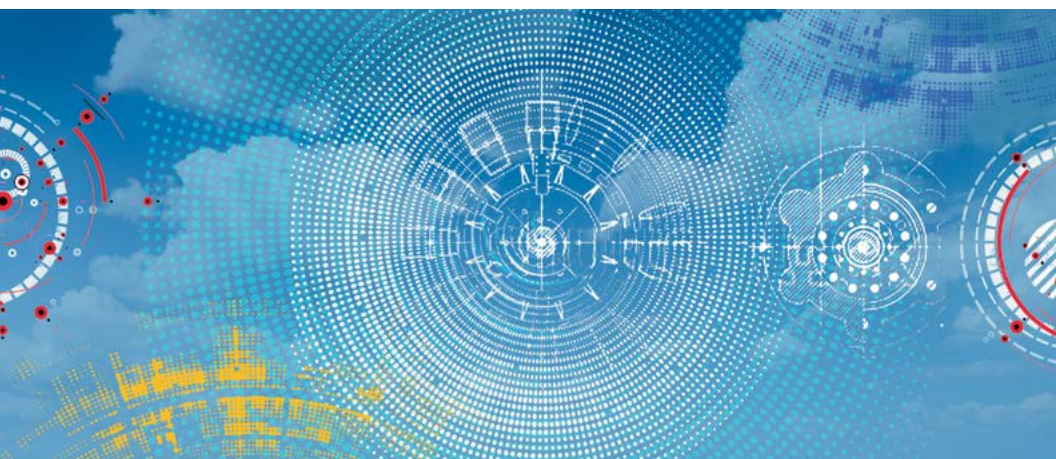


Sous la direction de

Sébastien Sauvé, Daniel Normandin et Mélanie McDonald

L'économie circulaire

Une transition incontournable



Les Presses de l'Université de Montréal

LIBRE ACCÈS

PDF et ePub gratuit en ligne

www.pum.umontreal.ca

L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

L'économie circulaire

Une transition incontournable

Sous la direction de Sébastien Sauvé,
Daniel Normandin et Mélanie McDonald

Les Presses de l'Université de Montréal

Ce livre fait partie d'un projet pilote de publication de livres numériques en libre accès, en collaboration avec la Direction des bibliothèques de l'Université de Montréal. Les formats PDF et ePub de ce livre sont téléchargeables gratuitement sur : www.pum.umontreal.ca/catalogue/economie_circulaire

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Sauvé, Sébastien, 1970-

L'économie circulaire: une transition incontournable

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 978-2-7606-3675-0

1. Économie de l'environnement. 2. Développement durable.

I. Normandin, Daniel, 1960- II. MacDonald, Mélanie.

III. Titre.

HC79.E5M32 2016 338.9'27 C2016-941043-9

Dépôt légal: 2^e trimestre 2016

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

© Les Presses de l'Université de Montréal, 2016

ISBN (papier) 978-2-7606-3675-0

ISBN (PDF) 978-2-7606-3676-7

ISBN (ePub) 978-2-7606-3677-4

Les Presses de l'Université de Montréal remercient de leur soutien financier le Conseil des arts du Canada et la Société de développement des entreprises culturelles du Québec (SODEC).

Financé par le
gouvernement
du Canada

Canada

IMPRIMÉ AU CANADA

Remerciements

L'idée de réaliser un ouvrage collectif sur la thématique de l'économie circulaire peut sembler aller de soi, puisque ce modèle de production-consommation se fonde sur la collaboration entre les divers acteurs de la société. Rendre l'ouvrage en libre accès présente également une analogie avec l'économie circulaire, puisque le partage en constitue l'une des stratégies clés. Il nous fallait toutefois la bougie d'allumage, que nous devons à Frédéric Bouchard, de l'Université de Montréal, ancien membre du comité de gestion de l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (EDDEC) et sans qui l'idée d'un tel projet n'aurait sans doute jamais vu le jour. Merci aux quarante-cinq auteurs, piliers de ce projet, qui se sont prêtés au jeu avec beaucoup d'enthousiasme et de dévouement, non seulement dans la rédaction de leur propre texte, mais également dans la révision de celui des autres, afin de renforcer les réflexions communes et de donner une couleur transdisciplinaire à l'ouvrage.

Un merci particulier à Jean-Pierre Revéret de l'UQAM, pour avoir si gentiment accepté d'y apporter sa touche, de même qu'à monsieur Arab Habdallah, du Programme des Nations unies pour l'environnement, qui a promptement et élégamment accepté de rédiger la préface de cet ouvrage, malgré son horaire « ministériel ». Enfin, merci à HEC Montréal, de même qu'aux directeurs des départements de génie chimique, de mathématiques et de génie industriel ainsi que des génies civil, géologique et des mines de Polytechnique Montréal, pour leur soutien financier en appui à la publication de cet ouvrage. Finalement, merci aux Presses de l'Université de Montréal d'avoir mené cette idée jusqu'à sa réalisation.

Sébastien Sauvé, Daniel Normandin et Mélanie McDonald

Préface

Si l'économie circulaire n'a pas été explicitement présentée lors des préparatifs du Sommet Rio+20 ou des sessions de négociations sur les objectifs de développement durable et de l'Agenda 2030 pour le développement durable, elle n'en était pas moins présente par la nécessité de promouvoir l'efficacité, la productivité et le découplage. Il en a été de même lors des négociations de la COP21. Cependant, à force de se concentrer sur les problèmes plutôt que sur les solutions, sur les défis plutôt que sur les bonnes occasions, sur les actions isolées plutôt que sur celles en partenariat, les experts ont perdu de vue les bénéfices d'une économie circulaire. Il s'agit d'une nécessité bien comprise, certes, mais surtout d'une question de bon sens économique, environnemental, social et, enfin, politique.

Il est dorénavant banal de dire qu'il faut changer les modes non durables de consommation et de production, sans que le lien soit vraiment établi entre les avantages qu'offrent l'économie circulaire et l'utilisation efficace des ressources dans une approche systémique, cyclique et prospective. Un grand chemin a été parcouru depuis le sommet de 1992 pour comprendre les enjeux et faire en sorte que la promotion des modes de consommation et de production durables soit reconnue comme l'une des trois priorités du développement durable.

Il a fallu des recherches approfondies pour mieux comprendre les enjeux et offrir une meilleure définition des occasions favorables et des bénéfices. Par la nature même des modes de consommation et de production ainsi que celle de l'économie circulaire, il a aussi fallu mettre en place des équipes pluridisciplinaires pour mieux comprendre toutes les interactions à l'œuvre. C'est grâce à un approfondissement progressif, cohérent et consistant de la connaissance du processus de production, de la chaîne de valeurs, de la consommation et, enfin, du passage du

linéaire au circulaire dans un contexte d'analyse systémique et prospective, que la promotion de modes de consommation responsable a pu atteindre la sphère politique.

Travailler avec tous les acteurs, ou plutôt les accompagner dans la compréhension des enjeux de la consommation et de la production, des effets négatifs aux occasions d'économie à moyen ou long termes, en mettant en évidence l'importance, voire la nécessité, d'une approche systémique et multiacteur, a fait reculer l'incompréhension et les idées fausses. Et ceci a permis de passer progressivement du plaidoyer à la mise en œuvre.

C'est dans une approche systémique et multiacteur, dans un contexte de chaîne de valeurs, de cycle de vie, d'innovation, et de transformations vers le développement durable, qu'apparaît tout l'intérêt d'une économie circulaire ; mais pas seulement pour « tourner en rond ». La notion d'économie circulaire a été beaucoup utilisée, il y a une vingtaine d'années, qui mettait l'accent surtout sur les « 3R » : réduire, réutiliser et recycler. Puis, cette approche a été rangée dans les placards, car la société n'était pas « mûre » pour comprendre son intérêt. Depuis, notre connaissance globale s'est élargie en offrant des boîtes à outils plus performantes.

Certes, l'économie circulaire va bien au-delà du recyclage et de la gestion des déchets. Elle prend en compte la vie d'un produit, des matériaux et des ressources utilisés lors de sa fabrication, son transport, sa consommation. Et la transition vers une économie circulaire passe nécessairement par une utilisation plus efficiente des ressources tout au long de la chaîne de valeurs et du processus de consommation.

« Ressusciter » l'économie circulaire, notamment dans le cadre ciblé des débats post-Rio+20 et de la mise en œuvre de l'Agenda 2030 pour le développement durable, devrait donc se faire en connaissance de cause, c'est-à-dire qu'il faudra bien valoriser ce capital de connaissance, d'expérience et d'expertise accumulé au cours des vingt dernières années, notamment dans les milieux universitaires qui ont pu et su, pour l'occasion, mettre en réseau plusieurs disciplines afin que la « nouvelle » économie circulaire corresponde aux enjeux d'aujourd'hui et de demain et réponde aux attentes en solutionnant les problèmes majeurs de nos sociétés et de nos économies en quête de développement durable.

À cet égard, il est absolument nécessaire de donner un sens économique et financier aux actions induites par l'économie circulaire si l'on veut encourager et accompagner les divers acteurs dans leur quête de développement économique, social et environnemental durable. Il est par ailleurs essentiel de mieux comprendre les comportements des décideurs, des politiciens aux chefs d'entreprise et aux consommateurs, afin de trouver les leviers et les paramètres pertinents pour arriver à des modes de consommation responsables et éthiques pour tous. Pour cela, il est nécessaire de sortir des clubs de convertis et de chercher par tous les moyens à conscientiser et à accompagner dans leurs démarches tous les acteurs, avec des travaux de recherche et d'analyse, notamment pluridisciplinaires, issus des cercles universitaires et qui apportent des connaissances essentielles, tant théoriques que pratiques.

Soutenue par l'éco-innovation, l'économie circulaire doit montrer la voie pour découpler la croissance économique de la consommation grandissante de ressources et des effets négatifs sur l'environnement, et contribuer ainsi à contrer, notamment, le réchauffement climatique. L'économie circulaire doit inciter d'abord les entreprises à repenser leurs modèles et les processus de production, depuis la conception jusqu'à la consommation, tout en intégrant la nécessité de recycler les composants des produits et même de les remettre à neuf. Il est par ailleurs essentiel que les universités et les entreprises établissent des ponts, avec des collaborations dans ce domaine, pour permettre aux premiers de se rapprocher des opérations et aux seconds d'accroître leurs connaissances et leur capacité d'analyse.

Le passage à la mise en œuvre de l'économie circulaire sera long et rempli d'obstacles, notamment à cause de la résistance générale au changement, des besoins techniques et financiers, et du temps qu'il faut avant de récolter les bénéfices et amortir le coût des investissements additionnels parfois induits par ce type d'économie. Par ailleurs, si une économie circulaire peut se concevoir dans un espace limité, les besoins d'élargir le champ se font pressants, d'où la nécessité de créer les bonnes conditions pour gérer la transition vers cette force motrice d'un développement durable.

Avec l'urbanisation croissante dans le monde, les villes seront bientôt le socle sur lequel s'érigera tout développement national avec, d'ici environ 2040, quelque 3 milliards de consommateurs additionnels

de la classe moyenne qui auront des demandes croissantes en produits de consommation. Quoi de plus naturel, alors, de faire des villes le terrain privilégié d'application de l'économie circulaire ? Elles devront faire une consommation limitée des ressources et produire moins de déchets et d'émissions de gaz à effet de serre. C'est à l'économie circulaire de faire le pont entre l'Agenda 2030 et le nouveau programme qui devrait résulter de la Conférence Habitat III des Nations Unies sur le logement et le développement urbain durable.

Enfin, voilà un « outil », un « système », qui permettrait à la société de « produire plus et mieux avec moins », qui l'engagerait sur la voie d'un changement salutaire. Les principaux acteurs, publics et privés, sauront-ils vraiment saisir cette occasion pour faire de l'économie circulaire le moteur du développement durable, local et global ?

Arab Hoballah,
Programme des Nations Unies
pour l'environnement (PNUE)

Introduction

Luce Beaulieu et Daniel Normandin

Affirmer que le développement actuel n'est pas durable, c'est dire une évidence. Il s'agit d'un état qu'on peut qualifier de crise grave, du moins en ce qui concerne les ressources naturelles, les changements climatiques et les inégalités sociales. Les entreprises multinationales, probablement plus que tout autre acteur global, connaissent des tensions croissantes liées à l'épuisement des ressources, ce qui se traduit par une instabilité générale de l'offre et, plus encore, de la demande. On estime que la population mondiale utilise chaque année 1,5 fois les ressources renouvelables de la planète¹.

Un monde en crise

Cette tendance ne peut aller qu'en s'accroissant à l'échelle planétaire, alors que les classes moyennes prennent de l'ampleur et que la pauvreté extrême diminue. On estime également que d'ici 2030, trois milliards de consommateurs de la classe moyenne viendront s'ajouter aux deux milliards actuels². Enfin, une relation directe persiste entre le produit intérieur brut (PIB) mondial et la consommation des ressources, dont l'énergie fossile, ce qui, entre autres conséquences, accélère les changements climatiques.

Dès 1972, à la suite du rapport Meadows intitulé *Les limites à la croissance (dans un monde fini)*, de nombreuses organisations et commissions mondiales ont élaboré un argumentaire solide sous forme de plaidoyer pour permettre une transition vers un modèle de production

1. Global Footprint Network (2015).

2. OCDE (2011).

et de consommation qui dissocie la croissance économique de la consommation des ressources et des répercussions environnementales. En somme, on appelait à migrer vers une forme de dématérialisation partielle de l'économie³. Les conclusions de la mise à jour du rapport Meadows, en 2012, allaient dans le même sens, prônant notamment une minimisation de l'utilisation des ressources non renouvelables et une utilisation la plus efficace possible de l'ensemble des ressources⁴. Il s'agit donc de s'éloigner de la logique linéaire (extraire – transformer – consommer – jeter), dominante depuis le début de l'ère industrielle, qui encourage à grande échelle la surconsommation et le gaspillage des ressources.

Les choses ont commencé à changer dans les années 1980 avec, notamment, la mise sur pied d'agences gouvernementales⁵ responsables de gérer les déchets (qui ont le statut de « matières résiduelles » au Québec) et de promouvoir une meilleure utilisation de l'énergie⁶. La notion de « technologies propres » a fait son apparition au début des années 1990, alors qu'en France l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) lançait son « prix des technologies propres », une notion dont on trouve également l'une des premières définitions dans le Plan wallon des déchets 1991-1995. À partir des années 2000, tant dans les pays industrialisés que dans les autres, les gouvernements ont investi plus ou moins massivement dans ces technologies propres, selon les régions. Le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro (1992), qui a consacré la notion de « développement durable », avait ouvert la marche à une série d'initiatives à l'échelle des territoires, des organisations et des citoyens et visait particulièrement une meilleure utilisation des ressources, une diminution globale des répercussions sur l'environnement issues de l'activité humaine et une plus grande équité sociale. Toutefois, sans objectifs suffisamment précis, communs et inscrits dans ce même contexte d'économie linéaire, ces différentes initiatives n'ont pas encore produit tous les résultats escomptés. On continue de gaspiller les ressources; il y a accélération des changements

3. Meadows *et al.* (1972).

4. Meadows *et al.* (2012).

5. Au Québec, il s'agit de Recyc-Québec.

6. Au Québec, il s'agit de l'Agence de l'efficacité énergétique du Québec.

climatiques et de la perte de biodiversité; l'intégrité des écosystèmes actuels est en péril plus que jamais; et les inégalités sociales continuent de se creuser, en dépit du recul observé de la pauvreté extrême.

Un vent de changement commence cependant à souffler sur les modes de production et de consommation. Une nouvelle génération de consommateurs émerge: moins axées sur la possession des objets, les générations Y et Z tendent plutôt à privilégier leur usage. L'ubiquité grandissante des plateformes technologiques numériques facilitant la mise en relation de l'offre et de la demande, combinée à une crise financière mutée en crise économique de plus en plus structurelle, propulse un nouveau courant de consommation dite «collaborative», appelée aussi «économie du partage»⁷. Même s'il s'agit d'une tendance encore marginale, la frontière entre producteurs et consommateurs pourrait devenir de plus en plus floue avec, notamment, la montée de l'agriculture urbaine, le mouvement *DIY* (*Do It Yourself*) et la culture *Maker*, soutenue entre autres par l'accès aux imprimantes 3D, disponibles dans les *Fab Labs* de la planète.

Par ailleurs, de nombreux facteurs contribuent à l'insécurité des marchés et à la pression sur les entreprises manufacturières: la volatilité croissante du cours des matières premières, la hausse des coûts d'exploitation des ressources naturelles, la pression démographique, une raréfaction progressive des ressources et une opposition sociale à leur exploitation sur certains territoires⁸. Face à ces enjeux associés à leur approvisionnement, certaines entreprises se tournent progressivement vers l'économie de la fonctionnalité, qui leur permet de conserver leur «capital matière» en proposant à leurs clients non pas des produits, mais l'usage de leurs produits. Cette nouvelle «économie de service» ouvrirait la perspective d'une création d'emplois afin d'entretenir, de réparer et de recycler ces produits et leurs composantes, dont la durée d'usage est accrue. De même, une économie circulaire implantée à l'échelle territoriale grâce à des boucles courtes pourrait créer des retombées positives pour les populations locales.

7. Notons que les définitions de ces deux termes ne sont pas encore stabilisées, mais elles décrivent plus ou moins les mêmes tendances.

8. Forum économique mondial (2014).

L'émergence de l'économie circulaire

Dans ce contexte général, le concept d'économie circulaire suscite un intérêt grandissant auprès de la communauté des affaires, des gouvernements, des citoyens et du monde universitaire. Cette attention s'est accrue de façon spectaculaire depuis 2010, année où la navigatrice britannique Ellen MacArthur a lancé sa fondation éponyme consacrée à la diffusion de l'économie circulaire. La Fondation Ellen MacArthur décrit ce concept intégré comme la nouvelle solution aux enjeux de la pérennité des systèmes humains sur la planète, en situation de rareté grandissante et de fluctuation du prix des ressources, mais surtout en opposition à l'économie linéaire décrite précédemment.

Les groupes, les organisations et les individus favorables à l'économie circulaire y voient la seule manière de transformer l'économie actuelle en un système régénératif et durable qui permettrait à l'humanité de s'épanouir à l'intérieur des limites planétaires, et de réussir ce passage difficile vers une façon entièrement pérenne et prospère d'exister sur Terre. D'autres s'attardent plutôt à ses dimensions commerciales et mettent de l'avant le regain d'innovation possible, les nouveaux modèles d'affaires « disruptifs » et l'augmentation des marges bénéficiaires que pourrait générer cette approche novatrice.

Mais au-delà de l'opposition entre économie circulaire et économie linéaire, au débat réducteur et pauvre en concepts, comment peut-on réellement définir cette idée d'économie circulaire ? Quelles sont ses composantes principales ? À quelles thématiques renvoie-t-elle ? Jetons un coup d'œil sur les définitions avancées par les différentes organisations qui en font la promotion.

Un concept en quête d'identité ?

Selon la Fondation Ellen MacArthur, l'économie circulaire est un nouveau système industriel fondé sur la mise en place de cycles de production et de consommation en boucles, découplés de l'extraction de ressources non renouvelables. Deux types de cycles existent : celui des nutriments techniques (produits, composantes et matériaux non organiques) et celui des nutriments biologiques (matières biodégradables).

Cette conception implique que la nature même de la production et de la consommation se transforme à mesure que ces dernières

deviennent plus « circulaires ». En effet, les seuls éléments qu'on peut véritablement consommer sont de nature organique, tandis que les consommateurs doivent utiliser les composantes techniques dans un esprit collectif, pour lequel la possession d'un bien (et donc le pouvoir d'en disposer) doit faire place à une consommation collégiale et collaborative. Quant aux producteurs, qui conservent *de facto* la propriété de leurs produits, ils doivent les concevoir pour être plus durables, les faire circuler de façon à maximiser la productivité des ressources qui les composent et en optimiser la valeur tout au long du cycle de vie. Ils doivent aussi sélectionner les technologies et les procédés les plus performants et les plus propres, et mettre en place des systèmes « vertueux » qui ne produisent aucune externalité négative (ex. : des déchets ultimes). Bref, il s'agit d'une approche industrielle systémique et résiliente, fondée sur le principe des cascades successives de processus, qui élimine la notion de déchet et fonctionne à partir de ressources et d'énergies entièrement renouvelables. C'est également un système qui demeure pleinement efficace quelle que soit l'échelle à laquelle il est appliqué.

Sur les traces de la Fondation Ellen MacArthur, d'autres organisations ont apporté leur définition de l'économie circulaire. En France, l'ADEME la conceptualise comme « un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en améliorant le bien-être des individus ».

L'ADEME intègre également la notion de découplage de la consommation des ressources et de la croissance du PIB en précisant qu'il s'agit dans l'ensemble de « faire plus et mieux avec moins ». Les trois pôles conceptuels et de recherche proposés sont : la production et l'offre de biens et de services, la consommation (demande et comportement) et la gestion des déchets. Toujours en France, l'Institut de l'économie circulaire précise que celle-ci « concrétise l'objectif de passer d'un modèle de réduction d'impact à un modèle de création de valeur, positive sur un plan social, économique et environnemental ». Enfin, l'Agence européenne pour l'environnement préconise qu'une économie circulaire génère aussi peu de pertes que possible.

Sans analyse poussée, les définitions de ces trois organisations semblent recouper certains concepts centraux mis en évidence par la Fondation Ellen MacArthur : la notion d'un nouveau système de production et de consommation et une optimisation de l'utilisation des ressources ainsi que la réduction des répercussions en fin de vie. Ce qui diffère sensiblement de cette définition plus intégrale de la Fondation, ce sont les notions de pensée systémique ainsi que la nature régénérative et restauratrice de cette nouvelle façon de voir le couple production et consommation. En clair, il existe un décalage conceptuel qui témoigne du périmètre encore mal défini de l'économie circulaire et qui peut se traduire, sur le terrain, par des implantations fort distinctes.

Origine et trajectoire de l'économie circulaire

Après avoir compris ce qu'est ou plutôt ce que devrait être l'économie circulaire, se pose la question de son origine. Quoique le concept semble a priori absolument contemporain et adapté aux défis actuels, il n'en demeure pas moins que l'économie circulaire a une histoire riche et multidisciplinaire. On peut tracer cette trajectoire à partir des premiers écrits scientifiques sur le sujet de l'économie « fermée »⁹. Elle se poursuit jusqu'aux articles récents sur l'économie du partage, en passant par les travaux pionniers sur l'économie de la fonctionnalité de Walter Stahel (1976, 1982). La paternité du terme « économie circulaire » serait attribuable aux économistes Pearce et Turner (1990), à laquelle Braungart et McDonough ont contribué de façon significative en proposant l'approche *Cradle-to-Cradle* (2002), pour laquelle ils ont mis en œuvre une certification. Partant du constat que l'économie circulaire s'est répandue au fil du temps, on peut affirmer qu'il s'agit d'une construction sociale qui a évolué grâce à la sédimentation de décennies de connaissances issues de multiples disciplines.

9. Le présent ouvrage fait également référence à des écrits plus anciens, comme en témoigne le texte « Enrichir l'économie circulaire par l'éthique évolutionniste d'Adam Smith ».

Les gouvernements voient également l'intérêt de l'économie circulaire et cela se traduit par des lois et des politiques¹⁰, auxquelles s'ajoutent de nombreux programmes, des objectifs, des feuilles de route et d'autres actions nationales et régionales. En fixant des objectifs de productivité de matière, couplés à un objectif d'enfouissement zéro sur des horizons variables, ces initiatives ont l'avantage de rassembler les efforts de façon intégrée. Ce côté plus « opérationnalisable » de l'économie circulaire la distinguerait donc des autres concepts souvent plus théoriques tels que l'économie verte et la croissance durable, pour ne nommer que ceux-là.

Certains grands cabinets de services-conseils (notamment McKinsey & Company et Accenture) ont alimenté le *business case* de l'économie circulaire avec des études détaillées sur son potentiel économique et innovateur pour les entreprises. Enfin, depuis 2010, de plus en plus d'organisations se consacrent à son déploiement, notamment l'Institut sur l'économie circulaire (France), Circle Economy (Pays-Bas), Implementation Centre for Circular Economy (Belgique), etc. Par ailleurs, son appropriation par le monde universitaire émerge à peine. Au Québec, c'est l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (Institut EDDEC), sis au sein du campus de l'Université de Montréal, qui est pionnier en la matière. Fondé en avril 2014, il a fait de l'économie circulaire son tout premier axe de recherche. En réunissant sur cette seule thématique près de 70 chercheurs, toutes disciplines confondues, l'Institut abrite la plus grande concentration d'experts travaillant sur ce thème à l'échelle internationale¹¹.

Leur appropriation progressive de l'économie circulaire prend la forme de séances de travail interdisciplinaires et de projets de recherche-action. Les chercheurs analysent cette approche sous toutes ses facettes, en démystifient ses composantes, tentant d'en saisir les

10. Par exemple, le Japon avec sa Loi pour la promotion d'une utilisation plus efficace des ressources (2000), la Chine avec sa Loi sur l'économie circulaire (2008), l'Allemagne grâce à sa loi visant à promouvoir l'économie circulaire et à garantir une gestion écologiquement rationnelle des déchets (2012), le *Green Deal* du gouvernement néerlandais (2013), la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte en France (2015) et, enfin, le train de mesures de la Commission européenne sur l'économie circulaire (2015).

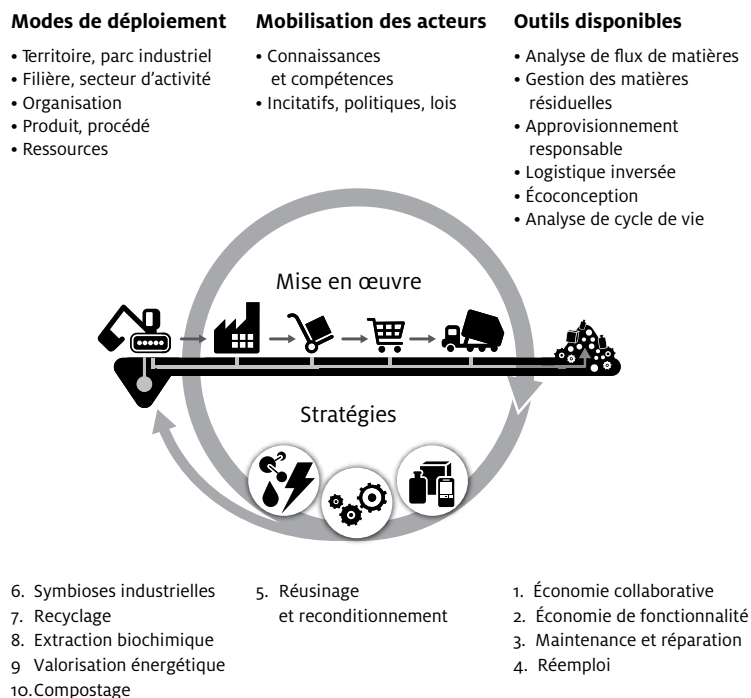
11. Communication verbale de la Fondation Ellen MacArthur (2014).

avantages et les limites et d'en tester les divers modes de déploiement. Ainsi, au Québec, l'économie circulaire a fait son entrée d'abord comme objet de recherche universitaire, contrairement à d'autres régions du monde où ce sont des organisations non universitaires qui ont en premier pris en charge l'économie circulaire¹². Cela dit, plusieurs structures gouvernementales ou privées s'intéressent aux composantes de l'économie circulaire, dont certaines depuis fort longtemps. Le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI), par exemple, travaille depuis seize ans à mettre en place des synergies entre les entreprises, voire des symbioses rassemblant plusieurs firmes dans des parcs industriels. Recyc-Québec, la société québécoise de récupération et de recyclage, appuie dans la province les intervenants de la chaîne de valeur des matières résiduelles et a institué la responsabilité élargie des producteurs¹³ pour plusieurs catégories de produits. Un groupe formé de diverses parties prenantes qui promeut la transition vers une économie circulaire a ainsi pris naissance en août 2015, sous l'impulsion de l'Institut EDDEC. La définition de l'économie circulaire n'étant pas encore stabilisée à l'échelle internationale, ce groupe a conçu et utilise cette définition québécoise du terme : « Système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au bien-être des individus et des collectivités. »

Afin de mieux s'approprier le concept, les chercheurs de l'Institut ont construit un schéma qui illustre ses diverses composantes ainsi que les modes, les conditions et les outils liés à sa mise en œuvre (voir la figure 1). Ce schéma ou outil pédagogique servira de fil conducteur au présent ouvrage. Véritable courtepoinTE de visions et de perspectives parfois discordantes, modulé par les regards disciplinaires, ce dernier n'est pas un manifeste et il ne défend pas une position unique sur l'économie circulaire, mais cherche plutôt à donner un cadre d'analyse commun qui permettra de la décortiquer et de la critiquer.

12. Par exemple, la Fondation Ellen MacArthur (Royaume-Uni), l'Institut de l'économie circulaire (France) et Circle Economy (Pays-Bas).

13. La responsabilité élargie des producteurs (REP) est un principe selon lequel les entreprises qui mettent sur le marché des produits au Québec sont responsables de leur gestion en fin de vie (Recyc-Québec).

FIGURE 1 Schéma pédagogique de l'économie circulaire

© Institut EDDC 2015 – Tous droits réservés © Conception : EDDC | Graphisme : Marie Reumont

Pourquoi l'économie circulaire ? Qu'est-ce qui en motive la mise en œuvre ? C'est à ces questions que tente de répondre la première partie de l'ouvrage, qui analyse l'état de nos ressources et de nos écosystèmes sous le regard croisé de plusieurs disciplines : l'ingénierie, la philosophie, la chimie et l'économie. La deuxième partie traite des différentes stratégies de circularité des ressources, qui visent à en accroître la productivité au sein du marché (comme le montre la deuxième partie de la figure 1). On y examine les courants, les modèles

d'affaires, les approches et les technologies qui peuvent allonger la durée d'usage des produits et de leurs composants, mais aussi qui valorisent les ressources renouvelables et non renouvelables. Les trois parties suivantes explorent l'implantation de l'économie circulaire, en commençant par les modes de déploiement. On cherche à comprendre comment sélectionner les stratégies de circularité en fonction de leur pertinence dans divers types de systèmes (produits, organisations, filières, territoires) ou de ressources (comme le montre la première partie du schéma). Quel que soit le mode de déploiement choisi, la mise en œuvre de l'économie circulaire repose sur une collaboration entre l'ensemble des acteurs et des parties prenantes gravitant autour de ces systèmes. Elle peut donc avoir un effet sur les individus, *a minima* à titre de consommateurs, comme sur les organisations (gouvernements, industries, entreprises d'économie sociale, etc.). En quatrième partie, on s'intéresse aux stratégies de mobilisation de ces acteurs, qui requièrent des connaissances et des outils variés pour amorcer ou accentuer leur virage vers une économie circulaire. La cinquième partie présente les outils incontournables de l'implantation de cette économie – de l'analyse de flux de matières à l'écoconception de produits en passant par la logistique inversée – ainsi que certains savoirs et ressources qui peuvent faciliter son déploiement. Enfin, la dernière partie offre une perspective qui tente non seulement de dégager les limites et les débouchés de ce modèle économique, mais aussi d'offrir des pistes d'enrichissement vers le développement durable.

Au-delà de la compétence de ses auteurs, et à l'image de l'Institut EDDEC, la valeur ajoutée de cet ouvrage tient à la pluralité de ses regards, de ses angles d'analyse et de ses positions sur l'économie circulaire. Il ne prétend pas répondre à toutes les questions ni à couvrir l'ensemble du domaine, mais cherche plutôt à stimuler l'esprit critique de ses lecteurs.

Pourquoi l'économie circulaire ?

Quelles sont les raisons qui sous-tendent la nécessaire transition vers un modèle économique plus respectueux des capacités limites de la planète ? Dans cette section, on aborde le fragile équilibre de nos ressources renouvelables et de nos écosystèmes et l'importance de réduire notre empreinte écologique. On traite de l'importance de préserver nos ressources non renouvelables dans le contexte d'une consommation en hausse et d'une disponibilité en baisse en examinant certaines pistes de solution. On examine la question de la volatilité toujours plus importante du coût des matières premières et leur tendance mondiale à la hausse. On en décrit les effets sur les entreprises et on explique comment celles-ci peuvent s'en prémunir par une transition vers une économie circulaire. Enfin, on illustre l'épineux problème de la contamination de l'environnement par le prisme de la chaîne de valeur et on explore les conditions dans lesquelles une économie circulaire peut minimiser l'émission de contaminants dans l'environnement.

Protéger nos ressources renouvelables et nos écosystèmes

Laurent Jodoin

Dans un monde qui semble de plus en plus étroit malgré l'explosion des possibilités, les ressources renouvelables apparaissent, par l'une de ces ironies de l'histoire, comme une voie de salut pour une humanité qui a pensé s'affranchir de la nature. Certes, les nouvelles technologies abaissent des frontières autrefois jugées insurmontables. Mais la

maxime baconienne invitant à « commander la nature en lui obéissant » prend aujourd'hui un sens renouvelé et nous rappelle que les conditions de notre existence exigent le respect d'un rythme qui nous dépasse encore. Il ne tient qu'à nous de le comprendre et de le maîtriser par une approche intégrée des savoirs.

Un panorama conceptuel

La notion de « ressource renouvelable » fait d'abord référence à un moyen à la disposition d'une collectivité, puis au résultat d'un processus naturel continu dont les conditions ou les flux nécessaires à son maintien sont établis. Elle désigne donc une ressource naturelle dont le stock peut se reconstituer sur une période relativement courte à l'échelle humaine, si le rythme de son prélèvement ne dépasse pas sa capacité de régénération. Les ressources renouvelables ne le sont pas à l'infini et la vitesse de leur régénération n'est pas instantanée. Il s'agit, pour l'essentiel, des ressources animales et végétales, dont le bois, de certaines sources d'eau, mais aussi des énergies éolienne et solaire¹.

Une ressource renouvelable s'inscrit ainsi dans un processus (partiellement) réversible. Est réversible, dans une acception stricte, ce qui peut recouvrer son état initial. Mais la récupération de l'état initial n'est jamais parfaite et on accepte un état jugé équivalent à l'état initial. Par exemple, la régénération d'une forêt n'apporte pas, bien entendu, les mêmes arbres qu'initialement, toutefois on peut bien les juger équivalents. Cette équivalence peut varier selon les propriétés considérées. Dans l'exemple des ressources forestières, l'appréciation de ce caractère renouvelable variera selon que l'on s'attache à la biodiversité, à la production de matières ligneuses, à la dynamique paysagère ou à la qualité des sols. En somme, pour qu'une ressource soit renouvelable, il faut que les conditions du processus naturel de sa régénération soient satisfaites pour un état jugé équivalent et dans un temps suffisant pour répondre aux besoins d'une collectivité donnée. L'économie circulaire cherche ainsi à tirer profit, en parallèle à des techniques de récupération et de

1. Ces ressources ne se régénèrent évidemment pas toutes à la même vitesse, la régénération des énergies éolienne et solaire pouvant être considérée comme infinie ou instantanée.

valorisation, de ce caractère renouvelable afin de combler les besoins de la population.

La possibilité de renouveler certaines ressources dépend donc de l'état des écosystèmes qui les abritent et des rapports que les sociétés entretiennent avec eux. On doit respecter leur biocapacité, soit la capacité à produire certaines ressources et à absorber ou à filtrer certains composants, et maintenir leur santé écosystémique. Le concept de santé comporte des conditions mesurables, mais aussi un certain jugement de valeur positive. On peut considérer la fameuse maxime éthique d'Aldo Leopold : « une chose est bonne si elle tend à préserver l'intégrité, la stabilité et la beauté de la communauté biotique, et mauvaise autrement », comme une injonction à préserver la santé des écosystèmes². Elle sous-tend les notions de biocapacité et de rendement soutenu (*sustained yield*) exigeant que le taux de prélèvement des ressources renouvelables et le taux de pollution ne dépassent pas certains seuils afin de maintenir un équilibre sur le long terme, mais aussi que le taux de prélèvement des ressources non renouvelables (répondant à un besoin donné) ne dépasse pas le taux auquel des substituts renouvelables peuvent prendre forme. On mesure les répercussions humaines sur ce fragile équilibre par ce qu'il est convenu d'appeler « l'empreinte écologique³ ».

La recherche de cet équilibre par la santé des écosystèmes ne peut faire l'économie d'une réflexion qui n'a rien d'anodin sur les stratégies d'acquisition de nos moyens de subsistance. En effet, il y a une véritable rupture conceptuelle entre deux sortes de durabilité, dites faible et forte, lesquelles influencent notre perception du capital naturel et du capital construit. Pour les tenants d'une durabilité forte, capital naturel et capital construit ne sont pas parfaitement substituables, de sorte que certaines actions humaines aboutissent à des irréversibilités au sein du capital naturel. Pour les tenants de la durabilité faible, en revanche, il est pour ainsi dire toujours approprié de chercher des solutions techniques dites « propres » ou « vertes » afin de remplacer certaines ressources naturelles ou pour restaurer l'environnement. Toutefois, on ne peut se satisfaire de deux visions diamétralement opposées, pas

2. Nelson (2009).

3. Rees, Wackernagel et Testemale (1995).

plus qu'on ne peut trancher entre les deux : alors que la durabilité faible n'accorde aucune valeur intrinsèque à l'environnement ou ramène tout à sa valeur d'usage, la durabilité forte cherche à séparer l'humain de la nature pour laisser cette dernière intacte, ce qui est impossible. Une approche harmonieuse de la relation entre l'humain et la nature demeure encore largement à construire.

Des ressources en interaction

La vision écosystémique exige une attention particulière aux interactions entre les éléments d'un biotope, qu'ils soient de type végétal, animal ou climatique. La variation d'un paramètre peut affecter l'équilibre de l'écosystème ainsi que sa biocapacité, donc la satisfaction de certains besoins d'une société. Par exemple, une saison plus chaude en Californie entraîne une demande plus forte en électricité pour la climatisation, mais aussi en eau, pour l'irrigation et pour la consommation : si les fermes utilisent davantage d'eau, le barrage hydroélectrique peinera à répondre à la demande tout comme l'usine de filtration d'eau. Il faut donc ici une solution intégrée afin d'optimiser l'énergie, la nourriture et l'eau. Un autre exemple montre bien l'unité fonctionnelle du bassin versant et l'interdépendance des lieux le constituant. La pollution d'un cours d'eau par un agent toxique non seulement entraîne la non-potabilité de l'eau et la disparition de la faune et de la flore aquatiques, mais elle atteint aussi la faune et la flore aériennes, comme les arbres et les oiseaux, dépendantes de ce cours d'eau.

Ces exemples illustrent bien l'importance de respecter la biocapacité des écosystèmes, d'une part en maintenant les flux de matière et d'énergie qui assurent leur stabilité, mais aussi en limitant les contaminants pouvant compromettre leur intégrité. De plus, dans un contexte de croissance démographique accélérée, la satisfaction des besoins individuels ne peut que diminuer pour une biocapacité donnée.

Or, les changements climatiques vont affecter l'ensemble des écosystèmes, donc la totalité des ressources renouvelables. Certaines populations animales devront migrer afin de contrer une modification de leur habitat, mais certaines espèces végétales ne peuvent tout simplement pas se déplacer et en feront les frais. En affectant les récoltes, on affecte non seulement la production de nourriture, mais aussi la

disponibilité de la biomasse destinée à devenir carburant, comme le bioéthanol produit avec le maïs ou la canne à sucre et le biométhane provenant de diverses matières organiques. De plus, les changements climatiques vont modifier les profils d'ensoleillement et de vent alors que nos installations photovoltaïques et éoliennes ne se déplacent pas aisément. On peut s'attendre aussi à une intensification des phénomènes météorologiques, de sorte que la période de production de ces installations sera plus concentrée, ce qui constitue un défi compte tenu des difficultés de stockage électrique.

Vers des solutions

La mise en application de l'approche intégrée reste toutefois encore limitée. Il faut sortir du cloisonnement des disciplines universitaires et des expertises qui confinent aux solutions étriquées. Par exemple, répondre au défi de nourrir une population de bientôt neuf milliards de personnes ne se limite pas à augmenter la production agricole, mais exige aussi de considérer la sobriété énergétique, de diminuer le gaspillage alimentaire et les effets du transport des aliments. Ainsi, il faut non seulement réduire les effets de notre consommation, mais aussi, comme le propose l'économie circulaire, passer à un modèle de création de valeur positive sur les plans social, économique et environnemental.

Préserver nos ressources non renouvelables

Pierre Baptiste

L'âge du bronze est ainsi nommé parce que, il y a trois mille ans, l'homme a su maîtriser la métallurgie d'un alliage de cuivre et d'étain. Au rythme actuel, dans vingt-cinq ans, l'étain fera l'objet de problèmes d'approvisionnement, et le cuivre suivra une dizaine d'années plus tard ; resteront les stocks extraits. Le pétrole occupe depuis longtemps le devant de la scène, mais les automobiles contiennent plusieurs matériaux beaucoup plus dangereux ; ils ne brûlent pas et ne génèrent pas de gaz à effet de serre (ou indirectement), et pourtant...

La consommation

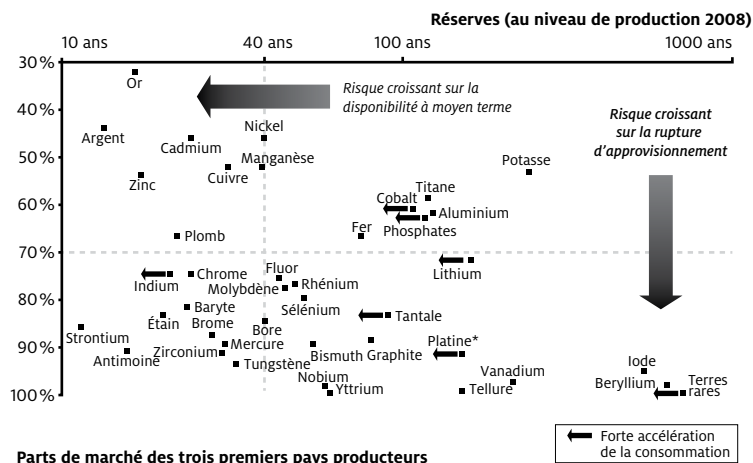
De l'antiquité aux années 1970, l'homme n'a extrait et utilisé qu'une vingtaine de métaux. Depuis les années 1950, leur consommation annuelle s'est multipliée par 20 et plus, particulièrement dans l'industrie du bâtiment, des transports (automobiles, trains, avions) et de l'électroménager. Ils paraissaient inépuisables mais s'avèrent aujourd'hui clairement en quantité limitée. Au moins huit d'entre eux (argent, or, zinc, étain, plomb, cuivre, chrome, mercure) poseront des problèmes d'approvisionnement dans plus ou moins quarante ans, au rythme de la consommation actuelle. En outre, surtout pour l'électronique, on utilise désormais quarante nouveaux métaux (lithium, germanium, tantale, gallium, etc.) majoritairement aussi en quantité limitée.

