



**RE.CO.R.D.**

**ETUDE N° 02-0507/2A**

**SYNTHESE DE L'ETUDE**

**FRANÇAIS / ANGLAIS**

**DEVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE GESTION INTEGRANT  
LES RISQUES ECONOMIQUES POUR LA REHABILITATION  
DES SITES CONTAMINES**

**mai 2004**

**R. SAMSON - ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL**

**Titre du projet : Développement d'un outil de gestion intégrant les risques économiques pour la réhabilitation des sites contaminés – Phase 1**

**Préparé par : Chaire industrielle CRSNG en assainissement et gestion des sites, de l'École Polytechnique de Montréal, en collaboration avec la firme Hydrogéolo Plus inc., Montréal (Québec) Canada**

**Fiche synthèse**

Ce rapport conclut une première phase de conception d'un outil informatique innovateur qui permettra, à terme, aux gestionnaires de sites contaminés de prendre les décisions les plus optimales possible en matière de réhabilitation de ces sites. L'objectif principal du projet était de développer les bases d'un logiciel (appelé ici « SITE VII ») permettant une approche globale et rigoureuse de comparaison de scénarios de restauration de sites contaminés aux hydrocarbures pétroliers. Au cours de la période visée par cette première phase du projet, la Chaire industrielle CRSNG en assainissement et gestion des sites de l'École Polytechnique de Montréal a réalisé quatre étapes en vue de la conception d'un outil informatique utilisable par tout gestionnaire sur une simple plate-forme informatisée. Ces quatre étapes sont : le raffinement du modèle d'évaluation technico-économique, le développement de banques de données pour cinq technologies de restauration des sols, la mise sur papier d'une structure d'intégration des informations au modèle technico-économique et la simulation de la restauration d'un site contaminé par l'entremise du modèle et de certaines banques de données déjà créées.

Dans le rapport d'étape, l'emphase avait été mise sur le développement du modèle technico-économique, appuyé par une très simple simulation de restauration à l'aide d'une seule technologie. Dans le présent rapport, la priorité a été mise sur l'intégration des différentes composantes nécessaires à la création d'un logiciel d'aide à la gestion dont le modèle technico-économique en est le cœur. Un chapitre entier du rapport est consacré à l'élaboration de la structure de décision du logiciel. Le traitement de l'information y est schématisé et exposé étape par étape.

Sur le plan des technologies abordées par le logiciel, cinq technologies ont été détaillées, à savoir, la bioventilation *in situ*, le traitement en biopile (biotertre), la bioaspiration *in situ*, le biobarbotage et la désorption thermique. Pour chaque technologie, une fiche technologique a été créée. Celle-ci contient une brève description de la technologie, de sa performance, une énumération des critères d'applicabilité et une présentation des coûts de traitement selon les plages les plus couramment rencontrées dans la littérature. Pour la bioventilation *in situ* et le traitement en biopile, en raison de leur utilisation dans les simulations exposées au présent rapport, une liste des besoins en équipements, établie suite au dimensionnement des technologies, accompagne les fiches technologiques.

Par ailleurs, plutôt que de créer des bases de données économiques pour chaque technologie intégrée au logiciel, la mise en place de bases de données généralisées pour

toutes les technologies et spécifiques à diverses opérations de restauration (ex. analyses en laboratoire, système d'extraction d'air) a été retenue. Les bases de données spécifiques à une technologie pour un site donné seront créées à partir de ces bases générales à chaque simulation selon les besoins des technologies. Ceci permet une plus grande souplesse dans l'évaluation économique de chaque technologie et facilite une éventuelle mise à jour des coûts en ne nécessitant qu'une seule modification, peu importe que l'élément modifié soit utilisé par une ou plusieurs technologies. Douze simulations ont été réalisées pour la restauration d'un site virtuel contaminé au diesel. Chaque simulation est contrainte par une durée maximale de restauration et/ou un bénéfice maximal associé au site restauré. La complexité de certaines stratégies optimales de restauration fait ressortir le besoin pour les gestionnaires de sites d'un outil, tel que le logiciel SITE VII.

Finalement, les bases du logiciel ayant été établies, ce rapport présente une série de recommandations pour des travaux futurs dans l'optique de finaliser la conception du logiciel SITE VII, de manière à ce qu'il soit complet, fonctionnel et doté d'une interface conviviale.

