specified in Section 11 of the Act. This report is the Supporting Document for the environmental assessment. It reviews their uses, routes of entry into the Canadian environment, environmental occurrence, and aquatic toxicity.

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Le présent document est le Document justificatif exigé par la Loi canadienne sur la protection de l'environnement pour l'évaluation environnementale de l'aniline, de la 3,5-diméthylaniline, de la benzidine et de la 3,3'-dichlorobenzidine.

**RÉSUMÉ**

L'aniline, la 3,5-diméthylaniline, la benzidine et la 3,3'-dichlorobenzidine figurent sur la Liste des substances d'intérêt prioritaire de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Ces substances doivent être évaluées afin d'établir si elles sont toxiques aux termes de l'article 11 de la Loi. Le présent rapport est le Document justificatif pour l'évaluation environnementale. Les utilisations de ces substances, leurs voies d'entrée dans l'environnement canadien, leur présence dans l'environnement et leur toxicité pour le milieu aquatique y sont étudiées.

**92-149**

**An Overview of Expert Systems Developed for Hydrogeological Applications.** A.S. Crowe and G.L. McClymont. In: *"Modern Trends in Hydrogeology"*, Proceedings of the 1992 Canadian Chapter of the International Association of Hydrogeologists, pp. 73-87.

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

Over the past decade, the protection, management and restoration of groundwater has become a major issue in Canada. As a result, there has been a dramatic increase in, firstly, regulatory measures to ensure that groundwater quantity and quality is maintained, secondly, research into understanding the physical, chemical and biological processes affecting the occurrence and fate of contaminants in the groundwater environment, and thirdly, research into remediation technology designed to restore the quality of groundwater at contaminated sites. The primary purpose of these regulatory measures and research programs has been to reduce health risks to groundwater

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Au cours de la dernière décennie, la protection, la gestion et la remise en état des eaux souterraines est devenue un enjeu important au Canada. Par conséquent, on a assisté à une augmentation spectaculaire 1) des mesures de réglementation destinée à garantir la conservation de la quantité et de la qualité des eaux souterraines, 2) des recherches en vue de mieux comprendre les processus physiques, chimiques et biologiques touchant la fréquence et le devenir des contaminants dans les eaux souterraines et, 3) des recherches sur les techniques de décontamination destinées à

receptors. Although this objective has, in general, been successfully met, the attainment of this objective has created two unexpected problems. Groundwater regulations are so numerous, complex, and often involve overlapping jurisdictions, that practicing hydrogeologists and groundwater engineers must be regulatory experts to successfully meet the set conditions. The scientific theory, models and technology are so complex and interdisciplinary, that regulatory personnel, and practicing hydrogeologists and groundwater engineers, must have considerable expertise in contaminant hydrogeology and associated disciplines such as organic chemistry, toxicology and microbiology, to make best use of this research. Clearly, one cannot be an expert in all the above noted areas. Expert systems is an emerging technology that offers to provide non-experts with the necessary knowledge and expertise to successfully meet the objectives of protecting, managing, and restoring our groundwater resources by government, industry, research and educational institutes. The expert systems now in use have proven to be valuable tools for: (1) solving groundwater problems when the required expertise is not available, (2) improving staff productivity and efficiency, (3) ensuring that regulatory functions are undertaken on a consistent basis, and (4) educating and training staff.

#### ABSTRACT

Expert systems are proving to be valuable tools for providing expertise to groundwater problems where the expertise is currently not available. Specifically, they improve staff productivity and efficiency, and ensure consistency in the tasks undertaken. In addition, expert systems are valuable tools for educating or training staff in many areas of hydrogeology related to theory, practice and regulatory activities. Twenty-two expert systems have been developed for application to a variety of groundwater problems. These expert systems are designed for: (1) assisting with regulatory procedures, (2) characterizing contaminated sites, (3) evaluating remedial strategies, (4) assessing the potential for groundwater contamination, (5) assisting in the use of complex contaminant transport models, (6) assessing the health risks associated with contaminated groundwater, and (7) developing groundwater resources. Because the number, quality and acceptance of expert systems is rapidly growing, it is evident that they will become

restaurer la qualité des eaux souterraines dans les sites contaminés. L'objectif premier de ces mesures de réglementation et des programmes de recherche était de réduire les risques pour la santé des récepteurs des eaux souterraines. Cet objectif, bien qu'il ait dans l'ensemble été atteint, a soulevé deux problèmes imprévus. Les règlements sur les eaux souterraines sont si nombreux et compliqués, entraînant parfois le chevauchement de plusieurs compétences, que les hydrogéologues et les ingénieurs spécialisés dans les eaux souterraines doivent être experts en réglementation pour réussir à atteindre les conditions établies. La théorie scientifique, les modèles et la technologie sont si compliqués et interdisciplinaires que les responsables de la réglementation et les hydrogéologues et ingénieurs spécialisés doivent avoir une expertise considérable en hydrogéologie des contaminants et dans les disciplines associées comme la chimie organique, la toxicologie et la microbiologie, pour pouvoir tirer le meilleur parti de ces recherches. Il est évident que personne ne peut être expert dans tous les domaines susmentionnés. Les systèmes experts sont une nouvelle technologie et fournissent aux non-initiés les connaissances et l'expertise nécessaires pour réussir à atteindre les objectifs de protection, de gestion et de remise en état des ressources en eaux souterraines que se sont fixés le gouvernement, l'industrie, les chercheurs et les établissements d'enseignement. Les systèmes experts actuellement utilisés se sont avérés utiles pour (1) résoudre les problèmes d'eaux souterraines en l'absence de l'expertise nécessaire, (2) améliorer la productivité et l'efficacité du personnel, (3) voir à ce que les fonctions de réglementation soient assurées de façon soutenue et (4) former et perfectionner le personnel.

#### RÉSUMÉ

Les systèmes experts s'avèrent très précieux comme outils pour obtenir de l'expertise pour résoudre les problèmes liés aux eaux souterraines en l'absence d'une expertise pertinente. Plus particulièrement, ils accroissent la productivité et l'efficacité du personnel et garantissent l'uniformité des tâches entreprises. De plus, les systèmes experts sont de précieux outils de formation et de perfectionnement dans de nombreux domaines de l'hydrogéologie liés à la théorie,

increasingly important in all aspects of groundwater investigations.

à la pratique et à la réglementation. Vingt-deux systèmes experts ont été mis au point pour traiter divers problèmes d'eaux souterraines. Ces systèmes experts ont été conçus (1) pour contribuer au processus de réglementation, (2) pour caractériser les sites contaminés, (3) pour évaluer les stratégies de décontamination, (4) pour évaluer le potentiel de contamination des eaux souterraines, (5) pour faciliter l'utilisation des modèles complexes de transport des contaminants, (6) pour évaluer les risques pour la santé associés à la présence d'eaux souterraines contaminées et (7) pour mettre en valeur les ressources en eaux souterraines. Le nombre, la qualité et la popularité des systèmes experts ne cessant d'augmenter, ils deviendront de toute évidence des outils de plus en plus importants des études des eaux souterraines.

## 92-150

Solubility Enhancement of Fenvalerate by Isolated DOC Lakewater Fractions. B.K. Burnison. *Science of the Total Environment*, (accepted).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Recent technological advancements have dramatically increased the amount of information on the role of aquatic humic substances. One of the major roles is the binding of hydrophobic organic contaminants. This observation is very important since if the contaminant is bound, it becomes unavailable and consequently nontoxic to aquatic microorganisms. Fenvalerate, a synthetic pyrethroid insecticide, is known to be toxic to many zooplankton. Recent research at Rivers Research Branch, National Water Research Institute (Day, K.E., 1991) has shown that a commercial humic acid binds fenvalerate and making it biologically unavailable to *Daphnia magna*. We commenced research to determine whether naturally occurring dissolved organic matter will play this role in the aquatic environment. One of the aspects of this research project was to determine ways of isolating molecular size fractions of the dissolved organic carbon (DOC) and test them for their ability to bind fenvalerate. The technique chosen was the generator column using a <sup>14</sup>C-labelled fenvalerate. The procedure used to isolate and concentrate the DOC fractions was ultrafiltration. The results of this research showed that the high molecular size fractions (>30,000) were very effective in binding fenvalerate and contributed about 20% of the total

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Grâce à des avancées technologiques récentes, la quantité d'informations sur le rôle des substances humiques aquatiques s'est considérablement accrue. Un des principaux rôles de ces substances est la fixation de contaminants organiques hydrophobes. Cette propriété est très importante parce qu'une fois liée, les contaminants sont non disponibles et donc non toxiques pour les microorganismes aquatiques. Le fenvalérat, un insecticide pyréthroïde synthétique, est connu pour sa toxicité envers de nombreuses espèces de zooplancton. Dans le cadre de travaux de recherche récemment effectués à la direction de la recherche sur les cours d'eaux de l'Institut national de recherche sur les eaux (Day, K. E., 1991), on a trouvé qu'un acide humique commercial avait le pouvoir de lier le fenvalérat et ainsi de le rendre non biodisponible pour *Daphnia magna*. Nous avons entrepris une étude visant à déterminer si la matière organique dissoute d'origine naturelle pouvait avoir cet effet dans les milieux aquatiques. Nous avons dû notamment trouver des moyens pour isoler des fractions de carbone organique dissous (COD) de

DOC found in the surface waters of the selected lakes. Another interesting observation from this research was that the active DOC fraction was *colourless*. Further research is needed to study other pertinent hydrophobic pesticides and other sources of DOC.

## ABSTRACT

Dissolved organic carbon (DOC) fractions were isolated from the surface waters of six Ontario lakes using tangential flow ultrafiltration. The ability of these fractions to enhance the solubility of  $^{14}\text{C}$ -fenvalerate, a pyrethroid insecticide, was measured using the generator column technique. The solubility of fenvalerate in pure water was determined to be  $2.8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . The high molecular weight DOC fractions ( $>30,000$ ) [usually colourless] bound more fenvalerate than the low molecular weight fraction ( $1,000 \rightarrow 10,000$ ). Log  $K_{\text{doc}}$  values for the  $>30,000$  fractions ranged from 4.89 to 5.99 while  $>1,000$  fractions ranged from 3.89 to 4.97. The binding constants of the DOC fractions were compared to several model compounds, including Aldrich humic acid, lipopolysaccharide, and bovine serum albumin which had log  $K_{\text{cod}}$  values of 5.99, 5.56, and 6.20, respectively. The high molecular weight DOC fractions only constitutes between 10 and 20% of the total DOC, but they appear to be the most active fractions for binding hydrophobic organic contaminants.

different tailles moléculaires et pour vérifier leur capacité de lier le fenvalérat. Nous avons utilisé une colonne de génération, avec du fenvalérat marqué au  $^{14}\text{C}$ . Pour isoler et concentrer les fractions de COD, nous avons utilisé l'ultrafiltration. Nous avons observé que la capacité de fixer le fenvalérat des fractions de COD de forte taille moléculaire ( $> 30\,000$ ) était très élevée, et que ces fractions représentaient environ 20 % de tout le COD présent dans les eaux de surface des lacs choisis. Autre observation intéressante : la fraction de COD active était *incolore*. Des études supplémentaires portant sur d'autres pesticides hydrophobes présentant un intérêt et sur d'autres sources de COD devront être menées.

