Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 124 (1998)
Heft: 19

Artikel: Ecologie industrielle et développement durable
Autor: Kaestli, Françoise
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79398

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ecologie industrielle et développement durable

Par Françoise Kaestli, rédactrice

Sous le terme encore intrigant d'« écologie industrielle », se dessine une approche nouvelle de la gestion des déchets. Plutôt que de focaliser les efforts environnementaux sur l'élimination, le recyclage ou le stockage de résidus issus de la production industrielle, ne serait-il pas temps de mieux intégrer cette réalité dans le système environnemental et d'optimiser la globalité des flux y circulant : matières premières, ressources naturelles, énergies. L'approche va plus loin puisqu'elle propose de renforcer les interactions entre les acteurs du système et d'en favoriser les collaborations symbiotiques. De la même façon que les végétaux nourrissent l'herbivore, lequel est mangé par le carnivore, lui-même source d'alimentation à son stade ultime pour d'autres organismes, ne pourrait-on pas créer des cycles écologiques entre entreprises, où les déchets de l'une deviennent matière première pour l'autre ? Ce concept repose sur des données géopolitiques locales : la mise en place de systèmes industriels régionaux, où l'échange de flux de matières et d'énergies est voulu dès le départ. Y a-t-il la place, dans notre tissu industriel, pour passer à l'âge adulte du système, celui de l'interaction fournie entre éléments ? Y a-t-il la volonté politique de le faire ? Ou les entreprises seront-elles forcées, poussées par le coût croissant de leurs déchets, de nous y contraindre ? A la lumière de l'ouvrage de Suren Erkman, « Vers une écologie industrielle », les prémisses d'une évolution rapide du « métabolisme » industriel sont brossées.

Déchets encombrants ...

Casse-tête pour les Etats comme pour les entreprises, gouffre financier, source encore méconnue de maux pervers, la gestion des déchets est fragmentaire et sujette à bien des contradictions. L'approche en fin de processus (*end of pipe* comme l'appelle Suren Erkman[1]) s'intéresse au déchet (sous-produits de fabrication, gaz, eaux usées, etc.) et à son traitement au moment où il quitte son lieu de production et entre dans le circuit environnemental (schéma 1). Non seulement le déchet n'a alors plus de valeur, mais il coûte pour être éliminé. Or si cette approche apporte certaines solutions, elle connaît aussi des limites. Par des procédés adéquats, les résidus de processus sont donc débarrassés de la plus grande partie des substances nocives dont ils sont chargés, le but étant de ramener les niveaux de toxicité émis aux valeurs limites légales. Ajoutons que ces méthodes d'épuration produisent à leur tour de nouveaux résidus, qui doivent alors être éliminés ou stockés. De plus, d'autres critères environnementaux, tels que l'occupation des sols ou la consommation énergétique, commencent à peine à être pris en compte dans certaines installations de traitement, alors que souvent les procédés appliqués sont dissipateurs d'énergies non renouvelables. Même si le marché du traitement des déchets explose et que de nombreuses sociétés s'y engouffrent dans l'espoir de profits économiques, cette approche n'est pas la panacée : elle ne peut que donner bonne conscience aux pollueurs et retarder l'application de stratégies préventives.

... ou valorisables ?

N'est-il pas envisageable d'avoir une approche différente de nos déchets, une vision qui intègre le système industriel entier, comme partie prenante active de notre environnement ? L'écologie industrielle propose une telle réflexion, exposée pour la première fois en 1989, dans un journal américain par deux industriels[2] travaillant chez *General Motors*. Ces derniers postulent que des méthodes de production industrielle devraient être développées, qui minimisent globalement l'impact sur l'environnement, ce qui les amène à introduire la notion d'écologie industrielle. « Dans le système industriel traditionnel, chaque opération de transformation, indépendamment des autres, consomme des matières premières, fournit des produits que l'on vend et des déchets que l'on stocke ; on doit remplacer cette méthode simpliste par un modèle intégré : un écosystème industriel ». Pourquoi les sous-produits d'une entreprise n'entreraient-ils pas comme matière première dans une autre entreprise et ainsi de suite jusqu'à ce que la boucle soit bouclée ? Si cet objectif n'est sans doute pas applicable à cent pour cent, il peut en revanche inspirer une façon différente d'envisager la production et stimuler la collaboration entre entreprises. Trois éléments principaux entrent dans le concept d'écologie industrielle[3] :

- le développement d'une vision globale et intégrée de tous les composants du système industriel et de leurs relations avec la biosphère ;
- la définition d'un domaine d'étude qui inclut la totalité des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines ;
- la prise en compte de la dynamique technologique, c'est-à-dire l'évolution sur le long terme de grappes de technologies clés, qui constitue un facteur crucial pour favoriser la transition vers le nouveau système.

