

# ÉCO-EFFICIENCE ET COMPÉTITIVITÉ : UNE ÉTUDE DE CAS DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE

## **Jean D. Kabongo**

Professeur assistant  
Department of Management and Marketing  
School of Business  
Virginia State University  
P.O Box 9209  
Petersburg, VA 23806  
E-mail: [jkabongo@vsu.edu](mailto:jkabongo@vsu.edu)

## **Olivier Boiral**

Professeur agrégé  
Faculté des sciences de l'administration  
Université Laval  
Québec, Canada G1K 7P4  
Tél : (418) 656 2131, poste 4776  
Fax : (418) 656 2624  
E-mail : [Olivier.Boiral@mng.ulaval.ca](mailto:Olivier.Boiral@mng.ulaval.ca)

## **RÉSUMÉ**

Les dirigeants d'entreprises font face à des contraintes environnementales grandissantes de la part des gouvernements et de la société, qui exigent l'adoption de systèmes de production propre souvent coûteux. Nombre d'études portant sur ces considérations sont surtout orientées vers la description des conditions et des implications de l'harmonisation entre l'écologie et l'économie de l'entreprise. Cependant, peu de recherches empiriques se sont attachées à décrire le cheminement parcouru par les entreprises industrielles dans le processus d'intégration de ces différentes contraintes. Pour mieux comprendre cette question, une étude menée auprès des responsables de douze entreprises industrielles qui mettent en œuvre les pratiques de l'écologie industrielle a été réalisée. Les résultats montrent que, tant pour les entreprises pour lesquelles la revalorisation résiduelle constitue la vocation principale que pour celles dont cette revalorisation se fait en marge des opérations de production industrielle, l'intégration de l'écologie et de l'économie répond d'abord et avant tout à une logique de rentabilité. Un modèle de l'évolution de cette intégration est proposé. Celui-ci s'articule autour des quatre étapes essentielles : expérimentation, intégration fonctionnelle, développement d'un noyau de compétences et consolidation stratégique.

**Mots clés :** revalorisation, éco-efficience, productivité, écologie, économie.

# **ÉCO-EFFICIENCE ET COMPÉTITIVITÉ : UNE ÉTUDE DE CAS DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE**

## **RÉSUMÉ**

Les dirigeants d'entreprises font face à des contraintes environnementales grandissantes de la part des gouvernements et de la société, qui exigent l'adoption de systèmes de production propre souvent coûteux. Nombre d'études portant sur ces considérations sont surtout orientées vers la description des conditions et des implications de l'harmonisation entre l'écologie et l'économie de l'entreprise. Cependant, peu de recherches empiriques se sont attachées à décrire le cheminement parcouru par les entreprises industrielles dans le processus d'intégration de ces différentes contraintes. Pour mieux comprendre cette question, une étude menée auprès des responsables de douze entreprises industrielles qui mettent en œuvre les pratiques de l'écologie industrielle a été réalisée. Les résultats montrent que, tant pour les entreprises pour lesquelles la revalorisation résiduelle constitue la vocation principale que pour celles dont cette revalorisation se fait en marge des opérations de production industrielle, l'intégration de l'écologie et de l'économie répond d'abord et avant tout à une logique de rentabilité. Un modèle de l'évolution de cette intégration est proposé. Celui-ci s'articule autour des quatre étapes essentielles : expérimentation, intégration fonctionnelle, développement d'un noyau de compétences et consolidation stratégique.

## INTRODUCTION

L'écologie industrielle connaît un développement soutenu sur les plans conceptuel et pratique depuis les années 1980. La récupération, la revalorisation ainsi que l'élaboration de divers produits à partir de matières résiduelles apparaissent comme une approche innovante, susceptible de proposer des alternatives viables aux problèmes de surproduction, d'entreposage et de disposition des déchets industriels et ménagers (Frosch et Gallopoulos, 1989; Graedel et Allenby, 1995; Tibbs, 1993). L'analyse des flux de matière et d'énergie, la réutilisation de ces flux, la restructuration des modes de production, l'échange de résidus entre différentes entreprises constituent quelques-uns des concepts fondamentaux qui orientent les recherches en écologie industrielle. L'optimisation de l'usage des ressources disponibles constitue le principe de base sur lequel prend appui les pratiques d'écologie industrielle, ce qui suscite beaucoup d'intérêt chez les responsables d'entreprises, les chercheurs et les gouvernements. En effet, selon l'hypothèse la plus plausible, une telle démarche offre des avantages tant économiques qu'environnementaux. Sur le plan économique, l'écologie industrielle représente des opportunités d'affaires susceptibles d'intéresser les entreprises (Tibbs, 1993; Boiral et Croteau, 2001). De plus, cela peut contribuer à réduire certains coûts, à se différencier sur les marchés et à répondre aux exigences de nombreux acteurs institutionnels (Bansal et Roth, 2000; Preston et Sayin, 2000; King et Lenox, 2001; Bantel et Osborn, 1995). Enfin, sur le plan écologique, la revalorisation résiduelle offre des alternatives efficaces au problème de la croissance rapide de la quantité de résidus générés par l'industrie (Lisney, Riley et Banks, 2004; Fricker, 2003; Boiral et Croteau, 2001).

Si l'utilisation et l'échange des matières résiduelles font l'objet de nombreuses recherches depuis les années 1990, les enjeux économiques de ces pratiques à l'échelle des entreprises individuelles demeurent relativement peu étudiés. Bon nombre des travaux portant sur ces enjeux ont souligné les facteurs macroéconomiques clés de la mise en œuvre de l'écologie industrielle, en particulier la croissance et le développement économiques (Allenby, 1999), la portée des sciences économiques et l'environnement (Hawken, 1993; Lovins, Lovins et Hawken, 1999; Faber, Constanza et Wilson, 2002; Ramos-Martin, 2003), la substitution et la complémentarité des ressources (Desrochers, 2002), le taux d'escompte (Baumgärtner, Faber et

Proops, 2002; Cerin et Karlson, 2002), les externalités Constanza, 1991; Kneese, 1984; Nordhaus, 1992), la notion d'utilité (Kempton, Boster et Hartley, 1996), ainsi que l'analyse statique et dynamique (Epstein et Axell, 1996; Nelson, 1996).

Ces différentes recherches ont permis de mieux comprendre, dans une perspective élargie, les enjeux de l'intégration de l'économie et de l'écologie dans la perspective du développement durable, de théoriser les mécanismes d'échange et de transformation des flux de production et, de façon plus générale, de montrer le potentiel de la généralisation de cette démarche à un niveau macro-économique. En revanche, peu de travaux se sont attachés à analyser le processus d'intégration des enjeux économiques et environnementaux dans les entreprises industrielles dont les pratiques sont centrées sur la revalorisation résiduelle. L'étude des facteurs économiques et des comportements des responsables industrielles impliqués dans l'utilisation et dans les échanges des matières résiduelles repose, pour l'essentiel, sur des réflexions centrées sur les motivations (Bansal et Roth, 2000), sur les liens entre performances environnementales et financières (King et Lenox, 2001; Lingard, Gilbert et Graham, 2001), et sur le développement de l'avantage concurrentiel (Porter et van der Linde, 1995; Esty et Porter, 1998). Ces travaux tendent à ignorer les enjeux microéconomiques et les étapes franchies par les entreprises dans le processus de l'intégration écologie-économie.

