

36067 LJA 70 53

Environnement Canada

Direction générale de la région de Québec

TD
105
1072
E48
1986

Rapport final

Elaboration d'un programme de recherche appliquée sur l'évaluation du "Relargage" de polluants suite aux activités de dragage de sédiments contaminés dans le Saint-Laurent

Octobre 1986

Dossier no 46390

SOMMAIRE EXECUTIF

Le mandat confié à André Marsan et Associés Inc. résulte d'une sollicitation de la Direction générale de la région du Québec d'Environnement Canada. Il vise l'élaboration d'un programme de recherche sur le relargage associés aux opérations de dragage. Bien que le budget alloué à la réalisation de cette étude était relativement modeste, André Marsan et Associés Inc. a malgré tout cherché à obtenir un consensus scientifique le plus complet possible sur les avenues de recherches proposées. La méthodologie suivie pour la réalisation du mandat impliquait l'intégration de l'information provenant de différentes sources: littérature, dépouillement du questionnaire soumis à 39 scientifiques spécialisés dans le domaine et l'avis d'experts, soit invités, soit consultés par téléphone.

L'envoi de questionnaire avait pour but de rejoindre un éventail plus large de la communauté scientifique. Les résultats obtenus lors de cette consultation ont montré qu'il y avait un certain consensus entre les différentes sources d'information.

En ce qui a trait aux mécanismes de relargage, il semble plus approprié d'attendre les résultats des recherches en cours et qui devraient fournir des éclaircissements et informations très prometteuses pour évaluer les contaminants relargués dans un proche avenir plutôt que de développer un programme de recherche fondamentale sur le sujet. La recherche à entreprendre devra être complémentaire de celle déjà en cours actuellement.

Les programmes de recherche identifiés et proposés pour répondre aux questions soulevées par le mandat sont par ordre de priorité: validation pour le Saint-Laurent des critères de qualité des sédiments en voie de développement par l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) aux Etats-Unis; la création d'habitats fauniques à partir de résidus de dragage contaminés; vérification en conditions réelles

de l'influence de la présence et du dragage de sédiments contaminés sur le benthos; la sélection des bioessais recommandés pour les projets de dragage; développement des modèles simplifiés de calcul de la zone de dilution.

A ces projets de recherche proposés et détaillés tant du point de vue de leur justification, de la méthodologie à appliquer, des résultats attendus, des organismes de financement, du budget à allouer et des organismes susceptibles de les réaliser, d'autres avenues de recherche complémentaires sont proposées. Les résultats espérés de ces différents projets de recherche seraient également très utiles afin qu'Environnement Canada se dote d'outils nécessaires pour être à même de pouvoir évaluer adéquatement les projets de dragage et la gestion des sédiments contaminés.

Enfin, nos discussions avec différents spécialistes américains tant de l'EPA que le l'U.S. Army Corps of Engineers ont démontré leur intérêt à collaborer avec des programmes de recherche d'Environnement Canada. Les noms de ces spécialistes apparaissent dans le rapport.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1.0 INTRODUCTION	1-1
1.1 Problématique	1-1
1.2 Contenu du présent document	1-4
2.0 OBJECTIFS ET METHODOLOGIE	2-1
2.1 Objectifs	2-1
2.2 Méthodologie	2-2
2.2.1 Etape 1: Revue bibliographique	2-2
2.2.2 Etape 2: Elaboration du questionnaire	2-2
2.2.3 Etape 3: Réunion d'experts	2-4
2.2.4 Etape 4: Elaboration du programme de recherche	2-5
3.0 SYNTHESE DE L'INFORMATION RECUEILLIE	3-1
3.1 Mécanismes de relargage	3-1
3.2 Effets sur les organismes aquatiques	3-2
3.3 Utilité des bioessais	3-4
3.4 Utilité de l'approche écotoxicologique	3-6
3.5 Utilité de la méthode de spéciation	3-5
3.6 Utilité du test d'élutriation	3-7
3.7 Nécessité de l'analyse de l'eau interstitielle	3-8
3.8 Risques de l'utilisation de matériaux de dragage contaminés pour la création d'habitats fauniques	3-9
3.9 Utilité des critères actuels de qualité des sédiments	3-11
3.10 Utilité des critères actuels de qualité de l'eau	3-12
3.11 Nouvelles orientations de la recherche	3-12
3.11.1 Mesure des effets à long terme	3-12

	<u>Page</u>
3.11.2 Elaboration de nouveaux critères de qualité des sédiments	3-13
3.11.2.1 Nécessité	3-13
3.11.2.2 Approche utilisée: répartition à l'équilibre	3-14
4.0 PROGRAMMES DE RECHERCHE PROPOSES	4-1
4.1 Orientations	4-1
4.2 Projets de recherche proposés	4-4
4.2.1 Projet de recherche no. 1	4-6
4.2.2 Projet de recherche no. 2	4-12
4.2.3 Projet de recherche no. 3	4-21
4.2.4 Projet de recherche no. 4	4-27
4.2.5 Projet de recherche no. 5	4-32
4.3 Autres projets de recherche complémentaires	4-40
5.0 METHODOLOGIE D'EVALUATION DES PROJETS	5-1
5.1 Cadre d'analyse	5-2
5.2 Utilisation du cadre logique	5-3
5.2.1 L'élaboration et la planification du projet	5-3
5.2.2 Exécution du projet	5-4
5.2.3 Achèvement du projet	5-5
5.3 Exécution	5-5
6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	6-1

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 1: Résumé des discussions lors de la rencontre d'un groupe d'experts en relargage de sédiments contaminés

ANNEXE 2: Synthèse de dépouillement des questionnaires

ANNEXE 3: Liste des personnes consultées

ANNEXE 4: Compte rendu de la conversation téléphonique avec le Dr. Christina Cowen

LISTE DES TABLEAUX

		<u>Page</u>
TABLEAU 4.1	Résumé des objectifs visés par Environnement Canada des programmes de recherche	4-5
TABLEAU 4.2	Liste des principales publications à consulter	4-29
TABLEAU 4.3	Grille d'interprétation de la zone de dilution	4-34
TABLEAU 5.1	Cadre logique pour l'évaluation des projets de recherche	5-7
TABLEAU 6.1	Récapitulation des résultats espérés et implications institutionnelles et budgétaires des programmes de recherche proposés	6-5

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 4.1 Illustration du concept d'aménagement d'habitats fauniques	4-15
FIGURE 4.2 Compartimentalisation d'une île pilote de plusieurs hectares	4-17
FIGURE 4.3 Exemple d'un logiciel possible de calcul de la zone de mélange	4-36

1.0 INTRODUCTION

1.1 Problématique

Au Québec, le fleuve Saint-Laurent et ses principaux tributaires font l'objet de travaux de dragage réguliers et souvent à grande échelle pour permettre la navigation commerciale et de plaisance. Par ailleurs, dans plusieurs tronçons du fleuve Saint-Laurent les sédiments de fond contiennent une grande variété de substances toxiques sous forme diverses, et souvent à des taux très élevés, ce qui rend certains projets de dragage problématiques.

Les principales préoccupations des projets de dragage sont reliées à la remise en circulation des sédiments au site de dragage même et au lieu de disposition des matériaux, soit en eau libre ou en milieu terrestre. Il en résulte une augmentation de la turbidité et une mise en solution et en suspension dans l'eau des contaminants qui risquent d'une part, d'affecter les ressources biophysiques et certaines activités humaines situées en aval et d'autre part, de se retrouver dans toute la chaîne alimentaire. De même, les modifications physiques de l'habitat aquatique risquent d'affecter éventuellement la faune benthique, ichthyenne, les mammifères aquatiques et semi-aquatiques et la faune avienne.

Depuis plusieurs années, beaucoup de chercheurs à travers le monde, et particulièrement aux Etats-Unis avec l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) et le U.S. Army Corps of Engineers, ont réalisé et poursuivent divers programmes de recherche pour comprendre le phénomène du relargage des contaminants associés aux sédiments et développer des outils analytiques permettant une évaluation adéquate des répercussions sur l'environnement des activités de dragage.

Ainsi entre 1973 et 1978, à travers un programme de recherche sur les matériaux de dragage (Dredged Material Research Program) au-delà de 250 organismes gouvernementaux, universitaires et privés ont réalisé pour le U.S. Army Corps of Engineers pour 32,8 millions de recherches conceptuelles, en laboratoire et sur le terrain. Les résultats de ces travaux sont rassemblés dans 23 rapports synthèses traitant des effets du dragage sur la qualité de l'eau et les ressources biologiques, des effets de leur disposition en eau libre, et en milieu terrestre et de développement des concepts pour l'utilisation et la mise en valeur des matériaux de dragage.

Depuis 1978, l'U.S. Army Corps of Engineers, en collaboration avec l'Agence de Protection de l'Environnement poursuit ses recherches sur les effets environnementaux des projets de dragage. Celles-ci sont centrées autour de trois thèmes principaux, soit:

- 1) le support technique pour le suivi des opérations de dragage;
- 2) les effets à long terme des opérations de dragage; et,
- 3) la vérification sur le terrain de méthodologies pour évaluer les alternatives de disposition des produits de dragage.

Ces études sont régulièrement présentées dans des rapports d'études ainsi que dans les bulletins d'échange d'informations publiés par le U.S. Army Corps of Engineers.

Les résultats de ces études et d'autres similaires ailleurs au monde sont également présentés lors des congrès internationaux, notamment ceux de l'Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation ou ceux tenus annuellement depuis 1974 entre les experts du Japon et des Etats-Unis, sur la gestion des sédiments de fonds contaminés (Management of Bottom Sediments Containing Toxic Substances, U.S./Japan Experts Meeting). En plus de présenter les aspects légaux et de faire le point sur les recherches reliées à l'évaluation et

à la protection de l'environnement marin, les sujets traités d'une façon plus spécifique à ces conférences, sont l'évaluation et la prédiction du comportement des éléments nutritifs, organiques et des contaminants dans les sédiments dragués, l'identification et l'évaluation des alternatives au dragage et leur disposition ainsi que les techniques de gestion les plus intéressantes à long terme pour les matériaux de dragage.

Au Canada, c'est à travers entre autres des études réalisées par le Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, des résultats de recherches effectuées sous les auspices du Fond de Recherche sur l'Immersion des Déchets en Mer, par la Commission Internationale sur les Grands Lacs, par certains instituts de recherche, comme l'Institut National de Recherche en Eau du Québec ou encore dans le cadre des études d'impacts de projets de dragage que nos connaissances sur les effets sur l'environnement, des contaminants présents dans les sédiments et les conséquences de leur remaniement se sont améliorées.

Bien que toutes ces recherches aient permis de répondre à plusieurs questions fondamentales, elles mettent à jour également les lacunes importantes dans la connaissance des mécanismes de transfert (dans l'eau et la chaîne alimentaire) des contaminants présents dans les sédiments, et sur l'inadéquation des critères usuels de mesure de la toxicité des sédiments de même que celle des méthodes d'analyse.

Une revue critique en ce sens a été récemment publiée par le service de la Protection de l'environnement d'Environnement Canada en regard de la problématique des activités de dragage (Rochon, R., 1985). En plus de présenter les diverses techniques habituellement utilisées dans les projets de dragage et leurs principales limitations, ce document présente une série de recommandations et dégage des priorités de recherche orientées principalement sur le fleuve Saint-Laurent.

Le mandat confié à ANDRE MARSAN & ASSOCIES INC. s'inscrit dans le cadre de cette problématique et de l'intérêt d'Environnement Canada manifesté depuis plusieurs années sur les effets environnementaux associés aux activités de dragage dans le fleuve Saint-Laurent. Le mandat vise à développer un programme de recherche afin de vérifier l'importance des échanges qui interviennent lors des activités de dragage entre les milieux eau - sédiments et les organismes.

1.2 Contenu du présent document

Après avoir présenté la problématique de cette étude dans le chapitre 1, les objectifs généraux et spécifiques recherchés par la direction générale de la région de Québec d'Environnement Canada dans le cadre de ce programme de recherche sont rappelés dans le chapitre 2. Ce chapitre présente également la méthodologie retenue par ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. pour l'élaboration de ce programme de recherche ainsi que les modifications apportées en cours d'étude.

Le chapitre 3 fait la synthèse de l'information recueillie suite à la revue bibliographique et à la consultation d'experts sur chacune des orientations de recherche proposée.

Les propositions des programmes de recherche sont présentées au chapitre 4 alors que le chapitre 5 propose une méthodologie d'évaluation permettant à Environnement Canada de gérer la réalisation de ce programme de recherche.

Les annexes 1, 2 et 3 détaillent pour leur part, l'information recueillie par les divers modes de consultation d'experts. Ainsi, l'annexe 1 présente le résumé de la réunion d'experts organisée dans les bureaux d'ANDRE MARSAN & ASSOCIES INC. L'annexe 2 détaille les résultats du dépouillement des quelques questionnaires reçus.

L'Annexe 3 présente la liste des différents récipiendaires du questionnaire, des experts invités à la réunion et de ceux contactés par téléphone.

Enfin, l'Annexe 4 présente le compte rendu d'une conversation téléphonique, avec le Dr. Cowen (Batelle), spécialiste des aspects techniques liés au développement des nouveaux critères d'évaluation de la qualité des sédiments.

2.0 OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

2.1 Objectifs

Selon les termes de référence énoncés par la Direction générale de la région du Québec d'Environnement Canada, le programme de recherche sur le phénomène de relargage associé aux activités de dragage et à celles qui lui sont reliées, se devait de comprendre des recherches qui avaient notamment les objectifs suivants:

- . déterminer dans quelle mesure la manipulation de matériaux contaminés libère (ou favorise la désorption) des contaminants dans la colonne d'eau;
- . déterminer dans quelle mesure la manipulation de matériaux contaminés entraîne des modifications des polluants, les rendant plus accessibles aux organismes du milieu;
- . déterminer dans quelle mesure la méthode dite de spéciation peut être utile pour évaluer la fraction disponible et/ou biodisponible des polluants;
- . déterminer dans quelle mesure l'approche écotoxicologique développée par le SPE, applicable aux effluents industriels, peut déceler les effets (sur les organismes) du dragage de matériaux de fonds contaminés et quelles modifications pourraient en élargir le domaine d'application;
- . déterminer dans quelle mesure un matériau contaminé, situé au fond d'un cours d'eau, représente un danger potentiel à court, moyen ou long terme; et quelles conditions physico-chimiques peuvent restreindre ou augmenter la désorption des polluants qu'il contient;

- . déterminer dans quelle mesure la création d'habitats fauniques, à partir de matériaux contaminés, risque d'entraîner des effets négatifs importants sur la faune, notamment sur la faune avienne;
- . déterminer dans quelle mesure les critères d'évaluation de la qualité des matériaux d'excavation, utilisés au Canada (Québec et Ontario), sont aptes à permettre une gestion rationnelle des matériaux à excaver.

2.2 Méthodologie

La méthodologie utilisée pour les besoins de l'étude est une version modifiée de la méthodologie proposée dans l'offre de service. En effet, il a fallu y apporter certains changements pour tenir compte des aléas survenus, notamment le retard de l'envoi du questionnaire, et du faible nombre de répondants.

2.2.1 Etape 1: Revue bibliographique

Cette étape consistait à faire le point sur l'état des connaissances en la matière. Sa réalisation a impliqué une revue de la bibliographie récente en regard des objectifs de recherche souhaités.

Tout au long de l'étude, beaucoup de documents, souvent non encore publiés, nous sont parvenus traitant des recherches actuellement en cours. Ces documents ont été analysés et une partie de ceux-ci a été synthétisée dans le cadre du présent rapport.

2.2.2 Etape 2: Elaboration du questionnaire

Comme le programme de recherche qui devait être développé dans le cadre de la présente étude se devait de refléter les opinions des spécialistes et de la communauté scientifique concernés, l'envoi d'un

questionnaire est apparu au départ comme la méthode de consultation la plus appropriée, compte tenu de l'échéancier et du budget alloué.

Ce questionnaire devait non seulement permettre une consultation plus large auprès des chercheurs et spécialistes, mais aussi faire le point sur l'état des connaissances tout en fournissant de précieuses informations sur les résultats des recherches déjà réalisées et ceux attendus des recherches en cours.

Ce questionnaire visait aussi à suggérer les avenues de recherches les plus prioritaires sur la compréhension des mécanismes de relargage et, en conséquence, à fournir de meilleurs outils pour évaluer leurs effets sur l'environnement.

Après avoir fait l'objet de plusieurs révisions pour tenir compte des commentaires des personnes ressources d'Environnement Canada, ce questionnaire intitulé "Evaluation du relargage de polluants suite aux activités de dragage", a été envoyé à 39 scientifiques américains et canadiens (Annexe 4), couvrant les divers aspects de l'investigation. Les différents sujets suivants ont fait l'objet de questions:

- analyses physiques du sédiment;
- analyses chimiques du sédiment;
- analyses biologiques du sédiment (bioessais);
- l'approche écotoxicologique;
- critères d'évaluation;
- mécanismes contrôlant l'évolution dans l'environnement aquatique des polluants du sédiment;
- suivi environnemental;
- protection, développement et création d'habitats.

Sur les 39 questionnaires envoyés, trois (3) ont été retournés car les destinataires avaient changé d'adresse, une (1) personne a fait savoir qu'elle ne répondrait pas, huit (8) spécialistes ont répondu et les autres (30) ont fait savoir, lors de rappels téléphoniques, qu'ils allaient faire parvenir le document dûment complété sous peu. Malheureusement, seulement trois (3) autres questionnaires nous sont parvenus par la suite.

2.2.3 Etape 3: Réunion d'experts

Initialement, la méthodologie proposée prévoyait l'élaboration d'un programme préliminaire de recherche avec un nombre limité d'experts, sur la base des réponses aux questionnaires reçus.

Vu les difficultés et retards rencontrés lors de l'élaboration du questionnaire et pour tenter de respecter l'échéancier, il a été décidé de modifier la méthodologie en conséquence, en accord avec les représentants d'Environnement Canada.

Ainsi, sans attendre la réponse aux questionnaires, une réunion d'experts a été parallèlement organisée. Cette réunion d'un groupe limité d'experts visait à faire le point sur les connaissances acquises lors de programmes de recherche antérieurs et celles attendues des recherches en cours sur les activités reliées au dragage. Cette réunion visait aussi à bénéficier de l'expérience, pertinente au dossier de dragage, des différents spécialistes invités.

Enfin cette réunion a permis d'identifier certaines personnes ressources qui ont été ensuite consultées par téléphone.

2.2.4 Etape 4: Elaboration du programme de recherche

Sur la base de l'information recueillie lors de la réunion des experts et du dépouillement des questionnaires reçus et sur une analyse de la littérature la plus récente sur les différents sujets à traiter, le présent programme de recherche a été préparé.

Les différentes propositions de recherche présentées tiennent compte de certains commentaires des représentants d'Environnement Canada suite au dépôt du rapport préliminaire. D'autres furent l'objet de réponses favorables de certains spécialistes américains suite à des consultations téléphoniques.

3.0 SYNTHESE DE L'INFORMATION RECUEILLIE

La présente section a pour but de résumer l'information recueillie auprès de spécialistes à l'aide de questionnaires et lors de la réunion du groupe d'experts et/ou encore directement par consultation téléphonique. Cette section présente également l'information obtenue à partir d'une revue bibliographique de documents récemment publiés ou en voie de l'être, sur les différents sujets de recherche à traiter.

3.1 Mécanismes de relargage

Dans les sédiments non-perturbés, les métaux et autres substances toxiques peuvent exister sous plusieurs formes plus ou moins stables, ils peuvent être liés à la matière organique, aux sulfures, aux oxydes métalliques etc...

Lors des activités de dragage, le brassage des sédiments peut remettre en circulation des métaux toxiques mais engendre également la formation d'oxydes hydratés de fer et de manganèse qui entraîne un captage important et rapide des métaux dans l'eau interstitielle et dans la colonne d'eau. Ce phénomène expliquerait pourquoi on retrouve parfois moins de métaux en traces dans la colonne d'eau après un dragage qu'avant la réalisation des travaux (Baumgartner et al., 1978; Blom et al., 1976; Brannon et al., 1974 et 1978; Chen et al., 1976; Jones et Lee, 1978; Lee et Mariani, 1977, Peddicord et McFarland, 1978; Wyeth et Sweeney, 1978, cités dans Rochon, 1984 et Burks et Engler, 1978).

En ce qui concerne la libération des métaux dans la colonne d'eau, suite à la disposition des résidus en eau libre, Lee et al., (1976), cités dans Piette, Audy, Bertrand, Lemieux et Associés (1984), rapportant des expériences sur des sédiments dragués un peu partout aux

Etats-Unis, indiquaient que seul le manganèse était relargué de façon significative et que les autres métaux étaient, soit rapidement réabsorbés par les matériaux particuliers, soit relargués en très faibles quantités.

Selon Burks et Engler (1978), des niveaux toxiques de métaux lourds peuvent possiblement être relâchés immédiatement après la disposition en eau libre de matériaux dragués, mais les niveaux devraient diminuer en quelques heures sous les concentrations considérées comme toxiques à cause de la dilution et de l'absorption sur les oxydes de fer hydratés. Fulk et al., (1975), cités dans Burks et Engler (1978), indiquaient que le transfert des composés organochlorés des sédiments à la colonne d'eau durant les activités de dragage et de disposition des matériaux contaminés n'est pas significatif, surtout si l'on considère les rapports sédiments-eau généralement observés lors de telles opérations.

3.2 Effets sur les organismes aquatiques

Peu d'études menées en laboratoire à partir de la fraction liquide ou en suspension de tests d'élutriation ont démontré des effets létaux ou sublétaux sur les organismes utilisés, bien que les études simulent souvent les pires conditions d'exposition étant donné que le facteur de dilution, la durée et l'intermittence des rejets ne sont pas pris en considération (Brannon, 1978; Flint et Horefire, 1978; Hoke et Prater, 1980; Jones et Lee, 1978; Laskowski-Hoke et Prater, 1981; Shuba et al., 1978; Suster et al., 1977, cités dans Rochon, 1984).

Selon Allen et Hardy (1980), Levings (1983) et Suster et al., (1977), cités dans Rochon (1984), peu nombreuses sont les observations effectuées directement sur le terrain concernant les effets toxiques aigus dans la colonne d'eau ou près de la surface des sédiments lors des activités de dragage et de rejet en eaux libres. Lors d'expériences menées sur

des crustacés et des poissons mis dans une cage à proximité de l'aire de dragage, on a constaté que le taux de mortalité et l'accumulation des métaux étaient plus ou moins prononcés par rapport aux témoins; à noter que si les poissons avaient été en liberté, il est probable qu'ils auraient fui la zone à proximité du cône de dispersion des sédiments.

Peddicord et al., (1978), cités dans Piette, Audy, Bertrand, Lemieux et Associés, 1984 conclut que l'accumulation des contaminants dans les tissus des organismes aquatiques semble être l'exception plutôt que la règle. Cette accumulation a été observée dans moins de 25% des cas analysés et les concentrations retrouvées étaient seulement un peu supérieures à celles analysées dans les tissus des animaux témoins.

Dans le même ordre d'idée, Bernard (1978), également cité dans Piette, Audy, Bertrand, Lemieux et Associés (1984), concluait que: malgré le nombre important de métaux, d'éléments nutritifs et de composés organo-chlorés habituellement associés aux sédiments fins et à la fraction organique, la mise en disponibilité de ces constituants chimiques durant et après le dragage n'est pas assez significative pour entraîner des répercussions sur le milieu biologique.

Par ailleurs, Shuba et al., (1978), cités dans Rochon (1984), ont effectué plusieurs bioessais où de nombreux invertébrés ont été exposés à des sédiments fortement pollués provenant de différentes sources aux Etats-Unis, et prélevés aussi bien en eau douce qu'en milieu marin. Ils ont aussi procédé à des tests d'élutriation et à l'exposition des organismes à la fraction solide, liquide et en suspension. Un seul échantillon s'est avéré toxique pour la majorité des organismes exposés. La plupart des sédiments se sont avérés non toxiques en dépit de fortes teneurs en polluants.

Par contre, Burks et Engler (1978), notaient que ces composés pourraient avoir des effets adverses à long terme sur les organismes benthiques tentant de recoloniser les nouveaux sédiments. Les composés toxiques (métaux et composés organiques polaires et non-polaires) peuvent ainsi s'insérer dans la chaîne et, par le phénomène de bioaccumulation, causer également des effets létaux ou sublétaux chez les organismes aquatiques de niveaux trophiques supérieurs.

