



Le **management** des **savoirs** au service de l'**écologie** **industrielle**

L'utilisation de matières résiduelles comme intrants dans les procédés industriels peut représenter une source significative d'avantages compétitifs. Une étude auprès de gestionnaires canadiens démontre que cette logique d'écologie industrielle repose avant tout sur la mobilisation de savoirs interdisciplinaires et transversaux permettant aux entreprises de se doter d'un véritable « noyau de compétences » dont la finalité dépasse le cadre strict des actions environnementales.

Constituée comme un domaine d'étude et de recherche dans les années 1990, l'écologie industrielle s'affirme de plus en plus une approche innovante, susceptible de déboucher sur des transformations profondes dans les systèmes actuels de production et de consommation (Frosch et Gallopoulos, 1989; Graedel et Allenby, 1995; Tibbs, 1993). Si les mobiles et le caractère parfois radical de ces transformations sont loin de faire l'unanimité (O'Rourke, Connelly et Koshland, 1996), la logique d'optimisation de l'usage des ressources que propose l'écologie industrielle est à l'origine de recherches prometteuses, à vocation plus technologique que managériale: analyse de flux de matières et d'énergies, réutilisation de ces flux dans des procédés industriels, restructuration des modes de production, recherche de synergies entre des sous-produits, échanges de résidus entre différentes entreprises, etc. Cette logique d'optimisation suppose un effort de réduction des flux de matières et d'énergies dans les systèmes de production et de consommation, et leur substitution par les résidus ou des sous-produits industriels (Frosch et Gallopoulos, 1989; Erkman, 1998; Allen, 2002).

Dans son principe, une telle démarche offre plusieurs avantages, tant économiques qu'environnementaux. D'une part, l'utilisation des résidus industriels comme matières premières représente des opportunités d'affaires susceptibles d'intéresser les entreprises et les gouvernements (Tibbs, 1993; Boiral et Croteau, 2001a). D'autre part, cette utilisation 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; Jauch et Osborn, 1981; Bantel et Osborn, 1995). Enfin, le développement de l'écologie industrielle offre des alternatives efficaces au problème de la croissance rapide de la quantité de déchets générée par l'industrie (Boiral et Croteau, 2001a).

Cependant, les pratiques d'écologie industrielle dans les entreprises demeurent relativement peu étudiées. Quelques auteurs ont souligné les facteurs de réussite de sa mise en œuvre au sein des entreprises, en particulier le design de nouvelles technologies (Ausubel et Langford, 1997; Grubler, 1998; Chertow, 2001), l'adaptation des procédés aux matières résiduelles à utiliser (Ausubel, 1996; Hendrickson *et al.*, 2002), le développement des réseaux d'échange des matériaux, l'approvisionnement constant de ces derniers (Côté et Cohen-Rosenthal, 1998), ou encore la révision des mécanismes réglementaires (Graedel et Allenby, 1995; Allenby, 1999). Ces travaux ont permis de mieux comprendre, dans une perspective élargie, les principes de l'écologie industrielle, de théoriser les mécanismes d'échange et de transforma-

tion 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 recherches se sont attachées à comprendre les défis que cela implique pour les organisations confrontées à ces transformations. L'étude de l'écologie industrielle repose, pour l'essentiel, sur des réflexions spéculatives qui tendent à ignorer les enjeux stratégiques, humains et organisationnels sous-jacents aux efforts de réduction et de valorisation des matières résiduelles.

L'objectif principal de cet article est d'analyser ces efforts 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 remettent en cause la portée des seules approches techniques et scientifiques en soulignant, en particulier, le rôle fondamental des processus d'apprentissages organisationnels, tant dans l'identification des opportunités de valorisation résiduelle que dans l'amélioration de l'efficacité de leur mise en œuvre.

Dans un premier temps, l'article s'attachera à décrire les principes de l'écologie industrielle à partir des principaux travaux dans ce domaine. Dans un deuxième temps, la méthodologie qui a été suivie dans la réalisation de la présente recherche sera présentée. Enfin, l'analyse des résultats de l'étude montrera comment les pratiques d'écologie industrielle reposent sur un « noyau de compétences » contribuant notamment à améliorer l'efficacité de la gestion des opérations de production.

I. – DE LA QUÊTE DU « ZÉRO DÉCHET » À L'APPRENTISSAGE DE NOUVELLES PRATIQUES ORGANISATIONNELLES

Depuis les années 1990, l'écologie industrielle connaît un développement rapide, tant sur le plan institutionnel que conceptuel. La mise en œuvre de cette démarche intéresse de nombreux acteurs économiques et politiques, en particulier dans les pays les plus industrialisés. L'implantation des parcs éco-industriels sur le modèle de Kalundborg, une municipalité danoise ayant mis en œuvre ce type de parc en collaboration avec diverses entreprises (notamment une usine électrique, une raffinerie, une fabrique de placoplâtre et une entreprise biotechnologique), a fait l'objet de nombreuses recherches (Ébrahimi *et al.*, 1997; Ehrenfeld et Gertler, 1997; Grann, 1997). Ce modèle européen, devenu une référence incontestable, a inspiré d'autres expériences, notamment aux États-Unis (à Brownsville, Texas, à Baltimore, Maryland, à Cape Charles, Virginie et à Chattanooga, Tennessee), au Canada (à Burnside, Nouvelle-Écosse) ou encore au Japon (Côté et Smolenaars, 1997; Côté et Cohen-Rosenthal, 1998). Bien que l'expérience de Kalundborg se déroule dans un contexte très précis qu'il semble difficile de transplanter ailleurs (Erkman, 1998; Desrochers, 2001; Lifset et Graedel, 2002), il a montré la pertinence opérationnelle des principaux concepts et outils utilisés aujourd'hui dans les travaux sur l'écologie industrielle.

Ces outils se confondent souvent avec la recherche du « zéro déchet », qui apparaît comme une sorte de quête à jamais inachevée, dont les principes d'écologie indus-

trielle s'attachent à définir les principaux paramètres. À l'image du « zéro défaut » dans le domaine de la qualité totale, cette quête est, par nature, insatiable et illimitée puisqu'elle représente un absolu qui ne peut se satisfaire de demi-mesures ou de résultats imparfaits. Cependant, sa pertinence sociale et son caractère mobilisateur en ont fait un des leitmotifs des promoteurs de l'écologie industrielle. Comme le déclare Hawken, un des principaux auteurs dans ce domaine : « Nous devons nous soumettre à l'idée que les déchets sont des ressources et éliminer la notion de déchet de notre système de production industrielle » (Hawken, 1993, p. 209). D'autres associent l'écologie industrielle à une démarche plus générale de mise en œuvre du principe de développement durable (Lowe et Evans, 1995; Keoleian et Garner, 1994; Ehrenfeld, 1997). Ainsi, selon Boiral et Croteau, les principes de l'écologie industrielle représentent l'application la plus concrète et la plus complète du concept de développement durable. Dans cette perspective, l'écologie industrielle peut se définir comme « une approche intégrée d'analyse et de réduction des flux de matière et d'énergie visant à améliorer l'éco-efficience des métabolismes industriels par la promotion de technologies, de valeurs et de pratiques destinées à assurer la protection, la durabilité ainsi que le renouvellement des ressources nécessaires au développement » (Boiral et Croteau, 2001b, p. 17).