L'objectif principal du présent article est d'analyser ces enjeux et de décrire ces étapes à partir des perceptions de gestionnaires d'entreprises industrielles canadiennes ayant adopté des mesures innovantes et significatives dans ce domaine. Les résultats de cette étude tentent de remettre en cause la portée des seules approches macroéconomiques en soulignant, en particulier, les bénéfices économiques de l'écologie industrielle, tant dans l'identification des opportunités de valorisation des matières résiduelles que dans l'amélioration des performances écologiques et économiques de leur mise en œuvre.

Dans un premier temps, l'article s'attachera à présenter le concept d'éco-efficience à partir des principaux travaux dans ce domaine. Dans un second temps, la méthodologie qui a été suivie

dans la réalisation de la présente recherche sera présentée. Enfin, les résultats de l'étude seront analysés et discutés.

## **1. L'ÉCO-EFFICIENCE OU L'ÉCONOMIE AU SERVICE DE L'ÉCOLOGIE**

L'éco-efficience apparaît comme une forme de mise en pratique des principes de développement durable à l'échelle de l'entreprise. Depuis les années 1990, ce concept connaît un développement rapide sur le plan institutionnel et sur celui de la promotion de l'écologie industrielle. La mise en application de ce concept gravite essentiellement autour de la recherche d'optimisation de l'usage des ressources disponibles dans les systèmes de production. Cette optimisation vise, d'une part, la maximisation des profits à réaliser par l'entreprise et, d'autre part, la réduction, lorsque c'est possible, de la quantité des intrants dans les procédés de production. Le caractère mobilisateur du concept d'éco-efficience, à côté des concepts de l'environnement, de prévention de la pollution et de comptabilité « verte », constituent les éléments de l'application de l'écologie industrielle à l'échelle de l'entreprise (Lifset et Gradel, 2002). À l'image de « zéro défaut » dans le domaine de la qualité totale, l'éco-efficience s'apparente à un concept plus intégrateur dans la mesure où ce dernier englobe toutes les activités fonctionnelles de l'entreprise. Dans cette perspective, il peut se définir comme « un processus de changement dans lequel l'exploitation des ressources, la direction des investissements, l'orientation du développement technologique et les transformations au niveau de la direction de l'entreprise maximisent la valeur ajoutée tout en minimisant la consommation des ressources, les déchets et la pollution » (Schmidheiny et Zorraquin, 1998, p. 7).

Dans sa dimension sociale, le concept d'éco-efficience est compris sous l'angle de la philosophie de gestion et de direction d'entreprise se rapprochant du concept de développement durable (Lowe et Evans, 1995). Dans sa dimension économique, ce concept représente le rapport entre la valeur ajoutée et les impacts environnementaux des activités de l'entreprise (WBCSD, 1996; Helminen, 2000). Dans cette perspective, l'éco-efficience est définie comme « l'efficacité avec laquelle les ressources écologiques sont utilisées pour répondre aux besoins des êtres humains, à des prix compétitifs, tout en réduisant les impacts environnementaux et l'intensité

d'usage des ressources et de l'énergie, tout au long du cycle de vie et en respectant la capacité de support des écosystèmes » (DeSimone et Popoff, 1997). L'éco-efficience mesure ainsi, pour l'entreprise, le rapport « ressources utilisées - impacts causés sur l'environnement - qualité du produit – prix - besoin satisfait d'une entreprise ».

Si l'éco-efficience et les indicateurs de ses mesures semblent représenter une des nombreuses applications du concept de développement durable à l'échelle de l'entreprise, les liens entre les deux concepts demeurent cependant nébuleux. D'abord, les méthodologies et les outils de mesure de l'éco-efficience s'apparentent souvent à des principes généraux que les entreprises sont appelées à appliquer de façon volontaire. Ainsi, la réduction de la demande pour les produits et les services, la réduction de l'intensité énergétique, la réduction de la dispersion des substances toxiques, l'augmentation de la capacité de recyclage des matières, la maximisation de l'utilisation durable des ressources renouvelables, l'augmentation de la durabilité et l'augmentation de l'intensité du service des biens et services, qui constituent des éléments clés selon le WBCSD (1996), apparaissent plus comme des idéaux à atteindre que comme des pratiques réalistes et intégrées à la gestion quotidienne des opérations. Ensuite, la complexité de la collecte des données, le manque de fiabilité des unités de mesure et le caractère volontaire des indicateurs d'éco-efficience montrent que la portée et l'interprétation des résultats sur l'éco-efficience présentent certaines limites pour la plupart des entreprises. Enfin, l'intégration des réalités économiques et écologiques dans les indicateurs de performance pour l'ensemble des activités de l'entreprise rend complexe le calcul des différents indicateurs d'éco-efficience (Helminen, 2000; Farber, Constanza et Wilson, 2002).

Paradoxalement, c'est cette dimension environnementale qui, en s'ajoutant à sa dimension économique, en fait un concept innovateur dans le cadre de l'optimisation de l'usage des ressources. Par essence, les entreprises recherchent la productivité. Les responsables des entreprises savent ce que représente la réduction totale des coûts d'opération par unité de biens, de services produits, etc. L'éco-efficience ajoute des dimensions jusqu'ici négligées dans la production industrielle. L'attention particulière portée aux gestes quotidiens quant à la façon d'utiliser l'énergie et l'eau, par exemple, peut devenir une source significative d'économies

supplémentaires. En ce sens, le calcul des indicateurs d'éco-efficience apparaît comme une prise de conscience de l'utilisation efficace des ressources disponibles pour le bénéfice des entreprises. Selon certains auteurs, cette quête d'éco-efficience s'inscrit dans un changement global devant conduire à une optimisation globale de l'usage des ressources planétaires (Frosch et Gallopoulos, 1989; Graedel et Allenby, 1995; Allenby, 1999; Tibbs, 1993).

Bien que l'éco-efficience comme application du développement durable à l'échelle de l'entreprise présente certaines difficultés de compréhension et d'interprétation sur le plan conceptuel (Helminen, 2000), la situation semble différente sur le plan opérationnel. En effet, des études empiriques montrent que des entreprises évoluant dans des secteurs d'activités aussi diversifiés que les pâtes et papiers, la production chimique ou encore la fabrication d'automobiles affichent leur caractère éco-efficient comme une réponse logique à de nouveaux impératifs de l'évolution des marchés et du monde des affaires (Hart et Abuja, 1996; Dobers et Wolf, 1999; Helminen, 2000; Cramer, 2000). Ces études portent essentiellement sur la réduction de certains impacts environnementaux, sur la diminution de la consommation de matière et d'énergie et donc sur celle de ressources naturelles dans une vision élargie, sur la réalisation d'économies substantielles et sur le positionnement des entreprises par rapport aux acteurs du même secteur en matière de performance environnementale.

Si l'écologie industrielle ou les pratiques qui s'inscrivent dans sa logique peuvent représenter une source significative d'intégration de l'écologie et de l'économie ainsi qu'une source d'amélioration des performances de l'entreprise, il convient de s'interroger sur le processus d'intégration et sur les enjeux microéconomiques qui jouent un rôle déterminant dans cette démarche. Quelle est la nature de cette intégration? Quels sont ces enjeux? Quels sont les défis et les difficultés que ces pratiques soulèvent dans l'intégration de l'économie et de l'écologie? C'est dans l'intention de répondre à ces questions qu'une étude de cas a été réalisée auprès d'une quarantaine de gestionnaires ayant mis de l'avant les pratiques d'écologie industrielle.