Dans la ville industrielle de Kalundborg, au Danemark, un processus spontané d'échange de déchets entre entreprises s'est développé. Créant une « symbiose industrielle », les principales entreprises de Kalundborg distantes de quelques centaines de mètres (une raf-

[1] ERKMAN, S. : « Vers une écologie industrielle », éditions Charles Léopold Mayer, Paris, 1998

[2] FROSCH, ROBERT A., GALLOPOULOS, NICHOLAS E. : « Strategies for manufacturing », Scientific American, vol. 261, N°3, sept. 1989

[3] *op. cit.* note 1, p. 22

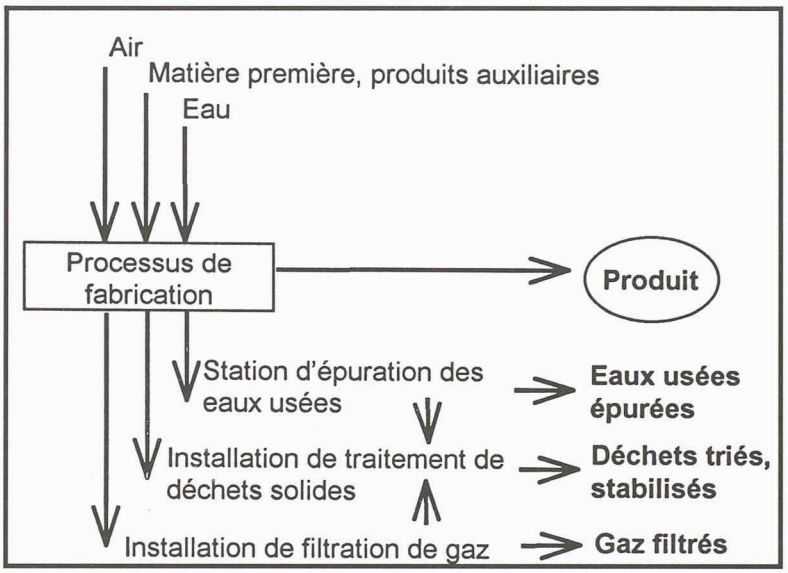
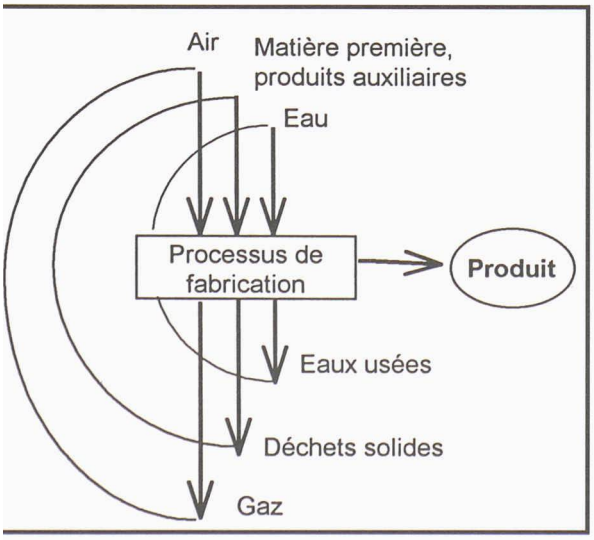


Schéma 1. – Circuit de production ouvert: les différents déchets entrent dans une chaîne de traitement séparée de la production.

finerie de pétrole, une centrale électrique, une société de biotechnologie, et une entreprise de panneaux de construction) ainsi que la municipalité de Kalundborg ont commencé à troquer des « déchets » : de la vapeur, de l'eau et divers sous-produits comme du gypse et du souffre à travers un réseau de pipelines. Plusieurs avantages économiques et écologiques ressortent de cette synergie :

- une réduction annuelle de la consommation de ressources naturelles : 45 000 tonnes de pétrole, 15 000 tonnes de charbon, et 600 000 m³ d'eau ;
- une réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants : 175 000 m³ de gaz carbonique, 10 200 tonnes de dioxyde de soufre par an ;
- la réutilisation de déchets : 130 000 tonnes de cendres (affectées à la construction routière), 4500 tonnes de soufre (pour la fabrication d'acide sulfurique), 90 000 tonnes de gypse, 1440 tonnes d'azote, et 600 tonnes de phosphore.

Si les investissements totaux consentis pour permettre ces échanges de déchets se montent à 60 millions de dollars, les gains annuels sont quant à eux évalués à 10 millions de dollars[4]. Cette expérience présente un caractère exemplaire, lié à une configuration particulière de grandes entreprises non concurrentes. Pour implanter ailleurs un tel système, il faudrait concevoir une constellation d'activités industrielles qui se complètent de telle sorte que les entreprises soient susceptibles d'échanger ressources et matières usées.



héma 2. – Production en circuit fermé: les sous-produits de la brication sont réintroduits dans le cycle de production.