## RÉSUMÉ

Nous avons isolé des fractions de carbone organique dissous (COD) des eaux de surface de six lacs ontariens par la technique de l'ultrafiltration tangentielle. La capacité de ces fractions d'accroître la solubilité du fenvalérat, préalablement marqué au  $^{14}\text{C}$ , un insecticide pyréthroïde, a été mesurée au moyen d'une colonne de génération. On a établi la solubilité du fenvalérat dans l'eau pure à  $2,8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Les fractions de COD de forte taille moléculaire ( $> 30\,000$ ) (habituellement incolores) liaient davantage de fenvalérat que la fraction de faible taille moléculaire ( $1\,000 \rightarrow 10\,000$ ). Les valeurs de log  $K_{\text{cod}}$  des fractions de taille supérieure à 30 000 se situaient entre 4,89 et 5,99, et celles des fractions de taille supérieure à 1 000, entre 3,89 et 4,97. Les constantes de liaison des fractions de COD ont été comparées à celles de plusieurs composés de référence : acide humique d'Aldrich, lipopolysaccharide et albumine bovine, notamment, dont les valeurs de log  $K_{\text{cod}}$  sont respectivement de 5,99, 5,56 et 6,20. Les fractions de COD de forte taille moléculaire représentent seulement entre 10 et 20 % du COD total, mais elles semblent avoir le plus fort pouvoir de liaison des contaminants organiques hydrophobes.

92-151

Extraction Efficiencies of Hydrocarbons from Niagara River Water. R.J. Maguire, R.J. Tkacz and S.P. Batchelor. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12:803-811, 1993.

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Significant concentrations of C<sub>12</sub> to C<sub>26</sub> n-alkanes, fluoranthene and pyrene were found in dichloromethane extracts of filtered Niagara River water at pH 12 after the water had been thoroughly extracted at pH 1. Over forty sampling days the total concentration of n-alkanes, fluoranthene and pyrene in the basic extracts was roughly 60% of the total in the acidic extracts plus suspended solids combined. Spike recovery experiments with thirty-one n-alkanes and polynuclear aromatic hydrocarbons demonstrated that the phenomenon (i) did not occur in distilled water, (ii) occurred in Niagara River water regardless of whether the initial extraction of filtered water was performed at acidic or neutral pH, and (iii) was not simply the result of incomplete extraction at acidic or neutral pH.

These findings support earlier studies which had suggested that concentrations of lipophilic organic chemicals in Niagara River water may be underestimated when determined by the usual technique of extraction at neutral pH. If this turns out to be the case, and if it is observed generally, current methods of determination of lipophilic organic chemicals in fresh water will require revision. It may be that current methods of extraction are suitable for determining biologically-available lipophilic chemicals, but it is also important to determine total loadings of such chemicals to the environment. Neither the recently-reported chromic acid digestion/extraction technique nor the U.S. EPA base/neutral technique is expected to have general applicability, however. While they may be suitable for persistent organic chemicals, they would oxidize or hydrolyse many chemicals of interest. Further work is planned to verify this phenomenon in other locations, to determine the effect of analyte lipophilicity on the extent of its binding to dissolved organic matter, and to develop alternative extraction techniques.

#### ABSTRACT

Significant concentrations of C<sub>12</sub> to C<sub>26</sub> n-alkanes, fluoranthene and pyrene were found in dichloromethane extracts of filtered Niagara River

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

On a mesuré des concentrations significatives de n-alcanes de C<sub>12</sub> à C<sub>26</sub>, de fluoranthène et de pyrène dans des extraits au dichlorométhane d'eau filtrée de la rivière Niagara à pH 12, après extraction à fond à pH 1. Sur une période couvrant plus de 40 jours d'échantillonnage, la concentration totale des n-alcanes, du fluoranthène et du pyrène dans les extraits basiques atteignait environ 60 % de la valeur totale mesurée dans les extraits acides combinés aux matières solides en suspension. Des essais de récupération après enrichissement, effectués avec trente-et-un n-alcanes et hydrocarbures aromatiques polynucléaires, ont démontré que ce phénomène i) n'était pas observé dans l'eau distillée, ii) était observé dans l'eau de la rivière Niagara, peu importe si l'extraction initiale de l'eau filtrée était effectuée à pH neutre ou acide et iii) n'était pas simplement le résultat d'une extraction incomplète à pH acide ou neutre.

Ces constatations appuient des études antérieures qui semblaient indiquer que les concentrations de composés chimiques organiques lipophiles dans l'eau de la rivière Niagara peuvent être sous-estimées quand ils sont mesurés par la technique habituelle d'extraction à pH neutre. Si cela est confirmé, et si de tels résultats sont généralement observés, les méthodes actuelles de dosage des produits chimiques organiques lipophiles dans l'eau douce nécessiteront une révision. Il est possible que les méthodes actuelles d'extraction conviennent assez bien pour les dosages de produits chimiques lipophiles biologiquement disponibles, mais il est aussi important de déterminer les charges totales de ces produits chimiques dans l'environnement. Ni la technique récemment décrite de la digestion à l'acide chromique/extraction, ni la technique basique/neutre de l'EPA ne devrait vraisemblablement être applicables de façon générale, toutefois. Alors que ces techniques peuvent être appropriées pour les produits

water at pH 12 after the water had been thoroughly extracted at pH 1. Over forty sampling days the total concentration of n-alkanes, fluoranthene and pyrene in the basic extracts was roughly 60% of the total in the acidic extracts plus suspended solids combined. Spike recovery experiments with thirty-one n-alkanes and polynuclear aromatic hydrocarbons demonstrated that the phenomenon (i) did not occur in distilled water, (ii) occurred in Niagara River water regardless of whether the initial extraction of filtered water was performed at acidic or neutral pH, and (iii) was not simply the result of incomplete extraction at acidic or neutral pH. These findings support earlier studies which had suggested that concentrations of lipophilic organic chemicals in Niagara River water may be underestimated when determined by the usual technique of extraction at neutral pH.

**Keywords:** Alkanes, polynuclear aromatic hydrocarbons, PAH, Niagara River, extraction, analysis.

chimiques organiques persistants, elles entraîneraient l'oxydation ou l'hydrolyse de plusieurs composés chimiques intéressants. On prévoit des travaux supplémentaires pour vérifier ce phénomène à d'autres endroits, afin de déterminer l'effet du caractère lipophylique des substances à analyser sur l'importance de leurs liens avec des matières organiques dissoutes, et afin de mettre au point d'autres techniques d'extraction utilisables.

## RÉSUMÉ

Des concentrations significatives de n-alcanes de C<sub>12</sub> à C<sub>26</sub>, de fluoranthène et de pyrène ont été observées dans des extraits au dichlorométhane d'eau filtrée de la rivière Niagara à pH 12, après extraction à fond à pH 1. Au cours d'une période d'échantillonnage de plus de 40 jours, la concentration totale des n-alcanes, du fluoranthène et du pyrène dans les extraits basiques atteignait environ 60 % de la valeur totale observée dans les extraits acides combinés aux matières solides en suspension combinée. Des essais de récupération après enrichissement, effectués avec trente-un n-alcanes et hydrocarbures aromatiques polynucléaires, ont démontré que ce phénomène i) n'était pas observé avec de l'eau distillée, ii) était observé avec de l'eau de la rivière Niagara, peu importe si l'extraction initiale de l'eau filtrée était effectuée à pH acide ou neutre, et iii) n'était pas simplement le résultat d'une extraction incomplète à pH acide ou neutre. Ces constatations appuient les études antérieures qui indiquaient que les concentrations des produits chimiques organiques lipophiles dans l'eau de la rivière Niagara peuvent être sous-estimées quand elles sont mesurées par la technique habituelle de l'extraction à pH neutre.

**Mots clés :** Alcanes, hydrocarbures aromatiques polynucléaires, HAP, rivière Niagara, extraction, analyse.

92-152

Cohesive Sediment Settling - Is There Simultaneous Erosion and Deposition? Y.L. Lau and B.G. Krishnappan. *J. Hydraulic Engineering, ASCE*. Vol. 120, No. 2, 1994, 236-244.

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Knowledge of the transport mechanisms for cohesive sediments is vital to the understanding of the fate of contaminants because a significant portion of the contaminants which enter the aquatic environment is transported by these fine-grained sediments. The mechanism of settling is the subject of this report.

There are opposing views in the scientific literature as to whether cohesive sediments which are settling in a turbulent flow take part in a continual exchange process with the sediments on the bottom. This has important implications because resuspended sediments can release contaminants back into the water. In this study, experiments were carried out in the 5 metre rotating flume in order to resolve this question. Analysis of the data show that simultaneous erosion and deposition do not occur. This result is very important for those who are modelling or studying sediment/contaminant transport.

#### ABSTRACT

Experiments using kaolin-distilled water suspensions were carried out in a 5 metre diameter rotating flume. The suspension was allowed to settle under constant bed shear stress condition. After equilibrium was reached, the suspension was withdrawn from the flume while clear water was being added at the same rate. Measurements of concentration and size distribution changes during the initial settling and the dilution periods were used to investigate two opposing mechanisms of the settling process and the question of whether there is simultaneous deposition and erosion during cohesive sediment settling.

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Il est essentiel de connaître les mécanismes de transport des sédiments cohérents si l'on veut comprendre le devenir des contaminants parce qu'une portion importante des contaminants qui pénètrent dans le milieu aquatique sont transportés par ces sédiments de faible granulométrie.

Les auteurs scientifiques ne sont pas tous d'accord sur la question suivante : les sédiments cohérents qui se déposent dans un écoulement turbulent participent-ils à un processus continual d'échange avec les sédiments de fond? Ce phénomène a des répercussions importantes parce que des sédiments remis en suspension peuvent libérer des contaminants dans l'eau. Dans le cadre de la présente étude, on a mené des expériences dans un canal rotatif de 5 m de diamètre afin de répondre à cette question. L'analyse des données montre qu'il n'y a pas d'érosion et ni de dépôt simultanés. Cette observation est très importante pour les personnes chargées de la modélisation ou de l'étude du transport des sédiments et des contaminants.

#### RÉSUMÉ

Des expériences au moyen de suspensions de kaolin dans l'eau distillée ont été effectuées dans un canal rotatif de 5 mètres de diamètre. La suspension s'est déposée sous l'effet d'une force de cisaillement constante du lit. À l'équilibre, on a ajouté de la suspension à été retirée du canal pendant que l'on ajoutait de l'eau l'eau claire au même rythme que l'on retirait la suspension du canal. On a utilisé les mesures de la concentration et les variations de la répartition de la taille des particules pendant les périodes initiales de décantation et de dilution afin d'étudier deux mécanismes opposés du processus de décantation et de déterminer s'il y avait dépôt et érosion simultanés pendant le dépôt des sédiments cohérents.

**92-154**

**Urban Impacts on River Shoreline Microbiological Pollution.** B.J. Dutka and J. Marsalek.

*J. of Great Lakes Research*, 19(4):665-674 .

**MANAGEMENT PERSPECTIVES**

The closing of swimming beaches, caused by fecal bacterial contamination, is one of the most common water use impairments attributable to urban pollution. This report addresses such pollution in one of the Areas of Concern in the Great Lakes Basin, the St. Marys River in Sault Ste. Marie, Ontario. The report presents a method for the assessment of microbiological contamination of receiving waters and the evaluation of sources of fecal contamination.

This report will assist the St. Marys River Remedial Action Plan team in their environmental planning and should be of interest to others dealing with the assessment of fecal bacterial pollution of receiving waters by urban sources.

**ABSTRACT**

Impacts of urban sources on fecal bacterial pollution of the near-shore zone of the St. Marys River in Sault Ste. Marie, Ontario were studied during the period from June to November, 1991. For this purpose, water samples collected from 11 river sites and from five fecal pollution sources were analyzed for coliphage, *E. coli*, fecal coliform and *Pseudomonas aeruginosa*. Observed microorganism densities were used to assess the levels of fecal bacterial pollution in relation to bacterial sources and the compliance with the recreational water quality guidelines. Almost the entire reach of the river studied exhibited a very good bacteriological water quality with low fecal bacterial concentrations and high probabilities (generally greater than 90%) of compliance with the recreational water quality guideline taken as 100 *E. coli*/100 mL.