## 2. MÉTHODOLOGIE

L'objectif de l'étude est de comprendre l'intégration de l'écologie et de l'économie dans les pratiques d'écologie industrielle à partir de la vision des responsables de différents départements (ressources humaines, finances, ventes, gestion des opérations et environnement) quant à la revalorisation des matières résiduelles. Ces responsables représentent différents secteurs d'activité, lesquels s'inscrivent, dans une large mesure, dans la récupération, le conditionnement et l'utilisation de matières rebutées et de sous-produits : les pneus hors d'usage, les scories des aciéries, les batteries à plomb acide, les sous-produits animaliers, les résidus provenant des entreprises de pâtes et papiers et les résidus miniers. Dans le cadre de cette étude, nous entendons par revalorisation résiduelle l'utilisation, à divers niveaux des procédés, des résidus rebutés et des sous-produits comme manière de définir une stratégie organisationnelle. Dans la démarche d'analyse qualitative de la présente étude, plusieurs dimensions associées à cette mise en œuvre ont été prises en compte : les activités de chaque entreprise, le contexte opératoire, les motivations et les niveaux d'intégration des pratiques de revalorisation et de transformation des matières résiduelles, les types de synergie industrielle, les performances commerciales et environnementales, les difficultés rencontrées dans la gestion quotidienne des ressources humaines, la gestion des opérations, les ventes et l'environnement, etc.

La méthode d'étude de cas est apparue comme une démarche appropriée pour analyser les différentes dimensions des pratiques d'écologie industrielle. D'abord, cette méthode est particulièrement indiquée dans une étude empirique portant sur des phénomènes contemporains et complexes, et s'inscrivant dans une démarche qualitative (Yin, 1984). Ensuite, elle permet d'analyser ces phénomènes à partir de points de vue et de perspectives différentes (Eisenhardt, 1989; Yin, 1984). Enfin, les résultats de chaque cas sont comparés aux autres résultats dans le but de confirmer ou d'infirmer les différentes tendances qui se profilent. Cela permet, à partir d'une démarche inductive, d'élaborer de nouvelles théories ou d'explorer de nouvelles idées (Yin, 1984).

## 2.1. LA COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a reposé, en grande partie, sur des entretiens individuels faits auprès de responsables de services liés à l'environnement, aux opérations, à la production et aux ventes dans des entreprises industrielles canadiennes qui appliquent des principes de revalorisation et de transformation des sous-produits. Des visites d'usines et des documents internes de ces mêmes usines ont également été utilisés. Dans bon nombre de ces entreprises, les responsables interrogés comptent parmi les gestionnaires qui connaissent bien le dossier « écologie industrielle » et qui y travaillent depuis plusieurs années. En effet, ils ont, pour la plupart, participé à la planification du projet de départ et ils s'occupent de sa gestion quotidienne. La sélection des entreprises et des responsables qu'il fallait rencontrer a été guidée par la pertinence des activités de chacune d'entre elles ainsi que par l'accessibilité et la disponibilité des responsables. Afin de délimiter les paramètres de l'étude, seules les entreprises industrielles dont les stratégies d'ensemble s'inscrivent dans le cadre de la revalorisation résiduelle ont été prises en compte. Les entreprises choisies ne constituent pas de cas extrêmes. La diversité des secteurs d'activité et les différents niveaux d'intégration de la revalorisation résiduelle constituent, dans le cadre de cette étude, des facteurs qui favorisent la compréhension de sa mise en marche. Cela permet de confronter des données empiriques avec les concepts théoriques. Les entreprises ont été contactées, par téléphone, à partir des exemples du travail de Boiral et de Croteau (2001), des listes établies par des bases de données d'Industrie Canada, des associations de producteurs industriels ainsi que de la presse locale et régionale.

Basés sur un questionnaire conçu à cet effet, quarante deux entretiens de type directif ont été réalisés au total. Ce questionnaire a été ajusté à chacun des entretiens, en tenant compte de la responsabilité et de la fonction de chaque participant. Chaque entretien, d'une durée moyenne d'une heure et demie, a été enregistré sur une bande sonore. Les rencontres avec les responsables d'entreprises ont été suivies par les visites de leurs usines. Les commentaires recueillis lors de ces visites ont fait l'objet d'entretiens additionnels et ont également été enregistrés. Afin de prendre du recul face aux données collectées lors des premiers entretiens, les visites subséquentes ont été effectuées à quelques semaines d'intervalle. Il en fut de même lors des entretiens réalisés avec d'autres responsables dans une même entreprise. Les questions posées portaient sur les thèmes

suivants : informations générales sur l'entreprise et son mode de production, motivations et processus de mise en œuvre des pratiques de revalorisation résiduelle, niveaux d'intégration de ces pratiques, équipements et systèmes de revalorisation mis en vigueur, enjeux et difficultés associés à l'intégration de l'écologie dans l'économie de l'entreprise. Le tableau suivant présente l'essentiel de l'information sur les cas analysés.

**Tableau 1. Les cas analysés**

| Secteur industriel                             | Nombre d'employés(E) et entretiens réalisés (ER) | Activité principale  | Chiffre d'affaire en \$ CAD |
|--|--|--|-----------------------------|
| <b>Pneus hors d'usage</b>                      | <b>CAS 1</b><br>E: 40<br>ER: 4                   | Fabrique des tapis industriels pour les stalles des animaux depuis 1983  | 15 M                        |
|  | <b>CAS 2</b><br>E: 117<br>ER: 4                  | Fabrique des produits à base du caoutchouc recyclé des pneus hors d'usage depuis 1983  | 35 M                        |
|  | <b>CAS 3</b><br>E: 115<br>ER: 4                  | Fabrique des bitumes, en particulier des bitumes de polymère et de caoutchouc depuis 1991  | 50 M                        |
|  | <b>CAS 4</b><br>E: 25<br>ER: 2                   | Produit la granule et la poudrette à partir du caoutchouc recyclé depuis 1996  | 5 M                         |
| <b>Scories des aciéries et résidus miniers</b> | <b>CAS 5</b><br>E: 30<br>ER: 2                   | Revalorise les scories d'acier inoxydable et les stériles de minerai de fer depuis 1985  | 50 M                        |
|  | <b>CAS 6</b><br>E: 360<br>ER: 4                  | Récupérait du magnésium à partir des résidus de la serpentine de 2000 à 2003   | N/A                         |
| <b>Cimenteries</b>                             | <b>CAS 7</b><br>E: 388<br>ER: 4                  | Utilise une trentaine de résidus et de combustibles de substitution pour la fabrication d'environ 1 million de tonnes de ciment et de béton par année depuis 1998      | 400 M                       |
|  | <b>CAS 8</b><br>E: 200<br>ER: 4                  | Utilise de plus de 80 types de résidus et de matières premières dérivées pour la production d'environ 1 million de tonnes de ciment et de béton par année depuis 1991. | 390 M                       |
| <b>Batteries au plomb-acide</b>                | <b>CAS 9</b><br>E: 140<br>ER: 4                  | Recycle les batteries d'automobiles et les résidus dangereux tels que les filtres à huile, les huiles usagées, les polymères, le carbonate de sodium depuis 1984       | 50 M                        |

|                                 |                                   |  |      |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|------|
| <b>Sous-Produits animaliers</b> | <b>CAS 10</b><br>E: 60<br>ER: 2   | Recycle les huiles de cuisson et les graisses de cuisson et produit un carburant à base de déchets animaliers recyclables depuis 1966. | 5 M  |
| <b>Pâtes et papiers</b>         | <b>CAS 11</b><br>E: 1000<br>ER: 4 | Revalorise les boues de désencrage depuis 1990.  | 50 M |
| <b>Produits chimiques</b>       | <b>CAS 12</b><br>E: 388<br>ER: 4  | Revalorise de l'acide sulfurique et récupère également de son procédé de fabrication de TiO2 le CO2 liquide qui en est dégagé.         | 35 M |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>42 ENTRETIENS</b>              |  |      |

## 2.2. L'ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse des données a été faite à partir du regroupement et de la comparaison de plusieurs sources d'information, notamment la transcription des entretiens (verbatim), les documents d'entreprise (portant sur les types de production, les procédés utilisés, le système de gestion environnementale, les données relatives à la performance environnementale), les notes prises lors des entretiens et des visites d'usine. Bien que la transcription des entretiens ait été la principale source utilisée, le processus d'analyse a reposé sur une démarche de catégorisation, de regroupement et de comparaison des informations en fonction de concepts ou de thèmes émergeant de l'interprétation des résultats. Le logiciel d'analyse qualitative NUD\*IST Vivo a été utilisé pour faciliter ce processus de catégorisation, qui est au cœur de la *grounded theory* (Glaser et Strauss, 1967; Strauss et Corbin, 1990).