3.3 Utilité des bioessais

Toutes les personnes consultées sont d'avis que les bioessais devraient être poursuivis et améliorés, afin de mieux apprécier les effets adverses ou non des contaminants présents dans les sédiments.

Jusqu'à présent, on s'est attardé aux bioessais de courte durée. Tous les répondants reconnaissent la nécessité d'effectuer des bioessais qui montreront les effets des contaminants à long terme. Seuls les bioessais réalisés sur un cycle complet de la vie des organismes soumis aux contaminants des sédiments permettront de mesurer leurs effets à long terme.

Quoiqu'imparfaits, les bioessais constituent la meilleure approche disponible à l'heure actuelle pour évaluer les effets toxiques des contaminants des sédiments.

L'évaluation de la bioaccumulation prend toute son importance à l'égard de la consommation humaine d'organismes ayant été en contact avec les sédiments contaminés. De ce point de vue, des recherches sur la biodisponibilité et la bioaccumulation seraient justifiées.

Lors d'un récent atelier de travail, sur les méthodologies des bioessais reliées aux activités de dragage en eau douce, organisé par le U.S. Army

Corps of Engineers, il y a eu un fort consensus à l'effet que les bioessais sur la phase liquide pouvait être abandonnés dans la majorité des cas et que les essais sur la phase solide devaient être poursuivis (Dillon et Gibson, 1986). Selon les promoteurs des bioessais, les méthodologies sont standardisées et les effets létaux, sublétaux et chroniques peuvent être évalués.

L'avantage des bioessais, par rapport aux analyses chimiques, est qu'ils permettent de déterminer les effets globaux des sédiments sur les organismes aquatiques, y compris les effets antagonistes ou synergiques (effets infra - ou supra - additifs) (Rochon, 1984).

Les principales limitations des bioessais sont les suivantes:

- . interprétation des résultats difficile à cause de l'utilisation d'organismes de laboratoire différents de ceux présents dans le milieu;
- . ils sont difficiles à réaliser, demandent beaucoup de temps et sont très coûteux à cause de l'utilisation d'une matrice d'organismes et de nombreux contrôles;
- . ils doivent être réalisés en complémentarité avec des analyses chimiques si l'on veut déterminer les contaminants responsables des effets observés; et,
- . l'interprétation est aussi délicate à cause du fait qu'ils sont réalisés en laboratoire dans des conditions bien spécifiques plutôt que sur le terrain.

Cependant, selon un spécialiste consulté, il faudrait, pour améliorer l'application des bioessais aux projets de dragage, identifier des organismes - tests appropriés pour évaluer la toxicité des différentes

phases. Il faudrait également développer des tests de toxicité chronique car la plupart des bioessais sur les invertébrés n'ont pas démontré de toxicité aigüe.

3.4 Utilité de l'approche écotoxicologique

L'approche écotoxicologique développée par le service de la Protection de l'environnement d'Environnement Canada (SPE) est controversée.

Certains la jugent intéressante d'autres la réfutent car son utilité est jugée extrêmement limitée. Pour le moment, il ne semble pas qu'elle puisse évaluer l'intensité de la libération de contaminants lors du dragage.

Pour ce faire, elle devrait tenir compte des différentes voies de contamination (directe avec la phase dissoute et trophique, avec les phases en suspension et solide).

3.5 Utilité de la méthode de spéciation

A l'occasion d'un atelier de travail, organisé par Environnement Canada (1985), sur le dragage, tenu à Québec, le 13 mars 1985, il fut mentionné que la méthode de spéciation des métaux permettait une meilleure compréhension des mécanismes d'échanges entre l'eau, les sédiments et les organismes vivants et constituait un outil pour développer la recherche sur les effets à long terme d'une remise en disponibilité de contaminants dans le milieu. Elle ne pouvait toutefois pas être utilisée pour prédire les impacts à court terme d'un projet de dragage dans le milieu aquatique.

Selon l'avis de la plupart des répondants, cette méthode ne serait guère utile car elle ne peut donner, à elle seule, d'information sur la fraction biodisponible. Elle permet, selon eux, d'identifier et non de mesurer les fractions de métaux accessibles aux organismes.

Cependant, pour certains, cette analyse est essentielle pour prédire la disponibilité des métaux pour les organismes et l'information obtenue justifie les complications et les coûts associés à cette analyse.

3.6 Utilité du test d'élutriation

Le test d'élutriation est plus valable que l'analyse des concentrations totales si l'on s'intéresse à la libération des contaminants à court terme. Pour les polluants peu solubles dans l'eau comme les BPC, ce test ne serait guère très utile car les volumes d'eau nécessaires à l'élutriation seraient trop considérables.

L'interprétation biologique de ce type de test nécessite le suivi des effets du dragage à long terme, si l'on veut évaluer les effets des contaminants sur les organismes. Elle est compliquée du fait qu'on ignore les effets synergiques et d'antagonismes possibles entre les différents contaminants. L'interprétation biologique du test est d'autant plus ardue que les tolérances des organismes vis-à-vis des polluants sont souvent inconnues.

Selon la littérature et certaines personnes ressources consultées, il est impératif que l'interprétation des tests d'élutriation doit prendre en compte l'effet de dilution aux sites d'extraction et de dépôt calculé à l'aide de modèles hydrodynamiques ou tout au moins estimé par des équations empiriques.

D'autre part, pour l'interprétation des effets sur la colonne d'eau, certains experts proposent d'utiliser des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique, basée sur la toxicité aiguë (court terme) plutôt que sur les effets chroniques (long terme). L'utilisation de critères de qualité de l'eau basés sur la toxicité

aigüe se justifie par le fait que le dragage produit des perturbations de courte durée. Les organismes aquatiques sont donc soumis à l'action des polluants des sédiments contaminés pendant un temps relativement court. Les effets observés sur les organismes aquatiques étudiés correspondent ainsi à la toxicité aigüe des différents contaminants.

3.7 Nécessité de l'analyse de l'eau interstitielle

L'eau interstitielle constitue un réservoir de contaminants dissous du sédiment et est donc une source potentielle et immédiate de contaminants lors du dragage.

Cependant selon Jenne et al., (1986), les échanges entre l'eau interstitielle et le milieu environnant sont le résultat de réactions lentes et continues de processus de sorption et désorption plutôt qu'un état d'équilibre rapide de sorption et désorption.

Quant à la valeur pratique de l'information obtenue via l'analyse de l'eau interstitielle, les avis diffèrent beaucoup et les opinions divergent également quant au choix de la meilleure méthode de récolte de cette eau.

Cette analyse n'apparaît pas justifiée pour M. Peddicord. Ce dernier considère que l'absorption des contaminants pour la plupart des organismes aquatiques filtreurs, est beaucoup plus liée à la qualité de la colonne d'eau qu'à celle de l'eau interstitielle.

Par ailleurs, certaines recherches sont actuellement en cours sur les sédiments contaminés basées sur la théorie de la répartition à l'équilibre en s'appuyant sur les lois de la thermodynamique lesquelles tentent de prendre en compte les échanges entre les sédiments, l'eau interstitielle pour la toxicité des sédiments. Ces recherches seront présentées plus loin.

3.8 Risques de l'utilisation de matériaux de dragage contaminés pour la création d'habitats fauniques

En regard des risques associés à l'utilisation de matériaux de dragage contaminés pour la création d'habitats fauniques, certains travaux dont ceux de Gambell et al., (1978) permettent de dégager quelques conclusions sur les effets potentiels des divers contaminants sur la faune. Ces travaux furent synthétisés dans Piette, Audy, Bertrand, Lemieux et Associés (1984).

Plus récemment, dans un ouvrage synthèse portant sur la mise en valeur des matériaux de dragage, Landin (1986) a également discuté des risques potentiels pour la faune.

Selon une spécialiste américaine de l'U.S. Army Corps of Engineers qui a répondu au questionnaire, les matériaux de dragage même contaminés peuvent être utilisés avec succès pour la création d'habitats fauniques, dépendant du niveau et du type de contamination.

Les matériaux de dragage contaminés furent souvent utilisés dans les Grands Lacs, soit en partie par accident quand les oiseaux les utilisaient comme aire de nidification ou soit volontairement, tel l'aménagement du site de la Pointe Mouillée, dans l'ouest du Lac Erié.

Dans les sites confinés, le potentiel de toxicité dû au botulisme sur la sauvagine est souvent d'un plus grand danger que les contaminants associés à la création de marécages à partir de matériaux de dragage contaminés. Bien que l'utilisation de matériaux sains soit préférable, des sédiments faiblement ou moyennement contaminés furent utilisés avec succès pour le développement de marécages dans les Grands Lacs et ailleurs aux Etats-Unis.

Selon cette même spécialiste, des techniques adéquates de mesure de la mobilité des contaminants vers le milieu et les organismes ont été développées pour évaluer les dangers potentiels associés à la création d'habitats à partir de matériaux de dragage contaminés. Plusieurs sites construits au début des années 1970 furent l'objet de suivis environnementaux pendant 10 à 12 ans.

Par ailleurs, il est possible de faire certaines recommandations pour l'aménagement de ces sites, à savoir:

- 1) que les sédiments conservés saturés d'eau causent rarement une bioaccumulation dans la chaîne alimentaire suite au relargage de contaminants;
- 2) que les matériaux de dragage de texture grossière (sable et gravier) sont généralement libres ou presque de contaminants peu de temps après leur dépôt dans le site;
- 3) que plus le pourcentage d'argile et de limon est élevé, plus il est probable que les contaminants resteront dans le sol et l'eau pour de longues périodes de temps;
- 4) que les matériaux de dragage oxygénés en milieu terrestre tendent à permettre un plus grand transport de contaminants dans les plantes et en conséquence à entraîner potentiellement une plus grande bioaccumulation que les marécages aménagés à partir de ces mêmes matériaux de dragage.

3.9 Utilité des critères actuels de qualité des sédiments

Les différents organismes gouvernementaux responsables de la protection des écosystèmes aquatiques, telles que l'Environmental Protection Agency (EPA), des Etats-Unis et le service de la Protection de l'Environnement (SPE) d'Environnement Canada, sont conscients de la faiblesse des critères usuels de qualité des sédiments pour assurer la protection des organismes aquatiques en relation avec les activités de dragage.

En effet, il est maintenant généralement admis que les critères de qualité basés sur la teneur totale des sédiments en polluants sont des estimateurs inadéquats de la toxicité car ils ne renseignent pas sur la disponibilité pour les organismes aquatiques (Lee, 1976, cité dans Rochon, 1984; Jenne et al., 1986).

Selon l'EPA (1985), les principales lacunes des critères actuels de qualité des sédiments sont:

- . ces critères d'acceptabilité ne sont basés sur aucune étude de toxicité ou de bioaccumulation et évitent l'établissement de seuils de concentrations pour lesquelles il n'y a pas d'effets sur les organismes aquatiques;
- . ces critères, souvent basés sur les concentrations naturelles des métaux ou autres substances, ne permettent pas l'établissement de critères "nationaux" pouvant être appliqués à la grandeur du pays;
- . les critères résultants sont beaucoup trop conservateurs et sont souvent au seuil de détection des méthodes analytiques pour les contaminants organiques d'origine anthropogénique.

3.10 Utilité des critères actuels de qualité de l'eau

L'utilisation des critères actuels de qualité de l'eau dans la gestion de sédiments contaminés est basée sur l'hypothèse selon laquelle les critères de qualité de l'eau et les expériences en laboratoire qui ont servi à leur élaboration, sont directement applicables à la qualité des eaux interstitielles. Cette approche a trois principales lacunes:

- . elle n'est applicable que pour les substances toxiques pour lesquelles des critères de qualité de l'eau sont proposés;
- . elle ne tient pas compte de la source potentielle de contamination que représente l'ingestion directe des particules de sédiment;
- . les méthodologies d'échantillonnage et d'analyse des eaux interstitielles ne sont pas encore au point pour toutes les substances et n'ont pas encore été standardisées (EPA, 1985 et Jenne et al., 1986).

3.11 Nouvelles orientations de la recherche

3.11.1 Mesure des effets à long terme

La revue de la littérature concernant le relargage des substances toxiques lors des activités de dragage, les réponses obtenues au questionnaire expédié à la communauté scientifique et les commentaires recueillis lors de la réunion d'experts, ayant eu lieu dans nos bureaux, indiquent tous que les conséquences environnementales lors des activités de dragage sont généralement minimales et que la recherche doit être orientée vers les impacts susceptibles d'être observés à long terme au site de disposition.

Ce changement de priorité a été aussi souligné par Rochon (1984) qui recommandait qu'une attention plus grande soit apportée aux effets à long terme des projets de dragage.

Aux Etats-Unis, pour l'Agence de Protection de l'Environnement et le U.S. Army Corps of Engineers, l'effort de leurs programmes de recherche dans les dernières années a surtout porté sur les effets à long terme de la disposition en milieu aquatique et sur la compréhension des mécanismes de relargage.

3.11.2 Elaboration de nouveaux critères de qualité des sédiments

3.11.2.1 Nécessité

Reconnaissant les lacunes des trois approches traditionnelles (concentration des teneurs naturelles des contaminants, critères de qualité de l'eau et bioessais) et les risques à long terme que représentent les sédiments contaminés pour les organismes aquatiques (par contact direct ou par la bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire), l'EPA est engagé dans le processus de développement de critères de qualité des sédiments basés sur les effets à long terme.

Lors d'un atelier de travail organisé par la "Criteria and Standards Division" de l'EPA, il a été convenu que les critères de qualité recherchés devaient être applicables à tous les types de sédiments susceptibles d'être rencontrés (types de matériaux, type de contaminants, environnement physico-chimique, etc) dans les lacs, les rivières et les estuaires (EPA, 1985).

Ces critères de qualité permettront, en premier lieu, de déterminer si les matériaux de dragage sont de qualité acceptable pour leur disposition en eau libre. Leur champ d'application s'étendra, de plus,

aux activités suivantes: l'identification et la classification des sédiments contaminés, la répartition de la dégradation des milieux selon les différents pollueurs, la détermination des charges permises de sources industrielles, municipales ou agricoles, l'obtention de permis et enfin, l'évaluation de la dégradation des sites où de telles charges sont permises.

3.11.2.2 Approche utilisée: répartition à l'équilibre

A) Principe

L'approche choisie par l'EPA pour développer leurs critères de qualité des sédiments est celle de l'approche de la répartition à l'équilibre ou "Equilibrium Partitioning".

Le développement de la méthode de la répartition à l'équilibre est basé sur trois observations expérimentales tirées de la littérature traitant de la biodisponibilité et la toxicité des métaux et des composés organiques:

- . des relations significatives ont été obtenues entre la concentration de métaux dissous et la toxicité pour les organismes aquatiques et la bioaccumulation (Jenne et Luoma, 1977, cités dans Jenne et al., 1986);
- . les concentrations relatives des métaux dans les organismes benthiques sont interprétables selon la quantité de métaux extractibles ("desorbable") des sédiments et les quantités d'absorbants présents (Luoma et Bryan, 1978, cités dans Jenne et al., 1986); et,

- . dans les systèmes sédiments-eau, l'accumulation des composés organiques hydrophobes par les organismes aquatiques dépend de: premièrement, du coefficient de répartition octanol-eau; deuxièmement, du contenu en carbone organique du sédiment; et troisièmement, de la concentration du composé organique dans la phase aqueuse (Karickhoff et Morris (en préparation), cités dans Jenne et al., 1986).

Cette approche est basée sur la théorie de la répartition à l'équilibre qui s'appuie sur les lois de la thermodynamique. Elle est basée sur l'hypothèse selon laquelle les métaux et autres substances toxiques liés (absorbés) sont en équilibre avec l'eau interstitielle et que l'activité thermodynamique des substances dissoutes est le meilleur estimatif de la toxicité potentielle du système sédiment-eau.

Bien que cette approche soit encore au stade de la recherche, elle montre d'intéressantes possibilités, dont l'une des principales est qu'elle tient compte des caractéristiques physico-chimiques et environnementales des sédiments de sorte qu'elle pourra être appliquée à toutes les conditions possibles, à l'échelle du pays. Une fois les critères développés, la mesure de la qualité des sédiments sera peu coûteuse car elle ne nécessitera que la concentration des substances toxiques dans les sédiments et la détermination de certains paramètres physico-chimiques qui permettront l'adaptation à toutes les conditions. Son développement permettra aussi de comprendre les mécanismes de relargage des substances toxiques à long terme. De plus, elle tient compte des trois phases habituellement étudiées: la phase liquide, en suspension et solide (considérées en équilibre).

Il a déjà été mentionné que la concentration totale des substances toxiques dans les sédiments n'indique pas la toxicité des sédiments car elle ne fait pas la répartition des proportions dissoutes, absorbées aux sédiments ou aux carbonates, ou liés aux oxydes métalliques ou aux matières organiques particulières.

L'approche de la répartition à l'équilibre permet de déterminer l'activité des métaux et autres substances toxiques en solution plutôt que leurs concentrations dissoutes totales. En résumé, des coefficients de répartition à l'équilibre sédiment-eau sont évalués pour les différents contaminants. Ces coefficients sont déterminés à l'aide des coefficients de répartition octanol-eau. La fraction des concentrations dans les eaux interstitielles est mise en relation avec les critères existants de la qualité de l'eau. Cette approche permet l'utilisation des quantités importantes de données toxicologiques à partir desquelles les critères de qualité de l'eau ont été développés. En fait, le coefficient de répartition à l'équilibre est multiplié par le critère de qualité de l'eau pour déterminer la concentration maximale acceptable du contaminant en question dans un sédiment donné.

Une méthodologie permettant l'établissement de critères de qualité des eaux interstitielles pour les contaminants dont il n'existe pas encore de norme de qualité dans l'eau, est aussi en voie de développement (Environmental Protection Agency, 1985).

Afin d'obtenir une concentration maximale acceptable d'un contaminant dans les sédiments qui tienne compte des différentes conditions environnementales de chaque site spécifique, les variables physico-chimiques qui influencent le processus de répartition sont utilisées pour "normaliser" les coefficients de répartition.

B) Techniques de normalisation

L'approche de la répartition à l'équilibre nécessite donc le développement d'une technique de normalisation. Les différents contaminants retrouvés dans les sédiments ont été subdivisés en trois catégories: les composés organiques non-polaires, les métaux et les composés organiques polaires. Cette subdivision est basée sur les paramètres physico-chimiques qui permettent de normaliser les coefficients de répartition.

- les composés organiques non-polaires

Pour cette catégorie de contaminants, les coefficients seraient normalisés en fonction du contenu en carbone organique. Selon les dernières recherches réalisées par l'EPA (Kadeg et al., 1986), le principal facteur contrôlant la répartition sédiment-eau des composés organiques non-polaires serait le contenu en carbone organique des sédiments.

- les métaux

Selon Jenne et al., (1986), les principaux paramètres contrôlant la répartition des métaux dans les sédiments seraient les matières organiques particulières et les oxydes de fer et de manganèse. Les coefficients de répartition pourraient donc, dans le cas des métaux, être normalisés à l'aide de ces derniers paramètres.

- les composés organiques polaires

La technique de normalisation des coefficients de répartition des composés organiques polaires est encore au stade théorique. Les variables contrôlant les mécanismes d'absorption ne sont pas encore connues avec certitude, mais pourraient inclure les paramètres

suivants: capacités d'échange cationique ou anionique, la densité des charges de surface, la fraction ionique en fonction du pH et d'autres propriétés des complexes polaires. Des recherches sont prévues à cet effet.

C) Critères de qualité des sédiments reliés aux teneurs maximales acceptables pour la consommation humaine

Pour chaque catégorie de contaminants, l'EPA est en voie de développer des critères de qualité de sédiments du point de vue de la toxicité pour les organismes aquatiques, mais aussi du point de vue des concentrations maximales acceptables dans la chair des poissons pour la consommation humaine (Environmental Protection Agency, 1985).

Dans le cas des contaminants pour lesquels des teneurs maximales acceptables pour la consommation humaine existent déjà, les concentrations permises dans les sédiments sont rétro-calculées en prenant comme hypothèse que les teneurs dans un poisson sont thermodynamiquement égales aux teneurs dans sa proie après normalisation pour les teneurs en lipides des deux espèces. La concentration résultante est égale à la concentration normalisée du sédiment qui causerait la teneur maximale acceptable pour la consommation humaine dans le poisson. Cette approche sous-entend que le système (poisson, nourriture, sédiment) est en équilibre et que la principale source de contamination pour le poisson provient du sédiment par l'intermédiaire de l'absorption de l'eau interstitielle par les proies.

Dans le cas des contaminants pour lesquels il n'existe pas de teneurs maximales acceptables pour la consommation humaine. L'approche proposée fait intervenir les critères de qualité de l'eau, l'approche de la répartition à l'équilibre et les fractions réciproques des teneurs en lipides des organismes. L'hypothèse de base est encore que tout le système est en équilibre.

D) Lacunes actuelles de l'approche de la répartition à l'équilibre

La nouvelle approche préconisée par l'EPA est basée sur les recherches les plus récentes ayant été réalisées aux Etats-Unis. Cette approche est en voie de réalisation et présente à l'heure actuelle, plusieurs lacunes devant faire l'objet de recherches supplémentaires (Kadeg et al., 1986):

- . elle nécessite des critères de qualité de l'eau pour tous les contaminants, alors que de tels critères ne sont pas encore disponibles pour plusieurs composés organiques;
- . elle nécessite la compréhension des phénomènes contrôlant la répartition à l'équilibre du système sédiment-eau;
- . les études supplémentaires devront confirmer le choix des paramètres physico-chimiques utilisés pour normaliser les coefficients de répartition à l'équilibre des métaux et des composés organiques non-polaires;
- . des études supplémentaires sur le terrain seront nécessaires pour vérifier les effets toxicologiques des concentrations maximales acceptables dans les sédiments qui ont déjà été proposées pour les composés organiques non-polaires;
- . une revue de la littérature, des expériences en laboratoire et des recherches fondamentales seront nécessaires pour déterminer les variables environnementales contrôlant la répartition à l'équilibre des composés organiques polaires dans le système sédiment-eau;

- . des études supplémentaires seront nécessaires pour valider l'élaboration des concentrations maximales acceptables des contaminants dans les sédiments entraînant des teneurs dans les poissons acceptables pour la consommation humaine;
- . les techniques de bioessais réalisées à l'aide de la phase solide devront être mises au point et standardisées.

E) Recherches en cours

Des programmes de recherche parrainés par l'EPA et le U.S. Corps of Engineers sont actuellement en cours pour palier à toutes ces lacunes.

A titre d'exemple, les chercheurs suivants travaillent au développement des critères de qualité des sédiments pour l'EPA: Everett A. Jenne (Batelle, Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington 99352), Dominic M. Ditoro (Manhattan College, Bronx, New-York 10471), Herbert E. Allen (Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania 19104) et Christopher S. Zarba (EPA, Washington, D.C. 20460).

4.0 PROGRAMMES DE RECHERCHE PROPOSES

4.1 Orientations

Comme mentionné dans l'introduction (chapitre 1), de nombreuses recherches échelonnées sur une quinzaine d'années furent consacrées à l'évaluation des impacts des projets de dragage sur l'environnement, tant au site même de l'extraction qu'au site de disposition en eau libre ou en milieu terrestre.

En cours d'étude, les recherches ont démontré que certaines analyses chimiques (ex. analyses des concentrations totales) ainsi que les critères usuels d'appréciation de la qualité des sédiments et de l'eau ne traduisaient pas toujours les effets réels sur l'environnement, en particulier au niveau de leur biodisponibilité pour les organismes aquatiques.

Pour combler ces lacunes, d'autres analyses chimiques plus sophistiquées furent développées pour comprendre les mécanismes de relargage (test de fractionnement), ou pour qu'elles soient spécialement adaptées au projet de dragage (test d'élutriation). Dans plusieurs cas, ces analyses ont été développées en parallèle avec des analyses biologiques (bioessais) plus ou moins compliquées afin de quantifier les risques de toxicité à court terme et de bioaccumulation à long terme sur les plantes et les organismes sensibles.

Plusieurs programmes de recherche⁽¹⁾ se poursuivent encore, en particulier ceux du U.S. Army Corps of Engineers, en continuité du vaste programme de recherche "Dredged Material Research Program (DMRP)" finalisé en 1978.

(1) Ces programmes de recherche sont régulièrement publiés par l'EPA et le U.S. Army Corps of Engineers, soit sous forme de notes techniques, de bulletin d'échange d'information ou encore dans des rapports, facilement accessibles.