[4] *op. cit.* note 1, p.26

Le développement de technologies propres et frugales précède l'aspiration à une production en circuit fermé (schéma 2). Ainsi, la diminution des matières auxiliaires consommées et la robustesse du procédé face à l'utilisation de produits recyclés, sont des conditions pour tendre vers un système où la totalité des émissions est réintégrée dans la production, du moins pendant un certain nombre de cycles. La réduction des émissions et des déchets qui en résulte est importante, elle amène également des avantages financiers à l'entreprise (économie sur la consommation, frais moindres d'élimination).

Développement durable, développement mature

Par analogie avec un écosystème naturel, Suren Erkman illustre les phases de maturation d'un tel système. Jeune, il se caractérise par des flux d'énergie et de matières rapides, ainsi que par un faible taux de recyclage. A l'inverse, un écosystème mature possède des flux de matière et d'énergie faibles, un taux de recyclage de la matière élevé, des réseaux trophiques variés et spécifiques, des interactions multiples entre espèces, telles que la symbiose ou le parasitisme. Pour atteindre la maturation, le système industriel doit donc évoluer selon quatre axes.

- Valoriser les déchets comme des ressources. « Dans l'optique de l'écologie industrielle », nous dit l'auteur, « les décharges ne sont rien d'autres que des mines artificielles ».
- Boucler les cycles de matière et minimiser les émissions dissipées. Le recyclage a en effet tendance à accélérer la circulation de matière et c'est une activité souvent polluante et coûteuse. Il s'agit donc de mettre au point des matériaux capables de prévenir ou de minimiser la dissipation de substances diverses, de recycler là où c'est possible. « Rent a Molecule » clame l'entreprise chimique *Dow*, montrant par là qu'elle vend non pas

un produit mais sa fonction et qu'elle récupère le solvant après usage. La substitution ou le bannissement de substances dangereuses constitue aussi une voie.

- Dématérialiser les produits et les services. Nos voitures, comme nos emballages tendent à devenir plus légers et plus résistants. Les nouveaux matériaux offrent des alternatives intéressantes: pour produire de la fibre de verre il faut 5 % de l'énergie nécessaire à l'obtention du cuivre.

Déchets coûteux à traiter ou matière première valorisable? (photo Poite)

- Décarboniser l'énergie, en passant à des hydrocarbures contenant proportionnellement moins de carbone et en développant les énergies alternatives; la consommation d'énergie fossile diminuera, et avec elle la pollution qu'elle entraîne.

« Je pense que notre société de consommation devrait évoluer de la notion de *produit acheté* vers celle de *service acheté* » préconise Christian Brodhag, président de la Commission française du développement durable.[5] « En Allemagne, quand vous achetez une petite *Swatchmobile*, le constructeur vous vend en réalité un service: vous gardez votre voiture pendant la semaine, période durant laquelle vous faites vos déplacements seul, en milieu urbain. Et pendant le week-end, il vous l'échange contre une grosse voiture pour partir en famille. En Californie, des distributeurs d'électricité proposent des contrats comprenant à la fois l'abonnement et la location de lampes basse consommation d'énergie. Des lampes que tout le monde rechigne à acheter à cause de leur prix. ». D'autres exemples peuvent être mentionnés, comme celui de la firme *Xerox*, qui axe sa stratégie sur la vente d'un service, une photocopie de bonne qualité, plutôt que sur celle de machines, ces dernières comportant d'ailleurs de nombreuses pièces recyclées. L'enjeu économique se déplace d'une production à moindre coût (et à courte durée de vie) vers un système où la durabilité et l'intensité d'utilisation de chaque composant sont optimisées. Dans ce contexte, les agents techniques assurent des visites d'entretien régulières chez le client. Pour *Xerox*, des centaines de millions de dollars ont ainsi été économisés, tout en augmentant la quantité de travail qualifié. Avec ces premières alternatives à la société de consommation, on assiste à l'esquisse d'une *société d'utilisation*, où la justification économique provient de la durabilité des biens et de leur utilisation intensive, et qui a pour effet final une diminution des flux de matières, une augmentation des flux de service, et un impact moindre sur l'environnement.