La disponibilité

La croûte terrestre est composée des différents éléments naturels de la table de Mendeleïev, dont font partie les métaux. Leur abondance se mesure en ppm (particules par million) de la croûte terrestre et varie de plus de 10 000 ppm (plus de 1% de la croûte) pour l'aluminium, le fer ou le titane (un peu moins) à moins de 0,01 ppm pour l'or, le platine ou même 0,001 ppm pour le rhénium (seulement 10 000 tonnes de réserves). Au-delà de ces estimations de volume total, quelle part de ces réserves est effectivement accessible à l'exploitation ? Trois facteurs principaux limitent leur accessibilité : la concentration, la dépendance et la localisation.

La concentration

Un minerai est exploitable si sa concentration en métal dépasse un seuil minimal. Malheureusement, pour presque tous les métaux, seule une infime partie des ressources a une concentration suffisamment élevée pour être exploitée (à la suite de phénomènes naturels géologiques, volcaniques, bactériens, etc.) et l'énorme majorité du métal est dispersée dans des roches à des concentrations beaucoup trop faibles pour en permettre l'exploitation. L'homme s'est d'abord tourné vers les gisements les plus riches et les plus superficiels, si bien que les concentrations des mines ouvertes ne cessent de décroître. Dans les mines, depuis le début du ^{xx}e siècle, la concentration en or a été divisée approximativement

FIGURE 2 La criticité potentielle des ressources minérales

(Bouillon et Havard, *La gestion durable des matières premières minérales*, rapport déposé à l'Assemblée nationale, Paris, 2011, p. 38) * Moyenne : réserves variables pour les différents éléments du groupe. Source : USGS

par 4 et celle en cuivre par 2,5. Cette baisse fait considérablement augmenter les coûts énergétiques d'exploitation (alors que près de 10% de l'énergie primaire est déjà utilisée pour l'extraction et le raffinage des métaux). On trouvera de nouvelles réserves, mais plus difficiles et plus coûteuses à exploiter.

La dépendance

Certains métaux ne se trouvent qu'à l'état de trace dans les minerais d'autres métaux : le rhénium est un coproduit du molybdène, lui-même coproduit du cuivre. Nonobstant leur disponibilité théorique, leur disponibilité pratique dépend de la production du métal hôte et de la volonté d'exploiter les coproduits. Les ordres de grandeur en jeu sont tels que l'on n'augmentera jamais la production du métal hôte pour augmenter celle du coproduit : le marché n'y changera rien. Pour ces métaux,

tous des nouveaux pour l'industrie, on fera face à un problème de contrôle des ressources et de choix des clients, avec son lot de difficultés.

La localisation

Déjà, pour les vingt métaux traditionnels, la localisation des ressources avait entraîné quelques problèmes (ex. : or et argent en Amérique du Sud). Mais les métaux plus récents sont encore plus concentrés dans un nombre restreint de pays, vingt d'entre eux ayant plus de 75 % de leur production concentrée dans trois pays ou moins, dont treize métaux avec 50 % de leur production dans un seul pays (sept en Chine). Le tableau élaboré par Bihouix donne en abscisse les réserves en années et en ordonnée la part détenue par les trois premiers producteurs mondiaux⁴. La zone en bas à gauche met en évidence les problèmes majeurs à court ou à moyen terme. Une expérience récente dans l'exploitation du coltan (minerai de tantale utilisé en électronique) en République démocratique du Congo et le contrôle de la Chine sur l'exportation des terres rares, par exemple, révèlent qu'il peut y avoir là des lieux de tension.

Les solutions

Dans certains cas, la substitution par des ressources renouvelables sera possible, mais pas pour tous les usages. Certains pays réagissent en se procurant des stocks stratégiques de métaux. Ces initiatives individuelles reflètent une pensée à court terme. La première solution serait d'utiliser le plus possible les stocks déjà extraits, en poussant l'économie circulaire à son extrême (comme pour l'or dont on estime que 90 % du volume extrait depuis l'antiquité est encore disponible). Cela implique de limiter maximale-ment les usages dispersifs (pigments de peinture, traitements de surface, traitements agricoles, colorants alimentaires, etc.) qui, par essence, sont non circulaires. La seconde piste est de trouver ou d'améliorer les méthodes de séparation des métaux dans les déchets hétérogènes : l'or ou l'indium sont aujourd'hui plus concentrés dans les déchets informatiques que dans les meilleures mines. En troisième lieu, il faut encadrer l'usage et le tri des mélanges (alliages), pour éviter de recycler un alliage en simple aluminium (les

4. Bihouix (2010).

métaux rares étant alors considérés comme des polluants). Réduire la consommation automobile par le recours à des alliages complexes pour alléger les composants est une préoccupation noble, mais on peut obtenir le même résultat en limitant la vitesse et en utilisant des métaux simples qui préservent les ressources⁵. Finalement, il faut arrêter cette course aux *high-tech* qui pousse à concevoir des produits aux limites de leurs capacités en mobilisant des métaux d'une pureté telle qu'ils ne peuvent provenir que d'une production primaire. L'enfouissement, la dispersion, l'utilisation de mélanges (rendant plus difficile la réutilisation) et l'exigence de pureté (rendant plus difficile l'usage de métaux de production secondaire) complexifient la circularité.

Lutter contre la volatilité et l'accroissement du coût des matières premières

Bernard Sinclair-Desagné

En 2010, la Chine réduisait abruptement ses quotas d'exportation de terres rares, provoquant ainsi une pénurie dans le monde entier et une hausse spectaculaire du prix de ces métaux. Selon le National Center for Policy Analysis, un groupe de réflexion américain, la Chine contrôle 95 % de la production des terres rares et détient plus de la moitié des réserves connues de ces matériaux indispensables aujourd'hui à la fabrication des téléphones intelligents, des véhicules hybrides ou électriques, de certains moteurs d'éoliennes, de certains appareils médicaux et de divers produits électroniques.

Cet épisode n'était que le énième d'une décennie caractérisée par une augmentation sans précédent du prix des matières premières. Dans l'ensemble, entre 2002 et 2010, le prix des ressources naturelles s'est accru de 150 %⁶. En outre, le prix des métaux, comme celui des céréales et d'autres produits agricoles, s'avère plus volatil que jamais.

Il semble bien que cette situation doive perdurer. Si les prix augmentent, c'est que près de trois milliards de personnes sont sur le point

5. Bihouix (2010).

6. Forum économique mondial (2014).

d'accéder finalement à la société de consommation alors que l'offre de plusieurs denrées de base ne suit plus. Quant à la volatilité, elle résulte d'une demande de plus en plus sujette aux humeurs des consommateurs, d'une concurrence accrue entre les producteurs ainsi que des aléas de l'approvisionnement liés à la raréfaction des ressources et aux facteurs géopolitiques (comme l'illustre le cas des terres rares).

Dans ce contexte, les entreprises disposent de trois solutions possibles : trouver de nouveaux gisements, recourir à des substituts ou récupérer et conserver les ressources déjà mises en œuvre. Ces trois voies ne sont pas mutuellement exclusives, mais c'est la dernière qui apparaît actuellement comme la plus sensée.

La hausse des prix relance naturellement l'exploration de nouvelles ressources. Mais le coût de cette activité croît avec la rareté, l'exploitation des nouveaux sites coûte très cher et la découverte de sites prometteurs est par ailleurs soumise à de nombreux aléas, dont ceux de la géopolitique. L'exploitation plus onéreuse de certaines ressources encourage aussi, bien sûr, l'emploi de substituts qu'on considérerait autrement comme non rentables. Dans certains cas, toutefois, comme celui des terres rares, il n'existe pas d'alternative à l'heure actuelle. Il s'en présentera sans doute (grâce notamment aux nanotechnologies), mais l'incertitude demeure et ne devrait pas s'estomper dans l'immédiat.

Pour la plupart des entreprises, il faut donc en priorité chercher à maintenir le plus possible à son niveau actuel le stock de ressources existant. Cette avenue est précisément celle de l'économie circulaire qui, en théorie, propose des notions relativement simples. En pratique, toutefois, les défis d'implantation sont nombreux. Il faut mobiliser de nombreux acteurs dispersés le long de chaînes de valeur souvent longues et complexes, ce qui exigera des mesures coordonnées des firmes, des gouvernements locaux et nationaux, voire de la société civile⁷. Il faut aussi accroître significativement les capacités des filières traditionnelles du recyclage et du réusinage, ce qui passe souvent par la réorganisation des marchés⁸. Quoi qu'il en soit, les choses changent petit à petit ; tant que la vérité des prix continuera de prévaloir – on peut espérer que les décideurs politiques ne céderont pas à la tentation de

7. Sinclair-Desgagné (2013).

8. Bernard (2011).

subventionner l'inertie plutôt que le changement – la recherche appliquée, les motivations des agents économiques et le marché devraient apporter à court et à moyen termes les remèdes qui s'imposent.

Mettre un frein à la pollution

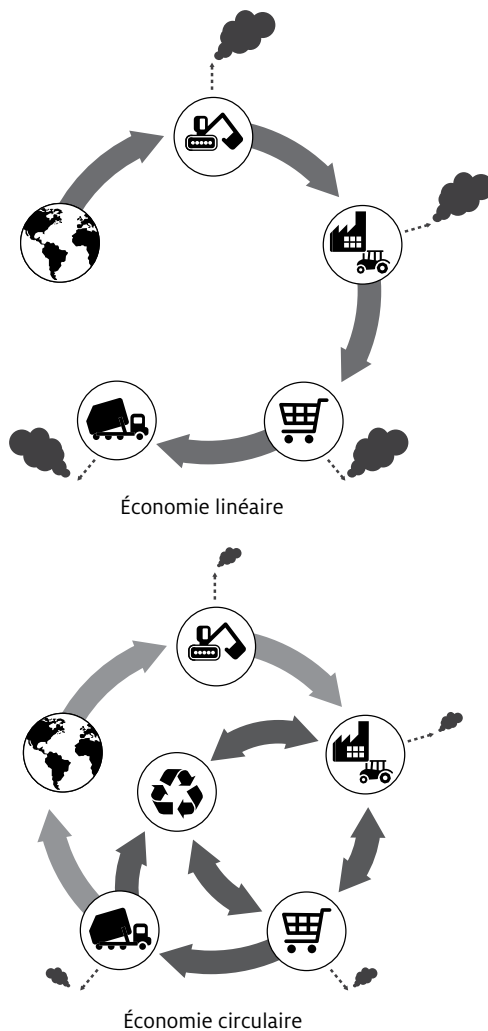
Sébastien Sauvé

La dégradation anthropogénique de l'environnement est intimement liée à la pollution, et cette dernière est fort probablement à l'origine même du mouvement environnemental amorcé par Rachel Carson avec la prise de conscience que les pesticides pouvaient tuer les oiseaux, comme l'évoquait le titre de son fameux livre *Silent Spring*⁹. On considère que les composés chimiques qui apparaissent dans l'environnement à des concentrations supérieures aux valeurs reconnues comme « normales » sont donc des contaminants qui ne devraient pas s'y retrouver. Les contaminants présents à des concentrations qui dépassent les seuils produisant des effets néfastes sur la faune, la flore, les micro-organismes, l'environnement en général sont considérés comme des polluants. Par analogie, un « contaminant » est donc un élément qui ne devrait pas se trouver là – avec ou sans effets reconnus – alors qu'un « polluant » ne doit certainement pas s'y trouver et possède en plus des effets néfastes reconnus. Un site pollué est par conséquent un site où les concentrations des contaminants sont tellement élevées qu'ils sont considérés comme des polluants causant des effets néfastes.

L'économie circulaire cherche à minimiser les contaminants et à éliminer la pollution. Elle agit en ce sens en fermant les cycles. Elle vise à s'assurer que les produits sont non toxiques, qu'ils ont la plus longue vie possible et, qu'en fin de vie, ces produits et les matériaux qui les composent reviennent en début de cycle pour servir à la fabrication de nouveaux biens. Dans le cas des produits de courte vie, tels les produits d'hygiène, il s'agit de pouvoir les retourner en toute sûreté à la terre, en enrichissant cette dernière, non sans en avoir extrait des molécules utiles ou de l'énergie. Cette stratégie de boucles fermées permet ainsi

9. Carson (2002).

FIGURE 3 Comparaison des émissions de contaminants entre l'économie linéaire et l'économie circulaire



(Sauvé, Bernard et Sloan, 2015)

de minimiser les déchets et de réduire l'apport de ressources naturelles vierges qui devraient autrement être extraites avec des répercussions environnementales importantes et, forcément, une émission de contaminants et une pollution associées.

Dans la mise en œuvre de cette boucle « extraction – production – usage – valorisation », il faut s'assurer de minimiser les rejets de contaminants à chacune des étapes. La figure ci-contre illustre les émissions de contaminants à chaque étape du processus en établissant le contraste entre l'économie linéaire et l'économie circulaire.

On note la différence entre les gros nuages de pollution de l'économie linéaire et les petits nuages de contaminants de l'économie circulaire. On note également l'absence d'enfouissement des déchets dans l'économie circulaire et la boucle vertueuse représentant la réutilisation, le recyclage, le compostage ou toute autre activité qui permet le maintien des produits et matériaux en boucles fermées.

Toutes les activités liées à l'économie circulaire qui visent la réutilisation, le partage de ressources, la valorisation d'une meilleure durabilité ou d'un allongement de la durée d'usage des produits permettent ainsi de réduire l'effet de la contamination liée à l'extraction et à la transformation des matières premières pour la production de nouveaux biens.

Dans une économie circulaire, on évitera absolument de mélanger les matières, pour ainsi valoriser les résidus de nature organique par méthanisation et compostage en vue d'un retour aux sols et d'une utilisation judicieuse en agriculture. Pour une valorisation agricole, toutefois, les produits chimiques de synthèse – qui sont persistants dans l'environnement ou par des éléments traces qui ne se dégradent pas (plomb, cuivre, cadmium, mercure, arsenic, etc.) – ne doivent pas contaminer les résidus organiques. Il importe donc particulièrement de s'assurer que la filière technologique qui utilise et produit cette contamination chimique fonctionne en cycle fermé sans contact avec les autres résidus organiques qu'elle contaminerait et qu'il serait ainsi plus difficile de valoriser par un retour à la terre.

On aura aussi nécessairement recours à l'avis des experts combiné à une analyse de cycle de vie pour tenter de départager les cas plus complexes. Savoir d'avance, par exemple, si, d'un point de vue environnemental, il est avantageux de polluer un peu plus pour produire un objet

qui aura une durée de vie plus longue, d'utiliser des matériaux ayant généré moins de répercussions pour leur fabrication, mais plus difficiles à recycler en fin de vie, ou l'inverse. Comment faire la part des choses entre une réduction de gaz à effet de serre et une augmentation plus ou moins importante de certains types de perturbateurs endocriniens, une contribution à la résistance aux antibiotiques ou un risque soupçonné de cancérogénicité ? La science ne peut seule répondre à ces questions qui reflètent des décisions sociopolitiques.

La problématique des sacs de plastique est éloquent à cet égard. Leur usage est certainement à éviter puisqu'il génère des microplastiques polluants qui s'accumulent dans les cours d'eau et les océans, avec des effets encore peu documentés sur la faune, la flore et la microbiologie aquatique et marine. Le compostage est un autre exemple intéressant. Quel est le point de bascule au-delà duquel ses bénéfices sont annulés par la production de gaz à effet de serre et autres sous-produits de combustion associés à la collecte des résidus organiques et à leur transport vers la plateforme de compostage ? Les principes de l'économie circulaire disent que cette activité doit s'accomplir à l'intérieur de circuits les plus courts possible, voire à la maison lorsque c'est envisageable, et rappellent que la production de méthane, un gaz très dommageable pour l'environnement, se doit aussi d'être freinée.

Les répercussions environnementales des soins de santé sont aussi très élevées. À l'empreinte environnementale de la production de médicaments et de matériel médical s'ajoutent celle des établissements hospitaliers et de tous les résidus médicamenteux qui se retrouvent dans l'urine des patients et en aval dans les effluents municipaux. Et bien que les individus contrôlent certains paramètres de santé par une saine hygiène de vie, tous subissent les conséquences de la pollution de l'air, de l'eau et de la nourriture. C'est ainsi que la promotion de la bonne santé devient une stratégie d'économie circulaire, qui promeut également l'exercice physique, une bonne alimentation, et une bonne qualité de l'air. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime d'ailleurs que la pollution de l'air en milieu urbain est la cause de 1,3 million de décès annuellement (majoritairement dans des pays en voie de développement). Le cercle est vicieux : l'économie linéaire contribue à polluer l'air et l'eau, et la pollution entraîne divers problèmes de santé dont la guérison s'avère aussi polluante.

Les stratégies de circularité des ressources

L'économie circulaire propose un cadre cohérent de stratégies qui permettent une utilisation optimale des ressources qui circulent dans le marché. La figure 4 illustre comment certaines stratégies peuvent prolonger l'usage d'un produit (ex. : l'entretien, la redistribution), de ses composants (reconditionnement et réusinage) ainsi que des ressources, des molécules et de l'énergie qu'il contient (recyclage, méthanisation et compostage, extraction biochimique).

Bien que la pertinence des stratégies varie en fonction des contextes et des types de ressources, on recommande les « boucles courtes » qui allongent la durée de vie des produits avec le moins de transformation possible, comme leur entretien et leur mutualisation entre plusieurs acteurs¹. À chaque nouvelle boucle de circularité, on tente également d'appliquer une approche de surcyclage (*upcycling*²), qui vise à donner aux produits, aux composants et aux ressources une qualité ou une valeur ajoutée supérieure à son usage précédent.

Cette partie présente individuellement chacune de ces stratégies, en commençant par les boucles les plus courtes. Enfin, en guise d'entrée en matière de la section suivante, on jettera un coup d'œil sur les synergies industrielles, car elles proposent des stratégies de circularité particulières dans un contexte de déploiement spécifique aux parcs industriels.

1. Ce principe est cohérent avec l'approche des 3R-V, qui recommande de respecter la hiérarchie « réduire – réutiliser – recycler – valoriser ». Mais n'oublions pas que l'économie circulaire s'applique également aux ressources comme l'eau et l'énergie, et pas seulement aux matières résiduelles.

2. Reiner Pilz a proposé le terme *upcycling* au milieu des années 1990, par opposition au *downcycling*.

L'entretien et la réparation

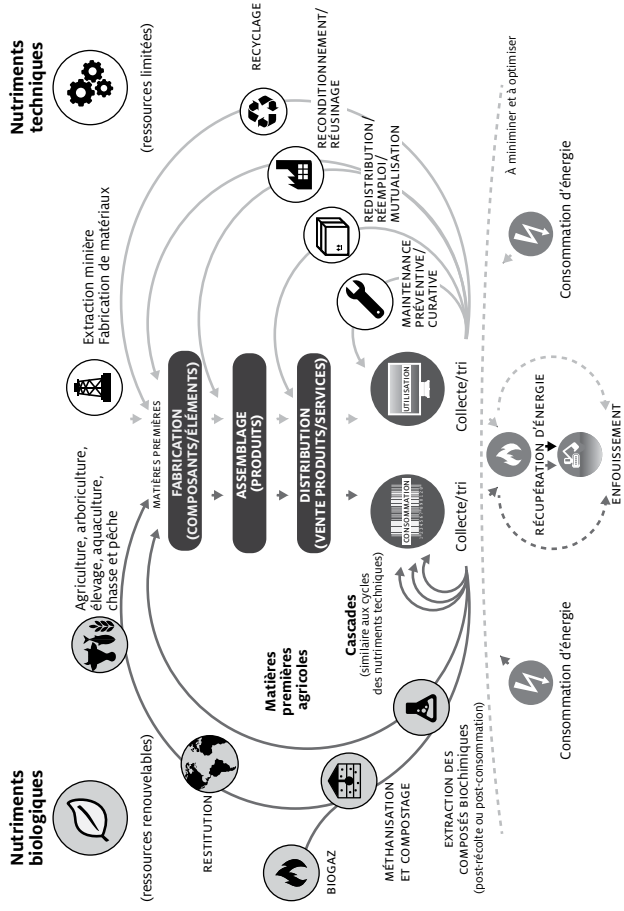
Michel Dagenais

On conçoit souvent les appareils modernes à un prix d'achat minimum, souvent au détriment de la durabilité et de la facilité de réparation. Depuis quelques décennies déjà, lorsqu'un appareil ne fonctionne plus, on décide généralement de le jeter et de le remplacer, plutôt que de le réparer. Hormis les maisons et les voitures, dont le prix est très élevé, il reste peu de choses qu'on fait réparer sans hésiter. Jusque dans les années 1960, le prix des appareils était plus élevé et le coût des réparations l'était moins qu'aujourd'hui, en termes relatifs, si bien qu'on réparait presque tout. Il en est encore ainsi dans les pays en voie d'industrialisation, où le coût relatif de la main-d'œuvre est beaucoup moins élevé et où la débrouillardise ou le recours à des pièces d'occasion permettent de se passer de pièces neuves coûteuses.

Du point de vue du développement durable, la réparation simple d'un objet est vraiment préférable à sa mise au rebut. Pourquoi cette première option apparaît-elle si souvent comme non désirable et non rentable ? Dans certains cas, l'attrait de la nouveauté est malheureusement un facteur. Dans d'autres cas, les progrès technologiques extrêmement rapides, par exemple des ordinateurs portatifs, signifient que le produit à réparer est déjà complètement désuet, parfois après seulement trois ou quatre années d'utilisation. Néanmoins, dans la majorité des cas, la perception du coût et de la difficulté de réparer est en partie faussée. D'une part, on sous-estime le coût de remplacement, car le prix d'achat ne tient souvent pas compte du coût de rebut de l'appareil en fin de vie, comme le recyclage et le traitement des déchets. D'autre part, le coût de réparation est souvent plus élevé qu'il ne le devrait. Puisqu'on effectue peu de réparations, ce marché est moins concurrentiel et moins performant. En outre, l'entreprise qui a fabriqué l'appareil jouit souvent d'un quasi-monopole sur les pièces et sur les ateliers de réparation, ce qui maintient les prix très élevés.

Heureusement, la situation évolue et plusieurs possibilités intéressantes s'offrent maintenant aux consommateurs. Par exemple, le site iFixit.com contient des milliers de guides de réparation gratuits, et tient en parallèle un site bien organisé de vente en ligne de pièces.

FIGURE 4 Schéma de l'économie circulaire de la Fondation Ellen MacArthur



(Graphique adapté par l'Institut de l'économie circulaire et la chaire Business as unusual, 2013)

De la même manière, de nombreux manuels d'entretien et vidéos sur la façon de réparer les appareils courants sont disponibles sur Internet, ces nouveautés concourant à une véritable révolution dans l'accès à la connaissance liée à de telles réparations. Un second phénomène plus récent, qui peut avoir un effet aussi important sur la facilité de réparer les appareils, concerne les progrès technologiques des imprimantes 3D. L'impression 3D est un procédé de fabrication additive où un objet, à partir de son dessin détaillé en 3D, peut être directement fabriqué, sans intervention manuelle, sur un appareil d'impression 3D, typiquement en plastique, mais il est possible de le faire aussi avec de l'acier ou du titane³. Nul besoin d'avoir l'équipement à la maison, on peut faire imprimer des pièces dans certaines bibliothèques comme à Polytechnique Montréal et chez de nombreux fournisseurs sur Internet.

Autre phénomène récent, les *Repair Cafés*⁴ sont des ateliers de réparation ouverts au public, souvent mis de l'avant par des passionnés de technologie rassemblés autour d'un laboratoire de fabrication de type *Fab Lab* ou *MakerSpace*. On y apporte ses appareils à réparer pour rencontrer des experts qui offrent des conseils et parfois un coup de main.

Des actions sont cependant nécessaires pour favoriser la conception et la vente d'appareils plus durables et plus facilement réparables. La Coalition européenne pour les objets réparables demande un cadre législatif visant à garantir la réparation des produits à bas coût afin d'éviter leur gaspillage prématuré⁵. Ce cadre comprend la double exigence de mettre en accès libre la documentation sur l'entretien et la réparation des produits (y compris les outils diagnostiques, les schémas de circuits et le logiciel correspondants) et d'offrir des appareils démontables sans outil spécialisé et dont on pourra remplacer les pièces facilement à prix avantageux.

Rendre disponibles des plans et des logiciels associés aux produits apporterait aussi plus de transparence aux entreprises sur la qualité et les caractéristiques de leurs produits. Plusieurs scandales, ces dernières années, ont mis en lumière – souvent fortuitement, mais généralement

3. Par exemple, le site www.thingiverse.com regorge de plans de pièces de rechange, prêtes à imprimer en 3D.

4. repaircafe.org

5. European coalition for repairable products (2015).

au prix de grands efforts – le fait que des appareils présentaient des failles de sécurité informatique très sérieuses qui menaçaient la protection de la vie privée. Par exemple, certains téléviseurs permettent d’écouter à distance les conversations dans la pièce où se trouve l’appareil. On se souvient de la vive indignation suscitée par le fabricant Volkswagen avec un logiciel utilisé dans les moteurs diesel depuis 2009 pouvant détecter si la voiture est soumise à un test antipollution pour changer, en l’occurrence, son mode d’opération pour être, temporairement, peu performant, mais moins polluant⁶. Si le constructeur, par souci de transparence, avait été contraint à publier le code source du logiciel et à faciliter la réparation de ses véhicules, il est probable qu’il n’aurait pas cherché à frauder les consommateurs.

La rentabilité comparée réparation/remplacement repose sur un autre facteur positif à ne pas négliger : l’implication active du consommateur, qui n’a pas intérêt à remplacer un produit qui fonctionne bien, en courant le risque de se procurer un produit de moins bonne qualité. En outre, avec la documentation adéquate, des listes de problèmes fréquents et même des vidéos montrant comment effectuer l’opération, la réparation lui sera facile, agréable et, parce qu’il redonnera vie à l’appareil, peut-être même gratifiante.

Le réemploi et la redistribution des produits de consommation

Jonathan Deschênes

Il existe une importante économie de l’usage éphémère permettant aux consommateurs de se procurer des produits simples à éliminer après un ou quelques usages. Par exemple, l’entreprise BIC offre un ensemble d’articles (stylos, rasoirs, crayons, briquets, etc.) conçus à usage unique ou restreint et facilement jetables. Cette éphémérité inspire aussi la société Lego : on peut en effet se procurer des constructions uniques (une boîte pour construire le château de la reine des neiges, une autre pour une station de pompiers ou la maison de campagne de Barbie, etc.) qui

6. Bartlett (2015).

comprend un plan précis et des pièces spécifiques. La construction faite, on abandonne aisément le modèle pour acheter de nouvelles constructions. Il en est de même pour le *fast fashion* dans l'industrie de la mode qui produit des vêtements abordables et « tendance », et qui invite les consommateurs à renouveler constamment leur garde-robe.

L'usage éphémère apporte des avantages à l'entreprise par la création d'une valeur économique importante fondée sur l'achat à répétition. On peut toutefois lire cette logique sous un angle critique : ce modèle économique incite surtout à la consommation par un cycle d'achats perpétuels ; il force à accumuler des biens, à s'en débarrasser, ou à les détruire, pour les remplacer par du neuf. De plus, il comporte des coûts environnementaux considérables par la quantité importante de matériaux et d'énergie utilisés dans la production et le remisage des biens.

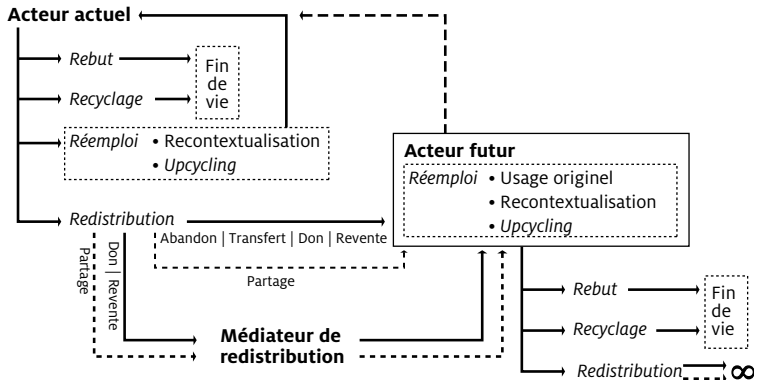
En opposition à cette logique éphémère existe la possibilité d'allonger la durée de vie d'objets de consommation en changeant leur fonction de départ ou leur relation originelle avec un consommateur ou une entreprise. Ces objets sont souvent définis par leur durabilité et, parfois en raison de leur design classique, résistent aux modes et aux époques. Dans cette logique, on repense constamment l'utilité des objets et les relations qu'ils entretiennent avec les consommateurs ou les entreprises se multiplient (un objet peut avoir plusieurs propriétaires qui se succèdent), offrant ainsi à ces objets la possibilité de développer une biographie riche et parfois unique⁷. De nombreux biens peuvent participer à cette économie : équipements électroniques, vêtements, meubles, vaisselle, objets décoratifs, équipements de sport, outils, instruments de musique, bijoux, antiquités, etc.

Deux mécanismes au cœur de la durée

Il existe deux mécanismes stratégiques interreliés permettant de prolonger la durée de vie des produits de consommation : le réemploi et la redistribution (voir figure 5).

Le réemploi désigne l'opération par laquelle un produit est réutilisé, soit par un même acteur qui en modifie l'usage, soit par un autre qui en conserve l'emploi d'origine ou qui en modifie la fonction. Ainsi,

7. Pour plus de détails sur la biographie des objets, consultez Kopytoff (1986).

FIGURE 5 Le cycle intégrateur de réemploi et de redistribution

(Deschênes, 2016)

au lieu de mettre un objet au rebut ou de le recycler (donc de mettre fin à sa vie), on peut l'employer à nouveau : une bouteille de vin vide, par exemple, devient carafe d'eau ou chandelier. Il s'agit en fait de « recontextualisation », ce qui consiste à prendre l'objet tel qu'il est et à lui donner une nouvelle vie grâce à une nouvelle fonction. L'acteur pourrait aussi choisir de modifier le produit ou de l'utiliser en combinaison avec d'autres objets pour lui donner une nouvelle fonction, des bouchons de liège de bouteilles vides servant par exemple à faire une murale décorative ou encore une vieille fenêtre en bois laissée à l'abandon se transformant en miroir ou en cadre. Cette pratique se nomme *l'upcycling*⁸.

Si on ne souhaite ni réemployer un objet ni le jeter ou le recycler, on peut choisir la redistribution, c'est-à-dire la réinsertion d'un bien dans la sphère des échanges, soit par les canaux de l'économie marchande (impliquant une contrepartie monétaire pour l'acquisition ou l'usage du bien), soit dans la sphère sociale non marchande (impliquant un déplacement du bien d'un acteur à l'autre sans contrepartie monétaire).

8. Pour de très intéressantes suggestions d'*upcycling* à la maison, visiter le site : <http://www.virálnova.com/upcycled-products/>.

Cette redistribution entre acteurs est faite de manière directe ou indirecte, la première impliquant un échange entre individus, sans intermédiaire, dans une logique d'abandon du produit, de transfert, de don ou de revente. En effet, un acteur peut dans un premier temps choisir de laisser l'objet à l'abandon, dans un lieu public où il serait possible pour quiconque d'en prendre possession. C'est le cas notamment de meubles laissés au bord de la rue. Existe aussi la possibilité de transférer activement la propriété du bien à une autre personne. C'est le cas, par exemple, de vêtements ou de jouets passés d'un enfant à l'autre dans une même famille, ou d'objets donnés à un voisin ou à un individu dans le besoin (une forme de don). Le don devient officiel, ou ritualisé, par l'héritage, lorsque l'objet revêt une importance significative pour son propriétaire et que ce dernier souhaite préserver son aura en le maintenant dans la famille ou en l'offrant à une personne qui continuera d'en prendre soin. Finalement, un acteur peut choisir de se départir d'un bien par l'entremise de la sphère marchande, c'est-à-dire en demandant une contrepartie monétaire (souvent négociée) pour l'échange du bien. Il pourrait en effet choisir de vendre des jouets, des livres, des meubles à ses voisins ou de participer à des événements publics, comme des ventes-débarras, pour toucher un plus large bassin d'acheteurs potentiels.

Le transfert d'un bien peut se faire aussi de manière indirecte, c'est-à-dire grâce à un agent médiateur permettant l'agrégation d'échanges entre vendeurs et acheteurs qui agit de manière sociale ou marchande. Un agrégateur social est un intermédiaire n'exigeant pas de contrepartie monétaire dans l'exercice de médiation. Sa principale caractéristique, dans cette logique, est centrée sur la mise en relation des acheteurs et des vendeurs. Par exemple, des sites comme [Craigslist.com](https://www.craigslist.com) ou [Kijiji.ca](https://www.kijiji.ca) permettent à des consommateurs d'offrir des biens à vendre et à d'autres d'en acheter sans coût associé à la transaction⁹. Le don de biens à des organismes de charité suit aussi parfois la logique de la médiation sociale. En effet, dans certaines situations, les biens sont

9. Cela étant dit, certains coûts peuvent parfois être exigés pour des fonctions d'attributs d'annonce plus avancés (ex. : « l'annonce en vedette » sur [kijiji.ca](https://www.kijiji.ca)), mais les services de base demeurent gratuits. Ces intermédiaires peuvent aussi parfois générer des revenus autres, par exemple grâce à la publicité.

donnés gracieusement à des organisations de bienfaisance qui les offrent par la suite gratuitement à des bénéficiaires dans le besoin (c'est souvent le cas dans des situations d'aide humanitaire après une catastrophe naturelle). *A contrario*, l'agrégateur marchand exige une compensation monétaire pour soutenir l'échange. Il peut, comme le font lesPAC.com, duproprio.com, offrir à des vendeurs d'annoncer des produits moyennant une somme fondée sur des forfaits de complexité variable. Les organismes sans but lucratif fonctionnent aussi parfois selon la logique marchande. Par exemple, l'Armée du Salut et Renaissance revendent à prix modique, dans leurs boutiques, les biens qui leur sont gracieusement offerts afin d'offrir une gamme d'articles à faible coût à des consommateurs dans le besoin. En dernier lieu, la médiation peut s'effectuer par l'entremise d'une société privée qui acquiert les biens en contrepartie d'une somme monétaire et les revend ensuite à d'autres acteurs. C'est le cas de nombreuses boutiques de livres, de CD ou de DVD usagés, de friperies et de détaillants de voitures d'occasion. On ajoute parfois certains agrégateurs Web à l'offre de ces entreprises. C'est le cas notamment d'Amazon.com, qui permet aux firmes ou aux individus de vendre des produits d'occasion moyennant des frais d'annonce.

Ces formes de redistribution impliquent de se défaire du bien au moment de l'échange (le nouvel acteur devient propriétaire). Un autre phénomène de plus en plus populaire de la redistribution est le partage : seul l'usage du bien est transféré. On peut ainsi prêter un bien ou s'inscrire dans un réseau de partage permettant d'accéder à l'usage d'un bien que possède un groupe ou une entreprise¹⁰.

La relation entre durée et circularité

Ces deux mécanismes supposent fondamentalement la préservation des biens et l'augmentation de leur durée de vie utile. De plus, la redistribution multiplie les relations sociales entre les biens et les personnes et les contextes d'utilisation des biens échangés, ce qui mène en définitive à la maximisation de l'utilisation du bien avant sa mise au rebut ou au recyclage. L'augmentation de la durée de vie et

10. Voir le texte « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

la maximisation de l'utilisation des biens sont des principes clés de l'économie circulaire.

La relation entre durée et circularité a cependant ses limites, car la durabilité d'un bien, son réemploi et son déplacement d'une personne à l'autre ne garantissent en aucun cas la réduction de son empreinte écologique. Un bien peut avoir été fabriqué sans réflexion en matière d'écodesign, que ce soit lors de sa conception ou encore quant aux possibilités de transformation après sa fin de vie¹¹. De plus, le déplacement d'un bien d'un acteur à un autre n'entraîne pas automatiquement une maximisation de son utilisation. Par exemple, on pourrait entreposer ou même oublier un produit redistribué qui ainsi ne serait jamais réutilisé.

La logique de la longue durée, lorsqu'elle est intégrée aux principes de l'économie circulaire, peut être néanmoins très bénéfique pour l'environnement et pour la société. En effet, l'entreprise qui conçoit un produit durable dans le respect de l'écoconception, qui sensibilise le consommateur à l'importance de le préserver en bon état (afin d'en faciliter le réemploi ou la redistribution), qui offre elle-même sa revente à un prix inférieur au produit neuf ou qui élabore des procédés logistiques permettant aux acteurs de le redistribuer par eux-mêmes, contribue à diminuer la mise au rebut, à maximiser la durée de vie utile et l'utilisation, à diminuer la nécessité de production et, d'une certaine façon, à mobiliser l'ensemble des consommateurs. Longue vie aux objets!

L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité

Mélanie McDonald

L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité regroupent une grande variété de stratégies commerciales et de modèles d'échanges permettant de maximiser l'usage des produits en circulation dans le marché. La première repose sur un partage ou une redistribution de produits entre consommateurs, alors que la seconde propose qu'une entreprise conserve la propriété d'un produit, mais en loue l'usage. La

11. Voir le texte « L'écoconception » du présent ouvrage.

diversité des cas qui sont associés à ces termes apporte une richesse au mouvement, mais peut prêter à confusion. Leur classification est d'autant plus difficile dans un contexte où l'on observe un enchevêtrement complexe de modèles, alliant par exemple le don/contre-don entre citoyens, les échanges entre consommateurs fondés sur une plateforme collaborative privée et une variété de stratégies d'affaires entrant dans le prisme de l'économie de fonctionnalité. Par exemple, on pourrait associer Car2go à l'économie de fonctionnalité dans la mesure où l'entreprise demeure propriétaire des véhicules, mais le fait que ces véhicules soient en usage partagé ramène à l'économie collaborative. La Remise combine également plusieurs modèles en proposant à ses membres une bibliothèque virtuelle d'outils obtenus par l'entremise de dons, ainsi qu'un atelier collaboratif et des formations.

Le consensus n'est pas encore au rendez-vous sur la définition de ces concepts, qui eux-mêmes en recourent plusieurs autres. Dans le cas de l'économie collaborative, que certains utilisent comme synonyme d'économie de partage ou de consommation collaborative, on retrouve plusieurs stratégies de redistribution présentées précédemment¹². Certains auteurs, comme Botsman et le Collaborative Lab, proposent une vision plus large de l'économie collaborative en y intégrant la consommation et la production collaboratives, dont fait partie l'économie de fonctionnalité, mais également la finance et l'éducation collaborative¹³. Par ailleurs, on peut rattacher l'économie de la fonctionnalité à celle de service qui regroupe diverses formes de systèmes produit-service. Les logiques qui sous-tendent les modèles d'échanges et d'affaires étant très variées, une classification consensuelle permettrait de les identifier rapidement afin d'éviter la confusion entre les termes, ou encore le rejet du mouvement collaboratif par des acteurs qui ne se reconnaissent pas dans certaines pratiques.

Mais ce débat sémantique n'empêche pas le mouvement de se déployer à toute vitesse à l'échelle internationale. Les études estiment actuellement la valeur du marché de l'économie collaborative à 15 milliards de dollars, valeur qui pourrait atteindre les 335 milliards

12. Voir le texte « Le réemploi et la redistribution des produits de consommation » du présent ouvrage.

13. Bostman (2012).

de dollars d'ici 2025¹⁴. La communauté Ouishare Montréal a recensé, au Québec seulement, plus d'une centaine d'initiatives. Des villes entières, à l'image d'Amsterdam, s'autoproclament désormais *Sharing Cities*.

En parallèle, plusieurs s'étonnent que les organisations n'aient pas davantage déployé le modèle d'économie de fonctionnalité, apparu dans les années 1990. Si l'on en croit les premières études sur le sujet, il serait gagnant sur toute la ligne: fabricants, consommateurs, travailleurs, tous trouveraient leur compte dans ce nouveau modèle qui permettrait de surcroît de limiter considérablement les effets de l'industrie sur l'environnement. Considérée par certains comme une «innovation organisationnelle de rupture», l'économie de fonctionnalité modifie significativement la conception et la gestion du cycle de vie des produits, mais également les relations clients-fournisseurs ainsi que la chaîne de valeur, faisant appel à de nouveaux joueurs pour prendre en charge la réparation, le reconditionnement et l'entretien.

Citons par exemple la société XEROX qui offre à ses clients de payer le nombre de photocopies produites, l'entreprise restant propriétaire de l'équipement et en assurant l'entretien comme la mise à niveau. Puisque 90 % de ses services sont donnés par annuités, cela permet un flux de revenus à long terme. Puisque l'entreprise reste propriétaire des appareils, elle conçoit désormais ces derniers sur un principe de «démontabilité – réparabilité – récupérabilité», de telle sorte que les machines de nouvelle génération intègrent aujourd'hui de 70 % à 90 % des composants des anciennes machines. Cela génère d'importants gains environnementaux et financiers (plus de 250 millions de dollars annuellement). Il en va de même pour Michelin qui, par son programme *Michelin Fleet Solutions*, propose aux propriétaires de flottes de camions lourds d'externaliser le poste «pneumatique» en vendant du kilométrage plutôt que des pneus. Pratt & Whitney Canada, avec son programme *Pay per Hours*, offre diverses options pour ses moteurs d'avion, qui vont jusqu'à la location des moteurs avec service d'entretien.

L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité interpellent de façon différente tous les acteurs de la société, chacun ayant des réalités distinctes. Les différentes formes d'économie collaborative et de fonctionnalité sont révélatrices de leurs positionnements, elles

14. PriceWaterHouse Cooper (2015).

soulèvent des enjeux divers et des questions complexes sur les plans légal, politique, économique, social, culturel et environnemental. Par exemple, en quoi ces modèles modifient-ils les rapports de pouvoir et la redistribution des profits entre les acteurs de la chaîne de valeur ? Est-ce que certains risquent d'accentuer l'écart de richesse sociétal, par exemple en permettant à ceux qui ont la capacité d'acheter des produits de les revendre plutôt que de les donner, comme ils l'auraient fait auparavant ? Quels sont leurs effets en matière de création et de perte d'emplois ? Quels types d'emplois seront créés ? Comment assurer la protection des consommateurs qui se procurent des biens par l'entremise de certaines initiatives d'économie collaborative ? Quelles formes d'économie collaborative et de fonctionnalité peuvent aider à limiter les émissions de gaz à effet de serre ? Est-ce qu'il y a des déplacements d'impact ou des effets rebonds ? Par exemple, si l'économie collaborative permet d'augmenter le pouvoir d'achat des ménages, ces derniers risquent-ils d'augmenter leur consommation ? Dans l'ensemble, ces stratégies de circularité concourent-elles à réduire significativement la quantité de ressources extraites en amont et rejetées en aval ? Quels modèles d'échanges et d'affaires engendrent le plus de richesses et de bénéfices collectivement ? Contribuent-ils au réinvestissement des territoires ?

