

Bloc 3 : Bonnes pratiques, R & D et opportunités d'affaires

Monsieur Jacques Giguère

Directeur technique

Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI) (Sorel-Tracy, Québec)

Ingénieur en métallurgie diplômé de l'Université Laval, il détient une maîtrise en environnement de l'Université de Sherbrooke. Il a travaillé au service de protection de l'environnement du complexe Arvida de la compagnie Alcan, comme ingénieur de projet dans le domaine de l'environnement, comme coordonnateur en environnement dans deux mines d'or du groupe Placer Dome et il a également occupé un poste d'ingénieur chez Melri (Contrecoeur).

Valorisation des sous-produits industriels : la filière métallurgique

La présentation porte sur trois (3) types de matières résiduelles : les laitiers, les stériles miniers et les poussières d'aciérage. Ces résidus proviennent tous de l'industrie métallurgique.

L'acier, un alliage composé à 95 % de fer et à 5 % de carbone, est le matériel recyclable par excellence puisqu'il peut être recyclé à répétition sans aucune altération de ses propriétés. D'ailleurs, 65 % de l'acier utilisé sur la planète est de l'acier recyclé, devançant ainsi l'aluminium et les matières plastiques.

La fabrication de l'acier débute par une réduction visant à retirer l'oxygène contenu dans le minerai pour en faciliter la fusion. L'électricité agit comme source d'énergie, passant d'une anode vers une cathode, et produisant ainsi un arc électrique qui engendre une chaleur permettant la fusion du minerai.

Tous les *valorisateurs* de la région de Sorel-Tracy et des alentours ont accès à un gisement de matières secondaires incroyable, car cette région regroupe la plus forte concentration d'industries métallurgiques : QIT-Fer et Titane, les Aciers inoxydables Atlas, les Forges de Sorel, ISPAT SIDBEC, Norambar et la Fonderie Laperle. Tous produisent des résidus valorisables que le Centre de transfert en écologie industrielle (CTTEI) et le Centre de recherche en environnement UQAM-Sorel-Tracy (CREUST) valorisent ou souhaitent valoriser.

QIT-Fer et Titane est un grand producteur qui compte 1 900 employés et produit 500 000 tonnes d'acier et 360 000 tonnes de fonte par année, des stériles miniers mais également des laitiers métallurgiques. Un autre acteur important est ISPAT SIDBEC avec ses 1 800 employés et une production annuelle de 1 600 000 tonnes d'acier.

Des PME sont également actives dans le domaine Recmix, se spécialise en valorisation de stériles miniers et embauche vingt-cinq (25) employés. Elle utilise les résidus, appelés aussi gangue, provenant de QIT. Ces résidus représentent ce qui entoure le minerai et a peu de valeur minérale. Fermag, entreprise pilote embauchant dix (10)

employés, se spécialise pour sa part dans la valorisation des poussières d'aciérage en vue de la transformation en pigments. De plus, deux entreprises, aux fonctions semblables, Melri et Hecket, sont spécialisées dans la valorisation des laitiers métallurgiques et embauchent respectivement 45 et 36 employés.

Ces exemples démontrent bien la relation entre l'industrie et les *valorisateurs* et les retombées régionales. En effet, la production d'acier au carbone et inoxydable, la fonte et le bioxyde de titane génèrent dans la région 4 500 emplois. Le secteur de l'acier rapporte deux milliards de dollars par année en produisant 2 700 000 tonnes d'acier et 375 000 tonnes de fonte annuellement. L'ampleur de cette activité industrielle ouvre donc la porte à de nouveaux *valorisateurs* intéressés aux matières résiduelles.

Résumé de la conférence : Mathieu Gagnon et Stéphane Lizotte
Révision : Marilyne Champagne

Monsieur Philippe Bouchard

Ingénieur
Melri (Contrecoeur, Québec)

Détenteur d'un B.Sc.A. en génie des matériaux et de la métallurgie de l'Université Laval, il est responsable en environnement, R & D et métallurgie chez Melri. Il a également été chargé de dossiers – Industrie de l'aluminium - au MENV.

