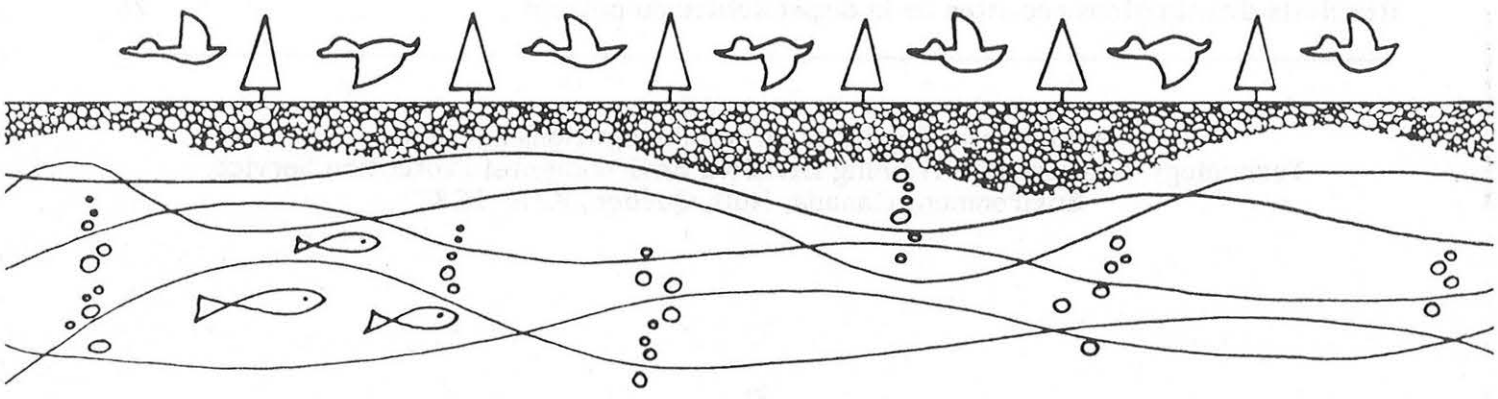
Environment Canada Environnement Canada
0028022H S
BULLETIN DE LA LUTTE CONTRE LES DEVERSEMENTS
10 JUIN 1986

Bulletin de la lutte contre les déversements

Bulletin bimestriel de liaison, à caractère non officiel, publié par la Direction des services techniques, du Service de la protection de l'environnement, Ottawa (Canada)

ENVIRONNEMENT CANADA
BIBLIOTHÈQUE
RÉGION DE QUÉBEC

Vol. XI, nº 1 ISSN 0381-4459 Janvier-mars 1986



Bulletin de la lutte contre les déversements (janvier-mars 1986)

Rédacteurs techniques: M.F. Fingas et K.M. Meikle
Téléphone: (613) 998-9622

Coordonnateur de l'édition anglaise: Michel Cloutier
Téléphone: (819) 997-3405

Édition française: Module d'édition française
Téléphone: (514) 283-2760

Le *Bulletin de la lutte contre les déversements* est une publication de la Division des techniques d'intervention d'urgence, Direction du développement de la technologie et des services techniques, Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Ottawa (Ontario), K1A 1C8; téléphone: (613) 998-9622.

Le Bulletin a été créé en 1976 dans le but de permettre un échange d'information sur la lutte contre les déversements d'hydrocarbures et autres sujets connexes. Malgré son caractère modeste, le Bulletin a suscité un tel intérêt qu'il compte déjà plus de 2000 abonnés au Canada et à l'étranger. Afin d'élargir les horizons du Bulletin et de mieux faire connaître l'action de l'industrie et celle des pays étrangers dans le domaine qui nous intéresse, la rédaction encourage les lecteurs à soumettre des articles traitant de leurs travaux et opinions.

SOMMAIRE

Introduction	1
Rapports et publications	2
Conférences à venir	5
En bref	6
Mise au point de systèmes d'analyse portables et portatifs pour les interventions d'urgence contre les dangers chimiques	7
La technologie des membranes dans l'industrie pétrolière	17
Résultats d'évaluations récentes de la dispersibilité du pétrole	28

Available in English from the Publications Section
Technology Transfer and Training Division, Environmental Protection Service
Environment Canada, Hull, Québec, K1A 1C8

©
Ministre des Approvisionnements et Services du Canada
1985

INTRODUCTION

Le présent numéro du *Bulletin de la lutte contre les déversements* marque le début de la onzième année de publication du Bulletin. Il marque également le début du calendrier de publication trimestriel du Bulletin, calendrier qui, nous l'espérons, permettra le respect des dates de tombée.

Le premier article du présent numéro, rédigé par Alice Bobra, de la Division des techniques d'intervention d'urgence, est un résumé du programme mis en oeuvre par la Division en vue de mettre au point des systèmes d'analyse des substances chimiques sur les lieux d'un déversement. Harry Whittaker, dans le second article, traite de l'application de la technologie des membranes à l'industrie pétrolière. Enfin, Merv Fingas donne les résultats d'évaluations de la dispersibilité du pétrole. Bonne lecture!

RAPPORTS ET PUBLICATIONS

Le Groupe d'études international des compagnies pétrolières pour la sauvegarde de l'air et de l'eau en Europe a publié les deux rapports suivants: *Strategies for the Assessment of the Biological Impacts of Large Coastal Oil Spills - European Coasts* (rapport n° 5/85) et *Trends in Oil Discharge with Aqueous Effluents from Oil Refineries in Western Europe - 1984 - Survey* (rapport n° 8/85). On peut obtenir ces publications à l'adresse suivante: CONCAWE, Babylon-Kantoren A, Koningin Julianaplen 30-9, 2595 AA, den Haag, Pays-Bas, tél.: 31 70 47 5494.

La collection "Enviroguide", publiée par le Service de la protection de l'environnement, compte maintenant 31 volumes (d'environ cent pages chacun) destinés à un lectorat spécialisé. Ces ouvrages fournissent une masse considérable d'information à utiliser en cas de déversement de matières dangereuses. Ils traitent des propriétés et du comportement des produits chimiques visés, ainsi que de questions environnementales et de sécurité connexes. Ils peuvent être obtenus du Coordonnateur des publications, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, Ontario, K1A 1C8. Voici les titres parus.

L'acide sulfurique et l'oléum
L'ammoniac
L'anhydride acétique
Le benzène
Le chlore
Le chlorure de calcium
Le chlorure de sodium
Le chlorure d'hydrogène et l'acide chlorhydrique
Le chlorure ferrique
Le dichloro-1,2 éthane
Le dioxyde de carbone
L'éthyl-2 hexanol
L'éthylbenzène
L'éthylène
L'éthylèneglycol
Le fluorure d'hydrogène et l'acide fluorhydrique
Le gaz naturel
L'hydroxyde de sodium
L'hypochlorite de sodium
Le mercure
La morpholine
Le nitrate d'ammonium
L'oxyde et l'hydroxyde de calcium
Les phosphates d'ammonium
Le phosphore
Le propylène
Le soufre
Le styrène
Le sulfure d'hydrogène
Le toluène
Les xylènes

Le *World Catalog of Oil Spill Response products*, produit par Robert Schulze, peut être commandé à l'adresse suivante: World Catalog, 6154 Rockburn Hill Rd., Elkridge, Maryland, 21227; tél.: (301) 796-0551. L'ouvrage coûte 50 $ US aux États-Unis et 60 $ US au Canada et ailleurs dans le monde. Les frais de manutention et d'expédition sont de 24 $ l'exemplaire et les frais d'expédition de 1 $ aux États-Unis et de 3 $ ailleurs (par avion: 8 $). Il s'agit d'un catalogue décrivant l'usage et les limites de différents produits, principalement des barrages antipollution et des écrémeurs. L'auteur s'est inspiré en partie de l'information contenue dans *Un catalogue des écrémeurs d'hydrocarbures*, publié par le Service de la protection de l'environnement, et de l'ébauche du catalogue des barrages antipollution que le Service publiera bientôt.

La Division des techniques d'intervention d'urgence a produit 21 rapports manuscrits, dont les titres figurent ci-dessous. On peut obtenir des exemplaires de ces rapports à l'adresse suivante: Coordonnateur des publications, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, Ontario, K1A 1C8.

A Review of the Fate and Behaviour of Oil in Cold Climates (EE-74)

Oil Spill Countermeasures for Low-Energy Shorelines in Canada - Research Recommendations (EE-73)

Multi Hit Dispersion of Oil Spills (EE-72)

An Overview of the Biodegradation of Chlorinated Hydrocarbons (EE-71)

A Study of Frequently Spilled Mixtures (EE-70)

Continuing Development of the Person-Portable Analytical System (EE-69)

Evaluation of Remote Sensing Technology for Monitoring Chronic Oil Discharges from Offshore Well Sites (EE-62)

Data Management and Estimation of Physical and Chemical Properties of Spilled Chemicals (EE-67)

Determination of Oceanographic Factors Associated with the Subsurface Movement of Oil (EE-66)

Oil Spill Remote Sensing Equipment Test Protocol (EE-65)

A Model of the Long-Term Fate of Chemical Spills (EE-64)

The AMOCO CADIZ Incident - Site Visits Seven Years after the Spill (EE-63)

Statistical Description of Pack Ice in the Beaufort Sea, Lancaster Sound and the Labrador Sea (EE-62)

A Study of Pipeline Leak Detection Technology (EE-61)

In-Situ Burning of Uncontained Oil Slicks (EE-60)

The Evaporation of Volatile Liquids (EE-59)

Report on the Beaufort Sea Small Scale Oil Spill Dispersant Trial (EE-58)

A Catalogue of Crude Oil and Oil Product Properties (EE-57)

Igniter Requirements for a Major Oil Spill from a Vessel in the Canadian Arctic (EE-56)

A Design for an Experiment to Monitor the Physical Fate of Oil Spilled in an Open Ocean Environment (EE-55)

Remote Sensing Equipment for Chronic Oil Discharges (EE-54)

Sept rapports provisoires sont parus récemment dans le cadre du Projet de déversements de pétrole à l'Île Baffin. On peut se procurer des exemplaires à l'adresse suivante: Section des publications, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, Ontario, K1A 1C8, tél.: (819) 997-3405. Voici les titres parus.