L'économie collaborative est, pour certains, porteuse d'un véritable projet de société ou, du moins, de débouchés nouveaux en affaires. D'autres sont réticents face à certaines stratégies associées au concept, comme le témoigne la polémique autour des taxis Uber. Certains estiment que l'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité, portées notamment par un climat économique et financier atone, une numérisation de l'économie, un passage d'une culture de consommation de « possession » à une consommation centrée sur l'usage ainsi qu'une raréfaction des ressources naturelles, sont la prémisse d'un véritable changement de paradigme et d'un nouveau cycle économique. D'autres y voient un nouvel épisode d'une vieille histoire, où la tension entre deux formes d'économie présentes depuis l'émergence du capitalisme, à savoir le don/contre-don et l'économie marchande, se poursuit tout en se rejoignant parfois de manière étonnante. Quoi qu'il en soit, devant le déploiement fulgurant de cette nouvelle tendance et les nombreux bénéfices promis par l'économie de la fonctionnalité, il apparaît urgent

d'éclairer les différents acteurs du Québec. Gouvernements, consommateurs, industries, citoyens, syndicats, entreprises d'économie sociale : tous sont concernés par ces bouleversements majeurs de l'économie.

Le reconditionnement et le réusinage

Pierre Baptiste et Christian Mascle

La fabrication d'un produit manufacturier (ou d'un équipement en général) consomme des matières premières, de l'énergie et a un effet environnemental mesurable par l'analyse de cycle de vie (ACV). Le reconditionnement consiste à remettre un produit ou composant à l'état neuf avec une garantie égale ou proche de celle du neuf. Le produit est collecté, transporté, désassemblé, chacun de ses composants est nettoyé et contrôlé, certains changés ou réusinés. Le produit est alors réassemblé, contrôlé et remis en vente sur le marché. En général, sauf si son usage a des effets environnementaux prépondérants et que des progrès technologiques permettent de les réduire, son maintien en activité a moins de répercussions que son renouvellement.

La durée de vie d'une référence de produit (au sens générique) est la période pendant laquelle il est sur le marché, vendu et maintenu par son producteur ou ses détaillants. La durée de vie d'un produit est la durée au-delà de laquelle même sa maintenance ne lui permet plus de fonctionner normalement. On doit distinguer sa durée de vie physique (le produit est usé et non fonctionnel) de sa durée de vie technologique (le produit n'est technologiquement plus adapté). En effet, on ne peut pas considérer de la même manière un conteneur de bateau (évolution technologique lente) et un ordinateur (évolution rapide). On peut reconditionner un produit fini (un avion de chasse, un tank, un photocopieur) lorsque sa durée de vie physique est supérieure à sa durée de vie technologique. On reconditionne un composant lorsque sa durée de vie est inférieure à celle du produit hôte : le reconditionnement intervient dans une opération de maintenance et il concurrence le remplacement à neuf du produit.

L'usinage consiste à obtenir une forme voulue, le plus souvent en enlevant de la matière sur une pièce brute. Par contre, le réusinage doit

être précédé d'un apport de matière. On peut le faire en remplaçant la partie en contact (chemisage d'un cylindre de moteur) ou en rechargeant du métal. Longtemps, l'électrodéposition et le rechargement (apport massif de métal) par soudage et réusinage subséquent étaient les seules technologies possibles pour apporter du métal, mais l'impression 3D métallique offre de nouvelles possibilités¹⁵ de rechargement.

Les possibilités de reconditionnement dépendent beaucoup des filières industrielles considérées. Dans le transport, on reconditionne surtout les équipements lourds ou militaires dont les cycles de vie sont très longs (bateaux, trains, avions, hélicoptères), mais moins les produits finis légers tels que les automobiles (72 millions mondialement produites en 2015). En revanche, les pneus (1,7 milliard mondialement produits en 2015), les moteurs (changement des chemises et segments, réusinage du vilebrequin et changement des coussinets de bielles), les batteries et les alternateurs sont des composants que l'on sait reconditionner. L'augmentation de la durée de vie des moteurs, reçue favorablement du point de vue environnemental, et les bas coûts des pneus font baisser le taux de reconditionnement. Le passage d'une économie de produits à une économie de service est un pas en avant dans la direction de l'économie de fonctionnalité et pourrait changer la donne. Le produit reste alors la propriété du fournisseur qui vend un usage (nombre d'atterrissages pour un avion, kilomètres pour les pneus de gros camions, nombre annuel de photocopies, etc.) et celui-ci se charge donc du cycle de reconditionnement. Par exemple, on reconditionne constamment les moteurs, les pneus et les trains d'atterrissage des avions, ainsi que l'avionique et les moteurs des hélicoptères.

Dans le secteur informatique, il existe aujourd'hui des filières de reconditionnement d'ordinateurs, récupérés principalement chez de gros utilisateurs qui changent leurs équipements avant leur fin de vie physique. Ces équipements sont réintroduits dans le circuit de distribution classique comme des articles d'occasion.

Dans les secteurs de l'énergie, des infrastructures, du traitement des minerais et du bâtiment, la production d'énergie se fait avec des équipements dont les cycles de vie se chiffrent en décennies : c'est un domaine privilégié pour le reconditionnement. On recharge et on

15. Castel (2014).

réusine régulièrement les pales des turbines hydrauliques pour les remettre en état, mais aussi pour optimiser leur productivité en bénéficiant des dernières recherches de l'hydrodynamique. Les dents des broyeurs de minerai sont rechargées et réusinées. Les infrastructures et les bâtiments sont remis à neuf ou en état.

Dans la fabrication des logiciels aussi on commence à parler de réusinage, ce qui est paradoxal puisqu'il s'agit de produits immatériels; cependant, les concepts sont les mêmes.

On connaît bien les freins au reconditionnement: l'obsolescence programmée, soit pour la durée de vie physique du produit (électroménager individuel), soit pour sa durée de vie technologique (électroménager, électronique); l'évolution des normes (l'interdiction des réfrigérants à base de CFC a entraîné le retrait du marché de l'ensemble des vieux réfrigérateurs); l'évolution rapide de la technologie d'intégration électronique liée à l'élaboration de nouveaux logiciels systèmes demandant plus de mémoire. Le consommateur est finalement pris en otage. La psychologie de ce dernier génère un autre frein en ce qu'il perçoit mal le produit manufacturé d'occasion. Il l'assimile à un vieux produit de moindre qualité fonctionnelle, même s'il a une perception diamétralement opposée pour ce qui est des bâtiments, des infrastructures, des générateurs ou des moyens de transport d'énergie.

En somme, l'application du reconditionnement et du réusinage dépend du secteur considéré, de la volonté des manufacturiers et de la psychologie des consommateurs. Pour en faciliter l'application, il faut concevoir les produits en tenant compte des contraintes de leur traitement en fin de vie. Les gains sociaux, environnementaux et économiques sont réels, toutefois il faut réussir à les quantifier.

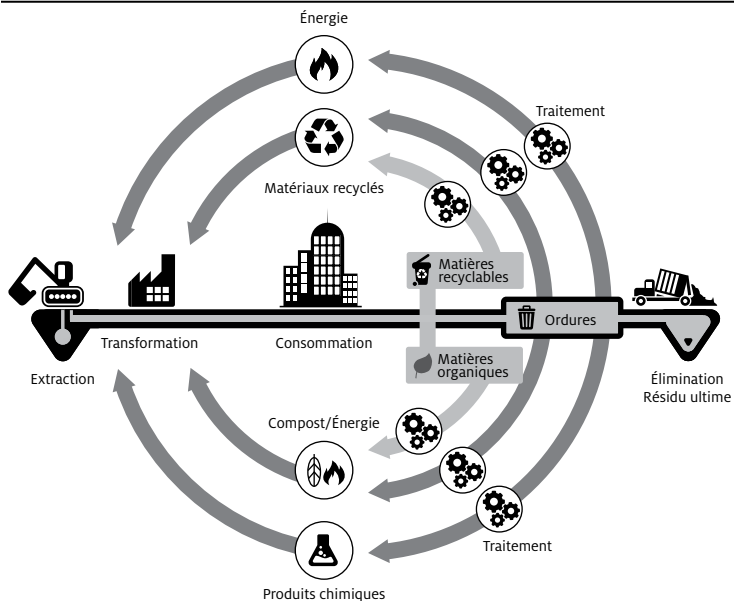
Le recyclage, le compostage et la valorisation énergétique

Robert Legros et Laurent Spreutels

L'économie circulaire repose sur une augmentation importante de la productivité des ressources en circulation et sur la disparition de l'enfouissement des déchets. Dans cette optique, les mesures de réduction,

de réemploi, de reconditionnement et de réusinage des produits permettent d'augmenter leur durée de cycle de vie. Cependant, il existe en général une limite à ce potentiel de prolongation et même, pour certains produits, il n'existe tout simplement pas de possibilité de prolongation. Il faut alors s'efforcer de récupérer les ressources (matière et énergie) contenues dans les produits en fin de vie afin de les réintroduire dans les boucles de valeur de l'économie circulaire (voir figure 6). Le recyclage, y compris organique, permet la recirculation des substances d'intérêt composant les matières résiduelles tandis que la valorisation énergétique permet la récupération de l'énergie contenue dans ces dernières. Ces stratégies de gestion sont décrites avec deux types de matières résiduelles : les produits en plastique et les matières organiques.

FIGURE 6 La recirculation des ressources par recyclage, compostage et valorisation énergétique



(Legros et Spreutels, 2015)

Les produits en plastique

Les produits en plastique sont le plus souvent formés par l'agglomération de petites granules de plastique. Ces granules sont composées de polymères, constitués eux-mêmes de chaînes de monomères. Les monomères sont produits à partir de molécules d'intérêt obtenues en général par raffinage du pétrole (mais aussi parfois par bioextraction à partir de biomasse). Les liaisons existant entre les atomes de ces molécules ainsi qu'entre les monomères renferment des quantités importantes d'énergie qu'il a fallu fournir lors de la transformation du pétrole, lors de la production des monomères et puis des polymères et, finalement, lors de l'assemblage des granules. Le recyclage d'un produit en plastique peut se faire soit mécaniquement, en réduisant le plastique en granules de polymère qui seront utilisées comme matière première pour la production d'autres produits en plastique; soit chimiquement, en induisant une dépolymérisation à l'aide d'un solvant pour récupérer une solution contenant les produits de dépolymérisation qui pourront être réutilisés dans l'industrie chimique en substitution de matières premières fraîches; soit thermiquement, en induisant une dépolymérisation par thermolyse pour récupérer des composés également réutilisables dans l'industrie chimique. Dans les trois cas, le recyclage évite donc de reculer jusqu'à la première phase de traitement du pétrole.

Les grands principes décrits ci-dessus pour le plastique s'appliquent globalement à la plupart des matières résiduelles inorganiques (ex.: verre, métal, asphalte), quoique la nature des agrégats, les liaisons et les contenus énergétiques varient fortement d'un type de matière à l'autre, ce qui implique l'utilisation de procédés de recyclage différents et spécifiques à chaque matière. Lorsque le recyclage n'est pas possible (économiquement ou technologiquement), la priorité pour maximiser la productivité des ressources est de récupérer les molécules d'intérêt grâce à certains procédés thermiques tels que la gazéification ou la pyrolyse, lesquels aboutissent à la production de molécules d'intérêt qu'on peut utiliser pour produire de nouveaux polymères ou encore des carburants de synthèse (gaz, huile) qui remplaceront le pétrole. Enfin, lorsqu'il n'est pas possible de récupérer les ressources sous la forme de matière, il reste à récupérer l'énergie contenue dans le plastique pour la convertir en chaleur ou en électricité. Une telle valorisation

énergétique implique soit la production de combustibles dérivés des déchets par transformation mécanique (ex. : broyage, séparation) ou thermique (ex. : pyrolyse, gazéification), qui seront brûlés dans des chaudières ou dans des fours industriels (ex. : cimenteries) en remplacement de combustibles fossiles (ex. : charbon, mazout, gaz naturel), soit l'incinération de masse avec récupération d'énergie. Même si les technologies de valorisation énergétique ont beaucoup évolué au cours des dernières décennies de sorte qu'on a pu réduire et même bien contrôler leurs rejets dans l'environnement, on devrait toujours envisager cette option en dernier recours. Cependant, tant qu'on n'aura pas optimisé les filières en amont et qu'on n'aura pas surmonté les obstacles technologiques et économiques, la valorisation énergétique restera de vigueur afin de réduire les quantités de matières destinées à l'enfouissement et de maximiser la recirculation des ressources.

Les matières organiques

D'une certaine façon, les matières organiques sont très comparables aux produits en plastique. En effet, elles se composent de longues chaînes moléculaires, obtenues naturellement à partir de molécules d'intérêt présentes dans l'environnement en abondance (ex. : dioxyde de carbone) ou limitées et extraites des sols (ex. : azote, phosphore). Une différence importante par rapport aux produits en plastique réside dans le fait que les plantes produisent cette matière organique de manière renouvelable, en poursuivant un cycle très efficace de recirculation des matières. Cette efficacité diminue fortement lorsque la matière organique n'est pas retournée au sol à la fin de son cycle de vie, car alors les molécules d'intérêt, notamment les éléments nutritifs essentiels extraits des sols qui sont indispensables à la croissance des plantes, se raréfient dans les sols. Pour pallier cet appauvrissement, on utilise des engrais chimiques ; or, ces engrais sont produits à partir de ressources minérales non renouvelables telles que les phosphates ou avec des apports énergétiques substantiels pour les engrais azotés. Les matières organiques contiennent donc, comme les plastiques, des molécules d'intérêt, des éléments essentiels et de l'énergie. Le compostage des matières organiques résiduelles permet de décomposer ces matières en présence d'oxygène pour former du dioxyde de carbone gazeux et pour libérer

les éléments nutritifs qui peuvent ensuite servir de fertilisants. Ces éléments peuvent alors être retournés au sol par épandage pour la valorisation agricole. Il est également possible de récupérer le carbone d'un grand nombre de matières organiques, relâché sous forme de dioxyde de carbone lors du compostage, pour le transformer en molécules d'intérêt. Ce traitement réalisé avant le compostage est appelé digestion anaérobie ou biométhanisation et produit du méthane dénommé biogaz. Le biogaz contient une grande partie de l'énergie présente initialement dans les matières organiques et cette énergie peut alors être convertie en chaleur ou en électricité par combustion du biogaz. Enfin, il est possible de traiter les matières résiduelles organiques par extraction et conversion chimique (ex. : pyrolyse, gazéification) ou biochimique (ex. : bioraffinage) afin de produire des molécules d'intérêt¹⁶.

Les stratégies de gestion des matières résiduelles

Les principes de recyclage, de compostage et de valorisation énergétique ne sont pas nouveaux et ne sont donc pas apparus avec l'économie circulaire. Néanmoins cette dernière devrait permettre d'augmenter significativement les taux de récupération de ressources dans les matières résiduelles. En effet, dans une économie circulaire, les produits sont conçus pour redevenir facilement des ressources à la fin de leur durée de vie. De ce fait, on réduit considérablement les problèmes qui limitent actuellement les rendements de récupération de ressources et qui sont liés à la séparation des matières résiduelles ou à la pureté des matières recyclées. De même, on implante les différentes boucles de recirculation des matières afin d'en minimiser l'étendue, et de favoriser les retombées locales pour la société (ex. : emplois, industries). On conçoit des produits à partir de ressources recyclées, dans la mesure de leur disponibilité, ce qui restreint également la limitation prédominante liée à l'existence et à la pérennité de marchés pour ces ressources. En outre, au lieu d'être considérées comme des déchets inutiles (à incinérer ou à enfouir), les matières résiduelles deviennent des réservoirs de ressources récupérables. Enfin, dans une économie circulaire, les répercussions des activités humaines sur l'environnement sont

16. Voir le texte «L'extraction biochimique» du présent ouvrage.

pleinement prises en compte et leur réduction devient une contrainte de base pour tout développement. On internalise ainsi le coût de ces effets pour l'environnement et la société en guidant les décideurs vers des choix plus éclairés. Par conséquent, l'attrait financier que pouvaient avoir les matières premières « fraîches » est fortement réduit et disparaît dans beaucoup de cas.

En somme, le recyclage, le compostage et la valorisation énergétique sont des stratégies de gestion des matières résiduelles incontournables pour le déploiement d'une économie circulaire, et ce n'est que dans un contexte global d'économie circulaire que ces stratégies pourront atteindre leur plein potentiel.

L'extraction biochimique

Mariya Marinova et Michel Perrier

L'économie circulaire vise à utiliser un approvisionnement en ressources aussi renouvelables que possible et nécessitant un minimum d'intrants de nouveaux réactifs. Dans cet ordre d'idées, les produits de la biomasse peuvent offrir des solutions de rechange aux réactifs issus des ressources fossiles et s'intégrer dans le concept de l'économie circulaire.

L'extraction biochimique peut cibler des productions agricoles spécifiquement consacrées à cet usage en remplacement d'un approvisionnement moins circulaire, mais le gain environnemental et la circularité sont encore plus grands quand on peut exploiter les sous-produits existants pour en extraire des ressources à valeur ajoutée.

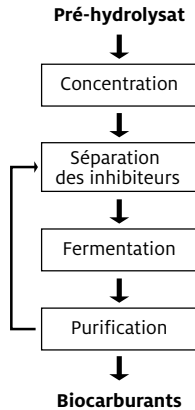
Ainsi, au cours des dernières années, l'exploitation de la biomasse a suscité l'intérêt de la communauté scientifique qui a cherché différentes façons de la valoriser. On peut séparer les constituants de la biomasse et les convertir en biocarburants, produits chimiques ou matériaux biosourcés. On réalise généralement ces opérations dans des installations appelées bioraffineries. En fonction de la biomasse utilisée, on distingue trois types de bioraffineries : les bioraffineries de première génération qui utilisent des ressources agricoles, celles de deuxième génération fondées sur la valorisation de la biomasse lignocellulosique sous forme de résidus agricoles ou forestiers et les bioraffineries de

troisième génération qui utilisent la biomasse algale. Les bioraffineries de première génération sont bien établies. Cependant, leur exploitation a provoqué un débat sur la compétition avec l'alimentation, car des ressources auparavant destinées à l'alimentation ont été redirigées vers la production de biocarburants. Cette polémique a entre autres accéléré l'apparition des bioraffineries de deuxième génération.

Au Canada, la biomasse forestière est une matière première de choix pour les bioraffineries; c'est une ressource abondante et souvent sous-valorisée. L'implantation de la bioraffinerie forestière peut donc être, pour le secteur forestier, un moyen de diversifier son éventail de produits et de générer de nouveaux revenus. Cette possibilité est particulièrement attrayante alors que le secteur traverse une période de précarité économique qui perdure. Les fermetures d'usines non rentables qui se succèdent depuis un certain temps ont des conséquences sociales et économiques négatives sur les petites villes dont l'économie est dépendante de cette industrie. Ces circonstances ont poussé l'industrie à se transformer et permis la mise en place des bioraffineries intégrées, constituées d'unités de bioraffinage implantées sur les sites des usines de production de pâtes et papiers. Les bioraffineries intégrées bénéficient ainsi d'infrastructures en place et dont l'implantation nouvelle serait coûteuse (centrale thermique, réseaux de vapeur et d'eau, services et laboratoires, entrepôts), de l'accès à la matière première, aux entreprises de transformation en aval, de la proximité de fournisseurs et de la disponibilité d'une main-d'œuvre formée et compétente. Le concept de bioraffinerie intégrée est donc très attrayant: il offre un avantage économique considérable par rapport à la création d'installations autonomes qui se spécialisent uniquement dans le bioraffinage. Ainsi, de telles structures s'inscrivent dans le contexte de l'économie circulaire, car elles partagent des ressources énergétiques et matérielles, diminuent leurs rejets et valorisent autant que possible la matière première.

Les bioraffineries intégrées en implantation au Canada sont fondées sur l'extraction des hémicelluloses du bois et sur l'extraction de la lignine à partir de la liqueur noire du procédé Kraft¹⁷. Les hémicelluloses

17. Le procédé Kraft est le procédé de mise en pâte le plus répandu à l'échelle mondiale, qui produit de la pâte utilisée principalement pour la fabrication de

FIGURE 7 Une unité de production de biocarburant

(Marinova et Perrier, 2015)

sont habituellement séparées en tête du procédé Kraft. Cette étape d'extraction s'applique en particulier aux usines qui produisent de la pâte de haute pureté utilisée pour la fabrication de rayonne, de cellophane ou d'acétate, et pour laquelle il existe un marché en expansion dans certains pays en développement¹⁸. Diverses techniques d'extraction peuvent être utilisées (eau chaude, solutions acides ou alcalines); elles permettent d'extraire les hémicelluloses sous forme de sucres à l'état d'agglomérats moléculaires. La concentration des sucres dans les préhydrolysats est souvent assez faible et doit être augmentée pour que les étapes subséquentes de leur conversion en biocarburants et bioproduits soient rentables. On peut transformer les sucres par des procédés chimiques en bioproduits à valeur ajoutée ou les faire fermenter pour produire des biocarburants, tels le butanol et l'éthanol.

Un procédé de production de biocarburants comprend normalement les opérations suivantes : concentration des sucres, élimination

papiers d'écriture et d'impression. Il génère un sous-produit, la liqueur noire, qui contient certains constituants du bois, tels que la lignine.

18. Sixta *et al.* (2013).

des composés toxiques qui réduisent l'activité des micro-organismes, fermentation et purification du produit final. Les étapes principales du procédé sont illustrées à la figure 7. L'élimination des composés toxiques (aussi appelés inhibiteurs) est une étape critique lors de la production de biocarburants par voie biochimique. Les rendements de fermentation obtenus à partir d'un hydrolysats non traité sont assez faibles à cause de la présence de puissants inhibiteurs. Quant à la fermentation, les micro-organismes qui transforment les sucres en bioproduits montrent une préférence pour les sucres de type glucose et sont moins efficaces avec les sucres de type pentose. Ainsi, une usine produisant 700 t/j de pâte soluble peut également produire 60 t/j d'éthanol soit 8,6 % de la quantité de biomasse traitée¹⁹. Il est aussi possible de convertir des hémicelluloses en produits de base appelés « produits plateformes » qui peuvent servir de matière première pour la fabrication de divers produits chimiques actuellement fabriqués à partir de ressources fossiles. L'éthanol, comme on le sait, est mélangé avec l'essence, mais on peut également l'utiliser dans la chaîne de transformation de l'industrie chimique pour la fabrication de divers produits. Par conséquent, la bioraffinerie intégrée peut contribuer à l'essor de l'industrie des pâtes et papiers et au développement durable par la fabrication de bioproduits et la consommation réduite des ressources énergétiques et matérielles.

Les symbioses industrielles

Jean-Marc Frayret

Le concept de symbiose industrielle prend ses racines dans l'analogie fondatrice du domaine de l'écologie industrielle proposée par Frosch et Gallopoulos entre, d'une part, la société industrielle moderne dans son ensemble et, d'autre part, les écosystèmes naturels²⁰. Ces derniers sont des systèmes complexes dynamiques et qui utilisent efficacement la matière et l'énergie dont ils disposent. Les matières qu'ils consomment sont ainsi recyclées, transformées et ultimement réutilisées dans le

19. AJAO (2014).

20. Frosch et Gallopoulos (1989).

cadre d'échanges de matières et d'énergie entre êtres vivants et avec leur environnement.

À l'image de ces systèmes naturels, une symbiose industrielle est une stratégie industrielle collective qui a pour but de transformer le modèle traditionnel linéaire de production et de consommation de biens et de services. Une symbiose industrielle est ainsi un réseau de synergies industrielles sur un territoire au sein desquelles des partenaires, par exemple des industries, des entreprises de services, publiques ou privées, échangent des résidus et coproduits matériels ou énergétiques. Les synergies industrielles sont une forme de partenariat d'affaires profitable qui permet aux entreprises qui les mettent en œuvre de réduire leurs effets environnementaux par le bouclage des flux de matières et d'énergie.

Il existe de très nombreux exemples de synergies industrielles impliquant de la matière ou de l'énergie, comme l'utilisation de pneumatiques usagés dans la production de l'énergie nécessaire à la fabrication du ciment ou la réutilisation de la vapeur de centrale thermique pour le chauffage de procédés industriels ou de collectivités. Certaines synergies industrielles sont très souvent mises en œuvre lorsque les procédés de transport et de traitement des matières ou énergies impliquées sont bien maîtrisés. Parfois, il est nécessaire de mettre au point ces procédés, voire d'impliquer des centres de recherche et de transfert technologique²¹.

En pratique, il existe deux grands types de synergies industrielles. Le premier, appelé synergie de substitution, permet de remplacer l'intrant (matière ou énergie) d'un procédé par un résidu ou un coproduit d'une autre entreprise. Ce type de synergie permet une réduction de la consommation des ressources naturelles. Le second type de synergie industrielle, appelé synergie de mutualisation, rend possible la mise en commun des besoins des organisations dans le but d'optimiser l'utilisation des ressources. Autrement dit, il s'agit de stratégies de collaboration, telles que la consolidation des approvisionnements ou des besoins en distribution afin d'optimiser la logistique de la mise en commun des besoins en services. Ces stratégies de collaboration permettent

21. Par exemple, le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (www.cttei.qc.ca).

d'augmenter l'utilisation des ressources utilisées ou encore le partage d'équipements et de ressources (ex. : covoiturage, partage de palettes de transport). Une synergie de mutualisation peut aussi impliquer la mise en commun et la collecte de résidus industriels.

De la même manière, il existe de nombreux exemples de symbioses industrielles. À la différence des synergies industrielles qu'on peut observer individuellement, une symbiose industrielle implique simultanément la présence de plusieurs synergies industrielles sur un territoire. Le parc éco-industriel de Kalundborg, au Danemark, est l'une des plus connues. Cette symbiose implique plus d'une quinzaine d'entreprises de toutes tailles, des organisations publiques, des fermes locales ainsi que la collectivité, incluant ainsi plus d'une vingtaine de synergies industrielles pour le recyclage, entre autres, de vapeur, de boues de traitement d'eau, de cendres et de soufre, mais aussi pour le partage de ressources, comme le pipeline nécessaire à l'approvisionnement en eau depuis le lac Tissø. Ce parc éco-industriel illustre très bien la façon dont la mise en œuvre de l'analogie de Frosch et Gallopoulos peut mener à la transformation pratique d'un environnement industriel individuel et linéaire en un réseau industriel de boucles de flux de matières et d'énergie.

L'étude de la formation et de l'évolution des symbioses industrielles est un domaine de recherche actif. De nombreux chercheurs ont étudié cet aspect et expliquent que la formation des symbioses industrielles est généralement réalisée selon l'un des trois modes suivants²². Le premier mode de formation considère qu'une symbiose est une structure industrielle qui émerge à partir des réseaux de connaissances des entreprises ou de leurs mises en contact fortuites. Le second mode de formation considère au contraire qu'une symbiose est une structure planifiée dans le cadre d'objectifs particuliers de développement territorial. Entre ces deux modes de formation, le troisième considère qu'une symbiose est une structure industrielle qui émerge de façon facilitée par des organisations, des centres de transfert, des agences de développement économique ou des individus qui contribuent au déploiement de chaque synergie industrielle individuellement, mais

22. Paquin et Howard-Grenville (2012).

sans prendre part directement aux décisions impliquées et sans nécessairement avoir des objectifs précis de croissance.

En somme, les symbioses industrielles sont un des outils de développement durable de l'écologie industrielle qui permet de mettre en pratique certains aspects de l'économie circulaire par le bouclage des flux de matières et d'énergie. Ces structures industrielles rendent possibles, d'une part, la mise au point de boucles de flux de matières et d'énergie au sein de territoires entre des organisations industrielles et de services et, d'autre part, la réduction de la consommation de matières premières naturelles. L'étude de ces structures industrielles est un domaine de recherche actif qui a pour but de comprendre les mécanismes sous-jacents de leur développement et de leur évolution afin de les promouvoir et de les faciliter.

Les modes de déploiement

Cette partie de l'ouvrage amorce la réflexion sur la mise en œuvre de l'économie circulaire. Comme pour tout processus de ce genre, les acteurs impliqués devront hiérarchiser leurs actions en tenant compte à la fois des ressources les plus importantes (pertes majeures, criticité, valeur monétaire ou sociale, etc.), des stratégies de circularité déjà en place et des nouvelles stratégies qui pourraient s'appliquer dans le contexte étudié.

Cette analyse ne saurait livrer de résultats pertinents sans le recours à une approche systémique qui prend en compte tous les flux de ressources circulant au sein d'un réseau d'acteurs et toutes leurs répercussions. Ces systèmes se retrouvent sous différentes formes et s'appliquent à des échelles très variées.

Cette partie présente plusieurs modes de déploiement, qui peuvent d'ailleurs être complémentaires et se renforcer mutuellement. Les quatre premiers textes présentent différents cas de déploiement au sein de filières d'activité. Suivent trois exemples spécifiques à une ressource donnée. Deux modes de déploiement, par filière et par ressource, reposent sur des organisations et des produits – ce que nous verrons au chapitre suivant – et s'ancrent dans un ou plusieurs territoires, sujet de la dernière contribution de cette partie de l'ouvrage.

La filière agroalimentaire

Sébastien Sauvé et Laurent Spreutels

La filière agroalimentaire inclut le secteur de l'agriculture ainsi que celui de la transformation alimentaire. Cette filière peut donc être assimilée à une longue séquence d'activités variées permettant d'extraire des ressources naturelles, de les transformer en aliments et de les distribuer aux consommateurs. Étant donnée la finitude des ressources sur la planète et la démographie croissante amenant une augmentation constante de la demande en aliments, il est incontournable, dans un contexte d'économie circulaire, de convertir cette séquence linéaire en un vaste réseau d'échanges et de boucles de recirculation des ressources. La filière agroalimentaire se prête par ailleurs particulièrement bien au déploiement de plusieurs stratégies de circularité.

L'agriculture

A priori, la révolution verte a mis l'accent sur l'exploitation intensive des terres agricoles. Dans une logique linéaire, la productivité agricole est maximisée par l'utilisation d'engrais chimiques, plus facile et d'absorption plus rapide, en combinaison avec un arsenal continuellement renouvelé de produits agropharmaceutiques de synthèse pour réduire les pertes liées aux insectes, champignons et autres ravageurs ou pour régler des problèmes sanitaires du bétail. À cette maximisation, on a aussi conjugué un travail profond du sol et diverses pratiques agricoles visant à optimiser la récolte en minimisant les frais d'exploitation, par la mécanisation, pour des profits à court terme. Cette conception de l'agriculture fait abstraction de la lourde empreinte environnementale associée à la production alimentaire, qui demeure essentielle et incontournable, mais qui peut certainement être repensée dans une perspective circulaire.

Fondamentalement, l'activité d'une petite ferme qui associe production végétale et élevage animal tout en retournant les nutriments au sol peut certainement être conçue de façon circulaire¹. La circularité exige qu'on minimise les intrants externes non renouvelables, notamment les

1. Burnett (2013).

engrais phosphatés chimiques extraits de mines à ressources limitées ou les engrais azotés chimiques produits avec un apport énergétique important ainsi que les produits agropharmaceutiques.

Les éléments nutritifs essentiels qui ont été retirés du sol doivent y retourner, que ce soit au moyen du fumier animal ou de biosolides municipaux (qui doivent respecter des limites réglementaires sévères pour éviter toute accumulation de contaminants au-dessus des seuils de toxicité) ou encore par l'entremise d'engrais verts (une récolte destinée à être incorporée aux sols). Il faut aussi s'assurer que les pratiques agricoles préservent les sols de l'érosion sous toutes ses formes, mais aussi de la compaction. Il faudrait en outre éviter d'utiliser les engrais dans l'optique d'un rendement maximal : la surabondance d'engrais favorise certainement la croissance des plantes, mais sature les sols de nutriments qui, lors de l'érosion ou du lessivage des sols, contribuent à l'eutrophisation des cours d'eau environnants et contaminent les nappes phréatiques.

Il serait temps de redonner la place à une production agricole fondée sur des principes biologiques, sans engrais chimiques ou pesticides de synthèse, avec rotation des cultures et usage d'engrais verts ou d'origine animale. Une revue de littérature récente² soutient que la diminution de rendement de ce type de production est relativement modeste (environ de 8 à 25 %, mais variant grandement selon le type de culture) et qu'au contraire, elle peut générer de meilleurs rendements en cas de sécheresse. L'usage des pesticides doit aussi être revu dans une perspective d'économie circulaire pour laquelle les bénéfices tiennent compte de la diminution des pertes causées. Ainsi, on doit évaluer les avantages d'une interdiction totale des pesticides en considérant les coûts évités des externalités associées à leur usage. Dans ce cas, l'évaluation est complexe et elle exige d'équilibrer les gains de productivité agricole avec les effets néfastes des pesticides sur des organismes non ciblés particulièrement sensibles, comme les pollinisateurs, les amphibiens ou même les humains.

L'application du concept d'économie circulaire à une évaluation coût-bénéfice requiert donc l'internalisation des externalités causées

2. Reganold et Wachter (2016).

par l'usage des pesticides. Par ailleurs, elle permet de diminuer assez radicalement – ou même d'éliminer – les pratiques nuisibles pour l'environnement et de s'assurer que l'augmentation quantitative des récoltes n'est pas associée à une détérioration de la qualité, à cause par exemple de résidus alimentaires susceptibles d'avoir des répercussions sur la santé humaine. Il s'agit de penser l'agriculture dans une optique d'écosystème et non simplement selon les rendements annuels. La légère diminution de la productivité agricole accompagnant ces pratiques agroenvironnementales est souvent compensée par une augmentation du prix de vente des produits agricoles biologiques. Les pratiques agricoles associées à la culture biologique contribuent à réduire la consommation énergétique et à augmenter les réserves de matière organique (carbone) dans les sols, ce qui peut aider à lutter contre les changements climatiques. Il est donc essentiel d'assurer la valorisation des résidus de l'activité agricole (ex. : méthanisation).

La transformation alimentaire

Beaucoup d'aliments sont transformés au moyen de multiples procédés (ex. : pasteurisation du lait, séchage des céréales, production de jus de fruit, découpage des viandes) avant leur distribution. Ces procédés nécessitent des ressources en eau, en énergie, et occasionnent des rejets et des matières résiduelles. En outre, ils peuvent mener à une dégradation des aliments, ce qui les rend moins performants (ex. : moins de protéines, de vitamines).

Déployer une économie circulaire dans le secteur de la transformation alimentaire implique de minimiser l'apport de ressources dans les procédés : consommer des aliments non transformés est la première étape d'un tel déploiement, pour réduire à la source le besoin en procédés de transformation et par conséquent la consommation de ressources. Il faut aussi optimiser les processus nécessaires : faire autant ou mieux avec moins. Réduire les rejets en recyclant et valoriser les ressources. Dans cette optique, le déploiement de symbioses industrielles peut être très efficace. Enfin, mieux comprendre l'effet des procédés sur la qualité des produits alimentaires permet d'ajuster les conditions de transformation pour minimiser leur dégradation.

La consommation et les résidus alimentaires

Une fois les aliments transformés, ils sont distribués, consommés puis rejetés comme matières résiduelles. On peut optimiser toutes ces étapes et favoriser la promotion des filières d'approvisionnement en circuits courts et de proximité comme une mesure prioritaire puisqu'elle permet de réduire à la source le besoin en transport, en entreposage et en manutention, et par conséquent la consommation de ressources. Le rôle du consommateur est crucial. Il peut adopter de nouvelles habitudes visant, par exemple, la réduction du gaspillage, ou s'inscrire dans des filières d'économie collaborative (ex.: cuisines communautaires, déchéatarisme [*dumpster diving*]). Finalement, les matières alimentaires résiduelles doivent être réintégrées aux ressources qu'elles contiennent dans les boucles de valeur de l'économie circulaire par le compostage, la valorisation énergétique, ou tout autre moyen semblable.

La filière forestière

Mariya Marinova et Jean Paris

La forêt peut être une abondante ressource renouvelable à condition d'être gérée de façon responsable: la quantité de la biomasse récoltée doit alors être inférieure, ou au plus égale, à la quantité de biomasse produite pendant la même période, ce qui est le cas au Canada. La transformation du bois s'étend traditionnellement sur deux principaux domaines:

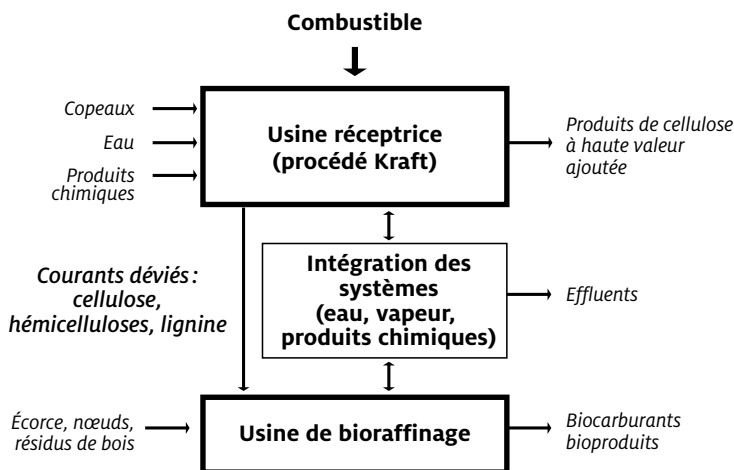
- la fabrication des produits en bois solide: planches, madriers, contreplaqués, panneaux structuraux, éléments préfabriqués (plinthes, rampes...), meubles, palettes et caissiers;
- la fabrication des pâtes de bois et des produits dérivés: la pâte de bois est une suspension aqueuse diluée de fibres cellulosiques, obtenue par désintégration du bois au moyen de divers traitements chimiques ou mécaniques. Elle constitue la matière première d'une très large gamme de produits papetiers comme le papier journal et à écrire, les cartons et les emballages et de nombreux produits d'usage ménager et personnel. Le papier est aussi un constituant des matériaux de construction (isolants) et industriels (filtres). On

utilise une pâte de bois de haute pureté pour fabriquer la viscosse et ses produits dérivés, dont la rayonne.

L'essor fulgurant de la communication électronique a provoqué le déclin de la demande en papier journal et papiers d'écriture et d'impression. Pour contrer cette tendance lourde, l'industrie s'est tournée vers la conversion des constituants du bois en biocarburants et bioproduits, jusqu'à présent fabriqués exclusivement à partir du pétrole. Cette nouvelle voie, le bioraffinage forestier intégré aux installations papetières, pourrait ouvrir une nouvelle ère de prospérité dans cette industrie importante qui emploie au Canada 320 000 personnes (emplois directs et indirects) et qui génère un chiffre d'affaires de 20 millions de dollars³.

La bioraffinerie forestière intégrée (BRFI) est un excellent exemple d'économie circulaire, qui utilise deux procédés complémentaires : le procédé papetier récepteur et celui de conversion de la biomasse, qui partagent sur un même site la matière première et l'énergie. L'alimentation du procédé de conversion est une fraction d'un flux

FIGURE 8 Une bioraffinerie intégrée



(Marinova et Paris, 2015)

3. Ressources naturelles Canada (2014).

du procédé récepteur riche en un des trois constituants du bois qu'on peut transformer en biocombustibles et bioproduits à valeur ajoutée (figure 8). Ces constituants sont la cellulose, un polymère du glucose, la lignine, un polymère phénolique de structure tridimensionnelle et les hémicelluloses, des polymères de sucres à cinq et six atomes de carbone. La cellulose est le principal constituant du papier; la lignine et les hémicelluloses, des sous-produits de la fabrication du papier, sont généralement brûlées pour produire de l'énergie ou envoyées au système de traitement des eaux.

L'unité de conversion de la biomasse reçoit en outre du procédé papetier récepteur des utilitaires, tels que la vapeur et l'eau, et renvoie des effluents que le procédé récepteur peut utiliser. Ces échanges pourraient créer une surcharge excessive dans le réseau de production et de distribution d'utilitaires du procédé récepteur. Pour éviter cet obstacle, il est primordial que le procédé récepteur et l'unité de conversion de la biomasse soient intégrés et parallèlement amenés à un degré élevé d'efficacité énergétique et matérielle. Une méthodologie d'analyse et d'intensification de l'efficacité énergétique des procédés types papetiers a été élaborée à cet effet et validée par application à des cas réels⁴.

La filière aéronautique

Pierre Baptiste et Christian Mascle

L'économie circulaire vise notamment à réutiliser le produit ou ses sous-assemblages, composants ou matériaux issus de sa fin de vie dans la production de nouveaux objets, si possible dans la même filière. Dans l'aéronautique, plusieurs éléments importants décident de ce qui peut être fait ou non dans la logique circulaire.

- Des échelles de temps. Il peut se passer plus d'un demi-siècle entre la conception d'un aéronef et sa fin de vie (habituellement, la conception d'un modèle prend dix ans, on le vend pendant plus de vingt ans; un hélicoptère peut durer pendant quarante ans, un avion pressurisé, vingt. Entre-temps, les matériaux et les normes évoluent.

4. Kesthtkar *et al.* (2015).

- Des règles d'accréditation et de normalisation très strictes. Ceux qui interviennent sur des composants ont tous une formation certifiée et les procédures de démontage, d'entretien et de remise à niveau sont publiques et respectées.
- Des répercussions d'usage qui dominent largement les répercussions de conception et de fabrication. Il est souvent nécessaire de modifier un équipement opérationnel pour améliorer ses performances environnementales.
- Plusieurs composants essentiels des aéronefs (en particulier les moteurs et les trains d'atterrissage) sont la propriété des sous-traitants qui les fabriquent.
- Une très faible part de l'usage mondial des matériaux (exception faite du rhénium).