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

La fermeture de plages utilisées pour la baignade à cause d'une contamination par des bactéries fécales est l'une des principales causes de dégradation de l'utilisation de l'eau attribuables à la pollution urbaine. Le présent rapport traite de ce genre de pollution dans l'un des secteurs préoccupants du bassin des Grands Lacs, la rivière Ste-Marie à Sault Ste. Marie, en Ontario. Le rapport présente une méthode d'évaluation de la contamination microbiologique des eaux réceptrices et d'évaluation des sources de la contamination fécale.

Le présent rapport présente une évaluation du plan d'assainissement de la rivière Ste-Marie du point de vue de la planification environnementale et devrait intéresser quiconque s'occupe de l'évaluation de la pollution des eaux réceptrices par des bactéries fécales d'origine urbaine.

**RÉSUMÉ**

On a étudié les répercussions des sources urbaines de pollution par des bactéries fécales dans la zone littorale de la rivière Ste-Marie à Sault Ste. Marie, en Ontario, au cours de la période de juin à novembre 1991. Dans ce but, on a recherché la présence de coliphages, de *E. coli*, de coliformes féaux et de *Pseudomonas aeruginosa* dans des échantillons d'eau prélevés à 11 endroits différents dans la rivière et dans cinq sources de pollution fécale. On s'est servi de la densité en microorganismes observée pour évaluer le niveau de pollution par des bactéries fécales en rapport avec les sources bactériennes et la conformité avec les Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives. La qualité bactériologique de l'eau a été jugée très bonne dans la presque totalité du tronçon de rivière étudié; la concentration en bactéries fécales y était faible et la probabilité qu'elle soit conforme aux recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives (soit 100 *E. coli*/100 mL).

*coli/100 mL*) était élevée (généralement supérieure à 90 %).

## 92-155

Urban Impacts on Bacteriological Pollution of the St. Marys River in Sault Ste. Marie.  
B.J. Dutka and J. Marsalek. (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The closing of swimming beaches, caused by fecal bacterial contamination, is one of the most common water use impairments attributable to urban pollution. The report that follows addresses such a pollution in one of the Areas of Concern in the Great Lakes Basin, the St. Marys River in Sault Ste. Marie, Ontario. The report presents a methodology for the assessment of bacteriological contamination of receiving waters and the evaluation of sources of fecal contamination.

This report will assist the St. Marys River Remedial Action Plan Team in their environmental planning and should be of interest to others dealing with the assessment of fecal bacterial pollution of receiving waters by urban sources.

### ABSTRACT

Urban impacts on fecal bacterial pollution of the near-shore zone of the St. Marys River in Sault Ste. Marie, Ontario were studied during the period from June to November, 1992. Towards this end, water samples, collected at 11 river sites and from five fecal pollution sources, were analyzed for *E. coli*, fecal coliform, *Pseudomonas aeruginosa* and coliphage. Distributions of the observed microorganism densities were used to assess the levels of fecal bacterial pollution and to estimate the compliance with the recreational water quality guidelines based on the limiting value of 100 *E. coli/100 mL*. Almost the entire reach of the river studied exhibited a good bacteriological water quality with low fecal bacterial concentrations and high probabilities of compliance with the guidelines (greater than 90%). Only the site by Bellevue Park, characterized by shallow water and the presence of waterfowl, showed a lower probability of compliance (80%).

Among the sources of fecal pollution, two tributary streams (Diversion Channel and Fort Creek) and the East End Water Pollution Control Plant (WPCP) were particularly significant.

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La fermeture des plages à la baignade en raison de la contamination fécale est l'un des obstacles à l'utilisation des eaux les plus répandus parmi ceux qui sont attribuables à la pollution urbaine. Le rapport qui suit traite de ce genre de pollution dans l'un des secteurs préoccupants du bassin des Grands Lacs, la rivière St. Marys, à Sault-Ste.-Marie, en Ontario. On y présente une méthodologie en vue de l'évaluation de la contamination bactériologique des eaux réceptrices et de l'évaluation des sources de la contamination fécale.

Le rapport aidera l'équipe du Plan d'assainissement de la rivière St. Marys dans son travail de planification environnementale et devrait présenter un certain intérêt pour d'autres groupes ou personnes qui s'occupent d'évaluation de la pollution bactériologique fécale d'origine urbaine dans les eaux réceptrices.

### RÉSUMÉ

De juin à novembre 1992, on a étudié les impacts d'origine urbaine sur la pollution bactérienne fécale dans la zone littorale de la rivière St. Marys, à Sault-Ste-Marie, en Ontario. À cette fin, on a prélevé à 11 endroits le long de la rivière et à cinq sources de pollution fécale des échantillons d'eau qu'on a analysés en vue d'y découvrir *E. coli*, des coliformes fécaux, *Pseudomonas aeruginosa* et des coliphages. On a utilisé la distribution des densités de microorganismes observés pour évaluer les niveaux de pollution bactérienne fécale et pour obtenir une estimation du respect des lignes directrices relatives à la qualité des plans d'eau à vocation récréative, d'après une valeur limite de 100 *E. coli/100 ml*. Dans presque tout le tronçon de rivière étudié, l'eau affichait un bon niveau de qualité

Impacts of another potentially important source, wet-weather overflows from sanitary sewers, were not detected during the study period. The West End WPCP was very effective in removing fecal bacteria from the effluent and did not impact on the bacteriological water quality in the river. Limited data on stormwater showed a low degree of fecal pollution.

The impacts of urban sources of fecal pollution on the St. Marys River were relatively small and detectable in the vicinity of sources during wet weather. Downstream from these sources, the water quality quickly recovered by mixing and dilution of sewer outfall plumes. In spite of the generally acceptable bacterial water quality in the study area, further attention should be paid to sanitary sewer overflows, occurring during the hydraulic overloading of sewers, urban tributaries conveying pollution from multiple sources, and the effluent from the East End WPCP.

bactériologique; les concentrations de bactéries fécales y étaient faibles et les probabilités de respect des lignes directrices élevées (plus de 90 %). Seul le site situé près du parc Bellevue, caractérisé par des eaux peu profondes et par la présence de sauvagine, a démontré une plus faible probabilité de respect (80 %).

Au chapitre des sources de pollution fécale, deux tributaires (chenal de dérivation et ruisseau Fort) et l'usine d'épuration de l'est accusaient des concentrations particulièrement élevées. On n'a pas détecté, pendant la période de l'étude, de répercussions d'une autre source jugée potentiellement importante : le débordement des égouts séparatifs en cas de pluie. L'usine d'épuration de l'ouest réussissait très bien à éliminer les bactéries fécales de l'effluent; il n'en a résulté aucun impact sur la qualité bactériologique de l'eau de la rivière. Les quelques données sur l'eau pluviale ont démontré un faible niveau de pollution fécale.

Les impacts des sources urbaines de pollution fécale sur la rivière St. Marys étaient relativement faibles et faciles à détecter aux alentours des sources par temps pluvieux. En aval de ces sources, la qualité de l'eau se rétablissait rapidement à cause du mélange et de la dilution des panaches des émissaires des égouts. En dépit de la concentration généralement acceptable de bactéries dans l'eau de la région visée par l'étude, il faudrait porter une plus grande attention aux débordements des égouts séparatifs, qui se produisent lorsqu'il y a surcharge, aux tributaires urbains transportant des charges polluantes de sources multiples, et aux effluents de l'usine d'épuration de l'est.

## 92-156

*Urban Drainage Systems: Design and Operation.* J. Marsalek, T.O. Barnwell, W. Geiger, M. Grottke, W.C. Huber, A.J. Saul, W. Schilling and H.C. Torno. In: *Water Science and Technology*, 27:(12):31-70.

### MANAGEMENT PERSPECTIVES

Historically, drainage, sewage treatment and the quality of receiving waters in urban areas have been addressed separately, and their interactions have been often disregarded. Such a fragmented approach is being replaced by an integrated

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les questions de drainage, de traitement des eaux d'égout et de qualité du milieu récepteur en milieu urbain ont toujours été abordées individuellement et leurs interactions

management approach, in which the interdependency and interactions among the principal system components are recognized in the development of solutions to water management problems. Under such conditions, the uses of the receiving waters become the driving force dictating the level of control of urban pollution.

The interactions among urban drainage, sewage treatment, and receiving water quality, with reference to integrated pollution control and preservation of receiving waters in urban areas, were addressed at the IAWPRC INTERURBA Workshop, which was held in April, 1992. The workshop proceedings comprise four reports dealing with management of urban water. This report is one of the four, and focuses on urban drainage planning, design and operation. The report should be of interest to water managers and environmental planners dealing urban water resources.

## ABSTRACT

Design and operation of urban drainage systems are addressed in the context of the urban water system comprising drainage, sewage treatment plants and receiving waters. The planning and design of storm sewers are reviewed with reference to planning objectives, design objectives, flows and pollutant loads, sewer system structures and urban runoff control and treatment. The discussion of combined sewers focuses on hydraulic design of combined sewer systems, including combined sewer overflow (CSO) structures, and the use of CSO structures and storage in control of CSOs. The section on operation of sewer systems focuses on real time control, its feasibility, planning, design, operation and applications. Sewer system planning and design are generally conducted using computer modelling tools and procedures which are reviewed in the last section. A brief listing of selected models focuses on internationally used models. Finally, it was concluded that further improvements in environmental and ecological protection of urban waters is feasible only by consideration of urban drainage systems in conjunctions with sewage treatment and water quality in the receiving waters.

ont été souvent négligées. Une telle approche morcelée cède graduellement le pas à une approche de gestion intégrée qui prend en compte l'interdépendance et les interactions entre les principaux éléments du système pour élaborer des solutions aux problèmes de gestion des eaux. Dans de telles conditions, les utilisations du milieu récepteur deviennent l'élément moteur qui dicte le degré de lutte contre la pollution en milieu urbain.

L'atelier de l'Association internationale pour la qualité de l'eau (AIQE) intitulé INTERURB, qui s'est déroulé en avril 1992, abordait les interactions entre le drainage urbain, le traitement des eaux d'égout et la qualité du milieu récepteur et se penchait sur la lutte intégrée contre la pollution et la préservation des eaux réceptrices en milieu urbain. Le compte rendu de cet atelier comporte quatre rapports qui portent sur la gestion des eaux urbaines. Le présent document est l'un d'eux et traite de planification, de conception et d'exploitation de réseaux de drainage urbains. Ce rapport devrait intéresser les gestionnaires des eaux et les urbanistes s'occupant de ressources en eau dans les villes.

## RÉSUMÉ

Le présent rapport aborde la conception et l'exploitation de réseaux de drainage urbains dans le cadre de réseaux d'adduction d'eau comportant un système de drainage, les usines d'épuration et un milieu récepteur. Il examine la planification et la conception des égouts pluviaux et traite d'objectifs de planification et de conception, de débit et de charges polluantes, des éléments constituant les réseaux d'égout, et de régulation et de traitement des eaux de ruissellement urbaines. La discussion sur les égouts unitaires porte sur la conception hydraulique d'un tel réseau, y compris sur les ouvrages et dispositifs d'évacuation du trop-plein, et l'utilisation d'égouts unitaires et du stockage pour régulariser le trop-plein des égouts unitaires. La partie sur l'exploitation de réseaux d'égout traite de contrôle en temps réel, de sa faisabilité, de sa planification, de sa conception, de son fonctionnement et de ses applications. La planification et la conception de réseaux d'égout est généralement effectuée à l'aide de méthodes et d'outils de

modélisation informatique, lesquels sont examinés dans le dernier chapitre. Une brève liste énumère certains modèles utilisés à l'échelle internationale. Enfin, le rapport conclut que d'autres améliorations à la protection environnementale et écologique des eaux urbaines sont possibles uniquement si l'on prend en compte les réseaux de drainage urbain conjugués au traitement des eaux d'égout et à la qualité de l'eau du milieu récepteur.