Ces programmes furent établis pour comprendre les effets à long terme des projets de dragage ("Long-term Effects of Dredging Operation (LEDO)" ou pour faire le suivi des projets "Fields Verification Program (FVP)", en collaboration avec l'Agence de protection de l'Environnement (EPA), ou dans le cadre des études de restauration de sites contaminés ("Superfund Remedial Action").

Considérant que ces agences disposent déjà de laboratoires très bien équipés, de nombreux chercheurs dans tous les domaines, et en particulier, de budgets de recherche très importants, la compagnie ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. ne croit pas à l'opportunité de refaire des recherches fondamentales au niveau de la compréhension des mécanismes de relargage, et du développement de nouvelles méthodes d'analyses chimiques et biologiques.

Toutefois, même si on ne recommande pas, dans le cadre de la présente étude, de projet de recherche fondamentale sur les mécanismes de relargage, il serait souhaitable qu'Environnement Canada maintienne un suivi systématique des principales publications à ce sujet, notamment celles de l'EPA, et des personnes consultées par ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC..

Les personnes consultées, notamment les Dr. Allen, Cowen, Di Toro, McFarland, Mac Kay, Landin, Peddicord et Zarba ont émis le souhait d'être tenus au courant des orientations et des décisions prises par Environnement Canada concernant son programme de recherche. On suggère conséquemment à Environnement Canada de maintenir le contact avec ces personnes qui souhaiteraient une relation plus étroite et un échange d'informations.

Ce jugement est basé d'une part sur la réponse des questionnaires et sur les commentaires recueillis lors de la réunion d'experts qui a eu lieu le 27 février à nos bureaux et lors des conversations téléphoniques.

D'autre part, le type de recherche fondamentale requiert la présence de laboratoires spécialisés que l'on ne retrouve pas au niveau des secteurs privés et des universités, mis à part le niveau gouvernemental.

A notre avis, le programme de recherche qui devrait être favorisé par Environnement Canada doit s'inscrire en continuité ou en complémentarité des nombreux programmes de recherche réalisés ou en cours par les autres organismes. En ce sens, les travaux réalisés par le service de Protection de l'Environnement (SPE) pour la compilation des sites sensibles le long du Saint-Laurent, la standardisation des méthodes d'échantillonnage, de conservation et d'analyses des sédiments, et la préparation de guide pour l'évaluation environnementale des projets de dragage, constituent à notre avis une bonne voie de solution et devraient être poursuivis.

Basé sur la revue de la littérature la plus récente sur les différents sujets de recherche proposés par Environnement Canada, sur les commentaires recueillis lors de la réunion d'experts et sur les réponses au questionnaire, les cinq (5) grandes orientations de projets de recherche proposés par ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. sont par ordre de priorité:

1. Validation pour le fleuve Saint-Laurent des critères de qualité des sédiments en voie de développement par l'EPA.
2. Création d'habitats fauniques à partir de résidus de dragage contaminés.
3. Vérification en conditions réelles de l'influence de la présence et du remaniement des sédiments contaminés sur le benthos.

4. Sélection des bioessais recommandés pour les projets de dragage.

5. Modèles simplifiés de calcul de la zone de dilution.

La justification et les résultats attendus de chacune de ces recherches sont décrits dans les prochaines sections de même que les différentes étapes de leur réalisation. D'autres programmes de recherche complémentaires pour assurer une gestion rationnelle des projets de dragage seront aussi sommairement décrits.

4.2 Projets de recherche proposés

Les différents projets de recherche proposés par ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. visent à permettre à Environnement Canada de se doter des outils d'analyses et de gestion les plus appropriés pour évaluer les dossiers de dragage qui lui sont soumis.

Le Tableau 4.1 résume les différents objectifs visés au départ par Environnement Canada, à l'aide des programmes de recherche.

TABEAU 4.1: RESUME DES OBJECTIFS VISES PAR ENVIRONNEMENT CANADA DES
PROGRAMMES DE RECHERCHE ⁽¹⁾

- 1- Conséquence de la manipulation de sédiments contaminés sur la colonne d'eau.
- 2- Conséquence de la manipulation de sédiments contaminés sur les organismes aquatiques
- 3- Biodisponibilité des polluants suite à la manipulation de sédiments contaminés.
- 4- Utilité de la méthode de spéciation.
- 5- Utilité de l'approche ecotoxicologique développée par le SPE.
- 6- Dangers à court, moyen ou long terme des sédiments contaminés au fond des cours d'eau.
- 7- Risques pour l'environnement de la création d'habitats à l'aide de matériaux contaminés.
- 8- Utilité des critères d'évaluation de la qualité des matériaux d'excavation dans la gestion rationnelle des projets de dragage.

(1) Ces objectifs sont présentés en détail à la section 2.1

4.2.1 Projet de recherche No. 1

VALIDATION POUR LE SAINT-LAURENT DES CRITERES DE QUALITE DES SEDI- MENTS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT PAR L'EPA

A) Justifications

Les différents organismes gouvernementaux responsables de la protection des écosystèmes aquatiques, telles que l'Environmental Protection Agency (EPA), des Etats-Unis et le Service de la Protection de l'Environnement SPE) d'Environnement Canada, sont conscients de l'insuffisance des critères de qualité de l'eau pour assurer la protection des organismes aquatiques en relation avec les activités de dragage.

La revue de la littérature a montré que les méthodes actuelles d'évaluation de la qualité des sédiments, telles que la méthode des "teneurs naturelles", celle des critères de qualité de l'eau et la méthode des bioessais, ont toutes de sérieuses lacunes et que leurs résultats sont souvent difficilement interprétables. De plus, il est admis par la communauté scientifique que la concentration totale des contaminants dans les sédiments, à elle seule, ne renseigne que très peu sur leur toxicité.

L'EPA est actuellement engagée dans le processus de développement de critère de qualité des sédiments basé sur l'approche de la répartition à l'équilibre. Les critères résultants seront applicables à tous les milieux et seront d'utilisation facile et peu coûteux car ils ne nécessiteront que la concentration des substances toxiques dans les sédiments et la détermination de certains paramètres physico-chimiques qui permettront l'adaptation à toutes les conditions.

Puisque des programmes de recherches parrainés par l'EPA et le U.S. Army Corps of Engineers sont actuellement en cours, pour palier à toutes les lacunes de l'approche adoptée et pour en arriver à la détermination des critères de qualité des sédiments, il n'apparaît pas pertinent de proposer à Environnement Canada des programmes de recherches parallèles à ceux en cours aux Etats-Unis.

Les recherches sont très avancées pour les composés organiques non-polaires (des concentrations permissibles dans les sédiments ont déjà été proposées par Kadeg et al., (1986) pour plusieurs composés). Selon M. Christopher Zarba du Criteria and Standards Division de l'EPA (communication personnelle), des résultats attendus pour ces composés devraient être obtenus d'ici un an et demi; pour les métaux l'échéancier est de quelques années; et pour les composés organiques polaires, il faudra attendre encore quelques années supplémentaires.

Puisque les sommes allouées à ces recherches sont considérables et que l'EPA veille à leur coordination, André Marsan et Associés propose plutôt d'élaborer un programme de recherches qui permettra de valider, pour le Saint-Laurent, les concentrations maximales acceptables de contaminants dans les sédiments et les facteurs de normalisation qui seront développés par l'EPA.

Cependant, il est à noter que M. Zarba s'est montré intéressé à ce que Environnement Canada puisse s'impliquer dans la recherche menant au développement même de ces critères de qualité. Si Environnement Canada désire une telle association, M. Zarba a en main les différentes étapes de recherches proposées pour en arriver au développement des critères de qualité des sédiments.

B) Méthodologie

D'une façon globale, la validation des critères de qualité des sédiments comporterait les étapes suivantes:

- 1^o - échantillonnage des sédiments contaminés
- 2^o - détermination de la qualité des sédiments
- 3^o - calcul des concentrations maximales acceptables à chaque site
- 4^o - bioessais et tests de bioaccumulation
- 5^o - validation des concentrations maximales acceptables

1^o - Echantillonnage des sédiments contaminés

L'échantillonnage de sédiments contaminés pourrait être réalisé dans quatre grandes zones: une en eau douce, deux respectivement le haut et moyen estuaire du Saint-Laurent, et la dernière dans le golfe du Saint-Laurent.

Dans chacune des zones, un site fortement contaminé serait choisi dans le but d'obtenir un dépassement des critères de qualité des sédiments pour certain contaminants. Un minimum de trois échantillons de sédiments pourraient être prélevés à chaque site. Dans le cas de sites de qualité hétérogène ou situés près de rejets municipaux ou industriels, un plus grand nombre d'échantillons serait nécessaire. De plus, un échantillon de sédiment non contaminé de qualité similaire (granulométrie et paramètres normalisateurs) à ceux contaminés devrait être également prélevé dans chaque zone pour servir de témoin.

nombre minimum total d'échantillons: (3 contaminés —
1 témoin) x 4 zones = 16

du Dr Christina Cowen (communication personnelle).

- Organismes utilisés

Trois types d'organismes benthiques devraient être utilisés: un annélide fouisseur, un mollusque bivalve fouisseur et un crustacé.

Le choix des espèces précisées est laissé pour l'instant à la discrétion d'Environnement Canada. Parmi les critères de sélection, mentionnons la robustesse face aux manipulations, la facilité d'approvisionnement, la sensibilité face aux contaminants et la représentativité face aux organismes du milieu naturel.

- Nombre de spécimens

Les bioessais devraient être réalisés en cinq réplicats par échantillon (3 échantillons de sédiments contaminés et un témoin par site). Un total de 60 organismes par réplicat devraient être utilisés, soit 20 spécimens par espèce. Le test serait d'une durée de 10 jours et le nombre d'organismes survivants dans les échantillons et les témoins seraient comparés statistiquement entre-eux.

Le protocole expérimental et d'interprétation des résultats sont expliqués dans le manuel de l'EPA (EPA/COE, 1977). Il s'agit en fait d'un test de toxicité létale. Environnement Canada pourra également, si désiré, réaliser des tests de toxicité sub-létale et chronique.

Dans le présent programme de recherches, ces derniers sont remplacés par un test de bioaccumulation réalisé sur les survivants des bioessais en phase solide. La concentration de chaque contaminant dans les tissus des survivants de chaque espèce devra être déterminée pour chaque échantillon. Le protocole expérimental, les tests

statistiques utilisés ainsi que l'interprétation des résultats sont également donnés dans le manuel spécifié ci-haut. Mentionnons qu'une bioaccumulation statistiquement supérieure dans les organismes exposés aux sédiments contaminés, par rapport à ceux exposés aux sédiments témoins, indique des effets négatifs potentiels (EPA/COE, 1977).

5^o - Validation des concentrations maximales acceptables

Les résultats des bioessais et des tests de bioaccumulation devraient permettre de vérifier si l'exposition à des sédiments dont les teneurs en certains contaminants excèdent les concentrations maximales acceptables, entraînent effectivement des effets négatifs (toxicité létale, sub-létale ou chronique) sur des organismes aquatiques, et inversement, si l'exposition à des sédiments respectant les critères de qualité ne produit effectivement aucun effet négatif.

C) Résultats attendus

Les résultats de ce programme de recherche, permettra de vérifier si les critères de qualité des sédiments, qui seront développés par l'EPA, pourront être utilisés directement pour les sédiments contaminés et les conditions physico-chimiques du fleuve Saint-Laurent.

Ils fourniraient également des réponses aux questions soulevées par les points nos 6 et 8 d'Environnement Canada (tableau 4).

D) Financement

Pour réaliser ce projet de recherche, le mode financement pourrait provenir du:

- gouvernement fédéral, à travers des budgets de recherche déjà

prévus ou via le Fond de Recherche sur l'Immersion des Déchets en Mer.

- en collaboration avec le gouvernement provincial, via le ministère de l'Environnement du Québec.

E) Mode de financement

Le mode de financement pourrait s'effectuer à même une partie des fonds consacrés à la recherche fondamentale.

F) Organismes de recherche

Les organismes susceptibles de pouvoir réaliser ce type de recherche sont:

- laboratoires du gouvernement;
- universités dont les laboratoires sont suffisamment équipés;
- consultants en environnement familier avec la problématique de gestion de sédiments contaminés.

G) Budget à allouer

Le budget alloué pour la réalisation de ce projet pourrait possiblement varier entre 150 000 \$ et 200 000 \$.

4.2.2 Projet de recherche No 2

CREATION D'HABITATS FAUNIQUES A PARTIR DE RESIDUS CONTAMINES DE DRAGAGE

A) Justifications

En 1978 le Comité d'étude sur le Saint-Laurent recommandait déjà une douzaine de sites propices à la création d'habitats fauniques le long du Saint-Laurent. L'élaboration d'un projet de recherche axé sur la création d'habitats fauniques à partir de résidus de dragage donnerait donc suite, huit (8) ans plus tard aux recommandations de ce Comité.

Ce projet a aussi été mis de l'avant lors de la réunion d'experts. En effet, ces derniers suggèraient également de considérer les résidus de dragage comme une ressource plutôt qu'une source d'impacts.

Par ailleurs, plusieurs études américaines de suivi à long terme (> 10 ans) reliées aux habitats aménagés sur des matériaux de dragage ont démontré la possibilité de leur utilisation sous diverses conditions. Par ailleurs, la productivité de ces milieux est souvent supérieure à celle des milieux naturels (Landin, 1985, 1986).

En regard des risques associés à l'aménagement de tels habitats à partir de résidus contaminés de dragage, il semble, comme mentionné à la section 3, qu'ils puissent être utilisés avec succès pour le développement d'habitats fauniques. D'une part, les risques associés à la création de tels habitats sont relativement bien connus (Gambell et al., 1978, Folsom et al., 1981, Simmers et al., 1986, Landin, 1986). D'autre part, certaines méthodes d'aménagement pour minimiser les risques de relargage de contaminants dans

l'environnement furent l'objet de vérification en laboratoire et sur le terrain, comme par exemple, le dépôt de sédiments contaminés uniquement en phase aqueuse, ou le recouvrement à l'aide de matériaux sains (Brannon et al., 1986, Landin, 1986).

Par ailleurs, il est possible actuellement d'assurer un très bon suivi environnemental sur tous les niveaux trophiques, du taux de relargage des contaminants suite à leur dépôt en milieu littoral ou terrestre. De plus, au niveau de la qualité de l'eau, plusieurs tests très valables ont été développés aux Etats-Unis, soit: le test d'élutriation et de lixiviation modifiés (Lee et al., 1985, Palermo, 1985 et 1986), le test d'évaluation de la qualité de l'eau du surnageant des aires de confinement (Palermo 1985 et 1986). Des bioessais pour mesurer le taux de fixation par les plantes (Lee et al., 1985, Folsom et al., 1985) et par les organismes vivants (Simmers et al., 1986) ont également été développés.

Au Québec, certaines études conceptuelles réalisées dans le cadre des études de faisabilité du projet de régularisation des eaux de l'Archipel de Montréal apparaissent très prometteuses. Ces études suggéreraient l'aménagement d'habitats fauniques insulaires à partir des matériaux contaminés de dragage dans le lac Saint-Louis.

Dans certains secteurs du fleuve Saint-Laurent, le projet de création d'habitats pour la sauvagine permettrait soit de compenser certains habitats perdus, soit d'augmenter la productivité du milieu, ou encore de créer des sites additionnels dans certains secteurs reconnus comme non propices pour la faune.

Enfin, ce projet aurait le mérite de s'inscrire dans le plan nord-américain de gestion de la sauvagine, lequel prévoit assurer, en l'an 2000, des habitats de nidification à 62 millions de canards

et produire des populations migratrices automnales de l'ordre de 100 millions d'oiseaux.

Il est probable que plusieurs ministères tant fédéraux que provinciaux seraient intéressés à participer activement à ce projet de recherche consistant à créer des habitats fauniques avec des sédiments contaminés, à condition qu'il soit conçu avec un maximum de garantie et accompagné d'un programme de suivi environnemental suffisamment élaboré.

B) Méthodologie

La méthodologie proposée est fondée sur une approche expérimentale globale, qui ultérieurement servira à déterminer les modalités optimales à employer pour protéger l'environnement lors de l'aménagement d'habitats fauniques avec des sédiments contaminés.

Toutefois, l'aménagement d'habitats fauniques doit nécessairement s'adresser à des espèces particulières; dans le cas présent, la sauvagine constituera le groupe faunique cible. Suite à la réalisation de ces habitats, une politique de gestion adéquate (ex. entretien) sera alors nécessaire pour rencontrer les objectifs poursuivis.

Le concept d'aménagement pourrait être réalisé de deux façons, soit par le développement d'une grande île unique ou par la mise en place d'une série de petites îles permettant d'y effectuer des tests concernant le relargage.

Le concept retenu prévoit la création d'une île avec digue de retenue. Cette île pourrait être circulaire ou présenter une morphométrie optimisée en fonction du régime hydrologique et des besoins de la sauvagine (Fig. 4.1a). Une coupe transversale de cette île est

FIGURE 4.1 : ILLUSTRATION DU CONCEPT D'AMENAGEMENT D'HABITATS FAUNIQUES

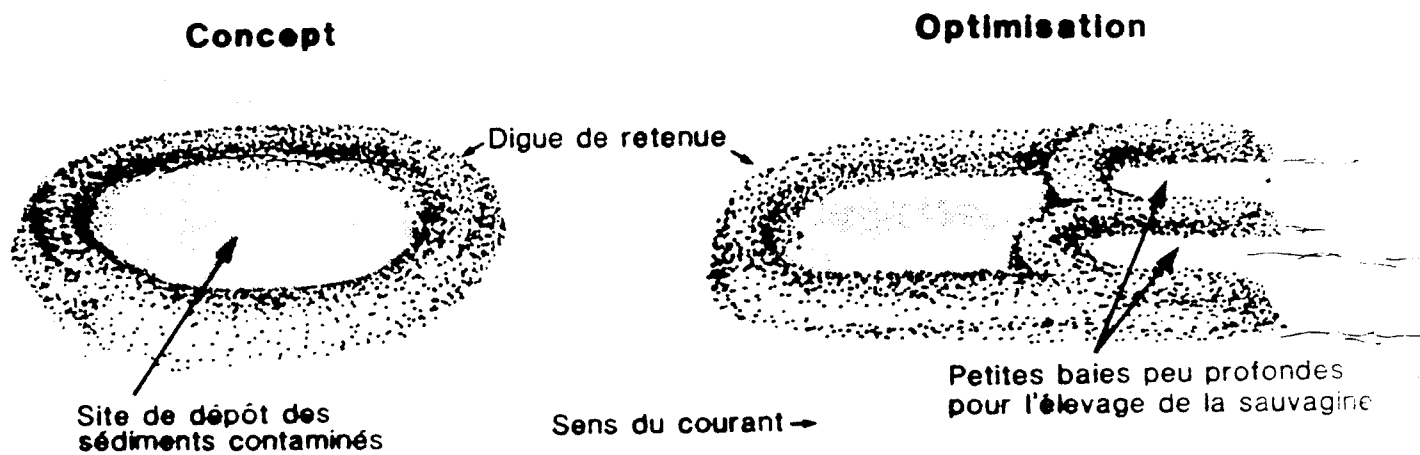


Figure 4.1a: Optimisation de la morphométrie d'habitats insulaires pour la nidification et l'élevage de la sauvagine.

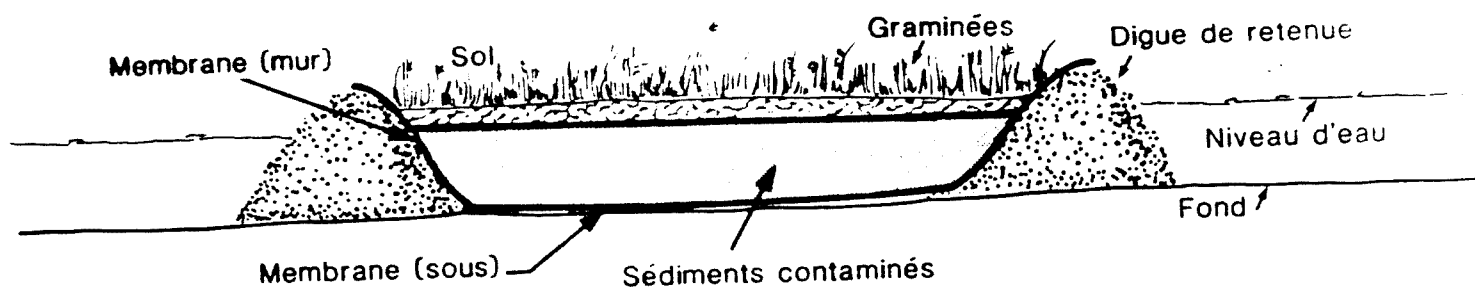


Figure 4.1b: Coupe transversale d'une île de nidification de la sauvagine, créée à partir de sédiments dragués.

présentée à la figure 4.1b. La morphométrie de la digue de retenue et l'utilisation, si nécessaire, d'une membrane géotextile dépendra des matériaux disponibles, du courant et du type de fond sur le site de déposition.

Plusieurs îles de ce type représentant un éventail de conditions expérimentales telles que l'utilisation ou non de membrane, l'emploi de différentes épaisseurs de recouvrement pourrait être utilisées afin de déterminer l'approche optimale pour le développement d'habitats insulaires pour la sauvagine tout en contrant le problème du relargage.

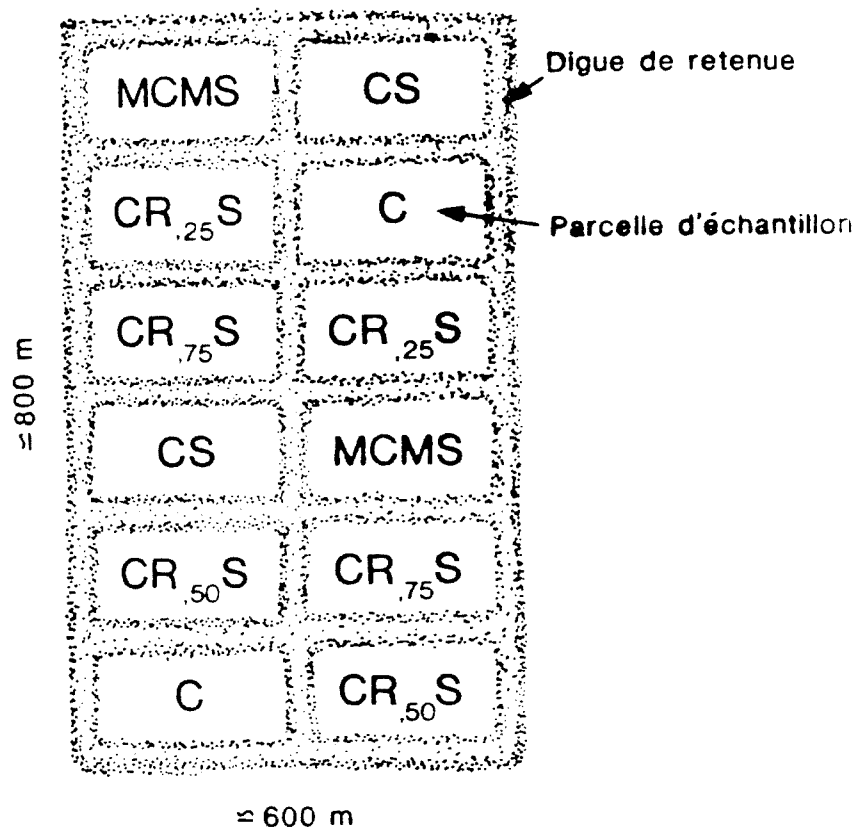
Etant donné que ces îles serviraient plus particulièrement à la nidification de la sauvagine, il est important qu'elles présentent un milieu herbacé, légèrement au dessus du niveau d'eau lors de la nidification, soit de la mi-avril à la fin de juin. Par contre, afin de réduire les possibilités d'oxydation des contaminants, les sédiments contaminés devraient être déposés et retenus sous le niveau minimum de la nappe phréatique.

La même approche expérimentale pourrait être poursuivie sur une seule île, de plus grande taille, servant d'île pilote. Une telle île pourrait être établie selon le prototype de l'île aux Sternes qui présentait une superficie de quelque 48 ha (600 m x 800 m).