Une gestion qui se préoccupe d'environnement

Bien qu'uniquement centrée sur l'entreprise et ses partenaires, la nouvelle norme ISO 14001 constitue un premier pas vers une prise en compte de l'environnement par les activités du secteur secondaire ou tertiaire. Elle se concentre sur l'optimisation des procédés et le suivi de tous les flux de production (énergie et matières) durant le cycle de vie du produit, c'est-à-dire jusqu'à son élimination ou son recyclage. Bien appliquée, elle favorise une production responsable où la charge sur l'environnement est minimisée. La démarche consiste, dans un premier temps, à établir un bilan de la production: matières premières consommées et rejetées, ressources utilisées telles que l'eau, l'air, l'énergie, et nuisances générées, comme le bruit ou les odeurs. Sur cette base, un programme d'action est fixé pour minimiser les nuisances. L'objectif n'est pas uniquement de respecter les minima imposés par la législation, mais plutôt de provoquer une démarche d'amélioration continue et une responsabilité plus

[5] «L'environnement, une préoccupation rentable», *Science et avenir*, mai 1998, p. 52

large face au produit, « de sa conception à sa réincarnation » selon une nouvelle expression consacrée. Cette démarche a des retombées directes sur la gestion de l'entreprise par le biais d'une maîtrise plus fine des procédés et d'une réduction des coûts.
Les entreprises déterminent elles-mêmes leur périmètre d'analyse. Veulent-elles contrôler l'approvisionnement de la matière première à la source, inclure le transport ou s'arrêter aux portes de l'usine et s'en remettre aux fournisseurs ? Les sociétés qui se lancent dans cette nouvelle voie, le font souvent à titre préventif, afin de devancer de nouvelles lois restrictives en conservant le choix de la mise en œuvre, mais elles le font aussi parce qu'elles y voient un avantage économique. Cette rentabilité est confirmée par un cabinet d'audit américain qui a classé les cinq cents plus grosses entreprises américaines en fonction de leur impact sur l'environnement et des délits environnementaux sanctionnés[6]. Les deux cent cinquante entreprises les mieux classées ont également un taux de retour sur investissement nettement supérieur aux autres.

[6] *op. cit.* note 5

Valorisation de déchets spéciaux, quelques exemples

Le recyclage des piles
Si la Suisse a de l'avance en matière de récolte et de traitement des piles usées, par rapport à nos voisins européens, la situation n'est pas encore satisfaisante. 40 % des piles consommées, soit près de 1500 tonnes annuelles, finissent encore dans les sacs à poubelles, si bien que des métaux lourds comme du cadmium, du manganèse, du mercure se déposent dans les filtres des stations d'incinération ou finissent dans une décharge, de l'eau et des produits organiques. Pourtant, la loi fédérale de 1990, sur la protection de l'environnement, impose que leur élimination passe par un traitement approprié. Une taxe est perçue sur chaque pile, de 5 à 10 centimes, pour couvrir le coût de la récolte et du recyclage. Ainsi, les deux sociétés de recyclage existant en Suisse, *Batrec* et *Recymet*, reçoivent-elles 3700 francs par tonne de piles à traiter. Or, après plus de quatre ans de fonctionnement, il s'avère que le coût de traitement est supérieur et que la valorisation des produits recyclés est beaucoup trop faible. *Recymet SA*, à Aclens, a choisi une option de traitement qui minimise l'impact sur l'environnement, tout en assurant une rentabilité en cas d'utilisation des installations à pleine capacité. Les piles domestiques usagées sont d'abord broyées, qu'elles soient salines ou alcalines, qu'elles contiennent du cadmium, du plomb, du mercure ou du lithium. Dans un premier traitement thermique sous atmosphère d'azote (pyrolyse à 650°C), les composés volatils tels l'eau, les produits plastiques ou le mercure, sont séparés de la fraction métallique. Le résidu solide, formé d'oxydes métalliques et de métaux, est broyé et tamisé. Les déchets grossiers constitués de ferraille et de métaux non ferreux sont séparés par effet magnétique et retournent en aciérie ou en fonderie. La poudre, masse active des piles, est à nouveau pyrolysée afin de garantir l'élimination complète du mercure, puis elle est lavée. On obtient un oxyde de zinc revalorisable sous forme de minerai secondaire de zinc. Ce minerai entre alors dans un circuit de valorisation déjà existant, celui des déchets récupérés dans les filtres d'aciéries, dont la composition est assez semblable à celle du minerai fourni par *Recymet*. L'eau contenue dans les piles ou provenant du lavage est épurée puis acheminée vers une station d'épuration ; le mercure est affiné chez un spécialiste avant d'être réutilisé. L'huile décontaminée est revalorisée sous forme de calories.
Sur 2600 tonnes de piles domestiques usagées, *Recymet* produit 1560 tonnes de minerai de zinc, 400 tonnes de ferraille, 15 tonnes de métaux non ferreux, 78 tonnes d'huile et 6 tonnes de mercure. Le traitement d'un kilo de piles nécessite 1,25 kWh d'énergie et un litre d'eau. En choisissant le procédé de pyrolyse à 650°C, pour la séparation des composants, *Recymet* a opté pour une solution plus avantageuse tant au niveau de la consommation énergétique que des investissements. Certes, le produit final, du minerai de zinc, n'est pas valorisable tel quel et nécessite un traitement ultérieur, assuré par des installations déjà existantes en Europe. Le coût d'obtention du minerai secondaire décontaminé s'aligne sur les prix européens, laissant présager des possibilités d'importation de piles de l'étranger, ce qui est déjà le cas avec la Hollande. De plus il est compatible avec la taxe actuellement prélevée sur chaque pile.