Au total, 84 catégories, regroupées en cinq thèmes généraux (informations générales portant sur l'entreprise, sur la revalorisation et la transformation des matières résiduelles et industrielles, sur les procédés utilisés dans la revalorisation et la transformation des sous-produits, sur les performances commerciales et environnementales ainsi que sur les difficultés rencontrées) et en 23 sous-thèmes, ont été constituées. La description de ces catégories serait très longue compte tenu des objectifs du présent papier. La structuration des informations relatives à ces divers thèmes a permis de centrer l'interprétation des données sur les résultats les plus significatifs et

qui traduisent le mieux les objectifs de l'étude. Pour protéger l'anonymat des répondants, seule la fonction de chacun d'entre eux apparaîtra sous les citations insérées dans le présent texte, par exemple « directeur des opérations » ou « directeur de l'environnement et de l'énergie ». Ces citations visent à illustrer les tendances générales de l'analyse des données à partir de passages représentatifs du discours des répondants.

### **3. L'ÉCO-EFFICIENCE AU QUOTIDIEN : LE CAS D'UNE USINE DE MAGNÉSIUM**

Avant d'analyser le processus de développement des pratiques d'éco-efficience dans les cas étudiés ainsi que leurs implications économiques, il convient d'illustrer ce concept, souvent abordé de façon abstraite, à partir d'un exemple concret. Les pratiques d'un des cas étudiés, une usine de magnésium, sont particulièrement révélatrices des bénéfices économiques liées à la revalorisation des matières résiduelles. Avec une production annuelle évaluée à 48 000 tonnes, le procédé d'électrolyse utilisé dans cette entreprise exige l'introduction et la manipulation de produits potentiellement très toxiques, notamment l'acide chlorhydrique (HCl) et le chlore gazeux (Cl<sub>2</sub>). De plus, les multiples réactions chimiques survenant tout au long de ce procédé comportent un risque de présence de polluants dans les effluents, par exemple l'acide chlorhydrique ou le chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>), l'émanation de gaz à effet de serre comme l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) ou encore le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et, éventuellement, la contamination des sols. Pour réduire tous ces effets et maximiser l'usage des intrants dans les systèmes de production, les dirigeants de l'usine s'engageaient, à partir de 1990, dans un vaste et ambitieux programme de gestion efficiente des processus. À l'instar des entreprises comme 3M et Interface qui ont recentré leurs activités sur le modèle inspiré de l'éco-efficience, la politique de l'usine de magnésium s'engageait à « produire le maximum de magnésium avec le minimum de ressources dans le respect de la génération actuelle et de celles qui vont suivre ». Cette vision qui s'inscrit dans la perspective de rationalisation de l'usage des ressources repose sur trois actions : respecter les lois et les normes environnementales en vigueur, prévenir et éliminer tout accident écologique, et réduire les pertes des matières premières et les émissions de polluants. Les structurations au niveau des ressources humaines ont exigé la mise sur pied de programmes

de formation du personnel ainsi que de programmes d'information destinée à la clientèle et à la population avoisinante.

Ces changements de gestion se sont accompagnés d'actions concrètes et de gestes quotidiens sur lesquels reposent les principes d'éco-efficience. En effet, des efforts soutenus ont été déployés pour améliorer de façon constante l'efficacité des procédés. Qu'il s'agisse de la révision du bon fonctionnement des équipements, du lavage des pompes HCl (acide chlorhydrique), NaOH (hydroxyde de sodium), NaOCl (hypochlorite de sodium), ou encore de l'achat de nouveaux équipements, les employés sont sensibilisés aux problèmes de perte et de gaspillage des matières utilisées. L'une des facettes des actions et des gestes concrets concerne plus directement le recyclage et la revalorisation des rejets. Avec environ 17 400 tonnes de boues générées par année, les dirigeants de l'usine s'engageaient à connaître les propriétés des résidus, ainsi qu'à contrôler et à calculer ces derniers, considérés désormais comme des ressources. L'analyse de la composition physique et chimique des boues révélait qu'elles contiennent près de 18 % de magnésium. Ainsi, l'entreprise est passée de l'enfouissement au développement d'un nouveau produit, le Mag III, la formule commercialisée des boues de magnésium.

Plusieurs autres réalisations témoignent de cet engagement « éco-efficient » : la réduction des pertes d'acide, qui fait des économies de 500 000 \$ par année; la réduction des pertes de chlorures à l'effluent, qui génère des gains de 1 000 000 \$ par année; le programme de R&D, visant à entreprendre le remplacement de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) avant la fin de 2005. Les responsables de l'usine ont également développé des propres indicateurs de performance environnementale et économique appelés FEED (effluent, énergie et déchets). Selon les données de l'entreprise, toutes ces actions et tous ces gestes, qui s'inscrivent dans le cadre d'une gestion éco-efficiente, en plus de la mise sur pied du programme FEED, représentaient en 2003 une économie de 4 000 \$ par jour.

#### **4. CONCILIER LES IMPÉRATIFS ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX**

Le cas de l'usine de magnésium précédemment exposé montre les économies significatives qu'il est possible de réaliser à travers la recherche d'une plus grande éco-efficience des procédés.

Cependant, les mesures mises en œuvre dans cette usine ne sauraient être généralisées en raison notamment de la spécificité des procédés. Les résultats de l'étude montrent la grande diversité des expériences dans le domaine de l'écologie industrielle. Au niveau des procédés, ces expériences s'inscrivent généralement dans le cadre de l'utilisation des matières résiduelles à des degrés divers comme source principale d'intrants. L'utilisation des résidus dans les procédés des entreprises analysées se traduit principalement par les synergies industrielles suivantes : la transformation des produits finis ou semi-finis en matières premières, la transformation des résidus industriels en matières premières, l'utilisation des déchets industriels dans l'un ou l'autre procédé, la valorisation énergétique (Boiral et Croteau, 2001a), la substitution de certaines matières premières par des résidus, et l'ajout des résidus aux produits finis. Ces différentes synergies industrielles montrent que les entreprises analysées appliquent effectivement des principes d'écologie industrielle, même si ce concept est rarement utilisé par les dirigeants :

Nous faisons de la revalorisation à trois échelles principalement. D'abord, au niveau des matières premières de base (silice, calcium, fer et alumine), nous remplaçons de l'alumine par des catalyseurs usés qui proviennent des raffineries de pétrole. Ensuite, nous utilisons des combustibles alternatifs tels que les huiles usées, les pneus hors d'usage, ou encore le bois contaminé pour brûler du « clinker ». Enfin, nous introduisons des cendres volatiles provenant des usines d'épuration des eaux usées pour fabriquer du béton à haute performance. (un directeur de l'énergie et de l'environnement)