D'un aéronef en fin de vie réelle, quelquefois cinquante ans après sa conception, il est assez difficile de réutiliser les composants restants et les divers matériaux. S'il ne finit pas sa vie stocké dans le désert (en Arizona essentiellement), il entrera probablement dans les filières de récupération standards – ce qui fonctionne très bien pour le cuivre, par exemple –, sauf pour quelques-unes de ses parties en alliage spécial (en particulier l'alliage de rhénium dans les moteurs). Il existe un marché très structuré et sûr de composants d'occasion ; si l'avion a une longue durée de vie, certains de ses composants clés, comme les moteurs, peuvent subir des modifications importantes pour suivre l'évolution des normes environnementales, par exemple.

En aéronautique, la circularité se vit donc plus sur les composants que sur la fin de vie du produit lui-même. L'avenir devrait permettre de récupérer d'autres alliages, en particulier ceux des pièces de structure ou de voilure. Des projets comme PAMELA⁵ en France ou certains projets du CRIAQ⁶ dont le ENV-412⁷ au Québec vont dans ce sens. Rappelons que dans les nouveaux avions, l'utilisation de fibres de carbone dégage des économies par rapport aux alliages d'aluminium beaucoup plus lourds. Ces composites diminuent considérablement les répercussions environnementales de l'avion, mais tout autant son

5. Process for Advanced Management of End-of-Life of Aircraft.

6. Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale du Québec.

7. Environnement-412.

potentiel de circularité. Tout ceci annonce des arbitrages intéressants et des recherches en perspective pour le recyclage des fibres.

La filière textile

Denyse Roy

L'industrie textile québécoise, de même que celle de plusieurs pays occidentaux, a perdu des secteurs complets de production et d'étapes de transformation. Le territoire québécois ne produisant aucune fibre en quantité industrielle, il a fallu donner aux matériaux mis au rebut la valeur de gisement potentiel. Les centres de tri spécialisés dans les textiles estiment souvent injuste le fait d'avoir à « payer » pour faire enfouir un pourcentage élevé de produits textiles non utilisables dans la suite classique des 3R.

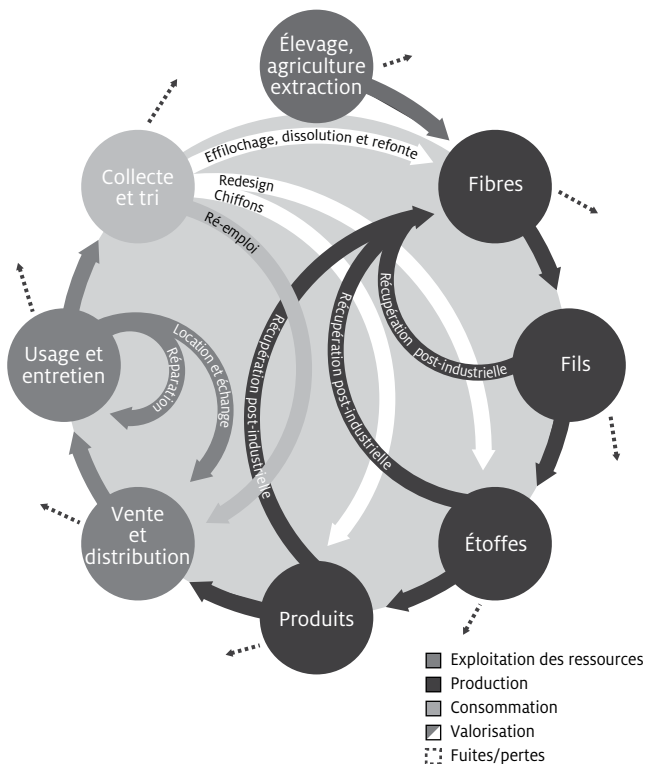
Dans cette filière, l'approche en économie circulaire s'exprime non seulement par les pratiques déjà établies du réemploi et du *redesign*, mais aussi par la renaissance de savoir-faire économiques, comme la remise en état. De grandes marques explorent sérieusement le concept de fluidité de la propriété, par exemple la location de vêtements événementiels, pour alléger le poids de production à partir de nouveaux matériaux. Déjà, on redirige des fibres textiles récupérées vers l'industrie des isolants en architecture. Par la voie chimique, on peut repolymériser le polyester et le nylon 6 (caprolactame) postusage ainsi que, plus récemment, le coton solubilisé⁸. Quelques centres mondiaux se penchent sur ces diverses applications de l'économie circulaire dans les textiles, le groupe néerlandais Circle Economy offrant en la matière un programme visionnaire⁹.

L'économie circulaire ouvre aussi la porte aux écodesigns pour intervenir à diverses étapes de la vie des produits, en utilisant la matière récupérée comme matière première. Le laboratoire de Méta-textiles de l'Université de Montréal cherche à créer des matériaux textiles recyclés au cycle de vie le plus long possible.

8. Voir l'exemple de renewcell : <http://renewcell.se/>.

9. Voir l'exemple du programme textile de Circle Economy : <http://www.circle-economy.com/projects/sector/circular-textiles-program-2/>.

FIGURE 9 Les stratégies d'économie circulaire dans le cycle de vie des produits textiles



(Mercier, 2016)

Les centres de tri identifient déjà plus de seize catégories de produits textiles « mal-aimés » qui vont directement à la décharge. Depuis 2010, on étudie l'un de ces sous-groupes, les « tricots acryliques multicolores », pour fabriquer des feutres à couleurs autogènes. On a donc défilé et feutré les chandails triés chromatiquement et industriellement en seize teintes, sans addition de colorants. CHRROMA a

ciblé trois couleurs stratégiques de matériaux, qu'exploite la compagnie Tangible. D'autres « mal-aimés », comme les lainages, ont servi dans une approche plus manuelle, mais toujours industrialisable, à la création d'une collection d'articles d'intérieur (OVIN), et pourraient en plus soutenir des ateliers d'insertion sociale.

Une exploration de rebuts textiles dans un centre de tri, fondée sur des propriétés perceptibles (attrait de la couleur, hygroscopicité, etc.), a permis de relever des données *in situ* sur les autres catégories de « mal-aimés » enfouis. Cette caractérisation ouvre des voies de design de produits textiles « à valeur ajoutée » par les propriétés physico-chimiques recherchées. L'étude s'étend aussi aux opérations et technologies automatisées du tri, déjà exploitées pour d'autres matières, afin d'accélérer le repérage de sous-groupes textiles à transformer.

À cause de l'extrême diversité du secteur textile, l'économie circulaire doit prendre appui sur une exploitation ciblée par segments de matière reconnus comme utiles et désirables. L'expérience et les succès de ces recherches en design industriel permettent d'espérer, en regard des variations des coûts de revient internationaux, le retour de la filature, du tissage et du tricot de haute qualité au Québec pour une nouvelle industrie textile.

La ressource énergétique

Pierre-Olivier Pineau

Avec l'apparition des formes d'énergie moderne, les systèmes énergétiques mondiaux sont devenus essentiellement linéaires : extraction (charbon, pétrole, gaz naturel et uranium), transformation, combustion et rejet dans l'atmosphère de gaz (CO_2 , NO_x , SO_2) et de particules fines, ou enfouissement (cendres de la combustion du charbon et déchets nucléaires). Cette approche a été adoptée à cause des bénéfices immédiats qu'on en retire. La capacité de travail a ainsi été décuplée, ce qui explique presque complètement notre niveau de vie actuel. Il aurait été impossible, en effet, de construire et de faire fonctionner nos bâtiments, usines et véhicules sans compter sur les formes d'énergie connues : très denses, facilement accessibles et à faible coût d'extraction.

Malheureusement, cette organisation des systèmes énergétiques cause des problèmes fondamentaux : outre l'épuisement des ressources, qui nous oblige à tout le moins à produire des hydrocarbures dans des conditions de plus en plus complexes et coûteuses en effets environnementaux et économiques, la gestion des déchets énergétiques menace le fonctionnement même de nos sociétés. Les changements climatiques, en grande partie induits par l'accumulation dans l'atmosphère du CO₂ issu de la combustion des énergies fossiles, vont bouleverser les sociétés humaines, dans une mesure qui dépendra de notre capacité à retourner vers des systèmes énergétiques circulaires.

Historiquement, les humains ont exploité de tels systèmes : l'utilisation de la biomasse (essentiellement le bois), l'emploi de la force animale (pour la traction et le transport) et l'agriculture (transformant l'énergie solaire en énergie alimentaire) s'inséraient dans des cycles naturels qui suivaient en fait les principes de l'économie circulaire. L'hydroélectricité repose aussi sur un cycle naturel, celui de l'eau (évaporation – précipitation), et permet de produire de grandes quantités d'énergie sans générer de déchets problématiques. Le défi est d'élaborer des systèmes énergétiques plus circulaires, non pas en revenant à des modèles de circularité passés, mais en utilisant la technologie moderne pour récolter l'énergie circulant naturellement dans notre environnement. Les sources sont multiples : le vent, les courants, les mers, la géothermie et l'énergie que l'on pourrait produire en plus grande quantité tirée de la biomasse et des matières résiduelles commerciales et résidentielles. Les désavantages comparatifs de ces énergies tenaient en général à leur faible densité et à leur intermittence. Cela les rendait moins rentables à cause des coûts importants pour les récolter et les libérer au moment opportun. La technologie permet cependant maintenant de surmonter ces obstacles : produire et stocker ces énergies coûte de moins en moins cher.

Il ne suffit pas cependant de substituer de telles sources de production aux énergies linéaires (fossiles et nucléaires). Il faut aussi, et de manière prioritaire, réduire sa consommation en adoptant des comportements plus sobres, des bâtiments mieux conçus, des systèmes de transport plus efficaces, des industries mieux organisées en écosystèmes (notamment pour valoriser les multiples pertes de chaleur industrielles). Après trois siècles de systèmes énergétiques non

circulaires, fondés sur les énergies fossiles, une seule exception sera acceptable à notre échelle: l'énergie solaire. Celle-ci n'est en effet pas circulaire: rien ne retourne au soleil! Mais son utilisation, avec celle des énergies circulaires, ne mettra pas en danger notre équilibre planétaire.

La ressource hydrique

Sébastien Sauvé et Yves Comeau

L'eau représente un cas de figure particulier pour illustrer l'économie circulaire. On pourrait la considérer comme un exemple parfait de circularité, cette eau qui s'évapore et qui retombe sous forme de pluie dans un cycle infini. Cela dit, 97,3 % de l'eau sur Terre se trouve dans les océans, la majorité du reste est piégée dans les glaciers (pour le moment!); la fraction d'eau douce en surface ou souterraine ne représente ainsi que 0,1 % de toute l'eau présente sur la planète. C'est donc une ressource renouvelable à l'infini dans la mesure assez limitative où notre consommation d'eau douce ne dépasse pas la capacité de la planète à en fournir. Si on n'utilisait qu'une petite fraction de l'eau de surface et que l'on retournerait l'eau usée sans la contaminer pour réduire ses usages ou éviter qu'elle ne cause d'autres effets environnementaux, on serait effectivement dans une boucle positive sans souci à l'horizon. Malheureusement, la plupart du temps, l'eau consommée retourne dans les cours d'eau contaminée et provient, trop souvent, de sources peu ou très peu renouvelables (certains réservoirs d'eau souterraine sont parfois utilisés beaucoup plus rapidement que le taux de régénération, qui est parfois même nul pour des nappes d'origine glaciaire ou des nappes fossiles en zone désertique). C'est donc dire que tous les systèmes agricoles et urbains qui dépendent de nappes souterraines en surexploitation sont des drames annoncés, dont l'échéance se profile de façon inquiétante.

L'eau est essentielle à la vie et l'accès à l'eau potable est considéré comme un besoin et un droit pour tous. Pourtant, les enjeux de quantité et de qualité de l'eau renferment plusieurs aspects sociopolitiques et économiques. Ses divers usages sont trop souvent associés à une perte ou à une détérioration de sa qualité. Souvent, ils sont en conflit: l'accès

à l'eau potable pour ses besoins physiologiques est simple à reconnaître, par contre, l'accès à l'eau potable pour maintenir une pelouse verte dans le désert ou pour favoriser une agriculture intensive dans des secteurs arides, qu'il vaudrait peut-être mieux ne pas exploiter, soulève la question du partage de la ressource, source grandissante de conflits. On peut chiffrer l'eau et l'intégrer à des bilans, comme le carbone, et ainsi déterminer son empreinte pour plusieurs biens de consommation, laquelle représente le volume d'eau virtuel nécessaire à leur production, ou le volume total d'eau requis. Il faut comprendre que la consommation d'eau ne se limite pas à celle que l'on boit ou que l'on utilise pour divers usages domestiques, mais qu'elle inclut l'empreinte moins visible qui a servi à produire les biens que nous consommons. Par exemple, la culture du café utilise beaucoup d'eau pour l'irrigation nécessaire des caféiers. Ainsi, la production d'une tasse de café aura une empreinte eau d'environ 140 L, le coton et la viande ayant aussi des empreintes eau exceptionnellement élevées¹⁰!

L'autre aspect à considérer est la qualité de l'eau. Non seulement la quantité d'eau douce est souvent limitée dans plusieurs environnements, mais sa qualité laisse encore plus souvent à désirer. Les usines de traitement de l'eau potable doivent redoubler d'efforts pour que les contaminants issus des activités humaines en amont soient retirés à des niveaux suffisants, pour assurer l'innocuité pour la consommation humaine. Le laxisme dans les contrôles de qualité après l'épuration des eaux usées, qui sont insuffisamment ou, trop souvent, à peine traitées avant d'être rejetées dans l'environnement, contribue au problème. De plus, les activités agricoles sont une source importante de pollution reliée aux pertes de fertilisants qui ruissellent dans les cours d'eau et les nappes phréatiques.

Pour changer la perception du problème et favoriser une attitude issue directement de l'économie circulaire, la Water Environment Federation (WEF) et l'International Water Association (IWA) ont carrément choisi de changer la terminologie applicable au traitement des eaux usées. Ainsi, après consultation, on a convenu que les stations d'épuration des eaux usées (*Wastewater Treatment Plants* ou *WWTPs*)

10. Leahy (2014).

seraient maintenant appelées des stations de récupération des ressources de l'eau ou StaRRE (de l'anglais *Water Resource Recovery Facility* ou *WRRF*¹¹). Ce changement de nom est un message très fort qui traduit un changement de paradigme où l'accent est maintenant mis sur la récupération des ressources ajoutées à l'eau pendant son usage avant qu'elle soit rejetée dans le milieu récepteur. Ce mode de pensée reflète très bien l'idéologie de l'économie circulaire.

De façon pratique, l'économie circulaire et la «récupération des ressources de l'eau» vont cibler une rétention de la matière organique et des nutriments présents dans l'eau qui seront concentrés dans les biosolides valorisés en milieu agricole, pour ainsi augmenter la fertilité des sols avec l'amélioration des teneurs de matière organique et des nutriments dans les sols. La valorisation agricole de ces ressources n'est possible que si l'on peut garantir l'innocuité des résidus et assurer aux agriculteurs qu'ils ne vont pas accumuler des contaminants dans leurs terres ou leurs récoltes ou, éventuellement, réduire leur productivité. Pour parvenir à une telle valorisation, il faut obligatoirement contrôler les processus industriels qui ajoutent des contaminants persistants dans les eaux usées. Toute forme de contamination que les traitements de StaRRE ne pourront pas éliminer doit absolument être récupérée à la source en modifiant les procédés industriels ou en intégrant des procédés de récupération chez le pollueur (approche qui a aussi l'avantage de responsabiliser le pollueur).

La Ville de Montréal, par exemple, est forcée d'incinérer ses boues d'épuration parce qu'elles contiennent, entre autres, trop de métaux pour permettre sa valorisation agricole. L'incinération produit un bilan carbone très négatif, avec la consommation de combustibles fossiles pour sécher et brûler des boues qui rejettent encore plus de carbone dans l'atmosphère et génèrent des cendres d'incinération considérées comme des déchets dangereux. Une réduction de la contamination des eaux usées permettrait de réduire les pertes, et la consommation de métaux, par les industries concernées, mais, en plus, ouvrirait la porte à une véritable récupération de la ressource que représentent les boues d'épuration (véritablement du fumier d'origine humaine contenant les

11. Vanrolleghem (2015).

résidus des nutriments consommés par les habitants). Dans une logique circulaire, on veut retourner ces nutriments dans les champs agricoles et ainsi contribuer à la culture des prochaines récoltes. Lorsqu'on examine le cycle de la matière organique et des minéraux, on constate une dégradation croissante de la qualité des sols, que l'ajout d'amendements et de fertilisants chimiques compense en partie. Cela est d'autant plus paradoxal que ces mêmes matières se retrouvent dans les bassins versants, souvent mal captées par les systèmes de traitement des eaux en place (lorsqu'il y en a), ce qui engendre une contamination de nos cours d'eau. Il faut donc empêcher la contamination par les métaux et produits organiques persistants et, ensuite, optimiser les procédés pour maximiser la récupération des nutriments – tout particulièrement le phosphore, l'azote et la matière organique – en vue d'en assurer la circularité avec un juste retour à la terre.

La ressource métallique

Richard Simon

L'exploitation minière est, dans la vaste majorité des cas, la première source pour la production de produits, particulièrement de produits métalliques. La croissance économique élevée de plusieurs pays, notamment les pays émergents du BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud) dans les années 2000, a eu pour conséquence une augmentation spectaculaire de la demande et a généré une augmentation conséquente du prix des métaux sur une courte période. Dans la mesure où la génération d'un nouveau gisement peut prendre plusieurs milliers, voire plusieurs millions d'années, on peut considérer que la quantité de matière première dans la croûte terrestre est définie et limitée. Il devient donc essentiel de maximiser l'utilisation des ressources existantes. De plus, les coûts liés à l'extraction ont également un effet important sur la récupération de la ressource puisque ne sera extrait que le minerai dont la teneur assure un revenu supérieur au coût d'exploitation. Même si le prix de vente augmente substantiellement par la suite, il sera très difficile (voire impossible) techniquement de récupérer cette ressource devenue économiquement rentable. Il y a lieu de trouver par conséquent

de nouvelles stratégies d'économie circulaire permettant de réduire les coûts d'exploitation et de maximiser la récupération de la ressource minérale.

Par ailleurs, l'extraction et la transformation de cette matière première utilisent elles-mêmes une grande quantité de métaux dans les équipements fixes et mobiles, les infrastructures et les fournitures. Dans les mines à ciel ouvert, une grande partie des métaux utilisés pourront être recyclés ou réutilisés. Les infrastructures et les équipements neufs coûtent très cher et il faut parfois attendre des années avant qu'ils soient effectivement mis en place, aussi un marché international important s'est établi pour le matériel d'occasion. Dans les mines souterraines, par contre, une faible part du matériel et des équipements descendus remontera à la surface, et l'essentiel sera abandonné à la fin des opérations d'extraction.

Le partage des connaissances techniques entre les diverses entreprises d'une région minière est généralement très bien implanté, particulièrement dans les domaines de la santé et de la sécurité, de la stabilité des excavations et de la gestion environnementale. En revanche, le partage des ressources physiques (équipements, infrastructures, réserves de pièces de rechange, etc.) est nul ou quasi inexistant. On trouve, dans le monde, de nombreuses régions minières où plusieurs mines peuvent opérer simultanément (par exemple, au Québec, sur la Côte-Nord et en Abitibi). Toutefois, les projets miniers sont toujours élaborés et gérés de façon autonome, ce qui ne permet pas une utilisation maximale des ressources et des infrastructures. Puisque le financement de ces projets est presque exclusivement privé, les entreprises ne sont guère incitées à s'entendre avec leurs concurrentes pour partager les ressources matérielles.

L'expansion mondiale de l'économie circulaire aura, pour certains métaux, une influence sur le prix de vente en remettant en circulation des volumes qui peuvent être importants. L'influence potentielle exigera donc de réduire davantage les coûts de production pour rester concurrentiel et pourrait encourager les alliances stratégiques quant à l'utilisation des ressources en infrastructure et en matériel.

Évidemment, chaque métal comporte ses particularités. Certains, dits de base (fer, aluminium, cuivre, zinc, nickel, plomb), sont utilisés en grandes quantités et présentent un potentiel de recyclage important.

Par contre, d'autres, produits et utilisés en faibles quantités dans des alliages spécialisés, sont moins facilement récupérables et tendent à rendre le recyclage moins concurrentiel par rapport à l'extraction, sauf dans certains cas, comme celui du TA6V, un alliage de titane utilisé dans l'aéronautique.

Le traitement du minerai s'est grandement amélioré dans les dernières décennies, permettant de récupérer et de concentrer une plus grande part du métal contenu dans la roche qu'auparavant. Cependant, les rejets de mines ayant été exploitées avec des technologies moins efficaces peuvent contenir d'intéressantes concentrations en métaux. À l'échelle mondiale, on trouve plusieurs projets d'exploitation de ces rejets miniers. Ce type d'opération est actuellement presque exclusivement concentré sur l'or, mais il serait fort possible de l'envisager pour d'autres métaux de base (cuivre, fer, nickel et zinc) largement exploités depuis le début de l'ère industrielle. Le principal obstacle actuellement à ce type d'opération est la prise en charge légale des problèmes environnementaux légués par ces sites (souvent abandonnés) où les coûts de restauration du site dans son ensemble rendent l'investissement peu rentable.

Du point de vue énergétique, les équipements mobiles utilisés fonctionnent encore majoritairement à l'aide de carburant diesel. On s'est peu penché sur la conception et la production d'équipements électriques répondant aux besoins des opérations minières. Ainsi, malgré des améliorations importantes dans la consommation en carburant et les émissions des équipements, l'empreinte carbone reste assez élevée pour l'extraction du minerai. De plus, pour les sites miniers éloignés, l'approvisionnement en électricité est presque entièrement fourni par des centrales fonctionnant au diesel. D'autres sources d'énergie peuvent être viables techniquement (l'éolien, par exemple), mais les coûts d'investissement par rapport à la durée de vie du projet minier limitent beaucoup leur utilisation.

Dans les prochaines décennies, l'industrie minière et de transformation des métaux devra s'adapter aux principes de l'économie circulaire. Selon un document produit par le Forum économique

mondial¹² : « Pour fonctionner efficacement dans un mode d'économie circulaire visant un développement durable, les compagnies minières et métallurgiques devront se pencher sur trois domaines névralgiques : l'acquisition d'une main-d'œuvre ayant les compétences et les habiletés requises ; un engagement renforcé dans le marché du recyclage des métaux et la prise en compte accrue des besoins de leurs clients. »

Les organisations et les produits au cœur du déploiement

Daniel Normandin, Jean-Marc Frayret et Emmanuel Raufflet

Que l'on déploie l'économie circulaire à l'échelle d'un territoire ou d'un secteur d'activité, dans tous les cas de figure, les organisations y jouent un rôle central, car un territoire ou un secteur ne peut effectuer une transition vers une économie circulaire sans leur participation.

Selon plusieurs études¹³, du point de vue de l'organisation, les retombées potentielles de l'économie circulaire peuvent être de plusieurs ordres. Par exemple, une réduction des coûts, une meilleure rentabilité, une création d'emplois, une fidélisation de la clientèle, une réduction des répercussions environnementales, une sécurisation des approvisionnements et une meilleure résilience.

Selon le type d'entreprise et le produit ou le service mis en marché, la stratégie d'économie circulaire prendra différentes formes et impliquera la chaîne de valeur de l'organisation à divers degrés. Les motivations à passer d'une économie linéaire à une économie circulaire peuvent également varier significativement d'une structure à une autre. Certaines peuvent le faire pour un meilleur profit, d'autres pour des motifs environnementaux ou sociaux, ou alors selon une combinaison de ces motifs. Finalement, la taille de l'entreprise, la complexité de sa chaîne de valeur et la nature de ses produits influencent la stratégie d'économie circulaire à déployer, qu'il s'agisse de l'économie

12. World Economic Forum Mining & Metals Industry Partnership et Accenture (2014).

13. Voir par exemple Forum économique mondial (2014) et le lien suivant : http://www.institut-economie-circulaire.fr/Un-nouveau-modele-industriel-pour-plus-de-benefices-plus-d-emplois-et-moins-d-impact-sur-l-environnement_a502.html.

collaborative, de l'économie de fonctionnalité ou du simple recyclage du produit ou de ses composantes en fin de vie.

Sur le plan de l'approvisionnement, deux stratégies s'offrent aux organisations qui souhaitent réintégrer des produits, composants ou ressources déjà utilisés, soit la boucle ouverte ou la boucle fermée. La première consiste à s'approvisionner à partir de matières premières issues de composantes de produits qui ne sont pas nécessairement similaires à celles des produits manufacturés par l'entreprise. Ces matières sont générées par les centres de tri et de recyclage mis en place par les organismes municipaux, mais également par des organismes privés ou à but non lucratif qui traitent des matières post-consommation spécifiques, par exemple les résidus de construction, de rénovation, de démolition ou autres déchets ou sous-produits industriels de toute nature.

Pour l'entreprise, la boucle ouverte est sans doute plus simple sur le plan logistique, car ce sont les municipalités ou les organismes privés qui s'occupent de la récupération et du recyclage des matières en fin de vie, sans rapport direct avec ces dernières. Au Québec, comme ailleurs, il y a cependant des exceptions touchant certaines catégories de produits dont la fin de vie doit être prise en charge par les entreprises qui les génèrent en vertu de la *responsabilité élargie des producteurs*¹⁴.

La stratégie en boucle ouverte est problématique à plusieurs égards. La durée de vie des produits reposant entre les mains du citoyen, des municipalités ou d'autres tiers sans lien direct avec les manufacturiers, il est difficile de synchroniser les flux de matières avec les besoins de ces derniers. Ensuite, la boucle ouverte conduit la plupart du temps à une baisse de la qualité (*downcycling*) de la matière au fil des cycles. Finalement, les entreprises demeurent généralement moins enclines à utiliser de la matière recyclée qui ne correspond pas tout à fait à leurs standards. Une question demeure : est-il possible de mieux relier les acteurs de la chaîne de valeur (entreprises, consommateurs, recycleurs, autorités) pour accroître les bénéfices de cette stratégie, et surtout de

14. La notion de « responsabilité élargie du producteur » désigne des démarches et dispositifs qui restaurent la responsabilité du producteur de produits manufacturés pour ce qui concerne la gestion des déchets finaux ou intermédiaires générés par les produits qu'il a fabriqués ou mis sur le marché.

faire en sorte que la matière recyclée soit davantage compatible avec les exigences des entreprises manufacturières ?

Plus complexe à mettre en œuvre sur le plan logistique, la stratégie en boucle fermée offre toutefois aux entreprises un meilleur taux de récupération et un bon contrôle de la qualité et de la quantité de matière disponible pour la fabrication de nouveaux produits. L'entreprise doit s'approvisionner à même ses produits en fin de cycle ou à partir de produits similaires au moyen, par exemple, d'un système de consigne. Cette stratégie exige une grande concertation entre les acteurs de la chaîne de valeur et pose un certain défi logistique. Plusieurs entreprises optent déjà pour ce modèle, que l'on pense aux producteurs de bière et aux contenants consignés ou à certains fabricants de cartouches d'encre qui ont mis en place un système de récupération dans leur propre réseau de distribution. L'économie de fonctionnalité serait la manifestation la plus poussée du système en boucle fermée puisque, en vendant l'usage d'un produit et non pas le produit lui-même, l'entreprise conserve son capital matière et le contrôle sur le cycle de vie complet de son produit.

Pour réaliser le passage à la circularité, on doit mettre à contribution toutes les fonctions de l'organisation à partir d'un processus et d'une vision stratégiques. Par exemple, le groupe de R et D doit repenser le produit afin d'en allonger la durée d'usage, d'en accroître la robustesse, la réparabilité et la recyclabilité. Les gens de marketing et les vendeurs doivent redéfinir la stratégie de mise en marché du produit, selon une logique de partage ou de fonctionnalité, ou les deux, comme on le constate chez Car2Go, filiale de Daimler AG. Ceux de la production doivent revoir les façons de faire pour intégrer des composants récupérés, reconditionnés ou recyclés. La logistique doit se faire selon une stratégie inversée afin de récupérer les produits en fin de cycle et de mettre en place un réseau d'intermédiaires qui pourront non seulement participer à la récupération des produits, mais également en assurer la réparation, le reconditionnement ou le recyclage de leurs composants. Les flux de récupération doivent être synchronisés avec les flux de production. À l'étape d'achat-approvisionnement, on doit assurer que le gisement de matières issu du cycle de vie des produits en marché est conforme aux standards de l'organisation et en quantité suffisante pour répondre aux besoins de la production. Enfin, les gestionnaires de la comptabilité et des finances doivent établir des paramètres et des

conditions financières qui permettront à l'entreprise de passer à une économie circulaire.

Pour passer de la vente d'un produit à la vente de son usage, par exemple, les flux financiers sont passablement modifiés et l'entreprise voit son actif augmenter de façon importante puisqu'elle demeure propriétaire de ses produits. Dans une stratégie du type économie collaborative, l'entreprise peut être le propriétaire de ses produits¹⁵ ou ne servir que d'intermédiaire¹⁶ entre les agents du marché. Ces différentes approches ont donc une influence majeure sur les stratégies financières à mettre en œuvre. Renault¹⁷ est ici un exemple d'organisation qui a bien géré le virage vers l'économie circulaire en y intégrant toutes les fonctions de l'entreprise et sa chaîne de valeur.

L'économie circulaire peut également s'appliquer à l'échelle d'un type de produit. Prenons, par exemple, le matériel informatique. Sur le campus de l'Université de Montréal, l'Institut EDDEC a lancé un projet visant à cartographier les gisements de matériel informatique dans la perspective d'en accroître la durée de vie utile. Cela prend la forme d'une redistribution, d'un achat/vente ou d'un prêt de matériel entre les facultés, les départements, les services et les unités de recherche du campus pour lesquels les besoins en matériel varient fortement. Les services informatiques des établissements du campus peuvent également effectuer une réparation ou une réutilisation des composantes. Des entreprises d'économie sociale¹⁸ dotées d'une mission à la fois environnementale et sociale contribuent aussi à accroître la productivité du matériel informatique en prolongeant sa durée d'usage, dans le cadre d'un programme de réinsertion sociale pour jeunes adultes en difficulté professionnelle. Le partage de produits entre plusieurs acteurs du marché, que ce soit par le moyen de plateformes de partage ou par la multiplication de leurs cycles par des points de redistribution¹⁹ ou des sites de petites annonces²⁰, contribue également à augmenter la durée

15. Par exemple: Car2Go, La Remise.

16. Par exemple: AirBnB, Uber.

17. Voir: <https://group.renault.com/engagements/environnement/economie-circulaire-competitive/>

18. Par exemple: Insertech.

19. Par exemple: Renaissance.

20. Par exemple: Kijiji, LesPac ou Craigslist.

de vie utile de ces mêmes produits, de même que les ressources qui les composent.

Pour les produits de courte vie ou de consommation courante, l'économie circulaire encourage l'utilisation de matière recyclable dans leur fabrication, ou alors l'utilisation de matière biodégradable renouvelable, afin d'en tirer un maximum de bénéfices en fin de vie (ex. : valorisation énergétique ou compostage) et d'en minimiser leurs effets sur l'environnement en cas de perte ou d'abandon dans la nature. Ces bénéfices peuvent prendre la forme de molécules utiles par une extraction biochimique, d'énergie par biométhanisation ou alors de compost. Dans tous les cas, l'économie circulaire encourage l'utilisation de matières non toxiques dans la fabrication des produits afin que ceux qui sont biodégradables puissent être retournés à la terre, une fois les bénéfices prélevés, et que ceux qui sont recyclables ne contribuent pas à polluer l'environnement dans ce dernier processus.

Pour déterminer rapidement le potentiel d'une organisation ou d'un produit à passer d'un modèle linéaire à un modèle circulaire, on peut, par exemple, utiliser les indices de circularité élaborés par la Fondation Ellen MacArthur²¹. Ceux-ci concernent exclusivement les produits fabriqués de matériaux non renouvelables, pour le moment. La proportion de matériel vierge dans le produit, la durée et l'intensité d'utilisation du produit par rapport à d'autres similaires sur le marché, la destination en fin de cycle, etc., sont inclus dans l'indicateur, ainsi que d'autres sur les effets et les risques qui peuvent orienter les organisations dans leurs prises de décision.

Cette mise au point d'indicateurs en est toutefois à ses débuts et l'on peut s'attendre à ce que, rapidement, d'autres outils s'ajoutent aux rares ressources actuellement disponibles. Dans tous les cas, et malgré les perspectives innovatrices de l'économie circulaire pour orienter les organisations vers un développement plus durable, il reste beaucoup de travail de recherche à faire afin de mieux cerner les leviers et les limites actuelles du modèle et ainsi d'en accroître les bénéfices économiques, sociaux et environnementaux²².

21. Fondation Ellen MacArthur (2015).

22. Voir la section « La mobilisation des acteurs » du présent ouvrage.

La ville, territoire privilégié de l'économie circulaire

Frank Scherrer et Christophe Abrassart

À la suite des États et des organisations internationales en Europe et en Asie, les grandes villes apparaissent depuis peu comme de nouveaux leaders de l'économie circulaire. Amsterdam a lancé le mouvement en 2014 avec un plan d'action d'envergure qui devra notamment se concrétiser dans un nouveau quartier entièrement pensé selon l'économie circulaire. Paris, avec des États généraux en 2015, Bruxelles, Séoul, la capitale en devenir de l'économie de partage, et bien d'autres, se lancent avec beaucoup d'ambition dans cette voie. Qu'est-ce qui pousse une ville à choisir cette forme d'économie ? En quoi l'approche par le territoire constitue-t-elle un point de vue déterminant pour penser son déploiement ? Quels sont les avantages et les limites de l'action urbaine dans ce changement majeur de modèle de développement ?

Pour aborder cette question, il faut revenir sur les différentes définitions de la ville : comme milieu, comme système d'acteurs localisés et, enfin, comme institution agissante.

Le métabolisme urbain, ou la ville circulaire comme milieu

La première définition établit la ville comme milieu de vie, de production, de consommation et d'échanges. Les flux de matière, d'énergie et de biens entrants consommés et sortants d'un territoire sont mieux connus grâce à de nouveaux savoirs comme l'écologie territoriale qui, en donnant à voir concrètement le fonctionnement du « métabolisme urbain », assimile la ville à un écosystème, voire à un organisme vivant. Cette vision souligne fortement combien les villes, parce qu'elles concentrent aujourd'hui 50 % de la population mondiale et l'essentiel de l'activité économique, consomment beaucoup de matières importées (alimentation, matériaux de construction, produits manufacturés, etc.) et produisent beaucoup de déchets. De cette vision, il s'ensuit un discours qui circule lui-même partout dans le monde sur la responsabilité des villes pour changer de mode de développement, mais aussi sur leur capacité à agir directement sur leur métabolisme urbain de

façon à augmenter « l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en permettant le bien-être des individus²³ ».

Cette approche, avec ses systèmes de visualisation cartographique, a une forte portée heuristique et pédagogique. Mais cette modélisation de la ville comme un milieu peut être aussi réductrice en proposant, après l'hygiénisme au XIX^e siècle et le fonctionnalisme au XX^e siècle, une nouvelle doctrine simplificatrice qui réduit la ville à ses fonctions, en laissant de côté tout le potentiel de la société à réinventer sa relation avec la forme urbaine.

On peut souligner deux enjeux concernant ces nouvelles cartographies des flux circulaires. En premier lieu, la nécessité d'élaborer des représentations mobilisables par les acteurs de l'économie circulaire, par exemple pour estimer l'effet d'un projet particulier sur le métabolisme urbain.

Par ailleurs, la concentration des flux de matières et de biens dans un périmètre restreint ne veut pas dire que l'échelle locale est la plus efficace pour agir, ou la plus pertinente pour les acteurs économiques présents sur le territoire. C'est aussi un enjeu pour ces outils cartographiques d'aider à rendre visibles des arbitrages possibles entre des boucles de valorisation locales (ex. : en *upcycling* dans une recyclerie de quartier) et d'autres à plus grande échelle (ex. : en *downcycling* avec un centre technique agissant pour toute une métropole).

Les systèmes d'acteurs, entre héritage et prospective territoriale

On peut également définir la ville comme un système d'acteurs localisés, dont la nature peut être très diverse : publique, privée, communautaire, économique, sociale, culturelle... Ces acteurs participent, par leurs relations et leur proximité, à l'expansion du territoire qui les accueille. Il existe plusieurs termes pour décrire ces modèles de croissance territoriale dans l'économie classique : districts, milieux innovateurs locaux, développement économique communautaire... Les nouveaux modèles de l'économie circulaire, qu'il s'agisse d'économie de fonctionnalité, collaborative ou de partage, peuvent tout à fait se

23. Définition de l'économie circulaire de l'ADEME (France).

déployer à l'intérieur d'un secteur d'activité et à une échelle nationale, continentale ou mondiale. Mais il semble exister un énorme potentiel d'innovation en matière d'économie circulaire fondé sur le rapprochement local des entreprises industrielles ou de services classiques avec celles de l'économie sociale et solidaire, des entreprises émergentes de l'économie verte, de la classe créative... L'espoir est très fort, du côté des élus, que, grâce à ces nouveaux systèmes d'acteurs très composites, l'économie circulaire puisse être un véritable gisement d'emplois plus inclusifs et moins délocalisables, grâce à la mise en place de nouvelles boucles circulaires à l'échelle d'un quartier, d'une ville ou d'une région.

Comment ces acteurs peuvent-ils concrétiser l'économie circulaire à l'échelle d'une ville ? Le territoire constitue certes un espace d'intégration très puissant pour penser des scénarios désirables, avec des modèles d'affaires et des cibles de productivité/circularité reliant des acteurs complémentaires. Mais le succès de la mobilisation que l'on constate aujourd'hui en Europe autour de la figure de l'économie circulaire à l'échelle urbaine ou régionale va se heurter à de fortes tensions.

D'abord, la ville fonctionne sur la base d'un régime sociotechnique d'infrastructures anciennes, conçues pour une économie très linéaire fondée sur une croissance infinie de la consommation de ressources. Or, ces infrastructures de transport, de distribution d'énergie, de circulation de fluides et de déchets, dont l'économie circulaire a tout autant besoin, ont une très forte inertie et ne peuvent être rapidement substituées par des circuits courts, souples et réversibles. Il y a des tensions entre la ville héritée et la ville projetée et innovante ; on doit penser sérieusement aux dispositifs de transition de l'une à l'autre.

Une autre tension apparaît entre une approche fondée sur les ressources et les actifs du territoire (que peut-on faire avec les acteurs présents sur un territoire, quelles connexions établir entre les flux, les besoins et les gisements de matières et d'énergie ?) et une approche de prospective territoriale qui cartographie, en fonction de scénarios futurs imaginés, les acteurs et savoirs manquants sur un territoire pour y implanter des boucles de circularité innovantes, rentables et désirables.

L'« Hôtel de Ville » entre action réglée et conception innovante

Cette dernière expression rappelle que la ville est un terme que l'on emploie aussi pour désigner l'institution, généralement municipale, qui administre le territoire urbain. Cette ou ces institutions (souvent plurielles dans les métropoles) ont des compétences qu'on peut mobiliser en faveur de l'économie circulaire dans les domaines de l'urbanisme, de l'expansion économique, de l'environnement, du développement social et de l'emploi, du tourisme. L'économie circulaire vient généralement renforcer la demande d'action transversale et coopérative entre ces secteurs. Par ailleurs, les municipalités ou les agences qui en dépendent sont aussi des organisations qui, comme les firmes, consomment des matières, de l'énergie, des biens, et en produisent. Qu'il s'agisse de promouvoir le réemploi, le recyclage ou la location d'un service à la place de l'achat d'un produit dans les règles de marchés publics, de la réutilisation du compost vert des parcs ou des boues d'épuration des eaux usées, de transformer les ateliers municipaux en *Fab Lab*, la ville agissant sur ses propres services de façon exemplaire peut aspirer à devenir un modèle inspirant pour les autres acteurs du territoire.

De plus, la ville peut accueillir et orienter des initiatives entrepreneuriales par la mise en place de projets collectifs séduisants (ex. : les « ruelles circulaires et intelligentes », de nouveaux « tiers lieux de l'économie circulaire »). Ce nouveau mode d'intervention, qui s'appuie sur la créativité des collectivités, peut passer par des cartographies, des événements, des espaces collaboratifs et de codesign, des laboratoires vivants, et répond tout à fait aux nouveaux principes de l'urbanisme promus par François Ascher, pour qui les « méthodes heuristiques, incrémentales et itératives » doivent remplacer, dans un contexte incertain et toujours plus complexe, la planification urbaine linéaire traditionnelle²⁴. Dans cette perspective, la question de la capacité des villes à organiser et à soutenir sur le long terme des trajectoires apprenantes et innovantes sur le déploiement de l'économie circulaire constitue un véritable enjeu.

24. Ascher (2010).

La mobilisation des acteurs

Quelles que soient les stratégies de circularité choisies et leurs modes de déploiement, leur mise en œuvre nécessitera l'implication de différents acteurs. Le déploiement par filière fera notamment intervenir les associations sectorielles et l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur ou, plutôt, de la « boucle de valeur », si on y inclut les organisations facilitant la circularité des ressources (organismes de réemploi, industries de réusinage et de recyclage, etc.). Une approche par territoire ou par ressource fera intervenir une multitude de filières différentes et s'intéressera également à l'implication des citoyens au-delà de leur rôle de consommateurs (ex. : participation à des *Repair Cafés*¹, dons à des organismes de charité). Dans l'ensemble, tous les acteurs de la société sont concernés par la transition vers un nouveau modèle économique.

Cette partie de l'ouvrage fait le point sur un défi de taille : la mobilisation des acteurs. Les trois premiers textes donnent un aperçu des rôles que peuvent jouer les gouvernements. Les deux suivants se concentrent sur la façon d'accompagner le changement en entreprise. Après un gros plan sur les entreprises collectives, c'est sur la mobilisation des consommateurs que se penchent les auteurs, avant d'examiner celle de la société « globale », d'abord sous l'angle des valeurs qui unissent les objets aux humains, puis sur l'importance d'ancrer les nouveaux comportements au sein des cursus de formation de la relève.

1. Voir le texte « L'entretien et la réparation » du présent ouvrage.

L'écofiscalité au service de l'économie circulaire

Paul Lanoie

Pourquoi aurait-on besoin de la fiscalité pour favoriser l'émergence de l'économie circulaire? Parce que l'intervention du gouvernement est fondamentale lorsque les ressources environnementales sont en cause. Le « libre marché » n'est pas bon gestionnaire de l'air, de l'eau, de la biodiversité, des richesses naturelles, etc., car il est difficile de bien établir des droits de propriété (essentiels au marché) sur ces ressources. On a dès lors l'impression que ces dernières n'appartiennent à personne, ou à tout le monde; on s'en sert comme si elles étaient gratuites, alors que leur utilisation a un coût social réel. Bref, le « libre marché » laissé à lui-même génère trop de pollution et une surexploitation au-delà d'un seuil acceptable, que le gouvernement peut légitimement chercher à réduire. Il doit, entre autres, s'assurer que les pollueurs « internalisent » dans leurs décisions les vrais coûts des ressources environnementales.