Matériaux de construction réutilisés
La fabrication de matériaux de construction nécessite des quantités d'énergie élevées et dégage parfois d'importantes émissions. Lors de la démolition d'un bâtiment, de volumineux gravats non triés remplissent les décharges contrôlées, conformément à l'Ordonnance fédérale sur le traitement des déchets et représentent, en Suisse, un tonnage deux fois et demi plus important que celui des ordures ménagères.
Sur des produits très ciblés, en l'occurrence des carreaux de plâtre massifs et des plaques de plâtre cartonné, la *Platrière SA* en Valais, et *Gipsunion SA*, à Bex, ont développé un concept conjoint permettant la restitution et le recyclage séparé de ces matériaux de construction, afin de pouvoir les réintroduire dans le circuit de production. Cette récupération n'est possible que grâce à la collaboration de plusieurs entreprises. Elle s'inscrit dans une démarche pour la certification ISO 14001.

Déchets organiques valorisés sous forme de combustible solide
Cridec SA à Eclépens, est une société au service de la protection de l'environnement. Soucieuse de rentabilité, elle cherche pour chaque déchet récolté les solutions appropriées : tri, conditionnement ou valorisation. A partir de déchets organiques, tels que des encres, des colles ou des résidus de distillations, et de sciure, *Cridec* produit notamment un combustible brûlé à la cimenterie d'Eclépens. Douze à quinze mille tonnes de combustible de substitution sont ainsi livrées annuellement, et chaque tonne de ce matériau représente l'équivalent de 400 à 600 kilos de charbon. La cimenterie réalise ainsi une économie d'énergie et permet de valoriser des déchets auparavant entreposés en décharge ou détruits par incinération. De plus, les températures de combustion de la cimenterie étant plus élevées que celles d'un four d'incinération, les déchets sont minéralisés et stabilisés dans le ciment.