## 92-157

Methods for the Analysis of Hazardous Wastes: A Review. S. Lesage. *J. of Chromatography* (in press).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

This article is a review of the methods that have been used for the analysis of water and soils at hazardous waste sites. It is an invited contribution to the *Journal of Chromatography* for a special issue on environmental analysis. The methods are presented in increasing order of complexity, from screening methods, to target compound analysis, to in-depth investigations. There are few groups within Environment Canada who are dedicated to the problems of groundwater contamination by hazardous wastes, therefore our laboratories are often not aware of the analytical problems inherent to these highly contaminated samples. This is a succinct review with 74 references which could be used as a starting point in the investigations of the impact of waste sites to the environment.

### ABSTRACT

This is a review covering the analytical methods for water and contaminated soils at hazardous waste sites. The different methods needed for rapid screening, target compound analysis and indepth investigations, are presented. Field techniques, which are becoming commonplace, are also discussed.

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Le présent article passe en revue les méthodes qui ont été utilisées pour l'analyse de l'eau et des sols sur les décharges de déchets dangereux. Cet article a été sollicité par le *Journal of Chromatography* dans le cadre d'une livraison spéciale sur l'analyse environnementale. Les méthodes sont présentées par ordre croissant de complexité : d'abord les méthodes de détection, puis l'analyse des composés cibles et enfin les études en profondeur. Comme quelques groupes seulement s'intéressent aux problèmes de contamination des eaux souterraines par les déchets dangereux à Environnement Canada, nos laboratoires ne sont pas toujours au courant des problèmes analytiques inhérents à ces échantillons hautement contaminés. Cet article passe brièvement en revue 74 références qui pourraient servir de point de départ à une étude de l'impact des décharges de déchets dangereux sur l'environnement.

### RÉSUMÉ

Le présent article passe en revue les méthodes d'analyse de l'eau et des sols contaminés sur les décharges de déchets dangereux. On y présente les différentes méthodes utilisées pour la détection rapide, l'analyse des composés cibles et les études en profondeur. On traite également des techniques utilisées sur le terrain, auxquelles on a recours de plus en plus fréquemment.

**92-158**

**Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Suspended Particulates from Hamilton Harbour.**

T. Mayer and E. Nagy. *Wat. Pol. Res. J. Can.*, 27(4).

**MANAGEMENT PERSPECTIVES**

Several studies have shown very high concentrations of priority pollutant, polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in Hamilton Harbour benthic sediments. These sediments are susceptible to resuspension and may become a secondary source of the PAHs long after their concentrations in inputs from various sources decrease.

This study was undertaken to identify and quantify 16 priority pollutant PAHs in suspended particulates and benthic sediments from Hamilton Harbour and western Lake Ontario in order to characterize the sources and transport of PAHs in Hamilton Harbour.

The results of the study show that the concentrations of PAHs ( $4.41 - 106 \mu\text{g/g}$ ) in suspended particulates in the harbour are often as high as their concentrations in benthic sediments. Suspended particulates from areas close to steel industry, located on the south shore, had also the greatest diversity of PAHs, ranging from low molecular weight compounds such as naphthalene to higher molecular weight compounds, including known carcinogens such as benzo[a]pyrene. Several samples of suspended particulates collected from surface water had concentrations of benzo[a]pyrene higher than  $2 \mu\text{g/g}$ . The concentrations of fluoranthene ( $1.44 - 16.1 \mu\text{g/g}$ ) in most samples were typical of industrial and urban areas. The profiles for PAH compounds were similar for suspended particulates and for the bottom sediments, though the total concentrations and number of identified compounds differed.

The concentrations of PAHs (between 9.3 and  $34.4 \mu\text{g/g}$ ) in suspended particulates from the plume area in Lake Ontario were more than by one order of magnitude higher than those of benthic sediments from depositional basins of the Great Lakes.

The results of this study are important, as there are no data on priority pollutant PAHs in particulates suspended in the water column of Hamilton Harbour, a phase that is in immediate contact with biota. Furthermore, the results reveal the export of PAHs along with other contaminants

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Plusieurs études ont révélé la présence en concentration très élevée de polluants d'intérêt prioritaire, des hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP), dans les sédiments du port d'Hamilton. Ces sédiments pourraient être remis en suspension et constituer une source secondaire de HAP longtemps après que leur concentration dans les sources de pollution ait diminué.

L'objet de cette étude est l'identification et la quantification de 16 HAP d'intérêt prioritaire associés aux particules en suspension et aux sédiments du port d'Hamilton ainsi que de la partie ouest du lac Ontario; on voulait aussi caractériser les sources et les mécanismes de transport des HAP dans le port d'Hamilton.

L'étude montre que la concentration des HAP ( $4,41-106 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) dans les particules en suspension dans l'eau du port est aussi élevée que celle des sédiments. Les particules en suspension prélevées à proximité des aciéries, sur la rive sud, comportent aussi la plus grande diversité de HAP, soit des composés à faible poids moléculaire tels que le naphtalène jusqu'aux composés à poids moléculaire élevé, notamment des carcinogènes connus tels que le benzo[a]pyrène. Plusieurs échantillons de matières en suspension prélevés dans l'eau de surface contiennent du benzo[a]pyrène en concentration supérieure à  $2 \mu\text{g.g}^{-1}$ . La concentration en fluoranthène ( $1,44-16,1 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) de la plupart des échantillons est typique de celle des secteurs industriels et urbains. Les profils de HAP dans les matières en suspension sont semblables à ceux des sédiments bien que la concentration totale ainsi que le nombre de composés identifiés diffèrent.

La concentration des HAP (entre 9,3 et  $34,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) dans les matières en suspension du secteur du lac Ontario qui reçoit les eaux du port, est supérieure par un ordre de grandeur à la concentration dans les sédiments prélevés dans les bassins de sédimentation des Grands Lacs.

from Hamilton Harbour to Lake Ontario.

### ABSTRACT

The concentrations and relative abundances of sixteen priority pollutant polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) were measured in suspended particulates and benthic sediments from Hamilton Harbour. The PAH concentrations in suspended particulates, often as high as PAH concentrations in benthic sediments, ranged between 4.41 and 106  $\mu\text{g/g}$ . The highest PAH concentrations were found in areas close to the industrial sites. Selected samples of suspended particulates from the western part of Lake Ontario were also analyzed for PAHs to document the extent of transport of PAHs from the harbour to Lake Ontario via the Burlington Ship Canal. The results reveal export of PAHs along with the other contaminants from Hamilton Harbour to Lake Ontario.

In addition to PAHs, n-alkanes were determined in all samples, as they are useful in deciphering the sources of suspended particulates and hence the sources of particle-associated PAHs.

Les résultats de cette étude ont de l'importance en ce qu'il n'existe pas de données relatives aux polluants d'intérêt prioritaire associés aux matières en suspension dans la colonne d'eau du port d'Hamilton, c'est-à-dire une phase qui est en contact immédiat avec les biotes. Par surcroît, les résultats montrent qu'il y a une exportation de HAP, ainsi que d'autres contaminants, du port d'Hamilton au lac Ontario.

### RÉSUMÉ

La concentration et l'abondance relative de seize hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) d'intérêt prioritaire ont été mesurées dans les matières en suspension ainsi que dans les sédiments du port d'Hamilton. La concentration des HAP dans les matières en suspension, souvent égale à celle des HAP dans les sédiments, varie entre 4,41 et 106  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . La plus forte concentration a été trouvée dans les secteurs situés à proximité d'emplacements industriels. Les HAP ont été dosés dans des échantillons spécifiques de matières en suspension qui proviennent de la partie ouest du lac Ontario, cela afin d'étudier l'importance du transport des HAP par la voie navigable de Burlington. Il est constaté qu'il y a exportation de HAP ainsi que d'autres contaminants du port au lac Ontario.

En plus des HAP, on a dosé aussi des n-alcanes dans tous les échantillons; ces alcanes sont utiles pour étudier les sources de matières en suspension et ainsi, les sources de HAP associés à des particules.

### 92-160

Expres: An Expert System for Assessing the Fate of Pesticides in the Subsurface;  
Progress Report: Incorporation of the Integrity Checking Module into Expres. O.  
Resler, J.P. Mutch and A.S. Crowe. (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The Pesticides Division of the Commercial Chemical Branch, Environment Canada, is required to assess the environmental hazards associated with a pesticide and its transformation products before it is approved for public use. One of the specific concerns of the Pesticides Division is the potential for a pesticide to contaminate shallow groundwater resources. The Groundwater Contamination Project

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides de la Direction des produits chimiques commerciaux d'Environnement Canada doit évaluer les risques que présentent pour l'environnement un pesticide et ses produits de transformation avant d'en autoriser une utilisation grand public. La possibilité qu'un pesticide contamine

of NWRI, has developed an expert system, known as EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. In addition, this expert system can be used for the identification of agricultural development which may or may not be sustainable.

Basically, EXPRES combines: (1) three pesticide assessment models of varying complexity, (2) two extensive data bases containing the chemical properties of over 125 pesticides and the physical, pedological, hydrological, meteorological and agricultural practices of 11 agricultural regions across Canada, (3) data management system, and (4) a graphical and text-based user-system interface, within an expert system (rule-based) framework that is designed to provide the user with guidance and assistance with all aspects of an assessment. An expert system approach allows a user with little knowledge in the theory of pesticide transport in the unsaturated zone, or with little proficiency in the use of pesticide assessment models to successfully, quickly and accurately, undertake a range of assessments of the potential for a pesticide to contaminate groundwater.

This report describes an important component of EXPRES, known as the Integrity Checking Module. Integrity checks are preformed by EXPRES on all entries supplied by the user. These checks are preformed on four levels: (1) *operational checks*, to ensure that the operation of EXPRES is smooth and logical, (2) *correct type and format checks*, to ensure that the correct type of data are being entered into the input field, (3) *appropriate range checks*, to ensure that values specified for a model parameter are within an appropriate range of values for that parameter is consistent with values specified for other related parameters in the input data set.

## ABSTRACT

An expert system, known as EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations), has been developed to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination due to pesticide usage. Basically, EXPRES combines: (1) three pesticide assessment models of varying complexity, (2) two extensive data bases containing the chemical properties of over 125 pesticides and the physical, pedological,

les eaux souterraines de faible profondeur est l'un des problèmes auxquels la Division des pesticides s'intéresse. Dans le cadre du Projet sur la contamination des eaux souterraines du INRE, on a élaboré un système expert connu sous le nom de EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations); celui-ci peut aider à évaluer le potentiel de contamination des eaux souterraines d'un pesticide et à déterminer quels projets agricoles peuvent être viables.

Fondamentalement, le système EXPRES réunit les éléments suivants : (1) trois modèles d'évaluation de complexités diverses; (2) deux imposantes bases de données contenant des renseignements sur les propriétés chimiques de plus de 125 pesticides de même que sur les méthodes physiques, pédologiques, hydrologiques, météorologiques et agricoles utilisées dans 11 régions agricoles au Canada; (3) un système de gestion des données et (4) une interface en modes graphique et caractères; tous ces composants sont intégrés dans un système expert (à base de règles) qui guide l'utilisateur et l'assiste dans toutes les opérations associées à une évaluation. Un système expert permet à un utilisateur peu familiarisé avec la théorie du transport des pesticides dans la zone non saturée ou peu habitué aux modèles d'évaluation de pesticides d'effectuer rapidement, avec succès et avec précision diverses évaluations du potentiel de contamination des eaux souterraines que présente un pesticide.