L'écologie industrielle se traduit donc par une recherche d'optimisation de l'usage des ressources qui vise, d'une part, la réduction de la quantité de déchets dans les systèmes de production et de consommation et, d'autre part, leur utilisation comme matières premières dans différents procédés

industriels. Un système dit « éco-industriel », en plus de réduire la production des déchets, s'attache à maximiser l'usage des matières résiduelles ou des produits à la fin de leurs vies utiles en les réintroduisant, lorsque c'est possible, comme matières premières dans d'autres procédés de production. La revalorisation et la transformation des déchets industriels peuvent déboucher sur des opportunités d'affaires pour les entreprises. Ainsi, les déchets industriels et ménagers sont récupérés comme matières premières, revalorisés et transformés en produits à valeur ajoutée pour des marchés différents, ou encore utilisés comme sources alternatives d'énergie en substitution des combustibles conventionnels.

Cependant, dans le développement actuel du domaine, les méthodologies et les outils de mise en œuvre de l'écologie industrielle s'apparentent souvent à des principes généraux que les industries sont conviées à appliquer de façon plus ou moins dogmatique. Ainsi, des concepts tels que le « zéro déchet » ou encore la « dématérialisation de l'économie » apparaissent comme des idéaux qui risquent, s'ils sont appliqués à la lettre, de déboucher sur une quête d'absolu plus que sur des solutions réalistes. Cette vision trop souvent monolithique de l'écologie industrielle tend à ignorer les conditions concrètes d'application et les défis organisationnels que soulèvent la mise en œuvre de principes généralement définis à partir d'une perspective encore relativement spéculative. Du point de vue industriel, ces principes semblent pourtant s'apparenter, dans une large mesure, à une

logique pragmatique de réduction du gaspillage à travers une meilleure utilisation des matières et de l'énergie, et donc d'une meilleure productivité¹.

Si elle ne semble pas, en soi, nouvelle, la mise en œuvre d'une telle logique ne saurait reposer sur des ajustements sporadiques et édulcorés, en continuité avec les opérations habituelles des entreprises. Elle suppose au contraire la mobilisation de savoirs techniques, opérationnels, juridiques ou encore marketing afin de repenser l'activité de l'entreprise en fonction des possibilités de valorisation internes ou externes des résidus industriels. Ces changements appellent généralement une transformation assez radicale des activités habituelles.

Ainsi, Interface, une entreprise américaine spécialisée dans la fabrication de tapis et de produits textiles, a recentré ses activités et ses méthodes de production autour de pratiques directement inspirées de l'écologie industrielle (Johansen, 1998). Pour favoriser l'engagement des quelques 6 300 employés dans cette démarche audacieuse, des groupes de travail, appelés « QUEST » (*Quality Utilizing Employee Suggestions and Teamwork*) ont été créés dans l'ensemble de l'entreprise. L'objectif de ces groupes était de solliciter l'implication des travailleurs dans la réduction des déchets, du gaspillage et dans l'amélioration de l'efficacité des procédés. Un programme ambitieux de formation, *One World Learning*, a également été mis en œuvre pour promouvoir l'esprit d'équipe et le partage des connaissances dans le développement de pratiques d'écologie industrielle. Enfin, plusieurs environnementa-

1. Cette amélioration de la productivité par une réduction des matières résiduelles est au cœur du principe « d'éco-efficience ».

listes, comme D. Brower, ancien président du Sierra Club, ou encore P. Hawken, auteur d'un livre à succès sur l'écologie industrielle (Hawken, 1993)², ont été régulièrement invités comme conférenciers et comme conseillers de l'équipe de direction d'Interface. Ces initiatives pour promouvoir l'apprentissage de nouvelles valeurs et de nouveaux comportements verts sont au centre de la vision de l'entreprise, qui s'attache désormais à « permettre à chaque personne de continuellement apprendre et à se développer » et à « devenir le premier nom dans le domaine de l'écologie industrielle »³. Depuis 1994, les efforts pour mettre en œuvre cette vision ont permis d'économiser près de 80 millions de dollars et d'augmenter les revenus de 20 % tout en restreignant de façon très significative les déchets et la consommation de matières premières.

Les connaissances et les changements qui ont permis à une entreprise comme Interface de diminuer les pertes et le gaspillage associés aux déchets ne sauraient se réduire à des mesures d'ingénierie environnementale placées sous la seule responsabilité de services techniques. L'ampleur des changements réalisés montre, au contraire, le développement d'une véritable logique d'apprentissage s'articulant autour d'une redéfinition des compétences-clés de l'entreprise et reposant sur une large participation des employés. Quintas, Lefrere et Jones définissent la gestion des connaissances et l'apprentissage organisationnel comme « le processus continu de manage-

ment des savoirs de tout ordre afin de répondre aux besoins existants et émergents, d'identifier et exploiter l'actif de connaissance acquis et développer de nouvelles opportunités » (Quintas *et al.*, 1997, p. 387). Compris comme étant le processus d'acquisition, de diffusion et de production de connaissances permettant à une organisation de s'adapter collectivement aux changements de l'environnement et de promouvoir de nouvelles pratiques (Senge, 1990; Garvin, 1991; Argyris, 1999; Quintas *et al.*, 1997), le management des savoirs semble inhérent aux mesures de réduction et de valorisation des résidus industriels.

En effet, comme le montrent les exemples d'Interface ou de Kalundborg, l'écologie industrielle appelle des changements profonds dans les modes de production industrielle. Ces changements s'effectuent à travers des processus de transformation, de réinvention et d'innovation continuels (Drejer, 2002). L'innovation technologique et la mise en œuvre de nouveaux équipements sont souvent indispensables pour transformer et valoriser les déchets générés « in situ » ou par d'autres organisations. Dans la déconstruction et la reconstruction de nouvelles idées qui caractérisent ce processus d'innovation, les résultats attendus dépendent de la capacité de l'entreprise à s'adapter à un environnement de plus en plus instable (Lowe, 1995). Cette capacité d'adaptation ne repose pas seulement sur la mobilisation de connaissances explicites, mais aussi sur des savoir-faire implicites et des informations circonstancielles liées à

2. Cet ouvrage est à l'origine de la « conversion » du dirigeant et fondateur de l'entreprise, R. Anderson, à l'environnementalisme, et a été utilisé pour définir la stratégie verte de l'entreprise.