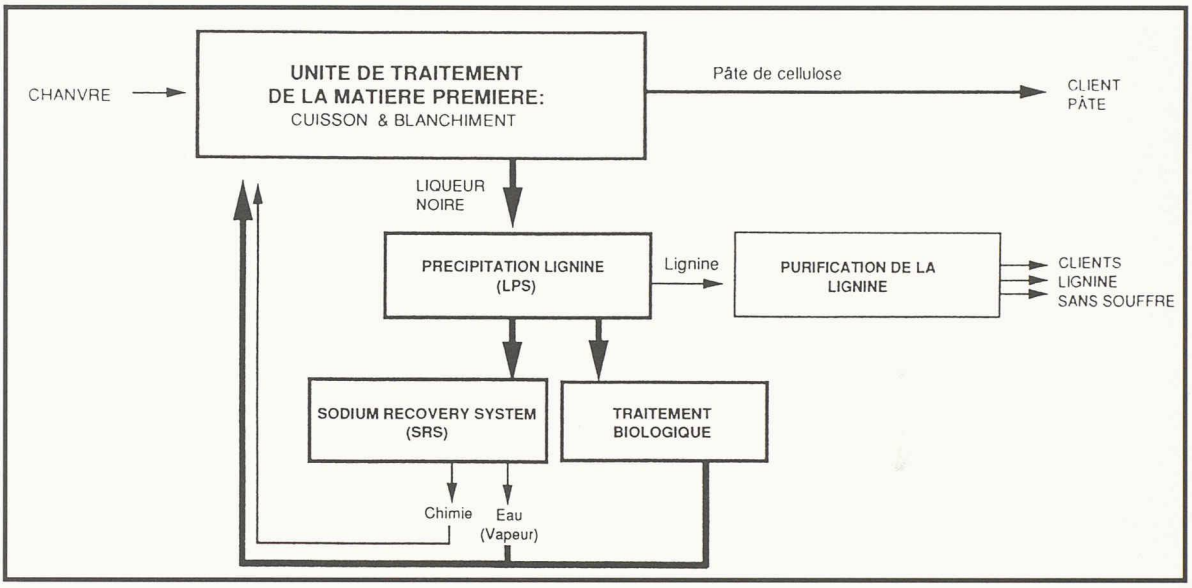
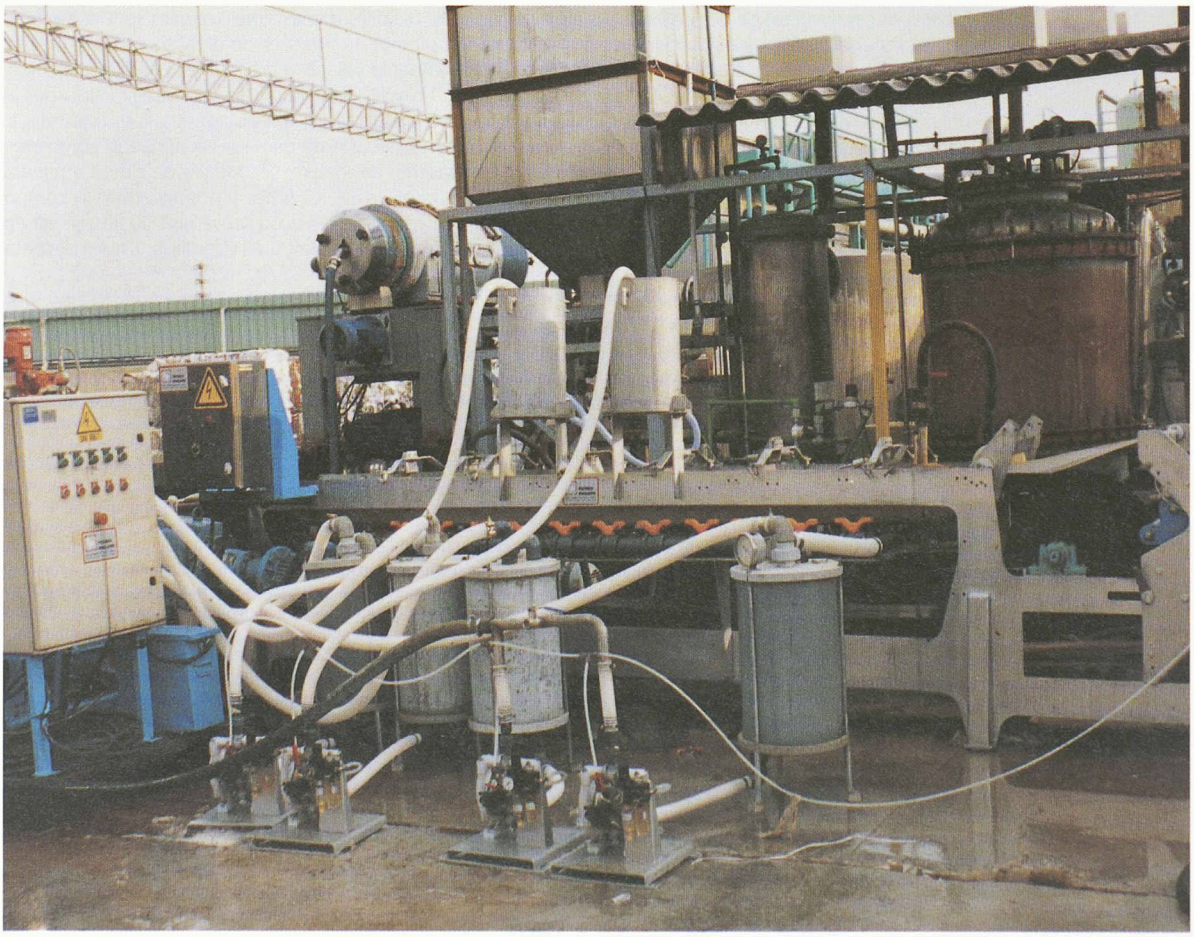


Schéma 3. – Pour la valorisation de la lignine, conception d'une ligne de production (multi-produits), intégrée. Pour une production en circuit fermé, de nouveaux procédés technologiques ont été développés, dont le «Lignin Precipitation System».



Une station pilote a été mise en service en Espagne. Un réacteur, au premier plan, conditionne la lignine, qui sera ensuite séparée des eaux résiduelles par un filtre à bande (photo Granit).

ɔur à pyrolyse pour le traitement des piles usées chez Recymet SA. *e procédé à faible température (650°C) est utilisée pour séparer 's oxydes métalliques et les métaux des matières non désirées nercure, plastiques, etc.). La pyrolyse à 650°C évite des investis-ements comparables à ceux des fours de fusion. Le minerai pro-uit s'intègre ensuite dans la chaîne de revalorisation du zinc des ciéries européennes (photo Poite).*

Une mise en œuvre qui passe par l'innovation

Depuis plus de quinze ans, la société *Granit*[7] étudie des concepts de développement écologique promis à une viabilité économique. Ainsi, un projet de valorisation de la lignine est en train de se concrétiser, qui a nécessité un important travail de recherche et d'expérimentation, afin de satisfaire aux principes de base d'une recherche réellement écologique. Le premier principe postule l'utilisation d'énergies et de matières premières renouvelables : de nombreux produits (en chimie, pharmacie, cosmétique, industrie alimentaire et agriculture) peuvent être fabriqués à partir d'effluents non exploités, les liqueurs noires, de l'industrie de la cellulose. En favorisant une nouvelle filière de production de la lignine[8], à partir d'une précipitation de la liqueur noire, on valorise un déchet qui, aujourd'hui, soit n'est utilisé que sous forme énergétique par incinération, soit n'est pas exploité et pollue les rivières (en tout 30 à 50 millions de tonnes de déchets produits annuellement).