Valorisation des laitiers et/ou scories provenant de l'industrie métallurgique

Melri est une compagnie offrant des services à l'industrie métallurgique : une gamme de produits spécialisés, des technologies innovatrices et performantes, une protection de l'environnement et une valeur ajoutée à leur laitier et/ou scorie. Cette valeur ajoutée s'explique de cette façon : il s'agit de prendre le sous-produit ou résidu, d'en faire une matière première et de lui donner une seconde vie.

Ces services s'inscrivent dans la mission de Melri qui est de mettre à la disposition des industries métallurgiques des solutions innovatrices globales pour le transport, la manutention, le traitement, la récupération et la valorisation de la matière résiduelle, tout en générant des économies pour ces industries.

Fondée en 1971, Melri dispose de deux usines de traitement à Contrecoeur, possède un chiffre d'affaires de 10 M\$ et embauche cinquante employés. Elle est autorisée par le ministère de l'Environnement (MENV) à valoriser des laitiers d'aciéries, des fonderies et des stériles miniers. C'est 250 000 tonnes de laitiers/scories qui sont valorisées par cette entreprise chaque année.

Depuis 2003, Melri a le droit de valoriser, en plus des résidus miniers, d'autres matières résiduelles industrielles non dangereuses. Cette entente de valorisation exige certaines conditions, notamment l'obligation d'investir en recherche et développement pour la

création de nouveaux produits et procédés, et ce, afin de valoriser de plus en plus de résidus. Par exemple, on peut penser à des projets de recherche tels un amendement agricole (en remplacement de la chaux) en accord avec les normes de la BNQ pour les cultivateurs, un test comparatif d'incubation, des travaux de suivi par des agronomes, la commercialisation et l'optimisation du contenu métallique des sous-produits. L'entente requiert aussi une caractérisation très exhaustive des agrégats, semblable à celle du *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques de source industrielle*.

Dans le procédé de traitement du laitier d'acier et de fonte de calibre 0-100 mm, 150 T/h sont conditionnés. Deux unités de travail peuvent être utilisées : à sec (avec un certain pourcentage d'eau), pour la portion grossière, et humide, pour la portion fine. Ces opérations sont faites à circuit fermé, il n'y a donc pas de poussières, pas de rejets dans l'atmosphère ni même dans les effluents. La fraction métallique récupérée est réemployée dans les fonderies ou vendue sur le marché d'ici et d'ailleurs.

Cette commercialisation de produits valorisés doit s'établir selon une grille d'entente avec le MENV, qui stipule la valorisation à 100 % de leurs résidus. De cette façon, les agrégats pour les routes ou autres travaux d'ingénierie deviennent, avec les matériaux de recouvrement d'un LES et les amendements *chaulants*, des produits commercialisables pour Melri.

Enfin, Melri offre une prise en charge complète des matières résiduelles. Dans ses opérations, cette entreprise respecte les principes des 3RV du MENV et du développement durable, et elle recherche constamment la satisfaction du client, tout en continuant d'investir en recherche et développement.

Résumé de la conférence : Suzanne Auclair et Éric Thibodeau
Révision : Marilyne Champagne

Monsieur Pierre Marcotte
Directeur technique
RECMIX (Contrecoeur, Québec)

Détenteur d'un baccalauréat en génie civil de l'Université Laval, il a œuvré au sein du ministère de l'Environnement et auprès de TECSULT inc.

Nouveaux produits de Recmix à partir de sous-produits industriels

Recmix est une entreprise spécialisée dans la récupération, le traitement et la valorisation de matières résiduelles. Sa mission première est de mettre à la disposition des entreprises métallurgiques de la région des solutions entières, innovatrices, et d'aider à la manipulation des résidus et des co-produits.

Comme Recmix récupère les stériles miniers, les entrepose et les traite, elle devient responsable de ceux-ci. C'est donc pour cette raison que Recmix s'est dotée de son

propre laboratoire pour le contrôle de la qualité de ses produits, de ses eaux de lixiviat et de ses eaux usées, lesquelles sont très sévèrement encadrées.

Les résultats de cette valorisation sont très parlants. En 1998, Recmix supportait 1,2 million de tonnes métriques en inventaire sur ses sites et, en 2004, son inventaire est d'environ 100 000 tonnes métriques, et ce, malgré l'apport continu et supplémentaire de 380 000 tonnes métriques par année des entreprises productrices de ces stériles miniers.