3. Extraits du *Sustainability Report* publié par l'entreprise.

4. Biphényles polychlorés.

l'expérience de travail des employés, en particulier les opérateurs de procédés. En effet, parce qu'ils font corps avec l'outil de production, les opérateurs sont souvent les mieux placés pour en comprendre les aléas et trouver des solutions visant à réduire les rejets à la source, contribuant ainsi au « bouclage des systèmes productifs » (Boiral, 2002). Comme le dit Hart à propos du développement des habiletés nécessaires à la mise en œuvre d'une stratégie de réduction des rejets à la source, « la nature décentralisée et tacite de cette capacité la rend difficile à observer en pratique (ses causes sont ambiguës) et, par conséquent, difficile à dupliquer rapidement » (Hart, 1995, p. 999).

Par leur spécificité, leur caractère plus ou moins tacite et donc difficile à imiter, par les économies qu'elles peuvent apporter, les connaissances associées aux pratiques d'écologie industrielle peuvent être considérées comme un « noyau de compétences » (*core competences*) susceptible de déboucher sur des avantages compétitifs durables. En effet, selon l'approche des ressources de la stratégie (Wernerfelt, 1984; Prahalad et Hamel, 1990), les savoir-faire organisationnels représentent une des principales sources de différenciation et d'avantages compétitifs. L'approche des ressources propose donc de centrer l'analyse stratégique sur les savoirs tangibles et intangibles (informations, connaissances, méthodes de travail, technologies, etc.) développés par l'entreprise et qui la distinguent de ses concurrents. Parce qu'elles résultent d'un apprentissage collectif de nouveaux comportements et de nouvelles technologies, qu'elles reposent sur la mobilisation de connaissances spécifiques relatives aux procédés, aux matières résiduelles

et aux différentes façons de les valoriser, les pratiques d'écologie industrielle sont susceptibles de constituer des compétences-clés pour les organisations.

Cependant, quelle est la nature précise de ces compétences? Comment les pratiques d'écologie industrielle sont-elles perçues et intégrées à l'intérieur des organisations? Quels sont les défis et les difficultés que ces pratiques soulèvent, en particulier en matière de management des savoirs? C'est pour tenter de répondre à ces questions, pour le moment éludées dans la littérature sur ce thème, qu'une étude a été réalisée auprès d'une trentaine de responsables environnement et de gestionnaires canadiens ayant mis en œuvre une démarche d'écologie industrielle.

II. – LES PRATIQUES D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE : UN « NOYAU DE COMPÉTENCES » AU SERVICE DE LA PRODUCTIVITÉ

Les pratiques de récupération et de valorisation des matières résiduelles des entreprises visitées ne semblent pas relever d'une application monolithique et uniforme des principes d'écologie industrielle. Elles illustrent plutôt l'élasticité de ce concept et la grande diversité des mesures dans ce domaine. Cette diversité tient de la variété des matières résiduelles valorisées, des procédés, des secteurs d'activités ou encore des produits fabriqués. L'utilisation qui est faite des matériaux récupérés et transformés varie également beaucoup d'une entreprise à l'autre. Ces matériaux peuvent, par exemple, être transformés en produits finis ou semi-finis à valeur commerciale, servir à renforcer la qualité des produits existants ou encore être introduits comme sources

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

L'objectif principal de l'étude réalisée était de comprendre les caractéristiques des pratiques d'écologie industrielle ainsi que les changements organisationnels et les compétences que supposent ces pratiques à partir des perceptions de gestionnaires ayant adopté des mesures innovantes dans ce domaine. Ces mesures incluent en particulier la récupération, le conditionnement et l'utilisation des matières rebutées ou des sous-produits dans les processus de production. Les pneus hors d'usage, les scories des aciéries, les batteries à plombs acides, les sous-produits animaliers, les résidus provenant des entreprises de pâtes et papiers ou encore les résidus miniers représentent quelques exemples parmi d'autres des sous-produits valorisés dans les organisations visitées.

Étant donné la complexité, la spécificité et le caractère pluridimensionnel de ces pratiques de valorisation, l'étude effectuée a reposé sur une approche qualitative et inductive. L'objectif d'une telle démarche est moins de vérifier une hypothèse ou de valider des relations de cause à effet préalablement définies que de comprendre, par comparaisons et par inférences systématiques, un phénomène complexe et encore mal étudié dans la littérature (Glaser et Strauss, 1967). La collecte de données a été centrée, pour l'essentiel, sur des entretiens individuels semi-directifs auprès de gestionnaires de neuf entreprises intervenant dans quatre principaux secteurs d'activités : la transformation et la valorisation des pneus usagés, la production et la valorisation de métaux, les cimenteries, et la transformation de produits d'origine animale. Dans chacune des entreprises, de deux à quatre entretiens ont été réalisés en fonction de la complexité des procédés, de la richesse des données obtenues et de la disponibilité des répondants.

Au total, 27 entretiens ont été effectués. Les enregistrements d'entretiens ont tous été intégralement retranscrits sur traitement de texte afin de réaliser des verbatim. L'analyse des données a été faite à partir d'une démarche de catégorisation, de regroupement et de comparaison des informations collectées. Le logiciel d'analyse qualitative NUD*IST Vivo a été utilisé pour faciliter ce processus de catégorisation qui est au centre de la *grounded theory* (Glaser et Strauss, 1967 ; Strauss et Corbin, 1990). Finalement, 84 catégories, regroupées en cinq thèmes généraux (informations générales sur l'entreprise, revalorisation et transformation des matières résiduelles et industrielles, procédés utilisés pour cette transformation, performances commerciales et environnementales, difficultés éprouvées), et 23 sous-thèmes ont été constitués.

La structuration des informations autour de ces différentes catégories a permis de centrer l'interprétation des données sur les résultats les plus significatifs et traduisant le mieux les objectifs de l'étude. Cette démarche d'analyse par catégorisations thématiques tend à favoriser la comparaison et le recoupement systématiques des données provenant de sources différentes, plutôt qu'une interprétation séparée de chaque cas. Pour préciser certaines hypothèses, des fonctions de croisement et de traitement de l'information du logiciel NUD*IST Vivo ont parfois été utilisées. Pour protéger l'anonymat des répondants, les citations insérées dans le présent texte spécifient simplement la fonction de chacun d'entre eux. Ces citations visent à illustrer les tendances générales de l'analyse des données à partir de passages représentatifs des discours recueillis.