Dans le présent rapport, nous allons décrire un composant important du système EXPRES appelé Module de contrôle d'intégrité. EXPRES exécute des contrôles d'intégrité de toutes les entrées de l'utilisateur. Ces derniers se font à quatre niveaux : (1) *contrôles opérationnels* : le système s'assure que les opérations se déroulent normalement et de manière logique (2) *contrôles des formats et des types de données* : il vérifie si l'on a introduit le bon type de données dans la zone d'entrée (3) *contrôles des fourchettes de valeurs* : il s'assure que les valeurs données pour un paramètre se situent dans la fourchette prévue pour ce dernier et qu'elles sont conformes aux valeurs d'autres paramètres dans l'ensemble de données d'entrée.

hydrological, meteorological and agricultural practices of 11 agricultural regions across Canada, (3) a data management system, and (4) a graphical and text-based user-system interface, within an expert system (rule-based framework that is designed to provide the user with guidance and assistance with all aspects of an assessment. An important component of EXPRES is the Integrity Checking Module, which performs checks on all entries supplied by the user. These checks are performed on four levels: (1) *operational checks*, to ensure that the operation of EXPRES is smooth and logical, (2) *correct type and format checks*, to ensure that the correct type of data are being entered into the input field, (3) *appropriate range checks*, to ensure that values specified for a model parameter are within an appropriate range of values for that parameter, and (4) *consistency checks*, to ensure that the value entered for a model parameter is consistent with values specified for other related parameters in the input data set.

## RÉSUMÉ

On a élaboré un système expert appelé EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) pour faciliter l'évaluation du potentiel de contamination des eaux souterraines que présentent les pesticides. Fondamentalement, le système EXPRES réunit les éléments suivants : (1) trois modèles d'évaluation de complexités diverses; (2) deux imposantes bases de données contenant des renseignements sur les propriétés chimiques de plus de 125 pesticides de même que sur les méthodes physiques, pédologiques, hydrologiques, météorologiques et agricoles utilisées dans 11 régions agricoles au Canada; (3) un système de gestion des données et (4) une interface en modes graphique et caractères; tous ces composants sont intégrés dans un système expert (à base de règles) qui guide l'utilisateur et l'assiste dans toutes les opérations associées à une évaluation. Le système comprend un important composant appelé Module de contrôle d'intégrité. EXPRES exécute des contrôles d'intégrité de toutes les entrées de l'utilisateur. Ces derniers se font à quatre niveaux : (1) *contrôles opérationnels* : le système s'assure que les opérations se déroulent normalement et de manière logique (2) *contrôles des formats et des types de données* : il vérifie si l'on a introduit le bon type de données dans la zone d'entrée (3) *contrôles des fourchettes de valeurs* : il s'assure que les valeurs données pour un paramètre se situent dans la fourchette prévue pour ce dernier et qu'elles sont conformes aux valeurs d'autres paramètres dans l'ensemble de données d'entrée.

### 92-161

The Potential for Metal Release by Reductive Dissolution of Weathered Mine Tailings.  
I. Ribet, C.J. Ptacek and D.W. Blowes. *J. Contaminant Hydrology* (accepted).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

Mine wastes, composed primarily of waste rock and mill tailings are typically deposited in piles or impoundments located at the ground surface. As sulphide minerals contained in these wastes contact atmospheric oxygen, a series of reactions occur potentially leading to the release of low pH waters, containing high concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$ , Fe and other metals, to nearby groundwater and surface water

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les déchets miniers, composés principalement de déchets de roc et de terrils d'usine, sont habituellement déposés en piles ou dans des bassins de retenue, en surface. À mesure que les minéraux sulfurés contenus dans ces déchets entrent en contact avec l'oxygène atmosphérique, une série de réactions

bodies. Attempts to minimize the release of these waters to the environment have involved a number of physical and chemical approaches, including the use of covers or liners that minimize the movement of water through the wastes and covers that minimize the ingress of oxygen into the wastes. In the latter category, proposed designs can be divided into two subcategories, those that minimize the rate of oxygen diffusion into the wastes through physical barriers or those that cause the consumption of oxygen through chemical barriers. Waste piles and impoundments are typically large and can cover areas in excess of 100 ha. Because of the large scales involved, the expenses associated with implementing a remediation program can be high, on the order of several million dollars or more per site. One remediation design viewed as an attractive alternative is the placement of an organic-carbon rich layer over the mine wastes, which acts as an oxygen consumption barrier, preventing further oxidation. These organic-carbon rich layers can be comprised of sewage sludge, composted municipal waste, peat or sawdust, all of which can be obtained as waste products, lowering the cost of the cover design.

In settings where the wastes are fresh and unaffected by sulphide oxidation reactions, the use of organic-carbon rich covers will likely be successful. In other settings, where wastes have been affected by oxidation reactions for several years or decades, oxidation products generally accumulate in the oxidation zone as rims of precipitates on the sulphide surfaces or as discrete layers. These accumulations are composed primarily of ferric hydroxide and oxyhydroxide minerals and can retain high concentrations of metals, such as Mn, Ni, Cu, Cr and As. If organic-carbon-rich layers are deposited on top of the wastes, organic compounds can be released through aerobic and anaerobic reactions. The organic compounds can cause the accumulated ferric hydroxides and oxyhydroxides to be reductively dissolved, resulting in the release of dissolved metals to pore-waters, and eventually to groundwater and surface water bodies.

This manuscript evaluates the quantity of metals potentially available for release by reductive dissolution reactions at the Nickel Rim mine tailings impoundment, located in the Sudbury basin of Ontario. The Nickel Rim tailings contain approximately 15 wt% sulphide minerals, and have been affected by sulphide oxidation reactions for

surviennent, pouvant entraîner la libération d'eaux à faible pH, contenant de fortes concentrations de  $\text{SO}_4^{2-}$ , de Fe et d'autres métaux, qui s'infiltrent dans les eaux souterraines et les étendues d'eaux superficielles voisines. Diverses tentatives visant à minimiser le rejet de ces eaux dans l'environnement utilisent un certain nombre d'approches physiques et chimiques, y compris l'utilisation de couvertures ou de garnitures minimisant le déplacement de l'eau à travers les déchets, et de couvertures minimisant la pénétration de l'oxygène dans les déchets. Pour cette dernière catégorie, les modèles proposés peuvent être subdivisés en deux sous-catégories, celles qui minimisent le taux de diffusion de l'oxygène dans les déchets par des barrières physiques, et celles qui entraînent la consommation de l'oxygène par des barrières chimiques. Les piles de déchets et les bassins de retenue, habituellement de grandes dimensions, peuvent recouvrir des superficies dépassant les 100 ha. À cause de ces grandes étendues, les dépenses nécessaires à la mise en œuvre d'un programme de mesures correctives peuvent être élevées, de l'ordre de plusieurs millions de dollars ou plus par site. L'un des plans de mesures correctives qui semble être une mesure de remplacement intéressante est le dépôt d'une couche riche en carbone organique par-dessus les déchets miniers, qui agit comme une barrière limitant la consommation d'oxygène, et par conséquent l'oxydation. Ces couches riches en carbone organique peuvent être composées de boues d'épuration d'eaux usées, de déchets municipaux compostés, de tourbe ou de sciure de bois, qu'on peut se procurer à l'état de déchets, ce qui diminue les coûts de ce modèle de couverture.

Dans les endroits où les déchets miniers sont frais et peu touchés par des réactions d'oxydation des sulfures, l'utilisation de couvertures riches en carbone organique présente le maximum de chances de succès. À d'autres endroits, là où les déchets sont soumis à des réactions d'oxydation depuis plusieurs années, voire même depuis plusieurs décennies, les produits d'oxydation s'accumulent généralement dans la zone d'oxydation, formant des garnitures ou des couches distinctes de précipités sur les surfaces sulfurées. Ces matières accumulées sont

more than 30 years. Large masses of metals have accumulated in the near-surface of the tailings as a result of sulphide oxidation reactions. A series of extraction experiments were conducted on the tailings solids to evaluate the characteristics of the accumulated metals. The results of the extraction experiments indicate that for some metals more than 80% of the metal mass is available for reductive dissolution. The implications of this study are that, at locations where sulphide oxidation reactions have commenced for a sufficient period to accumulate large masses of metals as oxidation rims and layers, the use of an organic-carbon rich cover to stop any further oxidation may increase the magnitude of the environmental problem it is designed to prevent.

### ABSTRACT

Remediation programs proposed for decommissioned sulphide tailings may include the addition of a cover layer of organic-carbon-rich material such as sewage sludge or composted municipal waste. These covers are designed to consume oxygen and prevent the oxidation of underlying sulphide minerals. The aerobic and anaerobic degradation of such organic-carbon-rich waste can release soluble organic compounds to infiltrating precipitation water. In laboratory experiments, and in natural settings, biotic and abiotic interactions between similar dissolved organic compounds and ferric-bearing secondary minerals have been observed to result in the reductive dissolution of ferric hydroxides and the release of ferrous iron to pore waters. In weathered tailings, oxidation of sulphide minerals typically results in the formation of abundant ferric-bearing secondary precipitates near the tailings surface. These secondary precipitates may contain high concentrations of potentially toxic metals, either coprecipitated with or adsorbed onto ferric (oxy)hydroxides. Reductive dissolution reactions, resulting from the addition of the organic-carbon covers, may remobilize these metals previously attenuated near the tailings surface.

Laboratory experiments were conducted on weathered tailings taken from the Nickel Rim mine tailings impoundment near Sudbury, Ontario, Canada, which are representative of many tailings impoundments. The masses of metals determined in four fractions, (water soluble, total sulphate-sulphur, reducible, and residual, suggest that the greatest accumulation of metals is in the reducible

principalement composées de minerais d'hydroxyde ou d'oxyhydroxyde ferrique, et peuvent contenir de fortes concentrations de métaux comme le Mn, le Ni, le Cu, le Cr et l'As. Si des couches riches en carbone organique sont déposées par-dessus ces déchets, des composés organiques peuvent être libérés par des réactions aérobies et anaérobies. Ces composés organiques peuvent entraîner la dissolution en milieu réducteur des hydroxydes et oxyhydroxydes ferriques accumulés, ce qui peut être à l'origine de rejets de métaux dissous dans les eaux intersticielles et, éventuellement, dans les eaux souterraines et les étendues d'eaux superficielles.

Ce manuscrit évalue la quantité de métaux pouvant être possiblement libérée par des réactions de dissolution en milieu réducteur à partir du bassin de retenue de la mine Nickel Rim, située dans le bassin de Sudbury, en Ontario. Les déchets miniers de la mine Nickel Rim contiennent environ 15 % en poids de minerais de type sulfure, et ils ont été soumis à des réactions d'oxydation des sulfures depuis plus de trente ans. D'importantes masses de métaux se sont accumulées près de la surface des terrils par suite des réactions d'oxydation des sulfures. Une série d'essais d'extraction a été effectuée avec des matières solides des terrils afin d'évaluer les caractéristiques des métaux accumulés. Les résultats de ces extractions indiquent que dans le cas de certains métaux, plus de 80 % de la masse des métaux est disponible pour une dissolution en milieu réducteur. Cette étude suggère que, aux endroits où des réactions d'oxydation des sulfures ont duré suffisamment longtemps pour permettre l'accumulation d'importantes masses de métaux formant des garnitures ou des couches d'oxydation, l'utilisation d'une couverture riche en carbone organique pour arrêter l'oxydation peut augmenter la gravité du problème environnemental au lieu de contribuer à sa solution tel que prévu.