Recmix possède deux secteurs de valorisation : carrière et micro-agrégats. Elle ne peut d'ailleurs commercialiser ses produits que conformément à une entente spéciale qu'elle a avec le ministère de l'Environnement, ainsi qu'avec sa compagnie soeur, Melri (Contrecoeur).

Le secteur de carrière se caractérise par la production d'agregats pour la construction, de structures granulaires comme le mg120, mg20, d'agregats spécialisés et d'intrants de fabrication du béton et d'asphalte. Recmix s'implique aussi beaucoup dans le secteur des micros-agregats utilisés couramment pour le nettoyage au jet abrasif, dans la fabrication de sable de filtration et de traction, de granules pour toiture et d'abrasif pour aéroport. Ses agregats sont composés à 100 % de stériles miniers performants et sécuritaires pour l'utilisateur et pour l'environnement.

Recmix est un précurseur en matière d'innovation dans le secteur des résidus miniers. Elle travaille en étroite collaboration avec le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI). Le CTTEI effectue pour elle diverses recherches afin de valider certaines incertitudes techniques au sujet des produits qu'elle fabrique et, bien sûr, de les dissiper. Ces travaux visent également à déterminer certaines caractéristiques environnementales, tout en précisant l'impact sur l'hygiène du travail des produits de Recmix.

Le CTTEI participe aussi grandement au processus de comparaison des produits de Recmix avec ceux vendus sur le marché et ayant les mêmes utilités. C'est ce qui permet un positionnement adéquat des produits fabriqués chez Recmix par rapport à ceux déjà sur le marché.

Résumé de la conférence : Christine Millette et Dave Handfield
Révision : Marilyne Champagne

Dr Maurice Morency

Directeur scientifique

Centre de recherche en environnement UQAM Sorel-Tracy (CREUST) (Sorel-Tracy, Québec)

Vice-président

Fermag inc. (Sorel-Tracy, Québec)

Détenteur d'un doctorat en géochimie, il œuvre dans le domaine de l'environnement depuis vingt ans. Il a collaboré à de nombreux projets en environnement aux niveaux

national et international, qui ont notamment donné lieu à des brevets pour le traitement des résidus miniers et industriels. Depuis 1994, il collabore avec le Centre fédéral de recherche en environnement UFZ de Leipzig-Halle. Il dirige présentement deux mémoires de maîtrise sur les sédiments contaminés d'un lac de la région industrielle de Mansfield en Allemagne, en collaboration avec le CREUST et l'UQAM. Il a dirigé les recherches de Fermag au niveau pilotage et est présentement responsable des travaux de recherche pour la phase précommerciale.

Fermag : une nouvelle entreprise née de la valorisation des poussières d'aciérage

Valoriser les poussières d'aciérage en produit pigmentaire et le commercialiser, voilà l'objectif de Fermag lors de sa fondation en 2000, suite au transfert de la propriété intellectuelle du projet du CREUST à la nouvelle compagnie. C'est en fait trois (3) grands producteurs de la région, soit ISPAT-SIDBEC, les Aciers inoxydables Atlas et Stelco, qui ont mandaté le CREUST, en 1992, afin de trouver un moyen de traiter leurs résidus.

Au Québec, 30 000 tonnes de poussières sont produites chaque année. Cette option s'avérait plus profitable que la méthode d'empilement, qui entraîne l'écoulement de lixiviat à haute teneur en plomb et en zinc.

Avec une moyenne de 1,47 μm de diamètre et la présence de nano particules, la caractérisation de la poussière n'est pas facile. On utilise la diffraction pour déterminer les composés présents dans celles-ci et faciliter la détermination des possibilités de valorisation.

Tout le procédé de valorisation est très respectueux de l'environnement puisque, en étant hydrométallurgique, il utilise peu d'énergie, rejette peu d'émissions et recycle un effluent en réduisant sa masse d'environ 50 %. La portion non valorisée n'est plus, quant à elle, une matière dangereuse.