énergétiques par la combustion. En dépit de cette diversité, les pratiques relevant de l'écologie industrielle sont au centre des activités de la plupart des cas observés. Ces pratiques ne se limitent donc pas à des opérations annexes ou en marge par rapport au métier de l'entreprise, se réduisant à des programmes sporadiques de recyclage, d'amélioration de la productivité ou de réduction du gaspillage. Les principes d'écologie industrielle sont au contraire au cœur du métier des entreprises étudiées :

– « Notre compagnie est spécialisée dans le traitement, le recyclage et la récupération des matières plombifères. Sa principale matière première, ce sont des batteries automobiles rebutées et des batteries de toutes sortes, des déchets d'usines et toutes les matières qui contiennent du plomb. On est donc habilité à les transformer, les recycler et les récupérer ici. À part les batteries, il y a essentiellement des déchets d'usines qui produisent du plomb, de la peinture, du plomb chrome, etc. » (un vice-président aux opérations);

– « On fabrique, à partir des pneus rebutés, de la granule de caoutchouc qui sert à différents clients pour réaliser des produits, soit en utilisant directement la granule, soit en la transformant davantage pour en faire des pièces. » (un directeur général).

Pour la plupart des dirigeants rencontrés, ces différentes activités de récupération et de revalorisation des matières résiduelles témoignent de l'engagement environnemental de l'entreprise, de ses « performances » dans ce domaine, voire de son caractère avant-gardiste. D'une part, des investissements assez significatifs ont souvent été nécessaires pour récupérer et transformer les matières plombifères, les pneus usagés, ou encore les scories d'acier utili-

sées dans les processus de production. D'autre part, ces activités présentent souvent des risques et des impacts environnementaux qui ont exigé des systèmes de traitement des contaminants parfois très coûteux. Enfin, dans tous les cas étudiés, les initiatives dans le domaine de l'écologie industrielle relèvent d'un engagement volontaire et non d'une réponse à des contraintes réglementaires ou sociétales. Le caractère volontaire et souvent innovateur de ces initiatives tend à conforter l'image de « bons citoyens corporatifs » des dirigeants, qui soulignent volontiers leur avance par rapport à des entreprises concurrentes. Cependant, de façon paradoxale, ces attitudes « vertes » reflètent une sorte de satisfaction rétrospective par rapport à des actions qui, au départ, n'ont pas été mises en œuvre à des fins strictement environnementales. Ainsi, les initiatives qui s'inscrivent dans une logique d'écologie industrielle sont d'abord et avant tout présentées par les personnes interrogées comme des réponses logiques à des impératifs de productivité, de compétitivité ou de gestion des opérations plus ou moins indépendants de leur teneur « écologique » :

– « Nous sommes là dans l'entreprise pour faire de l'argent et non pas pour le simple fait d'utiliser les matières résiduelles. » (un vice-président, chef des opérations);

– « Nous ne regardons pas les choses en rapport avec l'environnement. Nous avons plutôt une préoccupation terre à terre : nous ne regardons que le produit comme tel. C'est la matière qui nous intéresse le plus. Son utilisation postérieure dans les différents types d'industries et même, à la limite, l'industrie d'où proviennent ces matières ne nous intéressent pas. » (un coordinateur environnement);

– « Je ne crois pas que l'objectif premier soit de revaloriser des matières résiduelles. » (un directeur technique et ingénierie).

Ces propos très pragmatiques semblent plus ou moins en rupture par rapport aux concepts relativement théoriques et « engagés » de l'écologie industrielle. En dépit de leur pertinence pour décrire le cadre général des opérations de valorisation résiduelle observées, ces concepts paraissent assez éloignés du pragmatisme économique qui caractérise les entreprises dans la définition de leurs objectifs et leurs opérations dans ce domaine. En fait, dans la plupart des cas, les entreprises visitées font de l'écologie industrielle sans le savoir ni sans chercher vraiment à poser des gestes à vocation environnementale. Ainsi, bien que les dirigeants soient bien informés du profil environnemental de leur entreprise, ils le sont beaucoup moins des théories sur l'écologie industrielle qui entendent rendre compte de leurs opérations de valorisation. D'une part, les activités de récupération et de revalorisation ne sont pas envisagées comme autonomes par rapport aux opérations de base et aux objectifs de productivité propres à toute entreprise industrielle. Ces activités sont au contraire largement subordonnées ou « incrustées » aux préoccupations économiques, au point que parler de préoccupations environnementales ou, mieux encore, d'écologie industrielle, est perçu comme plus ou moins idéaliste voire subversif par les répondants. D'autre part, à une ou deux exceptions près, les dirigeants rencontrés ignorent à peu près tout de la signification des concepts associés à l'écologie industrielle. Qu'il s'agisse des « bouclages de systèmes productifs », de « l'analyse des flux de matières et d'énergies », du « cycle de vie des produits », de « l'éco-efficiency »

ou de la « dématérialisation de l'économie », ces concepts, lorsqu'ils ont été évoqués par les enquêteurs, ont surtout suscité de l'étonnement, voire des doutes.

Ce constat sur « l'empirisme athéorique » des pratiques d'écologie industrielle montre bien que les actions dans ce domaine résultent non pas d'une volonté d'appliquer des principes environnementaux présentés comme innovateurs dans la littérature, mais plutôt de promouvoir des activités perçues, de façon plus prosaïque, comme de simples opportunités d'affaires. Il montre également que les entreprises demeurent encore relativement imperméables à ce cadre théorique, même lorsque leur métier dépend directement de la récupération et de la valorisation des matières résiduelles. Dans cette perspective, la « nouveauté » de l'écologie industrielle mériterait certainement d'être sérieusement questionnée en regard de l'histoire et de l'anthropologie économiques. En effet, les sociétés humaines n'ont jamais hésité, lorsque c'était possible et économiquement avantageux, à considérer les « déchets » comme des matières premières. En toute hypothèse, pour les entreprises visitées, le véritable enjeu n'est pas environnemental mais bien économique. La question n'est pas de savoir si l'écologie industrielle existe, si certaines entreprises l'appliquent, si cela « fonctionne ». C'est plutôt d'analyser dans quelles conditions ces pratiques peuvent être économiquement viables, indépendamment des subventions que certaines entreprises sont susceptibles de recevoir dans le cadre des activités de récupération. En fait, les entretiens réalisés ont montré que les opportunités de récupération et de valorisation envisagées par les entreprises visitées sont fort nombreuses. Mais toutes, loin s'en faut, n'ont pas été

explorées et certaines ont été abandonnées parce qu'elles se sont révélées à l'usage non rentables, en dépit de leur pertinence sociale et environnementale.