### RÉSUMÉ

Les programmes de mesures correctives proposés pour les terrils de minerais sulfurés abandonnés peuvent inclure l'addition d'une couche riche en carbone organique, comme par exemple des boues d'épuration d'eaux usées ou

fraction. These measurements indicate that high concentrations of metals are available for release by reductive dissolution of the ferric-bearing secondary minerals. The actual mass of metals that can be released by this mechanism will depend on a number of site-specific characteristics, particularly the intensity of the reducing conditions established near the tailings surface.

des déchets municipaux compostés. Ces couvertures sont conçues pour consommer l'oxygène et prévenir l'oxydation des minerais sulfurés sous-jacents. La dégradation anaérobie et aérobie de ces couches riches en carbone organique peut entraîner la libération de composés organiques solubles dans les eaux de précipitations qui s'infiltrent. Lors d'essais en laboratoire et sur le terrain, on a observé des interactions biotiques et abiotiques entre des composés dissous semblables et des minerais secondaires comportant des composés ferriques, qui produisaient des réactions de dissolution en milieu réducteur des hydroxydes ferriques et entraînaient la libération d'ions ferreux dans les eaux intersticielles. Dans les résidus altérés, l'oxydation des minerais sulfurés entraîne habituellement la formation de précipités secondaires abondants à base de fer près de la surface des résidus. Ces précipités secondaires peuvent contenir de fortes concentrations de métaux potentiellement toxiques, qui sont soit coprécipités avec les (oxy)hydroxydes ferriques ou adsorbés sur ceux-ci. Des réactions de dissolution en milieu réducteur, résultant de l'addition de couvertures riches en carbone organique, peuvent entraîner la remobilisation de ces métaux auparavant liés près de la surface des résidus.

Des expériences en laboratoire ont été effectuées à l'aide de résidus altérés provenant d'un bassin de retenue de déchets miniers de la mine Nickel Rim près de Sudbury, Ontario, Canada, qui sont représentatifs d'un grand nombre de bassins de retenue de déchets miniers. Les masses des métaux mesurées dans quatre fractions (solubles dans l'eau, fraction totale sulphate-soufre, fractions réductibles et résiduelles), suggèrent que la plus forte accumulation de métaux est dans la fraction réductible. Ces mesures indiquent que des fortes concentrations de métaux sont disponibles pour la dissolution en milieu réducteur des minerais secondaires comportant des ions ferriques. La masse réelle des métaux qui peut être libérée par ce mécanisme dépend d'un certain nombre de caractéristiques propres à chaque site, et plus particulièrement de l'intensité des conditions réductrices qui sont créées près de la surface des déchets miniers.

## 92-162

Removal of Agricultural Nitrate from Tile-Drainage Effluent Waters Using In-Line Bioreactors. D.W. Blowes, W.D. Robertson, C.J. Ptacek and C. Merkley. *J. of Contaminant Hydrology* (accepted).

## MANAGEMENT PERSPECTIVE

Agricultural practices can lead to the release of nitrate and other chemicals to groundwater and surface-water bodies. These chemicals are derived through intentional application, through tillage or other agricultural practices. Once the chemicals are released into the subsurface, they can migrate downward into the local groundwater environment, and then laterally into nearby surface water bodies, or can migrate through overland flow. The concentrations of chemicals derived from agricultural fields are typically low, however, because large areas of land are drained, these chemicals can constitute a significant loading to the environment.

A common agricultural practice in regions of high rainfall is the use of tile-drainage lines, installed below the soil surface, to promote drainage from the fields. This drainage water is directed to nearby ditches or streams. Chemicals derived from agricultural practices are often at their highest concentration in the tile waters, and then are diluted once the tile waters enter the surface-water system. Removal of agricultural contaminants from the drainage waters prior to their release to surface water bodies can prevent large-scale contamination of entire watersheds.

This manuscript describes a treatment system for removing agricultural contaminants directly at the tile-drainage outfalls. The specific application described is for the removal of nitrate, a common contaminant released through agricultural practices. The removal of nitrate is accomplished through the use of constant-flow bioreactors attached directly to tile-drainage outfalls. The reactors are designed to be inexpensive and easy to install so that an individual reactor can be used for each tile-drainage line in an economically feasible manner. The removal of nitrate is accomplished by biological denitrification. The end-products in this process are bicarbonate ions and chemically inert nitrogen gas. A mixture of sand and solid-phase organic matter is used in the reactors. The sand is added to prevent clogging in the reactors and the organic matter is used as an energy source for the denitrifying bacteria. Results of a field study

## SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Les pratiques agricoles peuvent provoquer le rejet de nitrate et d'autres produits chimiques dans les nappes d'eau souterraine et d'eau de surface. Ces produits proviennent de l'application intentionnelle par des travaux de culture ou d'autres pratiques agricoles. Les produits chimiques, une fois rejettés dans la subsurface, peuvent descendre dans la nappe locale d'eau souterraine, puis contaminer latéralement les nappes d'eau de surface avoisinantes ou se répandre par ruissellement en surface. En règle générale, les concentrations de produits chimiques provenant des champs sont faibles. Toutefois, parce que des grandes surfaces de ces terres sont drainées, ces produits chimiques peuvent constituer une charge importante pour l'environnement.

Une pratique agricole répandue dans les régions pluvieuses consiste à utiliser des réseaux de drainage en tuiles installés plus bas que la surface du sol pour favoriser le drainage des champs. L'eau ainsi recueillie est dirigée vers les fossés ou les ruisseaux voisins. Les produits chimiques provenant des pratiques agricoles sont souvent le plus concentrés dans l'eau du réseau de drainage en tuiles; les concentrations diminuent quand ces eaux se mélangent aux eaux de surface. L'élimination des contaminants agricoles des eaux de drainage avant leur rejet dans les nappes d'eau de surface peut éviter la contamination de bassins versants entiers.

Le manuscrit décrit un système de traitement en vue de l'élimination des contaminants agricoles directement au point de rejet du réseau de drainage en tuiles. L'application précise qui est décrite prévoit l'élimination du nitrate, contaminant commun libéré par les pratiques agricoles. Pour éliminer le nitrate, on a recours à des bioréacteurs à débit constant fixés directement aux points de rejet du réseau de drainage en tuiles. Ces réacteurs sont conçus pour être peu

conducted at the Kintore Creek Agricultural Station, located in southwestern Ontario, are described. A control reactor, containing only sand, and two reactors containing different types of organic matter mixed with sand, were evaluated. The reactors were monitored for a one year period to assess whether nitrate could effectively be removed from the drainage waters at flow rates and nitrate concentrations typical of those encountered in an actual agricultural setting. The results of the study indicate both reactors containing organic matter were successful at removing nitrate from the tile-drainage lines over the entire monitoring period.

### ABSTRACT

Two 200 L bioreactors, containing porous media material of coarse sand and organic carbon (tree bark, wood chips and leaf compost), were used to treat  $\text{NO}_3$  contamination from agricultural runoff. Flow from a farm field drainage tile containing  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentrations of 3 to 6 mg/L was successfully treated in the reactors ( $\text{NO}_3\text{-N} < 0.02 \text{ mg/L}$ ) at a rate of 10 to 60 L/day over a one year period. Treatment occurs by anaerobic denitrification promoted by the added organic carbon material. Because the reactor design is simple, economical to construct and maintenance free, it may provide a practical solution to the problem of treating redox-sensitive contaminants, such as  $\text{NO}_3$ , in agricultural runoff.

dispendieux et faciles à installer; ainsi, il est économiquement possible d'utiliser un réacteur par canalisation de drainage. L'élimination du nitrate se fait par dénitrification biologique. Les produits finals du processus sont des ions de bicarbonate et de l'azote gazeux chimiquement inerte. On utilise un mélange de sable et de matière organique en phase solide à l'intérieur des réacteurs. Le sable sert à prévenir le colmatage à l'intérieur des réacteurs et la matière organique est une source d'énergie pour les bactéries dénitrifiantes. Le rapport décrit les résultats d'une étude effectuée à la station de recherche de Kintore Creek, dans le sud-ouest de l'Ontario. On a évalué un réacteur témoin ne contenant que du sable, et deux réacteurs contenant différents types de matière organique mêlée à du sable. On a contrôlé les réacteurs pendant un an pour déterminer si l'on pouvait ainsi éliminer le nitrate des eaux de drainage dans des conditions de débit et de concentrations de nitrate typiques d'un milieu agricole réel. Selon les résultats de l'étude, les deux réacteurs qui contenaient de la matière organique ont réussi à éliminer le nitrate de l'eau s'écoulant dans les canalisations du réseau de drainage en tuiles pendant toute la période de contrôle.

### RÉSUMÉ

Deux bioréacteurs de 200 L contenant un milieu poreux constitué de sable grossier et de carbone organique (écorce d'arbre, copeaux de bois et compost de feuilles) ont été utilisés pour contrer la contamination au  $\text{NO}_3$  des eaux de ruissellement agricoles. Les écoulements du réseau de drainage en tuiles d'un champ, présentant une teneur de 3 à 6 mg/L de  $\text{NO}_3\text{-N}$ , ont été traités avec succès dans les réacteurs ( $\text{NO}_3\text{-N} < 0,02 \text{ mg/L}$ ) à un débit de 10 à 60 L/jour pendant un an. Le traitement se fait par dénitrification anaérobie favorisée par le carbone organique du matériau ajouté. Le réacteur étant de conception simple, peu dispendieux et ne nécessitant aucun entretien, il pourrait représenter une solution pratique au problème du traitement des contaminants sensibles à l'oxydoréduction, comme le  $\text{NO}_3$ , dans les eaux de ruissellement agricoles.

92-163

Athabasca River Project 1990/91 Progress Report, ed. R.A. Bourbonniere. (NWRI Report).

#### MANAGEMENT PERSPECTIVE

The overall purpose of this project is to study the impact of industrial activities on the Athabasca River, and to model the hydrological and chemical characteristics of the river to assist in the development of aquatic assessment protocols which can be used to support sustainable development strategies in this important northern watershed. One part of this project is to study the impact of the oil sands operations near Fort McMurray on the lower Athabasca, and the contribution of these operations relative to natural sources and upstream industrial activities. The emphasis is on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and related compounds. Water, suspended sediment, and bed sediment from the lower Athabasca River, its tributaries, and the lower Peace and upper Slave Rivers are being analyzed for organic contaminants and tested for ecotoxicological response. Fish collected in the vicinity of the oil sands plants were analyzed for PAHs and metabolites and for mixed function oxidase activity in liver tissue.

Preliminary results from water and sediment samples collected in August 1989 were reported previously (Brownlee 1990). Because flows and suspended sediment loads were much higher than normal for the 1989 sampling, results from the August-September 1990 sampling are of considerable interest to us. In this second phase of the reconnaissance program additional work was done on tributaries and the mainstem Athabasca in the vicinity of current oil sands operations. The object of high flow spring and low flow summer sampling of these sites was to determine the extent of natural and background sources of hydrocarbons to the Athabasca.

Another component of NWRI's Athabasca River Project relates to the proposed increase in pulp and paper development in the watershed. In conjunction with Alberta Environment initial studies of the disappearance rates of adsorbable organic halogen (AOX), chlorophenols, and chloroguaiacols along a 1150 km length of the river were begun.

#### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Le but général de ce projet est d'étudier l'effet des activités industrielles sur la rivière Athabasca et de modéliser les caractéristiques hydrologiques et chimiques de la rivière dans le but d'élaborer plus facilement des protocoles d'évaluation aquatique qu'on pourra utiliser pour adopter des stratégies de développement durable dans ce bassin hydrographique importante du nord. Une partie de ce projet est consacrée à l'étude de l'effet des activités des usines d'exploitation de sables bitumineux près de Fort McMurray sur la partie inférieure de la rivière Athabasca et la contribution de ces activités comparées aux sources naturelles et aux activités industrielles en amont. On s'intéresse surtout aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et aux composés apparentés. On détermine la présence de contaminants organiques dans l'eau, les sédiments en suspension et les sédiments de fonds de la partie inférieure de l'Athabasca, ses affluents et les parties inférieures des rivières de la Paix et des Esclaves et on vérifie la réponse écotoxicologique. On a mesuré les HAP et leurs métabolites, ainsi que l'activité de l'oxydase à fonction mixte dans les tissus hépatiques, chez des poissons capturés dans les environs des usines d'exploitation des sables bitumineux.