Les pigments sont produits à partir de composés présents dans les poussières. Pour les recueillir, on utilise une barbotine qui sépare les poussières en trois fractions. La fraction du centre est composée de ferrite et donne un pigment brun. Dans le fond, nous retrouvons un composé de magnétique qui produit un pigment noir. Il n'y a seulement que le surnageant qui n'a pas de valeur pigmentaire. Grâce à la recherche et au développement, le procédé a pu être amélioré en faisant une filtration électromagnétique, en utilisant un microniseur et en améliorant l'agitation.

Une vaste gamme d'utilisations est possible pour les pigments de Fermag. On peut par exemple les utiliser comme agent de coloration dans le ciment, ce qui permet de faire des pierres architecturales. On a aussi découvert que l'ajout de pigments augmentait la résistance du béton ainsi que sa fluidité pour la manipulation. La coloration du PVC est une autre avenue prometteuse.

La phase de pré-commercialisation devrait débuter au début 2005. Ainsi, Fermag pourra produire 300 tonnes de pigments par année. La quantité augmentera jusqu'à 25 000 tonnes par année lors de la phase commerciale.

Monsieur Areski Tagnit-Amou

Professeur chercheur
Université de Sherbrooke (Sherbrooke, Québec)

Expert dans les matériaux cimentaires, il est membre de plusieurs associations dont l'ACI, la RILEM et l'Observatoire en environnement et développement durable de l'Université de Sherbrooke. L'ensemble de ses travaux porte sur la valorisation des sous-produits industriels.

Laboratoire intégré de recherche en valorisation des matériaux et des structures innovatrices et durables

Qu'est-ce que le développement durable? C'est fabriquer des matériaux de très haute qualité, lui donner une valeur ajoutée, et ce, afin de pouvoir répondre aux problématiques environnementales que la société nous impose. Par le terme écologie, on fait référence au moyen d'être le moins polluant possible et on vise aussi à obtenir des réponses à différentes causes de pollution.

Le milieu du béton et du ciment est confronté aux problèmes des gaz à effet de serre et des sous-produits industriels, ce qui constitue l'une des principales raisons les poussant à agir maintenant. En ce sens, différents groupes d'architectes et des groupes américains ont initié le mouvement *Leadership in Energy in Environment Design (LEED)*, voulant que toute construction dans le futur ait des points environnementaux importants.

Au Canada, le gouvernement fédéral, via le ministère des Travaux publics, et le Québec, par la Société immobilière du Québec, introduisent le programme *Leed* dans la construction en fonction de plusieurs paramètres, comme le choix du site, la conservation de l'eau, de l'énergie, des matériaux et des ressources.

Les cimentiers, normalement inscrits dans le Protocole de Kyoto, essaient d'améliorer leurs procédés industriels pour réduire la quantité de CO₂. Toutefois, on atteint un niveau où il est impossible de la réduire davantage. Le remplacement d'une partie des matières premières par des adjuvants devient la solution. Par exemple, les combustibles fossiles peuvent, selon un habile procédé, être réduits à zéro. Ainsi, l'Université de Sherbrooke et la compagnie Nova Pb ont développé un système de recyclage et de valorisation des brasques des alumineries, qui sont des déchets très dangereux.

Au sujet du béton, on sait maintenant qu'il est possible d'utiliser sa masse thermique pour chauffer nos structures en hiver puisque le béton est un réservoir important de chaleur. L'Université de Sherbrooke procèdera à des tests allant en ce sens. En effet, les

murs d'un laboratoire, obtenu via la Fondation canadienne d'innovation, vont être instrumentés pour qu'on puisse y suivre l'évolution du matériel. Les murs en blocs de béton seront chauffés pour essayer d'en récupérer la chaleur. Il y aura un système de chauffage par inertie et un système de climatisation par géothermie. Ce laboratoire est une première mondiale tant par sa conception que par ses fonctionnalités. Le bénéfice d'un tel projet pour le Québec est l'optimisation des ciments et des bétons afin de diminuer les impacts sur l'environnement. Il contribue également à la valorisation de sous-produits industriels, à la diminution des gaz à effet de serre, à l'étude de la durée de vie des structures et à la démonstration des bâtiments verts. Il est souhaitable que les gens soient sensibilisés, mais aussi qu'il y ait une politique qui oblige l'utilisation de matériaux recyclés.