L'entreprise a deux schémas particuliers de revalorisation : en premier lieu, la revalorisation à 100 % des scories d'acier inoxydable de types 300 et 400<sup>1</sup>, ce qui constitue l'une des principales activités de l'entreprise. On est la seule entreprise en Amérique qui fait de la revalorisation de scories d'acier inoxydable. Dans un deuxième plan, on fait de la revalorisation de stériles de minerai de fer. » (un directeur général)

En fait, les actions mises en œuvre par les dirigeants rencontrés semblent relever surtout d'un souci de productivité qui, de surcroît, s'est avéré bénéfique pour l'environnement. On veut produire en minimisant les coûts des intrants, lesquels proviennent de différentes filières de récupération qui sont parfois subventionnées. Les résidus industriels comme intrants principaux permettent aux entreprises de réduire certains coûts d'opération et d'être plus performantes sur le

---

<sup>1</sup> Classification d'acier inoxydable selon leur structure métallurgique. Cette nomenclature a été définie par AISI (American Iron and Steel Institute).

plan économique. L'écologie industrielle et en particulier la revalorisation résiduelle se traduisent donc par une stratégie d'ensemble, une façon de conceptualiser les activités et le monde des affaires pour les entreprises qui la mettent en pratique. Cette façon de mettre l'économie au service de l'écologie montre qu'il y a une dualité quant à la perception des pratiques d'écologie industrielle. D'une part, la perception des gestionnaires qui visent d'abord et avant tout la rentabilité économique. D'autre part, la perception de la société en général et de certains groupes qui voient dans la revalorisation résiduelle un devoir social de rendre « propre » l'environnement :

Nous essayons de substituer l'ensemble des produits que nous utilisons dans nos procédés par des matières résiduelles, ce qui permet à l'entreprise d'être performante sur le plan économique. Nous ne croyons pas à une vocation essentiellement sociale. Nous utilisons les substituts résiduels pour des raisons économiques. On peut parler de plusieurs termes : revalorisation, réutilisation, etc. Pour nous, ce qu'il faut, c'est voir, dans n'importe quelle matière résiduelle, ce qui reste, ce qui est encore actif, pour en faire autre chose au lieu de l'enfouir en sol. (un vice-président, chef des opérations)

Il faut trouver une source d'approvisionnement en matières premières et, dans les recherches qui ont été faites, les dirigeants de l'entreprise ont découvert les piles de résidus qui sont ici à côté comme étant une source exploitable. Je suis sûr que si l'entreprise avait trouvé une autre source, ils l'auraient utilisée de la même manière. Certaines personnes, les environnementalistes entre autres, qui veulent promouvoir l'environnement, ont vu le potentiel de ces piles, mais cela n'était nullement dans l'intention première de l'entreprise. (un directeur à la technique et à l'ingénierie)

Les réponses des gestionnaires à la question portant sur le type d'information dont ils ont besoin pour planifier leurs activités de production viennent encore renforcer la perception selon laquelle les stratégies de revalorisation ne visent pas en premier lieu les considérations environnementales. L'information sur les flux de matière et d'énergie dans les systèmes de production industrielle et de consommation en rapport avec l'environnement ne semble pas être un facteur important. Ce sont plutôt les informations de type économique et marketing qui jouent un rôle de premier plan :

Nous sommes là, dans l'entreprise, pour faire de l'argent et non pas pour le simple fait d'utiliser les matières résiduelles. L'information que nous utilisons sert à des fins économiques. (un vice-président, chef des opérations)

Ces propos montrent que les mesures d'écologie industrielle sont, dans la plupart des cas, bénéfiques pour les entreprises industrielles. Ce ne sont pas ici des actions environnementales qui *a posteriori* s'avèrent rentables, mais plutôt des actions rentables qui s'avèrent également bénéfiques pour l'environnement. Malgré de nombreuses contraintes administratives, techniques et sociétales, une bonne lecture des marchés ne semble pas, à court terme, constituer de menace pour la pérennité de ces entreprises. Sur le plan environnemental, bien qu'il existe encore de sérieuses difficultés liées à la maîtrise de la variabilité des matières à revaloriser, à l'obtention des permis pour utiliser, entreposer et manipuler certains déchets, les entreprises visitées semblent, dans l'ensemble, relativement en avance sur le plan du contrôle des émissions, indépendamment de leurs activités relatives à l'écologie industrielle. À quelques exceptions près, elles respectent la réglementation et sont fières de leurs performances à ce niveau. Des investissements assez importants ont été nécessaires pour arriver à une certaine maîtrise des problèmes liés à l'environnement. Rencontrer les normes est perçu comme un facteur important de réussite commerciale.

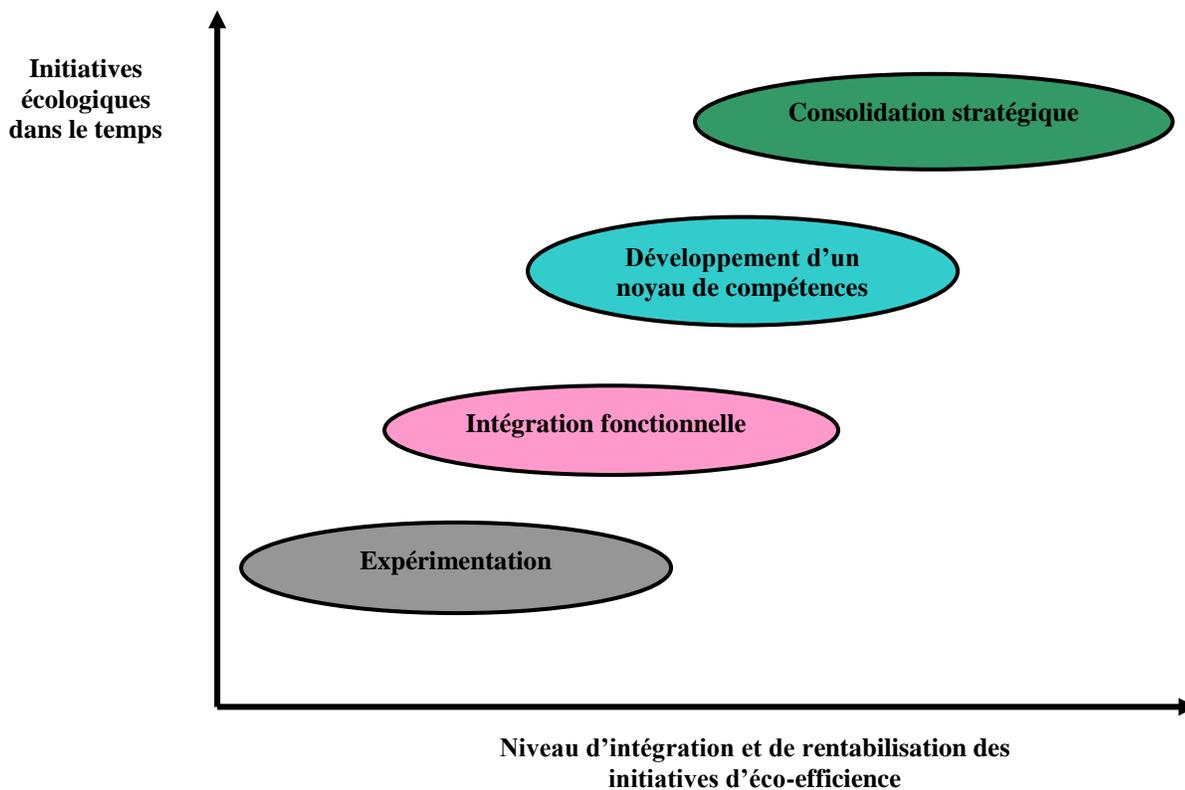
Bien que l'équilibre entre environnement et économie demeure précaire en raison de la grande diversité des matières revalorisées, en raison, aussi, des secteurs d'activité, des procédés mis en marche ou encore des produits fabriqués, les entretiens réalisés permettent d'identifier les niveaux ou les étapes du processus d'intégration de l'écologie et de l'économie dans les pratiques de revalorisation résiduelle.