Deuxième défi à relever, le développement de technologies non polluantes. Deux types de lignine existent, l'une avec et l'autre sans souffre. Pour la lignine contenant du souffre, la commercialisation de résidus à faible valeur ajoutée est possible, tandis que pour celle qui en est dépourvue, les technologies appropriées manquaient encore. *Granit* a donc adapté et industrialisé une technologie nouvelle, le « Lignin Precipitation System » (schéma 3). Ce procédé permet de produire des lignines dont les propriétés et le degré de pureté sont adaptables aux besoins spécifiques des industries, pour des produits à haute valeur ajoutée. En complément, le « Sodium Recovery System » permet de traiter les effluents résiduels et de récupérer les matières premières minérales utilisées dans le procédé de fabrication. *Granit* a fait protéger ces deux technologies par un brevet.

En troisième lieu, *Granit* se soucie de favoriser le marché local en s'adressant à des usines de petites dimensions, propres et rentables. Grâce à la technologie développée, le démarrage d'une production à petite échelle est en effet possible, ce qui n'est pas le cas pour les grandes usines de pâtes à papier. De plus, la lignine *Granit* sera disponible à un prix compétitif face aux matières concurrentes.

La quatrième et dernière préoccupation de la société est de boucler les circuits de matières premières. L'intégralité du processus, de la purification de la liqueur noire jusqu'à la fabrication d'un produit entrant dans des procédés chimiques ou pharmaceutiques, est complexe. Si la valorisation complète de tous les effluents est théoriquement possible, elle n'est que partiellement réalisable dans un tissu industriel où plusieurs maillons devraient être créés. Une amélioration de 10 à 15 % est toutefois un objectif réaliste.

Ce projet en voie de réalisation a nécessité la collaboration de trois acteurs clés. Tout d'abord, les producteurs de liqueurs noires (principalement les entreprises de pâte à papier). Pour les petites sociétés de cette branche, la valorisation de leurs déchets offre en effet une solution de rechange à l'installation de coûteuses chaînes de traitement des déchets. Ensuite, les laboratoires de recherche interviennent dans le développement de nouveaux procédés et l'application de technologies « écologiques ». Enfin, les utilisateurs de produits valorisés, qui sont des entreprises conscientes de la nécessité de diversifier leurs sources de matières premières, ont aussi participé au projet. Ces partenaires sont regroupés au sein de l'ILI - *International Lignin Institute*, fondé par *Granit*, qui agit comme pont entre la recherche et les utilisateurs, afin de développer les procédés industriels nécessaires au traitement écologique. Un projet de recherche européen regroupant neuf partenaires de cinq pays d'Europe a été approuvé par la Communauté. Il vise à mettre en relation les fournisseurs de liqueurs noires et les utilisateurs de lignine (clients) et débouchera sur la réalisation d'une ligne de production multi-produits intégrée en circuit fermé (schéma).

Pour avancer jusqu'à la mise en œuvre de ces concepts, le groupe *Granit* a fondé plusieurs sociétés spécialisées dans les secteurs des énergies et des matières premières renouvelables, ainsi que dans le domaine de la protection de l'eau.

---

[7] Groupe de Recherche Appliquée Nature - Innovation - Technologie

[8] La lignine est la substance organique qui enrobe les fibres et les vaisseaux formant le bois et l'élément ligneux des plantes annuelles, telles que la paille. La lignine végétale, peut remplacer de nombreux produits fabriqués à partir de substances pétrochimiques.

Dépenses ou investissements en faveur de l'environnement

La Suisse dépense chaque année environ six milliards de francs en faveur de l'environnement, ce qui, en pourcentage du produit intérieur brut, représente un investissement comparable à celui de ses voisins européens[9]. Les efforts croissants pour combattre la pollution ont éveillé l'intérêt du public pour les dépenses en faveur de l'environnement et divers milieux demandent que les facteurs environnementaux obtiennent plus de poids dans les statistiques économiques. Ainsi, plusieurs pays et organisations internationales ont développé de nouveaux modèles depuis le début des années 1990, afin d'évaluer non seulement les dépenses, mais aussi la performance environnementale. Un report graduel des coûts d'élimination sur les pollueurs incite à la valorisation des déchets.