Humphrey, B. (1984). *Chemistry 1: Field Sampling and Measurements - 1983 Study Results*, rapport provisoire BIOS 83-1, 64 pages, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Boehm, P., W. Steinhauer, D. Cobb, S. Duffy et J. Brown (1984). *Chemistry 2: Analytical Biogeochemistry - 1983 Study Results*, rapport provisoire BIOS 83-2, 139 pages, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Cross, W.E., D.H. Thomson, C.M. Martin et M.F. Fabijan (1984). *Macrobenthos - 1983 Study Results*, rapport provisoire BIOS 83-3, 176 pages, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Owens, H. (1984). *Shoreline Countermeasures - 1983 Results*, rapport provisoire BIOS 83-4, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Bunch, J.N. et T. Cartier (1984). *Microbiology: 1. Effects of Petroleum Releases on the Microheterotrophic Flora of Arctic Sediments - Effects after Two Years*, rapport provisoire BIOS 83-5, x + 44 pages, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario.

Eimhjellen, K. et K. Josefsen (1984). *Microbiology 2: Biodegradation of Stranded Oil - 1983 Results*, rapport provisoire BIOS 83-6, 58 pages, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Mageau C. et R. Engelhardt (1984). *Behavioural and Physiological Effects of Hydrocarbon Exposure on Selected Arctic Invertebrates*, rapport provisoire BIOS 83-7, Toxicologie, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Gilfillan, E. et D. Vallas (1984). *Observations of Scope for Growth, Aspartate Aminotransferase Activity and Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase Activity in Mya Truncata and Serripes Groenlandicus Exposed to Various Concentrations of Chemically Dispersed Crude Oil*, rapport provisoire BIOS 83-7, Toxicologie, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

CONFÉRENCES À VENIR

- Le neuvième Séminaire technique sur les déversements de pétrole en milieu marin et dans l'Arctique aura lieu du 10 au 12 juin 1986 à l'hôtel Château Lacombe d'Edmonton (Alberta). Les droits d'inscription sont de 90 $. Pour obtenir plus de renseignements, prière de communiquer avec le coordinateur du séminaire au (819) 997-3405.

- Le treizième Atelier annuel sur la toxicité en milieu aquatique aura lieu du 11 au 14 novembre 1986 à Moncton (Nouveau-Brunswick). Pour obtenir plus de renseignements, prière de communiquer avec le professeur J.S.S. Lakshminarayana, département de Biologie, université de Moncton, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1A 3E9; tél.: (506) 858-4323.

- Un Symposium international portant sur les systèmes d'intervention en cas d'urgence pendant le transport de matières dangereuses se tiendra du 14 au 18 septembre 1986 à Vancouver (Colombie-Britannique). Il aura lieu pendant l'Exposition universelle sur les transports et les communications (Expo 86). Pour obtenir plus de renseignements, prière de communiquer avec Mme Laurie Hogan, Association canadienne des fabricants de produits chimiques, bureau 805, 350 rue Sparks, Ottawa (Ontario) K1R 7S8; tél.: (613) 237-6215.

- Le quatrième Séminaire technique annuel sur les déversements de produits chimiques aura lieu du 10 au 12 février 1987 au Centre Sheraton de Toronto (Ontario). Pour obtenir plus d'information concernant les mémoires techniques, communiquer avec M. Merv Fingas au (613) 998-9622. Pour obtenir tout autre renseignement sur le séminaire, communiquer avec le coordinateur au (819) 997-3405.

EN BREF

- Le Dr Patrick McLaren a quitté la Commission géologique du Canada pour fonder la société GeoSea Consulting, firme spécialisée dans la prévision, entre autres phénomènes, de l'évolution du pétrole sur les fonds marins et de la dispersion des déchets toxiques à partir des réseaux de transport des sédiments. Son adresse temporaire est la suivante:

  Department of Earth Sciences
  University of Cambridge
  Downing Street
  Cambridge CB2 3EQ
  England
  Tél.: (0223) 355463, poste 223 ou (0223) 316257

- La société Can-Ross Industries d'Oakville a mis sur le marché un absorbant à base de polypropylène appelé Matasorb. Pour obtenir plus de renseignements à ce sujet, prière de communiquer avec Ted Edgar, Can-Ross Environmental Services Ltd., 1476 Speers Road, Oakville (Ontario) L6L 2X6; tél.: (416) 825-3638.

MISE AU POINT DE SYSTÈMES D'ANALYSE PORTABLES ET PORTATIFS POUR LES INTERVENTIONS D'URGENCE CONTRE LES DANGERS CHIMIQUES

A.M. Bobra
Division des techniques d'intervention d'urgence
Service de la protection de l'environnement
Ottawa (Ontario)

Introduction

En cas de déversement majeur de substances chimiques, il importe d'intervenir efficacement pour protéger la vie et la santé humaines, pour réduire au minimum les dommages à la propriété, pour sauvegarder le milieu naturel et pour utiliser des systèmes de collecte et des systèmes de traitement chimique ou physique. Afin de prendre les mesures les plus adéquates, les intervenants doivent connaître les propriétés physiques et chimiques des substances déversées, ainsi que leurs effets toxiques sur l'homme et l'environnement. Il importe d'avoir sur place des systèmes d'analyse permettant de déterminer rapidement la nature des substances déversées et les teneurs de l'air, de l'eau et du sol (Fingas, 1984; Fingas, 1982).

Reconnaissant que ces dernières exigences n'étaient pas respectées dans la plupart des cas de déversement, la Division des techniques d'intervention d'urgence (DTIU) d'Environnement Canada a commencé l'élaboration, en 1980, de méthodes d'analyse appropriées à l'intervention en cas de déversement. Ces travaux font partie du Programme d'urgence contre les dangers chimiques (CHEC). Les méthodes et les instruments existants ont été répertoriés et divisés en cinq classes selon leur précision et leur complexité et la portabilité des instruments: 1) instruments de poche, utilisant le changement de couleur de réactifs; 2) détecteurs portatifs constitués d'appareils de mesure électroniques; 3) instruments portables qu'on retrouve normalement dans un laboratoire, mais dont le fonctionnement est simplifié grâce à la technologie des micro-ordinateurs; 4) laboratoire mobile (pouvant être remorqué sur des chemins carrossables); 5) laboratoire fixe. La DTIU a décidé de se limiter à la mise au point de méthodes fondées sur les instruments des classes 1, 2 et 3, considérés comme convenant le mieux aux fonctions de surveillance en cas de déversement.

L'équipement doit pouvoir être utilisé par des personnes qui n'ont pas de connaissances poussées en matière de chimie et de méthodes d'analyse, alors qu'elles sont aux prises avec des situations d'urgence. La mise au point des instruments de chacune des trois classes devra se poursuivre, chacune ayant des avantages propres. Par exemple, les instruments de la classe 2 sont plus faciles à transporter que ceux de la classe 3 et il est très probable qu'ils nécessiteront moins d'entretien et que leurs utilisateurs auront besoin d'une formation moins poussée, sans compter qu'ils permettront des analyses directes dans des endroits isolés. Toutefois, dans la plupart des cas, les instruments de la classe 2 ne seront pas aussi précis ou sensibles que ceux de la classe 3 et, pour les utiliser, il faudra savoir d'abord quelle substance a été déversée.

Pour obtenir la mise au point des instruments et des méthodes d'analyse mentionnés ci-dessus, la DTIU a établi en 1982 une liste de 150 substances chimiques d'intérêt prioritaire (Fingas, 1982) fondée sur la fréquence des accidents et sur la gravité des effets. À l'époque, les substances chimiques en question donnaient lieu à plus de 90 p. 100 des déversements connus de substances chimiques et représentaient plus de 90 p. 100 des volumes déversés au Canada. La DTIU a orienté ses recherches sur les différentes mesures d'analyse en fonction de cette liste.

Système d'analyse portatif (classe 2)

Les travaux initiaux de mise au point du système de classe 2 comprenaient l'évaluation d'un grand nombre d'instruments et de méthodes qu'on trouve dans le commerce. La précision, la simplicité d'utilisation et la capacité d'analyser un grand nombre des substances chimiques d'intérêt prioritaire choisies par la DTIU étaient considérés comme des critères importants de sélection de l'équipement devant être adapté au programme de surveillance des lieux victimes d'un déversement. Les instruments de surveillance de la qualité de l'air qui ont respecté ces critères sont l'analyseur de vapeurs organiques (modèle 128) Foxboro (OVA) et l'analyseur par photo-ionisation PI-101 de HNU System Inc. (HNU). En ce qui concerne l'analyse de l'air, les travaux ont donc porté principalement sur ces deux instruments.

L'OVA 128 est un détecteur à flamme ionisante portatif (DFI). Il fonctionne ainsi: l'air ambiant, mesuré en continu, entre dans la chambre où les molécules organiques sont brûlées par une flamme d'hydrogène, ce qui produit des ions carbonés positifs; ces derniers sont attirés par une électrode à charge négative et il s'y produit un courant proportionnel à la vitesse de collecte des ions, mesuré à l'aide d'un pré-amplificateur dont le signal de sortie est amplifié et affiché sur une sonde qui peut tenir dans la main de l'utilisateur. L'appareil, très sensible, réagit à un grand nombre de substances chimiques organiques. Il possède sa propre réserve d'hydrogène et une batterie rechargeable de 12 V lui permet de fonctionner sans interruption pendant au moins huit heures.

Le HNU PI-101 est un détecteur à photo-ionisation portatif (DPI). Il fonctionne ainsi: l'air ambiant, mesuré en continu, est déplacé par un ventilateur alimenté en courant continu dans une chambre d'ionisation située dans une sonde qui tient dans la main de l'utilisateur. Les photons émis par la source UV de 10,2 eV traversent une fenêtre pour se rendre dans la chambre d'ionisation où ils sont absorbés par des molécules ayant un potentiel d'ionisation d'environ 10,2 eV ou moins. Les ions positifs produits sont attirés par une électrode où il se produit un courant proportionnel à la teneur de l'air en substance mesurée. Ce courant est amplifié pour permettre la lecture. Le HNU est un détecteur sélectif en ce sens que les substances chimiques dont le potentiel d'ionisation dépasse de beaucoup 10,2 eV ne sont pas ionisées et, par conséquent, ne sont pas détectées. Il peut détecter quantité de composés organiques et quelques composés inorganiques, comme le H_2 et le NO_2. Une batterie rechargeable permet au HNU de fonctionner sans interruption pendant dix heures.