Pour faire son travail, le gouvernement a accès à une panoplie d'outils, dont la réglementation, la fiscalité ou la mise en place d'un système de droits d'émission². Dans ce contexte, l'écofiscalité sert à corriger les signaux de prix pour inciter à la réduction de la pollution (taxer les émissions polluantes, les sources d'énergie fossile, etc.) et favoriser les activités économiques souhaitées (création d'emplois, investissement, innovation, etc.). En d'autres mots, le message de l'écofiscalité est le suivant: « Ne nous gênez pas pour taxer les émissions polluantes ou la surexploitation des ressources, il s'agit de "bonnes" taxes et servons-nous des revenus ainsi collectés pour réduire les "mauvaises" taxes, celles qui entraînent des effets indésirables dans l'économie ». Pensons en particulier aux taxes sur la masse salariale, soit l'ensemble des contributions qu'un employeur doit verser à l'État lorsqu'il emploie des salariés (assurance-emploi, assurance contre les accidents du travail, régime de retraite, etc.). Dans les pays où ces taxes sont élevées, on a montré qu'elles mettaient un frein à l'emploi. L'instauration de taxes

2. Voir entre autres le SPEDE (Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission) qui existe au Québec depuis 2013: <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/Systeme-plafonnement-droits-GES.htm>, consulté le 21 octobre 2015.

vertes dont les revenus permettraient de réduire les taxes sur la masse salariale pourrait entraîner un « double dividende », soit un environnement plus sain et une économie générant plus d'emplois.

Un coup de pouce à l'économie circulaire

Les stratégies permettant l'avènement de l'économie circulaire incluent l'entretien, la réparation, le réemploi, la redistribution, le reconditionnement, le réusinage, le recyclage, le compostage, l'agriculture biologique ainsi que la valorisation, et d'aucuns s'entendent pour dire qu'il s'agit d'activités à forte intensité en main-d'œuvre³.

Plusieurs mesures écofiscales pourraient favoriser l'émergence et l'expansion de l'économie circulaire. Sans être exhaustif, nous lançons ici quelques idées prometteuses. Par exemple, tarifier les déchets, c'est-à-dire faire payer les citoyens en fonction de la quantité de matière produite, ce qui pourrait les inciter à composter ou à recycler davantage, de même qu'à réduire à la source leur production de détritits. Potton est la première municipalité québécoise à avoir introduit une telle tarification et les résultats au bout d'un an sont probants : plus de recyclage, plus de compostage et, au total, une réduction de 42 % des matières résiduelles envoyées au site d'enfouissement⁴.

Revoir le système de redevances exigées aux extracteurs de ressources naturelles tout en s'assurant que les prix imposés reflètent l'ensemble des coûts économiques et environnementaux de la ressource serait également pertinent. Plusieurs analystes s'entendent pour dire que les redevances actuellement en vigueur au Québec pour l'extraction des ressources du sous-sol ou des forêts sont sous-évaluées⁵. Il faudrait également que les taxes sur les énergies fossiles couvrent l'ensemble des coûts environnementaux liés à leur utilisation. Là aussi, plusieurs études tendent à montrer que, par exemple, les taxes sur l'essence au Québec ou au Canada sont trop basses⁶.

3. Groothuis (2014).

4. <http://www.lapresse.ca/videos/actualites/201409/17/46-1-payer-pour-jeter-ses-ordures.php/28537b3973e741299ec6997fad45dc9f>, consulté le 29 octobre 2015.

5. Voir, par exemple, la discussion sur <http://blogues.radio-canada.ca/geraldfillion/tag/redevance/>, consulté le 29 septembre 2015.

6. Parry *et al.* (2014).

L'implantation de toutes ces mesures apporterait au gouvernement des rentrées fiscales additionnelles. Plusieurs options de dépenses s'offriraient à lui, dont la réduction de taxes, qui pourrait avoir des effets indésirables pour l'économie. Dans la perspective de favoriser l'économie circulaire, un choix particulièrement judicieux serait de réduire les taxes sur la masse salariale. En effet, comme plusieurs activités associées à l'économie circulaire exigent beaucoup de main-d'œuvre et que les taxes en question freinent l'emploi, leur réduction semble d'emblée à privilégier. Quoi qu'il en soit, grâce à l'économie circulaire, la création de nombreux emplois se concrétise actuellement⁷, et l'écofiscalité pourrait donner un coup de pouce utile à ce mouvement.

L'économie circulaire dans la politique et la législation québécoise

Hugo Tremblay

En principe, la mise en place d'un processus de gestion fondé sur l'économie circulaire s'étend à des dimensions que le droit et les politiques peinent à appréhender. D'une part, la globalisation de l'économie implique des chaînes de production qui s'étendent d'un continent à l'autre dans une arène internationale où le droit n'a pas de force contraignante et reste souvent impuissant face aux intérêts nationaux hétérogènes. Le droit international connaît néanmoins quelques succès ponctuels, comme la Convention de Bâle sur le contrôle transfrontière des déchets dangereux à laquelle 166 États sont parties. D'autre part, une conception intégrée de l'économie circulaire devrait s'étendre à l'ensemble des facettes du développement humain, une multitude d'aspects du cadre juridique s'avérant pertinents pour évaluer le degré de mise en œuvre de cette approche, y compris les lois visant à internaliser le coût des émissions de gaz à effet de serre, les lois régissant l'épandage de fertilisants agricoles ou les lois qui promeuvent le développement durable par des principes tel celui du pollueur-payeur.

7. Voir <http://www.actu-environnement.com/ae/news/economie-circulaire-emploi-24764.php4>, consulté le 29 octobre 2015.

Pourtant, le droit comme les politiques publiques restent la plupart du temps fragmentés par secteur d'activité et l'économie circulaire se matérialise à l'occasion comme une nouvelle branche qui ajoute à la diffraction du cadre applicable plutôt que comme élément unificateur. Malgré ces limites, les lois et politiques contribuent généralement à définir le concept d'économie circulaire. Elles en facilitent l'application et mobilisent les parties prenantes. La transposition du concept dans les politiques et législations nationales débouche sur un éventail de déclinaisons de l'économie circulaire qui empruntent des caractéristiques spécifiques à chaque juridiction.

L'énoncé général

Le droit québécois n'énonce pas de principe visant la mise en œuvre d'une approche fondée sur l'économie circulaire. Néanmoins, le gouvernement a adopté en 2011 la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (la Politique) pour promouvoir le développement durable d'une économie verte efficace et sans gaspillage, qui minimise son empreinte environnementale, maximise la valeur ajoutée, stimule la création d'emplois et favorise l'accroissement de la richesse. De plus, la Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020 prévoit que les ministères et les organismes provinciaux soutiennent l'innovation pour créer les conditions favorables à la mise en place de pratiques et de modèles d'affaires inscrits dans la dynamique d'une économie circulaire. L'implantation d'un tel système de production nécessite un encadrement adapté pour faciliter la circulation en boucle des produits, des matières et de l'énergie à diverses échelles, dans une entreprise ou entre plusieurs entreprises, selon l'approche de l'écologie industrielle. Cette approche intégrée comporte une dimension territoriale importante parce qu'elle repose sur des circuits courts.

Dans d'autres pays, l'opérationnalisation de l'économie circulaire est favorisée par l'adoption de lois fondées sur des notions apparentées à cette approche. Depuis 2000, le Japon dispose d'une loi-cadre visant à établir une société circulaire grâce à la réduction et au recyclage des déchets afin de minimiser la consommation des ressources naturelles et son empreinte environnementale.

Le domaine visé

Le domaine visé par les instruments politiques et législatifs québécois couvre essentiellement la gestion des matières résiduelles. Ces matières sont définies comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon ».

Dans quelques juridictions, les lois et politiques en vigueur couvrent un domaine plus large, ce qui offre un cadre pour intégrer toutes les dimensions de l'économie circulaire. Par exemple, la Chine a adopté en 2008 une loi pour inscrire l'économie circulaire comme orientation stratégique d'intérêt national capable de structurer la gestion non pas seulement des déchets, mais aussi de l'ensemble des ressources naturelles et des sources d'énergie.

En 2015, la France a adopté la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, qui inscrit la transition vers l'économie circulaire au cœur des principes gouvernant son Code de l'environnement afin d'amorcer une démarche qui touche l'ensemble des aspects du modèle de croissance. L'article L110-1 du Code énonce que la transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire, à promouvoir l'écologie industrielle et territoriale, à allonger la durée du cycle de vie des produits, de même qu'à réduire et à prévenir l'émission des polluants et des substances toxiques.

L'approche 3RV-E

La Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) vise à agir sur la fabrication et la mise en marché des produits afin de prévenir ou de réduire la production de matières résiduelles et d'en encourager le recyclage, la valorisation de même que l'élimination sûre. Conformément à la LQE, la Politique adopte l'approche 3RV-E, qui prévoit un processus hiérarchisé de traitement des matières résiduelles dans cet ordre préférentiel décroissant : la réduction à la source, le réemploi, le recyclage, la valorisation (à des fins énergétiques ou autres) et l'élimination.

Ce processus hiérarchisé s'apparente au schéma type des 3R (réduction, réutilisation, recyclage) transposé en droit dans plusieurs autres juridictions. L'Allemagne permet une comparaison intéressante

puisque la loi destinée à promouvoir la gestion des déchets en cycle fermé adoptée dès 1994, qui institue un processus en cinq étapes hiérarchisées (éviter, réutiliser, recycler, récupérer et délaissier), met en œuvre un principe d'utilisation efficiente des ressources qui a entraîné un découplage entre la croissance économique (+25 %) et le volume de déchets générés (-11 %) de 1996 à 2011⁸.

L'ouverture du cycle de gestion

La démarche de gestion des matières résiduelles n'est pas parfaitement circulaire. Des ouvertures dans le cadre juridique au début, pendant et à la fin du processus de traitement des matières résiduelles évitent le bouclage du cycle de gestion. En amont, des exclusions prévues par la LQE écartent certaines substances du processus applicable aux matières résiduelles, dont la plupart des émissions gazeuses, les résidus miniers et les sols contaminés, à l'instar de ce que prévoit la législation dans d'autres juridictions.

Puis, une fois que la matière résiduelle est engagée dans la boucle de gestion, la définition imparfaite des différentes étapes du processus de traitement en droit québécois génère des incertitudes dans la démarche 3RV-E. L'imprécision de notions centrales peut évacuer du cycle de gestion certaines matières de façon prématurée ou, au contraire, les y maintenir de façon injustifiée. Par exemple, la notion de valorisation énergétique reste suffisamment floue pour couvrir l'élimination de déchets par incinération sous des apparences de valorisation. D'autre part, elle peut tout aussi bien mener à l'enfouissement de matières résiduelles qu'on aurait pu utiliser pour alimenter des fours industriels. On peut résoudre ce type d'incertitude par une définition plus précise des composantes du cycle de gestion, comme le fait la loi allemande en spécifiant que la valorisation énergétique n'est permise que lorsque la valeur thermique de la matière résiduelle dépasse 11 000 kJ/kg et qu'une efficacité de combustion d'au moins 75 % est atteinte.

En aval, l'objectif fondamental de la Politique vise à ce qu'aucune autre matière résiduelle que le résidu ultime ne soit éliminée au Québec. Le résidu ultime constitue la matière qui résulte du tri, du

8. Lehmann *et al.* (2014).

conditionnement et de la mise en valeur des matières résiduelles, et « qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques disponibles ». Par comparaison, la loi allemande oblige à procéder au recyclage tant que cette opération est « économiquement raisonnable », une condition qui est remplie au sens de la loi tant que les coûts de recyclage ne sont pas disproportionnés par rapport aux coûts de l'élimination des déchets.

La mobilisation des acteurs

Le cadre politique et législatif québécois vise à impliquer et à responsabiliser l'ensemble des acteurs concernés par la gestion des matières résiduelles.

Le secteur public est mobilisé au moyen des plans de gestion municipaux sous la responsabilité des autorités régionales. Ces plans dressent le portrait de la situation, énoncent des orientations et des objectifs de mise en œuvre, établissent des prévisions budgétaires et prévoient des mesures de suivi. Un mécanisme d'approbation des plans par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, et l'obligation de conformité aux plans qui s'impose aux municipalités locales, assurent la cohérence de l'action étatique grâce à la transmission des objectifs de la Politique à tous les échelons de gouvernance.

En outre, le secteur privé et dans une certaine mesure le reste de la société sont engagés dans la démarche de gestion des matières résiduelles par un ensemble de dispositifs législatifs et réglementaires qui mettent en œuvre le principe du pollueur-payeur. À cet égard, la responsabilité élargie des producteurs joue un rôle important dont l'étendue est déterminée par divers règlements.

Parmi ceux-ci, le Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises prévoit la création, par les entreprises, de points de dépôt et de programmes de récupération et de valorisation pour les produits électroniques, les piles et batteries, les lampes au mercure, les peintures et leurs contenants ainsi que les huiles usagées et autres liquides de refroidissement. Le Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles et le Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer

la récupération et la valorisation de matières résiduelles imposent des charges financières à certains intervenants pour la gestion des matières résiduelles à différentes étapes de la démarche 3RV-E.

Un ensemble de dispositifs réglementaires et de programmes visant des sujets spécifiques complète ce cadre, tels le réemploi des contenants d'eau, l'entreposage des pneus usés et la valorisation des matières organiques.

Les pistes d'avenir

La mise en œuvre de la Politique repose sur des plans d'action quinquennaux qui déterminent les objectifs à atteindre en fonction des stratégies établies. Le plan d'action 2011-2015 prévoit une série d'objectifs, dont la réduction de la quantité de matières résiduelles à 700 kg par habitant, le recyclage de 70 % du papier, du carton, du plastique, du verre et du métal résiduels, de même que le recyclage de 60 % de la matière organique putrescible résiduelle. Le degré d'atteinte des objectifs est mesuré par un bilan de mi-parcours. L'échéance du plan d'action actuel permet, à court terme, d'établir de nouvelles cibles.

Certaines juridictions fournissent des exemples d'objectifs qui touchent l'ensemble des facettes de l'économie circulaire. La loi française établit plusieurs cibles précises, dont les plus intéressantes incluent le découplage progressif entre la croissance économique et la consommation de matières premières ainsi que la réduction de la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012, avec un objectif intermédiaire de 20 % en 2030.

Les orientations politiques européennes comprennent aussi des objectifs et des moyens ambitieux. Outre les orientations relatives à l'intégration des bâtiments durables, de l'emploi vert et des petites et moyennes entreprises dans une logique d'économie circulaire, l'Europe s'engage dans un « programme zéro déchet » qui pourrait inclure une interdiction de mise en décharge visant l'ensemble des matériaux recyclables⁹.

9. Lassaux (2015).

Des incitations sur toute la chaîne de valeur

Sophie Bernard

Comme la matière au cœur de l'économie circulaire, l'information doit également circuler entre les acteurs des boucles de valeur. De quelle information parlons-nous ? Voici un exemple : un industriel bien intentionné décide d'améliorer la recyclabilité de son produit. Seulement, cette précieuse information risque de ne pas parvenir aux oreilles des principaux intéressés. Le produit arrivé en fin de vie risque de se retrouver noyé dans une masse de produits semblables, mais moins recyclables, et le recycleur aura peu de considération pour l'effort volontaire du producteur. L'information est ainsi perdue.

Dans une économie dite linéaire, la relation entre les acteurs de la chaîne de valeur arbore souvent une forme simple. Elle se traduit par un contrat ou une transaction entre deux acteurs prêts à échanger au prix indiqué, l'un prenant le rôle du vendeur et l'autre de l'acheteur. Ce système fonctionne plutôt bien. Le consommateur désirant une meilleure qualité sera prêt à payer plus, incitant ainsi le producteur à répondre à sa demande. Pour ce faire, il sera prêt à payer des intrants de meilleure qualité et l'information se transmettra ainsi jusqu'aux fournisseurs. Grâce à l'ajustement des prix, l'information et les incitations se propagent dans la chaîne de valeur d'aval en amont. Les prix deviennent un vecteur incitatif.

L'économie circulaire fait la promotion des boucles de matière. Bien qu'il soit désirable pour la société d'adopter ces boucles, le secteur privé n'est peut-être pas suffisamment motivé à les mettre en place¹⁰. L'intervention du secteur public est souvent nécessaire pour créer des marchés qui resteraient autrement inexistants ; c'est souvent le cas de la gestion des déchets et du recyclage.

Le défi de l'économie circulaire est non seulement d'implanter ces boucles non naturelles, mais aussi de créer un vecteur incitatif entre les acteurs. Par exemple, les recycleurs peuvent avoir une préférence pour des produits (en fin de vie) de meilleure qualité. S'ils peuvent réduire

10. Voir le texte « L'écofiscalité au service de l'économie circulaire » du présent ouvrage.

leurs coûts de production en ayant des produits qui se démantèlent plus facilement, ils devraient pouvoir payer aux consommateurs un prix qui dépend du degré de recyclabilité. Le consommateur ainsi rémunéré réclamerait au producteur un produit facilement recyclable et ainsi de suite. Mais comment faire circuler l'information ? Comment rejoindre cet industriel bien intentionné ? Sauf par quelques ententes particulières telles que la consigne, le système actuel permet peu d'interactions entre les recycleurs et les consommateurs. Les consommateurs ne connaissent pas la « demande » de matières recyclables, ils ne connaissent que leur bac de recyclage.

Dans le but de fluidifier le système et d'améliorer la circulation de l'information, on doit penser à des politiques incitatives et à des formes de contrats plus complets. C'est l'objectif recherché dans l'approche dite de responsabilité élargie des producteurs, qui rend ces derniers responsables des coûts de gestion de leurs produits en fin de vie¹¹. Une tarification modulée en fonction de la recyclabilité des matériaux permet de transmettre une partie de l'information et incite les producteurs à concevoir des produits plus adaptés au recyclage. L'économie de la fonctionnalité, quant à elle, propose des contrats où les producteurs offrent le service du produit plutôt que le produit lui-même¹². Ce contrat de location transfère une partie des responsabilités, et de l'information, au producteur. En internalisant les coûts de maintenance de son produit, il est incité à en considérer les coûts de réparation et la durabilité à l'étape de sa conception.

Dans cette optique, il semble important d'ouvrir le dialogue entre les acteurs des boucles de valeurs afin d'assurer la rencontre des demandeurs et des offreurs d'initiatives circulaires.

11. Voir le texte « L'économie circulaire dans la politique et la législation québécoise : » du présent ouvrage.

12. Voir le texte « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

L'accompagnement des entreprises : les leçons du développement durable

Mélanie McDonald

Dans le monde des entreprises, la mobilisation des équipes sur le développement durable a été fortement teintée par les origines de ce mouvement, c'est-à-dire par les normes ISO 14001 et la pression des organisations environnementales. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que la notion de développement durable soit fortement associée à celle de l'environnement et à une approche normative axée sur les effets négatifs et souvent moralisatrice, qui n'a pas suscité beaucoup d'enthousiasme dans les entreprises. Sur le premier point, ISO 26000 a marqué une avancée importante en proposant une vision concertée à l'échelle internationale des enjeux que doit présenter le développement durable dans les organisations, notamment sur le plan social. Elle est toutefois perçue, à tort, comme une démarche normative lourde, à l'image d'ISO 9001. De plus, son discours repose sur la notion de « responsabilité sociétale des entreprises » (RSE) ; on peut comprendre dès lors que les équipes ne la perçoivent pas comme positive et désirable, mais plutôt comme un mal nécessaire.

En parallèle à l'élaboration d'ISO 26000, plusieurs établissements ont commencé à déployer des campagnes de sensibilisation et de communication auprès de leurs employés sous différentes formes : rapports de développement durable, affiches, ateliers de théâtre-forum, projections vidéo. Or, malgré la qualité grandissante de ces outils, on constate que les rapports de durabilité sont généralement peu lus par les équipes internes et que les activités de sensibilisation touchent souvent un petit public déjà convaincu. Mais certaines organisations sortent du lot en discernant les freins et leviers de changement de leurs dirigeants et employés dès l'amont de la démarche de RSE, encourageant ainsi une réelle réflexion sur la mise en œuvre de leur plan de durabilité. On y propose notamment des séances de formation visant l'acquisition de compétences spécifiques à chaque secteur d'activité et métier (communication, marketing, achat, etc.). Certaines entreprises, comme les Fromageries Bel et Carglass France, ont même formé l'ensemble de leurs gestionnaires afin qu'ils puissent porter la démarche, en écho aux

études montrant que le gestionnaire de proximité est le mieux placé pour insuffler un changement auprès de ses équipes¹³.

Mais rares sont les organisations qui ont offert plus d'une journée de formation à leurs responsables et à leurs employés pour assimiler les compétences requises par ces changements. Et plus rares encore sont celles qui ont offert de telles séances à leurs conseils de direction et d'administration. Or, l'expérience a montré qu'en l'absence d'un suivi et d'un soutien managérial fort, même les plus motivés s'essouffent. À l'instar de tout déploiement de projets ayant des répercussions sur les employés, les démarches de développement durable supposent de mettre en place un processus concret, ancré dans le temps, adapté aux types de changements attendus, à la culture de l'organisation et aux acteurs impliqués. Pourtant, les meilleures pratiques en accompagnement du changement, que l'on déploie pour des projets stratégiques d'organisation, sont encore peu mises au service de la RSE, faute de temps et de ressources.

Sauf dans le cas d'une pression affirmée des parties prenantes (ex. : nouvelles lois, pression des ONG, projets bloqués par l'acceptabilité sociétale, obligation d'un client important dans le cadre de sa démarche d'approvisionnement responsable), le développement durable est rarement une priorité dans les entreprises. Pour lever ce frein majeur, deux enjeux de perception importants se posent dans les cultures organisationnelles orientées principalement sur les profits à court terme, à savoir :

- L'environnement est une source de dépenses ;
- Le développement durable aura des bénéfices à long terme seulement.

Cela est d'autant plus problématique dans un contexte de crise économique et pour des pays où la forte majorité des entreprises sont des PME peu assujetties aux pressions de la société civile en matière de développement durable.

13. Cantor, Morrow et Montabon (2012).

L'économie circulaire : clé de voûte ?

Bien que ce nouveau modèle économique ne permette pas à lui seul d'atteindre un développement durable¹⁴, il semble être, à ce jour, une excellente voie pour amorcer une réelle mobilisation des entreprises.

D'abord, notons que l'économie circulaire, en opposition à la RSE, est avant tout un cadre de solutions plutôt que de problèmes à résoudre. En plus d'être nettement plus séduisante, cette approche facilite le passage à l'action et l'engagement des individus. Cela répond à un second enjeu de mobilisation fondamental, particulièrement pertinent dans une optique de transformation sociale d'envergure internationale : la possibilité de montrer clairement le mouvement sociétal auquel chacun contribue. Si les outils de mobilisation adéquats sont mis en place pour cartographier les initiatives en cours, les employés pourraient enfin être convaincus que leur contribution a une réelle influence et qu'ils ne sont pas seuls à s'engager, levant ainsi des objections très fréquentes en RSE telles que « tant que la Chine ne s'y mettra pas, que les PME n'embarqueront pas, que mon patron n'y croira pas, que la direction financière ne s'impliquera pas... ».

Sur ce point, l'économie circulaire apporte également une réponse essentielle à l'engagement des dirigeants, élément clé pour la mobilisation des salariés : une approche économique et centrée sur les enjeux actuels des entreprises (ex. : réduction de la volatilité du prix des matières premières, sécurisation de l'approvisionnement). Il s'avère également que certains modèles d'affaires, comme l'économie de fonctionnalité, permettent de réaliser des profits tout en réduisant de façon significative leurs répercussions sur l'environnement¹⁵. L'économie circulaire apporte donc une réponse aux deux freins majeurs bloquant les démarches de développement durable en entreprise.

Portée par plusieurs États qui se dotent d'objectifs chiffrés quant à la productivité des ressources, principalement en Asie et en Europe, l'économie circulaire fournira également un levier de mobilisation plus fort auprès des entreprises que les cadres législatifs actuels en la matière.

14. Voir la section « Les limites et les pistes d'enrichissement du modèle » du présent ouvrage.

15. Voir le texte « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

Des leçons importantes à tirer de la RSE

Le modèle d'économie circulaire étant à ses débuts, il reste fort à faire pour tirer profit de ses avantages dans la mobilisation. En se fondant sur un concept large et inclusif, à l'instar du développement durable, il faudrait d'abord élaborer une vision claire et partagée de l'économie circulaire avant d'amorcer une mobilisation massive.

Retenons aussi des démarches de RSE, qui place le dialogue avec les parties prenantes au centre de l'action, que les entreprises ont encore peu l'habitude de collaborer avec les acteurs de leur chaîne de valeur et de leur territoire. Or le déploiement de l'économie circulaire repose avant tout sur une logique de réseaux, que ce soit au sein d'un secteur d'activité, d'un territoire ou entre les utilisateurs d'une même ressource. Comment transmettre les compétences requises pour mieux travailler ensemble ? Comment changer les cultures organisationnelles pour favoriser l'établissement de nouvelles approches collaboratives ? Voilà des défis de taille qu'il faut vite relever, car le changement est complexe et prendra du temps et des ressources d'accompagnement. L'innovation sociale et les nouvelles approches comme le design prospectif ouvrent des voies intéressantes pour que les acteurs d'un réseau apprennent à travailler ensemble afin de construire et de déployer les stratégies de circularité les plus adaptées à leur contexte¹⁶.

Mais pour que les décideurs acceptent de s'engager et de changer leur modèle d'affaires, il faut les convaincre de la valeur ajoutée de l'économie circulaire pour eux¹⁷, pour leur profession et leur organisation. Les démarches d'accompagnement du changement en développement durable ont montré l'importance d'adapter les arguments et les approches de sensibilisation pour chaque public cible. Dans une PME, les activités de sensibilisation peuvent passer par les réseaux existants, comme les ordres professionnels et les associations sectorielles, et cibler en priorité les dirigeants et gestionnaires de proximité.

Il faut être outillés et prêt à répondre aux critiques classiques sur l'économie circulaire. On dira ainsi : « le Canada est un pays de

16. Voir les textes « L'entreprise collective, un véhicule d'innovation sociale » et « La ville, territoire privilégié de l'économie circulaire » du présent ouvrage.

17. Voir le texte « La rémunération, un enjeu de la circularité » du présent ouvrage.

ressources naturelles, il n'est pas concerné comme l'Asie et l'Europe » ; « encore un nouveau mot à la mode qui n'apportera rien de nouveau, on fait déjà du recyclage depuis longtemps » ; ou alors « ça fait quarante ans qu'on dit qu'il manquera de pétrole et que les prix vont augmenter ». Il serait sans doute intéressant de s'inspirer du guide de réponses aux objections courantes sur le développement durable¹⁸, un outil très efficace dans la formation des animateurs d'activités de sensibilisation. Le travail de ces relais sera grandement facilité s'ils peuvent s'appuyer sur des exemples de succès, surtout si ces réussites concernent des PME québécoises issues d'une variété de territoires et de secteurs d'activité. À l'instar des études réalisées en Europe, ils auront également besoin de chiffres nord-américains montrant les bénéfices de l'économie circulaire en matière d'emploi, d'économie, de réduction des émissions de gaz à effet de serre, etc.

Le déploiement de l'économie circulaire nécessite donc une démarche de mobilisation orchestrée et adaptée au contexte national, en même temps qu'une concertation à l'échelle internationale. Heureusement, ceux et celles qui mènent le bal peuvent s'appuyer non seulement sur les apprentissages des démarches de RSE, mais plus globalement sur tout le savoir établi en matière de gestion du changement, de psychosociologie et de transformation sociale.

La rémunération, un enjeu de la circularité

Denis Chênevert

Historiquement, les stratégies organisationnelles sont difficilement compatibles avec les objectifs de l'économie circulaire car la rémunération des gestionnaires et dirigeants est liée, la plupart du temps, au chiffre d'affaires et à la quantité de biens produits, ce qui n'incite pas à prolonger leur usage¹⁹. Toutefois, le fait que plusieurs sociétés recherchent une légitimité environnementale – en réduisant leur exposition environnementale, en améliorant leur réputation, en donnant un

18. Euromed Management et Des Enjeux et des Hommes (2010).

19. Fédération des entreprises du recyclage (2014).

meilleur accès aux ressources et en renforçant les relations entre les parties prenantes – ouvre un débat sur le rôle comportemental de la rémunération dans le processus de prise de décision. En effet, il serait sensé, pour les organisations, de rémunérer leurs cadres dirigeants pour leurs actions environnementales pouvant conférer une plus grande légitimité à ces dernières et permettant d'améliorer directement ou indirectement leur performance.

La rémunération peut, selon le contexte, agir sur une variété d'attitudes et de comportements qui, à leur tour, peuvent influencer l'atteinte des objectifs organisationnels. Un système global de rémunération élaboré avec attention et étroitement aligné sur la stratégie et la culture de l'entreprise peut aider une organisation à influencer un groupe d'employés et à modifier ses comportements productifs. La rémunération, en raison de ses effets potentiels directs et indirects sur une variété d'indicateurs de résultats, est aujourd'hui considérée comme une activité de gestion des ressources humaines d'importance stratégique.

Le succès de l'implantation d'une nouvelle stratégie d'affaires requiert des changements d'attitude et de comportement de la part des employés. Les pratiques de rémunération aideront à orienter ces changements, conformément aux valeurs de l'entreprise.

Sachant que la rémunération est le levier comportemental le plus puissant dont disposent les organisations, il y a lieu de se questionner sur son usage dans une perspective de développement durable, précepte d'une utilisation non linéaire des ressources. C'est sûrement à l'échelle de la rémunération des cadres dirigeants que l'on doit se tourner pour comprendre l'enjeu. À l'exception de celle de Berrone et Gomez-Mejia²⁰, peu d'études se sont intéressées au lien entre la rémunération et la performance environnementale. Néanmoins, si les actionnaires veulent promouvoir des comportements écologiquement responsables parmi les membres de la direction, ils doivent lier étroitement leur rémunération aux objectifs poursuivis. De plus, l'ambiguïté causale à l'égard des déterminants de la performance des organisations entraîne les observateurs à analyser les comportements des dirigeants afin de porter un regard sur la qualité de gestion de la firme. À cet égard, l'étude longitudinale de Berrone et Gomez-Mejia a montré, sur un échantillon de près

20. Berrone et Gomez-Mejia (2009).

de 500 entreprises américaines, qu'il existe un lien entre la performance environnementale d'une organisation et la rémunération totale de ses cadres dirigeants. Après avoir contrôlé l'effet de la performance financière, de la structure de gouvernance et des caractéristiques sectorielles et organisationnelles, les firmes qui obtiennent une meilleure performance environnementale sont celles qui rémunèrent le mieux leurs dirigeants. Dans cette étude, la performance environnementale a été obtenue par l'entremise du *TRI Program (Toxics Release Inventory)* du ministère de l'Environnement américain. Il est donc possible d'orienter les comportements des cadres dirigeants afin que ces derniers agissent dans l'intérêt supérieur de l'ensemble des parties prenantes et que le développement durable soit un critère important de prise de décision.

Toutefois, l'étude donne à penser que cette relation est tributaire de la stratégie préconisée en matière de performance environnementale. En effet, la littérature laisse supposer l'existence d'une stratégie de contrôle axée sur l'étape finale du processus de production et d'une stratégie de prévention s'étalant sur plusieurs étapes du processus. La stratégie environnementale dite de prévention minimise ou élimine la création d'agents chimiques toxiques durant les diverses phases de production, ce qui requiert des investissements structuraux dans de nouvelles technologies propres. À cet effet, dans les entreprises ayant opté pour une stratégie de prévention environnementale (intervention à chacune des phases de production), la rémunération des dirigeants est plus fortement liée à la performance environnementale que dans les entreprises préconisant une stratégie axée sur le contrôle à la fin du processus de production seulement. En introduisant distinctement les deux stratégies environnementales dans le modèle de régression multivariée, seules les entreprises ayant adopté une stratégie dite de prévention montrent un lien significatif avec la rémunération totale de leur chef d'entreprise. La complexité pour le dirigeant d'implanter une stratégie de prévention impliquant plusieurs parties prenantes à chacune des étapes de production, ainsi qu'une coordination étroite entre les différentes fonctions, serait donc récompensée par les entreprises.

À cet égard, les études de cas réalisées par Price Waterhouse Cooper semblent montrer que la prise en compte des indicateurs de responsabilité sociale des entreprises (RSE) dans la rémunération des dirigeants est considérée uniquement lorsque l'entreprise a atteint un certain

degré de maturité dans la mise en place d'une démarche de RSE²¹. On estime que la valeur relative de la rémunération variable des dirigeants attribuée à des questions de RSE peut varier entre 10 % et 30 %. Les critères de RSE considérés sont très variés d'une entreprise à l'autre et concernent trois volets distincts : le volet environnemental (ex. : empreinte carbone), le volet social (ex. : accidents mortels) et le volet sociétal (ex. : achats solidaires). Il faut également considérer que la décision d'instaurer des critères liés à la RSE dans la rémunération variable va principalement dépendre du lien entre ces critères et la performance financière de l'organisation. L'exemple de Michelin illustre bien cette réalité. Dans un objectif d'accroissement de ses marges bénéficiaires, Michelin propose de vendre des kilométrages plutôt que des pneus en prenant en charge le cycle de vie du pneu chez le client. Cela comprend l'ajustement périodique de la pression des pneus, la divulgation de conseils sur la conduite routière et le recreusage et rechapage des pneus pour en prolonger la durée de vie. De cette façon, le client réduit ses coûts, l'entreprise accroît ses profits, et ce, en réduisant de plus de 50 % le nombre de pneus utilisés. Il ne s'agit donc pas d'un vœu pieux, mais d'un moyen pour améliorer la performance organisationnelle et environnementale et pour lequel les gestionnaires ont la marge de manœuvre nécessaire afin d'en influencer l'évolution²².

Les résultats invitent également à porter un regard critique sur les mécanismes de gouvernance comme la promotion au conseil d'administration d'une politique de rémunération environnementale ou la présence d'un comité nommé à cet effet. Les résultats conduisent à penser que ces mécanismes de gouvernance sont surtout symboliques, et n'ont aucun effet sur le lien entre la rémunération des dirigeants et la performance environnementale²³.

Enfin, certaines composantes de la rémunération seraient davantage liées à la performance environnementale que d'autres. La rémunération à long terme, comme les options d'achat d'actions, serait davantage liée à la performance environnementale étant donné que la valeur finale des actions est subordonnée à la performance future de

21. Price Waterhouse Cooper (2012).

22. Price Waterhouse Cooper (2012).

23. Berrone et Gomez-Mejia (2009).

l'entreprise. Il y a lieu également de considérer le contrôle des coûts relatif aux biens et matières premières utilisés, dans les futurs régimes de rémunération variable proposés. À cet effet, les régimes de partage des gains de productivité pourraient servir de fondement à cette réflexion ayant comme particularité de considérer les coûts d'utilisation des biens et matières premières dans l'octroi des bonis²⁴.

Soulignons également que le rôle de la rémunération des cadres dirigeants à l'égard de la performance environnementale serait plus porteur dans les secteurs où l'on retrouve une proportion plus grande de pollueurs.

En somme, la vision traditionaliste voulant que l'on doive choisir entre une stratégie axée sur le développement durable ou sur la profitabilité semble être remise en question à la lumière des derniers résultats. Le fait qu'une entreprise puisse orienter les comportements de ses dirigeants par la rémunération, autant sur des questions environnementales que sur des questions de performance financière, sème un vent de fraîcheur sur la possibilité de concilier ces deux objectifs.

L'entreprise collective, un véhicule d'innovation sociale

Martine Vézina

Appréhender l'économie circulaire en tant qu'innovation sociale ouvre la voie à une approche centrée sur les processus et les acteurs, ce qui permet de souligner les apports actuel et potentiel des entreprises collectives dans l'émergence et le déploiement de projets de ce type.

Selon le Centre de recherche sur les innovations sociales (CRISES), l'innovation sociale est «une intervention amorcée par des acteurs sociaux pour répondre à une aspiration, subvenir à un besoin, apporter une solution ou profiter d'une opportunité d'action afin de modifier des relations sociales, de transformer un cadre d'action ou de proposer de nouvelles orientations culturelles». Plus que la simple recherche de solutions palliatives, l'innovation sociale porte aussi un projet de transformation visant à modifier les règles, les normes et les valeurs

24. Chênevert et Tremblay (2000).

mêmes qui sont à l'origine des enjeux sociétaux. Dans la perspective de proposer des solutions durables, la transformation sociale passe par un changement culturel, dans les comportements individuels et collectifs. À cet effet, l'innovation sociale suggère de nouvelles façons de créer et de diffuser ces solutions en impliquant des acteurs pluriels dans des formes de partenariats inédits. Dans ce processus de construction collective, les acteurs impliqués s'approprient les solutions, acquièrent des compétences et en viennent à édifier et à partager de nouvelles normes, valeurs et règles au bénéfice de l'ensemble de la société.

L'économie circulaire appelle à une transformation des modes de production des entreprises, de consommation des individus, voire de philosophie sociale pour que le mode de vie soit durable. La perspective d'une telle transformation invite à sa potentielle inscription non seulement dans le champ de l'innovation technologique, mais bien dans celui de l'innovation sociale. Un projet d'économie circulaire doit dès lors être pensé comme un processus de construction collective de solutions qui mobilisent tous les acteurs économiques, territoriaux, syndicaux et publics de la société civile.

L'entreprise collective comme vecteur de projets d'économie circulaire

L'expérience montre que les entreprises collectives, quel que soit leur statut juridique (coopérative, OBNL ou mutuelle), sont porteuses d'innovations sociales²⁵. Créées à l'initiative d'individus ou d'organisations pour répondre à des besoins, de fortes valeurs de solidarité, d'égalité et d'équité les animent, et leurs promoteurs aspirent très fortement au changement social. Au Québec, ces entreprises contribuent à l'activité économique tant par leur nombre (7000, dont 3300 coopératives et 3700 OBNL) que par les emplois qu'elles procurent (150 000 ou 4 % des emplois totaux²⁶), et ce, dans tous les secteurs économiques²⁷. De

25. Bouchard (2011).

26. En 2002, le chiffre d'affaires annuel des entreprises d'économie sociale était de 17 milliards de dollars. Aujourd'hui, uniquement pour les entreprises constituées en coopérative ou en mutuelle, ce chiffre atteint 33,4 milliards de dollars (<http://www.chantier.qc.ca/?module=document&uid=871>).

27. Elles évoluent en outre dans les secteurs de l'agroalimentaire, de la finance, des arts et de la culture, du commerce de détail, de l'environnement, de l'immobilier, des infrastructures, du secteur manufacturier et des sports et loisirs.

formes variées, elles agissent au sein de ce qu'il est convenu d'appeler l'économie sociale.

L'entreprise collective se caractérise par la poursuite d'une finalité sociale en déployant une activité économique, marchande ou non, au service de sa mission de transformation sociale. Elle fonctionne selon des règles spécifiques, inscrites dans les législations encadrant ses activités. Il lui est partiellement ou entièrement interdit de redistribuer ses surplus d'opérations, ceux-ci devant obligatoirement être réinvestis dans l'organisation. De plus, les actifs accumulés sont durablement réinvestis, ne pouvant faire l'objet d'un partage entre les propriétaires en cas de dissolution. Ces modalités d'accumulation sont un frein aux occasions pour certains de maximiser des profits à court terme. C'est le rendement social, plus que le rendement économique, qui constitue le moteur du projet, le plus souvent axé sur des valeurs sociales (accessibilité, réponse à des besoins non solvables, équité, inclusion), éducatives et politiques (démocratie, participation, défense). Ces dimensions sont centrales à toute entreprise d'économie circulaire.

L'économie circulaire interpelle les individus dans leurs comportements de citoyens et de consommateurs, mais peut rencontrer de la résistance voire de la méfiance, car ses projets sont souvent peu documentés, non éprouvés. Les citoyens/consommateurs, en général moins bien informés que le producteur de l'initiative (selon le principe d'asymétrie de l'information), peuvent parfois avoir l'impression d'être lésés. L'entreprise collective, par sa finalité sociale et son mode de fonctionnement inclusif, peut cautionner à leurs yeux de nouvelles solutions, comme celles qu'offre l'économie circulaire avec sa finalité de transformation sociale. De ce point de vue, le projet éducatif que sous-tend l'entreprise collective apparaît central dans la promotion de nouveaux comportements individuels et collectifs.

Inscrivant son action dans une triple logique économique (forme entrepreneuriale), sociale (partage du pouvoir de décision) et écologique (accumulation dans une perspective intergénérationnelle), l'entreprise collective occupe une place centrale dans la constitution de nouveaux champs peu structurés, ou pas du tout, comme les projets de développement durable et ceux en lien avec l'économie circulaire. Ainsi, l'entreprise collective continue de jouer un rôle de pionnier dans la structuration de secteurs tels les ressourceries, le recyclage

des matières, le commerce équitable, le partage de véhicules et de matériel agricole, l'agriculture soutenue par la communauté et l'agriculture urbaine ainsi que des programmes d'achats locaux, pour ne nommer que ceux-là. C'est d'ailleurs sous forme de coopérative (Coop carbone) que s'est récemment constituée la première initiative visant à encourager les entreprises québécoises à tirer profit du marché du carbone en les accompagnant dans leur démarche.