Cette rentabilité dépend en partie de facteurs que ne maîtrise pas l'entreprise: le prix des matières vendues, la disponibilité et le coût des matières récupérées, etc. Mais elle dépend également, dans une large mesure, du développement de compétences-clés associées à la maîtrise de procédés, de pratiques, et de technologies qui ont permis aux entreprises visitées de rentabiliser des opportunités de valorisation ignorées par d'autres organisations. Ces compétences-clés ont également permis, dans la plupart des cas, de se démarquer par rapport à la concurrence. Elles résultent d'un processus d'apprentissage interne plus ou moins long ou, dans des secteurs d'activités plus standardisés (en particulier les cimenteries), de transferts de connaissances entre plusieurs organisations du même type:

– « Nous avons acheté l'entreprise des mains des Allemands qui étaient déjà dans le domaine du recyclage mais sans être rentables. Et ils nous ont donné les compétences de base pour le faire. 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 apprendre à réorganiser tout cela: organisation du travail, motivation du personnel, etc. Pour ma part, j'ai appris sur-le-champ ce qu'est la pyro-métallurgie et le recyclage. » (un vice-président aux opérations);

– « La revalorisation des matières résiduelles constitue une stratégie qui nous démarque des autres entreprises parce que nous sommes des experts dans l'utilisation de la technologie des longs fours rotatifs, et

dans la maîtrise des procédés qui vont dans ces longs fours rotatifs, c'est-à-dire la maîtrise des températures, la maîtrise des gaz. Nous nous définissons comme des experts dans le traitement des gaz. » (un vice-président aux opérations);

– « Je dirais que dans 80 % des cas, nous comptons sur l'expertise interne. Dans d'autres cas, on est obligé d'utiliser les services de consultants. Quand on parle, par exemple, d'un projet d'essai de combustible, on doit faire des mesures d'émissions spécifiques. Ce sont des consultants spécialisés qui font ce travail pour nous. Il y a une panoplie de gens associés aux pratiques de revalorisation dont l'usine est obligée de solliciter les services. » (un coordinateur environnement).

Ces exemples montrent que la maîtrise des pratiques d'écologie industrielle s'apparente dans une large mesure à des *core competences* au sens de Prahalad et Hamel (1990). Ce noyau de compétences se développe à l'issue d'un processus d'apprentissage contingent et relativement peu formalisé. Le caractère émergent, spécifique et collectivement construit de ce savoir-faire le rend, dans la plupart des cas, difficile à imiter et à formaliser. Il constitue donc une source plus ou moins durable d'avantages comparatifs par rapport à des entreprises concurrentes qui n'en ont pas fait l'apprentissage.

III. – DES SAVOIRS INTERDISCIPLINAIRES ET TRANSVERSAUX

Si l'écologie industrielle ou les activités qui s'inscrivent plus ou moins explicitement dans sa logique peuvent effectivement représenter une source significative de pro-

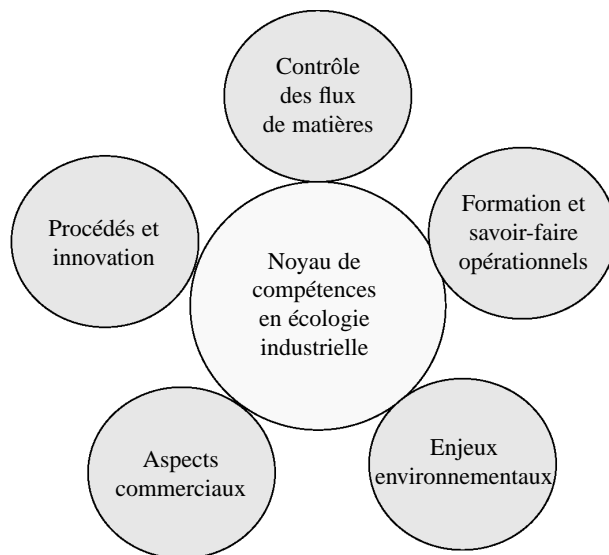
ductivité et d'avantages compétitifs, il convient de s'interroger sur les savoirs qui jouent un rôle déterminant dans cette démarche. En raison de leur spécificité, de leur collégialité et de leur caractère très opérationnel, ces savoirs sont souvent de nature tacite et donc plus ou moins « invisible » pour un observateur externe. Ce qui fait la richesse et le caractère difficilement imitable de ce « noyau de compétences » représente donc un écueil de taille pour les chercheurs qui tentent d'en comprendre les arcanes. Les entretiens réalisés permettent cependant de dessiner les principaux traits de ces connaissances. Ces dernières ne relèvent pas de savoirs techniques ou environnementaux liés à l'expertise d'une fonction spécialisée. Elles se développent plutôt à partir d'un apprentissage interdisciplinaire

et transversal qui exige la maîtrise et l'intégration de compétences liées à plusieurs fonctions ou activités (voir figure 1):

- la maîtrise des procédés et de l'innovation technologique;
- la maîtrise de la variabilité des flux de matières résiduelles à valoriser;
- la maîtrise des activités de formation et le développement de savoir-faire opérationnels;
- la maîtrise des enjeux environnementaux;
- la maîtrise des aspects commerciaux.

En premier lieu, les opérations de valorisation résiduelle soulèvent souvent des défis technologiques inédits pour les entreprises. Qu'il s'agisse de la mise en place d'un procédé pyro-métallurgie, de l'électrolyse de la serpentine ou encore de l'introduction de produits toxiques pour la fabrication de

Figure 1
LE « NOYAU DE COMPÉTENCES » DES PRATIQUES
D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE



béton à haute performance, les pratiques d'écologie industrielle appellent l'expérimentation de nouveaux procédés. Ces procédés sont d'autant plus innovants que les débouchés pour les entreprises sont souvent étroits et supposent des stratégies de niches dans lesquelles les technologies expérimentées sont spécifiques, voire uniques :

– « Nous avons mis au point un procédé jusque-là unique au monde, et nous avons déjà produit 5 000 tonnes. Nous utilisons un produit toxique pour fabriquer deux produits ayant une valeur commerciale. À partir des brasques usées en provenance des alumineries, on en fait une fritte de verre que l'on fait moule pour obtenir une poudre. Quand on ajoute à cette poudre 25 % de ciment, on augmente les propriétés du béton. Cela diminue la perméabilité du béton aux ions chlore, aux sels et on obtient des bétons beaucoup plus résistants. » (un directeur exploitation) ;

– « Avant d'utiliser un résidu, on en fait faire systématiquement des analyses dans un laboratoire pour connaître la teneur des métaux contenus dans ce résidu. À partir de ce type de données, on a développé dans notre usine un logiciel qui permet de calculer le bilan de masse de notre procédé et d'établir les facteurs de séquestration des différents métaux. Le logiciel nous dit quelle quantité de matières résiduelles doit entrer dans la composition des différents composants, en tenant compte de leur teneur en métaux et de la combinaison avec les matières premières traditionnelles. » (un directeur recyclage énergétique).