On a déjà présenté les résultats préliminaires concernant les échantillons d'eau et de sédiments prélevés en août 1989 (Brownlee, 1990). Comme les débits et les charges de sédiments en suspension étaient beaucoup plus élevés que la normale dans le cas des échantillons de 1989, les résultats pour les échantillons prélevés en août et en septembre 1990 nous intéressent tout particulièrement. Dans cette deuxième phase du programme de reconnaissance, d'autres travaux ont été effectués sur les affluents et le cours principal de l'Athabasca aux abords des installations actuelles d'exploitation des sables bitumineux. L'échantillonnage réalisé à débit élevé au printemps et à débit faible en été à

## ABSTRACT

Two sampling trips (May and September) on the lower Athabasca River concentrating on tributary inputs from Fort McMurray to Mile 82, and a sampling (August/September) of mainstem sites from Fort McMurray to the delta, and one site on the Peace River were conducted to complete the reconnaissance phase of this oil sands impacts study. Extensive chemical and ecotoxicological determinations are either completed or in progress for water, suspended and bed sediments, and fish collected as part of the reconnaissance phase. Summaries of results related to a) dissolved organics in tributaries and other sites related to the lower Athabasca, b) bulk chemical and physical parameters related to the mainstem Athabasca and tributaries, c) volatile organics under ice in the mainstem Athabasca, d) ecotoxicological testing of water extracts, e) heavy metals in water, sediment and fish samples, f) mixed function oxidase activity in fish livers, g) suspended sediment/bacteria relationships, h) hydrological modelling, and i) biodegradation of polycyclic aromatics are presented.

In addition to the research related to oil sands impacts, initial studies were begun in FY 90/91, cooperating with Alberta Environment on the persistence of kraft pulp mill contamination on the Athabasca River. The main thrust of this work was collection of water samples along a 1150 km length of the river approximating time of travel. This was done in August 1990. These samples, and ancillary samples of suspended and bed sediments are being analyzed for chlorinated organics related to pulp mill effluents. Initial results for adsorbable organic halogen (AOX) disappearance rates in the Athabasca are presented.

ces endroits avait pour objet de déterminer l'importance des sources naturelles et de fond d'hydrocarbures dans l'Athabasca.

Un autre élément du Projet de la rivière Athabasca de l'INRE a trait à la proposition d'augmenter la production de pulpe et de papier dans le bassin hydrographique. De concert avec les premières études environnementales de l'Alberta sur le taux de disparition des halogènes organiques adsorbables (HOA), on a commencé à mesurer les chlorophénols et les chloroguaiacols sur 1 150 km de long dans la rivière.

## RÉSUMÉ

On a prélevé deux séries d'échantillons (en mai et en septembre) sur la partie inférieure de la rivière Athabasca, surtout sur les affluents du Fort McMurray jusqu'à la borne milliaire 82 et une série d'échantillons (août et septembre) à des endroits situés sur le cours principal entre Fort McMurray et le delta et à un endroit sur la rivière de la Paix afin de compléter cette phase de reconnaissance de l'étude sur les effets des sables bitumineux. Des mesures chimiques et écotoxicologiques poussées (en cours ou déjà terminées) sur l'eau, les sédiments en suspension et de fonds et chez des poissons capturés font partie de cette phase de reconnaissance. On présente un résumé des résultats portant sur a) les matières organiques dissoutes dans les affluents et d'autres endroits reliés à la partie inférieure de l'Athabasca, b) les paramètres physiques et chimiques globaux liés au cours principal de l'Athabasca et de ses affluents, c) les acides organiques volatils sous la glace dans le cours principal de l'Athabasca, d) les essais écotoxicologiques sur les matières extraites de l'eau, e) les métaux lourds dans les échantillons d'eau, de sédiments et de poissons, f) l'activité de l'oxydase à fonction mixte dans le foie des poissons, g) les rapports entre les sédiments en suspension et les bactéries, h) les modèles hydrologiques et i) la biodégradation des composés aromatiques polycycliques.

Outre les recherches sur les effets des sables bitumineux, on a commencé, au cours de l'année financière 1990-1991, les premières études en collaboration avec Environnement Alberta sur la persistance des contaminants

provenant des usines de pâtes Kraft sur la rivière Athabasca. Le principal objectif de ces travaux était de prélever des échantillons d'eau sur 1 150 km de long dans la rivière en suivant à peu près l'écoulement de la rivière. Ces prélèvements ont été effectués en août 1990. On analyse présentement les composés organochlorés liés aux effluents des usines de pâtes et papiers dans ces échantillons et des échantillons accessoires de sédiments en suspension et de sédiments de fonds. On présente les premiers résultats concernant les taux de disparition des halogènes organiques adsorbables (HOA) dans la rivière Athabasca.

## 92-164

**Modelling of Multicomponent Reactive Transport in Aquifers Impacted by Mine Tailings Effluents.** A.L. Walter, E.O. Frind, D.W. Blowes, C.J. Ptacek and J.W. Molson. *Water Resources Research* (accepted).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE

In Canada, large volumes of mine-wastes are produced. Oxidation of sulfide minerals contained in these impoundments, and release of the reaction products, can lead to the degradation of the quality of nearby groundwater and surface water. In Ontario alone, there are more than 2,000 decommissioned or abandoned mine sites, many of them containing reactive sulfide minerals. These, and other mine-sites in Canada, potentially pose a serious risk to the environment. As sulfide minerals contained in the mine wastes contact atmospheric oxygen, a series of reactions occur, resulting in the production of acidity and high concentrations of dissolved sulfate, iron and other metals to the associated pore-waters. These waters can further react with gangue minerals contained in the mine wastes or with underlying aquifer materials, resulting in a series of acid-neutralization reactions and metal-precipitation reactions. These reactions affect the long-term transport and fate of dissolved metals at mine-waste sites. Field studies have demonstrated that the mobility and fate of dissolved metals at inactive mine-wastesites are a complex function of the waste composition and physical hydrogeology. To provide improved predictions of the future release of dissolved metals from inactive mine wastes, and to design remedial programs, a two-dimensional, finite-element solute transport model CTRAN was combined with the geochemical-speciation/mass-transfer model MINTEQA2. This model, MINTRAN, solves the groundwater transport equation in two dimensions

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

De forts volumes de résidus miniers sont produits au Canada. L'oxydation des minerais de sulfure présents dans ces bassins et la libération de produits de réaction peuvent entraîner la dégradation de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface avoisinantes. L'Ontario compte à elle seule plus de 2 000 sites miniers désaffectés ou abandonnés dont un bon nombre contiennent des minéraux de sulfure réactifs. Ces endroits et d'autres sites miniers du Canada peuvent faire courir de graves risques à l'environnement. Lorsque les minéraux de sulfure présents dans les résidus miniers entrent en contact avec l'oxygène de l'air, il se produit une série de réactions qui aboutit à la production d'acidité et de fortes concentrations de sulfate dissous, de fer et d'autres métaux qui s'associent à l'eau interstitielle. Cette eau peut réagir également avec les minéraux des gangues présents dans les résidus miniers ou avec les matières présentes dans l'aquifère sous-jacent et entraîner une série de réactions de neutralisation de l'acide et de précipitation des métaux. Ces réactions influent sur le transport à long terme et le devenir des métaux dissous dans les sites de résidus miniers. Des études sur le terrain ont démontré que la mobilité et le devenir des métaux dissous dans les sites de résidus miniers non utilisés sont à la fois fonction de la composition des résidus

for a series of dissolved components. Equilibrium chemical reactions are solved at each node of the two-dimensional domain at each time step. The model can be operated in a sequential manner, where there is no iteration between the physical and chemical subroutines, and in an iterative manner where the model iterates between the physical and chemical subroutines until convergence to a predetermined tolerance is achieved. The chemical and physical subroutines are general, allowing a variety of physical and chemical problems to be specified. The use of the model is demonstrated using a scenario based on chemical and physical measurements and interpretations made previously at the Nordic Main uranium tailings impoundment, Elliot Lake, Ontario. As simulated, the problem included the transport and reaction of 16 chemical components, including the potentially toxic metals Pb and Cr, through a two-dimensional slice through the aquifer affected by the release of the tailings leachate. The model demonstrates the effect of a series of pH-buffering reactions, recognized in the field studies, on the movement of dissolved metals. The model results show that sharp decreases in the concentrations of several metals are associated with the changes in groundwater pH that accompany the complete dissolution of mineral phases included in this pH-buffering series. The model parameters can be modified to incorporate a series of site-specific geochemical mechanisms. Application of the model will lead to improved predictions of the fate of dissolved metals at inactive mine-waste sites, and at other sites where groundwaters are affected by inorganic contaminants.

## ABSTRACT

A numerical model for the simulation of multicomponent reactive transport in ground-water systems impacted by acidic mine drainage has been developed. The model is based on the local equilibrium assumption (L.E.A.), which has been shown by field studies to be reasonable for systems of this type. The model (MINTRAN), combines two established models, a 2D/3D transport model (CTRAN), and a geochemical equilibrium model (MINTEQ), effectively utilizing the advantages of each. The advantages of the geochemical model include an extensive geochemical database allowing the selection of site-specific sets of geochemical reactions, and a robust Newton-Raphson solution technique. The present version uses the geochemical ion-association model and is therefore limited to low ionic strength. The advantages of

et des caractéristiques hydrogéologiques des lieux. Afin d'établir de meilleures prévisions de la libération future de métaux dissous par les sites de retenue des résidus miniers non utilisés et d'élaborer des programmes correctifs, un modèle CTRAN bidimensionnel par éléments finis de transport des solutés a été combiné au modèle MINTEQA2 de spéciation géochimique/transfer de masse. Ce modèle, le MINTRAN, permet de résoudre l'équation de transport des eaux souterraines en deux dimensions pour une série de composants dissous. Les réactions chimiques à l'équilibre sont résolues à chaque noeud du domaine bidimensionnel, à chaque pas de temps. Le modèle peut être utilisé de manière séquentielle, sans itération entre les sous-programmes physiques et chimiques, et de manière itérative, avec itération entre les sous-programmes physiques et chimiques jusqu'à l'obtention d'une convergence vers un niveau de tolérance prédéterminé. Les sous-programmes chimiques et physiques sont généraux et permettent de préciser une variété de problèmes physiques et chimiques. On démontre l'utilisation du modèle à l'aide d'un scénario basé sur des mesures chimiques et physiques et des interprétations effectuées précédemment à Elliot Lake, en Ontario, dans le bassin de retenue des résidus d'uranium de Nordic Main. Lors des simulations, le problème portait sur le transport et la réaction de 16 composés chimiques, y compris le Pb et le Cr, métaux potentiellement toxiques, dans une coupe bidimensionnelle transversale de l'aquifère affecté par la libération de lixiviats des stériles. Le modèle démontre les effets d'une série de réactions de tamponnage du pH, identifiées lors des études sur le terrain, sur le mouvement des métaux dissous. Les résultats du modèle montrent que de brusques diminutions des concentrations de plusieurs métaux sont associées à des modifications du pH des eaux souterraines qui accompagnent la dissolution complète des phases minérales faisant partie de cette série de tamponnage du pH. Les paramètres du modèle peuvent être modifiés afin d'incorporer une série de processus géochimiques spécifiques à un site. Des applications du modèle entraîneront de meilleures prévisions du devenir des métaux dissous dans les sites de résidus miniers non utilisés et dans d'autres sites où les eaux souterraines sont affectées par des

the physical transport model include a flexible and robust finite element scheme with second-order-accurate time weighting, and highly efficient conjugate gradient solver. MINTRAN takes advantage of the natural decoupling between the spatially-coupled physical transport process and the component-coupled chemical equilibrium processes. For the cases investigated, a simple sequential physical-chemical solution approach is found to provide the same accuracy as an iterative approach. The model is verified with respect to the precipitation-dissolution-dominated chemistry prevailing in groundwater environments impacted by mine tailings effluent. Results show that the model accurately simulates multicomponent reactive transport involving typical acidic mine tailings effluent chemistry, including the transport of heavy metals with multiple sharp dissolution fronts. A practical application involving multi-component transport in a 2D system below a mine tailings impoundment is given. Environmental implications are discussed.

contaminants inorganiques.