La coopération entre responsables politiques et économiques a été renforcée et les initiatives des milieux économiques sont encouragées par la loi sur la protection de l'environnement, telle qu'elle a été révisée en décembre 1995.

Reste qu'il faut une volonté politique pour appliquer ces concepts d'écologie industrielle aux nouvelles zones de développement qui se créent. De même que des outils d'évaluation plus complets de l'impact industriel à long terme sont à développer, soit des instruments qui, au-delà de la rentabilité économique, tiennent compte aussi bien des coûts environnementaux générés par l'utilisation de matières premières et d'énergies non renouvelables, par la production de déchets et par les transports sur de longues distances, que du développement d'une économie locale offrant des emplois à haute valeur ajoutée.

Une prise de conscience fait cependant son chemin chez les ingénieurs et les industriels, comme le prouvent les nombreux cours proposés, à commencer par le programme de l'EPFL qui offre aux étudiants de microtechnique un cours de cinquante-six heures sur l'écologie industrielle. Cette formation est destinée à sensibiliser les étudiants aux contextes naturels dans lesquels l'ingénieur exerce son action et à mettre en évidence les facteurs écologiques dont il convient de tenir compte pour développer une politique industrielle économiquement viable et respectant les critères d'un développement durable.

Le Centre suisse de formation pour la protection de la nature et de l'environnement (sanu) organise aussi des cours de formation de responsable environnemental en entreprise, le but étant de fournir aux responsables concernés, les bases sur lesquelles établir un système de gestion environnementale selon la norme ISO 14001. Si le titre de responsable environnemental faisait encore sourire il y a quelques années, l'engouement pour la norme ISO 14001 croît rapidement, suscité par un réel souci de développement durable, de même que par de réelles possibilités de dégager des économies et d'anticiper l'avenir.

[9] Dépenses en faveur de l'environnement, source: OFEFP, (site internet: www.admin.ch/buwal)

Charte de l'environnement pour les *Minoteries de Plainpalais*

En 1997, le *Groupe des Minoteries de Plainpalais SA* a obtenu la certification de son système de management environnemental selon la norme 14001. Cette certification touche toutes les activités meunières et « pet food » de l'entreprise, depuis l'achat de matières premières jusqu'à la facturation des produits finis, en passant par la production et les transports.

Les principales sources de charges environnementales sont la consommation d'énergie électrique et les transports liés à la distribution des produits. Cela implique que les *Minoteries*, au niveau des matières premières, encouragent des modes de culture écologique. Au niveau de la mouture et de la transformation, la rationalisation et la centralisation de la production, dans des unités ultra-performantes et hautement automatisées, permettent de diminuer l'emploi d'agents de production, mais accroissent la consommation d'énergie électrique et les trajets de distribution. Par un contrôle attentif de la consommation des machines et une utilisation plus rationnelle des installations, la charge par tonne produite a été réduite entre 1996 et 1997 et la tendance se poursuit en 1998.

La distribution se fait de façon prédominante dans un cercle de 100 km autour des moulins, avec des véhicules modernes et régulièrement contrôlés ainsi qu'un meilleur taux de remplissage. La distribution plus lointaine est sous-traitée sur le principe du « cabotage », plus économe en kilomètres et en énergie fossile.

Les *Minoteries* s'engagent également dans une démarche « Energie 2000 », en surveillant la consommation énergique et en sensibilisant les collaborateurs.

Quelques références:

- *Journal of Industrial Ecology*, principale source d'information sur l'écologie industrielle, publié par MIT Press (Boston), qui fournit également une bibliographie étoffée sur le thème (Site Internet: www.mitpress.mit.edu/JIEC)
- Erkman, Suren: « Vers une écologie industrielle », ed. Charles Léopold Mayer, Paris, 1998 (tél.: 0033 1 48 06 48 86)
- Ayres Robert U. and Simonis Udo E.: « Industrial metabolism: restructuring for sustainable development », United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris, 1994
- « Le manuel écologique pour les petites et moyennes entreprises », Vetropack SA, Bulach, 1992 (tél.: 01/863 31 31)

Sites Internet

- http://www.admin.ch/buwal (site de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage)
- http://www.ambios.ch (plate-forme suisse de l'environnement)
- http://www.iso14000.com (site très complet)
- http://www.iso14000.net (tout ou presque sur ISO 14000)
- http://www.bir.org/fr/index.htm (bureau international du recyclage)
- http://www.wrfound.org.uk/wrfwww.html («World wide waste web» déchets)
- http://www.maniacom.com/aqte-aeseq/index.html (association québécoise des techniques environnementales)
- http://www.abfall.ch (bourse aux déchets)