Résumé de la conférence : Myriam Ouellet et Julie Guévremont
Révision : Marilyne Champagne

Madame Marie-Hélène Riamon

Chef de service environnement/sécurité
Chambre de commerce et d'industrie Roanne (Roanne, France)

Ingénieure agronome de formation, spécialisée en science du sol et hydraulique agricole, titulaire d'un DEA et d'un post Doc. Elle a occupé plusieurs postes dans des organismes consulaires de l'État français. Elle est de plus, par fonction, secrétaire générale de la plus ancienne et plus importante Association d'industriels français pour la protection de l'environnement et la prévention des risques, créée à Roanne en 1951, l'ALSAPE, qui regroupe 150 sites industriels et 15 CCI sur cinq régions.

Faire de l'environnement un axe de développement économique pour les entreprises : rôle des organismes publics

La protection de l'environnement se doit d'être un outil de développement économique pour la région de Roanne. La démarche utilisée s'explique ainsi : Roanne vit une restructuration industrielle depuis 30 ans. En effet, la mondialisation affectant le textile, la fermeture des mines de charbon et la restructuration de la sidérurgie ont modifié quelque peu cette région dont la population s'exile pour pallier aux pertes d'emploi. Cette situation ne fait qu'accroître le fossé d'appauvrissement.

L'approche de l'aspect environnement, outil économique, ne s'est pas fait sans heurts, l'axe moteur étant partagé par des acteurs peu convaincus du bien-fondé de cette méthode au départ. Après dix ans et trois stress importants traversés durant ces années, l'idée a cheminé vers une acceptation plus générale des principaux intervenants. Ces trois stress touchaient les industries tant aux niveaux de la déception de ne pas être impliquées dans la gestion de leurs déchets, que de la venue possible d'un site d'enfouissement technique de classe I (déchets toxiques inertes), site rejeté par les élus locaux, ainsi que de l'implantation d'une grosse usine polluante, offrant un meilleur produit avec l'eau de Roanne. La protection de l'environnement, en tant qu'axe de

développement économique, ne doit pas être quelque chose que l'on subisse mais que l'on maîtrise.

Roanne devait se positionner et elle a su profiter des enjeux de sa biodiversité et de ses entreprises polluantes. Le contexte de développement durable pouvait ainsi conditionner la pérennité d'un site à un endroit donné. En effet, la sécurité, la prévention quant au risque industriel et la conformité réglementaire ont prouvé que si le citoyen, l'élu local et la police de l'environnement s'en tiennent à leurs rôle et responsabilité, un groupe industriel ne peut polluer un site impunément.

La Chambre de commerce et d'industrie de Roanne a mobilisé des fonds publics au nom de la conversion des industries parce que, « *en Europe, on ne peut être aidé avec l'argent du public pour la mise en conformité réglementaire* ». Différentes techniques sont donc utilisées pour favoriser l'intérêt, l'éthique et l'investissement en commençant par de petites actions, dont la gestion des déchets. Le changement opéré dans les industries de Roanne a modelé la région autrement : 60 sites industriels sur 1 500 sont désormais certifiés ISO 14001.

Rien ne sert de rencontrer les industries avec toutes nos solutions, si celles-ci ne l'ont pas déjà intégré dans leur propre mentalité d'entreprise; « on ne fera pas boire un âne qui n'a pas soif ». Toutefois, il faut continuer de susciter la curiosité, l'intérêt et même la peur, jusqu'à ce que l'entreprise exprime le besoin de changer.

Résumé de la conférence : Suzanne Auclair et Éric Thibodeau
Révision : Marilyne Champagne

Dr Holger Weiss

Directeur

UFZ Center for Environmental Research (Leipzig / Halle, Allemagne)

Pionnier de l'implantation de l'environnement dans les nouveaux Lander, il dirige les recherches à l'UFZ sur les projets concernant les résidus industriels et miniers. Il contribue également à l'élaboration des stratégies de remédiation des zones hautement contaminées et à leur redressement économique. Depuis 1994, il travaille conjointement avec le Centre de recherche en environnement UQAM - Sorel-Tracy (CREUST) et il est coauteur d'un brevet conjoint UFZ-UQAM sur un procédé d'oxydation pour les rejets industriels et miniers sulfurés. Il a dirigé la recherche, le développement et l'implantation du projet Safira pour le traitement *in situ* des eaux souterraines.