Mots-clés : Traitement des sites contaminés; outils de gestion

ASSOCIATION RE.CO.R.D. CONTRAT N° 00-0507/1A

**Title of project: Development of an integrated economic decision-support tool for the remediation of contaminated sites – Phase 1**

**Prepared by: NSERC Industrial Chair in Site Remediation and Management of the École Polytechnique de Montréal, in collaboration with Hydrogéo Plus Inc. of Montréal, Québec, Canada**

### **Abstract**

This report concludes the first design phase of an innovative software tool which, when completed, will allow managers of contaminated sites to make optimal decisions with respect to site remediation. The principal objective of the project was to develop the foundations for decision-support software (SITE VII) which will allow a comprehensive and rigorous approach to the comparison of remediation scenarios for sites contaminated with petroleum hydrocarbons. During this first phase of the project, the NSERC Industrial Chair in Site Remediation and Management of the École Polytechnique de Montréal has completed four stages in the design of a decision-support tool that could be applied by any site manager using a simple computer. These four stages are: refinement of a technico-economic evaluation model; development of databases for five soil remediation technologies; design of a structure for integration of the databases with the technico-economic model; and simulation of the remediation of a contaminated site using the technico-economic model and a subset of the databases.

In the interim report, the emphasis was placed on the development of the technico-economic model, supported by a very simple, single-technology simulation of remediation. In the present report, the priority is placed on the integration of the different components required for the creation of decision-support software based on the technico-economic model. An entire chapter of this report is devoted to elaborating the decision structure of the software. The treatment of information within the software is shown schematically and explained step-by-step.

Five remediation technologies are handled by the software: three *in-situ* technologies (bioventing, bioslurping, biosparging) and two *ex-situ* technologies (thermal desorption, biopile treatment). A technology file has been created for each technology, containing a brief description of the technology, its performance, its criteria of applicability, and costs of treatment according to the most current ranges obtained from the literature. For bioventing and biopile treatment, which are used in the simulations described in this report, a list of equipment requirements, established according to the requirements of the virtual site, accompanies the technology files.

Rather than employing economic databases specific to each technology as an integral part of the software, the software makes use of a system of generalized databases applicable to all technologies and specialized databases for various remedial operations (e.g., laboratory analyses, air extraction system). The databases specific to a given technology

for a given site will be created from the system of generalized and specialized databases for each simulation, as required. This permits a high degree of flexibility in the economic evaluation of each technology, and facilitates updating (a single modification is sufficient for an element that may be used by several technologies).

Twelve simulations have been realized for the remediation of a virtual site contaminated by diesel. Each simulation is constrained by a time limit for remediation and/or by a maximum benefit associated with the remediated site. The complexity of some optimal remediation strategies underlines the need for site managers to utilize a tool such as SITE VII.

Finally, having established the foundations of the software, this report presents a series of recommendations for future work for completing the design of SITE VII, in order to make it complete, functional, and equipped with a user-friendly interface.

Keywords: remediation of contaminated sites; decision-support tools

**Développement d'un outil de gestion intégrant les risques économiques pour la réhabilitation des sites contaminés – Phase II**

NOTE DE SYNTHÈSE

A- Contexte de l'étude

Lorsqu'il y a connaissance d'une contamination sur un site et une nécessité de traiter ce dernier, le processus de sa réhabilitation débute par l'identification de l'approche à suivre pour le décontaminer. S'il est relativement simple de fixer l'objectif de réhabilitation, selon l'usage du site par exemple, l'atteinte de cet objectif l'est beaucoup moins. En effet, cette atteinte est soumise à des incertitudes associées au site et à la technologie utilisée. Dans le premier cas, bien que différentes méthodes mathématiques permettent de calculer une concentration moyenne sur le site, cette dernière sera empreinte d'une incertitude associée à une caractérisation incomplète du site en raison d'un nombre limité d'échantillons et de l'hétérogénéité du site. Dans le second cas, l'efficacité de nombreuses technologies de réhabilitation est influencée par le site, le contaminant et la concentration de ce dernier. Il est ainsi possible qu'une technologie ne garantisse pas à 100 % l'atteinte de l'objectif de réhabilitation. Dans un tel cas, comment prédire le niveau résiduel de contamination sur le site après l'application de la technologie? Dans l'optique de maximiser le succès d'une réhabilitation, il devient nécessaire de prendre en considération ces deux formes d'incertitudes lors de la sélection de la séquence de technologies à utiliser pour traiter un site.

B- Objectif et plan de l'étude

Ce rapport conclue la seconde phase du projet ayant pour objectif principal le développement d'un outil d'aide à la gestion des sites contaminés en considérant les risques économiques: le logiciel SITE VII. Lors de la première phase de ce projet, la Chaire industrielle CRSNG en assainissement et gestion des sites de l'École Polytechnique de Montréal a développé le Modèle d'Évaluation Technique et Économique Optimisant la Restauration d'un Site (*METEORS*). Ce modèle a été positionné au centre de la structure de l'outil d'aide à la gestion qui a également été pensée lors de cette première phase.

Les objectifs de cette seconde phase du projet étaient le développement du logiciel et la mise en place de bases de données économiques adaptées aux contextes belges et français de même que la mise à jour des bases de données économiques adaptées au contexte nord-américain.