Les deux instruments mentionnés ne peuvent mesurer la teneur en une substance chimique si celle-ci fait partie d'un mélange. Leur utilisation combinée permet de détecter un grand nombre de substances. Chaque instrument peut mesurer les vapeurs totales présentes sur les lieux d'un déversement selon son degré de sensibilité, ce qui ne constitue pas une lacune car, dans la plupart des cas, une seule substance est en cause et il est facile d'en connaître la nature en consultant les étiquettes et les bordereaux d'expédition. Au demeurant, la teneur en une substance après déversement est habituellement beaucoup plus élevée que la teneur de fond.

Des efforts ont été déployés récemment afin de rendre l'OVA et le HNU utilisables sur le terrain (Townshend-Colford, 1986; Underdown et Townshend-Colford, 1984; Townshend-Colford et Underdown, 1985; Halman et al., 1984; Lockwood et Halman, 1983). Les travaux suivants ont été effectués:

1) Les deux instruments ont fait l'objet d'expériences d'étalonnage avec la plupart des gaz et des vapeurs dégagés par les substances contenues dans la liste des substances d'intérêt prioritaire de la DTIU. Des données d'étalonnage sur la réponse des instruments ont été obtenues pour 49 et 39 substances respectivement dans le cas de l'OVA et du HNU. La grande majorité de celles-ci sont des composés à l'état pur, mais quelques-unes sont des mélanges destinés à une utilisation commerciale. Le

tableau 1 donne la liste de toutes les substances d'intérêt prioritaire sur lesquelles des données ont été recueillies.

2) Plusieurs travaux ont porté sur les facteurs qui nuisent à la précision de la lecture des instruments et qui s'appliquent aux conditions prévalant sur les lieux d'un déversement.

3) Les données d'étalonnage de l'OVA et du HNU ont été mises sous une forme utilisable par les équipes d'intervention sur le terrain (p. ex. par la conception de transparents de lecture et l'élaboration de modes primaires d'étalonnage).

4) Des guides d'utilisation sur le terrain ont été produits pour les deux instruments comme compléments des transparents de lecture et des modes primaires d'étalonnage.

5) Un programme de formation a été élaboré à l'intention des personnes appelées à se servir du système d'analyse portatif (classe 2).

Pour l'analyse de substances organiques et inorganiques présentes dans l'eau et dans le sol, le modèle DR-EL/4 (trousse Hach) produit par le Direct Reading Engineer's Laboratory de la société Hach est considéré comme l'instrument le plus facile à modifier en fonction des critères relatifs aux instruments de la classe 2. La trousse Hach constitue un laboratoire portatif comprenant un spectrophotomètre-conductimètre, un appareil de dosage numérique, un pH-mètre, de la verrerie de base et des réactifs aux dilutions de travail. Il est accompagné d'un manuel bien écrit et facile à consulter, qui fournit des instructions détaillées. Ainsi, l'équipement peut être utilisé par des personnes qui n'ont pas reçu de formation poussée en ce qui concerne les analyses et les appareils de laboratoire. La trousse Hach est utilisée dans beaucoup de laboratoires et de stations d'épuration des eaux pour analyser l'eau. Toutes les méthodes permettent d'analyser les substances inorganiques présentes dans l'eau, à l'exception du phénol.

Dans son état intégral, la trousse Hach permet de détecter la présence dans l'eau de toute substance inorganique figurant dans la liste de la DTIU, à l'exception du peroxyde d'hydrogène et du dioxyde de titanium. Pour modifier la trousse, il a d'abord fallu élaborer des méthodes d'analyse des substances inorganiques présentes dans le sol. Il a été établi que les méthodes d'analyse de ces substances présentes dans l'eau peuvent être facilement modifiées pour l'analyse d'échantillons de sol: tout d'abord, on effectue une simple extraction de l'échantillon avec de l'eau, puis on poursuit l'application de la méthode de base. Pour modifier la trousse Hach, il a fallu ensuite trouver des méthodes d'analyse des substances organiques contenues dans la liste de la DTIU. Les 150 substances de la liste ont d'abord été divisées en groupes de substances pouvant être analysées par une même méthode. Ensuite, une enquête bibliographique a été menée sur les méthodes d'analyses quantitatives de l'eau, d'essais qualitatifs ou "à la touche" (qui servent normalement à déceler la présence d'une substance chimique) et de détermination des propriétés physiques et chimiques d'une substance. Les méthodes les plus recherchées étaient celles qui comportaient l'addition aux échantillons (extraits aqueux ou de sol) de réactifs à des dilutions de travail préétablies permettant d'obtenir une couleur, et la mesure de l'intensité de cette couleur à l'aide d'un colorimètre. Les méthodes fondées sur l'utilisation d'un appareil de dosage numérique ont également été retenues. Les quantités spécifiques connues de réactifs peuvent être ajoutées à l'échantillon pour produire une couleur ou un changement de couleur. L'analyse volumétrique permet de produire la même couleur, mais les variations de la solution titrante ajoutée correspondent à une gamme de teneurs de l'échantillon analysé.

Après l'enquête bibliographique, une évaluation préliminaire des méthodes a été faite afin de déterminer si les analyses pouvaient théoriquement être efficaces sur le terrain, compte tenu des critères propres aux instruments et aux méthodes de la classe 2. Les méthodes retenues après l'évaluation préliminaire ont fait l'objet d'expériences visant à déterminer les obstacles à la détection ainsi que la stabilité, la sensibilité et les limites de

détection des instruments dans l'eau désionisée et les sols loameux (Townshend-Colford, 1986).

Les travaux actuels et prévus sont les suivants:

1) Élaboration de techniques de prélèvement d'échantillons d'eau et de sol sur le terrain;

2) Poursuite du programme d'évaluation expérimentale des méthodes d'analyse répondant aux critères propres aux mesures de la classe 2;

3) Essai des méthodes en présence de différents types de sol;

4) Poursuite d'expériences d'étalonnage en fonction des substances chimiques d'intérêt prioritaire de la DTIU;

5) Conversion des données d'étalonnage sous une forme utilisable par les intervenants (p. ex. en produisant des transparents de lecture pour les colorimètres et en élaborant une table ou un graphique servant avec l'appareil de dosage);

6) Augmentation du guide d'utilisation de la trousse Hach pour inclure les dosages de substances organiques élaborés pendant l'étude et qui répondent aux critères propres à la classe 2;

7) Mise en oeuvre d'un cours de formation en vue de montrer aux membres des équipes d'intervention comment utiliser la trousse Hach modifiée.

Le tableau 1 donne également la liste des substances pouvant être mesurées actuellement dans l'air, l'eau et le sol et de celles qu'on prévoit doser dans l'avenir.

Système d'analyse portable (classe 3)

Le système portable est destiné à servir dans un véhicule, ce qui permettra une importante économie de temps, les échantillons n'ayant plus à être transportés jusqu'à un laboratoire fixe. Le système sera plus précis qu'un système de poche ou un système portatif et il pourra doser des échantillons contenant plus d'une substance à analyser. On prévoit qu'il sera utile dans les cas de déversement de substances très toxiques et de plusieurs substances et lorsqu'il faudra prélever des échantillons dans des milieux complexes (p. ex. dans le sol).

Ce système comprend de l'équipement normalement utilisé dans un laboratoire fixe par un technicien. L'équipement pourrait être installé dans une petite fourgonnette munie de matériel auxiliaire, de courant électrique, d'un climatiseur, d'équipement de protection pour l'utilisateur et des systèmes de classes 1 et 2. Le recours à la technologie des microprocesseurs la plus récente et à un logiciel approprié permettrait à une personne ayant une connaissance limitée de la chimie et des techniques d'analyse de faire fonctionner le système dans des situations d'urgence et d'obtenir des résultats utiles pour l'intervention en cas de déversement. Une interface simple pourrait être utilisée aux stades de l'acquisition et de l'analyse des données, interface qui exécuterait certaines fonctions de commande et d'analyse normalement dévolues à un technicien ayant reçu une formation poussée en chimie.

Après avoir élaboré ces concepts, Environnement Canada a entrepris d'évaluer les possibilités qu'offraient les instruments d'analyse disponibles sur le marché. La DTIU a choisi un chromatographe en phase gazeuse Sigma 2000 de Perkin-Elmer pour la mise au point initiale d'un système d'analyse portable (Bobra, 1986; Bobra, 1985; Lockwood et Halman, 1983). Le chromatographe a été équipé d'un détecteur à photo-ionisation (DPI), d'un détecteur à flamme ionisante (DFI) et d'un détecteur à capture d'électrons (DCE). On lui a également ajouté une colonne remplie SP-2100/100-120 Supelcoport de 2 mètres à 3 p. 100, une colonne Megabore DB-5 de 30 mètres et des dispositifs d'évaporation éclair standards et d'échantillonnage à "espace de tête". La température du four a été programmée pour une gamme de 50 à 220 °C à une vitesse d'augmentation de 10 degrés/minute. Le DFI peut détecter tous les composés organiques tandis que le DPI

est plus sélectif, mais il peut réagir à la présence de plusieurs composés inorganiques. Comme ce dernier est non destructeur, son effluent peut être dirigé directement vers le DFI. Le DPI et le DFI complètent les systèmes d'analyse portatifs couramment utilisés par Environnement Canada (c.-à-d. le HNU et l'OVA) et ils devraient être efficaces sur le terrain dans la plupart des cas. De plus, le DCE ajouté au chromatographe servira à l'analyse des biphényles polychlorés: on pourra le faire fonctionner lorsqu'on soupçonnera la présence dans l'échantillon de BPC ou d'autres composés halogénés, qu'il peut détecter. L'échantillonneur à "espace de tête" peut servir au dosage direct dans l'eau, le sol et les absorbants, de substances organiques d'intérêt prioritaire, ce qui permet d'éviter le travail laborieux de préparation des échantillons, notamment les phases de l'extraction, du nettoyage et de la concentration.