Wastes and Byproducts : Case Studies from Years of Collaboration Between UFZ and CREUST-UQAM

Avec l'avènement de la recherche et du développement, il est apparu clairement que certains sites allemands subissaient l'impact d'une contamination due aux résidus radioactifs et de leurs dérivés. Plusieurs solutions ont donc été envisagées afin de

remédier à cette situation, mais la volonté politique n'y était pas.

Le flux principal de contamination est la propagation de la poussière qui est hautement chargée en sulfite. En raison d'un très grand risque pour l'environnement, ces poussières, dont le diamètre moyen est inférieur à cinq microns, ont été déclarées matières dangereuses. Traversant les barrières physiologiques humaines, ces particules en suspension irradiées ont provoqué des cancers du poumon chez les populations avoisinantes.

Une façon de réutiliser ces particules et de les transformer en deux types de produits a été mise au point. Ces produits sont soit solides, à l'aide de plomb, soit liquides, à l'aide de zinc solubilisé. À la suite de cette découverte, le gouvernement allemand a investi des millions pour mettre sur pied des centrales de transformation, mais aucun intérêt n'a été démontré de la part des investisseurs externes, ce qui a ralenti le processus de décontamination.

De plus, la quantité de résidus entreposés et en attente d'être réutilisés représentent dorénavant un risque majeur pour les eaux de surface. On a d'ailleurs découvert la présence d'uranium dans les sédiments des lacs environnants, ce qui occasionne un problème de taille lorsqu'il s'agit de récupérer ces résidus pour les traiter, puisqu'ils sont en partie dispersés dans l'eau. L'hydroxyde de fer, présent également dans l'eau sous forme de granules, réduit de beaucoup la performance hydraulique et les capacités d'absorption de l'eau. Il faut donc trouver un moyen de le retirer de l'eau, ce qui n'est pas particulièrement évident.

À ce problème vient s'ajouter celui de la méthode de conservation sécuritaire des substances comme les uradionucléides, l'arsenic et les autres métaux lourds qui s'y rattachent. L'utilisation de l'eau dure a été proposée, mais cette méthode a ses limites.

Il reste malgré tout beaucoup à faire. Des recherches sont en cours afin de réduire l'uranium avec l'hydroxyde de fer soustrait de l'eau. Toutefois, il reste une importante question à régler à ce sujet : doit-on continuer à cacher ce problème ou se résigner à le résoudre?

Résumé de la conférence : Christine Millette et Dave Handfield

Révision : Marilyne Champagne

Olga Solomatnikova

Pétrochimiste

Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)

Détentrice d'un baccalauréat en pétrochimie de l'Université du pétrole et du gaz de Moscou et d'une maîtrise en génie chimique de l'Université Laval. Depuis 1998, elle agit à titre d'agent de recherche à la Direction Environnement du CRIQ, où elle a été impliquée dans plusieurs projets de valorisation des résidus industriels.

Développement de matériaux à partir de résidus de recouvrement de toitures

pour la réparation des nids de poule

Le constat du nombre effarant de nids de poule sur nos routes et l'abondance des résidus de recouvrement de toitures dans les LES et les DMS a donné lieu à un projet de recherche afin de résoudre ces deux problématiques.

Quatre objectifs majeurs ressortent de cette recherche, le premier étant de valoriser les bardeaux d'asphalte post-consommation et les membranes d'étanchéité post-industrielle. Vient en second lieu le déploiement d'un procédé de broyage de bardeaux d'asphalte et de membranes d'étanchéité pour mieux les intégrer dans la formulation du recouvrement routier. Le développement d'un produit de réparation qui devrait avoir des propriétés supérieures ou égales aux produits déjà commercialisés se veut le troisième objectif. Finalement, le dernier objectif est d'estimer le coût des produits développés.