L'entreprise collective apparaît comme un mode d'organisation de l'activité économique dont la flexibilité se reflète dans la diversité des rôles qu'elle peut jouer aux divers stades d'un processus d'innovation sociale tel un projet d'économie circulaire. Son modèle de gouvernance ouvert, partenarial et souple apparaît en effet propice à la recherche de solutions nouvelles face à des enjeux complexes, multiobjectifs et multinationaux, comme ceux que soulèvent les initiatives d'économie circulaire. On touche en effet à des systèmes d'acteurs économiques, sociaux, politiques et institutionnels, voire culturels, qui se coordonnent sur un territoire donné dans la perspective d'un développement économique, environnemental et social durable et intégré. Parce que l'entreprise collective s'ancre dans le territoire et qu'elle est créée par et pour un groupe de personnes ou d'acteurs organisationnels issus d'une collectivité, elle revêt divers rôles pour susciter une cohésion sociale autour d'un projet axé sur le progrès social. Elle est incubatrice de projets, mobilisatrice de réseaux d'acteurs publics, de la société civile et privés, actrice d'une diversification économique locale par l'organisation de marchés non solvables, mais également génératrice d'emplois pour les personnes exclues. L'entreprise collective a notamment joué un rôle important dans l'élaboration et l'animation de projets d'écologie industrielle dans certaines régions du Québec²⁸. Nombreuses sont aussi les initiatives d'économie circulaire déployées par les coopératives agricoles et agroalimentaires dans les domaines de l'approvisionnement durable, de l'écoconception, de l'écologie industrielle et territoriale, de l'économie de la fonctionnalité, de la consommation responsable et du recyclage. Enfin, parce que les innovations sociales se produisent en grappes, au Québec, les entreprises collectives se sont dotées d'un écosystème

28. Klein et Tremblay dans Bouchard (2011) et Cournoyer dans Gendron et Turcotte (2011).

d'appui à l'émergence, à l'expansion et à la consolidation²⁹. Formé de regroupements territoriaux et sectoriels, d'institutions financières, d'organismes de soutien, de programmes de formation, de centres et de groupes de recherche (collégiaux et universitaires), cet écosystème d'économie sociale a plus récemment été bonifié par l'adoption d'une loi-cadre en économie sociale. Reconnaisant la contribution spécifique de ce mode entrepreneurial à la croissance économique et sociale, cette loi vise à mieux arrimer les politiques publiques aux objectifs d'action et aux spécificités d'organisation de l'entreprise collective de façon à en maximiser le potentiel de contribution face aux défis de la société québécoise.

En somme, concevoir l'économie circulaire sous l'angle de son potentiel d'innovation et de transformation sociale permet d'ouvrir ce champ nouveau sur des dynamiques complémentaires au processus d'innovation technologique. Conçue sous l'angle de l'innovation sociale, une initiative d'économie circulaire reconnaîtra le potentiel de contribution d'acteurs collectifs, dont la triple logique d'action, à la fois économique, sociale et écologique, constituera un ingrédient incontournable de sa réussite.

Des consommateurs en évolution dans un monde en changement

Jonathan Deschênes et JoAnne Labrecque

Les conduites et les valeurs de consommation s'inscrivent dans la mouvance des variables qui définissent l'environnement de consommation, soit le contexte économique, la démographie, les avancées technologiques, la réglementation, la concurrence du marché.

En réponse à la consommation de masse qui a suivi la Deuxième Guerre mondiale, plusieurs experts ont insisté sur la nécessité d'instaurer des mécanismes pour protéger le consommateur, mais également pour le responsabiliser. Dès les années 1950 et jusqu'aux années 1970, la question interpelle de nombreux auteurs. Certains ont décrié le

29. Lévesque (2004).

gaspillage; d'autres ont critiqué la vision à court terme de la production des biens, d'autre encore ont dénoncé l'obsolescence programmée et l'emploi massif de pesticides et de produits chimiques, soulignant leurs effets néfastes sur l'environnement et sur la faune. On continue de critiquer la place centrale de la consommation dans les sociétés modernes et la transformation de l'être-citoyen en être-consommant.

Le consommateur vert

Cette époque marque donc le début d'une réflexion élargie sur le rôle des consommateurs dans les problématiques environnementales et sociales. Le contexte de surproduction et de surconsommation, qui atteint son paroxysme au cours des dernières décennies du ^{xx}^e siècle, renforce la prise de conscience des effets pervers de notre style de vie moderne. Les enjeux environnementaux attirent de plus en plus l'attention, avec notamment la publication du rapport Brundtland en 1987 qui élabore les fondements du développement durable et de la responsabilité sociale. Les consommateurs ont progressivement intériorisé ces grands enjeux et ont évolué dans leur rapport à la consommation. Ils se sont intéressés de plus en plus aux produits respectueux de l'environnement, dont plusieurs ont été introduits au cours des années 1980 et 1990.

Malgré leur bonne volonté, plusieurs consommateurs se sont détournés de l'achat de produits «écologiques» en raison de la mauvaise performance de certains (ex.: des produits biodégradables se dégradant trop rapidement, des ampoules fluorescentes émettant de la fumée, du papier recyclé aussi rugueux que du papier à sabler, etc.). Des rapports publiés par la firme Terrachoice durant les années 2000 sur des stratégies de *greenwashing* utilisées dans la promotion de produits ayant des prétentions vertes douteuses ont aussi contribué à rendre les consommateurs sceptiques face à ce type de produits³⁰.

Le consommateur éthique

Progressivement, les intérêts des consommateurs ont transcendé la dimension environnementale pour inclure les répercussions sociales

30. Notons cependant que depuis le début des années 2000, les entreprises déploient de grands efforts dans la conception de produits environnementaux davantage performants, donnant forme à une industrie verte renouvelée.

de la consommation. Cela a donné lieu à de nouveaux styles de vie. Le commerce équitable, qui respecte mieux les droits et la santé des travailleurs, s'est développé. De plus, certains individus ont adopté un mode de consommation alternatif axé sur les valeurs de la simplicité volontaire. L'achat local et les causes sociales soutenues par les entreprises ont suscité plus d'intérêt. C'est ainsi, au début des années 2000, que les consommateurs sont devenus « éthiques ».

Il y a véritablement une intensification de la prise de conscience des effets d'une production et d'une consommation effrénées et de leurs répercussions perverses sur l'environnement comme sur la qualité de vie des futures générations³¹. Le consommateur d'aujourd'hui évolue dans un univers complexe, incertain et menaçant. Les conflits géopolitiques d'envergure, les attentats terroristes et le déplacement massif de réfugiés sont aussi des facteurs qui ajoutent à ce sentiment de menace.

Le consommateur-citoyen

La notion de « consommateur-citoyen » gagne du terrain. Pour certains, consommer devient un acte politique. De fait, la possibilité de communiquer et d'exprimer ses idées sur Internet et dans les médias sociaux permet aux consommateurs de devenir des acteurs de changement. Il devient plus facile de valoriser et de soutenir les entreprises qui adoptent des pratiques socialement responsables mais aussi, à l'opposé, de dénoncer les entreprises coupables d'infraction. Par exemple, une étude de Cone³² suggère que 85 % des consommateurs ont une image plus positive des entreprises soutenant des causes sociales et que 90 % d'entre eux souhaitent savoir explicitement comment elles soutiennent ces causes. Une étude du National Marketing Institute révèle que parmi les *LOHAS* (*Lifestyle of health and sustainability*), un segment de consommateurs très favorable à la consommation responsable, qui représente 23 % de la population américaine et un marché estimé à plus de 355 milliards de dollars américains (selon lohas.groupsite.com), plus de 70 % boycottent les entreprises dont ils désapprouvent les comportements³³.

31. Belz et Peattie (2012) et Robertson (2014).

32. Tiré de l'étude intitulée « Cone Cause Evolution Study » (2010).

33. Tiré de National Marketing Institute (NMI) 2009 LOHAS Consumer Trends Database.

L'être-consommant redevient l'être-citoyen de par sa propre réflexion et ses actions relatives à la consommation.

En parallèle, la crise de 2008 et le contexte économique incertain forcent nombre de consommateurs à revoir leurs habitudes de consommation. Certains s'organisent en utilisant la technologie du Web et les réseaux sociaux en ligne pour faciliter le partage de ressources entre particuliers. Des plateformes proposant l'échange direct de biens et de services entre individus ou entre individus et organisations s'imposent, dans une nouvelle économie de partage³⁴.

Vers un « consommateur circulaire » ?

Mais il y a loin de la coupe aux lèvres. Seulement 39 % des Québécois affirment adopter des pratiques qui donnent une deuxième vie à un objet, selon le Baromètre de la consommation responsable³⁵. Si les consommateurs achètent plus volontiers des produits biologiques ou locaux, le manque de temps et le coût parfois plus élevé de ces produits représentent des freins importants. En fait, certaines recherches remettent en question la réelle concrétisation de la consommation éthique ou responsable. Un sous-champ d'études sur l'écart entre les intentions ou les valeurs et les actions (parfois appelé le *green gap*) a émergé au cours des dernières années. Afin d'exprimer l'écart, les auteurs³⁶ font parfois référence au ratio « 30/3 » qui indique que si le tiers des consommateurs se sentent préoccupés par l'environnement, seulement 3 % adoptent des changements de comportement. D'autres freins existent, notamment la résistance au changement des habitudes de consommation, le manque de réflexion lors de l'achat, des compétences ou l'expertise requises trop élevées pour l'achat de produits responsables, le risque perçu associé à ces produits, le manque de confiance dans le produit ou dans l'entreprise et l'utilisation de techniques de

34. Voir les textes « Le réemploi et la redistribution des produits de consommation » et « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

35. Voir le texte « Le réemploi et la redistribution des produits de consommation » du présent ouvrage.

36. Voir par exemple Emery (2012).

neutralisation permettant de justifier mentalement l'écart entre les valeurs et les achats³⁷.

Il n'en reste pas moins qu'une plus forte proportion des consommateurs devront passer des intentions aux actions. Peut-être serons-nous un jour témoins d'une transformation réelle qui impliquera l'évolution ultime du consommateur responsable et sa consolidation sous l'angle de la « consommation circulaire », une consommation préconisant l'intégration globale de l'ensemble des préoccupations pour l'environnement et les personnes : une consommation en circuit fermé – pratique maximale de recyclage, de réemploi et de redistribution au lieu de jeter ou d'acheter constamment du neuf – qui s'inspirera davantage de la simplicité volontaire afin de décélérer son rythme de façon substantielle, qui se souciera systématiquement de la provenance et de l'empreinte environnementale des achats, qui utilisera constamment le droit de vote afin de récompenser les entreprises responsables et de punir les délinquantes, qui se mobilisera et partagera l'information sur la société et les entreprises avec les membres de ses nombreuses communautés d'appartenance. Progressivement, des valeurs de « déconsommation », de réutilisation des biens, d'optimisation des ressources existantes, de partage et d'échange de biens et d'information deviendront peut-être la norme dans ce monde en constant changement.

L'économie du don : objets, valeurs et relations sociales

Nicole Gombay

Les systèmes économiques, quel que soit le modèle conceptuel sur lequel ils sont fondés, servent en définitive à ce que les individus obtiennent les biens nécessaires à la survie – de la nourriture, un abri et des vêtements,

37. Les techniques de neutralisation sont des mécanismes de défense interne permettant à l'individu de protéger son intégrité advenant une dissonance entre ses valeurs et ses actions. Dans le contexte de la consommation responsable, Gruber et Schlegelmilch (2014) ont recensé plusieurs de ces techniques, par exemple : le déni de responsabilité, le déni des conséquences négatives, la justification de l'action par la nécessité, la justification par la comparaison relative à des actes encore plus reprochables, etc.

principalement. Mais même si nous construisons des systèmes économiques essentiellement pour nous fournir des objets, il existe, sous-jacent à ces systèmes, des valeurs que nous attribuons à ces objets ainsi que différentes façons de concevoir ces derniers. Ainsi, on peut envisager l'économie comme un tout qui intègre « la fabrication, la détention, l'utilisation, le partage, l'échange et l'accumulation d'objets de valeur³⁸ ». En conséquence, les pratiques économiques mettent l'accent sur un transfert des valeurs, lesquelles ne sont pas seulement inhérentes aux objets. Les relations associées à la circulation de ces derniers sont également cruciales dans la formation de valeur. Ces relations assurent la diffusion des objets, et, plus fondamentalement, constituent le terreau fertile où prennent racine les idées sur la valeur de ces objets, où elles se nourrissent, se développent et se perpétuent.

Une économie circulaire cohérente et efficace ne voit pas le jour simplement à la suite du mouvement circulaire des objets – du lieu de production au monde de la consommation pour ensuite revenir au monde de la production. Un tel processus nécessite un examen attentif des façons dont nous concevons les objets qui constituent l'économie, et de celles avec lesquelles les sociétés établissent des relations avec ces objets. Nous ne devons pas considérer l'économie seulement au sens matériel, mais aussi dans le rapport de ces matières à des institutions et à des valeurs sociales plus importantes. Comment nos valeurs se rattachent-elles au fonctionnement de nos institutions sociales, et comment celles-ci s'articulent-elles à nos pratiques économiques ? Comment lier ces façons de faire à une vision plus circulaire ? Ces questions vitales se doivent d'être examinées, notamment dans le cadre des pratiques économiques actuelles, qui relèvent d'une vision du monde plutôt linéaire. Au lieu de considérer les objets que nous consommons comme venant de quelque endroit et se dirigeant vers un autre lieu non défini, ce qui est plausible dans un monde sans limites, nous devons chercher à comprendre comment nos valeurs fondamentales peuvent servir soit à appuyer une telle conception, soit à la contrecarrer. On doit renforcer l'économie circulaire par des institutions sociales qui affichent et promeuvent les valeurs qui la sous-tendent.

38. Gudeman (2001).

L'économie du don est fondamentalement circulaire. Elle lie des objets, des relations sociales et des valeurs dans des processus cycliques qui construisent, renforcent et soutiennent les économies circulaires.

Explorer l'économie du don

Marcel Mauss conçoit le don comme une clé pour comprendre les processus économiques hors du marché. Bien qu'il se soit concentré dans les sociétés dites « archaïques », on retrouve actuellement dans toutes les sociétés des éléments propres à l'économie du don, au centre même de laquelle s'illustre une dynamique circulaire consistant à donner, à recevoir et à rendre. Au Canada, les économies des peuples autochtones sont fondées sur le don, mais les relations de don et les valeurs qui les sous-tendent existent dans une variété de domaines considérés comme faisant partie de l'économie circulaire³⁹.

La socialité ainsi que la création et le maintien de relations sont au cœur de l'idée même du don. Réduit à sa plus simple expression, quand a donne x à b, ce don suscite en b l'obligation de rendre la pareille, perpétuant ainsi simultanément le processus et créant un lien entre a et b. Mais il y a de la diversité dans la logique circulaire au cœur d'une économie du don. Le laps de temps écoulé entre le don, la réception et la réciprocité peut varier ; la nécessité d'une équivalence entre le don et la réciprocité n'est pas toujours présente et, dans certains cas, les dons sont faits sans l'attente d'une réciprocité. En faisant un don à un organisme de bienfaisance ou en donnant du sang, je ne m'attends pas *nécessairement* à recevoir une contrepartie. Il est essentiel de comprendre que les relations sociales jouent un rôle clé dans ce genre d'échange. Dans le transfert des objets d'une personne à l'autre, elles s'affirment et se reconstituent continuellement. Contrairement à celles qui régissent les échanges dans le marché, ces relations sociales ne sont pas forcément discrètes ou d'une durée déterminée : après avoir donné quelque chose dans le cadre d'une relation de don, une personne maintient souvent cette relation. Voilà pourquoi les économies du don construisent la communauté et en sont à la fois l'expression. En donnant, en recevant et

39. Voir les textes « Le réemploi et la redistribution des produits de consommation » et « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

en rendant, les gens établissent et maintiennent constamment des liens entre eux, ce qui en vient à constituer le fondement de leur économie. L'accent n'est pas simplement mis sur la production et la consommation; les liens établis grâce au don entretiennent les relations communautaires qui permettent finalement la reproduction sociale.

Voilà pourquoi, lorsque nous réfléchissons à la valeur qui est au cœur des économies du don, bien que la distinction entre la valeur d'usage et la valeur d'échange⁴⁰ puisse partiellement nous aider à les comprendre, on constate que ce qui est vraiment essentiel pour ces économies est «la valeur de lien», qui induit «ce que vaut un objet, un service, un “geste” quelconque dans l'univers des liens, dans le renforcement des liens»⁴¹. Puisque des biens et des services sont échangés dans les économies du don, les gens créent et maintiennent ainsi la valeur de lien de sorte que les relations entre les individus ou les collectivités concernés seront maintenues sous la forme d'échanges continus.

Certains prétendent⁴² que la notion de «partage» est une version élargie de la formulation du don de Mauss. Bien que récemment, notamment dans le monde anglophone, on ait de plus en plus recours à l'«économie du partage» comme un substitut attrayant à la «location», en anthropologie économique, le terme «partage» est utilisé pour évoquer des valeurs et des activités telles que l'hospitalité, les relations entre les peuples et la terre et la conscientisation communautaire qui englobent plus que l'échange réciproque de biens qu'implique l'économie du don. Le partage est alimenté par des attentes communes sur le bon comportement social, lesquelles sont fondées sur des impératifs moraux. La nature de ces derniers varie selon les croyances culturelles, mais ils servent généralement à établir et à entretenir des relations non seulement entre les gens, mais également entre les gens et l'environnement en général.

40. La valeur d'usage est établie en fonction de la valeur d'une chose en tant qu'objet utilisé. La valeur d'échange est créée à la suite de processus d'échange. La valeur d'usage est souvent associée à la production de biens destinés à la consommation domestique, tandis que la valeur d'échange est souvent associée à la production de marchandises pour la vente sur le marché.

41. Godbout et Caillé (1992).

42. Voir Bodenhorn (2000); Ingold (1986); MacDonald (2000).

Chez les Inuits, par exemple, l'impératif de partage est fortement associé à la nourriture. Selon eux, l'animal qui se présente au chasseur fait un don initial, qui ne doit pas être refusé afin d'assurer sa pérennité. En rejetant le don initial, on risque de susciter le mécontentement du donateur. C'est pour ça que les Inuits disent que s'ils ne chassent pas les animaux, ou s'ils le font de façon inappropriée, ceux-ci s'enfuiront. L'obligation de rendre la pareille appartient à celui qui reçoit, toutefois il ne s'agit pas de redonner aux *derniers*, mais plutôt aux *suivants*⁴³. Selon cet impératif moral, le don de l'animal oblige le bénéficiaire à donner aux *autres*. On s'attend à ce que les gens donnent de la nourriture quand ils le peuvent et leurs motivations pour ce faire se fondent d'abord et avant tout sur l'offrande initiale faite par l'animal. Ce don initial crée l'obligation, ce qui garantit que le don sera remis à d'autres. Tous les autres dons sont secondaires. La valeur de lien est ainsi créée, extraite, maintenue et reproduite dans l'acte de partage.

En somme, le don est incontournable dans une économie circulaire, qui, à l'évidence, ne se compose pas seulement d'objets. La circulation des objets est favorisée par les valeurs et les relations sociales qu'elle nourrit. Ensemble, il faut considérer ces trois éléments comme des pivots qui génèrent et perpétuent les économies circulaires.

L'intégration aux cursus de formation

Louise Millette et Jean-François Desgroseilliers

L'importance de l'éducation pour l'enrichissement des sociétés n'est plus à démontrer. Elle permet non seulement de mieux outiller les étudiants afin qu'ils puissent combler leurs besoins de base, mais elle contribue aussi à soutenir leur épanouissement au sens large. Au-delà du transfert des savoirs, les cursus de formation visent à faire acquérir des compétences, à ouvrir les horizons, à réfléchir, à élaborer une pensée

43. Des parallèles similaires existent dans les sociétés contemporaines « occidentales ». Pour faire une agréable surprise à un inconnu, il est maintenant parfois coutume dans un café de payer une consommation à la personne qui vous suit.

critique et systémique. Une société éduquée est en meilleure santé, plus engagée et plus innovante.

Depuis la révolution industrielle, les innovations scientifiques, techniques et médicales se sont enchaînées à un rythme croissant. Elles ont permis d'augmenter de manière spectaculaire l'espérance de vie, le confort et la sécurité des individus. Mais ces deux derniers siècles ont aussi été marqués par un modèle linéaire de croissance où les ressources sont surexploitées puis abandonnées au profit de nouvelles ressources. Les conséquences de ce modèle sur les ressources finies de la planète et sur tous ses habitants sont graves. On parle d'époque «anthropocène» tant l'influence de l'homme sur la planète est importante. Cette compréhension plus globale des conséquences de nos choix passés appelle des changements à mettre en place dans toutes les sphères de l'activité humaine.

Selon la belle formule attribuée à Einstein, «on ne résout pas un problème avec les modes de pensée qui l'ont engendré». Construire un modèle de société plus durable impose d'innover dans la manière de répondre aux besoins. L'éducation, qui nourrit la créativité, la curiosité et la pensée critique, permet de comprendre les changements que l'homme a provoqués sur la planète, et comment ceux-ci compromettent l'avenir et permet d'imaginer des pistes de transformation de la société.

Depuis le XIX^e siècle, les programmes de formation ont connu une importante spécialisation, qui a effectivement contribué à l'accélération des avancées techniques et scientifiques. Par contre, elle a aussi créé des «silos» entre des formations qui ont toutes un rôle à jouer dans la transition vers un nouveau modèle socioéconomique. Préparer les étudiants à œuvrer à cette transition implique donc, entre autres, de favoriser les occasions de formation, de projets et de travaux interdisciplinaires. Les étudiants pourront ainsi travailler dans des contextes multidisciplinaires et comprendre la contribution des professionnels de divers horizons pour construire une société plus durable. Ils doivent acquérir le réflexe d'intégrer à leur analyse d'une situation ou à une prise de décision des points de vue différents du leur et de chercher, à la croisée des compétences, les solutions véritablement durables.

Les travailleurs et les citoyens formés aujourd'hui doivent être capables de situer les répercussions de leurs actions dans un cadre

large, dans une mentalité de « cycle de vie », l'économie circulaire étant une application à grande échelle d'un tel mode de pensée. Parce qu'elle propose un modèle en rupture avec les modes actuels de consommation, l'économie circulaire mérite donc d'être soumise à la réflexion critique des étudiants.

À quoi ressemblera le monde façonné par les diplômés qui auront suivi des cursus faisant une place importante aux principes de durabilité et de circularité ? Impossible de la savoir, mais on peut espérer que ces principes guideront leurs actions, tant dans la sphère privée que professionnelle. Quelles transformations verront le jour si tous ces gens, qu'ils soient mécaniciens, dentistes, musiciens, ingénieurs, infirmières, enseignants, économistes ou gestionnaires, remettent en question les pratiques habituelles et choisissent les options menant à un meilleur usage des ressources et à une économie plus responsable sur les plans environnementaux et sociaux ? Certaines de ces solutions sont déjà en application, par exemple, les démarches de responsabilité sociale des organisations, les achats responsables, les plateformes numériques d'information, de partage et de collaboration, l'économie de fonctionnalité et de service, la responsabilité élargie des producteurs, l'écoconception, l'écologie industrielle et les modes d'aménagement intégrant les notions de métabolisme urbain et territorial.

On peut aussi espérer que ces citoyens seront curieux et ouverts à l'idée de mettre à l'essai les solutions nouvelles, même si elles n'émergent pas du milieu dans lequel ils évoluent au quotidien et qu'ils seront à l'affût d'information qui leur permettra de faire des choix en faveur de la circularité et de la durabilité de l'économie.

De tout temps, les jeunes ont jeté un regard différent de celui de leurs aînés sur le monde, ont fait des choix autres et ont transformé l'avenir. Conscients que la frénésie actuelle de consommation des ressources les mènera à un cul-de-sac, ils voudront sans aucun doute construire un nouveau modèle, durable, respectant les limites planétaires. En s'engageant aujourd'hui dans un projet de formation, quel qu'il soit, les étudiants veulent trouver les éléments essentiels à leur épanouissement et les outils pertinents pour le monde de demain. Les formateurs sont responsables de faire place à leurs questions : l'avenir ne peut se passer de réflexion critique envers le modèle actuel et du grand potentiel d'innovation des jeunes.

Les outils, les ressources et les savoirs existants

La transition d'une économie linéaire à une économie circulaire est déjà amorcée. Aujourd'hui même, il est possible de s'inspirer d'expériences en cours et de s'appuyer sur une diversité d'outils, de ressources et de savoirs élaborés au fil des années. Il faudra d'autres savoirs pour accompagner efficacement cette transition et s'assurer qu'elle atteint son but. Il est toutefois encourageant de constater qu'en rassemblant des expertises existantes, on dispose déjà d'un bon coffre à outils.

Cette section présente un échantillon de ces outils, de ces ressources et de ces savoirs et propose une variété d'approches. Certains outils sont techniques, comme l'analyse de flux de matières et celle du cycle de vie; d'autres relèvent davantage de la gestion. Même s'ils doivent les adapter à leurs besoins spécifiques, les acteurs du changement doivent absolument avoir accès à des outils communs pour faciliter le déploiement d'actions concertées et efficaces.

L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie

Manuele Margni

L'analyse de flux de matières (AFM) est un outil qui fait un bilan des flux et des stocks de matières d'un système délimité dans l'espace et dans le temps¹. Le système peut être une usine, un secteur industriel ou une région d'intérêt (territoire ou région administrative) qui inclut un ou plusieurs processus. L'AFM rend compte de l'ampleur des flux

1. Brunner (2004).

et des stocks de matières entre les processus d'un même système et les échanges depuis et vers son environnement. Le bilan de matières entre les entrants, les sortants et le stock se fonde sur le principe de la conservation.

Une AFM est donc un outil d'aide à la décision qui a comme objectif général de relier un indicateur environnemental à son origine économique. L'indicateur environnemental est un flux défini en unité de masse par unité de temps. Il peut cibler une substance spécifique (analyse de flux de substance ou AFS), par exemple un micropolluant, ou une matière ou un produit (*bulk-AFM*) comme du polyéthylène téréphtalate (PET) ou des ordinateurs. L'AFM est l'outil par excellence de l'économie circulaire, car elle informe sur les flux de matières à l'échelle d'une région (métabolisme régional) et oriente les stratégies pour leur conservation. Elle donne une information pertinente pour déceler et prévenir la pollution, conserver des ressources naturelles et réduire la production de déchets.

Les premières études s'intéressant aux flux de matières dans une économie de l'environnement datent de la fin des années 1960 et du début des années 1970, mais c'est depuis les années 1990 qu'on voit l'émergence de plusieurs avancées méthodologiques. Contrairement à l'analyse du cycle de vie (ACV), l'AFM n'est pas normalisée selon des standards, mais la Commission européenne a mené des efforts d'harmonisation et a publié, par l'entremise du service européen de statistique *Eurostat*, un guide méthodologique pour réaliser une AFM à l'échelle de l'économie (*Economy-wide Material Flow Analysis ou EMFA*). Cette approche, dite descendante, a inspiré la réalisation de plusieurs études portant sur la comptabilité des flux de matières pour une meilleure compréhension du métabolisme régional et urbain. D'autres approches, dites ascendantes, fondent leur analyse sur des données techniques et offrent normalement un degré de précision plus élevé.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil d'évaluation environnementale qui permet de calculer l'empreinte environnementale d'un produit ou d'un service tout au long de son cycle de vie, soit du « berceau au tombeau² ». L'ACV se veut holistique, notamment parce qu'elle inclut l'ensemble des activités rattachées à la fonction fournie par le produit

2. Jolliet *et al.* (2010).

ou le service évalué, c'est-à-dire toute activité touchant à l'extraction des matières premières, à la production, à la distribution, à la phase d'usage et à la fin de vie. Elle permet aussi de tenir compte d'une large gamme de problèmes écologiques potentiels associés aux entrants provenant de l'environnement (ex. : extraction des ressources naturelles) et aux sortants émis dans l'environnement (ex. : émissions dans l'air, l'eau et le sol) de l'ensemble du cycle de vie analysé. Cela permet de repérer les problèmes et d'éviter que la solution envisagée pour minimiser l'empreinte environnementale du produit ou du service ne se traduise tout simplement pas en un déplacement des effets négatifs vers une autre étape du cycle de vie ou vers un autre environnement fragile. Par exemple, dans le cas de voitures électriques et thermiques, on observe un déplacement d'émissions de la phase d'usage (zéro émission) à la phase de production (émissions associées à la centrale électrique et au réseau de distribution ainsi qu'à la production des batteries). Une réduction d'émissions de GES serait ainsi contrebalancée par une pression accrue sur la consommation de ressources minérales (de moins en moins accessibles) ou de toxicité.

L'ACV apparaît à la fin des années 1960, mais son développement méthodologique a réellement commencé au cours des années 1990 ; au tournant du siècle les normes ISO 14040 et 14044 le standardisent. En 2002, le Sommet mondial sur le développement durable reconnaît que l'ACV est une approche scientifique valable pour créer des politiques améliorant les produits et les services tout en réduisant leurs répercussions négatives sur l'environnement et la santé humaine. Elle est adoptée comme un cadre d'analyse reconnu dans plusieurs législations nationales, notamment la Loi sur le développement durable et la directive de l'Union européenne sur la politique intégrée des produits, en plus de servir à l'implantation de stratégies thématiques sur l'utilisation durable des ressources naturelles, la prévention et le recyclage des déchets. On utilise également l'ACV pour cerner les occasions d'améliorer le design de produits ou de services, pour produire des déclarations environnementales et soutenir l'affichage environnemental. Elle est aussi de plus en plus utilisée pour évaluer les chaînes de valeurs d'une organisation à support en soutien à la stratégie de durabilité d'entreprise. L'ACV ne considère pas uniquement le volet environnemental défini dans la norme ISO 14040, mais se décline en

outre dans des approches pour évaluer les coûts et les aspects sociaux et socioéconomiques sur l'ensemble du cycle de vie. La première comptabilise les coûts soutenus par l'ensemble des acteurs du cycle de vie du produit ou service (typiquement les coûts d'achat, d'opération, de maintenance et de fin de vie); la deuxième analyse les effets sociaux et socioéconomiques positifs et négatifs issus des conséquences des interactions entretenues avec les parties prenantes des activités au long du cycle de vie du produit ou service analysé³.

Dans un contexte d'économie circulaire, l'ACV joue donc un rôle d'arbitrage et apporte une vision holistique au-delà de la chaîne de valeurs du produit ou de la matière qui le compose. L'ACV n'a a priori pas de parti pris sur la préférence d'un scénario circulaire ou linéaire; elle détermine les meilleurs compromis à la lumière d'indicateurs concrets et quantitatifs. Par exemple, dans une perspective environnementale, il est possible que la meilleure solution de rechange au recyclage du verre soit son utilisation comme matériel de remblais ou composant pour du béton (recyclage à boucle ouverte) comparativement à sa réutilisation dans l'industrie de la bouteille (recyclage à boucle fermée). La réponse peut également varier lorsqu'on aborde le volet des coûts ou du social.

Similitudes et différences

Certains chevauchements existent entre l'AFM et l'ACV, car les deux méthodes partagent l'approche système et, dans une certaine mesure, le respect du bilan de masse. Elles divergent toutefois dans leur finalité, le périmètre d'analyse et les besoins de données. Si l'on peut considérer une AFM comme tout à fait semblable à la phase d'inventaire de l'ACV, elle se concentre uniquement sur une substance, une matière ou un produit échangé entre plusieurs processus à l'intérieur d'une région géographique donnée (approche spatiale). La limite géographique détermine les processus retenus: extraction, production, consommation, incinération, réutilisation, recyclage, etc. L'ACV adopte une approche fonctionnelle et s'intéresse à une fonction réalisée par un produit ou un service. Toutes les activités (ou processus) utiles pour satisfaire cette fonction sont considérées sans égard aux limites spatiales ou temporelles. De plus, on ne considère que la fraction de processus

3. Hunckeler, Rebeitzer et Lichtenvort (2008) et PNUE (2009).

nécessaire pour remplir la fonction considérée. Finalement, l'ACV vise à comptabiliser l'ensemble des entrants et sortants (plusieurs centaines, voire des milliers) du système étudié et à les traduire en indicateurs d'effets, comme les changements climatiques, la perte de biodiversité, la santé humaine et la consommation de ressources, mais elle ne donne qu'une indication grossière des points chauds, souvent obtenus à partir de données génériques. Une AFM a pour objectif d'observer les flux de matières dans une région et les problèmes qui y sont directement liés, comme la pollution ou la gestion plus ou moins durable d'une région. L'AFM permet également de focaliser les efforts sur la conservation d'une ressource lorsque celle-ci a été reconnue comme pertinente et à comprendre où sont les gisements, les stocks et les pertes pour proposer des stratégies visant sa conservation. Les deux outils, séparés ou combinés, fournissent donc une information complémentaire et essentielle pour évaluer la circularité des flux de matières et la pertinence environnementale des stratégies qui cherchent à maximiser une économie en boucle fermée.

L'écoconception

Fabienne Munch et Sylvain Plouffe

« Trop de choix tue le choix »...

En économie circulaire, « trop de choix tue la planète ». Toujours plus, toujours mieux... les avancées technologiques, sociales et scientifiques ont non seulement démultiplié les capacités de production de masse sur tous les continents en cassant les coûts, mais ont aussi conduit au principe de disjonction⁴ entre les grands champs de connaissance scientifique, raréfiant ainsi les possibilités de communication et de réflexion entre disciplines (faut-il parler de l'intelligence aveugle qui isole tous ces objets de leur environnement ?).

Source de création et d'innovation, le domaine du design n'a pas été épargné. Les industriels, les gouvernements et les agences ont fait appel aux ingénieurs et aux designers du monde entier pour lancer constamment des nouveautés, des rééditions et des produits *me too*, remplissant

4. Morin (2005).

les étagères des magasins, agrandissant les centres commerciaux, les aires de stationnement et les salons professionnels pour la promotion d'une consommation débridée.

Depuis quelques décennies, les problèmes environnementaux liés à ce mode de consommation ont donné lieu à une remise en question profonde et de plus en plus d'acteurs font la promotion de produits et de services écoconçus, moins dommageables pour l'environnement.

Il existe plusieurs définitions de l'écoconception. Leurs différences tiennent à l'évolution des connaissances en environnement et aux expériences dans la conception de produits et de services. Nous avons retenu ici la définition que propose la norme NF X 30-264 Management environnemental⁵:

L'intégration systématique des aspects environnementaux dès la conception et le développement de produits (biens et services, systèmes) avec pour objectif la réduction des impacts environnementaux négatifs tout au long de leur cycle de vie à service rendu équivalent ou supérieur. Cette approche dès l'amont d'un processus de conception vise à trouver le meilleur équilibre entre les exigences environnementales, sociales, techniques et économiques dans la conception et le développement de produits.

La naissance de l'écoconception

La première vague d'intégration de l'environnement dans la conception de produits date du début des années 1970. L'objectif principal de cette remise en question était de diminuer la quantité de déchets solides acheminés dans les sites d'enfouissement. Les efforts portent sur la fin de vie; le design tente de diminuer la matière utilisée, de favoriser le démontage, la recyclabilité et l'utilisation des matières recyclées.

Durant la même période, les chercheurs se penchent sur des démarches incluant de multiples répercussions environnementales, selon lesquelles l'optimum écologique est obtenu en minimisant cinq critères (l'énergie, la matière, les déchets solides, les rejets dans l'eau et les rejets dans l'air) durant l'élaboration d'un produit ou d'un service.

5. Norme NF X 30-264 Management environnemental – Aide à la mise en place d'une démarche d'éco-conception (2013).

Plus tard apparaissent les REPA (Resources and Environmental Profile Analysis). Dans ces analyses, outre les ressources utilisées, on prend en compte les rejets générés par le système de production à l'étude. En 1979, des industriels américains créent la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), avec l'objectif d'élaborer et de promouvoir les outils permettant d'évaluer les effets environnementaux d'une technique ou d'une activité. Au milieu des années 1980, en Suisse, les premiers résultats des études sur les effets environnementaux de certains produits sont publiés sous le titre *Bilan écologique des matériaux d'emballage* (mieux connu sous le nom de *BUWAL*). Aujourd'hui, l'analyse du cycle de vie (ACV) est l'outil le plus reconnu pour évaluer les effets environnementaux des produits et services⁶.

Dans la pratique actuelle du design, les concepteurs ont à leur disposition une panoplie de logiciels permettant de réaliser des ACV à partir de différentes bases de données. Les enjeux de l'écoconception ne sont plus à défendre et la plupart des écoles de design intègrent la dimension d'écoresponsabilité dans les cheminements et apprentissages. Dans le milieu professionnel, les services de R et D commencent à intégrer les principes d'écoconception dans leurs méthodes d'élaboration et les agences de conception de produits offrent des compétences solides en écoconception.

L'écoconception gagne indéniablement du terrain et les exemples de produits et de services écoconçus se multiplient (production alimentaire, produits nettoyants, efficacité énergétique des produits d'éclairage, mobilité, etc.). Souvent, le processus d'écoconception permet de débloquer des opportunités innovantes, de nouvelles conditions d'usage et de nouveaux modèles d'affaires; si de nombreux dirigeants d'entreprise croient encore que l'environnement est une source de dépenses, des études récentes montrent que l'écoconception est profitable⁷. Elle permet de minimiser les effets négatifs sur l'environnement en posant un regard systémique sur les offres de produits et services. La démarche est donc tout à fait au point pour contribuer significativement à

6. Voir le texte «L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie» du présent ouvrage.

7. Haned *et al.* (2014), Plouffe *et al.* (2011).

consolider une économie circulaire. Aujourd'hui, de nombreuses catégories de produits font état d'efforts visibles dans l'analyse des matériaux utilisés; les expériences en ce domaine sont très efficaces sur le produit (niveau micro), mais des défis de taille subsistent quant au prix de la matière recyclée, au modèle d'affaires des réseaux d'échanges de cette matière et à l'accès à ces réseaux (niveau macro). Par exemple, même si le produit écoconçu est recyclable, son recyclage éventuel peut engendrer des répercussions environnementales imprévisibles lors de la conception (si les procédés de recyclage sont peu efficaces, si les distances à parcourir pour la collecte sont trop importantes ou si les mesures d'incitation au recyclage sont inopérantes).

Il reste donc beaucoup à faire sur le plan de la structure industrielle, des infrastructures de l'écosystème industriel et des parties prenantes pour que l'écoconception et l'économie circulaire atteignent un degré d'engagement majeur. Toutefois, les progrès réalisés sur le plan des connaissances en environnement des dernières décennies, et le relais des médias et politiques afin d'en accélérer l'adoption, nous permettent d'être résolument optimistes.

La chimie verte

Sébastien Sauvé et Joëlle Pelletier

Quand on pense à la chimie, quelles idées nous viennent en tête ? Les médicaments qui sauvent les vies, les matériaux qui augmentent notre qualité de vie... mais aussi la pollution engendrée par les rejets des procédés de synthèse ou l'usage même des millions de substances de synthèse créées par l'homme. La chimie environnementale, la chimie verte et l'économie circulaire ont toutes à cœur la qualité de l'environnement, mais chacune aborde la question sous un angle assez diff  rent. On confond souvent la chimie environnementale et la chimie verte et il est donc important de cerner leurs différences, en plus de souligner les liens qui allient les deux à l'économie circulaire.

Il demeure essentiel de prendre conscience que, sur le principe d'une bonne gestion économique et indépendamment des répercussions sur l'environnement, la chimie travaille depuis longtemps à maximiser les performances des procédés pour réduire les ressources requises,

diminuer les coûts de production et augmenter les profits; des concepts qui visent dans une mesure toute relative à améliorer la circularité des ressources.

On confond souvent la chimie verte et la chimie environnementale. Bien que ces deux axes visent ultimement à améliorer la qualité de l'environnement, les deux chimies sont très différentes. La chimie environnementale cherche à comprendre comment fonctionnent les phénomènes chimiques et biochimiques qui se produisent dans l'environnement, autant les phénomènes naturels que ceux qui sont induits par les humains. Par opposition, la chimie verte cherche à verdir les processus de production chimique de nature industrielle.

La chimie environnementale se centre donc sur l'étude des contaminants émis par les humains, mais pas exclusivement (certains phénomènes naturels peuvent relâcher des contaminants: éruptions volcaniques, marais, termitières, digestion animale, etc.). Un premier intérêt de la chimie environnementale est lié à la chimie analytique: si l'on veut étudier les contaminants dans l'environnement, il faut avoir les bons outils de mesure pour bien analyser et quantifier leurs concentrations dans toute une série de matrices environnementales variées et souvent complexes.

On s'intéresse autant aux contaminants majeurs (tels que le dioxyde de carbone, le méthane, l'azote) qu'aux contaminants à l'état de traces ou d'ultratraces. On considère comme «traces» les concentrations en deçà de 100 parties par million, ou moins de 100 mg de contaminant dans 1 kilo ou 1 litre (donc une fraction d'une cuillère à thé de sucre qui représente environ 4 g). On parle «d'ultratraces» quand on est à mille fois, ou plus de mille fois, plus dilué, soit en parties par milliards (ppb, de l'anglais *parts per billion*). Certains contaminants comme les hormones stéroïdiennes (notamment la pilule anticonceptionnelle) peuvent même féminiser les poissons à des concentrations mille fois moins élevées, soit de l'ordre du nanogramme par litre, l'équivalent de notre cuillère de sucre diluée dans le Stade olympique.

Une fois dotée d'outils de mesure, la chimie environnementale cherche à comprendre le comportement des contaminants dans l'environnement. Est-ce qu'ils se transforment? Quelle est leur mobilité? Sont-ils absorbés par les organismes du milieu? S'ils se transforment, vont-ils produire des sous-produits inoffensifs ou des molécules aussi toxiques,

ou encore plus ? Ainsi, la définition de la chimie environnementale est aussi associée à la biogéochimie, l'interface entre la biologie, la géographie et la chimie dans l'environnement. La chimie environnementale va donc rapidement déborder vers l'écotoxicologie, l'étude de la toxicologie appliquée à l'environnement (les poissons, les animaux, les plantes, etc.) par opposition à la toxicologie humaine. Une fois que l'on comprend le devenir environnemental des contaminants, on cherchera à prédire si ceux-ci demeurent nocifs, et les spécialistes d'écotoxicologie et de chimie de l'environnement travailleront de concert pour déterminer les seuils de toxicité et les effets biologiques potentiels. Ces derniers sont souvent un peu environnementalistes, mais pas nécessairement ; l'approche scientifique n'est pas analogue à la démarche politique des mouvements écologiques, toutefois les deux collaborent assez bien. Le travail de la chimie environnementale précède donc celui de la chimie verte parce qu'il faut discerner les sources de contaminants problématiques dans l'environnement qu'on visera ensuite à réduire.

La chimie verte cherche à réinventer les processus pour en réduire les effets néfastes sur l'environnement : il s'agit de faire autrement. Elle s'intéresse à la fois à la nature des matières premières utilisées, à la sécurité des processus pour les gens et l'environnement, au devenir des sous-produits (déchets industriels) ainsi qu'aux transformations des produits chimiques une fois libérés dans l'environnement. Ainsi, elle vise à « reverdir » les processus traditionnels à l'empreinte environnementale lourde en les repensant de fond en comble.

La chimie verte se fonde sur 12 principes essentiels proposés en 1998⁸ :

1. Il est préférable de prévenir la pollution que de tenter d'y remédier.
2. Le produit final doit intégrer un maximum de composantes utilisées lors de sa synthèse, réduisant donc les déchets chimiques.
3. On doit concevoir les méthodes de synthèse chimique pour utiliser et produire des substances sans toxicité pour l'humain ou l'environnement.