## **5. DE L'EXPÉRIMENTATION À LA CONSOLIDATION STRATÉGIQUE DES INITIATIVES ÉCO-EFFICIENTES**

Les exemples observés montrent que deux facteurs jouent un rôle déterminant dans l'intégration de l'écologie et de l'économie dans l'entreprise. D'une part, la recherche de la rentabilité économique. En effet, pour les gestionnaires rencontrés, les différentes mesures prises par les entreprises, qu'il s'agisse de la conception d'une nouvelle philosophie de gestion, de l'achat et de l'amélioration des équipements, de l'introduction de nouvelles technologies, de la recherche des matières résiduelles à revaloriser, de la formation du personnel, de l'élaboration des produits à partir des déchets, ou encore la bonne lecture des marchés demeurent avant tout motivées par la rentabilité économique, indépendamment de la teneur écologique des ces actions.

D'autre part, l'introduction des initiatives éco-efficientes exige un temps qui peut être assez long. Le développement des compétences en matière de procédés et d'innovations technologiques, le contrôle des flux de matière, ou encore la formation du personnel aux nouvelles pratiques nécessite un apprentissage souvent laborieux avant que les opérations entreprises portent fruit. Cet apprentissage et ses effets sur la rentabilité peuvent être représentés par un modèle qui se décompose en quatre phases principales (voir figure 1) : l'expérimentation, l'intégration, le développement d'un noyau de compétences et la consolidation stratégique. Deux axes principaux déterminent cette intégration : le développement des initiatives écologiques dans le temps et le niveau d'intégration et de rentabilisation de ces initiatives.

**Figure 1 : Modèle intégrateur de l'écologie et de l'économie de l'entreprise**



L'expérimentation constitue la première phase de l'intégration de l'écologie et de l'économie. Tant dans les entreprises dont la revalorisation constitue le métier principal que dans celles dont les pratiques écologiques sont des opérations en marge des activités de base, les dirigeants doivent dans un premier temps prendre conscience des bénéfices des initiatives d'éco-efficience et expérimenter progressivement ces dernières. Cette expérimentation se développe

généralement à partir d'un processus d'essais-erreurs. En effet, les innovations dans ce domaine reposent rarement sur des technologies standardisées, ou sur une remise en cause immédiate et radicale des pratiques. Elles reposent plutôt sur une sorte de « bricolage » qui fait appel à des initiatives souvent peu planifiées et prévisibles. Sur le plan technologique, par exemple, les dirigeants déploient des efforts pour expérimenter de nouveaux procédés et équipements. C'est le cas, pour certaines entreprises visitées, de la mise en marche d'un procédé pyro-métallurgique, d'un procédé d'électrolyse de la serpentine ou encore d'un procédé d'introduction des cendres volatiles pour améliorer la qualité du béton. L'esprit inventif et entrepreneurial des employés est souvent souligné pour décrire l'émergence des pratiques d'éco-efficience :

Nous avons procédé par de l'entrepreneuriat à sa plus belle expression, par essais-erreurs, comme les "patenteux" de la Beauce. Ce sont les gens qui prennent les équipements et qui les mettent ensemble. Ils n'ont aucune idée des réactions chimiques qui peuvent en résulter. Ce sont des gens qui essaient des choses, ce sont de véritables inventeurs. C'est comme ça que l'entreprise ici a commencé, en essayant des choses. (un directeur des opérations)

À travers les années, nous avons investi beaucoup dans la technologie. Elle est devenue écologique. Ce n'est pas le ministère de l'Environnement qui nous a dit de faire ceci ou cela. Nous avons toujours pris l'initiative pour précéder les demandes qu'il peut y avoir au niveau de l'environnement. Nous avons été persuadés, dès le démarrage, que la pérennité d'une entreprise comme la nôtre est assurée par deux choses: la rentabilité économique et le respect le plus total de l'environnement. (un vice-président, directeur des opérations)

La seconde phase du processus de développement des initiatives éco-efficientes repose sur une logique de restructuration et d'intégration fonctionnelle. En effet, l'opérationnalisation et la rentabilisation de ces initiatives exigent des changements qui ne se limitent pas à une fonction technique spécialisée ou à une expérimentation plus ou moins sporadique. Elles appellent des remises en causes dans l'ensemble des activités. Par exemple, au niveau de la gestion des opérations, la maîtrise de la variabilité des différentes matières utilisées, tant au niveau de leur composition que de leur dimension, nécessite l'apprentissage de pratiques à travers un processus dont le résultat est rarement prévisible. La formation du personnel, et en particulier des opérateurs qui sont appelés à manipuler des produits potentiellement dangereux, constitue un autre défi majeur de la mise en œuvre des pratiques d'écologie industrielle. De même, le respect des normes environnementales et la conformité aux lois et réglementations en vigueur sur le plan

local et régional constituent des difficultés avec lesquelles les dirigeants doivent composer. Enfin, la rentabilisation des opérations suppose souvent le développement d'un partenariat avec d'autres industries et le développement d'un réseau de récupération, de transformation et de commercialisation des produits élaborés à partir des matières résiduelles. Cette restructuration de tous les processus d'affaires associés aux initiatives éco-efficientes est nécessaire pour apporter à ces pratiques plus de cohérence, d'efficience et d'intégration opérationnelle:

Quand nous avons commencé, notre équipement était fait de machines que nous avons achetées des autres industries, en particulier minières, forestières et de recyclage. Donc, nous n'avions pas de référence. Après ça, nous avons dû réorganiser toutes nos opérations en faisant la commande des équipements mieux adaptés à nos procédés. Ce fut une époque de réinvention totale de nos façons de faire. (un directeur administratif)

À partir de 1984, on a fait pas mal de transformations, de sorte qu'à compter de juin 1985, on était rentable. C'est demeuré une compagnie privée. Ce que nous avons fait, c'est de réorganiser toute la force. Moi, je suis arrivé ici en avril 1985 et mes talents particuliers étaient du côté de l'organisation du travail et de la motivation du personnel. J'ai appris sur-le-champ ce qu'est la pyro-métallurgie, le recyclage, etc. Mais à mon arrivée en 1985, la compagnie était déjà bien installée et notre objectif, notre orientation, est de faire de l'argent avec des matières résiduelles. (un vice-président, directeur des opérations)

L'intégration des pratiques d'éco-efficience dans l'entreprise est rarement immédiatement fonctionnelle. Elle résulte le plus souvent d'un long processus d'apprentissage au cours duquel les nouvelles pratiques adoptées sont sans cesse améliorées, tant au niveau de leur efficacité technique et organisationnelle que de leur rentabilité économique. Durant cette phase de perfectionnement et d'optimisation, les progrès réalisés quant à l'utilisation des matériaux divers entrant dans les procédés ainsi que l'obtention de bons résultats sur le plan environnemental renforcent la recherche des opportunités d'affaires liées à l'utilisation des matières résiduelles. Pour la plupart des dirigeants rencontrés, ce sont souvent les résidus les plus dangereux qu'il est le plus « rentable » de valoriser. C'est le cas, par exemple, de la récupération et du recyclage des brasques provenant des alumineries. Cette réussite environnementale et économique est présentée par la plupart des répondants comme une motivation majeure pour renforcer le développement des pratiques d'éco-efficience. La spécificité des procédés et de ces pratiques, de même que leur caractère transversal et difficilement imitable pour les concurrents débouchent sur le développement d'un véritable « noyau de compétences » (Prahalad et Hamel, 1990) qui renforce

l'avantage compétitif des entreprises. Ce noyau de compétences est difficile à expliciter dans la mesure où il découle du développement de compétences collectives spécifiques et souvent tacites. Cependant, de nombreux répondants ont souligné le caractère unique et complexe des pratiques résultant de cet apprentissage collectif :