Le protocole de recherche de cette approche serait le suivant:

- 1- subdivision de l'île en parcelles expérimentales sur lesquelles on pourrait effectuer différents traitements quant à la disposition de sédiments contaminés (voir figure 4.2).

FIGURE 4.2 : COMPARTIMENTALISATION D'UNE ILE PILOTE DE PLUSIEURS HECTARES



Description

MCMS: membrane, contaminant, membrane, sol
 *CRS : contaminant, recouvrement, sol
 CS : contaminant, sol
 C : contaminant

* différentes épaisseurs de recouvrements pourraient être expérimentées (ex. 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m)

- 2- échantillonnage et analyse des contaminants dans les composants du milieu; eau, sol, sédiment, plante, invertébré, poisson (s'il y a des mares d'eau sur les îles), petits mammifères et les oiseaux, incluant la sauvagine. Pour cette dernière composante, l'installation de volièrès serait requise.
- 3- répétition du suivi, soit au début et à la fin de la saison de croissance, pour certaines parcelles et pour d'autres, à tous les mois pendant la saison de croissance.

Une autre approche probablement moins onéreuse serait d'optimiser au préalable l'approche en laboratoire à partir des divers tests mentionnés en A. Ces essais en laboratoire devraient minimiser les risques sur l'environnement en fonction des conditions propres au fleuve Saint-Laurent, et devraient être effectués avant la réalisation à plus grande échelle sur le terrain.

Quelle que soit la méthodologie adoptée, des consultations au préalable auprès de Mme Mary C. Landin (601-634-2942), du U.S. Army Corps of Engineers, seraient requises pour établir les diverses étapes de ce projet de recherche.

C) Résultats escomptés

En plus de trouver une utilisation intéressante aux résidus de dragage, de restaurer et d'augmenter la productivité biologique du milieu, ce projet permettra de vérifier, dans les conditions réelles, les mécanismes de relargage et d'élaborer des tests appropriés pour quantifier les risques environnementaux. Ainsi il devrait permettre de répondre à l'objectif 7 du tableau 4.1 sur les risques associés à l'utilisation de résidus contaminés de dragage pour l'aménagement d'habitats fauniques.

En outre, l'approche globale proposée permettra de déterminer de façon expérimentale et empirique, les modalités acceptables et optimales de réalisation d'habitats pour la nidification de la sauvagine à partir de sédiments contaminés.

D) Financement

Le financement de tels projets pourrait provenir de plusieurs sources. On peut citer: le promoteur d'un projet de dragage, les agences gouvernementales, etc. L'intérêt de ces intervenants pourrait être le souci de démontrer à la population qu'ils sont désireux de protéger l'environnement.

- Promoteur: Ministère ou compagnie privée
- Gouvernement canadien:
 - Environnement Canada;
 - Service canadien de la faune;
 - Pêches et Océans Canada;
 - MAS (Proposition non sollicitée).
- Entente fédérale-provinciale:
 - Ministère de l'Environnement du Québec;
 - Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.
- Canards Illimités
- Plan nord-américain de gestion de la sauvagine

E) Organismes de recherche

Les organismes qui seraient intéressés à effectuer des recherches

relativement à la création d'habitats fauniques seraient:

- Les ministères fédéraux impliqués;
- En collaboration avec d'autres ministères provinciaux intéressés;
- Les consultants spécialisés et mandatés.

F) Budget à allouer

Le budget de recherche à allouer pour ce projet est difficile à évaluer puisqu'il dépend de plusieurs facteurs: localisation et dimension du site, nombre de composants du milieu à évaluer, de la fréquence d'échantillonnage et du nombre de contaminants à analyser et enfin s'il doit inclure les coûts d'aménagement de l'île ou des îlots.

En fonction de ces divers facteurs, les coûts pourraient possiblement varier soit entre 100 000 à 500 000 \$, soit atteindre plusieurs millions de dollars.

4.2.3 Projet de recherche no. 3

VERIFICATION EN CONDITIONS REELLES (SAINT-LAURENT) DE L'INFLUENCE DE LA PRESENCE ET DU REMANIEMENT DES SEDIMENTS CONTAMINES SUR LE BENTHOS

A) Justifications

- 1) Le principal impact des projets de dragage à court et long terme se manifeste généralement sur le benthos. Selon Lee et al. (1985) il est généralement admis que l'impact potentiel associé en motion dragué est surtout relié au sédiment déposé en site de disposition. Ceci se justifie par le fait que la plupart des contaminants demeurent associés aux particules du sédiment, ils ne sont donc pas dispersés ou mélangés aussi rapidement que les contaminants dissous dans l'eau. De plus, les organismes benthiques qui vivent et se nourrissent de ces sédiments contaminés sont soumis à l'action toxiques du polluants pour de longues périodes.
- 2) Comme le benthos se situe au premier maillon de la chaîne alimentaire, il constitue l'indicateur de base des risques potentiels de bioaccumulation sur les organismes supérieurs (jusqu'à l'homme) de la présence et du remaniement des sédiments contaminés. De tous les organismes aquatiques, c'est donc le benthos qui est en contact direct et prolongé avec les sédiments contaminés il est donc le plus susceptible d'être affecté.
- 3) Ce projet ne nécessite pas de recherches fondamentales en laboratoire dont les résultats sont toujours susceptibles d'être remis en question et sûrement difficilement extrapolables par rapport aux conditions réelles sur le terrain. Il requiert moins d'expertise et de laboratoires spécialisés et fait appel à des techniques d'échantillonnage et d'analyse relativement connues.

- 4) Ce projet permettrait d'obtenir des réponses rapides spécialement adaptées au contexte du fleuve Saint-Laurent.

B) Méthodologie proposée

La méthodologie proposée pour la réalisation de ce projet inclut les points suivants:

Echantillonnage et analyse du benthos:

L'échantillonnage et l'analyse du benthos, dans le cadre de projets de dragage, seraient réalisés au site des travaux et dans des stations de référence.

Période de suivi:

Le suivi du projet sera poursuivi avant et après les travaux (1 mois, 6 mois, 12 mois, 3 et 5 ans), jusqu'à l'obtention d'un état stable à la fois pour les contaminants et la population benthique.

Mode d'échantillonnage:

Le mode d'échantillonnage s'effectuera, à chaque site, selon la grille suivante:



Organismes sensibles:

La sélection des espèces se fera au niveau des organismes filtreurs,

brouteur et décomposeur. Les bioessais pour étudier les effets des sédiments de fond doivent donc être réalisés sur des espèces benthiques suffisamment sensibles de représentation de l'environnement du site. Selon Lee et al. (1985), toutes les techniques de bioessais sur les sédiments reconnues par les organismes décisionnels impliquent les effets toxiques observés suite à une exposition aux contaminants des sédiments allant de quelques jours à quelques semaines. Les tissus des organismes benthiques étudiés survivants, seraient analysés pour déterminer leur contenu en contaminants à la fin de la période d'exposition, ce qui permettrait d'évaluer le potentiel de bioaccumulation des polluants dans ces organismes.

Nombre d'échantillons:

Le nombre d'échantillons sera défini en fonction des exigences de représentativité des analyses statistiques.

Analyse:

Les différents paramètres à analyser sont:

- granulométrie des sédiments;
- qualité des sédiments (analyse de concentration totale);
- tests de toxicité sur les organismes benthiques. Selon Lee et al. (1985), la meilleure façon d'évaluer les impacts potentiels sur le benthos est de combiner les résultats des analyses chimiques permettant de déterminer les contaminants associés au sédiment et ceux des test de toxicité visant à déterminer leur biodisponibilité. Il serait également souhaitable de réaliser des tests de bioaccumulation pour quantifier le potentiel de bioaccumulation des contaminants dans les

tissus des animaux exposés aux matériaux dragués.

- densité des organismes nombre /m².

Endroit:

Les endroits sont les suivants:

- 1 ou 2 projets dans:
 - Haut estuaire du Saint-Laurent;
 - Moyen estuaire du Saint-Laurent;
 - Golfe du Saint-Laurent.

et possiblement dans un:

- Secteur fortement contaminé;
- Secteur non contaminé.

C) Résultats attendus

Ce projet permettrait de répondre à la fois aux questions soulevées par la présence de sédiments contaminés au fond des cours d'eau et à celles associées aux risques de leur remaniement par dragage.

Il fournirait également des réponses directes ou indirectes aux questions soulevées par les points nos 2, 3 et 6 d'Environnement Canada (Tableau 4.1).

Les conclusions obtenues des recherches seraient directement valides dans le cadre particulier du fleuve Saint-Laurent tant au niveau du degré de contamination que de ces conditions hydrosédimentologiques particulières.

Ce projet fournirait des éclaircissements quant à l'influence du substrat sur la colonisation par les organismes benthiques, et à son effet sur l'absorption et la libération des polluants.

Il devrait aussi permettre de formuler des mesures concrètes de mitigation dans le cadre des projets de dragage pour minimiser les risques pour l'environnement (ex. choix des sites de dépôt, mode de disposition en fonction de la granulométrie des matériaux excavés, etc.).

D) Financement

Pour ce type de recherche, le financement pourrait provenir de:

- Promoteur en raison de sa responsabilité;
- Compagnie de dragage en raison de leur intérêt à démontrer les impacts réels de leurs projets;
- Gouvernement fédéral seul ou selon une entente avec;
- Gouvernement provincial.

E) Mode de financement

Quant au mode de financement, il pourrait s'effectuer:

- dans le cadre de la préparation des rapports d'évaluation préliminaire soit en exigeant un certain pourcentage minimum des coûts du projet pour le suivi environnemental, soit en exigeant moins d'exhaustivité sur le rapport même et plus d'emphasis sur le suivi environnemental.
- à même une partie des fonds consacrés à la recherche fondamentale.

F) Organismes de recherche

Les organismes susceptibles d'être intéressés à ce type de recherche sont:

- Gouvernement;
- Consultants en environnement;
- Université (dans le cadre des maîtrises en biologie, écologie et environnement).

G) Budget à allouer

Le budget à allouer pour la réalisation de la recherche pourrait possiblement varier entre 100 000 et 500 000 \$.

4.2.4 Projet de recherche no. 4

SELECTION DES BIOESSAIS RECOMMANDES POUR LES PROJETS DE DRAGAGE

A) Justification

Ce projet se justifie en réponse à l'objectif 5 du Tableau 4.1. Sur la base des informations recueillies lors du dépouillement des questionnaires, il appert que l'approche écotoxicologique développée par le SPE ne soit pas, pour l'instant, appropriée pour évaluer les incidences des projets de dragage sur les organismes aquatiques.

D'autre part, vue que cette approche requiert du personnel et un laboratoire très spécialisé, il est peu probable que des test de routine soient disponibles à court terme. Face à une absence de laboratoires privés dans le domaine des bioessais déjà développés depuis plusieurs années, il est peu probable qu'il puisse être offert par ceux-ci et ce, même à moyen terme.

De même, en réponse à l'objectif 4 du Tableau 4.1, la méthode dite de spéciation n'apparaît pas utile, selon les répondants pour évaluer la fraction disponible et/ou biodisponible dans le cadre des projets de dragage.

Par ailleurs, compte tenu des sommes énormes déjà dépensées aux Etats-Unis uniquement pour le développement de bioessais et de test de bioaccumulation appropriés aux projets de dragage, il serait souhaitable, comme mentionné par Rochon (1985), que ces méthodes soient revues. Les plus pertinentes et relativement les plus faciles d'entre elles en ce qui a trait à leur utilisation devraient être sélectionnées.

B) Méthodologie proposée

La méthodologie suggérée comprend 5 étapes:

- 1- La première étape consiste en une revue des bioessais développés par l'U.S. Army Corps of Engineers et l'Agence de protection de l'Environnement EPA pour les projets de dragage^(*).
- 2- Vient ensuite la sélection préliminaire des bioessais les plus appropriés.
- 3- Une rencontre des utilisateurs et des laboratoires spécialisés permettra de déterminer les exigences en termes d'équipement, de personnel, de coût d'opération et leur limitation.
- 4- Cette étape vise la sélection finale des bioessais.
- 5- On procédera ensuite à la préparation de Guide et de directives d'utilisation pour le processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement.

C) Résultats attendus

Les résultats attendus de ce projet de recherche sont énumérés ci-après:

- Les bioessais sont actuellement les seuls tests capables d'évaluer les risques à court et à long terme de la présence de sédiments contaminés sur les ressources biologiques.
- La recherche au niveau des bioessais devrait permettre à Environnement Canada de disposer des meilleurs outils disponibles

(*) Le Tableau 4.2 présente une liste (non exhaustive) des principales publications à consulter.

TABEAU 4.2: LISTE DES PRINCIPALES PUBLICATIONS A CONSULTER (1)

- Engler, R.M., and F.G. Wilker, 1977
Technical Committee on Criteria for Dredged and Fill Material,
- Pierson, K.B., Ross, B.D., Melby, C.L., Brewer, S.D. and R.E. Nakatani, 1982
Biological Testing of Solid Phase and Suspended Phase Dredged Material from Commencement Bay, Tacoma, Washington
- Kizlauska, A.G. and D. Homer, 1984
RCRA EP Toxicity Test Applied to Dredged Material
- Mac, M.J., Edsall, C.C., Hesselberg, R.J., and R.E. Sayers, 1984
Flow-Through Bioassay for Measuring Bioaccumulation of Toxic Substances from Sediment
- Dillon, T.M. and Gibson, A.B., 1986
Bioassessment Methodologies for Regulatory Testing of Freshwater Dredged Material - Proceeding of Workshop
- Folsom, B.L., Lee, C.R. and R.M. Engler, 1985
Plant Bioassay of Dredged Material
- Simmens, J.W., Rhett, R.G., Lee, C.R. and R.M. Engler, 1986
Upland Animal Bioassay of Dredged Material

(1) Les références complètes de ces publications sont présentées en bibliographie.

pour évaluer les effets réels des projets de dragage et de la présence de sédiments contaminés.

- Par ailleurs, la préparation de guide d'utilisation des bio-essais devrait assurer une standardisation de ces tests afin d'assurer l'évaluation des projets de dragage sur une base comparable.
- L'utilisation de bioessais standardisés devrait éventuellement permettre de comparer les dangers réels de la présence de sédiments contaminés avec ceux associés au projet de dragage.
- Si les dangers à court et à long terme des projets de dragage étaient moindres pour l'environnement que ceux liés à leur présence continuelle au fond des cours d'eau, Environnement Canada pourrait alors justifier son intervention dans les zones les plus problématiques.

D) Financement

Les intervenants susceptibles d'être intéressés à participer financièrement à ce projet sont identiques à ceux énumérés pour le projet de recherche no 3.

E) Organismes de recherche

Les organismes susceptibles de participer activement à la recherche sont:

- Universités;
- Laboratoire du Capitaine Bernier;
- Laboratoire du ministère de l'Environnement du Québec;
- Centre de recherche (Burlington).

F) Budget à allouer

Le budget à allouer à la réalisation de ce projet est relativement faible (<50 000 \$).

4.2.5 Projet de recherche no. 5MODELES SIMPLIFIES DE CALCUL DE LA ZONE DE DILUTIONA) Justification

L'influence de la dilution au site d'extraction et au site de disposition doit être prise en compte dans l'interprétation des résultats de l'analyse d'élutriation et des bioessais. Aux Etats-Unis cette exigence fait partie des directives dans l'évaluation des projets de dragage. Au Québec, il n'existe pas de directives formelles en ce sens.

Ce projet permettrait de répondre à la question de base dans tous les projets de dragage, à savoir:

Quelle est la zone d'influence de dragage en fonction des ressources sensibles du milieu?

Ces exigences suggèrent qu'on s'intéresse à l'adaptation de modèles de calcul permettant d'évaluer facilement et rapidement les zones de dilution. Ceci devrait être réalisé en complémentarité avec les recherches entreprises aux Etats-Unis.

B) Méthodologie proposée

Les équations simplifiées de calcul sont connues pour les différents modes de disposition en milieu aquatique (pipeline, barge stationnaire/barge en mouvement selon la direction dominante des courants) lesquelles prennent en compte les volumes de dragage, les caractéristiques du site de dépôt (vitesse, profondeur) et les résultats des analyses chimiques (test d'élutriation) et biologiques (bioessais).

D'autres modèles simplifiés (Bernard 1978) sont aussi disponibles pour calculer le panache de turidité au site de disposition.

Sur la base de ces équations, il est suggéré d'élaborer:

- 1) des logiciels faciles d'utilisation sur des ordinateurs personnels pour calculer rapidement ces zones de dilution ou de mélange.
- 2) des abaques simplifiées de calcul de cette zone de mélange (idem modèle de prévision du bruit et de calcul de l'efficacité des écrans).
- 3) une fiche d'évaluation de la zone de mélange qui pourrait être jointe au guide fédéral actuel des projets de dragage à préparer par le promoteur ou son consultant.
- 4) une grille d'interprétation de la zone de mélange, basée sur les résultats obtenus, soit 1, 2 ou 3, il serait intéressant de préparer une grille d'interprétation de la zone de mélange en fonction de la sensibilité du site.

Dans le cadre des études de la Commencement Bay dans l'état de Washington, Lee et al. (1985) du U.S. Army Corps of Engineers ont suggéré une liste de facteurs à considérer et, pour chacun d'eux, une évaluation du degré de préoccupation environnementale. Ils proposent également, les éléments de décision pour l'acceptabilité ou non de la zone de mélange évoluée en fonction de l'ensemble des facteurs.

Sur la base de ces considérations, une grille d'analyse préliminaire a été élaborée par André Marsan et Associés Inc. (Tableau 4.2)

FACTEURS A CONSIDERER	PREOCCUPATION ENVIRONNEMENTALE	
	ELEVEE	FAIBLE
Importance de la zone de mélange par rapport à la masse totale d'eau	$> 10\%$	$\leq 10\%$
Proportion de la superficie de la section transversale par rapport à celle de masse d'eau	$> 10\%$	$\leq 10\%$
Temps requis pour la dilution pour chaque dépôt instantané	$> 1/2$ intervalle de temps entre les deux événements	$\leq 1/2$ intervalle de temps entre les deux événements
Fréquence	< 2	≥ 2
Durée	> 3 mois	≤ 3 mois
Proximité de prise d'eau municipale	$d < 20 \text{ x}$	$d \geq 20 \text{ x}$
Proximité d'une zone de recharge aquifère	$d < 20 \text{ x}$	$d \geq 20 \text{ x}$
Proximité d'une zone d'activité impliquant le contact entre l'homme et l'eau	$d < 10 \text{ x}$	$d \geq 10 \text{ x}$
Proximité de lits de mollusques d'importance commerciale ou récréative	$d < 10 \text{ x}$	$d \geq 10 \text{ x}$
Proximité d'une zone de pêche sportive ou commerciale	$d < 10 \text{ x}$	$d \geq 10 \text{ x}$
Proximité d'une zone de frai ou d'une zone de reproduction des mollusques	$d < 10 \text{ x}$	$d \geq 10 \text{ x}$
Proximité d'une zone d'alevinage ou de développement des jeunes mollusques	$d < 10 \text{ x}$	$d \geq 10 \text{ x}$
Proximité d'une zone de migration des poissons ou de mollusques	$d < 5 \text{ x}$	$d \geq 5 \text{ x}$
Proximité d'un site de disposition ou d'une décharge	$d < 5 \text{ x}$	$d \geq 5 \text{ x}$
Jugement global	Zone de mélange inacceptable si $n \geq 5$	Zone de mélange acceptable si $n \leq 4$

d: distance

x: longueur de la zone de mélange

n: nombre de facteurs de préoccupation élevée obtenus

Source: Adapté de Lee et al. (1985)

laquelle pourrait être révisée et adaptée en fonction des particularités des ressources du fleuve Saint-Laurent.

Comme souligné par Lee et al., 1985, il est important de rappeler qu'il n'est pas nécessaire de calculer la zone de dilution pour chacun des contaminants, mais seulement pour celui qui requiert la plus grande dilution. La zone de dilution des autres contaminants devant être inférieure.

Ces modèles devraient être validés par des mesures directes sur le terrain dans le cadre de projets de dragage.

C) Résultats attendus

Les résultats attendus de ce projet de recherche sont:

- fournir un ou des outils aussi bien pour la conception que l'approbation des projets de dragage prenant en considération à la fois des caractéristiques de dragage, le mode de disposition, les résultats d'analyse de laboratoire et la sensibilité du site de dépôt.
- des logiciels, dont un exemple est illustré à la figure 4.1 pourraient être utilisés par la suite par les responsables du service de protection de l'environnement chargé d'évaluer et d'approuver les projets de dragage.
- Ces abaques de calcul pourraient être utilisés par les responsables des promoteurs fédéraux de dragage dans la conception de leurs projets. Ils serviraient à déterminer l'adéquation de la zone de disposition en fonction de la sensibilité du milieu, à corriger (optionnel) s'il y a lieu le mode de disposition (par pipeline/

FIGURE 4.3: EXEMPLE D'UN LOGICIEL POSSIBLE DE CALCUL DE LA ZONE DE MELANGE

Q.: Quel est le nom de votre projet?

R.: _____

Q.: Quel est le mode de disposition prévu?

En milieu aquatique

- . Par pipeline: 1
- . Par barge stationnaire avec faible courant: 2
- . Par barge en mouvement avec faible courant: 3
- . Par barge stationnaire avec courant: 4
- . Par barge en mouvement avec courant: 5

En milieu terrestre

- . Bassin par déversoir: 6

R.: _____

Q.: Quel est le taux de disposition prévu?

R.: _____ m³/s

Q.: Quel est le contaminant d'intérêt?

Métaux lourds

- . Plomb: 1
- . Mercure: 2
- . Chrome: 3
- . Etc. n

Organismes

- . PCB: n₁
- . HCB: n₂

R.: _____

Q.: Quelle est la concentration retrouvée dans l'élutriat?

R.: _____

FIGURE 4.3: EXEMPLE D'UN LOGICIEL POSSIBLE DE CALCUL DE LA ZONE DE MELANGE (suite)

Q.: Quelle est la concentration retrouvée au site de dépôt?

R.: _____ mg/l

Q.: Quel est le critère de qualité d'eau pour le constituant d'intérêt?

R.: _____ mg/l

Q.: Quelle est la profondeur d'eau au site de dépôt?

R.: _____ m

Q.: Quelle est la vitesse de courant au site de dépôt?

R.: _____ m/s

Q.: Quelle(s) information(s) désirez-vous obtenir?

- . Largeur frontale du panache "L": 1
- . Longueur du panache "X": 2
- . Surface de la zone "A": 3
- . Temps pour la dilution "T": 4
- . L'ensemble des résultats: n

R.: _____

La réponse à votre problème est:

L: mètres

X: mètres

A: mètres carrés

T: minutes

Q.: Désirez-vous réaliser d'autres calculs?

R.: _____

Espérant vous avoir été utile.

berge), le lieu de disposition en milieu aquatique ou terrestres et les paramètres mêmes de dragage (taux de dragage). Ces abaques devraient être faciles d'utilisation pour les non spécialistes.

D) Financement

Les différents intervenants susceptibles de participer au financement de ce type de projet sont:

- Le Promoteur fédéral car il a besoin d'outils simples pour la conception des projets de dragage.
- Le Service de Protection de l'Environnement (SPE), en raison de son intérêt à se doter d'outils d'évaluation des projets de dragage.
- La Direction des évaluations environnementales du gouvernement du Québec (même raison que pour le SPE).
- Le Ministère des Approvisionnements et Service dans le cadre de propositions non sollicitées, sous le parrainage de: Environnement Canada, Ports Nationaux, Travaux Publics, Transports Canada.
- Les Universités dans le cadre de leur budget de recherche: Bourses du Conseil National de la Recherche du Canada, etc.

E) Organismes de recherche

Les organismes susceptibles d'être intéressés à participer à la réalisations de la recherche sont:

- Direction générale d'Environnement Canada (Région du Québec, Maritime/Ontario/Pacifique).
- Service de Protection de l'Environnement d'Environnement Canada
- Consultant en environnement
- Universités

F) Budget à allouer

Le budget à allouer pour ce type de projet est relativement modeste, inférieur à 50 000 \$.

4.3 Autres projets de recherche complémentaires

Suite à l'analyse de la littérature, de la consultation d'un groupe d'experts et à l'aide des réponses aux questionnaires, d'autres programmes de recherche complémentaires apparaissent essentiels. Bien que ces programmes ne soient pas en relation directe avec les points soulevés dans le cadre du présent mandat, ils seraient à notre avis nécessaires pour assurer une meilleure évaluation environnementale des projets de dragage.

a) Formation de laboratoires privés spécialisés dans les bioessais

Comme mentionné par Rochon (1985), très peu de laboratoires privés sont équipés pour réaliser les bioessais, en raison des équipements et installations requis pour maintenir les souches des organismes d'essai, d'un personnel très spécialisé, des coûts d'opération et possiblement du faible marché pour ce type d'analyse.