8. Anastas et Kirchhoff (2002).

4. Les produits chimiques substitutifs doivent être aussi efficaces et fonctionnels tout en ayant une toxicité réduite.
5. On devrait éliminer ou remplacer les solvants polluants par des substituts inoffensifs.
6. On doit minimiser la consommation énergétique en évitant l'utilisation de hautes températures et de hautes pressions.
7. On devrait renouveler les matériaux de départ.
8. On doit réduire le nombre d'étapes de synthèse chimique au minimum.
9. On doit préférer les agents catalytiques (qui sont ajoutés en petites quantités pour multiplier les vitesses de réaction et diminuer la demande énergétique) aux agents stoechiométriques (qui sont utilisés en grandes quantités et qu'on doit continuellement remplacer).
10. On doit concevoir les produits chimiques pour que, à la fin de leur usage, ils se dégradent en sous-produits inoffensifs.
11. On doit mettre au point des méthodes analytiques pour un suivi en temps réel des processus afin de prévenir la formation de substances dangereuses.
12. On doit minimiser les substances utilisées dans les processus chimiques pour éviter les risques d'accidents, de déversements, d'explosions et d'incendies.

Il est difficile de respecter simultanément toutes ces conditions lors de synthèses chimiques; néanmoins, des avancées importantes se font selon tous ces principes. Ainsi, la chimie verte cherche à remplacer des solvants organiques volatils et explosifs, reconnus toxiques pour l'humain et nocifs pour l'environnement, par des solvants sûrs tels que l'eau. Elle encourage la mise au point de nouveaux catalyseurs, y compris les enzymes qui sont des catalyseurs biologiques extrêmement efficaces, actifs dans l'eau à des températures modérées et biodégradables. Elle remplace aussi les matières premières pétrolières par des matériaux renouvelables tels les résidus agricoles – un exemple patent d'économie circulaire. Une nouvelle voie pour la synthèse de la sitagliptine, un médicament pour les diabétiques, illustre plusieurs de ces points. En remplaçant deux étapes de synthèse traditionnelle par une étape catalysée par une enzyme, le procédé a gagné en efficacité,

réduit sa consommation d'énergie et de solvants toxiques, diminué sa production de déchets et éliminé l'utilisation d'un métal toxique : une combinaison gagnante⁹.

La chimie verte dépend de la chimie environnementale pour évaluer les solutions les plus vertes, car dans certains cas, il peut s'avérer difficile de les départager. Par exemple, est-il souhaitable d'inclure une étape de catalyse si celle-ci implique l'utilisation de métaux toxiques ? De même, l'introduction de nouvelles molécules nous emmène parfois en terrain inconnu : ces composés deviennent alors des contaminants d'intérêt émergent, c'est-à-dire des contaminants pour lesquels l'information manque pour statuer de leur innocuité ou pour établir les seuils réglementaires appropriés¹⁰. Ainsi, l'analyse en temps réel du nouveau procédé de synthèse, depuis le transport des matières premières jusqu'au destin final de tous les composés qui en sont issus, permet idéalement de juger des points forts et faibles de ce procédé.

Si on définit l'économie circulaire comme visant à maximiser l'utilisation des ressources en fermant les boucles pour minimiser les répercussions sur l'environnement, on voit clairement que la chimie verte est une application de l'économie circulaire aux processus de production chimique : rien de ce qu'elle véhicule n'en contredit les préceptes. Par contre, l'économie circulaire dépasse la chimie et cherche à appliquer ses principes à tous les domaines de production, de consommation et de transport qui gagneraient à réduire leurs effets sur l'environnement. La chimie environnementale, finalement, est un outil incontournable pour déterminer les contaminants les plus importants et prioriser les efforts de la chimie verte comme de l'économie circulaire.

L'approvisionnement responsable

Claudia Rebolledo

L'approvisionnement responsable cherche à intégrer des critères environnementaux et sociaux aux processus d'achat des biens et services, comme moyen de réduire les répercussions sur l'environnement,

9. Savile *et al.* (2010).

10. Sauvé et Desrosiers (2014).

d'augmenter les bénéfices pour la société et de renforcer la durabilité économique des organisations tout au long du cycle de vie des produits (selon la définition de l'Espace québécois de concertation sur les pratiques d'approvisionnement responsable)¹¹. En pratique, cependant, une organisation pourrait difficilement faire des analyses de cycle de vie (ACV) pour tous les produits et les services qu'elle achète. Ainsi, l'évaluation environnementale se limite souvent aux maillons de la chaîne les plus proches ou les plus visibles.

Nous présentons ici les pratiques les plus couramment utilisées pour intégrer les principes de développement durable aux processus d'approvisionnement. Ces pratiques ont toutes un lien avec l'économie circulaire. L'aspect social, encore moins intégré par les entreprises que le volet environnemental, ne sera pas discuté.

Une démarche en approvisionnement responsable se structure généralement autour de deux approches complémentaires : l'approche produit, qui vise à minimiser les effets négatifs du produit sur l'environnement, et l'approche fournisseur, qui s'assure que l'entreprise fait affaire avec des fournisseurs responsables. L'approche produit regroupe plusieurs pratiques liées à l'économie circulaire. Tout d'abord, un achat responsable doit répondre à un besoin réel. L'analyse du besoin est la première étape du processus d'achat et constitue une des tâches essentielles de l'acheteur. L'objectif n'est pas seulement d'éviter la surconsommation par la rationalisation des approvisionnements, mais aussi de générer des solutions plus écologiques qui tiennent compte du cycle de vie du produit à acheter. L'acheteur doit privilégier des biens durables qui peuvent être employés à maintes reprises. Le but est toujours de minimiser le coût total de possession (la somme du coût d'acquisition et de tous les autres coûts associés). Les achats locaux, souvent laissés de côté à cause de coûts d'acquisition plus élevés, deviennent parfois préférables si on tient compte des coûts additionnels associés aux achats à l'étranger (transport, entreposage, douanes, délais, etc.). L'approvisionnement responsable prône aussi l'achat de biens d'occasion, la réutilisation, les solutions de consommation collaborative et l'achat de produits recyclés. En somme, l'approche produit cherche à

11. Voir la définition de l'analyse du cycle de vie dans le texte « L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie » du présent ouvrage.

réduire les répercussions négatives sur l'environnement par la réduction, le réemploi, le recyclage, la valorisation et, en dernier recours, l'élimination. Ainsi, une démarche de circularité pourrait s'amorcer par des outils d'approvisionnement responsable fondés sur une approche produit.

L'approche fournisseur englobe la sélection, l'évaluation et l'accompagnement des fournisseurs dans une optique d'approvisionnement responsable. La sélection et l'évaluation des fournisseurs doivent intégrer l'environnement aux côtés des critères classiques de coût, de délai et de qualité. Les critères environnementaux cherchent à évaluer la volonté et la capacité des fournisseurs à offrir un produit responsable. Des audits environnementaux des fournisseurs doivent se faire périodiquement pour évaluer leurs pratiques écologiques. Les certifications environnementales s'avèrent ainsi utiles dans cette approche. Les achats locaux, privilégiés par l'économie circulaire, facilitent l'évaluation des intentions et des comportements des fournisseurs. Dans une démarche responsable, l'acheteur doit également mettre en place des relations collaboratives avec ses fournisseurs privilégiés afin de favoriser l'implantation de pratiques écologiques. L'accompagnement est particulièrement important pour les PME qui manquent souvent de ressources et de connaissances pour changer leurs pratiques. Une insistance sur la circularité ouvre la possibilité à de nouveaux partenariats avec les fournisseurs pour augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources. Ces stratégies de collaboration pourraient aider les entreprises à minimiser les risques liés à la volatilité et à l'augmentation des prix des matières premières.

L'approvisionnement responsable a sa place dans la circularité dans la mesure où ses actions répondent à plusieurs problématiques que traite le modèle de l'économie circulaire. Le point de vue de l'approvisionnement responsable est cependant limité à l'entreprise et à ses fournisseurs. En revanche, l'approvisionnement responsable englobe un volet social, moins présent dans l'économie circulaire¹².

12. Ce texte est inspiré du rapport de stage de Cécile Ballagny, étudiante en Bachelor Commerce à NEOMA Business School, réalisé sous la supervision de Claudia Rebolledo avec le soutien de l'Institut EDDC.

La logistique à rebours : repères et implications

Martin Beaulieu et Jacques Roy

Dans le contexte où de plus en plus d'intervenants accordent une attention au concept d'économie circulaire, la logistique devient un outil névralgique pour s'assurer de fermer la boucle des échanges. Essentiellement, la logistique est un processus de planification et de contrôle du flux des matières entrantes et sortantes de l'entreprise en vue d'assurer un bon service à la clientèle tout en minimisant les coûts. Depuis près de cinquante ans, on assiste à la constitution d'un champ de recherche universitaire en logistique, parallèlement à la mise en œuvre de pratiques exemplaires par des entreprises qui ont obtenu des gains appréciables dans ce domaine¹³. Historiquement, la logistique adoptait une perspective unidirectionnelle en suivant le parcours des matières des fournisseurs transformées en des produits finis destinés à un consommateur final. Ce point de vue dissimulait cependant une réalité plus complexe alors que la marchandise peut circuler en sens inverse, en partant des consommateurs pour revenir dans une filière qui saura lui donner un second souffle. Aussi, de plus en plus d'entreprises admettent qu'une amélioration de leur bilan environnemental n'est pas incompatible avec le développement d'avantages concurrentiels.

Depuis une vingtaine d'années, le milieu scientifique a accordé un intérêt grandissant à ce thème qui est désigné sous les noms de logistique à rebours ou de logistique inversée (*reverse logistics*)¹⁴. On peut définir la logistique à rebours comme un ensemble d'activités de gestion visant la réintroduction d'actifs secondaires dans des filières à valeur ajoutée. Cette définition a deux implications. La première est le choix du terme « actif secondaire » qui se veut plus générique afin d'englober différentes réalités : déchets, produits en fin de vie, produits défectueux, excédent de production, rejets de production, etc. Dans la littérature, des chercheurs ont retenu le terme « actif » qui ne remplit plus sa fonction première pour définir la logistique à rebours. En lui associant le terme « secondaire », les auteurs précisent que l'actif a subi une forme de dégradation comparativement à sa fonction initiale.

13. Christopher (1998).

14. Agrawal *et al.* (2015).

La seconde implication porte sur le terme « filière à valeur ajoutée ». Encore une fois, il s'agit d'une expression plus neutre, car l'actif ne revient pas nécessairement à son point d'origine et il est détourné de filières ayant peu de valeur ajoutée, comme un site d'enfouissement, qui ne valorise en aucune façon l'actif secondaire.

Si les réflexions sur le thème de la logistique à rebours sont maintenant plus élaborées, une réalité subsiste : les entreprises sont souvent mal préparées à prendre en charge ce flux inversé, ayant investi tant d'efforts à implanter le circuit de distribution traditionnel. Pour bien des entreprises, la logistique à rebours revient à remonter à contresens une rue à sens unique. C'est pourquoi, dans un contexte d'économie circulaire, les entreprises devront envisager différentes pratiques afin de faciliter les activités de logistique à rebours.

La réduction à la source

Tout comme c'est l'un des premiers principes d'une gestion écologique, la réduction à la source devrait être le point de départ des initiatives de logistique à rebours. Après tout, la meilleure logistique à rebours est celle que l'on peut éviter. Cette réduction à la source peut prendre différentes formes :

- sélection d'une matière première de meilleure qualité qui pourrait diminuer les rejets en cours de production ;
- sélection de fournisseurs plus fiables qui vont livrer des intrants de meilleure qualité réduisant le nombre de pièces défectueuses reçues ;
- réalisation des prévisions de ventes plus précises qui éviteront de surproduire des articles qui risquent de ne pas être vendus ;
- amélioration de la flexibilité de l'appareil de production afin de s'ajuster à la demande et d'éviter encore une fois la création de stocks de produits invendus ;
- mise en œuvre d'un bon système de traçabilité pour cibler les lots problématiques et éviter de reprendre des quantités plus importantes que nécessaire (dans le cas d'un rappel de produits) ;
- description plus précise des articles et procédures de contrôle sur le site Web afin de permettre au client de valider son achat en commerce électronique (pour diminuer les retours).

La récupération, le réemploi et le recyclage

Si les initiatives précédentes visent à réduire le potentiel du flot à rebours, ce dernier sera toujours présent, ne serait-ce que pour répondre à des exigences commerciales (bon service à la clientèle) ou gouvernementales (prise en charge du produit en fin de vie). Dans cet ordre d'idées, l'entreprise pourrait déployer les mesures suivantes afin de faciliter les opérations de récupération, de réemploi ou de recyclage :

- conception révisée du produit afin de faciliter son démontage si cela doit s'avérer nécessaire pour conserver les pièces encore valables et procéder au recyclage des autres. Cet enjeu de conception peut intégrer le choix des matériaux en vue de retenir ceux qui favorisent le recyclage ou un réusinage pour assurer un nouveau cycle de vie au produit ;
- tri à la source afin de réduire la complexité des étapes suivantes (chez les valorisateurs) et d'assurer le respect de certaines directives réglementaires associées à des déchets dangereux. Le tri à la source a deux implications. D'une part, il nécessite une infrastructure adaptée, par exemple, la présence de contenants de récupération adaptés à chaque matière ; d'autre part, il exige un effort de formation et un rappel des consignes de récupération afin que le personnel discrimine adéquatement la matière ;
- choix de la bonne infrastructure de transport et d'entreposage. Des entreprises peuvent décider de recourir à leur propre flotte de transport et à leur propre centre de distribution pour réaliser les activités de logistique à rebours. Ce choix peut se justifier pour réduire les coûts et valoriser les ressources actuelles. Cependant, à cause de la complexité du flux à rebours, des dangers de contamination s'il y a manipulation de matières dangereuses, des risques de confusion entre produits retournés et produits ordinaires, les entreprises décident souvent d'établir une infrastructure logistique distincte et confient de plus en plus ces activités à des prestataires de services logistiques. On doit mener une analyse sérieuse sur cette question.

Ce dernier point conduit au troisième ensemble de décisions : la structure de gouvernance. Une organisation qui s'engage dans une logistique à rebours doit décider si elle veut gérer elle-même ce réseau inversé, le confier à un prestataire externe ou le faire en collégialité avec

un groupe d'entreprises. Les deux premières formules renvoient à des options classiques de l'impartition (faire ou faire faire), la troisième est plus inusitée. Au Québec, les producteurs de peinture qui ont décidé de gérer et de financer conjointement le réseau de récupération des vieux contenants de peinture ont mis en œuvre cette troisième option¹⁵. Cette structure de gouvernance est essentielle pour coordonner le travail des différents acteurs du réseau de logistique à rebours, mais aussi pour chercher à améliorer son efficacité. Par exemple, ce réseau peut-il être optimisé afin d'en diminuer les coûts, mais aussi ses répercussions sur l'environnement, comme les émissions de gaz à effet de serre ?

Outre les bénéfices environnementaux, la logistique à rebours peut être un vecteur stratégique pour une organisation afin de réduire le gaspillage ou améliorer son service à la clientèle. Par ailleurs, pour atteindre le plein potentiel de la logistique à rebours, l'organisation devra transformer, parfois de manière importante, les façons de faire traditionnelles.

Les réseaux et la mise en œuvre de l'économie circulaire

Silvia Ponce

La mise en œuvre de l'économie circulaire exige l'engagement et l'action concertée de nombreux intervenants prêts à collaborer, à s'ouvrir au changement des comportements, des pratiques et des stratégies de compétition. Dans ce contexte, des flux et des transactions de biens tangibles (matières premières, composants, produits en cours, finis, recyclés ou revalorisés) sont soutenus par des flux d'intangibles (données, information, connaissances et systèmes), ce qui donne lieu à la configuration de nouvelles formes organisationnelles dont, notamment, les chaînes et les réseaux.

Le concept de réseau, en particulier, entraîne une logique relationnelle et un caractère multidimensionnel qui permettent d'intégrer, voire d'absorber la logique transactionnelle au fondement des activités de l'économie circulaire. Ainsi, le réseau se veut une forme

15. Roy et Beaulieu (2005).

organisationnelle à part entière, mais plusieurs affirment que la notion est devenue en outre « un outil incontournable pour comprendre et analyser le mécanisme complexe d'interactions entre acteurs hétérogènes, pour décrire la mise en place des formes de coordination appropriées, et pour rendre compte de la dynamique des relations¹⁶ ».

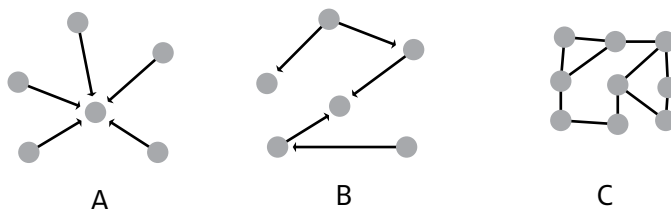
D'ailleurs, le concept de réseau n'est pas univoque. Il s'applique aussi à des situations, à des domaines ou à des objets divers, permettant de décrire et de représenter plusieurs réalités complexes. De plus, le concept admet l'analyse multiniveau (individu – groupe – entreprise) et la définition des frontières pour les acteurs et les parties prenantes appelés à se positionner dans la configuration des nouveaux réseaux à caractère circulaire. La mise en œuvre de l'économie circulaire a alors tout intérêt à faire appel à cette notion pour composer tant avec la complexité inhérente à sa propre configuration qu'avec la complexité sous-jacente des réseaux des parties prenantes. De fait, la notion amène la complémentarité et la structuration nécessaires à l'opérationnalisation de la circularité et des dispositifs qui assureront les conditions les plus favorables à sa consolidation. De surcroît, le concept enrichit l'analyse de scénarios et de conditions requises à l'existence, au renforcement et à la stabilisation de la circularité.

La structure, les configurations et les propriétés des réseaux

La structure des réseaux est composée des nœuds et des liens qui donnent lieu à différentes configurations. Un nœud peut représenter un individu, un groupe, une entreprise, un réseau ou autre, tandis que les liens peuvent être forts, faibles, formels ou informels, et représenter des échanges, interactions, relations, influences, flux (matières, données, information, connaissances, individus), etc. La figure 10 illustre des configurations typiques en fonction du degré de centralisation, soit les configurations centralisée (a), décentralisée (b), et distribuée (c).

Lorsque les nœuds de la configuration d'un réseau représentent des entreprises, les interactions peuvent avoir lieu à trois échelons d'intervention associés aux acteurs, soit les échelons stratégique, tactique et opérationnel. Ces échelons reflètent, entre autres, les types

16. Callon *et al.* (1999).

FIGURE 10 Différentes configurations de réseaux

(Ponce, 2015)

de connaissances, implicites ou tacites et explicites ou codifiées, et le caractère des actions pouvant influencer la stabilité et l'efficacité du réseau. Les acteurs clés étant des individus avec des convictions, des ambitions, du pouvoir et des styles de gestion hétérogènes, la robustesse des relations s'avère une propriété critique à la stabilité du réseau. La mise en œuvre de l'économie circulaire doit alors considérer l'instauration de mécanismes de maintien des flux et des échanges favorisant les transferts, les partages et les apprentissages.

En effet, les propriétés des réseaux, dont la robustesse, le positionnement, la centralité et la densité, mettent en évidence tant les opportunités que les risques. L'analyse des relations au sein des réseaux d'innovation, par exemple, montre que les différents échelons d'intervention soutiennent les processus opérationnels et d'innovation de manière complémentaire, permettant aux partenaires de faire face aux risques perçus de nature commerciale, technologique et financière¹⁷.

L'hétérogénéité, la dynamique et les approches

Les investissements en ressources, incluant les technologies de support (communication, connectivité et planification) et les connaissances codifiées, dont les politiques et les règles de coordination établies entre les parties prenantes, contribueront à la consolidation des réseaux. Toutefois, l'efficacité, l'efficience et la performance de l'ensemble, voire

17. Ponce et Nollet (2006).

la synergie, seront au rendez-vous en fonction de la dynamique d'un ensemble de réseaux hétérogènes, partageant notamment des principes, des pratiques et même un système de mesure de la performance. Par ailleurs, les interactions multiples entre des acteurs hétérogènes créent des dynamiques particulières dans lesquelles les échanges peuvent contribuer à l'émergence d'innovations et à l'acquisition de compétences par les acteurs (et le réseau lui-même dans son ensemble). Or l'appartenance à un réseau peut aussi engendrer des défis de diffusion et d'appropriation de connaissances et de bénéfices potentiels. L'analyse du partenariat stratégique et du positionnement technologique d'un réseau de producteurs japonais de semi-conducteurs, dans laquelle Stuart et Podolny¹⁸ ont adopté une approche réseau analytique, illustre bien ces propos. Ces auteurs ont montré que les alliances stratégiques établies entre les firmes configurant le réseau favorisaient l'évolution de ce dernier, dans lequel une firme pouvait occuper une niche technologique différenciée résultant non nécessairement de sa propre activité d'innovation, mais plutôt des efforts d'innovation de ses concurrents.

Ainsi, lors de la mise en œuvre de l'économie circulaire, le réseau des acteurs et des parties prenantes aura à soutenir les activités et les relations sur le plan des flux de tangibles et d'intangibles en ce qui touche à l'équité, au respect des valeurs partagées et aux intérêts et bénéfices communs. Dans ce contexte, le réseau informel prend toute son importance puisqu'il coexiste avec la structure formelle et peut éventuellement remplir des vides et contribuer à surmonter les limitations des mécanismes et dispositifs formels. Au plus, la complexité, l'hétérogénéité et la dynamique des réseaux justifient la diversité de cadres d'analyse et d'outils constituant des approches variées, parmi lesquelles se démarquent, outre les applications de la recherche opérationnelle, l'approche classique de la sociologie, les analyses des réseaux d'innovation et l'approche sociologique processuelle de la valeur du réseau. Le caractère multidimensionnel de l'économie circulaire met alors à l'épreuve la complémentarité des diverses approches.

18. Stuart et Podolny (1996).

Les limites et les pistes d'enrichissement du modèle

Quoique très prometteur et vertueux sur le plan théorique, le modèle d'économie circulaire n'en est pas moins critiquable et perfectible, surtout si l'on considère qu'il va au-delà de la gestion des ressources et devient un moyen d'atteindre le bien-être individuel et collectif¹.

Dans cette partie, on envisage l'économie circulaire en regard d'autres concepts économiques, on en rappelle les origines et en évoque les limites. On donne les sources probables de résistance au déploiement de l'économie circulaire, tant sur le plan de la production que de la consommation, tout en apportant des éléments de réflexion qui peuvent aider à surmonter cette résistance. On aborde, entre autres, les « effets rebonds » que peut générer l'économie circulaire sur le plan de la consommation, puis on présente les limites possibles des principes fondamentaux de l'économie circulaire. Outre les effets rebonds, on traite des problèmes liés à la notion de substitution des ressources, dont les ressources énergétiques, de même que les limites entropiques du recyclage. On enchaîne sur la nécessité de fixer des limites à notre production et à notre consommation. Puis on propose un regard croisé entre l'économie circulaire et l'économie politique pensée par Adam Smith au cours du XVIII^e siècle. On y voit que la notion de développement durable y était déjà bien présente et que l'économie circulaire aurait avantage à s'inspirer de ces mêmes principes pour tendre vers un modèle économique plus englobant et vertueux. Finalement, le dernier

1. Voir la définition proposée par l'ADEME et celle du Québec, qui sont présentées en introduction de cet ouvrage.

texte évoque l'importance de dépasser la dimension économique de l'économie circulaire et d'y intégrer une dimension sociale, afin de rejoindre les préoccupations des acteurs non seulement en tant que consommateurs, mais, également, en tant que citoyens.

L'apport de l'économie circulaire au regard d'autres approches et outils

Gabrielle van Durme, Luce Beaulieu et Manuele Margni

Concevoir l'économie circulaire comme une construction sociale et dans une perspective historique nous permet de comprendre qu'elle est loin d'être un concept théorique clair, achevé et bien délimité. L'économie circulaire se nourrit de nombreux travaux et idées qui l'ont précédée et qui évoluent en parallèle, et elle les influence à son tour. Le concept d'économie circulaire apporte-t-il des éléments nouveaux? Où sont ses forces et ses faiblesses au regard des idées et des outils qui cohabitent avec elle? Quelle place lui donner? Ce texte tente de répondre à ces questions².

Une petite histoire

Certaines des notions qui sous-tendent l'économie circulaire actuelle sont loin d'être nouvelles. L'idée de créer des liens étroits et des échanges matériels entre entreprises physiquement proches date de la fin du XIX^e siècle («districts industriels»), tandis que le concept de système économique «fermé», qui voit la Terre comme un vaisseau spatial dont il faut respecter les limites, a été popularisé dans les années 1960. Le terme «économie circulaire» en lui-même a été utilisé pour la première fois en 1990³, mais sans avoir été décrit et conceptualisé plus avant ni même vulgarisé au-delà de cet ouvrage. L'intérêt qu'il connaît aujourd'hui est largement attribuable aux actions de la Fondation Ellen MacArthur, créée en 2010, qui a voulu donner corps à ce concept

2. Cette section est essentiellement fondée sur publications récentes des auteurs de ce texte (CIRAIG, 2015).

3. Pearce *et al.* (1990).

et en faire une réalité. L'économie circulaire est-elle donc nouvelle ou ancienne ? Les deux à la fois ! Il est possible de parler pour certains aspects économiques d'un retour vers l'économie circulaire. Plus spécifiquement, trois concepts antérieurs se retrouvent aujourd'hui au cœur de sa définition (ou, plus justement, de *ses* définitions).

Le concept *Cradle-to-Cradle* (ou « du berceau au berceau ») a évolué depuis une vingtaine d'années. Il s'agit d'une philosophie inspirée de la nature qui repose notamment sur l'idée de systèmes de production et de consommation en boucles fermées ; il s'agit aussi, et en même temps, d'une démarche formelle de certification. Il constitue très clairement l'inspiration derrière les cinq piliers de l'économie circulaire tels qu'ils sont définis par la Fondation Ellen MacArthur : la pensée systémique ; déchet = nourriture ; la diversité est une force ; concevoir sans déchets ; le recours aux énergies renouvelables⁴.

L'écologie industrielle, soit l'idée d'un écosystème industriel ou territorial optimisant la consommation des ressources et minimisant les rejets, est la racine la plus ancienne de l'économie circulaire. L'écologie industrielle appliquée produit des symbioses industrielles qui, en visant la mise en place de systèmes en boucles plutôt que linéaires, représentent aujourd'hui l'une des principales voies de mise en œuvre de l'économie circulaire⁵. Tout comme cette dernière, l'écologie industrielle évolue encore. Dain postule qu'il en existe deux grandes visions ; la première voit l'écologie industrielle comme un outil de mesure et d'analyse des flux de matières en vue de leur optimisation (vision la plus répandue dans les entreprises et les communautés). Dans ce cas, les différences avec l'économie circulaire sont assez claires⁶. La seconde

4. En version originale : *Systems thinking; Waste is food; Diversity is strength; Design out waste; Renewable energy*.

5. Voir le texte « Les symbioses industrielles » du présent ouvrage.

6. Dain (2010) : 1) l'écologie industrielle s'intéresse avant tout aux entreprises et aux boucles qu'ensemble elles peuvent fermer, tandis que l'économie circulaire considère tous les acteurs économiques – dont les consommateurs ; 2) la première met l'accent sur l'optimisation tandis que la deuxième insiste beaucoup sur la reconception des systèmes ; 3) malgré le besoin sous-jacent de modifier les pratiques d'affaires, la littérature de l'écologie industrielle ne se penche pas expressément sur l'élaboration de nouveaux modèles d'affaires, mais examine surtout les flux de matériaux et d'énergie.

vision propose une transformation profonde des relations entre les humains et l'environnement naturel afin de les rendre plus durables. Elle implique donc des modifications beaucoup plus fondamentales de notre système économique et se rapproche ainsi nettement de l'économie circulaire.

L'économie de fonctionnalité (ou économie de performance) vise à découpler la croissance économique de la consommation des ressources et des externalités environnementales en créant des modèles d'affaires fondés sur la vente d'un service plutôt que du produit qui le rend. Là aussi, on retrouve des propositions chères à l'économie circulaire et dans l'air du temps⁷.

De plus, on ne peut analyser l'économie circulaire sans la confronter à des concepts souvent très proches, ceux de développement durable et d'économie verte. Ces trois notions ont toutes une portée très large, visant à faire évoluer les sociétés humaines pour *in fine* assurer leur pérennité. Chacune présente toutefois des caractéristiques qui lui sont propres et les distinguent les unes des autres.

Le développement durable est le concept le plus général, qui dépasse la dimension économique et propose une vision de ce que devrait être le développement, plutôt que les moyens pour y parvenir. Il est généralement conceptualisé par trois sphères représentant les volets environnemental, social et économique du processus, mais il est intéressant de rappeler sa définition originale :

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir⁸.

7. Voir le texte « L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité » du présent ouvrage.

8. CMED (1987).

Dans ce sens, l'économie circulaire n'est pas un concept pouvant remplacer celui de développement durable. Elle est plutôt l'un des multiples candidats pour sa mise en œuvre.

L'économie verte, quant à elle, propose de s'attaquer aux problèmes environnementaux grâce aux outils économiques. Selon le PNUE⁹, c'est « une économie qui entraîne une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale tout en réduisant de manière significative les risques environnementaux et la pénurie de ressources¹⁰ ».

Selon certaines approches, notamment celle préconisée par la Fondation Ellen MacArthur, l'économie circulaire est, quant à elle, fondamentalement « disruptive » et implique l'émergence d'un nouveau système économique fondé sur la collaboration entre tous les acteurs et où les flux de matière seraient recirculés au maximum, voire où les activités économiques seraient intrinsèquement régénératives. En ce sens, elle représente tant l'objectif que le chemin pour y parvenir. Pour d'autres approches, la différence avec l'économie verte est plus floue et la définition de l'ADEME¹¹, par exemple, semble directement inspirée de la définition de l'économie verte du PNUE : elle vise ainsi principalement à découpler la consommation des ressources de la croissance du PIB, tout en contribuant à l'emploi.

En l'absence d'une définition consensuelle de l'économie circulaire, il peut être difficile de la situer clairement par rapport aux autres notions qui coexistent ; il est cependant manifeste qu'elle s'élabore en relation avec elles.

Les apports et les lacunes de l'économie circulaire

L'idée d'une économie circulaire fournit avant tout un cadre fédérateur et un souffle nouveau à toute une série de concepts préexistants qui visent la durabilité. Elle propose des outils et des modèles d'affaires, non pas nouveaux, mais qui, lorsqu'on les prend ensemble et qu'on les articule dans une perspective de circularité, offrent un objectif ambitieux et atteignable. Ainsi, avec une économie circulaire, les entreprises et les consommateurs ne sont plus vus comme responsables de tous

9. Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

10. PNUE (2011).

11. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (France).

les maux, mais comme porteurs de solutions grâce à l'innovation et à la collaboration. L'économie circulaire peut alors être portée par les entreprises, qui y voient le moyen de réconcilier la réalité des affaires et leur responsabilité sociale.

Même si, dans les cas où elle est mise en œuvre, l'économie circulaire repose presque exclusivement sur des idées qui existent indépendamment d'elle (ce qui n'exclut pas l'émergence de formes plus innovantes d'opérationnalisation à l'avenir), sa capacité à parler un langage d'affaires et à susciter l'adhésion des entreprises peut changer les choses.

Par ailleurs, il est important de mettre en lumière les dimensions que l'économie circulaire ne contient pas, mais qui sont présentes dans d'autres concepts proches.

L'économie circulaire n'intègre que très peu de considérations sociales (par exemple, comment améliorer un système du point de vue de la qualité des emplois ou du bien-être de la communauté) et ne parle pas d'équité (s'assurer d'une juste distribution des effets des activités économiques, positifs et négatifs, au sein de la population¹²). Le bien-être est mentionné par certaines organisations, telle l'ADEME, mais avec un fort accent sur la création d'emplois, qui n'est qu'une des nombreuses facettes à considérer sur le plan social.

En ce qui concerne la prise en compte de l'environnement, de nombreuses approches existent. Elles visent à examiner les enjeux sous différents angles afin de comprendre tant leurs effets directs que ceux issus des solutions proposées¹³.

L'économie circulaire va-t-elle évoluer pour inclure au centre de sa définition des considérations sociales, l'équité et d'autres notions aujourd'hui absentes ou va-t-elle les laisser de côté ?

Ces omissions ne sont pas un problème en soi, mais on doit les énoncer clairement pour compléter les initiatives dites circulaires par des perspectives et outils visant la prise en compte de ces autres

12. Voir également la notion de justice dans le texte « La justice distributive » du présent ouvrage.

13. Voir la notion d'ACV et de rebond dans les textes « Une stratégie nécessaire mais insuffisante » et « L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie » du présent ouvrage.

dimensions si l'on veut faire de l'économie circulaire un véritable projet de société. La force de l'économie circulaire, soit sa capacité à susciter l'adhésion, pourrait devenir problématique si cela incitait les acteurs économiques à y voir LA solution nécessaire et suffisante et à mettre de côté des démarches complémentaires indispensables pour éviter les fausses bonnes idées et les effets pervers.

L'économie circulaire, oui, mais...

L'économie circulaire d'aujourd'hui est jeune de par son cadre fédérateur et vieille de par les concepts qu'elle englobe. Elle pose un regard neuf sur des idées qui la précèdent et leur insuffle un regain d'énergie bienvenu. Elle est encore mouvante et parfois difficile à cerner.

Comme toujours, l'attrait d'une réponse unique, simple et magique n'est qu'un mirage, possiblement néfaste. L'économie circulaire ne peut pas tout faire, tout voir, tout prévoir. Elle ne pourra réellement être bénéfique pour tous que si ceux qui en sont les promoteurs reconnaissent explicitement ses limites et travaillent avec des approches complémentaires, permettant ainsi une démarche holistique face aux défis de la durabilité. Tout comme les acteurs mobilisant les autres approches auront intérêt à considérer l'économie circulaire comme un atout important pour progresser ensemble vers un monde plus juste et plus durable.

La justice distributive

Peter Dietsch et Danielle Zwarthoed

Schématiquement, promouvoir l'économie circulaire, et donc concilier le bien-être matériel des individus avec les contraintes environnementales, peut se faire de trois manières :

- Utiliser la même quantité de ressources avec moins de pollution ;
- Atteindre le même taux de croissance avec moins de ressources ;
- Atteindre le même degré de bien-être avec moins de croissance.

En réalité, il faudra un mélange des trois stratégies. Ce qui importe ici est le fait que la poursuite de chacune des trois stratégies produira des gagnants et des perdants par rapport au statu quo. Par exemple,

favoriser des technologies moins polluantes fera en sorte que les entreprises qui vendent les anciennes technologies perdront une part du marché. De manière plus générale, la transition à une économie circulaire posera des questions de justice distributive : la distribution des avantages et des obligations dans la société sera reconfigurée.

Même si l'on considère que cette transition est une bonne chose (parce qu'on s'est rendu compte de l'urgence de prendre au sérieux les contraintes environnementales), une telle redistribution des avantages sociaux rencontrera toujours une résistance de la part de ceux qui doivent renoncer à un privilège qu'ils détenaient dans le passé. Le but de cette brève contribution est de discerner les sources probables d'une telle résistance et de réfléchir à ce que l'économie circulaire doit faire pour surmonter les obstacles qu'elle présente. La problématique est divisée en deux parties : la première se concentre sur les exigences d'une transition vers l'économie circulaire du côté de la production (liée aux deux premières stratégies ci-dessus), et la seconde se penche sur cette question du côté de la consommation (liée à la troisième stratégie).

La production

S'il est coûteux de changer son processus de production, il y a différentes raisons pour lesquelles une entreprise privée pourrait être prête à assumer ces coûts. Premièrement, certains entrepreneurs ont internalisé les deux premières stratégies pour mettre en œuvre l'économie circulaire. Par exemple, il existe des établissements qui créent des produits plus durables et qui, par conséquent, utilisent moins de ressources. Or, non seulement ces entreprises sont rares comparativement à celles qui acceptent une obsolescence de leurs produits ou souvent vont même la programmer, mais, de plus, cette stratégie est aussi menacée par la pression concurrentielle d'autres entreprises qui n'assument pas ces coûts supplémentaires.

En réponse à cette première considération, on pourrait objecter que, dans les faits, il peut être rentable pour une entreprise d'innover pour produire de manière plus efficace. Effectivement, il existe des cas de ce type et c'est la deuxième raison pour laquelle une entreprise pourrait s'avérer un agent de la transition vers l'économie circulaire. Cela dit,

il faut aussi voir que, pour une entreprise déjà profitable, l'innovation sera toujours une lame à double tranchant. On sait que l'industrie de l'automobile avait des projets de voitures à 3 litres/100 km dans leurs tiroirs il y a vingt ans, mais il n'était pas dans leur intérêt de les sortir.

Les considérations précédentes rendent sceptiques quant à la proposition que la conviction et la recherche du profit pourront être des raisons suffisantes pour une transition vers l'économie circulaire, au moins une transition aussi rapide qu'on le souhaite. Pour atteindre cet objectif, il faudra créer des dispositifs incitatifs supplémentaires pour pousser les entreprises à changer leurs pratiques. Les gouvernements devront intervenir soit en imposant des réglementations qui interdisent des processus de production plus polluants ou plus intensifs en ressources, soit en haussant le prix de ces processus. L'exemple par excellence dans cette dernière optique serait une taxe sur le carbone.

De telles politiques publiques pour une transition vers l'économie circulaire peuvent elles-mêmes être évaluées du point de vue de leur justification morale ainsi que de leur faisabilité. Quant à la justification, on peut faire appel à la justice intergénérationnelle. Même si ces politiques reconfigurent la distribution des avantages à l'intérieur d'une génération, nous tous, en tant que génération, avons une obligation envers les générations futures de ne pas causer une dégradation de l'environnement naturel au-dessous d'un seuil de durabilité. On peut aussi faire appel à la justice mondiale. Aujourd'hui, les habitants les plus pauvres de la planète vivent dans les zones les plus touchées par les conséquences du réchauffement climatique, telles que la désertification, la sécheresse ou la montée du niveau de la mer. Le manque de ressources et les dysfonctionnements institutionnels empêchent nombre de pays du Sud de faire face aux problèmes environnementaux. Ce type de réforme dans nos démocraties se heurte malheureusement aux contraintes électorales des partis politiques.

En somme, du côté de la production, des réformes politiques représentent une condition nécessaire pour une transition vers l'économie circulaire. Se fier au comportement vertueux des entreprises et même à leur motivation de dégager des profits ne suffira pas aussi longtemps que ces motivations ne sont pas dirigées dans la bonne direction.

La consommation

Passons maintenant à la deuxième partie de notre réflexion, à savoir ce qu'une transition vers l'économie circulaire exige sur le plan de la consommation. L'équation $I = P \times A \times T$, souvent utilisée pour décrire l'impact (I) de l'économie et des activités humaines sur l'environnement, signifie que cet impact résulte de trois facteurs: la population (P), l'abondance (A) et la technologie (T)¹⁴. Même si elle tend de plus en plus à prendre en compte le facteur abondance, l'économie circulaire aujourd'hui relève principalement du facteur technologie, l'idée étant de faire appel aux énergies renouvelables, de limiter l'utilisation de produits chimiques, de recycler. Mais miser exclusivement sur le facteur technologie ne diminuera pas, ou pas suffisamment, l'impact de l'économie sur l'environnement si, par ailleurs, les deux autres éléments de l'équation, l'abondance et la population, continuent de croître.

L'abondance fait référence ici à la consommation. L'économie circulaire s'intéresse de fait à celle-ci, dans la mesure où elle promeut aussi des modèles de consommation renouvelée, comme la consommation dématérialisée ou la consommation collaborative. La dématérialisation de l'économie dans la consommation est le remplacement de la demande de produits « matériels » (des CD, par exemple) par des produits « immatériels » (des fichiers de type MP3). Il est plausible que l'empreinte écologique de la fabrication d'un CD est supérieure à celle du téléchargement d'un MP3. Cela étant, l'empreinte du MP3 n'est pas nulle. Les serveurs consomment aussi de l'énergie. Et surtout, parce que précisément l'information dématérialisée circule plus vite, prend moins de place, on est tenté d'en consommer davantage. On n'achète pas autant de CD qu'on télécharge de musique. On n'envoie pas autant de lettres manuscrites que de courriels.

La consommation collaborative est un modèle intéressant, car elle permet de limiter les acquisitions en optimisant l'usage d'un bien, donc des ressources qui ont servi à le produire. Si vingt personnes achètent chacune une perceuse dont elles ne se servent qu'une fois par an, en matière de ressources naturelles et de pollution, cela « coûte » à l'environnement la production de vingt perceuses. Si ces vingt personnes se mettent d'accord pour n'acheter qu'une perceuse, elles sont tout aussi

14. Ehrlich et Holdren (1974).

contentes et cela n'aura « coûté » à l'environnement qu'une perceuse. La consommation collaborative tout comme l'économie de la fonctionnalité proposent de remplacer l'acquisition d'un bien par l'acquisition de sa fonction ou de son usage. L'économie circulaire promeut donc des modes de consommation plus durables, en changeant les modes d'acquisition des biens, mais sans changer vraiment nos préférences.

C'est ici l'intérêt, mais aussi la limite de l'économie circulaire comme réponse à la problématique environnementale. Car pour jouer sur le facteur abondance de l'équation $I = P \times A \times T$, il ne suffira peut-être pas de changer les modes de production et d'acquisition des biens. Il faudra peut-être aussi réviser les préférences elles-mêmes. Pourquoi ?

Premièrement, tous les biens de consommation n'ont pas les qualités requises pour être partagés. Si les perceuses, les livres, les jouets, les vélos, les voitures ou les machines à laver se partagent sans trop de difficultés, il n'en va pas de même pour les cosmétiques, les mouchoirs en papier, les maisons, les meubles, les aliments, les gobelets en plastique, les ordinateurs, les téléphones, etc. Certes, les modèles de consommation alternative ne se résument pas au partage : les achats d'occasion, le choix de produits biologiques ou recyclés permettent aussi de limiter l'impact environnemental de notre consommation. Mais il y a une autre difficulté.

Celle-ci concerne les « effets rebonds »¹⁵. L'économie circulaire pourrait diminuer les coûts à la fois d'acquisition et d'accès ou d'usage des biens, en diminuant peut-être les coûts de production ou les coûts d'acquisition. À première vue, ce serait une bonne nouvelle pour le consommateur, qui verrait son pouvoir d'achat augmenter. Mais une augmentation du pouvoir d'achat signifie que l'économie circulaire pourrait avoir l'effet inverse que celui espéré : les consommateurs en profiteraient pour acquérir encore plus de biens, des maisons plus grandes, des ordinateurs plus puissants, etc.