Le chromatographe en phase gazeuse a été relié à un microordinateur IBM PC/XT équipé d'un système de communication Labnet et d'un intégrateur de calcul Spectra Physics 4270. L'ordinateur peut faire l'acquisition des données en temps réel et la manipulation des données après l'exécution du programme et il peut traiter en même temps les données fournies par deux détecteurs.

À l'heure actuelle, le logiciel existant est modifié et perfectionné pour permettre l'exécution facile des fonctions d'acquisition, de stockage et de traitement préliminaire des données. Cette dernière fonction comprend les étapes suivantes: chercher les pics; calculer leur aire ainsi que les temps de rétention et les temps de rétention par rapport à un étalon; calculer les teneurs en présence à partir des facteurs de réponse des instruments et des études d'étalonnage pour chaque substance; et fournir les résultats. On travaille aussi à intégrer le logiciel dans une bibliothèque de données pour permettre l'analyse et l'identification des échantillons par le système portable. Cela nécessitera l'établissement d'une bibliothèque de temps de rétention propres à des composés purs et à des mélanges spécifiques (p. ex la détection d'Arochlors ou de pétroles bruts) et le stockage des résultats d'étalonnage et des facteurs de réponse relatifs aux substances d'intérêt prioritaire.

En vue de contrebalancer les effets des instruments et des facteurs de colonne, les données stockées seront des valeurs relatives à un échantillon témoin analysé le même jour. L'utilisateur du système devra analyser des échantillons témoins en plus des échantillons prélevés sur place. Le logiciel comparera les valeurs de ces derniers avec celles des échantillons témoins et indiquera le nom du composé dont les valeurs sont les plus proches (les substances les plus probables) pour des fins d'identification, ainsi que d'évaluation des teneurs. Outre le temps de rétention, les critères d'identification seront la réponse relative du DPI, du DFI et du DCE à une substance donnée (isolée ou mélangée) et celle de deux des colonnes mentionnées précédemment.

Le système pourra détecter la présence de composés dans les situations suivantes:

- lorsqu'un seul composé pur sera déversé (p. ex. de l'hexane);
- lorsqu'un mélange de plusieurs composés purs sera déversé (p. ex. de l'hexane, du benzène, du toluène et du méthanol);
- lorsqu'un mélange de nombreux composés sera déversé (p. ex. des pétroles bruts et des BPC qui présentent une trace caractéristique après analyse au chromatographe en phase gazeuse);
- lorsqu'un composé pur et un mélange de nombreux composés seront déversés (p. ex. du méthanol et des BPC);
- lorsque deux mélanges de nombreux composés seront déversés (p. ex. du pétrole brut et des BPC).

On achèvera bientôt ces travaux de modification et de perfectionnement visant à faciliter l'acquisition, le stockage et le traitement préliminaire des données et à élaborer un système de bibliothèque pour permettre l'analyse et l'identification des échantillons par le système d'analyse portable.

Les travaux d'étalonnage pour 50 composés d'intérêt prioritaire en fonction des trois milieux ambiants seront terminés dans un proche avenir. Les composés en question sont énumérés au tableau 2. On estime que le système portable peut être programmé pour l'analyse de plusieurs centaines de composés.

On installe actuellement l'équipement dans une fourgonnette Ford 1986. Ce véhicule a une capacité de charge de 4000 lb et les dimensions de son compartiment de chargement sont de 80 po de hauteur, 80 po de largeur et 148 po de longueur. Il est pourvu d'un climatiseur, d'une génératrice, d'un régulateur de courant, d'un appareil de chauffage au propane avec ventilateur, d'un système de filtration de l'air et de dispositifs d'échantillonnage. Tous les instruments sont pourvus d'amortisseurs. On installe aussi des bancs de travail, des tiroirs et des armoires dans le véhicule.

D'ici à la fin de l'année, le système portable devrait pouvoir être mis à l'essai sur le terrain, après qu'il sera installé dans le véhicule et que les travaux d'étalonnage pour la détection de 50 composés dans les trois milieux ambiants seront terminés.

Perspectives d'avenir

Les travaux effectués jusqu'à maintenant indiquent qu'il est possible d'utiliser des systèmes d'analyse portatifs et portables sur les lieux d'un déversement. En outre, les progrès techniques permettront d'analyser un plus grand nombre de composés et de réduire l'encombrement et le poids de l'équipement. Grâce aux économies qui en résulteront, les services d'intervention en cas de déversement pourront, au cours des prochaines années, faire l'analyse qualitative et quantitative de substances très toxiques. Ils pourront ainsi prendre les mesures de sécurité et de correction les mieux adaptées aux circonstances.

Tableau 1
Système d'analyse de classe 2

A. - DANS L'AIR

1) Substances d'intérêt prioritaire couvertes à ce jour

Acétate de vinyle
Acétone
Acétylène
Acide acétique
Acrylonitrile
Ammoniac
Anhydride acétique
Benzène
Butadiène
Butanol
Butylène
Butyraldéhydes
Chloroforme
Chlorure de méthylène
Chlorure de vinyle
Cyclohexane
Dibromure d'éthylène
Dichlorobenzène
Dichloroéthane
Éthylhexanol
Fluorochlorométhanes
Formaldéhyde
Heptane
n-hexane
Isopropanol
Méthacrylate de méthyle
Méthane
Méthanol
Méthylamines
Méthyléthylcétone
Méthylisobutylcétone
Morpholine
Oxyde d'éthylène
Oxyde de propylène
Pétrole brut frais
Propylène
Propylèneglycol
Sulfure d'hydrogène

Tableau 1 (suite)

Diméthyléther
Disulfure de carbone
Essence
Éthanol
Éthylbenzène
Éthylène
Styrène
Térébenthine
Tétrachlorure de carbone
Toluène
Xylènes

2) Substances pouvant être couvertes sous peu

(Aucune)

B. - DANS L'EAU

1) Substances d'intérêt prioritaire couvertes à ce jour

Acide acétique
Acide adipique
Acide benzoïque
Acide borique
Acide formique
Acide nitrilotriacétique
Acide nitrique
Acide phosphorique
Acide sulfurique (et oléum)
Ammoniac
Arsénite de sodium
Carbonate de calcium
Chlorate de sodium
Chlore
Chlorure d'aluminium
Chlorure d'ammonium
Chlorure d'hydrogène/
acide chlorhydrique
Chlorure de calcium
Chlorure de sodium
Chlorure de sulfuryl
Chlorure de zinc
Chlorure ferrique
Chromate de plomb
Cyanure de sodium
Fluorure d'hydrogène/
acide fluorhydrique
Hydroxyde d'aluminium
Hydroxyde de calcium
Hydroxyde de magnésium
Hydroxyde de potassium
Hydroxyde de sodium
Hypochlorite de calcium
Nitrate d'ammonium
Oxyde de calcium
Oxyde de plomb
Oxyde de zinc
Phénols
Phosphates d'ammonium
Phosphate de calcium
Phosphate de sodium
Potasse
Silicates de sodium
Sulfate d'aluminium
Sulfate d'ammonium
Sulfate de baryum
Sulfate de cuivre
Sulfate de potassium
Sulfate de sodium
Sulfate de zinc

2) Substances pouvant être couvertes sous peu

Acétate de vinyle
Acétone
Acrylonitrile
Anhydride acétique
Anhydrique maléique
Anhydride phtalique
Benzène
Méthanol
Méthyléthylcétone
Méthylisobutylcétone
Morpholine
Nonylphénol
BPC
Peroxyde d'hydrogène

Tableau 1 (suite)

Butyraldéhydes
Chloroforme
Crésol
Cumène
Dibromure d'éthylène
Éthanolamine
Éthylbenzène
Éthylène glycol
Formaldéhyde
Phénols
Propylène glycol
p-Terphényl
Styrène
Tétrachlorure de carbone
Toluène
Urée
Xylènes

C. - DANS LE SOL

1) Substances d'intérêt prioritaire couvertes à ce jour

(Aucune)

2) Substances pouvant être couvertes sous peu

Acétate de vinyle
Acétone
Acide acétique
Acide adipique
Acide benzoïque
Acide borique
Acide formique
Acide nitrilotriacétique
Acide nitrique
Acide phosphorique
Acide sulfurique (et oléum)
Ammoniac
Anhydride maléique
Arsénite de sodium
Benzène
Butyraldéhydes
Carbonate de calcium
Chlorate de sodium
Chlore
Chlorure d'aluminium
Chlorure d'ammonium
Chlorure d'hydrogène/
acide chlorhydrique
Chlorure de calcium
Chlorure de sodium
Chlorure de sulfuryl
Chlorure de zinc
Chlorure ferrique
Chromate de plomb
Crésol
Cumène
Cyanure de sodium
Hydroxyde d'aluminium
Hydroxyde de calcium
Hydroxyde de magnésium
Hydroxyde de potassium
Hydroxyde de sodium
Hypochlorite de calcium
Méthanol
Méthyléthylcétone
Méthylisobutylcétone
Nitrate d'ammonium
Nonylphénol
Oxyde de calcium
Oxyde de plomb
Oxyde de zinc
BPC
Phénols
Phosphate d'ammonium
Phosphates de calcium
Phosphate de sodium
Potasse
p-Terphényl
Silicates de sodium
Sulfate d'aluminium
Sulfate d'ammonium
Sulfate de baryum
Sulfate de cuivre
Sulfate de potassium
Sulfate de sodium
Sulfate de zinc
Toluène
Urée
Xylènes

Tableau 1 (suite)

Éthanolamine
Éthylbenzène
Éthylène glycol
Fluorure d'hydrogène/ acide fluorhydrique
Formaldéhyde

Tableau 2
Système d'analyse de classe 3; dans l'air, dans l'eau et dans le sol; substances pouvant être couvertes sous peu

Acétate de vinyle	Formaldéhyde
Acétone	Gaz naturel
Acétylène	Isopropanol
Aminocarb (Matacil)	Isopropylbenzène
Ammoniac	Malathion
Anhydride acétique	Méthanol
Benzène	Méthyléthylcétone
Biphényles polychlorés	Méthylisobutylcétone
Butanol	Naphte
Butylène	n-Hexane
Butyraldéhydes	Nonylphénol
Chloroforme	Pentachlorophénols
Chlorure de méthylène	Perchloroéthylène
Chlorure de vinyle	Pétrole brut
Cyclohexane	Propylène
Dibromure d'éthylène	Sulfure d'hydrogène
Dichlorobenzène	Styrène
Dichlorure d'éthylène	Térébenthine
Disulfure de carbone	Terphényles
Éthanol	Toluène
Éthylbenzène	Triallate (pesticide)
Éthylène	Trichlorfon (pesticide)
Éthylène glycol	Trifluralin (pesticide)
2-Éthylhexanol	Trinitrotoluène
Fluorochlorométhane	Xylènes

RÉFÉRENCES

Bobra, A. (1986). "Continuing Development of a Vehicle-Portable Analytical System", dans *Proceedings of 1986 Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév., Montréal, Québec.