Lorsque le promoteur est le gouvernement fédéral et que les bioessais sont réalisés dans leurs propres laboratoires, les résultats obtenus peuvent être à l'occasion remis en question lors des consultations ou d'audiences publiques. Pour éviter cette situation conflictuelle, le Québec devrait se doter de laboratoires privés spécialisés.

De plus, étant donné que les bioessais sont maintenant requis dans le cadre des projets de dragage, dans l'évaluation des rejets industriels et dans la gestion des déchets contaminés, il devrait normalement se développer, à court terme, un marché intéressant pour ce type d'analyse.

En conséquence, il serait à notre avis opportun de réaliser une

étude de marché pour les bioessais parallèlement à une revue des différents laboratoires privés susceptibles de s'équiper pour ce type d'analyse particulière. Si l'étude identifie un marché potentiel suffisant, il est possible que plusieurs laboratoires privés se montrent très intéressés à fournir ce type de service. Si le marché est relativement, limité, Environnement Canada pourrait s'engager à soumettre une partie de leurs analyses réalisées sur une base routinière.

b) Revue des critères d'évaluation

- Qualité de l'eau

Comme mentionné dans les nombreuses études réalisées par l'U.S. Army Corps of Engineers et Rochon (1985), les critères habituels de qualité des eaux utilisés pour l'interprétation des tests d'élutriation, basés sur une exposition chronique, peuvent difficilement servir pour déterminer les impacts potentiels de la remise en suspension des sédiments contaminés dans le cadre des projets de dragage. Dans ce cas, les matériaux sont rapidement dilués au site même de l'extraction et du dépôt et leurs effets sont souvent à court terme.

Lee et al. (1985) indiquent que les résultats des tests d'élutriation et des bioessais, en plus de tenir compte du volume de dilution au site des travaux, doivent être interprétés à partir des critères d'évaluation basés non pas sur la toxicité chronique (long terme) mais plutôt sur la toxicité aiguë (court terme). Ainsi, pour la plupart des contaminants, ceux-ci proposent une nouvelle série de critères qui auraient avantage à être utilisés.

Environnement Canada pourrait revoir ces critères et les inclure éventuellement dans son guide d'évaluation des projets de dragage.

- Bioessais

En ce qui a trait aux bioessais, les études réalisées par Lee et al. (1985) suggèrent également certaines grilles d'interprétation des résultats de ces tests. Celles-ci sont basées soit sur les critères de toxicité ou soit par rapport à une station de référence à proximité du site des travaux.

Environnement Canada pourrait revoir ces grilles d'interprétation et possiblement les adapter au contexte du Saint-Laurent, en collaboration avec les spécialistes du Laboratoire Capitaine-Bernier de Longueuil et/ou ceux de Burlington.

c) Développement des tests de lixiviation propres aux résidus de dragage

Lorsque les résidus de dragage sont déposés en milieu terrestre, des tests de lixiviation sont habituellement exigés pour évaluer le relargage des polluants. Malheureusement, ces tests ont été développés pour la gestion des déchets toxiques et ne sont pas forcément adaptés pour les résidus de dragage contaminés.

Des tests de lixiviation ont été développés aux Etats-Unis, spécialement pour quantifier les risques de relargage des sédiments contaminés déposés sur la terre ferme (Lee et al., 1985, Palermo, 1985 et 1986).

Il serait, à notre avis, opportun d'analyser ces méthodes et les inclure dans le cadre des projets de dragage. Le ministère de l'Environnement du Québec serait sûrement intéressé à collaborer à cette recherche.

d) Essais de recouvrement des sédiments contaminés

Comme mentionné précédemment, plusieurs expériences ont été réalisées, particulièrement aux Etats-Unis et au Japon, pour recouvrir les sédiments contaminés au fond des cours d'eau à l'aide de matériaux sains (U.S. Army Corps of Engineers, 1985 a, 1985 b, Brannon et al., 1986). Ces expériences, qui ont fait l'objet de suivi environnemental élaboré, démontrent des résultats très intéressants et concluant.

En raison de la présence de sédiments contaminés dans plusieurs secteurs du fleuve Saint-Laurent et du fait que ces sédiments contaminés font souvent l'objet de dragage, il serait intéressant de réaliser ce type d'expérience au Québec. Celle-ci s'intégrerait très bien dans le cadre d'un projet de dragage dans une zone non contaminée.

Certains secteurs du fleuve fortement contaminés pourraient être ainsi économiquement restaurés.

5.0 METHODOLOGIE D'EVALUATION DES PROJETS

Une méthodologie a été mise au point pour évaluer les projets de recherche pouvant être réalisés dans le cadre de chacun des programmes de recherche proposés au chapitre 4. La méthode de fonctionnement est similaire à celle utilisée par plusieurs ministères du gouvernement fédéral (Emploi et Immigration, Travaux Publics, Communications, etc.) et répond aux normes du Conseil du Trésor⁽¹⁾ concernant l'évaluation des projets réalisés par les organismes gouvernementaux. La méthodologie proposée facilitera la réalisation des étapes suivantes:

- l'élaboration, la planification et l'exécution des projets de recherche;
- l'établissement d'objectifs réalistes considérant les ressources disponibles;
- la définition explicite des relations entre les extrants des projets (ex. études) et leurs objectifs; et
- la répartition des tâches et des responsabilités entre les différents intervenants des projets.

La méthodologie oriente l'analyse vers les quatre éléments suivants: la justification, le rendement, l'efficacité et l'impact des projets de recherches. Des évaluations seront réalisées à plusieurs étapes critiques du cheminement de chaque projet. Chacune de ces évaluations est effectuée selon un cadre d'analyse commun bien précis.

(1) Conseil du Trésor, 1981. Guide sur la fonction d'évaluation de programmes.

Conseil du Trésor, 1981. Principes pour l'évaluation des programmes pour les ministères et organismes fédéraux, Ottawa.

5.1 Cadre d'analyse

Le terme "cadre logique" sera utilisé tout au long du texte pour désigner le cadre d'analyse régissant l'évaluation de chaque projet. Selon le cadre logique, chaque projet est défini en termes d'intrants, d'extrants, d'objectifs et de buts.

Pour chaque projet, une série d'intrants (ressources financières et humaines, activités, etc.) est nécessaire pour produire les extrants prévus (études, plans, etc.). La quantité et la qualité des extrants sont influencées par les intrants. Les extrants du projet permettent d'atteindre les objectifs (par exemple, la prise de conscience de l'importance des sédiments contaminés). Les objectifs d'un projet sont reliés à un but général, qui est habituellement le même pour tous les autres projets constituant un programme de recherches. Si les objectifs de tous les projets sont atteints, alors le but général du programme sera également atteint. Des incertitudes peuvent cependant être introduites à chaque niveau de relation (ex. intrants-extrants) à cause de l'influence de facteurs incontrôlables.

Le "cadre logique" prend la forme d'une matrice composée de quatre lignes et quatre colonnes (Figure 5.1). Les lignes de la matrice correspondent aux éléments d'un projet (buts, objectifs, intrants et extrants), alors que les colonnes définissent les principales caractéristiques de chaque élément. La première colonne, le résumé, permet de décrire les éléments de chaque projet. La deuxième colonne renferme, pour chaque élément, une série d'indices objectivement vérifiables. La troisième colonne (moyens de vérification) précise les sources d'informations et les méthodes utilisées. La dernière colonne (conditions critiques) regroupe

tous les facteurs critiques incontrôlables pouvant influencer les éléments du projet.

5.2 Utilisation du cadre logique

Le cadre logique permet d'évaluer chaque projet à trois étapes précises de son cheminement:

- 1) L'élaboration et la planification du projet;
- 2) l'exécution du projet; et
- 3) l'achèvement du projet.

A chaque étape, une attention particulière est accordée à des points précis qui diffèrent d'une étape à l'autre.

5.2.1 L'élaboration et la planification du projet

L'évaluation de l'élaboration et de la planification d'un projet est basée sur la question suivante: "Le projet est-il justifié et bien conçu?" Idéalement, le cadre logique doit être utilisé lors de l'élaboration du projet; cependant, les projets sont habituellement élaborés, puis évalués à l'aide du cadre logique.

L'évaluation devrait être basée surtout sur les éléments suivants:

- 1) la justification: le projet répond-t-il aux besoins d'Environnement Canada et de la présente étude?
- 2) la rationalisation interne: les éléments du projet (intrants, extrants, objectifs et buts) sont-ils reliés

entre eux d'une façon explicite et logique?
Peuvent-ils être qualifiés à l'aide d'indices objectivement vérifiables?

- 3) Conditions critiques: quelles conditions critiques doivent être supposées pour assurer le succès du projet et sont-elles réalistes?
- 4) Faisabilité: Le projet est-il réalisable compte tenu des intrants disponibles?

Une telle évaluation lors de l'étape de l'élaboration et de la planification du projet permet de vérifier la légitimité et la structure du projet.

5.2.2 Exécution du projet

L'évaluation en cours du projet, réalisée lors de son exécution, doit surtout porter sur le rendement et l'efficacité du projet. Le déroulement véritable du projet est comparé à celui prévu par le cadre logique. Une attention particulière est accordée aux relations entre les intrants et les extrants.

Le rendement du projet est une mesure des résultats obtenus en fonction de leur coût. Le but ici visé étant d'obtenir les résultats attendus au coût le plus bas. L'emphasis est mise sur l'obtention des intrants au moment prévu, sur la nature, la qualité et la quantité de ces intrants, et enfin, sur les activités permettant de transformer les intrants en extrants (produits visés). La question importante est en fait la suivante: "Existe-t-il une meilleure façon d'obtenir les mêmes résultats?".

L'efficacité du projet correspond au niveau d'accomplissement des résultats attendus. Les indices vérifiables du cadre logique fournissent des étalons permettant les comparaisons (par exemple, la production en trois mois d'une carte de localisation à l'échelle 1:50 000 indiquant les sites contaminés d'une étendue de 500 m² et plus). Bien qu'une attention particulière doit évidemment être portée sur les intrants et les extrants, les relations entre les extrants et les objectifs doivent également primer.

5.2.3 Achèvement du projet

Une troisième et dernière évaluation doit être réalisée lorsque le projet de recherche est complété. Bien que, comme à l'étape de l'exécution, le rendement et l'efficacité sont des critères d'évaluation très importants à cette dernière étape, l'accent doit être mis sur les résultats obtenus et les effets indirects du projet. Les relations entre les extrants, les objectifs et le but du projet méritent également une attention spéciale. Enfin, l'expérience acquise devrait permettre d'améliorer l'élaboration, la planification, l'exécution et la gestion des projets futurs.

5.3 Exécution

La méthodologie proposée pour évaluer les projets de recherche reliés au relargage de contaminants associés aux opérations de dragage de sédiments pollués doit être appliquée dès que le programme de recherche a été révisé et approuvé. (Comme pour les projets, le programme de recherche lui-même peut être élaboré et révisé à l'aide du cadre logique).

Une procédure d'évaluation devrait être formulée et mise en place pour appliquer la méthodologie. Cette procédure pourrait être

complètement distincte ou intégrée à la procédure existante de gestion des projets.

Cette procédure incluerait les étapes suivantes:

- 1) l'élaboration préliminaire de projets de recherches spécifiques;
- 2) l'élaboration d'un cadre logique spécifique pour chaque projet;
- 3) la révision du projet proposé en fonction du cadre logique d'analyse;
- 4) l'approbation du projet;
- 5) l'évaluation en cours de chaque projet et l'application des mesures correctives nécessaires;
- 6) la révision du projet et l'évaluation finale dans l'optique de l'élaboration d'une série de recommandations pouvant être appliquées aux projet futurs.

Lorsque la structure finale de la procédure d'évaluation des projets aura été approuvée, nous suggérons de recourir aux services d'experts en évaluation de projets qui pourront fournir l'assistance technique nécessaire. Leur expertise sera surtout utile dans l'élaboration des cadres logiques (étape 2) et dans les évaluations en cours et finale (étapes 5 et 6). Une fois que le personnel d'Environnement Canada sera suffisamment familier avec cette méthodologie, les services de consultants externes seront minimes.

TABLEAU 5.1: CADRE LOGIQUE POUR L'EVALUATION DES PROJETS DE RECHERCHE

Titre et numéro du projet: _____

Préparé le: _____

RESUME	INDICES OBJECTIVEMENT VERIFIABLES (IOV)	MOYENS DE VERIFICATION (MV)	CONDITIONS CRITIQUES
Finalité du projet (but du programme)	Mesures de la réalisation de la finalité	Sources d'information et moyens utilisés	Conditions permettant de réaliser la finalité
Objectifs du projet	Conditions attendues à la fin du projet: Etat de fin de projet.		Conditions permettant de réaliser le but
Extrants	Ordre de grandeur des extrants Dates d'achèvement:		Conditions permettant de produire les extrants
Intrants	Calendrier d'exécution (type, quantité, coûts)		Conditions permettant de fournir les intrants

SOURCE: Adapté de "Guide for the Use of the Logical Framework Approach in the Management and Evaluation of CIDA's International Development Projects". Direction de l'évaluation, Agence canadienne de développement International, 1981.

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Connaissances actuelles

Que l'information provienne de la revue de la littérature, du dépouillement des questionnaires ou de l'avis des experts invités ou consultés par téléphone, il semble y avoir un certain consensus dans l'appréciation des phénomènes reliés au relargage. Les points relevés les plus intéressants sont:

- le relargage en eau libre serait moins prononcé et moins dommageable que le relargage en milieu terrestre;
- à moins d'y être contraint, il est préférable de ne pas draguer des sédiments contaminés;
- des études sur les mécanismes du relargage de contaminants de matériaux dragués sont encore en cours et devraient, dans un proche avenir, fournir des outils permettant d'évaluer les quantités de polluants relâchés;
- les bioessais devraient être réalisés sur un cycle complet de la vie des organismes soumis aux polluants;
- les recherches devraient être entreprises sur la biodisponibilité des contaminants présents dans les sédiments et sur leur bioaccumulation et ce, dans le contexte du fleuve Saint-Laurent;
- l'approche écotoxicologique développée par la SPE a soulevé peu de réactions favorables.

- la méthode de spécification ne semble pas prometteuse à court terme et pour qu'elle le devienne, il faut, qu'elle soit accompagnée d'informations sur la biodisponibilité des polluants;
- le test d'élutriation est valable pour les contaminants solubles dans l'eau; son interprétation biologique est délicate, en regard des effets synergiques et antagonistes des polluants;
- les avis diffèrent quant à l'utilisation de l'information provenant de l'eau interstielle, cependant l'approche en voie de développement, basée sur la théorie de la répartition en équilibre, permettra d'intégrer son influence dans la définition de nouveaux critères d'évaluation de la qualité des sédiments;
- l'utilisation de sédiments contaminés pour la création d'habitats fauniques est acceptée mais il faut les maintenir sous eau pour éviter les problèmes causés par la transformation des sédiments lorsqu'ils viennent d'un milieu aquatique à un milieu terrestre;
- les critères d'évaluation de la qualité des sédiments sont reconnus difficilement défendables pour déterminer les impacts environnementaux des projets de dragage, car il tiennent compte seulement des concentrations totales de polluants et non de leur biodisponibilité;
- d'autres critères, basés sur la théorie de la répartition en équilibre, sont en voie de développement par l'EPA, pour mesurer les effets à long terme;
- les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique utilisés dans l'interprétation des tests d'élutriation, devraient être basés sur la toxicité aiguë (court terme) plutôt que sur les effets chroniques (long terme);

- il semble avoir consensus sur le fait que les conséquences environnementales lors des activités de dragage sont généralement minimales et que la recherche doit être orientée vers les impacts susceptibles d'être observés à long terme au site de disposition.

Recommandations

D'une manière générale, il est recommandé de réaliser un programme de recherche complémentaire de ceux déjà mis en place au Canada et/ou aux Etats-Unis, plutôt que de vouloir implanter un programme plus régional. Ceci est d'autant plus important que les budgets à allouer pour ce type de recherche peuvent être très élevés. La recherche mise en place devrait donc être intégrée à l'ensemble des projets de recherche sur le sujet.

. Programmes de recherche proposés

Le Tableau 4.3 récapitule les différents programmes de recherche proposés et présente pour chacun d'eux l'information relative aux différents paramètres étudiés; durée de la recherche, budget à allouer, source possible de financement et organismes susceptibles de réaliser le programme.

Il indique également dans quelle mesure ces programmes de recherche seraient susceptibles de répondre aux questions soulevées par Environnement Canada tout en précisant le niveau de consensus observé.

Par consensus, il serait toutefois bon de rappeler, que les programmes proposés ont été élaborés par ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. sur la base de l'ensemble du processus de consultation.

. Démarches à entreprendre

En ce qui a trait à la connaissance des mécanismes de relargage, bien que l'on ne recommande pas d'études fondamentales immédiates sur le sujet vu que d'importants travaux sont en cours actuellement et que les résultats vont être publiés dans un proche avenir, il serait opportun qu'Environnement Canada garde contact avec les personnes consultées. Mentionnons entre autres, le Dr. Jenne (Batelle), les Dr. Allen, Cowen, Di Toro, McFarland, Landin, McKay, Peddicord et Zarba qui ont émis le souhait de rencontrer les personnes ressources d'Environnement Canada et échanger de l'information sur tous sujets reliés au dragage. Les Drs. Allen et Di Toro sont plus spécialement recommandés pour les questions relatives aux mécanismes de relargage. Ces derniers ainsi que le Dr. McKay s'étaient d'ailleurs proposés pour discuter des résultats de l'étude avant que celle-ci soit soumise à Environnement Canada. Il en est de même pour le Dr. Cowen, de Batelle, spécialiste dans les aspects techniques dans le développement des nouveaux critères d'évaluation de la qualité des sédiments.

TABLEAU 6.1: RECAPITULATION DES RESULTATS ESPERES ET IMPLICATIONS INSTITUTIONNELLES ET BUDGETAIRES DES PROGRAMMES DE RECHERCHE PROPOSES

PROGRAMMES DE RECHERCHE PROPOSES	REPOSES AUX QUESTIONS SOULEVEES PAR LE MANDAT Δ								CONSENSUS SCIENTIFIQUE			DUREE DE LA RECHERCHE			MONTANT A ALLouer APPROXIMATIF (\$)				SOURCE POSSIBLE DE FINANCEMENT					ORGANISME DE RECHERCHE				PRIORITE DE RECHERCHE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	LITTERATURE	GROUPE D'EXPERTS	QUESTIONNAIRE	COURT TERME	MOYEN TERME	LONG TERME	< 50 000\$	50 000 \$ 100 000\$	100 000 \$ 500 000\$	> 500 000\$	PRIVE	FEDERAL		PROVINCIAL		UNIVERSITE	CONSULTANT	LABORATOIRE RELEVÉ	GOUVERNEMENTAL		
																				ENV. CANADA	AUTRES MINISTÈRES	ENV. QUEBEC	AUTRES						
1. Influence de la présence et du remaniement des sédiments contaminés sur le benthos (in situ)		X	X			X			X	X	X	X	X				X		X	X				X	X			X	3
2. Modèles simplifiés de calcul de la zone de dilution	X								X			X			X						X			X	X			X	5
3. Validation pour le St-Laurent des critères de qualité des sédiments de l'EPA	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X				X			X	X	X	X			X		X	1
4. Sélection des bioessais recommandés pour les projets de dragage					X	X			X	X	X	X			X					X	X	X	X			X		X	4
5. Création d'habitats fauniques à partir des résidus de dragage contaminés ou non		X	X			X	X	X	X	X	X		X				X		X	X	X	X	X			X		X	2
6. Autres recherches complémentaires																													
a) Développement de laboratoires privés			X	X	X	X			X	X		X			X					X			X			X	X	X	D
b) Revue des critères d'évaluation de qualité de l'eau	X	X	X	X	X				X			X			X					X			X		X	X		X	C
c) Tests de lixiviation adaptés aux résidus de dragage		X	X	X	X		X		X				X		X					X			X		X	X		X	A
d) Essais de recouvrement de sédiments contaminés							X		X			X	X			X				X			X		X			X	B

Δ : Les différents sujets à traiter (1 à 8) sont détaillés au Tableau 4.1

* : La durée du court terme est évalué à 1 à 2 ans.

** : Le moyen terme signifie 3 à 5 ans.

*** : Le long terme implique une durée de > 5 ans.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, K.O. and J.W. Hardy, 1980.
"Impacts of Navigational Dredging on Fish and Wildlife:
 A Literature Review." U.S. Dept. Interior, Office Biological
 Serv., Fish and Wildlife Serv., Washington, Publ. FWS-085-
 80/07, 82 p.
- André Marsan et Associés Inc., 1985.
Etude sur les voies de solution au problème des sédiments
 contaminés dans le lac Saint-Louis et le bassin La Prairie,
 (Annexes). Rapport préparé par le Secrétariat Archipel, 99 p.
- Anonyme, 1980
Background document, in support of the 404(b) (1) guidelines
 for testing and evaluation. Referenced in the preamble to
 the proposed rule, Federal Register (Vol. 45, no. 249,
 page 85361), 17 p.
- Baasel W.D., 1985.
Economic methods for multipollutant analysis and evaluation.
 Pollution engineering and technology/25. Marcel Dekker Inc.
 Ed., New York, 339 p.
- Baumgartner, D.J., D.W. Schultz and J.B. Carlin, 1978.
"Aquatic Disposal Field Investigations, Duwamish Waterway
 Disposal Site, Puget Sound, Washington". U.S. Army Eng.
 Wat. Exp. Stn., Vicksburg, Tech. Rept. D-77-24.
- Beak, Les Conseillers Limitée, 1981.
Etude des répercussions environnementales dues au dragage et
 à l'élimination des déblais aux installations portuaires de
 l'Alcan, à La Baie, Baie des Ha! Ha!, Québec. Rapport pré-
 paré pour La Société Alcan Ltée, Québec, 122 p.
- Beak, Les Conseillers Limitée, 1984.
Etude d'impact sur l'environnement: Projet de dragage d'en-
 tretien aux installations portuaires à Alcan à Ville de La
 Baie, et d'élimination des déblais dans la Baie des Ha! Ha!.
 Rapport préparé pour la Société Alcan Ltée, Québec, 94 p.
- Bernard, W.P., 1978.
Prediction and control of dredged material dispersion around
 dredging operations. Waterways Experiment Station, U.S.A.
 Army Corps of Engineers, Technical Report, DS-78-13.
- Blom, B.E. et al., 1976.
"Effect of Sediment Organic Matter on Migration of Various
 Chemical Constituents During Disposal of Dredged Material".
 U.S. Army Eng. Wat. Exp. Stn., Vicksburg, Contract Rept.
 D-76-7.

- Brannon, J.M., R.H. Plumb Jr and I. Smith, 1978.
Long-term release of contaminants from dredged material.
Technical Report D-78-49 prepared by U.S. Army Engineer
Waterways Experiment Station, Environmental Laboratory,
Vicksburg, Miss., 87 p.
- Brannon, J.M., 1978.
"Evaluation of Dredged Material Pollution Potential." U.S.
Army Engineer Waterways Experimental Station, Tech. Rept.
DS-78-6.
- Brannon, J.M. et al., 1974.
"Distribution of Manganese, Nickel, Zinc, Cadmium and Arsenic
in Sediments and in the Standard Elutriate." U.S. Army Eng.
Wat. Exp. Stn., Vicksburg, Misc. Pap. D-76-18.
- Brannon, J.M., Hoeppel, R.E., Smith, I. and Gunnison D., 1986.
Long-term effectiveness of capping in isolating duck kills
sediment from biota and the overlying water, U.S. Army Corps
of Engineer, WES, Vicksburg, 13 p. et annexes.
- Burks, S.A. and R.M. Engler, 1978.
Water quality impacts of aquatic dredge material disposal
(laboratory, investigations). U.S. Waterways Experiment
Station, Springfield, Va., 35 p.
- Chen, K.Y. et al., 1976.
"Trace Metals in Open-water Disposal of Dredged Material."
J. Waterways, Harbors and Coastal Engineer, Division, ASCE,
102, WW4, p. 443-454.
- Connor, M.S., 1984.
Fish/Sediment concentration ratios for organic compounds.
Environmental Science and Technology, Vol. 18, no. 1,
p. 31-35.
- Cowen, Christina Dr., 1986.
Communication personnelle. Battelle Northwest Laboratory,
Richland, Washington.
- D'Angremond, K., J. Brakel and A.J. Hoekstra, 1978.
Assessment of certain european dredging practices and dredged
material containment and reclamation methods. Adriaan Volker
Dredging Company, Rotterdam. Technical Report D-78-58 pre-
pared for the U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station,
Environmental Laboratory, Vicksburg, Miss., 134 p.