Ces exemples illustrent le caractère émergent, non standardisé et « sur mesure » des technologies de valorisation des matières résiduelles. Leur développement repose généralement sur un processus « d'essais-

erreurs » dont le résultat est rarement prévisible. Une fois ces technologies en place, la maîtrise de leur utilisation et des coûts qui lui sont associés exige du temps. Bien que la « courbe d'apprentissage » semble très variable d'un cas à l'autre, il est clair que cette dernière joue un rôle de premier plan dans la rentabilisation des procédés mis en œuvre. En fait, une des principales sources de coûts associés à ces procédés ne semble pas être les intrants en soi, mais plutôt la façon de les utiliser, de les transformer, bref le savoir-faire et la technologie investis dans cette démarche. Ce défi est évidemment particulièrement important dans les situations de démarrage d'usine :

– « La problématique était au niveau purement technologique, celui des équipements et des matériaux. C'était d'opérer l'usine sur une base continue en trouvant des solutions à tous les problèmes technologiques et d'équipements à travers le temps. C'est en fait une problématique de démarrage d'usine. » (un directeur technique et ingénierie).

La seconde facette de ce « noyau de compétences » est la maîtrise de la variabilité des flux de matières résiduelles à valoriser. En effet, contrairement aux approvisionnements traditionnels, ces matières sont rarement standardisées, tant sur le plan de leur composition que de leur dimension et de la régularité des approvisionnements. Ces irrégularités exigent des adaptations continues et l'apprentissage de pratiques « sur mesure ». Dans le cas d'une cimenterie visitée par exemple, le remplacement des combustibles traditionnels se fait au moyen de plus de 30 matières résiduelles différentes. Celles-ci viennent de secteurs variés et se composent de matériaux aussi divers que des pneus hors d'usage, du bois

traité provenant de chemins de fer ou de poteaux de téléphone, des huiles usées, etc. Ces résidus ne sont pas interchangeable, et leur valorisation exige la prise en compte de nombreux paramètres comme la valeur calorifique des matériaux récupérés, leur entreposage, leur humidité, leur dimension ou encore leur toxicité. De façon plus générale, les activités de valorisation tendent à apparaître comme des « recettes » qui évoluent sans cesse en fonction de paramètres contingents et difficilement prévisibles :

– « On n'est pas dans un domaine où l'approvisionnement est prévisible dans le temps. Nous sommes toujours appelés à nous ajuster au niveau des opérations, de l'approvisionnement et des recettes. Et cela demande beaucoup d'énergie pour toujours s'ajuster. Le niveau d'adaptation constant est le plus difficile dans notre secteur. Parce que ça devient difficile à prévoir. » (un vice-président, chef des opérations).

Le troisième aspect de ce « noyau de compétences » concerne les ajustements dans la gestion des ressources humaines qu'impliquent les pratiques d'écologie industrielle. D'une part, la diversité des matériaux utilisés et, dans certains cas, leur toxicité exigent des efforts constants pour former les opérateurs, lesquels sont appelés à manipuler des produits potentiellement dangereux. Cette formation est d'autant plus nécessaire que ce sont souvent les résidus les plus dangereux qu'il est le plus « rentable » de valoriser. C'est le cas, par exemple, de certains matériaux inflammables utilisés dans les fours des cimenteries. Outre la transformation de ces matériaux, leur transport et leur stockage exigent des précautions particulières. D'autre part, la spécificité des procédés et des pratiques mises en œuvre implique des programmes de formation

« sur mesure ». Ces programmes sont généralement plus longs et plus difficiles à développer puisqu'ils concernent des savoirs peu standardisés. Dans ce contexte, la rétention du personnel bien formé aux activités de l'entreprise constitue un véritable défi :

– « Il y a aussi le problème de roulement du personnel. Dans la région, il y a beaucoup d'entreprises qui cherchent des travailleurs. Ceux-ci sont toujours attirés par de nouvelles offres d'emplois, ce qui occasionne un taux de roulement élevé des employés de la base. » (un directeur de production).

Le quatrième aspect a trait plus directement à la gestion des questions environnementales. Les pratiques d'écologie industrielle tendent en effet à rendre plus complexes ou plus intenses les problèmes administratifs, techniques et sociétaux associés au management environnemental. Sur le plan administratif, le transport, l'entreposage et l'utilisation des matières résiduelles nécessitent des autorisations et des procédures généralement perçues comme très tatillonnes par les répondants. Pour plusieurs d'entre eux, la lenteur, la lourdeur et les contraintes de ces aspects administratifs constituent même le principal obstacle aux pratiques de valorisation des résidus. La situation semble d'autant plus paradoxale que ces pesanteurs bureaucratiques, en particulier concernant la réglementation sur la gestion des déchets, sont généralement imposées par le ministère de l'Environnement. Sur le plan technique, la transformation des matières résiduelles implique des impacts environnementaux qui doivent être mesurés et contrôlés. Enfin, sur le plan sociétal, les activités d'écologie industrielle suscitent souvent des réactions négatives, voire hostiles de la part des citoyens. Le syndrome « pas dans

ma cour » est d'autant plus présent que la toxicité des résidus transformés est reconnue ou que les externalités négatives sont très perceptibles. Le cas d'A. Couture est à ce titre bien connu des résidents de la rive sud de la région de Québec. Cette entreprise d'équarrissage, qui récupère des résidus organiques provenant de boucheries, d'abattoirs ou d'entreprises agroalimentaires pour produire des farines animales et autres produits de transformation, génère en effet des odeurs qui sont l'objet de pressions continues et largement médiatisées. Ainsi, les pratiques d'écologie industrielle constituent, en regard des enjeux environnementaux, des « solutions problématiques » dont la maîtrise exige des compétences juridiques, relationnelles et institutionnelles :

– « Le problème le plus important est la perception sociale. La population qui vit autour de notre usine a entendu dire qu'on veut utiliser les matières résiduelles. Dans les années 1989-1999, on a tenté d'expliquer aux gens pourquoi on voulait essayer d'utiliser quatre familles des déchets : les huiles usées, les solvants chlorés, les BPC⁴ et les déchets domestiques. Pendant près d'un an, la population s'y est opposée. Le projet consistait à brûler ces matières pendant une semaine afin de voir les résultats dans le cadre d'une étude d'impacts qu'on devrait présenter au ministère de l'Environnement. Ce qui est curieux dans cette affaire est le fait que ce soit un groupe écologique qui soit venu nous le proposer, parce qu'ils avaient entendu que cela pouvait se faire dans une entreprise comme la nôtre. » (un directeur de recyclage énergétique) ;

– « La dimension la plus difficile aujourd'hui c'est faire affaire avec le ministère de l'Environnement. Je pense que la réglementation environnementale est très limitative. » (un directeur recyclage énergétique).