Avec les équipements que nous avons installés, nous pouvons programmer tous les procédés de pyro-métallurgie et les procédés de traitement des gaz afin qu'ils soient propres. Nous sommes en mesure de recycler la plupart des produits contenant des matières plombifères. Nos procédés sont d'ailleurs considérés comme « world class » : il n'y a personne au monde qui fait ce que nous faisons. Et il n'y a personne au monde qui est aussi rentable que nous. Avec la mise au point du nouveau système de combustion, on a commencé à avoir accès à de nouveaux produits, ce que j'appelle des matières plus sophistiquées, c'est-à-dire plus dangereuses mais plus payantes. C'est ça qui nous motive, ici. Si on n'était pas rentable, je ne pense pas qu'on serait arrivés jusqu'à ce point. Je répète ce que je disais : la fonction écologique est avant tout économique. (un vice-président, directeur des opérations)

Ce sont les années d'expérience qui ont fait qu'on a déterminé et trouvé le type d'équipements que l'on utilise pour le moment. Il faut être conscient que la façon dont les granules de caoutchouc sont obtenues implique qu'il y ait une certaine forme géométrique. Si on n'a pas la géométrie nécessaire, on n'aura pas le produit tel qu'on l'espère. Il y a bien sûr beaucoup de choses qui sont faites en même temps : des essais, des adaptations multiples d'équipements, des abandons, des reprises, des remplacements de pièces et de machines, etc. (un directeur général)

La consolidation stratégique des initiatives éco-efficience traduit un renforcement et un élargissement des pratiques mises en oeuvre. Ces dernières ne représentent plus seulement une dimension essentielle de l'activité de l'organisation, mais un axe majeur de son développement technologique et commercial, voir le cœur de son métier. Il ne s'agit plus d'intégrer les préoccupations environnementales dans la stratégie de l'entreprise, mais de promouvoir une stratégie qui, de facto, est indissociablement liée à des pratiques d'écologie industrielles devenues avec le temps partie intégrante du mode de fonctionnement voire de la raison d'être de l'entreprise. Cette étape de consolidation se caractérise donc par le renforcement de l'engagement environnemental, des performances dans ce domaine et du caractère avant-gardiste de l'entreprise. Les performances financières et commerciales accumulées dans le temps permettent aux dirigeants non seulement de continuer à investir pour l'environnement, mais également à investir dans des projets de R&D qui visent à revaloriser encore davantage de matières

résiduelles, à renforcer les filières de récupération, de valorisation et de commercialisation de nouveaux produits « écologiques ». Pour la plupart des dirigeants rencontrés, les lourds investissements qu'impliquent ces différentes initiatives à cette étape témoignent de la réussite de l'intégration de l'écologie dans l'économie de l'entreprise. Ces mêmes initiatives illustrent, selon leur perception, des concepts comme le développement durable, l'éco-efficience ou encore l'entreprise citoyenne, en donnant à ces expressions une consistance opérationnelle qui leur fait souvent défaut :

Nous sommes en train de développer un nouveau produit de recyclage élaboré à partir des brasques d'alumineries. Nous venons de créer une nouvelle filiale spécialisée dans la commercialisation de ce produit. L'entreprise a toujours été rentable avec le recyclage des matières plombifères depuis près de 20 ans que nous existons. Il faut dire qu'il y a des sous à faire avec le recyclage. C'est ce qui nous a permis d'investir plus de 12 millions de dollars dans la recherche et le développement, en collaboration avec l'université de la région. Nous payons deux essais de maîtrise et une recherche doctorale pour la mise au point du nouveau produit de valorisation, unique jusque là au monde. Cela prouve que nous avons à cœur le développement durable. (un directeur d'usine)

Nous n'avons pas de problèmes au niveau de la rentabilité financière. L'usine ne pollue pas non plus. Nous avons de la matière première et notre entreprise a de très bonnes projections pour l'avenir. On a bâti une compagnie de capital de risque. Ils ont identifié Royal-Mat comme la plate-forme avec laquelle ils vont consolider l'industrie. Avec la technologie qui nous est propre, on va y aller par des fusions et des acquisitions. Et on va mettre sur pied une entreprise nord-américaine dans ce domaine. N'est-ce pas là l'éco-efficience que vous avez évoquée tout à l'heure? Les environnementalistes et les autres qui parlent de développement durable, etc. ne peuvent rien dire contre nous. Mais, ça, c'est le résultat de plusieurs années de travail et d'épreuves. (un directeur général)

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont permis de mieux comprendre la façon dont les entreprises qui travaillent dans le domaine de la récupération, de la revalorisation et de la commercialisation des produits élaborés à partir des résidus industriels intègrent l'écologie et l'économie dans leurs activités respectives, ainsi que les enjeux et les défis que soulève une telle démarche. Dans les

exemples observés, deux éléments qui semblent, dans les cas étudiés, indissociables jouent un rôle déterminant dans cette intégration. D'une part, la rentabilité de l'entreprise et, d'autre part, le développement progressif de compétences techniques, humaines et commerciales associées à la revalorisation des matières résiduelles. Selon la perception des dirigeants rencontrés, plus l'entreprise est rentable, plus elle est disposée à investir dans les initiatives écologiques de revalorisation résiduelle et d'amélioration de performances environnementales. Ce qui a pu être vérifié par l'analyse des rapports annuels des entreprises visitées. L'intégration de l'écologie et de l'économie se traduit par un processus graduel, sous-jacent aux résultats économiques favorables obtenus.

Cette intégration ne semble pas relever des simples réponses aux lois et règlements en vigueur, ou à des contraintes gouvernementales et sociétales. Elle évolue plutôt à partir des performances économiques qui constituent la base sur laquelle repose les actions écologiques. Les phases d'expérimentation, d'intégration fonctionnelle, de développement d'un noyau de compétences et de consolidation stratégique traduisent un processus graduel de remise en cause et de mise en phase de l'organisation avec les principes du développement durable. Si ces principes ne conditionnent pas, au départ, les actions entreprises, les bénéfices obtenus tendent à démontrer, au-delà des enjeux éthiques et environnementaux, l'intérêt de s'engager dans une démarche de développement durable. Ce concept ne saurait cependant se réduire à des actions éco-efficientes rentables, lesquelles peuvent, comme le montrent les cas étudiés, être dissociées de toute préoccupation pour les générations futures et l'équilibre des écosystèmes. De plus, si la recherche du profit peut conduire à plus d'efficacité dans l'utilisation des matières premières et à une réduction de la pollution, de nombreux exemples pourraient démontrer exactement le contraire. Ce n'est donc pas seulement aux entreprises d'arbitrer sur la façon de promouvoir un mode de développement plus respectueux des écosystèmes, lesquels ne sauraient faire l'économie d'une intervention active des pouvoirs publics et des groupes environnementaux.