## RÉSUMÉ

On a mis au point un modèle numérique de simulation du transport de composants multiples dans les systèmes souterrains touchés par le drainage minier acide. Le modèle est basé sur l'hypothèse de l'équilibre local qui, comme l'ont montré des études sur le terrain, convient à des systèmes de ce type. Le modèle (MINTRAN) combine deux modèles établis, soit un modèle de transport 2D/3D (CTRAN) et un modèle d'équilibre géochimique (MINTEQ), et fait en réalité appel aux avantages de chacun. Parmi les avantages du modèle géochimique, mentionnons une base de données géochimiques détaillées, permettant la sélection d'un ensemble de réactions géochimiques particulières à un site, et une solide technique de résolution de problèmes Newton-Raphson. La présente version utilise un modèle d'association des ions géochimiques et se limite donc à de faibles concentrations ioniques. Le modèle de transport physique a notamment pour avantages de comporter un plan d'éléments finis souple et solide avec des facteurs de pondération temporels précis de deuxième ordre et un résolveur très efficace à gradient conjugué. Le MINTRAN tire parti de la dissociation naturelle entre le processus de transport physique couplé à l'échelle spatiale et les processus d'équilibre chimique à composante couplée. Dans les cas à l'étude, une simple approche de solution physico-chimique séquentielle donnait la même précision qu'une approche itérative. On a vérifié ce que donnait le modèle sur le plan chimique lorsque dominaient les phénomènes de précipitation-dissolution dans les eaux souterraines touchées par des effluents de résidus miniers. Les résultats montrent que le modèle simule convenablement le transport réactif de composants multiples où intervient la chimie des effluents des résidus miniers acides caractéristiques, y compris le transport de métaux lourds à fronts de dissolution définis et multiples. Un exemple concret où intervient le transport de plusieurs composants dans un système bidimensionnel sous un bassin de retenue de résidus miniers est présenté. Les incidences environnementales sont examinées.

**92-165**

**Suitability of Carboxylated Porphyrin Profiles as a Biochemical Indicator in White Fish (*Coregonus Clupeaformis*) Exposed to Bleached Kraft Pulp Mill Effluent.** H. Xu, S. Lesage and K.R. Munkittrick. *Environment Toxicology and Chemistry* (submitted).

**MANAGEMENT PERSPECTIVE**

This paper describes a study of the suitability of whitefish hepatic porphyrins as a biomarker for the identification of toxic agents in bleached kraft pulp-mill effluents (BKME). Porphyrins are precursors of heme and many important enzymes in living organisms. Different types of hepatic porphyrin profiles have been connected to exposure to specific halogenated aromatic hydrocarbons, pesticides and metals in humans, rats, birds and chick embryo liver cell culture. However, information on fishes is very scarce.

The results from the present study show that the porphyrin profile is a sensitive biochemical indicator. These preliminary data suggest the potential value of monitoring porphyrins. More experiments in the laboratory and field are needed to study the relation between the type of the porphyrin profiles and the specific toxic agents in BKME.

**ABSTRACT**

The hepatic carboxylated porphyrin profile was studied in whitefish exposed to bleached kraft pulp-mill effluent (BKME). The distribution of the porphyrins was different between the samples from the BKME and the reference site and fish exposed to BKME contained higher amounts of highly carboxylated porphyrins (HCP). The ratios of HCP to protoporphyrin, and coproporphyrin to protoporphyrin were also significantly different between the two groups. In addition, the cytochrome P-450 activity, liversomatic index and gonadosomatic index were measured and compared with the porphyrin profile. The results suggest that BKME could inhibit porphyrinogen decarboxylases and the porphyrin profile is useful as a biochemical indicator for identification of BKME exposure.

**Keywords --** Porphyrin      Pulp-mill effluent  
Whitefish      Indicator

**SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION**

Le présent document décrit une étude visant à établir la valeur des porphyrines hépatiques des corégones comme bio-marqueurs pour l'identification d'agents toxiques dans les effluents d'usines de pâte kraft blanchie. Les porphyrines sont des précurseurs de l'hème et de nombreux enzymes importants dans les organismes vivants. On a déjà établi des relations entre différents types de profils des porphyrines hépatiques et l'exposition à certains hydrocarbures aromatiques halogénés, pesticides et métaux chez l'être humain, les rats, certains oiseaux ainsi que dans des cultures de cellules hépatiques d'embryons de poulet. Cependant, très peu de données existent pour les poissons.

Les résultats de la présente étude montrent que le profil des porphyrines constitue un indicateur biochimique sensible. Les données préliminaires obtenues laissent penser que la surveillance des porphyrines pourrait s'avérer utile. Des expériences supplémentaires en laboratoire et sur le terrain devront être effectuées pour l'étude de la relation existante entre les types de profils des porphyrines et les diverses espèces d'agents toxiques présents dans les effluents d'usines de pâte kraft blanchie.

**RÉSUMÉ**

Nous avons examiné le profil des porphyrines carboxylées hépatiques de corégones exposés aux effluents d'usine de pâte kraft blanchie. La distribution des porphyrines des poissons exposés à ces effluents était différente de celle des poissons du site de référence, et les poissons exposés aux effluents avaient de plus grandes quantités de porphyrines hautement carboxylées. Il y avait également entre les deux groupes une différence significative dans les rapports entre porphyrines hautement carboxylées et protoporphyrines, et entre coproporphyrines et protoporphyrines. Nous avons aussi mesuré

l'activité du cytochrome P-450 et les indices hépatosomatique et gonadosomatique pour comparaison avec le profil des porphyrines. Les résultats laissent entendre que les effluents d'usine de pâte kraft blanchie pourraient inhiber les porphyrinogène-décarboxylases et que le profil des porphyrines peut servir d'indicateur biochimique pour l'identification des agents toxiques de ces effluents, auxquels peuvent être exposés les poissons.

Mots clés: Porphyrine Effluents d'usine de pâte Corégone Indicateur

## 92-166

Applications of the EXPRES Expert System to Pesticide Regulatory Evaluations in Canada.

J.P. Mutch and A.S. Crowe. *Wat. Pol. Res. J. of Can.* (accepted).

### MANAGÈMENT PERSPECTIVE

The pesticides Division of the Commercial Chemicals Branch, Environment Canada, is responsible for assessing the environmental risks associated with a pesticide before the pesticide is registered and approved for public use. One specific concern of the Pesticides Division is the potential for a pesticide to leach to the water table. Although a number of models currently exist that can predict the transport and transformation of pesticides in the subsurface, regulatory personnel may not have the expertise required to use these models accurately. The Groundwater Contamination Project, NWRI, was approached by the Pesticides Division to develop an expert system that can be used to aid in the assessment of the potential for groundwater contamination by pesticides. The expert system (EXPRES - Expert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) will assist regulators in making policy decisions regarding the registration of new pesticides, and will help to ensure that the principles of agricultural sustainability (the conservation, or enhancement, of the quality of the environment, and the resource base upon which agriculture depends, for use by future generations) are maintained. This paper discusses several applications of the EXPRES expert system within a regulatory framework, and highlights how EXPRES is being used to improve the efficiency and performance of the pesticide registration process.

### ABSTRACT

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

La Division des pesticides de la Direction des produits chimiques commerciaux d'Environnement Canada est chargée d'évaluer les risques pour l'environnement associés à un pesticide avant l'homologation et l'approbation de l'utilisation de ce dernier au Canada. La Division des pesticides se préoccupe notamment des risques de lessivage d'un pesticide jusqu'à la nappe phréatique. À l'heure actuelle, un certain nombre de modèles peuvent prévoir le transport et la transformation des pesticides dans le sous-sol, mais le personnel chargé de la réglementation peut ne pas avoir l'expertise nécessaire pour les utiliser convenablement. La Division des pesticides a demandé aux membres du Projet d'étude de la contamination des eaux souterraines de l'INRE de mettre au point un système expert qui puisse contribuer à évaluer le potentiel de contamination des eaux souterraines par les pesticides. Ce système expert (EXPRES, acronyme d'Expert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) aidera les responsables de la réglementation à prendre des décisions stratégiques concernant l'homologation des nouveaux pesticides et contribuera à assurer le maintien des principes de viabilité en agriculture (la conservation ou l'amélioration de la qualité de l'environnement et des ressources dont dépendent l'agriculture, pour les générations à venir). Ce rapport examine plusieurs applications du système expert

Environment Canada must identify and assess the potential for groundwater contamination by the pesticide. However, the assessment is difficult because of the number and complexity of the processes involved in controlling the fate of a pesticide in the subsurface, and because of the spatial and temporal variabilities that exist in the environmental conditions that are found in the different regions of the country. The EXPRES (EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) expert system has been developed to provide regulatory personnel with a tool for their evaluations of the potential for groundwater contamination by pesticides before the pesticide is registered and approved for public use. EXPRES combines a knowledge-based system with a data management system, three existing pesticide models, extensive geographical and pesticide data bases, and a text-and graphically-based user-system interface. EXPRES will assist and guide the user through the choice of all the necessary information required to conduct and guide the user through the choice of all the necessary information required to conduct a pesticide assessment and execute the simulation models, and also assists the user in the interpretation of the predicted results. EXPRES is being used within the regulatory framework to improve the efficiency and performance of the registration process.

**Key words:** pesticides, groundwater, expert systems, regulations, modelling

EXPRES au sein d'un cadre de réglementation et illustre comment ce système améliore l'efficacité et la performance du processus d'homologation des pesticides.

## RÉSUMÉ

Environnement Canada doit identifier et évaluer le potentiel de contamination des eaux souterraines par les pesticides. Toutefois, cette démarche est difficile en raison du nombre et de la complexité des phénomènes contribuant à régir le devenir d'un pesticide dans le sous-sol et de la variabilité spatiale et temporelle des conditions environnementales qui existent dans les différentes régions du pays. Le système expert EXPRES (acronyme de EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation Simulations) a été mis au point afin de fournir aux responsables de la réglementation un outil d'évaluation du potentiel de contamination des eaux souterraines par les pesticides avant leur homologation et leur approbation au Canada. Le système EXPRES combine un système fondé sur la connaissance à un système de gestion des données, trois modèles existants sur les pesticides, des bases de données détaillées sur la géographie des pesticides et un interface utilisateur à base de textes et de graphiques. L'EXPRES guidera l'utilisateur et l'aidera à choisir toutes les données nécessaires pour évaluer un pesticide et mettre en application les modèles de simulation, ainsi qu'à interpréter les résultats prévus. L'EXPRES est conjugué à un cadre de réglementation afin d'améliorer l'efficacité et la performance du processus d'homologation.

Mots clés : pesticides, eaux souterraines, systèmes experts, réglementation, modélisation

## 92-167

A Supplementary Bibliography on the Environmental Effects of Dams, Impoundments, and Diversions. R.M. Baxter. (NWRI Report).

### MANAGEMENT PERSPECTIVE and ABSTRACT

This is a supplement to an earlier bibliography (NWRI Contribution No. 89-18). Like the previous Contribution it is a compilation prepared because of the author's interest in the subject, and is being

### SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION et RÉSUMÉ

Il s'agit d'un supplément à une bibliographie publiée précédemment (contribution à l'INRE n° 89-18). Ces deux

released because of its possible usefulness to others  
with similar interests and concerns.

ouvrages sont le fruit de l'intérêt que porte  
l'auteur à ce sujet; cette bibliographie est  
publiée en raison de son éventuelle utilité pour  
d'autres chercheurs ayant des intérêts et des  
préoccupations semblables.

Environment Canada Library, Burlington



3 9055 1017 7969 1