Le dernier aspect concerne les compétences stratégiques et commerciales nécessaires au développement de filières de récupération, de valorisation et de commercialisation de produits élaborés à partir de matières résiduelles. Dans certaines entreprises, la diversité de ces matières a exigé la mise sur pied de véritables équipes commerciales chargées d'établir des contacts avec d'autres industries pour examiner les possibilités de valorisation de certains résidus et pour établir des ententes commerciales. Ces équipes s'attachent également à définir la composition, la forme, le mode de stockage et de transport des résidus. Enfin, les ententes avec les entreprises qui fournissent des matières résiduelles doivent s'assurer de la régularité et de la qualité des approvisionnements. Ce dernier point est d'autant plus crucial que la pérennité des pratiques d'écologie industrielle dépend directement de l'acheminement de matériaux qui ne correspondent généralement pas à des produits standardisés qu'il est aisé de se procurer auprès de nombreux fournisseurs, au cas où l'un d'entre eux ferait défaut. Cette dépendance par rapport à des approvisionnements atypiques et irréguliers rend les activités de revalorisation particulièrement vulnérables à des changements réglementaires, administratifs ou industriels qui peuvent hypothéquer la disponibilité des matériaux utilisés. Elle tend également à augmenter la vulnérabilité de l'entreprise face au développement d'acti-

4. Biphényles polychlorés.

vités concurrentes qui peuvent diminuer la disponibilité et augmenter le prix des matériaux récupérés. Plus en aval de la filière de valorisation des matières résiduelles, les entreprises doivent également développer des compétences marketing et commerciales pour promouvoir la distribution de produits dont le caractère « environnemental » est souvent mis de l'avant. Par exemple, une des entreprises étudiées, qui produit notamment des paillasons à partir de pneus usagés, a basé son positionnement commercial sur le caractère écologique de la récupération des matériaux. Les tapis d'entrée de maison étant des produits très banalisés, les activités de récupération et leur caractère local constituent un moyen opportun pour se différencier d'une concurrence très vive. Ainsi, le développement de l'écologie industrielle ne peut se faire sans une bonne connaissance des filières industrielles et commerciales qui, de l'amont vers l'aval, rendent possible la valorisation de matériaux normalement mis à l'écart des circuits de distribution :

– « Nous sommes continuellement obligés de nous battre. C'est une concurrence féroce. Alors, nous achetons de plus en plus loin les unités. Or il faut demeurer concurrentiel malgré les distances que l'on doit parcourir pour aller chercher notre matière première. Car à ce moment-là, on est dans le territoire d'autres producteurs et recycleurs de plomb. Disons que si nous dépassons un rayon de 800 kilomètres, nous ne pouvons plus offrir nos produits à des prix compétitifs, à moins de faire de gros sacrifice sur l'achat des matières premières. Tout cela est lié aux coûts des matières premières, au coût des résidus industriels et au facteur « transport ». Comme les coûts augmentent, cela devient

moins économique. » (un vice-président aux opérations).

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont permis de mieux comprendre la façon dont les pratiques d'écologie industrielle peuvent se concrétiser dans les entreprises, ainsi que les difficultés éprouvées par ces dernières dans la mise en œuvre d'une démarche qui répond à des préoccupations industrielles et commerciales assez éloignées des élaborations conceptuelles dans ce domaine. Si les exemples observés permettent d'illustrer la pertinence des principes d'écologie industrielle, les entretiens réalisés montrent que les élaborations conceptuelles autour de ce concept sont largement ignorées par les intervenants. L'objectif des entreprises est d'abord et avant tout de saisir des opportunités d'affaires dont le caractère environnemental est inféodé à des préoccupations économiques qui déterminent le choix des entreprises. Dans ce contexte, l'écologie industrielle ne semble avoir d'intérêt, pour les intervenants rencontrés, que par rapport aux opportunités de profit qu'elle est susceptible d'engendrer et non en tant que pratique innovante à vocation environnementale. Ce constat s'explique en partie par l'activité des entreprises visitées, laquelle s'articule essentiellement autour de la valorisation des matières résiduelles. Cette activité ne résulte pas de pressions réglementaires ou sociétales à laquelle les organisations répondraient pour améliorer leur image ou pour assurer la pérennité de leur processus de production. Elle apparaît au contraire comme une initiative volontaire visant à exploiter des opportunités d'affaires liées à la production croissante de matières

résiduelles. Le potentiel de valorisation de ces matières est souvent négligé par les autres entreprises qui considèrent rarement leurs déchets comme des ressources. Si la valorisation des matières résiduelles n'est pas toujours possible ni rentable, les entretiens réalisés sur ce thème nous incitent à croire que ses possibilités de développement sont encore largement sous-exploitées. Les perceptions sociales négatives sur les déchets, considérés implicitement comme des matières inutiles, corrompues et dont il faut se débarrasser au plus vite, contribuent sans doute à une telle situation. Cependant, les entretiens réalisés montrent que la promotion des pratiques d'écologie industrielle exige surtout la mobilisation de compétences complexes dont le développement est long et laborieux.

Ces compétences s'articulent principalement autour de la maîtrise de savoir-faire associés à cinq principaux domaines : les procédés et l'innovation technologique, la variabilité des flux de matières résiduelles utilisées, la formation des employés, le contrôle des aspects environnementaux et la connaissance des filières de valorisation. La mobilisation et la combinaison de ces savoir-faire représentent un « noyau de compétences » susceptible de déboucher sur un avantage concurrentiel plus ou moins durable pour les entreprises au sens de la « théorie des ressources ». Cependant, la pérennité des pratiques d'écologie industrielle est souvent hypothéquée par la précarité endémique des conditions mêmes qui permettent leur développement : forte

dépendance par rapport à certains approvisionnements, qualité incertaine des matières résiduelles, transport et stockage impliquant de nombreuses contraintes, impacts environnementaux liés à la manipulation de certaines matières, etc. Cette précarité explique sans doute pourquoi les activités de valorisation des matières résiduelles sont surtout contrôlées par des PME. La flexibilité et la créativité de ces entreprises favorisent en effet l'adaptation aux remises en cause continues que supposent l'acheminement, la transformation et la commercialisation de matériaux dont la disponibilité et la qualité demeurent très volatiles.