## **RÉFÉRENCES**

Allenby, B. (1999), *Industrial Ecology. Policy Framework and Implementation*, Upper Saddle River: NJ, Prentice Hall, 307 p.

Ausubel, J. et Langford, D. (1997), *Technological Trajectories and the Human Environment*, Washington: D.C., National Academy Press, 214 p.

Bansal, P. et Roth, K. (2000), « Why Companies Go Green: A Model of Ecological Responsiveness », *Academy of Management Journal*, Vol. 43, No. 4, p. 717-736.

Bantel, K. et Osborn, N.R. (1995), « The Influence of Performance, Environment and Size on the Identifiability of Firm Strategy », *British Journal of Management*, Vol. 6, No. 4, p. 235-248.

Baumgärtner, S., Faber, M. et Proops, J. (2002), « How environmental concern influence the investment decision: an application of capital theory », *Ecological Economics*, Vol. 40, No.1, p. 1-11.

Boiral, O. et Croteau, G. (2001), « Développement durable et synergie des sous-produits : quelques exemples au Québec », *Nouvelles tendances en management*, Vol. 3, No. 2, p. A1-A2.

Cerin, P. et Karlson, L. (2002), « Business incentives for sustainability: a property rights approach », *Ecological Economics*, Vol. 40, No. 1, p. 13-22.

Constanza, R. (ed.) (1991), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, New York, Columbia University Press, 525 p.

Cramer, J. (2000), « Responsiveness of Industry to Eco-efficiency Improvements In The Product Chain: The Case of Akzo Nobel », *Business Strategy and the Environment*, Vol. 9, No. 1, p. 36-48.

Curcio, R. et Wolf, F. (1996), « Corporate Environmental Strategy: Impact Upon Firm Value », *Journal of Financial and Strategic Decisions*, Vol. 9, No. 2, p. 21-31.

DeSimone, L. et Popoff, F. (1997), *Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development*, Cambridge: MA, MIT Press, 280 p.

Desrochers P. (2002), « Industrial ecology and the rediscovery of inter-firm recycling linkages: historical evidence and policy implications », *Industrial and Corporate Change*, Vol. 11, No. 5, p. 1031-1057.

Dobers, P. et Wolf, R. (1999), « Eco-efficiency and Dematerialization: Scenarios for New Industrial Logics in Recycling Industries, Automobiles and Household Appliances », *Business Strategy and the Environment*, Vol. 8, No. 1, p. 31-45.

Eisenhardt, K. (1989), « Building from Case Study Research », *Academy of Management Review*, Vol. 4, No. 14, p. 532-550.

Epstein, J.M. et Axtell, R. (1996), *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, Washington, DC, Brookings Institution Press, 208 p.

Erkman, S. (1998), *Vers une écologie industrielle. Comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*, Paris, Éditions Charles Léopold Mayer, 152 p.

Esty, D. et Porter, M. (1998), « Industrial Ecology and Competitiveness », *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, No. 1, p. 35-44.

Faber, S., Constanza, R. et Wilson, M. (2002), « Economic and Ecological Concepts for Valuing Ecosystem Services », *Ecological Economics* Vol. 41, No. 3, p. 375-392.

Fricker, A. (2003), « Waste Reduction in Focus », *Future*, Vol. 35, No. 5, p. 509-519.

Frosch, R. et Gallopoulos, N. (1989), « Strategies for Manufacturing », *Scientific American* 261, p. 144-152.

Glaser, B. et Strauss A. (1967), *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Chicago, Aldine Pub. Co., 271 p.

Graedel, T. et Allenby B. (1995), *Industrial Ecology*, Englewood Cliffs: N.J., Prentice-Hall, 411 p.

Hart, S. (1995), « A Natural-Resource-Based View of the Firm », *Academy of Management Review*, Vol. 20, No. 4, p. 986-1014.

Hart, S. et Abuja, G. (1996), « Does It Pay To Be Green? An Empirical Examination of the Relationship Between Emission Reduction and Firm Performance », *Business Strategy and the Environment*, Vol. 5, No. 1, p. 30-37.

Hawken, P. (1993), *The Ecology of Commerce*, New York, Harper Collins, 250 p.

Helminen, R. (2000), « Developing Tangible Measures for Eco-efficiency: The Case of Finnish and Swedish Pulp and Paper Industry », *Business Strategy and The Environment*, Vol. 9, No. 3, p. 196-210.

Kempton, W., Boster, J. et Hartley, J. (1996), *Environmental Values in American Culture*, Cambridge: Mass., The MIT Press, 320 p.

King, A. et Lenox, M. (2001), « Does It Really Pay to Be Green? An Empirical Study of Firm Environmental and Financial Performance », *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 5, No. 1, p. 105-116.

Kneese, A. (1984), *Measuring the Benefits of Clean Air and Water*, Washington: DC, Resources for the Future, Johns Hopkins University Press, 159 p.

Lifset, R. et Graedel, T.E. (2002), « Industrial ecology: Goals and definitions », *A Handbook of Industrial Ecology*, Robert, Ayres U. and Ayres, Leslie W. (dir.), Cheltenham: UK, Northampton, MA: USA, Edward Elgar Publishing, p. 3-15.

Lindgard, H.; Gilbert, G. et Graham, P. (2001), « Improving Solid Waste Reduction and Recycling Performance Using Setting and Feedback », *Construction Management and Economics*, Vol. 19, No. 8, p. 809-817.

Lisney, R., Riley, K. et Banks, C. (2004), « From Waste to Resource Management-Part 2 », *Management Services*, Vol. 48, No. 1, p. 8-14.

Lovins, A., Lovins, L. et Hawken, P. (1999), « A Road Map for Natural Capitalism », *Harvard Business Review*, Vol. 77, No. 3, p. 145-158.

Nelson, R.R. (1996), *The Sources of Economic Growth*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 328 p.

Nordhaus, W. (1992), « The ecology of markets », *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89, (février), p. 843-850.

O'Rourke, D., Connelly, L. et Koshland, C. (1996), « Industrial Ecology: A Critical Review », *International Journal of Environment and Pollution*, Vol. 6, No. 2/3, p. 89-112.

Porter, M. et van der Linde, C. (1995), « Green and Competitive: Ending the Stalemate », *Harvard Business Review*, Vol. 73, No. 5, p. 120-134.

Prahalad, C.K. et G.K. Hamel (1990), « The core competencies of the corporations », *Harvard Business Review*, 68(3): 79-91,

Preston, L. et Sayin, G. (2000), *Building Sustainable Businesses. A Handbook for General Managers*, Haas School of Business, University of California.  
<http://groups.haas.berkeley.edu/netimpact/publications/handbook.html> [9 mai 2004]

Ramos-Martin, J. (2002), « Empiricism in Ecological Economics: A Perspective from Complex Systems », *Ecological Economics*, Vol. 46, No. 3, p. 387-398.

Schmidheiny, S. et Zorraquin, F. (1998), *Financing Change. The Financial Community, Eco-efficiency and Sustainable Development*, Cambridge, MA: MIT Press, 211 p.

Strauss, A. et J. Corbin (1990), *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*, London, Sage, 270 p.

The World Business Council for Sustainable Development (1996), *Eco-efficiency and Cleaner Production. Charting the Course to Sustainability*, WBCSD, Genève. <http://www.iisd.ca/linkages/consume/unep/html> [11 mai 2004].

Tibbs, H. (1993), *Industrial Ecology. An Environmental Agenda for Industry*, Emeryville: CA, Global Business Network (première publication en 1991, Arthur D. Little), document de travail.

Yin, R.K. (1984), *Case Study Research: Design and Methods*, Newbury Park, Sage, 160 p.