Bobra, A. (1985). "Development of a Vehicle-Portable Analytical System for Chemical Emergencies", dans *Proceedings of 1985 Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév., Toronto, Ontario.

Fingas, M.F. (1984). "The Development of Improved Countermeasures for Chemical Spills in Canada", dans *Proceedings of 1984 Hazardous Material Spill Conference*, 9-15 avril, Nashville, Tennessee.

Fingas, M.F. (1982). "Le programme d'étude des déversements de matières dangereuses de la Direction des interventions d'urgence", dans *Bulletin de la lutte contre les déversements*, vol. VII, n° 2, SPE, Ottawa, Ontario.

Halman, R., Lockwood, J. et Farrington, M. (1984). *Development of a Person-portable Analytical System for Environmental Emergencies*, EE-52, SPE, Ottawa, Ontario.

Lockwood, J. et Halman, R. (1983). "Person-portable Systems for Multi-media Analysis", dans *Proceedings of 1983 Technical Seminar on Chemical Spills*, 25-27 oct., Toronto, Ontario.

Lockwood, J. et Halman R. (1983). "Vehicle-portable Systems for Multi-media Analysis at Chemical Spill Sites", dans *Proceedings of 1983 Technical Seminar on Chemical Spills*, 25-27 oct., Toronto, Ontario.

Townshend-Colford, M. (1986). "Continuing Development of a Person-portable Analytical System", dans *Proceedings of 1986 Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév., Montréal, Québec.

Townshend-Colford, M. et Underdown, A.W. (1985). *Continuing Development of the Person-portable Analytical System*, EE-69, SPE, Ottawa, Ontario.

Underdown, A. et Townshend-Colford, M. (1985). "Development of a Person-portable Analytical System", dans *Proceedings of the 1985 Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév., Toronto, Ontario.

LA TECHNOLOGIE DES MEMBRANES DANS L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE

Harry Whittaker
Division des techniques d'intervention d'urgence
Service de la protection de l'environnement
Ottawa (Ontario)

La technologie des membranes

La technologie des membranes englobe les différents types de techniques de séparation ayant recours à une membrane semi-perméable. Parmi les techniques couramment employées, on trouve:

la microfiltration (MF),
l'ultrafiltration (UF),
l'osmose inverse (OI),
la séparation des gaz (SG),
l'électrodialyse (ED).

La distinction qui est faite entre les trois premières techniques mentionnées ci-dessus subdivise de façon quelque peu artificielle (voir la figure 2) un ensemble de procédés de séparation soluté-solvant fondés sur la granulométrie de soluté. La figure 1 montre un classement traditionnel des méthodes par tranches de 10^2 µm. Ces dernières années, le chevauchement des techniques MF, UF et OI s'est accentué davantage.

Malgré ce chevauchement, les trois techniques mentionnées reposent sur des principes bien distincts. Les techniques MF et UF, en particulier la première, sont des procédés de filtration fondés presque exclusivement sur la taille des particules traitées; l'osmose inverse n'entre pas dans cette catégorie; le diamètre des "trous" de la membrane est souvent beaucoup plus petit que celui des molécules ou des amas de molécules qui la traversent. Il s'agit dans ce cas d'un phénomène de solution-diffusion. La molécule (ou l'amas de molécules) se dissout dans la membrane même, se diffuse puis est désorbée de l'autre côté de la membrane. L'examen de l'interaction du chlorure de sodium et du phénol avec une membrane en acétocellulose confirme cette explication. En effet, les molécules de chlorure de sodium sont retenues par la membrane même si elles sont plus petites que celles du phénol, qui la traversent (1).

La séparation des gaz et l'électrodialyse, quant à elles, constituent, la première une osmose inverse en phase gazeuse, la seconde une électrodialyse en présence d'un champ électrique.

Applications de la technologie des membranes

L'utilisation des membranes a connu un grand essor ces dernières années et cela devrait se poursuivre.

La microfiltration peut s'opérer soit par propagation, soit par écoulement transversal. Elle est utilisée en grande partie dans les secteurs de la pharmacologie et de la santé, bien que certaines des membranes les plus "serrées" fondées sur le principe de l'écoulement transversal servent de plus en plus dans les industries du lait et de la peinture pour la séparation de macromolécules.

L'ultrafiltration est très répandue dans l'industrie (y compris dans l'industrie du pétrole, comme nous le verrons plus loin); elle est utilisée dans:

a) l'industrie de la peinture pour la récupération de la peinture;
b) l'industrie alimentaire pour la récupération des huiles des fruits;
c) l'industrie automobile pour la récupération des phosphates (lignes de phosphatation préalable à l'application de la peinture);