C- Exposé des principaux résultats obtenus

Il est à noter qu'entre la production du rapport intermédiaire de cette seconde phase et le rapport final, l'avancement du projet a touché en exclusivité la programmation du logiciel; les concepts, l'architecture du logiciel et des différents modules le composant ayant déjà été définis lors de la première phase du projet ou durant la première moitié de la seconde phase. À défaut de produire un rapport exposant un tel avancement, il a été jugé pertinent de faire une mise à jour du rapport intermédiaire de la phase 2 (mai 2003) et de joindre à ce rapport le manuel d'utilisation du logiciel SITE VII (contenant lui-même le disque d'installation du logiciel). La lecture du rapport mis à jour permet une mise en contexte du projet de même qu'une présentation des différents modules requis par le logiciel, tandis que le manuel d'utilisation permet, en plus d'apprendre le fonctionnement du logiciel, de prendre connaissance de l'ensemble du travail accompli.

D- Analyse et commentaire de ces résultats

Ce projet a permis de développer un logiciel d'aide à la gestion des sites contaminés. Ce dernier est en fait une interface aux nombreuses possibilités et non pas un logiciel unique. En plus d'identifier la stratégie optimale de réhabilitation pour un site donné, le logiciel SITE VII peut servir d'interface pour consulter les bases de données économiques et ainsi obtenir des coûts de traitement pour des technologies spécifiques sans pour autant entreprendre de

simulation de réhabilitation. Finalement, en réalisant plusieurs simulations de réhabilitation sur un même site (faisant varier les technologies possibles, les contraintes temporelles et économiques), le logiciel SITE VII peut être utilisé comme outil de comparaison de différentes alternatives de réhabilitation.

Dans sa version actuelle (1.0), le logiciel SITE VII permet de simuler sur un site donné le traitement d'une contamination au diesel. Cinq technologies sont considérées : l'aspiration (pour la récupération de la phase libre), le traitement en biopile, la désorption thermique et la bioventilation in situ (pour le traitement de la zone vadose) et le biobarbotage (pour le traitement de l'eau souterraine).

Suite à ce projet, certains tuteurs de l'Association RE.CO.R.D. ont entrepris la validation du logiciel en utilisant des données de leurs propres sites. Un rapport de ces essais sera remis à la Chaire en juillet 2004.

**Development of a management tool considering economic risks  
for contaminated site remediation- Phase II**

OVERVIEW NOTE

A- Study context

The first step of the remediation process, once a site contamination and the need to treat have been confirmed, is the identification of the remediation procedure. Even if it is quite simple to set the remediation objective, based e.g. on the site usage, it is more difficult to actually achieve this objective. Indeed, the attainment of the objectives is subject to uncertainties associated with the site and the remediation technology. Even if several mathematical models allow the assessment of an average concentration over the site, this value includes uncertainties associated with incomplete site characterization due to the site heterogeneousness and a limited amount of samples. In addition, the effectiveness of several remediation technologies is influenced by the site, the type of contaminant and the level of contamination. Therefore, it is possible that a technology does not successfully achieve the given remediation objective. In this context, how can the real residual contamination level be predicted? With a mind to maximize remediation success, it is necessary to consider these two types of uncertainties while selecting the sequence of technologies to treat the contaminated site.

B- Objective and scope of the study

This report concludes the second phase of the project that has as main objective the development of a management-oriented tool for contaminated sites which considers economic risks: SITE VII software. During the first phase of this project, the NSERC Industrial Chair in Site Remediation and Management (École Polytechnique de Montréal) has developed the Model for the Evaluation of a Technically and Economically Optimal Remediation Strategy (METEORS), which subsequently became the heart of the framework.

This second phase's objectives were the development of the software, the creation of both French and Belgian economic databases and the update of the North American economic databases.

C- Main results presentation

Since the production of the intermediate report of the second phase, the project has been focused exclusively on the programming of the software. The concepts, the software architecture and its different modules were already defined during either the first phase of the project or the first half of this second phase. For lack of producing a report for this progress, it has been considered relevant to update the intermediate report of the second phase (May 2003) and to attach it the user's guide of SITE VII software (which includes the software). The updated report puts the project in context and presents the modules necessary by the software, while the user's guide, on top of giving the information necessary to the use of the software, gives an overview of the whole of the accomplished work.

D- Analysis and discussions

This project has produced the development of a management-oriented software for contaminated sites. More than just a software, SITE VII is also the interface for several possibilities. In addition to the identification of the optimal remediation strategy for a given site, SITE VII can be used as an interface of the economic databases to assess the treatment costs for specific technologies without starting a remediation simulation. Finally, with several remediation simulations for a single site (by doing some variations on the available technologies, and on both economic and temporal constraints), SITE VII can be used as a comparison tool of these different remediation alternatives.

SITE VII version 1.0 focuses on the remediation of a diesel-contaminated site. Five technologies are considered: slurping (for free-product recovery), biosparging (for groundwater treatment), and biopile, thermal desorption and in situ bioventing (for vadose zone treatment).

Following this project, some tutors of the RE.CO.R.D. Association have started several tests of the software using data from their own sites. A report for these tests will be delivered to the Chair by July 2004.