Qu'en est-il des propriétés recherchées pour ce produit de réparation? Il doit être enrobé, préparé et appliqué à froid et posséder aussi une bonne maniabilité, une résistance à l'eau et une bonne cohésion/adhésion. Par ailleurs, l'énergie d'adhésion est celle que l'on dépense pour arracher un film de bitume fortement absorbé sur la surface du granulat, tandis que l'énergie de cohésion est nécessaire pour lier les granulats.

Le broyage est l'étape cruciale pour la formulation de l'enrobé. Deux systèmes ont été mis à l'essai, l'un à chaud et l'autre à froid. Il appert que le bardeau d'asphalte présente peu de problèmes de broyage, étant plus friable que les membranes d'étanchéité en raison de sa composition chimique. La grosseur des particules influence les propriétés du produit fini : il faut un mélange de particules fines et grossières pour obtenir les propriétés de cohésion ou d'adhésion recherchées. Lors de la conception, on doit faire attention à la formulation bitume/granulats, car le bitume n'aime pas l'eau et, s'il y en a trop, le recouvrement risque de se décoller lorsqu'il sera humide. Deux types de granulats sont utilisés : granitique et calcaire.

Grâce aux méthodes de l'ASPM et du ministère des Transports, les produits finis du CRIQ ont démontré leurs qualités en laboratoire. Mais qu'en était-il sur le terrain? Des essais ont été effectués entre juin 2003 et mars 2004 et ont donné d'excellents résultats, même meilleurs que les produits déjà commercialisés.

Les conclusions de réussite déjà anticipées ne doivent pas nous leurrer sur les travaux à poursuivre pour améliorer ces produits. La diminution du coût du produit fini, la valorisation des membranes d'étanchéité et une autre approche de traitement des bardeaux d'asphalte avant le broyage devraient nous aider à mieux performer et à atteindre de meilleurs produits.

Résumé de la conférence : Suzanne Auclair et Éric Thibodeau
Révision : Marilyne Champagne

Monsieur Olivier Boiral
Professeur agrégé
Université Laval (Québec, Québec)

Chercheur régulier à l'Institut des hautes études internationales, il est titulaire d'un doctorat des HEC de Montréal. Il s'est penché sur la gestion des questions environnementales, l'écologie industrielle et les normes internationales de gestion. Il est l'auteur d'une cinquantaine d'articles et de communications scientifiques sur ces questions.

Écologie industrielle et productivité : la quête de l'éco-efficience

La relation entre économie, environnement et éco-efficience est complexe. Trois aspects méritent d'être traités : la relation équivoque entre économie et environnement, le parallèle entre éco-efficience et productivité et la gestion des savoirs et des connaissances, en fonction de son apport à l'écologie industrielle dans les entreprises.

La relation entre environnement et économie est équivoque parce qu'elle est abordée à partir de plusieurs paradigmes et perspectives. Le premier de ces paradigmes se nomme l'économie classique, que Olivier Boiral rebaptise *cow-boy*, et il s'est développé avec la révolution industrielle, laquelle considère la nature comme une réserve permanente et inépuisable de richesses, disponibles pour satisfaire les besoins de l'économie. Ce paradigme existe encore de nos jours, surtout dans le domaine du *management* où l'environnement naturel n'est jamais défini.

Un autre paradigme est la relation gagnant/perdant, qui découle de l'économie classique et dans lequel on traduit les actions environnementales en coûts pour l'économie. Dans cette optique, on rencontre la décroissance soutenable, laquelle considère qu'il y a un conflit entre l'économie et l'environnement. Dans la relation gagnant/perdant, il faut baisser les normes environnementales au profit de l'économie. Cependant, pour protéger l'environnement, il est inévitable de mettre un frein aux activités économiques.

On rencontre enfin une relation gagnant/gagnant entre environnement et économie lorsque les actions environnementales sont considérées comme une source de productivité, d'amélioration et d'innovation, aidant ainsi à améliorer l'avantage compétitif des nations. Dans un tel cas, la pollution est perçue comme une perte d'énergie et de matière. Donc, réduire la pollution permet d'améliorer l'efficience, l'efficacité et la productivité des organisations. La relation gagnant/gagnant est fortement encouragée par le gouvernement du Québec bien qu'il n'injecte que 0,4 % de son budget global dans l'environnement. Le concept de développement durable a permis de promouvoir la logique gagnant/gagnant puisqu'il n'y a pas d'opposition entre économie et environnement.