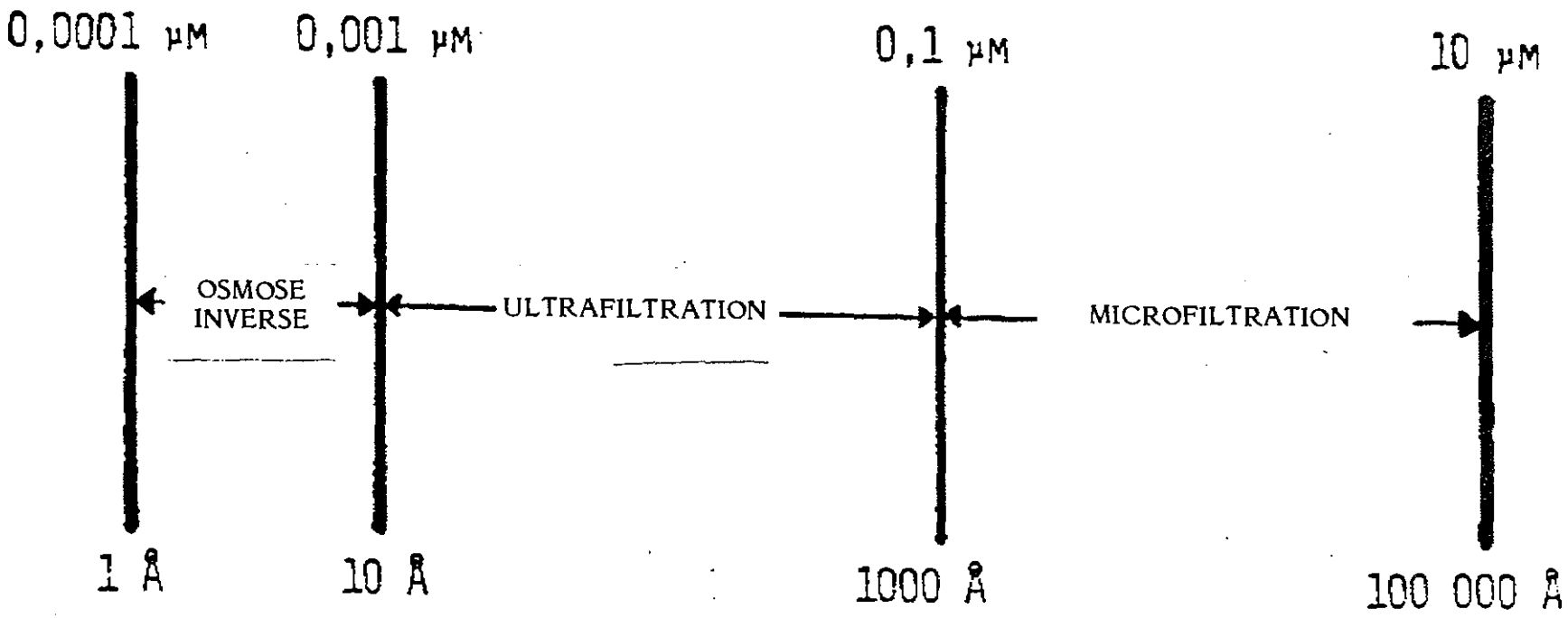


Figure 1
Plages granulométriques propres aux procédés de séparation fondamentaux

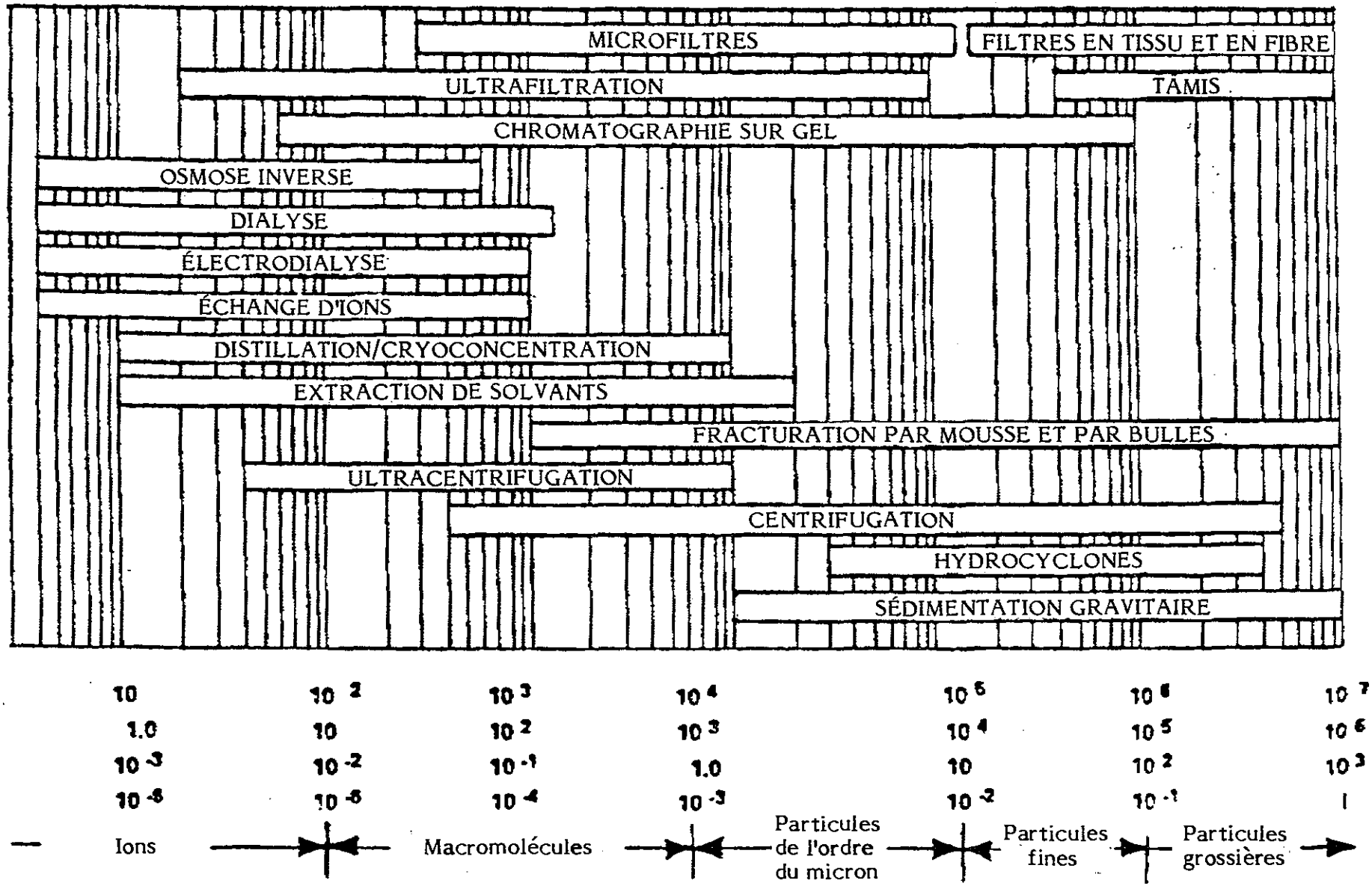


Figure 2
Plages granulométriques propres à différents procédés de séparation

d) l'industrie textile pour la récupération des colorants;
e) l'industrie laitière pour la récupération du lait entier, de la crème ét du lactosérum;
f) l'industrie pharmaceutique pour la récupération des enzymes;
g) l'industrie des pâtes et papiers pour la récupération des sous-produits;
h) l'épuration des eaux d'égout urbaines et industrielles.

Initialement, le procédé de l'osmose inverse a été élaboré surtout pour rendre potables les eaux saumâtres et les eaux salées. Toutefois, les progrès accomplis récemment dans la technologie des membranes ont permis d'appliquer cette technique dans beaucoup d'autres secteurs. Ainsi, on utilise l'osmose inverse pour:

a) l'épuration des eaux d'égout urbaines et industrielles;
b) la récupération de produits dans l'industrie des pâtes et papiers;
c) la récupération des colorants et des solvants dans l'industrie textile;
d) la récupération des rebuts de placage des métaux;
e) la récupération des rebuts de traitement photographique;
f) la concentration des jus d'agrumes et du sirop d'érable.

Comme nous l'avons mentionné, la séparation des gaz équivaut à une osmose inverse en phaze gazeuse. Ce procédé trouve beaucoup d'applications dans l'industrie du pétrole, mais aussi pour:

a) la récupération de l'hydrogène contenu dans l'ammoniac de purge;
b) la récupération de l'hydrogène contenu dans le méthanol de purge.

Quant à l'électrodialyse, elle est appliquée notamment pour:

a) la réduction de la teneur en électrolytes du lactosérum, des jus de fruits, du café, du lait et du sucre dans l'industrie alimentaire;
b) la récupération des électrolytes dans les solutions de rinçage et les bains de placage des métaux;
c) le remplacement des ions dans les acides et les bases organiques;
d) la production de chlore-alcalis et d'étain en chimie d'oxydoréduction.

Applications dans l'industrie du pétrole et les industries connexes

Toutes les formes de la technologie des membranes visent à séparer d'une solution une ou plusieurs espèce(s). À ce point de vue, il s'agit d'une branche de la technologie de la séparation. Il n'est pas surprenant qu'elle soit appliquée dans l'industrie du pétrole et dans les autres industries dont les procédés entraînent l'évacuation de produits pétroliers.

L'ultrafiltration (UF) permet, surtout lorsqu'on utilise des membranes tubulaires, de traiter des liquides ayant une teneur relativement élevée en solides et en liquides non aqueux. Elle est utilisée depuis un certain nombre d'années dans les industries générant de grandes quantités d'huiles hydrosolubles, telles les usines de fabrication d'engrenages. C'est le cas de l'usine de la société General Electric située à Fall River (Massachusetts), qui génère plus de 1900 mètres cubes d'huiles solubles et d'autres déchets huileux par année (2). La teneur totale en huile des déchets est de 1 à 3 p. 100, trop pour qu'ils puissent être évacués dans les cours d'eau locaux. L'entreprise a installé une unité d'ultrafiltration ABCOR dans l'usine en 1973, ce qui lui a permis de réduire la teneur en huile des eaux d'égout à moins de 10 ppm et de concentrer l'huile récupérée à plus de 40 p. 100, teneur à laquelle elle peut servir de combustible.

La société Zenon Environmental a construit une station d'épuration des huiles résiduelles par ultrafiltration (filtres tubulaires) à Oshawa (3). Les résidus traités sont des déchets huileux, y compris des huiles émulsifiées. Les teneurs initiales de 1 à 2 p. 100 des solutions sont concentrées de sorte que les volumes sont réduits de 80 à 90 p. 100. Les débits varient de 10 à 20 litres/minute. Le filtrat obtenu est évacué dans les tuyaux d'égout alors que l'huile concentrée est réutilisée ou confiée à une entreprise de traitement des huiles résiduelles.

En 1980, la société ABCOR a effectué quelques essais en vue d'évaluer la possibilité d'utiliser l'ultrafiltration et l'osmose inverse pour épurer les eaux de traitement des sables asphaltiques (4). La firme Monenco Consultants, qui a examiné les données obtenues par ABCOR, a estimé à l'époque que les procédés traditionnels de traitement étaient plus indiqués (5). Toutefois, des travaux ont été effectués récemment dans ce domaine par Zenon Environmental (6), et Énergie, Mines et Ressources Canada (programme CANMET) poursuit ou prévoit poursuivre plusieurs études en cette matière (7).

L'osmose inverse a été appliquée directement au traitement des eaux de saline résultant de la production pétrolière. Dans ce cas, les progrès ont été tels qu'une société américaine, ROMEC, détient un brevet (8).

Le système ROMEC (figure 3) extrait l'eau de saline du bassin à boue et la fait traverser un filtre et un dispositif de séparation eau-huile jusqu'à l'unité d'osmose inverse. Les eaux usées extraites sont caractéristiques des déchets de la production pétrolière: elles consistent en un mélange complexe de saumure, d'émulsions de pétrole brut, de solides en suspension, de particules colloïdales et d'un grand nombre d'additifs chimiques utilisés pendant les opérations de forage et de production. Pour obtenir la qualité voulue, l'eau brute fournie à l'unité d'osmose inverse doit subir une série de traitements selon divers procédés. La première étape consiste à éliminer le gros du pétrole, ce qui est accompli par un système de coalescence comprenant des déflecteurs oléophiles qui font remonter le pétrole à la surface où il est évacué; à ce stade, l'eau contient encore 15 à 20 ppm d'huile. En second lieu, entre en action un système d'adsorption du pétrole qui peut consister en une colonne de charbon de bois ou en un produit synthétique auquel le pétrole adhère. La troisième étape est une filtration en deux temps faisant appel à des filtres en profondeur et à des lits mélangés. Le lit d'impulsions utilisé dans la version actuelle du système ROMEC est un produit C.E. Nato. Auparavant, le produit utilisé était l'Electro-media de Continental Water. À la quatrième étape, un système de microfiltration composé de filtres microporeux en métal fritté Mott à mailles de 0,2 micron absolu et alimenté à partir des filtres en profondeur à lits mélangés fonctionne au rythme de 10 à 35 lb/po^2. La cinquième étape consiste en l'injection d'environ 20 ppm d'un mélange chimique spécial comprenant des antidétartrants, des anti-oxydants, des chélates et d'autres substances chimiques. Idéalement, le pH varie entre 6,5 et 7. Enfin, intervient un système d'osmose inverse constitué de quatre tubes télescopiques de 4 po de diamètre. Le débit d'alimentation est de 5 gallons/minute et le débit de sortie, d'environ 3,5 gallons/minute. Le système abaisse la teneur en sel de la saumure de 35 000 ppm à 350.

Outre le système ROMEC, un certain nombre de systèmes d'osmose inverse sont expérimentés dans le secteur des schistes bitumineux aux États-Unis. Par exemple, l'université du Kentucky a effectué récemment des travaux sur l'épuration des eaux usées de cornues de pétrole provenant des schistes bitumineux de l'est des États-Unis (9). Ces eaux ont des caractéristiques semblables à celles des eaux générées par les autres procédés de production de carburant de synthèse, notamment la couleur, l'odeur, la forte teneur en matières organiques (principalement des acides aliphatiques, des phénols, etc.), la présence de NH_3 et de S^{2-}, la grande alcalinité, etc. On a utilisé la filtration au charbon activé puis l'osmose inverse à basse pression pour épurer l'eau. Ce système permet de supprimer 90 p. 100 du carbone organique total, du Cl^- et du S^{2-}.