Dillon, T.M., 1984a.

Biological consequences of bioaccumulation in aquatic animals: An assessment of the current literature. Technical report D-84-2, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 69 p.

Dillon, T.M., 1984b.

Effects of contaminated dredged material on aquatic communities - Documented long-term changes. Paper of the compilation report: Proceeding of a seminar on applications in water quality control held at Portland, Oregon, 31 January - 1 February 1984, p. 138-149.

Dillon, T.M. and Gibson, A.B., 1985.

Bioaccumulation and effects on reproduction in aquatic organisms: an assessment of the current literature. Miscellaneous Paper D-85-2, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 34 p.

Dillon, T.M. and Gibson, A.B., 1986.

"Bioassessment Methodologies for the Regulatory Testing of Freshwater Dredged Material; Proceedings of a Workshop," Miscellaneous Paper EL-86-6, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., pagination multiple.

Dolak, R.F.V., D.R., Calder and D.M. Knott, 1984.

Effects of dredging and open-water disposal on benthic macro-invertebrates in a South Carolina estuary. Estuaries, Vol. 7, no. 1, p. 28-37.

Environnement Canada, 1985.

Compte rendu de l'atelier sur le dragage, Québec, mars 1985. Service de la protection de l'environnement, Région du Québec. Recherche et Développement, Montréal, Québec, 139 p.

Environmental Protection Agency/Corps of Engineer, 1977.

Ecological evaluation of proposed discharge of dredged material into ocean waters. Implementation Manual for section 103 of the Public Law 92-532 (Marine protection, research and sanctuaries act of 1972). U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., pagination multiple.

Environmental Protection Agency, 1985.

Sediment Quality Criteria Development Workshop (November 28-30, 1984). Summary Report. Criteria and Standards Division Battelle, Washington, 25 p.

Farnworth, E.G. and al., 1979.

Impacts of sediment and nutrients on biota in surface waters of the United States. Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, Georgia, Part of the Report EPA-600/3-79-105, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, 10 p.

Flint, W.R. and G.J. Horefire, 1978.

"Elutriate Primary Productivity Bioassays of Dredged Spoil Disposal in Lake Erie". Wat. Resources Research, 14 (6): 1159-1163.

Folsom, B.L. Jr., C.R. Lee and D.J. Bates, 1981.

Influence of disposal environment on availability and plant uptake of heavy metals in dredged material. Technical Report EL-81-12, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Environmental Laboratory, Vicksburg, Miss., 158 p.

Folsom, B.L., Lee, C.R. and R.M. Engler, 1985.

Plant bioassays of dredged material, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Environmental Effects of Dredging, Technical Notes EEDP-02-1, 5 p.

Francinques, N.R. Jr., M.R. Palermo, C.R. Lee and R.K. Peddicord, 1985.

Management strategy for disposal of dredged material: contaminant testing and controls. Miscellaneous Paper D-85-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 40 p.

Fulk, R., Gruber, D. and Wullschleger, R., 1975.

Laboratory study of the release of pesticide and PCB materials to the water column during dredging and disposal operations, DRMP Work Unit 1C04. Contract Report D-75-6. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

Gambell, R.P., Khalid, R.A. and W.H. Patrick, 1978.

Disposal Alternatives for Contaminated Material As a Management Tool to Minimize Adverse Environmental Effects, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., Technical Report D7-78-8, 148 p.

Hoke, R.A. and G.L. Prater, 1980.

"Relationship of Per Cent Mortality of 4 Species of Aquatic Biota from 96-hour Sediment Bioassays of Five Lake Michigan Harbors and Elutriate Chemistry of the Sediments". Bull. Environ. Contaminant Toxicology, 25: 394-399.

- Jenne, E.A., D.M. DiToro, H.E. Allen and C.S. Zarba, 1986.
An activity-based model for developing sediment criteria for metals: Part I. A new approach. In proceedings of the international conference: Chemicals in the environment. Lisbon (1-3 July, 1986). Ed. J.N. Lester, R. Pevry and R.M. Sterritt. Selper Ltd, London, p. 560-568.
- Jenne, E.A. and S.N. Luoma, 1977.
Biological Implications of Metals in the Environment, R.E. Wildung and H. Drucker, ed., CONF-750929, National Technical Information Service, Springfield, Virginia, pp. 110-143.
- Jones, R.A. and G.F. Lee, 1978.
Evaluation of the elutriate test as a method predicting contaminant release during open-water disposal of dredged materials disposal; v. 1: Discussion / Environmental Chemistry, University of Texas at Dallas, Richardson, Tex., Vicksburg, Missl, Technical Report D-78-45, U.S., prepared for the U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Environmental Laboratory, Vicksburg, Miss., 283 p.
- Kadeg R.D., S.P. Paulan and A.S. Duxbury, 1986.
Elaboration of sediment normalization theory for non-polar hydrophobic organic chemicals. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Criteria and Standards Division, Washington, by Battelle, Washington D.C., 44 p. et annexes.
- Karickhoff, S.W., D.S. Brown and T.A. Scott, 1979.
Sorption of Hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Research, Vol. 13, p. 241-248.
- Kay, S.H., 1984.
Potential for biomagnification of contaminants within marine and freshwater food webs. Technical Report D-84-7, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 166 p.
- Kizlauskas, A.G. and D. Homer, 1984.
RCRA EP toxicity test applied to dredged material. Reprinted from Proceedings of the Conference Dredging '84, ASCE, Clearwater Beach, Fla., 1984, by U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, Illinois, p. 361-370.
- Krantzberg, G. and R.C. Bailey, 1983.
Report on the revision of MOE guidelines for open-water dredge spoils disposal. Institute for Environmental Studies, University of Toronto. Report prepared for Deo Persaud, chief of Environmental Assessment, Great Lakes Section, Ontario. Ministry of the Environment, Toronto, 60 p.

- Landin, Mary C., 1986.
Dredged Material Beneficial Uses, U.S. Army Corps of Engineer,
 Engineering and Design, Ref. EM-1110-2-5026, pagination mul-
 tiple.
- Landin, M.C., 1985.
Long-term monitoring of habitat developments sites, 1974 &
1984, Environmental Resources Division, U.S. Army Corps of
 Engineer, Information exchange bulletin, vol. D-85-3.
- Laskowski-Hoke, R.A. and B.L. Prater, 1981.
"Dredged Material Evaluations: Correlations Between Chemical
and Biological Evaluation Procedures." J. Wat. Poll. Contr.
 Fed., 53 (7): 1260-1262.
- Lee, G.F., Lopez J.M. and Mariani, G.M., 1976.
Leaching and bioassays studies on the significance of heavy
metal in dredged sediment. Univ. Texas tester for Env.
 Studies, Dallas, 68 p.
- Lee, G.F., 1976.
"Recent Advances in Assessing the Environmental Impact of
Dredged Material Disposal." Proc. of Wodcon VII, San Frans-
 cisco, p. 551-578.
- Lee, G.F. and G.M. Mariani, 1977.
"Evaluation of the Significance of Waterway Sediment-associa-
ted Contaminants on Water Quality at the Dredged Material
Disposal Site". In Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation,
 ASTM STP 634, Amr. Soc. for Testing and Materials, p. 196-213.
- Lee, G.F., P.A. Jones, F.Y. Saleh, G.M. Mariani and D.H. Homer, 1978.
Evaluation of the elutriate test as a method of predicting
contaminant release during open-water disposal of dredged
sediments and environmental impact of open-water dredged ma-
terial disposal. University of Texas at Dallas. Technical
 Report D-78-45, v. II, prepared for Office, Chief of Engi-
 neers, U.S. Army, Washington, D.C., 621 p.
- Lee, C.R., R.K. Peddicord, M.R. Palermo and N.R. Francinques, 1985.
Commencement Bay Nearshore/Tideflats Superfund Site, Tacoma,
Washington, Remedial Investigations. Decision making Frame-
work for Management of Dredged material Application to Commen-
cement Bay. Washington. U.S. Army Engineer Waterways Expe-
 riment Station, Vicksburg, Miss., M.S.

Lee, D., 1984.

Mobility of toxic materials in surface runoff and into plants.
Paper of the compilation report: Proceedings of a seminar on applications in water quality control held at Portland, Oregon 31 January - 1 February 1984, p. 191-197.

Luoma S.N. and G.W. Bryan, 1978.

J. Mar. Biol. Ass. U.K., 58, 793-802.

Leonard, R.P., 1984.

Chemical and bioaccumulation studies at Times Beach dredge disposal area, Buffalo, New York. Paper of the compilation report: Proceedings of a seminar on application in water quality control held at Portland, Oregon, 31 January - 1 February 1984, p. 212-221.

Levings, C.D., 1983

Les conséquences écologiques du dragage et de l'élimination des résidus du dragage dans les eaux canadiennes. Ministère des Pêches et des Océans Canada, Laboratoire de West Vancouver, B.C. Préparé pour le Conseil National de recherche Canada, 150 p.

Mac, M.J., C.C. Edsall, R.J. Hesselberg and R.E. Sayers Jr., 1984

Flow-through bioassay for measuring bioaccumulation of toxic substances from sediment. Report EPA-905/3-84-007, Great Lakes national program office, U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, Illinois, 17 p.

Mackay, D., 1982.

Correlation of bioconcentration factors. Environmental Science and Technology. Vol. 16, p. 274-278

Mackay, D. and A.I. Hughes, 1984.

Three-parameter equation describing the uptake of organic compounds by fish. Environmental Science and Technology. Vol. 18, p. 439-444.

Mc Farland, V.A., A.B. Gibson and L.E. Meade, 1984.

Application of physico-chemical methods to bioaccumulation from contaminated sediments. Steady-state from single time-point observations. Paper of the compilation report: Proceedings of a seminar on applications in water quality control held at Portland, Oregon, 31 January - 1 February 1984, p. 150-167.

Montgomery, R.L. and G.L. Raymond, 1982.

Overview of corps research program on dredging contaminated sediments. Paper of the Report: Management of bottom sediments containing toxic substances: Proceedings of the 8th U.S./Japan Experts Meetings. Tokyo, Japan. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., p. 381-402.

O'Connor, J.M. and O'Connor, S.G., 1983.

Evaluation of the 1980 capping operations at the experimental mud dump site, New-York Bight Apex, Technical Report D-83-3, prepared by New-York University Medical Center, New-York City, and Valley Ecosystems, Warwick, N.Y., for the U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, Miss., 76 p.

Palermo, M.R., 1986.

The field verification program containment area effluent quality, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Environmental Effects of Dredging, Information Exchange Bulletin, Vol. D-86-4, 10 p.

Palermo, M.R., 1985.

Predicting effluent quality from confined dredged material disposal areas, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Environmental Effects of Dredging, Information Exchange Bulletin, Vol. D-85-1, 4 p.

Peddicord, R.K. et al., 1978

Effects of suspended dredged material on aquatic animals. Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers, Technical Report, D-78-29.

Pierson, K.B. and al., 1983.

Biological testing of solid phase and suspended phase dredged material from Commencement Bay, Tacoma, Washington. Report AD-A156598, prepared by Fisheries Research Institute, University of Washington, Seattle, Wa., for U.S. Army Corps of Engineers, Seattle University, Wa., 59 p.

Piette, Audy, Bertrand, Lemieux et Associés, 1984.

Problèmes environnementaux des travaux de dragage. Revue et analyse de la littérature. Réalisé pour Québec, Ministère de l'Environnement, Service d'analyse des études d'impacts, Pagination multiple.

Plumb, R.H. Jr., 1981.

Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples. Great Lakes Laboratory, State University College at Buffalo, N.Y. Technical Report EPA/CE-81-1, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Corps of Engineers. Published by the U.S. Army Engineers Waterways Experimental Station, CE, Vicksburg, Miss., 403 p.

Pritchard, P.H., 1985.

Assessing the biodegradation of sediment associated chemicals. Report no. EPA-600-D-85-233, U.S. Environmental Protection Agency Gulf Breeze, Fl, 49 p.

Reuber, B., S. Paterson, D. Mackay and P. Stokes, 1984.

Aspects of the equilibria and transport of chemicals at the sediment-water interface. Paper prepared for the IJC Dredging Subcommittee Bioassessment Workshop, Ann Arbor, Michigan, Sept. 11-12, 1984, by the Institute for Environmental Studies, University of Toronto, Ontario, 21 p.

Rochon, R., 1985.

Problématique des activités de dragage: Revue de la situation et des méthodes, et détermination des secteurs de recherches prioritaires pour le Saint-Laurent. Rapport SPE 4/MA/1, préparé pour le Service de la protection de l'environnement, Région du Québec, Environnement Canada, 80 p.

Rogerson, P.F., Schimmel, S.C. and Hoffman, G., 1985.

Chemical and biological characterization of Black Rock Harbor dredged material, Technical Report D-85-9, prepared by U.S. Environmental Protection Agency, Narragansett, R.I., for the U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 123 p.

Rubinstein, N.I., W.T. Gilliam and N.R. Gregory, 1984.

Dietary accumulation of PCBs from a contaminated sediment source by a demersal fish species (Leiostomus xanthurus). Technical Report D-84-6, prepared by U.S. Environmental Protection Agency, Florida, for the U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 25 p.

Simmers, J.W., Rhett, R.G., Lee C.R. and R.M. Engler, 1986.

Upland animal bioassay of dredged material. U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station, Environmental Effects of dredging Technical notes, EEDP-02-2, 9 p. et annexes.

- Simmers, J.W., B.L. Folsom Jr., C.R. Lee and D.J. Bates, 1981.
Field survey of heavy metal uptake by naturally occurring saltwater and freshwater marsh plants. Technical Report EL-81-5, U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Environmental Laboratory, Vicksburg, Miss., 161 p.
- Shuba, P.J. et al., 1978.
Biological Assessment Methods to Predict the Impact of Open-water Disposal of Dredged Material. U.S. Army Engineers Exp. Stn., Vicksburg, Tech. Rept.
- Sorensen, D.L., MM. McCarthy, E.J. Middlebrooks and D.B. Porcella, 1977.
Suspended and dissolved solids effects on freshwater biota: A review. Report no. EPA-600/3-77-042, prepared by the Utah State University, Logan, for the Corvallis Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon, 64 p.
- Sustar et al., 1977
Dredged Disposal Study, San Francisco Bay and Estuary Main Report. U.S. Army Engineers, District San Francisco Corps of Engineers, 108 p.
- Tagatz, M.E., G.R. Plaia and C.H. Deans, 1985.
Responses of macrobenthos colonizing estuarine sediments contaminated with drilling mud containing diesel oil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 35, p. 112-120.
- U.S. Army Engineer Water Resources Support Center, 1985a.
Management of bottom sediments containing toxic substances: Proceedings of the 9th U.S./Japan experts meeting. Jacksonville, Florida. Thomas R. Patin, Editor. Water Resources Support Center, Fort Belvoir, Virginia, 244 p.
- U.S. Army Engineer Water Resources Support Center, 1985b.
Management of bottom sediments containing toxic substances: Proceedings of the 10th U.S./Japan experts meeting. Kyoto, Japan, Thomas R. Patin, Editor. Water Resources Support Center, Fort Belvoir, Virginia, 414 p.
- U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.
Environmental effects of dredging technical notes. U.S. Army Corps of Engineers, Environmental Laboratory, Vicksburg, Miss. (6 notes), 52 p.

Vigneault, U. et al., 1978

Plan d'utilisation des matériaux dragués dans le fleuve
St-Laurent. Annexe no. 6, préparé par la Direction régionale
des Eaux intérieures, Env. Can., pour le Comité d'étude sur le
St-Laurent.

Wyeth, R.K. and R.A. Sweeney, 1978.

Aquatic Disposal Field Investigation, Ashtabula River Disposal
Site, Ohio. U.S. Army Eng. Wat. Exp. Stn., Vicksburg, Tech.
Rept. D-77-42.

Zarba, Christopher, 1986

Communication personnelle. Environmental Protection Agency,
Criteria and Standards Division, Washington, D.C.

ANNEXE 1: RESUME DES DISCUSSIONS LORS
DE LA RENCONTRE D'UN GROUPE
D'EXPERTS EN RELARGAGE DE
SEDIMENTS CONTAMINES

ANNEXE 1

RESUME DES DISCUSSIONS LORS DE LA
RENCONTRE D'UN GROUPE D'EXPERTS EN RELARGAGE
DE SEDIMENTS CONTAMINES

DATE: Le 27 février 1986

LIEU: Bureaux de André Marsan et Associés Inc.,
615 rue Belmont,
Montréal, Québec, H3B 2L8

ETAIENT PRESENTS: Dr. R.K. Peddicord, U.S. Army Engineer
Experiment Station (WES), Vicksburg,
Mississippi, U.S.A.

Dr. Jean-Baptiste Sérodes,
Université Laval, Québec

M. Persaud, Ontario Ministry of the Environment,
Toronto

M. Jean-René Michaud,
André Marsan et Associés Inc.

Dr. Arlette Petitpas,
André Marsan et Associés Inc.

A.1.1 Aspects techniques

Le but de la réunion était essentiellement de contribuer à orienter un éventuel programme de recherche sur la compréhension des mécanismes de relargage des contaminants présents dans les sédiments de fond en conditions naturelles et pendant les opérations de dragage. Les aspects légaux entourant le dragage ont également été abordés lors de la rencontre et furent placés dans la dernière partie du présent résumé.

Bien qu'on ait accepté d'emblée la nécessité d'étudier tous les processus de relargage des contaminants lors d'opérations de dragage et de disposition des sédiments, on a également mentionné que les effets du dragage sont temporaires alors que ceux de la disposition risquent de se produire à long terme.

Monsieur Peddicord pense qu'on a fait une grave erreur dans la législation américaine en créant une Loi sur la qualité de l'air et une Loi sur la qualité de l'eau, sans toutefois légiférer sur la qualité de l'environnement dans son ensemble.

Monsieur Peddicord a rapidement fait état des efforts de plusieurs années de recherche du Waterways Experiment Station (WES) sur les matériaux de dragage, débuté en 1972. Les budgets alloués totalisent à présent 100 millions de dollars et se continuent.

On a surtout cherché dans ce programme, à définir le problème. Dans les premières années, des recherches ont surtout porté sur les impacts à court terme du remaniement par dragage des sédiments de fond contaminés. Dans les dernières années, les efforts ont surtout porté sur les effets à long terme de la disposition en milieu aquatique et sur la compréhension des mécanismes de relargage.

On a, selon lui, étudié les mécanismes depuis les trois dernières années seulement, et investi 1,5 million de dollars sur les 100 millions déjà consacrés depuis le milieu des années 1970. Le U.S. Army Corps of Engineers investit plus de 2,5 millions de dollars annuellement dans des programmes reliés aux contaminants.

Monsieur Peddicord indique que le U.S. Army Corps of Engineers distingue les processus de dragage et de disposition. Ils considèrent que l'enlèvement des sédiments contaminés et son transport à un autre site provoque un effet à court terme, par contre, la disposition du matériel aurait un effet à long terme. Selon eux, le dragage est temporaire et la disposition permanente.

Monsieur Persaud pense que les effets du dragage sont locaux, ceux de la disposition préoccupants et que les effets biologiques sont les plus importants.

Messieurs Sérodes et Persaud mentionnent qu'il est important de définir les expressions sédiment propre et sédiment contaminé avant d'étudier les impacts environnementaux reliés aux activités de drage.

Monsieur Peddicord souligne par ailleurs que l'on devrait, règle générale, examiner spécifiquement les mécanismes de relargage à long terme des sédiments déposés au site de disposition, de préférence aux problèmes à court terme.

On mentionne à cet effet que la dilution sur quelques heures de la charge en suspension a moins d'impact sur le sédiment mis en place au lieu de disposition même. L'impact le plus important de disposition des sédiments se fait sentir au niveau des organismes benthiques.

On devra aller plus loin que comparer des concentrations totales de contaminants dans des sédiments et faire de difficiles déductions. Il est nécessaire de comprendre les mécanismes de libération des contaminants des sédiments.

En réponse à la question: est-il nécessaire d'investir davantage des fonds dans la recherche fondamentale sur les mécanismes de relargage des polluants de sédiments contaminés? Monsieur Peddicord rappelle que l'EPA a dépensé près d'un million et demi de dollars pour étudier les mécanismes.

Il conclut en disant qu'en ce qui concerne les métaux et les composés organiques non polaires, il s'attend à des résultats dans un délai maximum de deux ans mais que, à sa connaissance, rien n'a encore été entrepris pour les substances organiques polaires.

Monsieur Peddicord considère que la recherche effectuée depuis les deux dernières années indique la voie à suivre pour les fonds de recherche disponibles afin qu'ils soient mieux utilisés.

Selon Monsieur Peddicord, les facteurs les plus importants à étudier pour évaluer les impacts potentiels d'un projet de dragage sont:

- . la concentration totale en composés organiques;
- . la concentration de particules en suspension;
- . la concentration du contaminant;
- . la température.

Madame Petitpas a souligné par ailleurs que les zones principales d'intervention, dans le cadre du programme de recherche à mettre sur pied, devront être choisies premièrement dans les régions problématiques. Elle a, de plus, indiqué que toutes les voies de recherche sont ouvertes, bien que les restrictions budgétaires soient en fin de compte le facteur limitatif. On ne souhaite pas recommencer les recherches déjà en cours ailleurs. Il faut intégrer la recherche à entreprendre par Environnement Canada à celle des autres chercheurs afin de parfaire la connaissance.

M. Persaud mentionne que néanmoins, le dragage ne change pas la nature physico-chimique du sédiment placé dans un environnement spécifique. Un sédiment habituellement déplacé d'un milieu réducteur (sous eau) et placé dans un autre milieu réducteur similaire ne subit aucune perturbation de cette nature. Il croit, de plus, qu'en fonction des résultats d'études effectuées dans les Grands Lacs, les changements biologiques à long terme sont les plus significatifs.

M. Peddicord croit qu'on doit s'efforcer de comprendre les implications les plus significatives du dragage, soit les implications biologiques (surtout celles à long terme). Cette tendance dans le déplacement de la recherche d'une base chimique à biologique (bioessais, toxicité) est évidente depuis le Ocean Dumping Act de 1977 (U.S.A.), lequel ne requiert plus d'analyses chimiques proprement dites. Il suggère d'étudier en premier les principaux aspects chimiques et biologiques des sédiments et des organismes analysés, puis dans un second temps effectuer des analyses plus raffinées afin de bien comprendre les éléments de base du problème.

Il appert qu'on ne s'est attardé ici qu'aux bioessais de courte durée. On devra à l'avenir effectuer des essais qui montreront les effets des contaminants à long terme. Ces essais devront mesurer un cycle complet de la vie des organismes analysés; on pourrait par exemple mesurer les effets des contaminants sur les changements relatifs à la reproduction, comme les modifications du métabolisme et le taux de croissance intrinsèque d'une population d'organismes à court cycle de vie; des statistiques démographiques peuvent ensuite être utilisées pour suivre les effets des essais sur une courte période. En ce qui a trait aux types d'espèces à étudier, il faut fixer son choix sur une espèce relativement sensible; cependant, M. Peddicord suggère de réaliser le test simultanément sur une espèce déjà mentionnée dans la littérature, afin d'avoir un point de comparaison entre les résultats obtenus et ceux qui sont publiés.

Les difficultés d'extrapolation des bioessais effectués en laboratoire aux conditions réelles sur le terrain ont été soulignées. Les bioessais réalisés en laboratoire, même sur les espèces provenant du site des travaux, sont généralement effectués dans des conditions bien contrôlées alors qu'elles varient sensiblement au site des travaux. Il est important de souligner que les processus biologiques et géochimiques ne dépendent généralement pas des espèces ou de leur localisation. Les résultats de ces bioessais ne sont que des indicateurs d'un potentiel de biodisponibilité, spécialement si l'on choisit pour les expériences des espèces relativement sensibles, comme par exemple, une truite arc-en-ciel.