La compréhension de cette faculté d'adaptation face aux aléas de l'écologie industrielle, et l'approfondissement des conditions de développement de cette démarche nécessiteraient une étude beaucoup plus approfondie. En effet, en raison de son caractère exploratoire et de ses limites méthodologiques, les conclusions de la présente recherche demeurent préliminaires et sa validité externe est limitée. Des recherches ultérieures pourraient notamment reposer sur un échantillon plus élargi, sur des secteurs industriels plus diversifiés et sur des entretiens auprès de responsables des différents acteurs autour desquels gravitent les pratiques d'écologie industrielle : entreprises de préconditionnement des matières, fournisseurs, entreprises réceptrices des résidus, organismes de subventions, fonctionnaires des ministères concernés, etc.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen D., "Waste as Raw Material", *A Handbook of Industrial Ecology*, R. Ayres et L. Ayres (eds.), Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Northampton, 2002.
- Allenby B., *Industrial Ecology, Policy Framework and Implementation*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1999.
- Argyris C., *On Organization Learning*, Blackwell, Malden, 1999.
- Ausubel J., "Can Technology Spare the Earth?", *American Scientist*, vol. 84, n° 2, mars-avril 1996, p. 166-178.
- Ausubel J., et Langford H. (eds.), *Technological Trajectories and the Human Environment*, National Academy Press, Washington, 1997.
- Bansal P. et Roth K., "Why Companies Go Green: A Model of Ecological Responsiveness", *Academy of Management Journal*, vol. 43, n° 4, août 2000, p. 717-736.
- Bantel K., et Osborn N., "The Influence of Performance, Environment and Size on the Identifiability of Firm Strategy", *British Journal of Management*, vol. 6, n° 4, décembre 1995, p. 235-248.
- Boiral O., "Tacit Knowledge and Environmental Management", *Long Range Planning*, vol. 35, n° 3, juin 2002, p. 291-317.
- Boiral O. et Croteau G., « Développement durable et synergie des sous-produits : quelques exemples au Québec », *Nouvelles tendances en management*, vol. 3, n° 2, 2001a, p. A1-A2.
- Boiral O. et Croteau G., « Du développement durable à l'écologie industrielle, ou les métamorphoses d'un concept caméléon », *Actes X^e Conférence de l'Association internationale de management stratégique*, Québec, 11-13 juin 2001b.
- Chertow M., "The IPAT Equation and Its Variants: Changing Views of Technological and Environment Impact", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 4, n° 4, automne 2000, p. 13-29.
- Côté R. et Cohen-Rosenthal E., "Designing Eco-industrial Parks: A Synthesis of Some Experience", *Journal of Cleaner Production*, vol. 6, n° 3-4, septembre 1998, p. 181-188.
- Côté R. et Smolenaars T., "Supporting pillars for industrial ecosystems", *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, n° 1-2, 1997, p. 67-74.
- Desrochers P., "Cities and Industrial Symbiosis: Some Historical Perspectives and Policy Implications", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 5, n° 4, automne 2001, p. 29-44.
- Drejer A., "Situations for innovation management: towards a contingency model", *European Journal of Innovation Management*, vol. 5, n° 1, 2002, p. 4-17.
- Ébrahimi M., Pauchant T. et Laurent S., « Enraciner l'économie dans l'écologie : des grappes industrielles aux écosystèmes industriels », *Gestion*, vol. 22, n° 2, 1997, p. 60-65.
- Ehrenfeld J., "The importance of LCAs-Warts and All", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 1, n° 2, printemps 1997, p. 660-682.
- Ehrenfeld J. et Gertler N., "Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 1, n° 1, 1997, p. 67-79.

- Erkman S., *Vers une écologie industrielle. Comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*, Éditions Charles Léopold Mayer, Paris, 1998.
- Frosch R. et Gallopoulos N., "Strategies for Manufacturing", *Scientific American*, vol. 261, n° 3, septembre 1989, p. 144-152.
- Garvin D., "Building a Learning Organization", *Harvard Business Review*, vol. 69, n° 6, novembre-décembre 1991, p. 78-91.
- Glaser B. et Strauss A., *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Aldine de Gruyter, New York, 1967.
- Graedel T. et Allenby B., *Industrial Ecology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- Grann H., "The Industrial Symbiosis at Kalundborg, Denmark", *The Industrial Green Game*, D. Richards (ed.), National Academy Press, Washington, 1997, p. 117-123.
- Grübler A., *Technology and Global Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- Hart S., "A Natural-Resource-Based View of the Firm", *Academy of Management Review*, vol. 20, n° 4, octobre 1995, p. 986-1014.
- Hawken P., *The Ecology of Commerce*, Harper Collins, New York, 1993.
- Hendrickson C., Horvath A. et Lave L., "Industrial Ecology and green design", *A Handbook of Industrial Ecology*, R. Ayres et L. Ayres (eds.), Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Northampton, 2002, p. 457-466.
- Jauch L. et Osborn N., "Toward an Integrated Theory of Strategy", *Academy of Management Review*, vol. 6, n° 3, juillet 1981, p. 491-498.
- Johansen D., "Interface Inc: Taking the Lead Toward Sustainability", *Corporate Environmental Strategy*, vol. 5, n° 3, 1998, p. 53-59.
- Keoleian G. et Garner W., *Industrial Ecology: An Introduction*, National Pollution Prevention Center, University of Michigan, Ann Arbor, 1994.
- King A. et Lenox M., "Does It Really Pay to Be Green? An Empirical Study of Firm Environmental and Financial Performance", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 5, n° 1, 2001, p. 105-116.
- Lifset R. et Graedel T., "Industrial ecology: Goals and definitions", *A Handbook of Industrial Ecology*, R. Ayres et L. Ayres (eds.), Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Northampton, 2002, p. 3-15.
- Lowe P., *The Management of Technology: Perception and Opportunities*, Chapman & Hall, London, 1995.
- Lowe E. et Evans L., "Industrial Ecology and Industrial Systems", *Journal of Cleaner Production*, vol. 3, n° 1-2, 1995, p. 47-53.
- O'Rourke D., Connelly L. et Koshland C., "Industrial Ecology: A Critical Review", *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 6, n° 2-3, 1996, p. 89-112.
- Prahalad C. et Hamel G., "The core competencies of the corporations", *Harvard Business Review*, vol. 68, n° 3, mai-juin 1990, p. 79-91.
- Preston L. et Sayin G., *Building Sustainable Businesses. A Handbook for All Managers*, Haas School of Business, University of California, 2000.

Quintas P., Lefrere P. et Jones G., "Knowledge Management: A Strategic Agenda", *Long Range Planning*, vol. 30, n° 3, juin 1997, p. 385-391.

Senge P., *The Fifth Discipline*, Doubleday, New York, 1990.

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

Tibbs H., *Industrial Ecology. An Environmental Agenda for Industry*, Global Business Network, Emeryville, 1993.

Wernerfelt B., "A Resource-based View of the Firm", *Strategic Management Journal*, vol. 5, n° 2, avril-juin 1984, p. 171-180.