Des études ont eu lieu au Canada concernant la filtration par osmose inverse des eaux usées provenant des sables asphaltiques et de leur traitement. Des travaux effectués à l'université de Waterloo (10) ont montré que 90 p. 100 du sel de l'eau peuvent être supprimés en laboratoire; dans ces cas, le produit à traiter était de l'eau usée provenant des sables asphaltiques. La société Zenon Environmental a étudié l'épuration de cette eau par osmose inverse et a pu obtenir des rendements élevés d'élimination et de forts débits; elle poursuit ses travaux en cette matière.

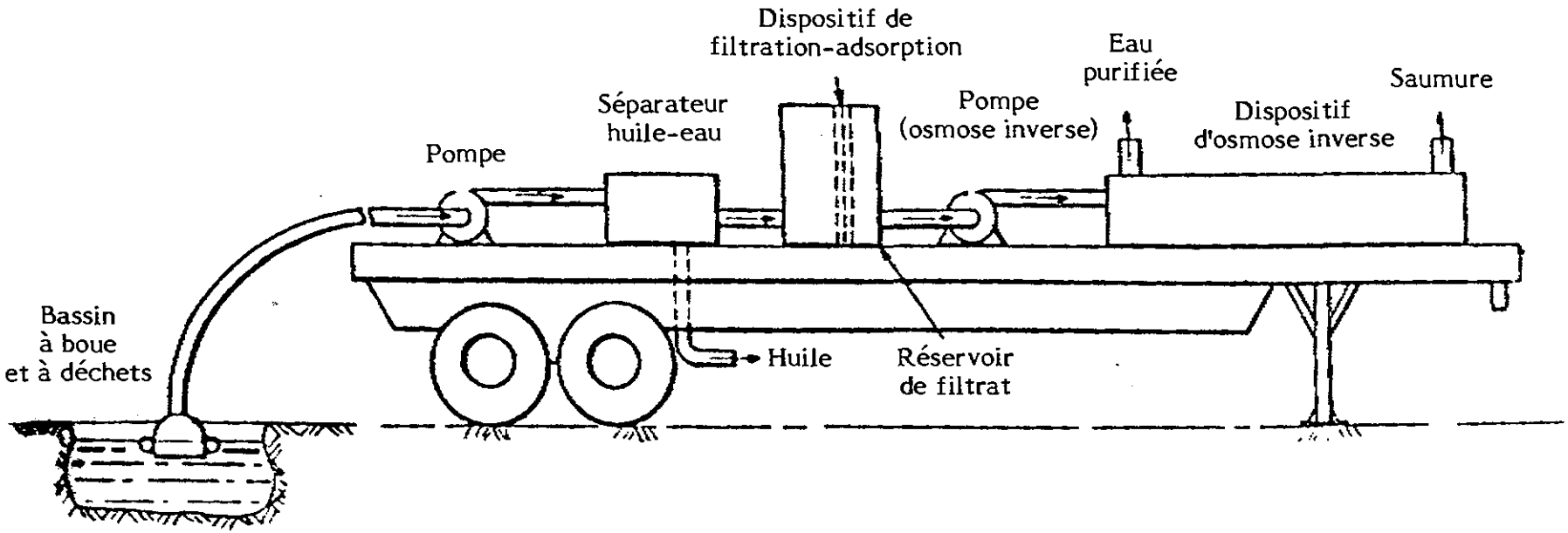


Figure 3
Système ROMEC servant au traitement des boues de forage

La séparation des gaz (SG) est grandement utilisée dans l'industrie du pétrole et du gaz et elle se répand de plus en plus. Les exemples que nous fournirons portent sur le traitement chimique, la fracturation au dioxyde de carbone et l'épuration du gaz acide. Le traitement chimique implique l'utilisation de membranes de séparation des gaz pour la récupération de l'hydrogène dans une installation d'isomérisation Butamer (11). Le n-butane est converti en isobutane en présence d'hydrogène et le gaz résiduel, qui contient de l'hydrogène, du méthane, de l'éthane et du propane, est traité par le système de séparation des gaz en vue de récupérer l'hydrogène, qui est réutilisé dans le système. Les alcanes sont acheminés vers une colonne de fractionnement.

On utilise le procédé de la fracturation au dioxyde de carbone dans le sud des États-Unis (12). En effet, de grandes quantités de cette substance servent à la fracturation de formations peu perméables - elles ont augmenté en moyenne de six fois pour le forage de puits de pétrole et de trois ou quatre fois pour le forage de puits de gaz naturel. La période d'amortissement moyenne de la fracturation au CO_2 était de un mois et demi. Le gaz initial contient de grandes quantités de CO_2 qui sont évacuées par le procédé de la séparation des gaz. Un système modulaire est utilisé, étant donné que la teneur en CO_2 du gaz diminue avec le temps.

On a recours à l'épuration du gaz acide et à l'élimination du CO_2 dans l'ouest du Canada (13). À partir d'un produit d'alimentation contenant 14,6 p. 100 de CO_2 à 830 lb/po^2 (5,72 MPa), on a livré un résidu ou un gaz contenant 2,8 p. 100 de CO_2 à 825 lb/po^2 (5,68 MPa). La teneur en CO_2 du perméat atteignait jusqu'à 63 p. 100 et les pertes totales d'hydrocarbures étaient d'environ 6,9 p. 100. En deux ans d'utilisation continue, le rendement des membranes a augmenté de 80 p. 100.

Des essais effectués à un autre endroit où le produit à traiter contenait beaucoup de H_2S et de CO_2 ont donné des résultats très prometteurs. Un système à membrane à un étage a épuré efficacement un produit contenant 28 p. 100 de H_2S, 10 p. 100 de CO_2 et 62 p. 100 de $(C_1^+ + N_2)$; les teneurs respectives du produit après épuration étaient les suivantes: 65 p. 100 de H_2S, 17,4 p. 100 de CO_2 et 17,6 p. 100 de $(C_1^+ + N_2)$. Le gaz résiduel contenait 6,7 p. 100 de H_2S, 5,5 p. 100 de CO_2 et 87,8 p. 100 de $(C_1^+ + N_2)$. L'étape suivante des essais consistera à déterminer les effets à long terme de produits ayant une grande teneur en H_2S sur le pouvoir de perméation des membranes.

L'expérience de la DTIU dans le traitement des déchets liquides dans l'industrie du pétrole

La Division des techniques d'intervention d'urgence (DTIU) d'Environnement Canada s'intéresse à l'osmose inverse et à l'ultrafiltration depuis quatre ans. Et cet intérêt a pu se concrétiser surtout parce que la DTIU dispose de deux unités de traitement par OI-UF, d'une installation-pilote mobile et d'une grosse unité grandeur laboratoire.

L'installation mobile est utilisée pour:

a) fournir de l'eau douce à partir d'eau salée pour le nettoyage à la vapeur de côtes rocheuses dans des régions isolées;
b) concentrer des solutions chimiques aqueuses diluées provenant de produits déversés dans des petits cours d'eau et de percolats de décharges de produits chimiques.

Elle peut également servir à déterminer l'applicabilité de l'osmose inverse à l'épuration d'effluents industriels.

L'installation mobile, entièrement autonome, peut produire 1800 à 2400 litres d'eau potable par heure à partir de l'eau de mer, le débit variant selon la membrane utilisée. Sa capacité de nettoyage des lieux victimes d'un déversement de substance chimique varie selon la membrane choisie, la nature de la substance et sa teneur.

L'unité grandeur laboratoire peut produire environ 1000 litres d'eau potable par heure à partir d'eau salée. Son fonctionnement est similaire à celui de l'installation mobile et les

Tableau 2
Rendements des membranes utilisées pour traiter un préservatif de bois

	Teneur totale en chlorophénols (ppm) Perméat			Taux de séparation (%)		
Citerne	Filmtec	DSI	Toray	Filmtec	DSI	Toray
1900	0,445 (1)	1,567	3,337 (2)	99,9	99,9	99,8
735	0,347	1,159	0,565	99,9	99,8	99,9
638	0,174	0,665	2,791 (2)	99,9	99,9	99,6
567	0,073	1,089	6,230 (2)	99,9	99,8	98,9
567	0,201 (1)	0,996	6,16 (2)	99,9	99,8	98,9
290	0,133	0,178	1,668 (2)	99,9	99,9	99,4
218	0,038	0,261	0,434 (2)	99,9	99,9	99,8
156	0,269	0,402	0,009	99,8	99,7	99,9

1) Fuite de la membrane causée par la torsion du joint torique.
2) Membrane endommagée.

Applications possibles de la technologie des membranes dans l'industrie pétrolière canadienne

L'osmose inverse et l'ultrafiltration peuvent être mises à profit dans au moins trois secteurs de l'industrie pétrolière canadienne.

Premièrement, elles servent à rendre potable l'eau salée et l'eau saumâtre utilisées sur les lieux de production en haute mer et dans les régions isolées. C'est une application répandue de l'osmose inverse.

Ensuite, comme nous l'avons mentionné, l'UF/OI est déjà appliquée aux États-Unis dans l'épuration des eaux de bassin à boue et à déchets. Cette technique éprouvée de protection de l'environnement pourrait donc facilement être employée au Canada.

Le troisième exemple, déjà donné, de l'utilisation de l'UF/OI touche les domaines des sables asphaltiques et des déchets et des eaux de traitement des pétroles lourds. Environnement Canada et le ministère canadien de l'Énergie, des Mines et des Ressources poursuivent des essais en ces matières, essais qui devraient donner des résultats positifs.

Conclusions

La technologie des membranes, qui est utilisée dans de nombreux procédés industriels, notamment dans plusieurs secteurs de l'industrie pétrolière, progresse rapidement. Son application devrait permettre d'améliorer les techniques de nettoyage et de mieux préserver l'environnement.

Références

1) Porter, C.M. *Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers*, annexe 1, page 1.