Étant donné que les paradigmes gagnant/perdant et gagnant/gagnant sont arbitraires, il faut que les entreprises se fixent des objectifs qu'ils peuvent atteindre de façon efficiente, c'est-à-dire de la façon la moins coûteuse possible et en faisant éventuellement des bénéfices.

Les performances environnementales sont souvent une conséquence de la bonne gestion de l'entreprise. Les actions préventives permettent d'apporter des bénéfices économiques liés aux actions environnementales en réduisant à la source les

contaminants. Ces actions donnent des résultats opposés aux actions palliatives qui sont rarement profitables. Ainsi, la gestion des municipalités par rapport à ces règlements démontre que de bonnes relations avec la communauté valent probablement plus que quelques millions de dollars versés aux entreprises.

La philosophie de l'éco-efficience est le rapport entre les sorties économiques et leurs impacts environnementaux. En d'autres termes, c'est faire plus avec moins en tentant d'éliminer les déchets. Par contre, ceci devient de plus en plus difficile depuis 2001, car il y a eu une augmentation de près de 40 % du coût de la matière première à la suite de la croissance économique des nouveaux pays industrialisés comme la Chine, l'Inde et le Japon. C'est donc pour cette raison que la réduction de l'intensité d'utilisation des matières premières devient une source d'économie substantielle pour les entreprises. Cette économie est possible à travers des politiques d'écologie industrielle et de maximisation de l'éco-efficience.

Pour y parvenir, un certain nombre d'indices se sont développés au cours des années, tels que le sac à dos et l'empreinte écologiques et l'eau virtuelle, qui ont été de plus en plus utilisés dans les entreprises. Ces indices servent à modéliser la quantité de matière qui est nécessaire pour produire une certaine quantité d'un produit fini.

L'écologie industrielle cherche à économiser les ressources et à maximiser les synergies entre les sous-produits industriels à travers différentes démarches : le développement de systèmes en boucle fermée, l'amélioration de la durée du cycle de vie des produits, l'utilisation des ressources résiduelles dans le procédé, la valorisation énergétique, la transformation de produits finis ou semi-finis en matière première et, enfin, les éco-parcs industriels.

Le principe d'écologie industrielle n'est pas une notion nouvelle si on la compare à tout ce qui se fait à partir de matières résiduelles dans le tiers monde. En ce sens, il est à noter qu'un milliard d'humains vivent aujourd'hui dans des bidonvilles.

La gestion des savoirs, au service de l'écologie industrielle, nécessite un consensus dans les domaines de la stratégie et du *management*, sur le fait que la compétitivité des entreprises dépend largement de l'apprentissage de compétences clés, difficilement imitables par les concurrents. Cet apprentissage doit se faire, entre autres, au niveau des procédés et de l'innovation. Il doit également se faire dans le contrôle des flux de matières, au niveau environnemental et par les opérateurs et les travailleurs.

Le tout demande donc le développement de compétences pour gérer les relations avec les collectivités locales ainsi que les aspects administratifs réglementaires relatifs aux règlements environnementaux. La promotion de l'écologie industrielle doit intégrer les différentes fonctions et dimensions de l'entreprise et sa réussite nécessite une formation professionnelle adaptée aux besoins des employés et des travailleurs. Les écoles et les universités doivent elles aussi travailler dans cette direction.

Finalement, l'entreprise doit être à l'écoute de ses employés qui ont souvent de bonnes idées pour faire des économies et devenir éco-efficient. Il faut introduire dans l'entreprise une culture pro-environnementale liée à la formation de tous et chacun dans la compagnie. Enfin, pour implanter l'écologie industrielle, les dirigeants doivent avoir une vision précise de leur entreprise dans ce domaine.

Résumé de la conférence : Mathieu Gagnon et Stéphane Lizotte
Révision : Marilyne Champagne

2^e Conférence internationale sur l'écologie industrielle – 14 et 15 octobre 2004

Organisée conjointement par le CREUST et le CTTÉI

www.ctei.qc.ca