M. Peddicord conclut à ce sujet que "les différences de bioaccumulation des contaminants entre les prédateurs et les proies ne sont pas si évidentes que prévues".

M. Peddicord a également parlé des essais de bioaccumulation qui s'étendent sur 60 ou même 90 jours, en échantillonnant des organismes séquentiellement et en analysant leur chair. Il indique que l'extraction séquentielle est utile uniquement si on peut la relier à la biodisponibilité. C'est un domaine de recherche fondamental qui, selon M. Sérodes, semble peu utile aux projets de dragage.

Il ajoute également que des essais comparatifs du "taux" de bio-accumulation dans des organismes ont par ailleurs été effectués à l'aide d'échantillons de sédiments prélevés à New York; l'un provenait de matériel dragué et l'autre, d'un site extérieur aux opérations de dragage et de disposition. Un niveau de concentration de référence a pu ainsi être établi, mais ce niveau est variable et ne constitue qu'une solution intérimaire. Néanmoins, quelques recherches ont débuté sur l'effet et la réponse biologique de certaines espèces d'organismes au cadmium et au mercure. On compte par la suite le nombre d'individu de la génération suivante. Ce n'est pas une méthode infaillible mais indicative des effets sur la reproduction selon M. Peddicord.

M. Michaud souligne, qu'au Québec, il n'y a pas de laboratoires en mesure d'effectuer ce genre d'essais hormis ceux d'Environnement Canada. M. Persaud mentionne que le même problème existait en Ontario, mais que des laboratoires sont maintenant opérationnels. Le même phénomène a été observé aux Etats-Unis. Des laboratoires privés bien équipés se sont progressivement installés pour répondre à la demande de bioessais requis lors des opérations de dragage.

M. Peddicord discute des problèmes du BPC dans les sédiments et présente une manière de les évaluer si l'on connaît la concentration des BPC dans les lipides des organismes étudiés. Des tests ont permis de déterminer la solubilité des BPC dans l'eau et surtout dans les lipides et de mesurer le coefficient de partage entre ces milieux. Ceci permet de déterminer la concentration des BPC dans les lipides. La concentration de BPC par rapport au COT (composés organiques totaux) peut se calculer selon la concentration en BPC dans les lipides:

$$\text{BPC/COT} \approx \frac{\text{BPC/Lipides}}{2}$$

Si l'équilibre de répartition des BPC entre les deux phases est parfait

M. Peddicord souligne par ailleurs qu'un accroissement des COT augmente la concentration d'un contaminant dans le sédiment. Une concentration plus élevée signifie une plus grande disponibilité.

Il discute, par ailleurs, d'essais de prédiction de résultats de différentes méthodes de disposition et leurs effets en comparant les prédictions effectuées en laboratoires avec les échantillons de terrain. Les résultats commencent à arriver. D'autres essais (par exemple, des essais de calculs de thermodynamique) sont en cours et visent à déterminer des coefficients de partition entre le sédiment, l'eau et l'environnement.

M. Peddicord suggère de plus une approche à l'étude de la bioaccumulation sur une base de calculs permettant de pouvoir prendre une décision rapidement et à moindre coût. Il cite en exemple les contaminants organiques non polaires qui se comportent dans les sédiments comme s'ils étaient dissous dans les lipides de l'eau ou des composés organiques totaux (COT) en disant que l'affinité de ces substances pour les COT égale celle des lipides. Une équation tenant compte des COT, des solides dissous, des lipides et de certaines caractéristiques de l'animal testé permettrait, selon M. Peddicord, de calculer l'accumulation de polluants dans un organisme avec une précision suffisante à condition de contrôler la quantité de solide en suspension. Des expériences similaires sont en cours avec les métaux. Ce type de recherche est prometteur et mériterait des fonds supplémentaires.

Toutefois, les recherches indiquent que la bioaccumulation des métaux est très variable, comparativement aux contaminants organiques.

Selon Monsieur Sérodes, la présence de métaux méthylés dans le sédiment aurait un impact négatif plus important que les mêmes métaux non méthylés dans le même sédiment. M. Peddicord répond que des essais de méthylation, notamment sur le mercure, sont actuellement en cours.

M. Persaud note de plus que la granulométrie peut jouer un grand rôle dans la fixation des contaminants et par conséquent aussi dans le relargage, notant que les sédiments fins ont un grand pouvoir de sorption.

M. Persaud a par la suite souligné le besoin de standardiser les méthodes, les séquences et les techniques d'analyse en soulignant qu'elles ne sont pas toujours adéquates et suggère l'utilisation du Red Book de l'EPA, bien que la comparaison des tests entre les différents laboratoires reste difficile.

M. Peddicord pense, quant à lui, que la standardisation est définitivement importante, mais que les fonds consacrés à la recherche ne devraient pas être dépensés dans le but unique de standardiser les méthodes. Il pense, de plus, qu'on ne devrait pas trop mettre l'emphasis sur les tests d'élutriation pour vérifier les effets sur la colonne d'eau. En effet, ce test ne serait pas valable pour les substances très peu solubles dans l'eau (BPC) car il nécessiterait des volumes d'eau beaucoup trop considérables. M. Persaud a rappelé, par ailleurs, qu'on devra, pour les bioessais et les études de bioaccumulation, insister entre autres sur le choix adéquat d'éléments nutritifs et des organismes clés.

Messieurs Persaud et Michaud estiment que l'on a besoin de critères quantitatifs pour orienter les décisions. M. Michaud mentionne que les décideurs fédéral (Environnement Canada) et provincial (ministère de l'Environnement du Québec) ont besoin de critères

sur la qualité des sédiments, la qualité de l'eau et la bioaccumulation pour répondre aux demandes d'approbation des projets.

M. Michaud mentionne que dans le passé, ces ministères ont utilisé les critères de Vigneault, similaires à ceux de l'EPA (Région V) pour déceler si oui ou non un promoteur peut disposer des sédiments de dragage contaminés en eau libre. Maintenant que l'on considère que ces critères de qualité de sédiments basés sur une concentration totale ne sont pas des indicateurs de biodisponibilité et que la recherche montre que la disposition du même sédiment dans un environnement terrestre peut impliquer des impacts plus importants, ces critères ne sont plus utilisés, sauf à titre d'indicateur des problèmes potentiels. On procède actuellement à une analyse site par site ayant pour principe la non dégradation du milieu. Afin de donner une approbation ou un refus pour des projets de dragage, les spécialistes ont besoin de critères valables pour donner une indication des dangers environnementaux potentiels: degré de contamination du sédiment, critère de changement de qualité de l'eau à court terme et bioaccumulation. Actuellement, la plupart des critères disponibles ne sont pas valables pour les projets de dragage ou bien n'existent pas encore.

M. Sérodes suggère que la région de Québec devienne la première aire spécifique de recherche, en soulignant toutefois qu'il n'existe pas de laboratoires spécialisés dans les bioessais outre celui d'Environnement Canada et d'Environnement Québec et que très peu de suivis de projets de dragage ont été réalisés jusqu'à présent.

Il aimerait avoir l'information sur la nature et la quantité des différents polluants présents dans le Saint-Laurent et suggère la création de laboratoires ou d'agences gouvernementales pour effectuer les bioessais.

M. Sérodes propose de considérer les sédiments comme une ressource plutôt qu'un problème. Il suggère de mettre l'emphasis sur l'utilisation des sites de disposition en proposant par exemple l'agrandissement de marécages. Il y a un besoin d'investir de l'argent dans cette sorte de projet. Très souvent, selon lui, le promoteur serait prêt à contribuer financièrement à la création d'habitats fauniques parce que son projet ne serait plus uniquement vu en termes d'impacts mais également comme ressource bénéfique pour l'environnement.

En réponse à l'intervention de M. Sérodes, M. Peddicord mentionne qu'aux Etats-Unis on a effectué des essais d'utilisation de matériaux dragués pour en faire des briques, des digues d'étang à crevettes, ou de les utiliser comme matériau de remplissage ou de recouvrement de trou de mines, mais souligne-t-il, ces sédiments doivent être assez propres et prêts de la zone d'utilisation afin d'éviter des coûts de transport prohibitifs. Les sédiments doivent de plus être mis en place sous eau afin d'éviter leur oxydation, une baisse du pH et créer d'autres problèmes. M. Persaud note que des essais d'utilisation de matériaux dragués ont aussi été tentés à Toronto, mais que ceux-ci étaient rarement valables, en raison des faibles volumes impliqués et de la contamination des sédiments.

Monsieur Sérodes propose ensuite comme avenue de solution pour le Saint-Laurent de:

- 1) utiliser la proportion de COT dans le sédiment pour déterminer l'action toxique;
- 2) ne pas développer de nouveaux bioessais mais perfectionner ceux qui existent;
- 3) mettre plus d'emphasis sur la responsabilité du pollueur.

- 4) mettre plus d'emphasis sur le lieu de disposition que sur le site de dragage.

M. Peddicord estime qu'il est souvent plus dommageable de disposer des sédiments contaminés sur terre que dans l'eau.

Tous les participants sont d'avis qu'il faut aussi poursuivre les recherches fondamentales sur les mécanismes tout en s'assurant qu'il s'agit de sujets complémentaires; il ne faut pas vouloir redécouvrir la roue et tout recommencer à zéro. M. Peddicord mentionne le nom de différents spécialistes dans ce domaine qu'il faudrait consulter pour déterminer l'état **actuel** de la connaissance à ce sujet.

A.1.2 Aspects légaux

M. Sérodes indique qu'il serait préférable de dépenser l'argent disponible pour éliminer les sources de pollution plutôt que pour la compréhension des mécanismes.

Il ne comprend pas pourquoi la réglementation est similaire dans le cas d'un port utilisé par une compagnie qui peut être responsable de la contamination des sédiments et des agences gouvernementales qui sont chargées d'entretenir les ports.

M. Sérodes mentionne que des compagnies privées utilisent leur propre port comme site de disposition et souligne le besoin de différencier les "contaminants" domestiques des contaminants industriels privés. Les industries devraient être forcées de confiner leurs activités à leur propriété, mais selon lui, le gouvernement provincial ne fournit aucun appui à cet égard.

M. Peddicord mentionne que le Corps of Engineers n'est pas chargé d'assainir l'environnement, mais plutôt de maintenir les voies navigables ouvertes, si nécessaires par dragage.

MM. Sérodes et Persaud ont discuté des difficultés de faire agir les autorités locales et M. Peddicord a mentionné que les décisions doivent être prises par les autorités locales, car ces problèmes sont sous leur responsabilité financière. M. Sérodes a souligné l'absence de loi en cette matière. M. Persaud indique que la loi des pêches offre une certaine protection à cet égard et qu'Environnement Canada doit donner son accord à tout projet de dragage.

M. Peddicord souligne de plus qu'aux Etats-Unis les compagnies qui demandent des permis de dragage doivent effectuer des analyses pour établir des preuves qu'il n'y aura pas de problèmes supplémentaires induits par le dragage. L'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) procède aux mêmes analyses que la compagnie pour comparaison.

Messieurs Peddicord et Persaud sont d'avis qu'il faudrait effectuer une évaluation, cas par cas, sur la base d'une seule réglementation.

M. Peddicord suggère qu'on devrait réglementer sur la base des effets contaminants dans l'environnement plutôt que sur leur présence.

Madame Petitpas conclut qu'Environnement Canada souhaite et a besoin de réponses à court et moyen termes. Le programme de re-

cherche vise à répondre à la question: oui ou non le sédiment contaminé constitue-t-il un danger pour l'environnement aquatique lors des opérations de dragage? M. Michaud ajoute que le défi de ANDRE MARSAN ET ASSOCIES INC. est de définir un programme de recherche sur le dragage en continuité ou en complément des recherches réalisées et en cours du U.S. Army Corps of Engineers, qui ont déjà coûté des millions de dollars, en plus de celles du ministère de l'Environnement de l'Ontario, en regard des sommes d'argent qui pourraient être disponibles chez Environnement Canada.

ANNEXE 2: SYNTHESE DE DEPOUILLEMENT
DES QUESTIONNAIRES

ANNEXE 2SYNTHESE DU DEPOUILLEMENT
DES QUESTIONNAIRES

Sur 39 questionnaires envoyés à la communauté scientifique, trois nous ont été retournés car les titulaires avaient changé d'adresse, cinq scientifiques nous ont répondu et un autre nous a mentionné qu'il ne répondrait pas, faute de temps. Suite à un rappel téléphonique, les autres récipiendaires nous ont fait savoir que leurs activités professionnelles ne leur permettaient pas de répondre dans les délais (fin février), mais que nous devrions sous peu recevoir leurs commentaires.

Malheureusement, depuis de temps, seulement trois autres questionnaires nous sont parvenus.

L'Annexe 3 contient les informations recueillis lors du dépouillement de huit questionnaires. On y a également inclus l'information provenant de divers articles récents sur le sujet.

Comme certains répondants ont exprimé des opinions personnelles, nous avons, pour respecter leur confidentialité, omis leurs noms.

A.3.1 Analyses physiques du sédiment

L'importance de la taille des particules en rapport avec le potentiel de contamination d'un sédiment est reconnue. Cette relation est toutefois strictement relative et absolument spécifique à chaque site.

Il faut procéder à une évaluation physique du matériel à draguer en vue d'établir initialement:

- le potentiel des contaminants retenus;
- le potentiel de génération de turbidité;
- le potentiel de modification de l'habitat faunique (benthos).

Certains problèmes relatifs à l'analyse physique du sédiment sont soulignés. On peut mentionner le manque de méthodes standardisées, la confusion due à l'usage de définitions opérationnelles "argile silteuse", le manque de données in situ, etc. Il ne semble pas exister de modèles de relation de type quantitatif permettant de prédire les niveaux des différents contaminants dans les sédiments en fonction de leur granulométrie. D'autres problèmes sont notés au niveau de la récolte des échantillons.

Il est aussi recommandé de raffiner les techniques de fractionnement. Ceci permettrait de réaliser les analyses chimiques ultérieures sur des sédiments de granulométrie donnée et de ce fait assurerait une comparaison plus valable des résultats obtenus.

Une attention spéciale sera portée aux sédiments fins, car ils ont un pouvoir de rétention des contaminants beaucoup plus élevé. Il

faut cependant rappeler que, pour une dimension donnée de particules, l'adsorption sur le sédiment varie en fonction de la nature chimique de ce dernier.

A.3.2 Analyse des concentrations totales

En ce qui a trait à l'analyse des concentrations totales, il semble important de distinguer les contaminants inorganiques et organiques.

- 1) Dans le cas des métaux, le dosage du métal trace est intéressant. Cependant, les extractions partielles fournissent de meilleures informations. Le type de digestion ou lessivage des métaux doit être bien choisi, il ne doit en aucun cas être poursuivi jusqu'à la dissolution complète de la matrice cristalline.

Ces analyses sont relativement faciles et au point. Il est recommandé d'utiliser les techniques déjà éprouvées plutôt que d'en développer de nouvelles. Il est cependant suggéré de séparer les fractions granulométriques avant de procéder à l'analyse des échantillons.

Les analyses de concentrations totales seraient utiles pour établir une cartographie de "contaminants présents" dans le fleuve Saint-Laurent.

- 2) Dans le cas des composés organiques, il faut procéder à des extractions et tester les différents polluants (exemple: les 126 polluants prioritaires de l'EPA).

Les composés organiques ont fait l'objet de moins de recherches que les métaux. Ces composés sont aisément fixés aux sédiments fins, ce qui réduit leur biodisponibilité.

L'extraction de ces produits à l'aide de solvants autres que l'eau semble être la technique donnant la meilleure indication de leur biodisponibilité.

Lorsque avec le même solvant la concentration des contaminants n'est pas plus élevée dans le matériau dragué que dans le matériau du site de dépôt, la disposition peut être réalisée sans problème, si la concentration des contaminants est plus élevée; dans le sédiment dragué, il est suggéré de faire des bioessais (M.E.O.).

Critique

L'analyse des concentrations totales surestime surtout les métaux. Ceux-ci, liés aux particules fines sont rarement biodisponibles.

A.3.3 Analyses de spéciation des métaux

Selon certains auteurs, ce type d'analyse serait utile dans très peu de cas de dragage, selon d'autres, inutile.

La spéciation est avant tout une méthode de séparation. Bien que plus précise que la mesure des concentrations totales, cette technique ne peut cependant donner, à elle seule, l'information sur la fraction biodisponible. Elle permet seulement de mesurer les fractions métalliques libérées mais non de mesurer les fractions de métaux accessibles aux organismes.

L'utilisation de la spéciation serait seulement d'ordonner le potentiel de libération d'une fraction métallique d'un site à l'autre. La mesure des fractions en fonction de la profondeur et du temps pourrait révéler d'où et quand origine la contamination. Rappelons à cet effet que le comportement des fractions change dans l'eau.

Une certaine utilité biologique à l'égard des mécanismes de transfert sédiment/eau et sédiment/organisme est reconnue via les bio-essais benthiques à court terme et long terme:

- taux et concentration (potentiel d'accumulation);
- taux et disponibilité.

Si des relations étroites et générales sont trouvées, celles-ci pourront devenir un outil prévisionnel.

Certaines personnes posent de sérieuses réserves quant à l'utilité de ce test d'extraction sélective. Ce dernier ne fournirait aucune information de valeur pratique, puisque les conditions d'extraction n'existent pas dans la nature. Quel type de milieu d'extraction doit-on utiliser? Le choix reste difficile, car la forme d'association sédiment-contaminant de départ est inconnue et le test ne le révèle pas.

Critique

- 1) La fraction biodisponible des métaux n'est pas connue, et le test de spéciation ne peut la fournir. Le fractionnement fournit cependant une meilleure estimation des contaminants dissous dans l'eau interstitielle. A cet effet, les métaux faiblement liés aux particules se retrouveront davantage sous forme dissoute dans l'eau.
- 2) Un prérequis essentiel fait encore défaut. En effet, la quantité de métal dans le sédiment par rapport à la quantité de métal disponible pour l'organisme n'est pas encore établie.
- 3) La grande lacune se situe au niveau des voies (vecteurs) de transfert des contaminants du sédiment vers l'organisme. La connaissance de ces voies est nécessaire pour résoudre la question de la biodisponibilité des métaux. Des recherches en ce sens sont indispensables.

Une fois cette lacune comblée, les méthodes de spéciation des métaux pourraient s'avérer utiles. Il est donc prématuré de considérer ce type d'analyse comme une panacée.

A.3.4 Le test d'élutriation

Réaliser ce type de test n'est pas chose aisée car il est très difficile, voire quasi impossible de reproduire exactement les conditions naturelles du site.

On ne peut extrapoler au site les résultats de tests réalisés in vitro en laboratoires. L'extrapolation est toutefois plus réaliste dans les cas des milieux stagnants (lacs au taux de renouvellement des eaux très faible). Le prérequis exigé pour réaliser correctement ce test est la connaissance des différentes variables du site. Le contrôle des conditions expérimentales (potentiel rédox, pH, composition: oxydes de fer, de manganèse) est essentiel pour la reproductibilité des résultats. Des répliquats sont nécessaires.

De plus, l'échantillon de sédiments testés doit être représentatif du site, il ne faut pas se contenter d'un échantillon de surface.

Il est suggéré de tester la sensibilité du test:

- le ratio sédiment/eau devrait être ajusté en fonction du type de drague (hydraulique, mécanique, etc.);
- l'agitation et l'aération devraient également être faites conformément aux opérations se déroulant in situ.

Ce test est plus valable que l'analyse des concentrations totales, sauf pour les composés organiques persistants (tels les BPC), si l'on s'intéresse à la libération des contaminants à court terme. Il

est simple, tient compte de la taille des particules. L'interprétation en termes biologiques est compliquée du fait qu'on ignore les effets de synergie et d'antagonisme possibles entre contaminants. De plus, les tolérances (léthales, sub-léthales, métaboliques et comportementales) des organismes cibles vis-à-vis les polluants sont souvent inconnues.

Une priorité de recherche devrait être accordée à la définition de niveaux significatifs de libération de contaminants et à l'interprétation en termes biologiques (niveau de bioaccumulation et effets sur les communautés biotiques). L'interprétation biologique nécessite le suivi des effets du dragage à long terme.

Certaines comparaisons de résultats in situ vs in vitro ont permis de constater que des contaminants tels le mercure et les organophosphates sont sous-estimés par le test d'élutriation; alors que d'autres, tel l'arsenic, sont surestimés.

Une correction peut toutefois être effectuée lorsque le "biais" est connu.

Le nombre de replicats nécessaires pour une signification statistique du test (variable selon le type de contaminant, le type de dragage projeté, etc.) mériterait d'être étudié.

La principale difficulté du test d'élutriation réside dans le fait que les résultats qu'il livre sont encore subjectifs et discutables.

Lorsque l'élutriat renferme des teneurs plus élevées en contaminants que celles trouvées dans la colonne d'eau surmontant les sédiments contaminés du site, il est suggéré de procéder à des bioessais à court terme.

A.3.5. Analyse de l'eau interstitielle

Le sédiment renferme souvent une teneur en eau élevée: cette eau interstitielle semble avoir été trop négligée jusqu'à présent. Elle constitue un réservoir de contaminants dissous du sédiment et est donc une source potentielle et immédiate de contaminants lors du dragage.

Il semble qu'il soit justifié de vérifier l'utilité des mesures des concentrations en contaminants dans l'eau interstitielle comme indice prévisionnel de libération immédiate de contaminants au site de dragage.

La question de l'adaptation du test pour son usage in situ est soulevée en même temps que sa facilité d'application. Des techniques d'échantillonnage particulières de l'eau interstitielle sont en développement. La technique des sacs à dialyse permet d'établir le profil vertical d'un contaminant et donc de savoir s'il se libère du sédiment (remontée) ou s'il s'y ensevelit (descente).

Un répondant signale que les avis diffèrent beaucoup quant à la valeur pratique de l'information obtenue via l'analyse de l'eau interstitielle et que les opinions divergent également quant au choix de la meilleure méthode de récolte de cette eau.

A.3.6 Analyses biologiques du sédiment

La raison fondamentale de l'utilité des bioessais est la détermination des effets, adverses ou non, des contaminants pouvant être libérés des sédiments.

Un répondant met en doute la nécessité de procéder aux bioessais dans toutes les opérations de dragage. Il signale que lors du dragage de sédiments non contaminés, ce type d'essais n'est pas justifié.

Si des bioessais sont jugés nécessaires, la combinaison de tests in situ et in vitro semble préférable. Il faut cependant s'assurer que les deux types de bioessais (in situ et in vitro) sont absolument nécessaires.

La phase solide ainsi que la colonne d'eau surmontant les sédiments devraient être utilisées lors des bioessais si l'on veut obtenir des résultats représentatifs des conditions réelles.

L'extrapolation in situ des biotests effectués in vitro permet d'évaluer des impacts possibles, mais ces tests ne donnent cependant pas une image réelle des phénomènes se produisant sur le site.

Les tests de bioconcentration ne revêtent une importance pratique qu'en regard de la chaîne alimentaire.

Les deux difficultés principales des bioessais se situent au niveau de la représentativité (similarité):

- des organismes utilisés;

- des conditions d'essais avec celles du site de dragage ou de dépôt; et,
- de l'interprétation des résultats.

L'utilisation d'organismes "standards" présente de nombreux avantages techniques bien connus. Elle offre notamment un indice de comparaison avec d'autres types de dragage. Il est toutefois suggéré d'utiliser également des organismes prélevés sur le site même afin de permettre une meilleure extrapolation des résultats aux conditions réelles.

Les biotests devraient être effectués sur des organismes planctoniques (algues, Daphnia, poissons) pour la phase dissoute, sur des organismes planctoniques et benthiques (Daphnia, mollusques filtreurs) pour la phase en suspension et sur des organismes benthiques (vers, poissons détritivores) pour la phase solide.

L'établissement de relations entre l'effet observé et l'impact prévisible sur l'évolution des communautés, de même que sur la contamination de la chair des poissons pour la consommation devrait être déclaré "priorité de recherche".

Les principaux facteurs à considérer dans le choix des bioessais devraient être:

- le coût du test;
- la reproductivité du test;
- la facilité du test;
- la durée du test.

Les lignes directrices d'un programme de bioessais devraient être formulées en tenant compte de ces facteurs. Les bioessais ne sont pas parfaits, mais demeurent le meilleur outil présentement disponible.