2) Goldsmith, R.L., Roberts, D.A. et D.L. Burre (1974). "Ultrafiltration of Soluble Oil Wastes", dans *Journal of the Water Pollution Control Federation*, vol. 46, n° 9, sept. 1974, p. 2183-2192.

3) *Membrane & Separation Technology News* (1984). Vol. 3, n° 2, oct. 1984, page 3.

4) AOSTRA (1981). *Treatment of Waste Produced for Bitumen and Heavy Oil Recovery Wells: An Evaluation of Membrane Processes*, ABCOR pour l'AOSTRA, 18 mai 1981.

5) AOSTRA (1982). *Produced Waste Treatment Study-Conventional Treatment*, Monenco Consultants Ltd. pour l'AOSTRA, juillet 1982.

6) CANMET (1985). *Technical and Economic Assessment of the Application of Membrane Technology for Treating Oil/Water/Mineral Emulsions*, Zenon Environmental Inc. pour CANMET, avril 1985.

7) Farnand, B. (1986). *Discussions*, CANMET, 17 janv. 1986.

8) United States Patent n° 4 366 063, 28 déc. 1982.

9) Siler, J.L. et D. Bhattachargys (1985). "Low Pressure Reverse Osmosis Membranes: Concentration and Treatment of Hazardous Wastes", dans *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, vol. 2, n° 1, 1985, p. 45-65.

10) Huang, R. et J.J. Kim (1984). "Synthesis and Transport Properties of Thin Film Composite Membranes II. Preparation of Sulfonated Poly (phenylene Oxide) Thin Film Composite Membranes for Purification of Alberta Tar Sands Waste Waters", dans *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 29, 1984, p. 4029-4035.

11) Anonyme (1985). "Results Confirm Membranes H_2 Recovery Role", dans *Oil and Gas Journal*, 28 oct. 1985, p. 121.

12) Scendel, R. et J. Seymour (1985). "Take Care in Picking Membranes to Combine with Other Processes for CO_2 Removal", dans *Oil and Gas Journal*, 28 fév. 1985, p. 84-86.

13) Mazur, W.H. et M.C. Chan (1982). "Membranes for Natural Gas Sweetening", dans *Chemical Engineering Progress*, oct. 1982, p. 38-43.

14) Whittaker, H. (1983). "Water Recovery from Drilling Fluids Using UF/RO Membranes", dans *Spill Technology Newsletter*, vol. 8, n° 5, sept.-oct. 1983, p. 109-111.

15) Straforelli, J.B. et H. Whittaker (1985). "Reverse Osmosis for Cleanup of Spilled Wood Protection Solution", dans *Proceedings of the Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév. 1985, p. 254-270.

16) Clark, R. et H. Whittaker (1985). "Cleanup of PCB Contaminated Groundwater by Reverse Osmosis", dans *Proceedings of the Technical Seminar on Chemical Spills*, 5-7 fév. 1985, p. 229-237.

RÉSULTATS D'ÉVALUATIONS RÉCENTES DE LA DISPERSIBILITÉ DU PÉTROLE

Mervin Fingas, Mark Bobra et John Doran
Division des techniques d'intervention d'urgence
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)

Pour intervenir au moment d'un déversement de pétrole, il est très utile de connaître la dispersibilité du produit déversé dans la colonne d'eau . La dispersibilité naturelle est l'aptitude d'une substance à se disperser d'elle-même dans différentes conditions du milieu. Il importe de déterminer les quantités dispersées pour connaître la toxicité de la substance en milieu aquatique et pour évaluer les quantités restantes afin de prendre les mesures qui s'imposent et d'estimer les effets du polluant sur les ressources ou les côtes voisines. La dispersibilité artificielle est l'aptitude d'une substance à se disperser dans la colonne d'eau sous l'action d'un agent chimique, ordinairement appelé dispersant. Il est important d'évaluer la dispersibilité artificielle d'une huile pour déterminer l'efficacité de la dispersion comme moyen d'intervention si cette huile est déversée.

La dispersibilité naturelle et la dispersibilité artificielle d'une substance sont difficiles à mesurer car elles sont déterminées par beaucoup de facteurs, notamment la vitesse du vent, la température, l'état de la mer et la salinité de l'eau. Nous avons utilisé l'appareil Mackey-Nadeau-Steelman (MNS) pour obtenir des valeurs de dispersibilité utilisables par les équipes d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures parce que celui-ci permet des simulations contrôlées et répétées des vagues de la mer. Évidemment, les valeurs obtenues ne valent que pour les conditions simulées par l'appareil. Ce dernier produit un jet d'air très puissant, à la surface d'une quantité de six litres d'eau.

L'huile à expérimenter est placée à la surface de l'eau à l'intérieur d'un petit anneau de confinement après stabilisation des vagues à la hauteur désirée. On enlève l'anneau puis on laisse l'huile se disperser dans l'eau pendant dix minutes. Un échantillon d'eau est ensuite prélevé puis analysé pour évaluer la dispersibilité du produit. Le MNS est couramment utilisé au Canada et dans d'autres pays (1, 2). Bien que cette méthode d'essai présente certaines lacunes, en ce qui concerne l'intensité des vagues simulées par exemple, elle est considérée comme celle qui convient le mieux à nos besoins (3).

Le tableau 1 donne les résultats d'essais effectués récemment. Les substances expérimentées comprennent des pétroles bruts et des produits de raffinage. Lorsque des substances ont été remises en expérimentation après dégradation, les pertes par évaporation sont indiquées dans le tableau. Comme l'indiquent les ouvrages de référence, les valeurs ont été obtenues dans des conditions standards de fonctionnement du MNS, notamment à 30 o/oo de salinité et à une température de 0 ou de 15 °C. Les deux premières colonnes du tableau donnent les valeurs de dispersibilité naturelle, établies par des essais à blanc. Dans ces derniers, le MNS est utilisé normalement sauf qu'aucun dispersant n'est ajouté à la substance expérimentée. Dans les essais de dispersibilité artificielle, nous avons utilisé une dose constante de dispersant équivalant à un rapport huile-dispersant de 20:1. Dans tous les cas, le dispersant utilisé était du Corexit 9527, fabriqué par Exxon.

Nous pouvons tirer de ces travaux certaines conclusions générales.

1) La dispersibilité, naturelle ou artificielle, dépend beaucoup du type de pétrole. Il est difficile d'établir une corrélation entre la dispersibilité d'une substance et ses caractères les plus évidents (viscosité, masse volumique, etc.). Il faut élaborer un modèle complexe fondé sur les paramètres propres au pétrole, comme la teneur en paraffine, pour prévoir la dispersibilité des hydrocarbures.

2) Beaucoup de pétroles bruts de la mer de Beaufort, tels ceux d'Adgo, d'Amauligak et de Tarsiut, se dispersent très facilement, naturellement et artificiellement.
3) Les huiles à forte teneur en paraffine, comme les pétroles d'Hibernia et de Bent Horn, ont une faible dispersibilité naturelle et artificielle.

Tableau 1
Résultats des essais de dispersibilité
(% de pétrole dispersé dans la colonne d'eau)

Type de pétrole	Essais à blanc Dispersibilité naturelle		Avec du Corexit 9527 Dispersibilité artificielle	
	0 °C	15 °C	0 °C	15 °C
Adgo	63	20	92	96
Adgo (2,6 % évaporés)	1	10	88	74
Amauligak	50	15	93	71
Amauligak (13,6 % évaporés)	13	28	83	65
Amauligak (19,4 % évaporés)	22	6	74	67
Diesel pour automobile	7	5	92	94
Essence pour automobile	38	38	54	46
Bent Horn	2	5	86	68
Bent Horn (20,4 % évaporés)	0	0	12	80
Bent Horn (32,9 % évaporés)	0	9	0	69
Bunker C	0	0	0	3
Huile de graissage (mat. électrique)	4	14	49	28
Huile diélectrique (condensateur)	21	21	72	94
Fuel oil n° 2	26	24	86	75
Hibernia	0	0	10	48
Hibernia (18,2 % évaporés)	0	0	4	46
Hibernia (23,0 % évaporés)	0	0	0	19
Issungnak	0	34	16	91
Issungnak (15 % évaporés)	0	0	0	99
Issungnak (25 % évaporés)	0	0	0	85
Lagomedio	1	2	73	81
Lagomedio (8,8 % évaporés)	1	5	62	69
Lagomedio (14,8 % évaporés)	0	2	20	85
Norman Wells	5	8	79	75
Tarsiut	38	30	76	81
Tarsiut (12,4 % évaporés)	16	22	57	53
Tarsiut (16,4 % évaporés)	17	39	62	72
Brut Transmountain	0	1	40	84
Brut Transmountain (18,5 % évaporés)	0	0	0	80
Brut Transmountain (28,5 % évaporés)	0	0	0	83

4) Certaines huiles semblent se disperser plus facilement à basse température. Pendant les essais, ce phénomène était dû au cisaillement visqueux de grosses gouttes de pétrole dans la colonne d'eau. Toutefois, c'est l'inverse qui s'est produit pour la plupart des huiles expérimentées.
5) Il existe un point de coupure où l'huile devient tellement visqueuse que le dispersant ne peut s'y mélanger. Ainsi, dans le cas des pétroles de Bent Horn et Transmountain, l'augmentation de la dégradation, et donc de la viscosité, entraîne une diminution considérable de l'efficacité du dispersant.

Références

1) Environnement Canada (1984). *Lignes directrices concernant l'homologation des dispersants et leur utilisation pour traiter les nappes de pétrole*, Service de la protection de l'environnement, SPE 1-EP-84-1F, Ottawa, Ontario.

2) Mackay, D. et F. Szeto (1980). *Effectiveness of Oil Spill Dispersants - Development of a Laboratory Method and Results for Selected Commercial Products*, Institute for Environmental Studies, rapport nº EE-16, université de Toronto, Toronto, Ontario, 1980.

3) Mackay D., Chau A., Hossain K. et M. Bobra (1984). "Measurement and Prediction of the Effectiveness of Oil Spill Dispersants", dans *Oil Spill Chemical Dispersants: Research, Experience and Recommendations*, STP 840, édité par Toni E. Allen, American Society for Testing and Materials, Philadelphie, 1984, p. 38-54.