L'EPA, de concert avec le Great Lakes National Program Office (G.L.N.P.O.), a proposé un type de bioessai "dynamique" pour mesurer le taux de bioaccumulation de substances toxiques présentes dans le sédiment (EPA-905/3-84-007). La méthode consiste à exposer des organismes "test" à des sédiments à draguer contaminés et comparer les résultats obtenus avec ceux résultants des expositions à des sédiments "contrôle" (sédiment relativement sain) et de "référence" (site de dépôt ou lac). La comparaison "test-référence" révèle si le dépôt peut dégrader l'habitat, alors que la comparaison "contrôle-réserve" détermine si le matériel de référence est sérieusement contaminé.

Ce type de bioessai avec la phase solide est endossé par le M.E.O.

D'autres techniques sont proposées pour l'étude des effets biologiques à long terme. L'une d'elle serait la transplantation d'organismes de l'amont (référence) vers l'aval (test) et le suivi de ceux-ci via le confinement ou le marquage.

De tels tests étendus sur une longue période permettraient de préciser les cinétiques de l'accumulation de même que de l'épuration des contaminants.

Les résultats d'un récent atelier de travail sur les méthodologies des bioessais reliés aux activités de dragage en eau douce organisé par le U.S. Army Corps of Engineers ont fait ressortir les points suivants:

- l'inutilité dans la majorité des cas, des bioessais sur la phase liquide;
- la nécessité des bioessais sur la phase solide;
- la méthodologie des bioessais est actuellement standardisée et permet d'évaluer de façon adéquate les effets létaux, sublétaux et chroniques;
- les bioessais permettent de déterminer les effets globaux des contaminants des sédiments sur les organismes aquatiques en intégrant les effets antagonistes ou synergiques.

Toutefois, les bioessais comportent certaines limites. Notamment l'interprétation des résultats peut être difficile en raison de l'utilisation d'organismes de laboratoire qui diffèrent de ceux rencontrés sur le site.

De plus, ils sont difficiles et coûteux à réaliser en raison du grand nombre d'organismes à utiliser et des nombreux essais contrôle à réaliser.

A.3.7 L'approche écotoxicologique

Certains répondants considèrent que les tests écotoxicologiques mis au point par S.P.E. sont potentiellement intéressants car ils fourniraient une bonne indication des impacts aigus à court terme du dragage. D'autres, par contre, n'y voient aucune utilité potentielle ou entrevoient seulement une utilité extrêmement limitée. Notamment les tests écotoxicologiques ne permettent pas d'évaluer l'intensité de la libération de contaminants lors de dragage. Cette approche devrait tenir compte des différentes voies de contamination (directe avec la phase en dissoute et trophique avec les phases en suspension et solide). Un autre répondant souligne l'intérêt de sélectionner des biotests à portée locale (organismes benthiques en particulier) et à portée régionale (biotests axés vers la communauté).

A.3.8 Le test de lixiviation

Ce test s'applique surtout lors de la disposition des sédiments en milieu terrestre. Il serait davantage utile pour les métaux et donnerait seulement une indication de ce qui serait totalement disponible à court terme.

Ce test est présentement utilisé en Ontario lors de disposition terrestre des sédiments.

A.3.9 Création d'habitats fauniques

Avant de créer un habitat faunique, à l'aide de sédiments contaminés, il faut rechercher l'existence des dangers potentiels et en évaluer les conséquences économiques et environnementales.

Selon un répondant, il n'y a présentement au Canada aucune création d'habitat à partir de sédiments contaminés. Il suggère de se référer

aux cas étudiés par les américains et d'expérimenter ce type d'utilisation de matériaux dragués sur une base test. Selon le U.S. Corps of Engineers, l'information existante semble suffisante pour permettre la création d'habitats avec des sédiments contaminés.

Selon un répondant américain, les matériaux de dragage même contaminés peuvent être utilisés pour la création d'habitats fauniques, toutefois le type et le niveau de contamination doit être pris en considération. Dans les Grands Lacs, les sites de matériaux de dragage sont souvent utilisés par la faune, soit de façon fortuite quand les oiseaux utilisent ces sites pour nicher, soit de façon volontaire comme dans l'aménagement de Pointe Mouillée à l'ouest du lac Erié.

Bien que l'utilisation de matériaux sains soit préférable, les matériaux faiblement ou moyennement contaminés ont été utilisés avec succès dans l'aménagement des milieux humides des Grands Lacs et ailleurs aux Etats-Unis. Par ailleurs, cet auteur note que dans les sites confinés le risque de toxicité par le botulisme est plus grand que celui relié à la présence de contaminants dans les sédiments.

Certaines techniques existent pour mesurer la mobilité des contaminants dans les organismes, notamment l'analyse de la végétation (accumulation des toxiques, effets sur la biomasse et la reproduction) ou la faune avienne (analyse des oeufs et de la couvée).

Quant à l'évaluation globale des effets associés à la contamination du site sur la faune et la flore, elle est difficile à quantifier et se fait essentiellement sur la base d'observations qualitatives.

Aux Etats-Unis, les données relatives à l'utilisation des matériaux de dragage pour la création d'habitats fauniques sont nombreuses

certaines données sont relatives à des sites datant du début des années 1970. De façon générale, les observations suivantes ont pu être faites:

- les sédiments qui restent saturés d'eau n'entraînent pas de bio-accumulation dans la chaîne alimentaire suite au relargage des contaminants;
- très peu de temps après leur disposition sur le site, les matériaux graviers (gravier, sable) ne contiennent presque plus de contaminants;
- plus la proportion d'argile ou de limon est grande dans le matériel déposé, plus les contaminants risquent de persister dans le sol et dans l'eau;
- les matériaux déposés en milieux terrestres favorisent l'oxygénation et entraînent une plus grande mobilité des contaminants dans les plantes. Ceci peut impliquer un phénomène de bioaccumulation plus important que dans les sites de déposition en milieu humide.

Les recherches futures sur les effets de l'utilisation des matériaux de dragage contaminés devraient porter sur la faune. L'auteur préconise l'utilisation d'espèce avienne (incapable de voler ou rendu incapable de voler).

Un groupe d'individu maintenu en enclos sur un site non contaminé servirait de témoin tandis qu'un deuxième groupe serait transporté sur le site contaminé à étudier. A la fin de la saison de croissance, les tissus des individus des deux groupes seraient analysés pour la recherche des contaminants. De plus, des études sur le taux de reproduction et le succès des couvées devraient également être recueillies.

A.3.10 Techniques de dragage et de dépôt

Les perturbations de l'environnement aquatique varient selon les techniques de dragage utilisées. Il est donc suggéré de procéder à des études comparatives des différentes méthodes, de façon à pouvoir en arriver à faire des choix éclairés sur les plans économique et environnemental. Une attention spéciale devrait être accordée à l'aspect biologique (période de l'année, etc.).

A.3.11 Critères de protection

Un répondant pose la question de l'utilisé de s'attarder longuement au problème des critères de protection. Ce problème serait, à son avis, surestimé.

L'opinion générale est qu'il soit peu probable que des quantité dangereuses de contaminants puissent être relâchées en concentration suffisante pour causer des dommages à la faune aquatique à cause du phénomène de dilution (par l'énorme quantité d'eau environnante). Seuls les sédiments sévèrement pollués pourraient éventuellement être potentiellement dangereux.

Il reste difficile d'évaluer le potentiel de relargage de contaminants sur la connaissance du taux de contamination du sédiment de fond.

Certaines informations sont nécessaires:

- les concentrations totales;
- la composition du sédiment; et,
- les caractéristiques du sédiment (taille, distribution des particules, capacité d'échange cationique, coefficients de partition pour l'échange sédiment-eau, etc.).

A l'aide de ces divers éléments, on tente d'estimer le taux de libération "de surface" et de déterminer l'évaluation de la concentration du contaminant en fonction du temps.

Les paramètres physiques les plus appropriés pour l'estimation du taux de relargage seraient:

- le coefficient de partition;
- le taux d'échange; et,
- le taux de dilution.

Il faut se garder de supposer que tout contaminant présent relargué est biodisponible. Toutes les formes d'un même contaminant n'ont pas le même effet toxique. Une séparation (fractionnement, spéciation) des diverses formes d'un contaminant semble une étape essentielle à la détermination de sa biodisponibilité.

Il est suggéré de suivre les variations de concentration des contaminants dissous au cours du dragage et du dépôt (ce qui n'est pas fait présentement), de façon à s'assurer que les critères de qualité de l'eau ne sont pas violés.

Lorsque les concentrations de contaminants dépassent les critères, une agence responsable devrait entreprendre des tests in situ dans la "zone critique ou sensible" afin de mesurer (détecter) le dommage environnemental.

Avant d'établir des critères de protection relatifs au dragage, il faudrait d'abord savoir ce qu'il faut protéger. Une analyse spécifique du site devient donc nécessaire. Les normes de protection pourraient donc différer d'un site à l'autre.

Les critères de protection relatifs au dragage devraient être basés sur des expositions à court terme (spécifiquement).

Avant de fixer des normes d'ordre biologique, il faut comprendre et modéliser le phénomène de bioaccumulation, ceci dans une perspective à long terme. Il semble que les normes d'ordre chimique actuellement en usage soient bonnes et qu'il soit difficile d'en suggérer de meilleures pour le moment. Bien qu'elles soient souvent basées sur des teneurs globales de contaminants (sans tenir compte de la biodisponibilité de chaque forme), elles sont malgré tout établies sur la base de la forme la plus toxique du contaminant ce qui fournit une certaine marge de sécurité (intéressante lorsque l'information nécessaire à l'évaluation n'est pas complète).

A titre d'exemple les procédures en vigueur en Ontario (MEO) sont les suivantes:

- Si l'on ne dispose pas de critères de qualité de l'eau, il est suggéré d'effectuer des bioessais basés sur l'élutriat réalisé sur des sédiments du site de disposition;
- Si des critères existent et que l'élutriat est étudié, il faut alors calculer la zone de mélange (volume d'eau nécessaire pour diluer le panache de façon suffisante);

- Si les concentrations en contaminants de l'élutriat dépassent celles des eaux réceptrices (site de disposition) et si les teneurs en contaminants des eaux réceptrices dépassent les critères, il est alors suggéré de procéder à des bioessais, afin de voir si la hausse temporaire des concentrations de contaminants résulte en une dégradation de la qualité de l'eau réceptrice;
- Si la zone de mélange ne peut être calculée (taille, configuration, etc.), il est suggéré de procéder à des bioessais.

Les bioessais sont requis lors des opérations du dragage car ils permettent de mesurer l'impact des polluants sur les organismes sachant que ces derniers sont soumis au polluant pendant une durée relativement courte, mais où la concentration peut être élevée. Il s'agit de mesurer la toxicité aiguë des polluants présents.

A.3.12 Suivi environnemental

Pour réaliser un suivi environnemental il faut, avant toute chose, connaître:

- les communautés biologiques qui occupent le site choisi;
- la nature des contaminants présents dans les matériaux de dragage et leur toxicité; ensuite,
- adapter le programme au site.

Certains répondants recommandent un suivi environnemental du dragage dans le Saint-Laurent, vu le peu de littérature pertinente disponible et les différences existant entre le fleuve Saint-Laurent et les autres sites dragués.

Un suivi environnemental ne serait pas d'emblée nécessaire pour chaque site. Il le serait dans les cas où l'on constate un risque de dépassement des critères de qualité du sédiment, si l'on dispose de très peu de données de base, ou encore si le volume dragué est important (30 000 m³ selon un répondant).

Etant donné l'ampleur et la variation des conditions prévalant dans le fleuve Saint-Laurent, il faudrait d'abord se concentrer sur les aires contaminées où des effets adverses sont susceptibles de se produire.

Le contenu du programme de surveillance doit être établi en fonction des éléments à évaluer.

Un des répondants propose un plan de suivi qui comprend l'analyse de plusieurs paramètres physiques, chimiques et toxiques et qui devrait être analysés avant, pendant et après le dragage.

Le plan du suivi est présenté au Tableau 1.

TABLEAU 1:

PARAMETRES	AVANT	PENDANT	APRES
PHYSIQUES			
Turbidité	X	X	X
Dispersion		X	
Dilution		X	
Hydrodynamisme	X		
Sédiments (granulométrie)	X	X	X
CHIMIQUES			
Qualité physico- chimique de l'eau	X	X	X
Sédiments	X	X	X
Elutriats	X	X	X
Oxygène dissous		X	
Hydrogène sulfuré		X	
Nutriments	X	X	X
Relargage		X	
TOXIQUES			
Aigle		X	X
Chronique	X	X	X
Bioaccumulation	X	X	X
Enfouissement		X	
Production secondaire			
Zooplancton	X		X
Benthos	X		X
Production primaire	X		X
Recolonisation du Benthos			X

ANNEXE 3: LISTE DES PERSONNES CONSULTEES

ANNEXE 4LISTE DES PERSONNES CONSULTÉESA.4.1 Récipiendaires du questionnaire

Bachand, Charles-Alain
Ministère de l'Environnement du Québec
Direction générale du Bas
Saint-Laurent Gaspésie
337 rue Moreault
Rimouski, Québec
G5L 1P4
Tél: (418) 722-3511

Berguiham, Normand
Labo Capitaine Bernier
1001 Pierre Dupuis
Longueuil, Québec
G4K 1A1
Tél: (514) 651-6860

Bisson, Marc
Ministère de l'Environnement du Québec
Milieu atmosphérique
Direction générale des laboratoires
Complexe scientifique
2700 Einstein - Les Saules
Ste-Foy, Québec
G1P 3W8
Tél: (418) 643-8225

Bodaly, Andrew *
Freshwater Institute
501 University Crescent
Winnipeg, Manitoba
R3T 2N6
Tél: (204) 949-5000

* Cette adresse n'est pas exacte car le questionnaire a été retourné à l'expéditeur.

Boivin, Richard
Laboratoire d'Hydraulique LaSalle Ltée
0250 St-Patrick
LaSalle, Québec
H8R 1R8
Tél: (514) 366-2970

Bouchard, Aristide
Ministère de l'Environnement du Québec
Direction générale des laboratoires
Complexe scientifique
2700 rue Einstein
Ste-Foy, Québec
G1P 3W8
Tél: (418) 643-8208

Brunet, M.G.
Ministère de l'Environnement du Québec
3900 rue Marly
Ste-Foy, Québec
G1X 4E4
Tél: (418) 643-8072

Callahan, A. Michael
U.S. Environmental Protection Agency
Office of Toxic Substances (T.S. 798)
401 M. Street S.W.
Washington, D.C.
20460 U.S.A.
Tél: (202) 382-2902

Campbell, Pierre
INRS-Eau
2700 rue Einstein
C.P. 7500
Ste-Foy, Québec
G1V 4C7
Tél: (418) 654-2524

Chodorowski, André
Département de géographie
UQAM
1255 St-Denis, local A4275
C.P. 8888, Succ. "A"
Montréal, Québec
H3C 3T8
Tél: (514) 382-4118

Couture, Pierre
INRS-Eau
2700 rue Einstein
C.P. 7500
Ste-Foy, Québec
G1V 4C7
Tél: (418) 654-2578

Deslisle, Claude
Ecole Polytechnique de Montréal
Département de génie de l'environnement
C.P. 6079, Succ. "A"
Montréal, Québec
H3C 3I7
Tél: (514) 340-4711

Drapeau, Arnold J.
Ecole Polytechnique de Montréal
Département de génie civil
C.P. 6079, Succ. "A"
Montréal, Québec
H3C 3I7
Tél: (514) 340-4711

Duncan, Chester
Environnement Canada
25 rue Sinclair est, 7e étage
Toronto, Ontario
M4T 1M2
Tél: (416) 965-7117

Fahmy, K.*
National Water Research Council
P.O. Box 5050
867 Lakeshore Road
Burlington, Ontario
L4R 4A6
Tél: (416) 366-4999

Hecky, R.E.
Freshwater Institute
501 University Crescent
Winnipeg, Manitoba
R3T 2N6
Tél: (204) 949-5217

* Cette adresse n'est pas exacte car le questionnaire a été retourné à l'expéditeur.

Hickman, John R.
Santé et Bien-Etre Canada
Centre d'hygiène du milieu
Bureau des dangers des produits chimiques
Parc Tunny
Ottawa, Ontario
K1A 0L2
Tél: (613) 990-9075

Jones, Gérald
INRS-Eau
2700 rue Einstein
C.P. 7500
Ste-Foy, Québec
G1V 4C7
Tél: (418) 654-2533

Landin, Mary C.
U.S. Army Engineer
Waterways Experiment Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburq, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3111

Lamarée, Sylvain
Ministère de l'Environnement du Québec
5199 est, rue Sherbrooke, suite 3860
Montréal, Québec
H1T 3X9
Tél: (514) 873-8824

Lee, G.F.
U.S. Army Engineer
Waterways Experiment Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburq, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3111

Levings, C.D.
Pêches et Océans Canada
1090 West Pender Street
Vancouver, B.C.
V6E 2P1
Tél: (604) 666-3545

McGregor, Jim
Environment Canada
Environmental Protection Service
Chemical Evaluation Division
Commercial Chemicals Bureau
PUM 14th floor
Ottawa, Ontario
K1A 0I8
Tél: (819) 997-3201

Mudrock, Aliéna
National Water Resources Institute
Environmental Contaminants Division
867 Lakeshore RSAD
P.O. Box 5050
Burlington, Ontario
L4R 4A6
Tél: (416) 637-4780

Orchard, Jan
Environment Canada
Environmental Protection Service
Ontario Region
25 Sinclair St. East
7th floor
Toronto, Ontario
M4G 1M2
Tél: (416) 973-1089

Pascoe, Dave
Environment Canada
25 Sinclair East, 7th floor
Toronto, Ontario
M4G 1M2
Tél: (416) 973-1071

Pecall, David
Canada Wildlife Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0E7
Tél: (613) 997-1412

Peddicord, Richard
U.S. Army Engineer
Waterways Experimental Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburg, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3767

Persaud, Deo
 Ontario Ministry of Environment
 Water Resources Branch
 4th floor
 1st, Clarr Avenue West
 Toronto, Ontario
 M4V 1K6
 Tél: (416) 965-6954

Pinel-Alloul, Bernadette
 Centre de recherche écologique
 Université de Montréal
 5858 Côte des Neiges
 Bureau 400
 Montréal, Québec
 Tél: (514) 343-6792

Plumb, R.H.*
 U.S. Army Corps of Engineers
 Waterways Experiment Station Vicksburg
 P.O. Box 631
 Vicksburg, Ms 39180
 U.S.A.
 Tél: (601) 634-3111

Rochon, René
 Environnement Canada
 1179 Bleury
 Montréal, Québec
 H3B 3M9
 Tél: (514) 283-0198

Ross, Philip
 Hazardous Waste Research and
 Information Center
 Illinois State Water Survey Division
 Illinois Department of Energy and
 Natural Resources
 Champaign, Ill. 1985
 U.S.A.
 Tél: (217) 333-8940

* Cette adresse n'est pas exacte car le questionnaire a été retourné à l'expéditeur.

Rudd, J.W.
Freshwater Institute
501 University Crescent
Winnipeg, Manitoba
R3T 2N6
Tél: (204) 269-7379

Serodes, Jean-Baptiste
Université Laval
Département de Génie civil
Pavillon Pouliot
Ste-Foy, Québec
G1K 7B4
Tél: (418) 656-2868

Shikaze, Kim
Environment Canada
25 Sinclair St. E., 7th floor
Toronto, Ontario
M4G 1M2
Tél: (416) 973-1055

Slivitsky, Michel
INRS-Eau
2700 rue Einstein
C.P. 7500
Ste-Foy, Québec
G1V 4C7
Tél: (418) 654-2522

Smith, H.K.
U.S. Army Engineer
Waterways Experiment Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburg, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3767

Tessier, André
INRS-Eau
2700 rue Einstein
C.P. 7500
Ste-Foy, Québec
G1V 4C7
Tél: (418) 654-2528

A.4.2 Experts invités à la réunion

Michaud, Jean-René, Ing.
André Marsan et Associés Inc.
615 rue Belmont
Montréal, Québec
H3B 2L8
Tél: (514) 866-4451

Peddicord, Richard K. Dr.
U.S. Army Engineer
Waterways Experiment Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburg, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3767

Persaud, Deo
Ontario Ministry of the Environment
Water Resources Branch
4th floor
1st, Clarr Avenue West
Toronto, Ontario
M4V 1K6
Tél: (416) 965-6954

Petitpas, Arlette Dr.
André Marsan et Associés Inc.
615 rue Belmont
Montréal, Québec
H3B 2L8
Tél: (514) 866-4451

Serodes, Jean-Baptiste Dr.
Université Laval
Département de Génie civil
Pavillon Pouliot
Ste-Foy, Québec
G1K 7B4
Tél: (418) 656-2868

A.4.3 Experts consultés par téléphone

Allen, Herb Dr.
Drexell University
Philadelphia, Penn. 19104
U.S.A.
Tél: (215) 895-2265

Zarba, Christopher
Environmental Protection Agency
Criteria and Standard Division
Washington, D.C.
U.S.A.
Tél: (509) 375-6871

Cowen, Christiana
Battelle Northwest
P.O. Box 999
Richland, Washington
U.S.A.
Tél: (509) 375-6871

Di Toro, Dominic Dr.
Manhattan College
Department of Civil Engineering
New-York, N.Y.
U.S.A.
Tél: (212) 920-0276

Jenne, Everett Dr.
Battelle Laboratories
Richland, Washington
U.S.A.
Tél: (509) 375-6869

McFarland, Victor A.
U.S. Army Corps of Engineer
Waterways Experiment Station
Environmental Laboratory
P.O. Box 631
Vicksburg, Ms. 39180
U.S.A.
Tél: (601) 634-3721

McKay, Donald Dr.
University of Toronto
Department of Chemical Engineering
Toronto, Ontario
M5S 1A4
Tél: (416) 478-4019

ANNEXE 4 : COMPTE RENDU DE LA
CONVERSATION TELEPHONIQUE
AVEC LE DR. CHRISTINA COWEN

COMPTE-RENDU DE LA CONVERSATION TELEPHONIQUEAVEC LE DR CHRISTINA COWEN DE

BATTELLE NORTHWEST
P.O. BOX 999
Richland, Washington
99352

Elle approuve les éléments suivants:

- Validation des critères de qualité des sédiments par des bioessais et tests de bioaccumulation uniquement avec la phase solide;
- utilisation d'un annelide, d'un mollusque bivalve et d'un crustacé (elle propose l'utilisation d'un amphipode en particulier, soit Hyalla azteca et suggère de communiquer avec le Dr Al. Nebeker de l'EPA à Corvallis, Oregon au numéro suivant: 503-420-4875, pour des suggestions d'espèces et avec le Dr Rick Schwartz de l'Epa à Newport, Oregon pour des modifications du protocole expérimental.

Elle ajoute les recommandations suivantes:

- prendre des précautions pour ne pas détruire la cohésion des échantillons de sédiments au moment du prélèvement et de laisser les sédiments se stabiliser avant d'entreprendre les bioessais;
- mesurer tous les contaminants présents dans les échantillons de sédiments contaminés et témoins;

Elle mentionne qu'un grand nombre de chercheurs participent actuellement au développement des critères de qualité des sédiments par l'approche de la répartition à l'équilibre et que les fonds de recherches sont insuffisants et que toute participation extérieure est souhaitable et qu'elle aimerait pouvoir collaborer avec Environnement Canada à ce sujet.

Elle ajoute que la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) tiendra un symposium du 2 au 5 novembre 1986 au Radisson Mark Plaza Hotel à Alexandria en Virginie et que la journée du 3 novembre sera entièrement consacrée au développement des critères de qualité des sédiments. On y traitera des sujets suivants:

- méthodologie
- bioessais
- données de terrain nécessaires
- biodisponibilité
- métaux et composés organiques

- accumulation dans les organismes
- comparaison des données de laboratoire avec celles du terrain, etc.

Les principaux chercheurs seront présents (incluant elle-même et M. Christopher Zarba).

Elle mentionne que cet évènement sera une très bonne occasion pour Environnement Canada d'entrer en communication avec eux et de connaître, de façon détaillée, les travaux de recherches en cours.

Pour plus d'information, elle suggère de contacter les personnes suivantes:

- Dr. Christina Cowen: 509-375-6871
- M. Christopher Zarba (EPA, Washington): 202-472-3400
- M. Keith Salomon (Ida McDonald, secrétaire) du Canadian Center of Toxicology à Guelf: 519-837-3320
- SETAC
P.O. Box 4352
Rockville, Maryland
20850

Tél: 301-468-6704