Cela ne signifie pas qu'il faut renoncer à l'économie circulaire, mais qu'une stratégie efficace de préservation des ressources naturelles et des écosystèmes doit prêter une attention particulière non seulement à l'organisation de la production et de l'acquisition des biens, mais aussi

15. Voir les textes « L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie » et « Une stratégie nécessaire, mais insuffisante » du présent ouvrage.

aux *préférences* des consommateurs eux-mêmes et à la manière dont elles sont formées par l'éducation et le cadre social.

Ici, la question de la faisabilité ressurgit du côté du consommateur. Changer la manière dont les biens sont produits ou acquis n'affecte pas outre mesure le confort du consommateur ou son sentiment de bien-être. Diminuer sa consommation personnelle, ou renoncer tout simplement à un bien, si. Nous voulons que notre société sécurise l'abondance et la richesse, pas qu'elle nous convertisse à la frugalité. Avons-nous raison ? Le paradoxe d'Easterlin, mis en évidence par l'économiste du même nom en 1974, montre qu'au-delà d'un certain seuil de richesse, la croissance économique et l'abondance qui en résulte n'augmentent pas le bien-être. Autrement dit, il faut assez de biens pour être heureux, mais pas davantage. Il est donc possible de consommer moins sans diminuer notre bien-être.

Si chacun décidait par soi-même de réviser ses préférences de consommation et d'adopter un mode de vie plus frugal, tout irait donc pour le mieux. Mais il faudra probablement des politiques d'éducation plus proactives pour s'assurer que le facteur abondance de l'équation $I = P \times A \times T$ diminue vraiment. Et c'est ici qu'intervient, à nouveau, la question de la justification morale. Les écoles publiques, par exemple, seraient-elles en droit d'encourager certaines habitudes de consommation chez les enfants ? On peut penser que oui, pour deux raisons.

Premièrement, adopter des habitudes frugales sera de toute manière nécessaire pour respecter les droits présents et futurs des victimes potentielles des changements climatiques, de la dégradation de l'environnement et de l'épuisement des ressources. Deuxièmement, il serait un peu naïf de croire que, dans l'état actuel des choses, les habitudes de consommation se forment de manière parfaitement libre. Les techniques de marketing utilisées pour modeler les habitudes de consommation tant des enfants que des adultes visent justement à éviter de faire de l'acte de consommation un acte réfléchi et autonome.

Au sujet du facteur population de l'équation $I = P \times A \times T$, pour finir : en matière d'acceptabilité politique et sociale, des politiques visant à limiter la procréation se tireraient encore moins bien d'affaire que l'économie circulaire ou même qu'une sensibilisation à la frugalité. Cela étant, peut-être pourrions-nous nous demander s'il existe des moyens moralement acceptables de réduire la population.

Une stratégie nécessaire, mais insuffisante

Yves-Marie Abraham

Les définitions actuelles de l'économie circulaire la présentent comme un moyen de découpler croissance économique et impact écologique des activités humaines. Or, peut-on vraiment produire toujours plus de marchandises tout en respectant les limites biophysiques de notre planète ? Il y a de fortes raisons d'en douter.

Le problème des effets rebonds

L'une des stratégies centrales de l'économie circulaire consiste à « augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources ». Outre le fait que cette stratégie n'a rien de neuf, au moins dans son principe, sa portée en matière de réduction de la consommation de « ressources naturelles » est limitée, et même parfois annihilée, par ce que l'on appelle les effets rebonds. Ce phénomène a été repéré il y a plus d'un siècle maintenant, par Stanley Jevons. Dans une étude demeurée célèbre sur la consommation du charbon en Angleterre, cet économiste constatait que l'efficacité accrue des machines à vapeur non seulement ne réduisait pas cette consommation, mais s'accompagnait au contraire de son augmentation¹⁶. Ce phénomène a été baptisé depuis le *Jevons paradox*, mais n'a rien de vraiment paradoxal. Le progrès technique a eu pour effet, en l'occurrence, de réduire les coûts d'utilisation du charbon (une moindre quantité est désormais nécessaire pour produire un même travail), donc d'en stimuler la demande.

Cette dynamique semble observable dans de nombreuses situations, d'autant qu'elle ne prend pas seulement la forme d'un « effet direct », comme dans le cas étudié par Jevons ou dans le cas emblématique des moteurs de voiture, dont l'efficacité énergétique accrue s'est traduite par une augmentation de l'usage de ce moyen de transport, donc une croissance de la consommation d'essence et d'infrastructures. Les économies réalisées grâce à un surcroît d'efficacité peuvent être investies dans d'autres activités également consommatrices de ressources naturelles, ce qui tend à réduire les bénéfices écologiques du progrès initial.

16. Stanley Jevons (1865).

On parle dans ce cas d'« effets rebonds indirects ». Voici une illustration simple de ce phénomène : grâce à la réduction du coût en essence d'un trajet en automobile offerte par un moteur plus efficace, on peut finir par se payer un billet d'avion pour aller en vacances à Cuba ! Au bout du compte, il n'y aura donc pas forcément réduction de la consommation d'énergie. À tout le moins, les gains sur ce plan s'avéreront inférieurs à ceux que garantissait *a priori* le nouveau moteur¹⁷.

Les limites des stratégies de substitution

Un autre principe essentiel de l'économie circulaire semble être de substituer autant que possible des ressources renouvelables aux ressources non renouvelables dans la poursuite de nos activités économiques. Là encore, cette stratégie semble frappée au coin du bon sens et quiconque se soucie de limiter l'impact écologique de l'espèce humaine ne peut qu'en faire la promotion. Toutefois, sauf miracle technologique, elle ne permettra pas d'obtenir le découplage recherché entre croissance économique et incidence écologique.

L'impasse est particulièrement flagrante en ce qui concerne l'énergie, la ressource la plus cruciale qui soit. Nos économies reposent aujourd'hui à 80 % sur l'usage de carburants fossiles (charbon, pétrole, gaz). Parce qu'il s'agit, d'une part, d'un stock fini de ressources de plus en plus difficiles à extraire et, d'autre part, d'une forme d'énergie dont l'usage se traduit par des émissions polluantes qui affectent entre autres le climat terrestre, il est urgent de recourir à des solutions de remplacement. Le problème est qu'aucune des solutions existantes n'offre encore de services équivalents.

Prenons le cas du rayonnement solaire. Il se présente à nous sous la forme d'un flux que nous ne contrôlons pas et qui s'avère intermittent (nuits, nuages, hivers). La possibilité de le stocker reste par ailleurs très limitée. Enfin, il s'agit d'une énergie beaucoup plus diffuse que celles que nous utilisons principalement. Le charbon, dont près des deux tiers des quantités extraites aujourd'hui dans le monde servent à produire de l'électricité, présente en la matière des avantages très supérieurs, en plus d'être facilement stockable, transportable et manipulable. Son

17. Owen (2013).

taux de retour énergétique (TRE) est d'environ 1 pour 50. Cela signifie qu'une unité de cette source d'énergie permet d'en « produire » ou, plus exactement, d'en mobiliser 50. Dans le cas de l'énergie photovoltaïque, ce ratio est dans le meilleur des cas de 1 pour 10^{18} . On comprend dans ces conditions qu'il n'y ait jamais eu autant de charbon utilisé dans le monde depuis les débuts de la révolution industrielle!

Ce qui vaut pour le photovoltaïque vaut, peu ou prou, pour les autres sources d'énergie renouvelable: ni seules, ni ensemble, elles ne paraissent pouvoir constituer un véritable substitut aux énergies fossiles. En d'autres termes, leurs caractéristiques physiques (intermittence, limites de stockage) ne leur permettent pas, compte tenu des technologies actuelles, de nous rendre les mêmes services sur le plan énergétique que les combustibles fossiles. Il est donc illusoire de croire que nous pourrions, à court et à moyen termes, maintenir un taux de croissance économique positif, même très faible, sans utiliser pétrole, charbon et gaz naturel, donc sans aggraver dramatiquement le dérèglement climatique¹⁹.

Le processus économique est entropique

Une troisième série de propositions que l'on retrouve au fondement des modèles d'économie circulaire repose sur le principe du recyclage. À l'évidence, le respect d'un tel principe s'impose. Il est plus que temps de mettre un terme au prodigieux gaspillage qui a caractérisé notre civilisation jusqu'ici, et l'idée selon laquelle nos déchets constituent de précieuses ressources potentielles s'avère très prometteuse. Néanmoins, il existe aussi toutes sortes de limites sur ce plan.

Comme le disait Lavoisier, « rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme ». Telle est en substance la loi de conservation de la matière et de l'énergie. Mais cette transformation en laquelle consiste le processus économique (quelle que soit la manière dont on le définit) suppose toujours aussi une dégradation qualitative de l'énergie et de la matière utilisées, et cela par dissipation. C'est la loi de l'entropie, connue comme le deuxième principe de la thermodynamique. L'économiste Nicholas Georgescu-Roegen, qui n'a eu de cesse d'en rappeler l'existence à ses

18. Heinberg (2009).

19. Greer (2013).

collègues, l'explique ainsi : « Lorsque l'on brûle un morceau de charbon, son énergie chimique ne subit ni diminution ni augmentation. Mais son énergie libre initiale s'est tellement dissipée sous forme de chaleur, de fumée et de cendres, que l'homme ne peut plus l'utiliser²⁰ ».

Ces problèmes se posent aussi dans le cas de la matière, notamment en ce qui concerne les métaux. On observe aujourd'hui une augmentation des usages « dispersifs » ou « dissipatifs » de bon nombre d'entre eux et, en particulier, de certains des plus rares. Qu'ils soient utilisés pour produire des peintures, des cosmétiques, des lubrifiants, des colles, des textiles ou encore des nanotechnologies, les métaux concernés deviennent irrécupérables. Autre limite importante : une grande partie de nos nouvelles technologies s'appuient sur des alliages sophistiqués entre métaux. On peut certes les recycler, mais sous une forme généralement dégradée. Les matériaux initiaux sont perdus en tant que tels. Même si, techniquement, leur récupération est possible, les coûts énergétiques et financiers d'une telle opération ont toutes les chances d'être prohibitifs²¹. Bref, nous devons commencer par reconnaître qu'on ne peut complètement « circulariser » l'activité économique qui constitue bel et bien un processus linéaire.

Entre la croissance économique et la soutenabilité écologique, il faut choisir !

Les critiques qui précèdent n'invalident pas les principes de l'économie circulaire. Au contraire, elles en rendent l'application d'autant plus nécessaire. Mais ces principes ne permettront de diminuer les répercussions écologiques des activités humaines, jusqu'à les rendre soutenables, que dans la mesure où nous fixerons par ailleurs des limites à notre production et à notre consommation de biens et de services. La seule manière de rendre « durables » nos économies, compte tenu de leur ampleur actuelle, est désormais de les ralentir. À défaut, la mise en place à grande échelle d'une économie circulaire permettra au mieux un découplage relatif entre croissance économique et épuisement/pollution de notre habitat terrestre. Cela n'empêchera pas nos sociétés de buter sur les limites biophysiques de la planète et de finir par s'effondrer.

20. Georgescu-Roegen (1995).

21. Bihouix (2014).

Pour un nombre croissant de spécialistes de ces questions, un tel événement pourrait se produire bien avant la fin du siècle²².

L'éthique évolutionniste d'Adam Smith pour enrichir l'économie circulaire

Thierry C. Pauchant et Yoann Guntzburger

L'engouement pour l'économie circulaire provient en partie du fait que ce modèle est un parapluie paradigmatique intégrateur et multidisciplinaire. Le nom même du concept suggère pourtant, de façon plus restrictive, un nouveau modèle économique. Se voulant pratique, ce nouveau modèle semble dire qu'il suffit de remplacer le supposé « modèle linéaire » par un circulaire pour résoudre les problèmes environnementaux, réduire le prix des matières premières et accroître notre richesse collective. Pourtant, le modèle utilise peu les fondements de l'économie politique qui, selon Adam Smith – père fondateur de cette discipline –, sont eux-mêmes intégrateurs, évolutionnistes et multidisciplinaires, et incluent une critique du mercantilisme et du consumérisme.

La pensée d'Adam Smith a souvent été déformée. L'idée de la main invisible du marché, celle qui soutient le « laisser-faire » des entreprises pour maximiser l'avoir des actionnaires ou encore celle qui affirme que les prix englobent toutes les subtilités des valeurs²³ ne sont pas smithiennes. Des auteurs sérieux, Amartya Sen en tête, ont montré qu'une relecture de l'œuvre de Smith pourrait contribuer à un renouveau économique, politique, légal et éthique²⁴.

La conception smithienne de la « richesse » sera ici exemplifiée par une expérience de développement durable à laquelle il a participé. Pour rendre encore plus légitime et pertinent le modèle de l'économie circulaire, il faudrait qu'il intègre l'éthique évolutionniste proposée par le penseur. Comme l'a noté Kenneth Boulding, la théorie « économique

22. Servigne et Stevens (2015).

23. Pauchant et Franco (2014).

24. Sen (2011), p. 270.

évolutionniste [...] a été présente depuis presque le début [de la pensée économique], certainement d'après Adam Smith [...] et a continué comme une tradition active²⁵ ».

La conception de la richesse chez Smith

Trop souvent, la notion de richesse est associée aux seules connotations financières. Bien sûr, Smith utilise l'expression « richesse des nations » (*wealth of nations*). Cependant, au XVIII^e siècle, cette notion était plutôt associée au bonheur, au bien-être, à la prospérité, au mieux-vivre, à la santé. Smith dénonce l'idéologie qui fait de l'argent la richesse ultime en la qualifiant de « notion populeuse » et « absurde »²⁶. L'argent, note-t-il, peut avoir une double utilité : il est le moyen financier utilisé pour faciliter l'échange dans un marché et la mesure d'une valeur par son seul aspect monétaire. Pour Smith, l'argent n'est qu'un moyen d'échange ou ce qu'il appelle la « grande roue de circulation »²⁷.

La richesse d'une nation n'est donc pas constituée par l'or et l'argent, comme le suppose la théorie *mercantiliste* qu'il combat vigoureusement. Smith fonde plutôt la richesse sur la qualité des terres agricoles et des ressources naturelles exploitées de façon responsable, les biens et les services produits et leur utilité réelle pour la santé et le bien-être des populations, et le nombre d'emplois générés et rémunérés de façon juste. Cette richesse inclut aussi l'essor social, scientifique, artistique et moral que l'opulence matérielle d'une nation peut encourager, bien au-delà de la notion actuelle du PIB.

De plus, Smith combat déjà à son époque le *consumérisme*, c'est-à-dire la consommation de biens ostentatoires ou non utiles à la survie ou au bien-être des populations. Par exemple, il fustige les personnes qui achètent des boucles en diamant pour leurs chaussures : ces comportements, dit-il, « gratifient les plus infantiles, mesquines et sordides de toutes les vanités », tout en stimulant peu la croissance économique²⁸.

25. Boulding (1981), p. 86.

26. Smith (1981), p. 291.

27. Smith (1981), p. 449.

28. Smith, p. 419.

Établissant une différence entre le « prix naturel » et « le prix du marché », Smith relativise aussi l'importance des mécanismes de l'offre et de la demande²⁹. Pour lui, le prix naturel est constitué par la rémunération juste des propriétaires terriens, des ouvriers, des gestionnaires et des investisseurs, leur permettant de se nourrir, de se vêtir, de se loger et de rembourser leurs coûts d'éducation et d'exploitation. Il propose que ce prix naturel soit le prix « central » autour duquel le prix du marché, influencé par le jeu de l'offre et de la demande, se doit de graviter³⁰.

Il dénonce de plus le fait que les prix négociés sur le marché sont souvent négociés à la hausse par des jeux de pouvoir inégaux et des actes illégaux impunis. Cela inclut l'instauration de monopoles, les manipulations de marché, les lois influencées par des lobbies, les privilèges des corporations, les fraudes exploitant les lacunes réglementaires, les stratagèmes lucratifs contribuant peu à l'économie réelle ou la corruption, la collusion et la criminalité³¹. Pour Smith, ces biais ne peuvent être corrigés par une prétendue « main invisible », mais demandent du courage politique, des lois effectives et l'évolution d'une éthique collective.

Un cas de développement durable au temps de Smith

Pour rendre ces conceptions plus concrètes pour le modèle actuel de l'économie circulaire, il est utile d'examiner les principes de design introduits par Smith et ses collègues pour le développement durable d'un large domaine exploité par le duc de Buccleugh et sa famille. Dans la vingtaine, le duc a vécu en Europe continentale pendant plus de trois ans avec Smith comme tuteur, et les deux hommes se lient d'amitié. L'économiste l'assistera dans la gouvernance de ce domaine jusqu'en 1790, l'année de son décès³². Nous énumérons ci-dessous ces principes de gouvernance, allant au-delà de la seule notion d'organisation industrielle³³.

29. Smith, p. 73.

30. Smith, p. 75.

31. Smith, p. 75-80; 135-158.

32. Bonnyman (2014).

33. Bonnyman (2014), p. 8.

- Élaborer un projet non pour maximiser les profits, mais pour réduire la pauvreté et augmenter le bien-être des participants et de leurs familles sur plusieurs générations, tout en assurant la rentabilité.
- Accroître l'adhésion collective au projet en satisfaisant des intérêts selon de multiples facteurs (personnel, familial, organisationnel, régional, national...).
- Créer des conditions paisibles et stables pour les participants afin qu'ils puissent innover, par exemple en prolongeant leurs contrats ou en réduisant leurs coûts de matériaux achetés au domaine.
- Estimer selon des prix « naturels », et non au prix du « marché », les productions minimales à atteindre par exploitation afin de définir pour tous des objectifs réalistes et viables.
- Choisir les participants (par exemple des fermiers locataires) non d'après leur offre financière la plus importante sur le marché, mais parce que ce sont les plus prometteurs et qu'ils désirent s'impliquer à long terme.
- Investir en recherche afin d'éliminer les produits toxiques dans l'environnement (ex. : ceux qui sont trop alcalins), de réutiliser les déchets (ex. : par le compostage) et d'éprouver de nouvelles procédures.
- Associer les participants aux processus de décision, par la concertation, et non décider selon des données d'experts ou des prérogatives autoritaires.
- Respecter les lois et les contrats en vigueur et réprimander les contrevenants soit de façon symbolique, soit de façon ferme, tout en aménageant un système équitable de résolution des conflits.
- Promouvoir l'éducation des participants par la construction d'écoles, l'offre de formations et le soutien au progrès scientifique.
- Aménager une infrastructure intégrée (routes, canaux, ponts, information...) afin d'attirer une diversité d'exploitants (fermiers, artisans, aubergistes, manufacturiers...) et favoriser leur synergie.
- Intégrer une dimension esthétique à la prise de décision, par exemple refuser d'abattre des arbres du domaine afin de préserver son élégance, bien que cela augmente les coûts d'importation.
- Défendre les intérêts du domaine par des représentations politiques et s'opposer aux lois qui nuisent à la croissance à long terme, par exemple celles régissant des contrats trop courts.

L'histoire indique peut-être que ces principes de gouvernance ont fait leurs preuves. Le groupe Buccleuch, qui a continué à les bonifier à travers les siècles, est encore aujourd'hui le plus grand propriétaire familial terrien au Royaume-Uni et l'un des plus respectés en matière de développement durable. Si l'on retrouve certains de ces principes actuellement dans l'économie circulaire, d'autres y sont moins présents. Afin d'augmenter sa légitimité et sa pertinence, le modèle gagnerait à les intégrer tout en les actualisant. Ils visent tous, depuis la naissance même de l'économie politique au XVIII^e siècle, l'évolution de la richesse économique, sociale, environnementale, éthique et esthétique de nos nations. Le modèle de l'économie circulaire pourrait raviver cette vision qui nous fait encore bien défaut actuellement, pour nous, nos enfants et notre planète.

Anciennes et nouvelles économies circulaires

Ingrid Hall, Paul Sabourin et Sara Teitelbaum

En étudiant les propositions du modèle d'économie circulaire, force est de constater que ce dernier est avant tout économique. Les acteurs sont des consommateurs ou des gens d'affaires et les retombées sociales sont envisagées avant tout à travers les conséquences sur des petites et moyennes entreprises, dont la dynamisation devrait permettre la création d'emplois. Dans ce modèle, les ménages apparaissent comme les agents essentiels de la re-création de l'économie. Cependant, leur participation est principalement considérée selon le prisme de la valorisation des ressources, par exemple par les activités de recyclage, de compostage, de réparation et de réemploi. De leur côté, les politiques publiques sont jugées utiles essentiellement dans la mesure où elles peuvent inciter les entreprises à rendre leurs processus de production plus efficaces.

Comme de grandes institutions internationales (Banque mondiale), des chefs de grandes entreprises constatent l'impossibilité de perpétuer le même modèle économique. Préoccupé par le changement climatique, Bill Gates, notamment, incite à une prise de conscience de la population. Il estime que le marché et l'entreprise privée sont inaptes

à produire le type de changement écologique requis³⁴. Il avance que les États ont un rôle à jouer dans la lutte contre le changement climatique et que les changements de comportement doivent être collectifs. Mais à partir de ce constat, la logique de ces acteurs essentiels de l'économie circulaire reste implicitement réduite à une rationalité économique. On ne tient pas compte du fait que les personnes, dont un certain nombre d'entre elles sont des consommateurs, sont également des êtres sociaux, que leurs comportements s'inscrivent dans des logiques et des pratiques sociales qui relèvent partiellement seulement de l'économie.

Cela est d'autant plus dommage que la formulation de ce nouveau modèle économique repose sur des pratiques et des propositions qui émergent de la société civile. C'est en effet depuis le bas que la remise en cause du modèle précédent a commencé : par l'émergence de réseaux de partage et de collaboration, des processus de production écologiques, comme l'agriculture biologique, et des initiatives d'économie sociale. C'est dans un second temps seulement, face notamment à un changement dans les modèles de consommation, que les entreprises réagissent. Certains auteurs parlent d'ailleurs de « marketing vert » pour désigner des stratégies présentées comme plus écologiques, mais reposant sur la logique antérieure.

L'idée de cet exposé n'est pas de remettre en question la nécessité d'une reformulation du modèle économique actuel, mais de montrer à quel point on gagnerait à aborder les propositions baptisées « économie circulaire » selon une perspective plus large qui prend en compte la dimension sociologique, et à les ancrer dans une temporalité longue. En effet, le principe de circularité est ancien.

Des pratiques sociales anciennes

Avant l'avènement de la consommation de masse, on retrouve au Québec, par exemple, des pratiques socioéconomiques qui impliquent circularité et usage parcimonieux des ressources ; ce que l'on appelait, d'une façon un peu méprisante après la modernisation du Québec, une économie de « bouts de chandelles ». En fait, la famille étendue au Québec était alors une unité de consommation collaborative. La

34. <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2015/11/we-need-an-energy-miracle/407881/>, consulté le 29 octobre 2015.

majeure partie des ressources provenait du travail de la terre, sans motorisation. La limitation de la production agricole exigeait de faire durer l'usage des biens matériels et les ressources étaient utilisées avec soin, voire réutilisées. Il ne s'agit pas d'idéaliser cette période, mais de constater que l'économie était également collaborative au sens où la production impliquait la famille étendue et le voisinage immédiat pour construire, par exemple, des bâtiments ou mener des corvées collectives. Ces relations sociales de proximité ont servi de trame au regroupement des agriculteurs en coopératives lors de la motorisation de l'agriculture, des regroupements qui permettaient d'acheter des outils dont l'usage était collectif dans un contexte où l'agriculture restait largement limitée à l'autoproduction. Cette économie circulaire et collaborative ancienne s'est par ailleurs maintenue dans certains secteurs de la population, même avec l'émergence, à la fin des années 1950, de la consommation de masse. Dans plusieurs milieux sociaux dits « pauvres » au Québec, encore aujourd'hui, on peut observer une telle collaboration entre des usagers de l'aide alimentaire qui partagent des biens, se donnent des objets, produisent ensemble de la nourriture, collaborent à la vie de services collectifs d'entraide. Ces pratiques s'inscrivent dans des processus circulaires, dans la mesure où les outils sont partagés et les biens réutilisés afin d'éviter des achats onéreux. Les exemples qui précèdent peuvent laisser penser que ces pratiques sont le fruit de la nécessité et sont donc associées à la pauvreté, pourtant dans ces milieux, elles perdurent même quand des familles améliorent leurs conditions de vie, parce que ces façons de faire font partie intégrante de la vie sociale.

Ailleurs dans le monde, on peut voir que l'économie mondialisée joue contre la circularité. Dans les communautés rurales des Andes, comme chez beaucoup de paysans, on connaît bien ce principe. Là, les paysans sèment presque exclusivement (90 %) leurs propres semences. Les variétés de semences dont ils disposent proviennent de circuits non commerciaux et de réseaux sociaux constitués de parents et d'alliés proches : les parents donnent à leurs enfants, et tous s'entraident pour effectuer les travaux agricoles. Le principe de circularité intervient donc sur divers plans. Cependant, depuis que le Pérou a signé les accords internationaux qui reconnaissent les droits de propriété sur le vivant des inventeurs de nouvelles variétés (les accords UPOV-91), cette

logique circulaire ne vaut plus, car le droit à réensemencer la récolte est remis en cause, ce qui risque fort d'avoir des répercussions négatives sur le taux de culture de la biodiversité et la sécurité alimentaire.

Nous pouvons également voir des exemples d'économie circulaire dans les modes de vie anciens et modernes des Premières nations au Québec et au Canada. Les Cris du Nord-du-Québec, par exemple, organisent leurs activités de chasse sur le territoire familial, ce qui permet une gestion prudente des ressources, la continuité d'un lien territorial et l'établissement de réseaux de partage de viande sauvage par la famille élargie. Les discours politiques des Cris et des autres Premières nations au Québec nous apportent une vision différente du rapport nature-culture, fondé sur l'interdépendance, le respect et la réciprocité. Cependant, on ignore souvent cette vision holistique dans les processus de consultation industriels et gouvernementaux, qui valorisent plutôt les accords précis et sectoriels.

Le principe de la boucle de rétroaction est ancien et cette boucle doit s'inscrire dans un ensemble de pratiques sociales et de réseaux sociaux; les enjeux sont à la fois économiques, juridiques, politiques et environnementaux; et il est nécessaire de prendre en compte un ensemble d'acteurs hétérogènes à différentes échelles.

De nouvelles pratiques sociales

On retrouve aussi des pratiques aujourd'hui dites d'économie sociale, coopératives, qui comprennent des processus circulaires dans des groupes mieux nantis (souvent pour la consommation, mais parfois pour la production). De nombreux citoyens québécois ont ainsi recours à Communauto, une entreprise d'autopartage fondée sur des dispositifs informatisés qui ne cesse de croître depuis sa création en 1994. Il s'agit d'une alternative à l'achat d'une voiture. Les jardins communautaires sont également un bel exemple de production circulaire s'inscrivant dans une logique de réduction de la demande d'énergie et des déchets. Cette autoproduction agricole favorise la sécurité alimentaire et l'embellissement des villes, en plus de réduire la chaleur en milieu urbain. Une étude récente de Wegmuller et Duchemin montre par ailleurs toute l'importance des jardins communautaires comme lieux de socialisation. Ce dernier exemple fait donc état de l'impossibilité de réduire l'économie circulaire à une dimension strictement économique.

L'étude des caractéristiques sociologiques des pratiques relevant de l'économie circulaire est d'autant plus intéressante que la démocratisation des technologies de communication permet le partage de nouveaux types de biens. Ce que l'on vise aujourd'hui par l'économie circulaire va au-delà du partage et de la coopération de personnes en relation de proximité. L'arrivée d'Internet couplé aux nouveaux dispositifs informatiques du *Big Data*, c'est-à-dire de données sur les activités sociales qui se cumulent par des procédures automatiques au moyen des ordinateurs, des tablettes et des téléphones dits « intelligents », permet de coordonner les activités de personnes qui ne sont en contact quotidien que par des dispositifs informatiques. Cela vaut pour les activités de consommation, mais aussi pour la production industrielle et celle des services qu'on peut dès lors coordonner étroitement, ouvrant ainsi la possibilité d'une économie circulaire à une autre échelle sous ce nouveau mode de planification informatisée. En plus de produire une traçabilité des ressources et de leurs usages, les extrants de la production pourront être mis à la disposition d'une série de producteurs et de consommateurs en temps réel, en fonction de leurs besoins. Dès lors, afin d'assurer ce recyclage généralisé, émerge l'idée que les biens ne seraient plus vendus sur les marchés. C'est la jouissance de ces biens, une période d'éclairage plutôt que la lampe, qui sera vendue afin de susciter une production par les entreprises privées de biens durables et recyclables. Cette généralisation d'une économie circulaire technologique comme projection de l'avenir pose de nombreuses questions en ce qui a trait au contrôle des biens qui ne seront plus la propriété des usagers, à la planification centralisée des ressources qu'elle implique par des entreprises privées ou des gouvernements, à la possibilité de privilégier des solutions de basses technologies plutôt que de haute technologie complexifiant le recyclage des ressources naturelles de plus en plus coûteuses à extraire, à l'avenir de l'innovation sociale et économique dans les contraintes de l'économie circulaire. Par ailleurs, de telles pratiques impliquent de nouveaux types de socialisation qu'il est essentiel de documenter pour en saisir la logique.

Pour avancer, il faut d'abord considérer que dans les différents projets relevant de l'économie circulaire, il y a une grande hétérogénéité. Ils peuvent être portés par des individus à titre personnel, des collectifs, des entreprises ou encore des associations. Ils peuvent répondre à des

objectifs eux-mêmes hétérogènes : la lutte contre la pauvreté, la réduction des dépenses, la préservation de l'environnement ou la recherche de profit. Les types de collectifs, leur organisation, leur vision et leurs objectifs reflètent une grande diversité et portent en leur sein de multiples projets pour la société de demain.

Dans l'état actuel des choses, la formulation du modèle de l'économie circulaire ne prend pas en compte la pluralité de ces positions. Il faut, à notre avis, prendre le temps de mieux décrire les différentes initiatives desquelles le modèle s'inspire, ne serait-ce que pour répondre aux aspirations des citoyens mécontents qui veulent changer leurs habitudes. Il semble bien que, cette fois, ce sont les individus qui disent aux économistes ce qu'ils souhaitent voir changer. Le message est confus, contradictoire, d'où la nécessité de mieux comprendre les dynamiques en cours.

Si le consommateur est le pivot du changement tant désiré, il faut mieux le comprendre. On ne saurait le responsabiliser sans chercher à changer les problèmes structurels dans l'organisation de l'économie, par exemple les ressources faramineuses de la publicité et de la mise en marché de produits et de services promouvant des styles de vie incompatibles avec les limites écologiques de la planète. Si l'économie circulaire a la vertu de redéfinir la chaîne de production pour répondre aux critères écologiques, elle doit s'enrichir par ailleurs d'une compréhension plus profonde des consommateurs qui sont aussi des citoyens³⁵. On ne saurait ici réduire l'entreprise sociologique à de l'ingénierie sociale et se concentrer sur le changement des comportements. Ce qu'il faut, c'est au contraire faire de la sociologie, œuvrer à une compréhension des pratiques sociales.

35. Voir Serres (1999).

Bibliographie

- AGRAWAL, S. *et al.*, « A Literature Review and Perspectives », *Reverse Logistics, Resources, Conservation and Recycling*, vol. 97, 2015, p. 76-92.
- AJAO, O., *Development of Hemicellulose Biorefineries for Integration into Kraft Pulp Mills*, Thèse de doctorat, Polytechnique Montréal, 2014.
- ANASTAS, P., et M. KIRCHHOFF, « Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry », *Accounts of Chemical Research*, 2002, p. 686-694.
- ASCHER, F., *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, 2010, p. 95 et suivantes.
- BARTLETTS, J. S., « Guide to the Volkswagen Emissions Recall », *Consumer Reports*, 2015, <http://www.consumerreports.org/>
- BEAULIEU, M., R. MARTIN et S. LANDRY, « Logistique à rebours: portrait nord-américain », *Logistique & Management*, vol. 7, n° 2, 1999, p. 5-14.
- BELZ, F.-M. et K. PEATTIE, *Marketing Sustainability: A Global Perspective*, 2012.
- BERNARD, S., « Remanufacturing », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 62, n° 3, 2011.
- BERRONE, P. et L. R. GOMEZ-MEHIA, « Environmental Performance and Executive Compensation: An Integrated Agency-Institutional Perspective », *Academy of Management Journal*, vol. 52, n° 1, 2009, p. 103-126.
- BIHOUIX, P. et B. DE GUILLEBON, *Quel futur pour les métaux?*, Paris, Éditions EDP Sciences, 2010.
- BIHOUIX, P., *L'âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*, Paris, Le Seuil, 2014.
- BODENHORN, B., « It's Good to Know who Your Relatives are But we Were Taught to Share with Everybody: Shares and Sharing among Inupiaq Households » dans WENZEL, George W. *et al.*, *The Social Economy of Sharing: Resource Allocation and Modern Hunter-Gatherers*, *Senri Ethnological Studies* n° 53, Osaka, National Museum of Ethnology, 2000, p. 27-60.
- BONNYMAN, B., « The Third Duke of Buccleuch and Adam Smith. Estate Management and Improvement », *Enlightenment Scotland*, Edinburgh University Press, 2014.
- BOTSMAN, R., *The Sharing Economy Lacks a Shared Definition*, 2012.
- BOUCHARD, M., *L'économie sociale vecteur d'innovation sociale. L'expérience du Québec*, Presses de l'Université du Québec, 2011.

- BOUILLON, C. et M. HAVARD, *La gestion durable des matières premières minérales*, Rapport déposé à l'Assemblée nationale, Paris, 2011.
- BOULDING, K., *Evolutionary Economics*, Sage Publications, 1981.
- BRUNNER, P. H., *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, Boca Raton, FL, CRC Press, 2004.
- BURNETT, G., *La permaculture*, Écosociété, 2013.
- CANTOR, D.E., P. C. MORROW et F. MONTABON, « Engagement in Environmental Behaviors among Supply Chain Management Employees: An Organizational Support Theoretical Perspective », *Journal of Supply Chain Management*, vol. 48, n° 3, Juillet 2012, p. 33-51.
- CARSON, R., *Silent Spring – 40th Anniversary Edition*, Mariner, 2002.
- CASTEL, A., *Technologies duales: les imprimantes 3D en Chine, Russie, Inde et Singapour*, Rapport au profit du ministère de la Défense, France, 2014.
- CHÉNEVERT, D. et M. TREMBLAY, *Analyse des expériences nord-américaines des régimes de partage des gains de productivité*, dans PERRETTI, Jean-Marie et Patrice ROUSSEL, *Les rémunérations: politiques et pratiques pour les années 2000*, Vuibert, Collection « Entreprendre », 2000.
- CHRISTOPHER, M., *Logistics and Supply Chain Management – Second Edition*, Prentice Hall, 1998.
- CIRIAIG, *Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts*, 2015.
- COLLABORATIVE LAB et NESTA, *Making Sense of the UK Collaborative Economy*, 2014, <http://www.collaborativeconsumption.com>.
- COMMISSION EUROPÉENNE, *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards a Circular Economy: A Zero-waste Programme for Europe*, SWD 2014, <http://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/fp/2014-COM-circular-economy.pdf>.
- COMMISSION EUROPÉENNE, *European Platform on Life Cycle Assessment (LCA): Use of LCA in Business and Policy Making*, 2015, <http://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm>
- COMMISSION MONDIALE POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT (CMED), *Notre avenir à tous*, Oxford University Press, 1987.
- DAIN, A., *Analyse et évaluation de la pérennité des démarches d'écologie industrielle et territoriale*, Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement de l'Université de Sherbrooke, 2010.
- EHRlich, P. et J. HOLDREN, « The Impact of Population Growth », *Science*, vol. 171, 1974, p. 1212–1217.
- EMERY, B., *Sustainable Marketing*, Pearson Education, 2012.
- EUROMED MANAGEMENT et DES ENJEUX ET DES HOMMES, *Développement durable: le guide pour contrer les vraies/fausses bonnes raisons de ne pas agir*, 2010.
- EUROPEAN COALITION FOR REPAIRABLE PRODUCTS, *Sustainable Consumption and Production: Improving Product Durability and Repairability*, <http://www.eeb.org>.
- FÉDÉRATION DES ENTREPRISES DU RECYCLAGE, *Le livre blanc – L'économie circulaire: la vision des professionnels du recyclage*, 2014.

- FONDATION ELLEN MACARTHUR, *Circularity Indicators. Project Overview*, 2015, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org>.
- FROSCH, R. et N. GALLOPOULOS, « Strategies for Manufacturing », *Scientific American*, septembre 1989, p. 144-152.
- GENDRON, C. et M.-F. TURCOTTE, « Économie sociale, environnement et développement durable : au-delà du secteur spécialisé pour un projet de société », BOUCHARD, M. (dir.), *L'économie sociale vecteur d'innovation sociale. L'expérience du Québec*, Presses de l'Université du Québec, 2011, p. 165-186.
- GEORGESCU-ROEGEN, N., *La décroissance. Entropie, écologie, économie*, Sang de la terre, 1995, p. 45.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, *World Footprint*, 2015, <http://www.footprintnetwork.org>.
- GODBOUT, J. T. en collaboration avec A. CAILLÉ, *L'esprit du don*, Éditions La Découverte, 1992.
- GREER, J. M., *La fin de l'abondance. L'économie dans un monde post-pétrole*, Écosociété, 2013.
- GROOTHUIS, F., *New Era. New Plan. Fiscal Reforms for an Inclusive, Circular Economy. Case Study The Netherlands*. The Ex'tax Project in cooperation with Deloitte, EY, KPMG Meijburg et PwC, 2014.
- GRUBER, V. et B. SCHLEGELMILCH, « How Techniques of Neutralization Legitimize Norm- and Attitude-Inconsistent Consumer Behavior », *Journal of Business Ethics*, 2014, vol. 121, p. 29-45.
- GUDEMAN, S., *The Anthropology of Economy: Community, Market, and Culture*, Malden-Wiley-Blackwell, 2001.
- HANED, N. et al., *La profitabilité de l'écoconception : une analyse économique*, Montréal, IDP et Pôle éco-conception, 2014.
- HEINBERG, R., *Searching for a Miracle: "Net Energy" Limits and the Fate of Industrial Society*, 2009, p. 55.
- HUNKELER, D., G. REBITZER et K. LICHTENVORT, *Environmental Life Cycle Costing*, Taylor & Francis, 2008.
- INGOLD, T., *The Appropriation of Nature*, Manchester University Press, 1986.
- JEVONS, S., *The Coal Question*, Londres, Macmillan & Co, 1865. <www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnCQ9.html>
- JOLLIET, O. et al., *Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2010.
- KESTHTKAR, M. et al., *Energy Efficiency Analysis and Enhancement of Three Canadian Kraft Mills*, J-FOR +, décembre 2015.
- KOPYTOFF, I., « The cultural biography of things: Commoditization as process » dans APPADURAI, A. (éd.), *The social life of things: commodities in cultural perspective*, Cambridge University Press, 1986, p. 64-91.
- LASSAUX, M., *L'économie circulaire dans les politiques européennes : enjeux, acteurs clefs et perspectives*, rapport rédigé pour l'Institut EDDEC et HEC Montréal, 2015, p. 4-10.
- LEAHY, S., *Your Water Footprint*, Firefly Books, 2014.

- LEHMANN, M. et al., *Circular Economy: Improving the Management of Natural Resources*, Swiss Academy of Engineering Sciences, 2014, p. 8.
- LÉVESQUE, B., « Les entreprises d'économie sociale, plus porteuses d'innovations sociales que les autres? », dans FONDs QUÉBÉCOIS DE LA RECHERCHE SUR LA SOCIÉTÉ ET LA CULTURE (dir.), *Le développement social au rythme de l'innovation*, Presses de l'Université du Québec, 2004, p. 51-72.
- MacDONALD, G., « Economies and Personhood: Demand Sharing among the Wiradjuri of New South Wales », WENZEL, George W., et al., *The Social Economy of Sharing: Resource Allocation and Modern Hunter-Gatherers*, *Senri Ethnological Studies* n° 53, National Museum of Ethnology, 2000, p. 87-111.
- MEADOWS, D. et al., *Limits to Growth*, Universe Books Publisher, 1972.
- MEADOWS, D. et al., *Limits to Growth: The 30-Year Update*, Chelsea Green Publishing Company, 2004.
- NATIONAL MARKETING INSTITUTE, *LOHAS Consumer Trends Database*, 2009.
- NELSON, M. P., « Ecosystems Health », dans CALLICOTT, J. Baird et R. FRODEMAN (dir.), *Encyclopedia of Environmental Ethics and Philosophy*, Gale, 2009.
- OCDE, *Perspectives on Global Development 2012: Social Cohesion in a Shifting World*, 2011.
- OWEN, D., *Vert paradoxe. Le piège des solutions écoénergétiques*, Écosociété, 2013.
- PAQUIN, R. L. et J. HOWARD-GRENVILLE, « The Evolution of Facilitated Industrial Symbiosis », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, n° 1, 2012, p. 83-93.
- PARRY, I. et al., *Getting Energy Prices Right: From Principle to Practice*, Fonds monétaire international, 2014.
- PAUCHANT, T. et E. FRANCO, « Adam Smith au-delà de sa caricature néolibérale », *Éthique Publique*, vol. 16, n° 2, 2014, p. 145-164.
- PEARCE, D. W. et R. K. TURNER, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Johns Hopkins University Press, 1990, p. 29-42.
- POUFFE S. et al., « Economic Benefits Tied to Ecodesign », *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, n° 6-7, 2011, p. 573-579.
- PNUE, *Vers une économie verte: Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté – Synthèse à l'intention des décideurs*, 2011.
- PNUE, *Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie des produits*, 2009, p. 103.
- PONCE, S. et J. NOLLET, « Dynamique des activités d'innovation. Le cas de la R-D par contrat », *Management International*, vol. 10 – Numéro spécial (hommage à Fernand Amesse), 2006, p. 107-124.
- PRICEWATERHOUSE COOPER, *Le marché mondial de l'économie collaborative devrait atteindre près de 335 milliards de dollars d'ici à 2015, contre 15 milliards en 2014*, 2015: <http://www.pwc.fr/>
- PRICEWATERHOUSE COOPER, *Étude sur l'intégration de critères RSE dans la part variable des rémunérations des dirigeants et des managers*, Observatoire sur la responsabilité sociétale des entreprises, Juin 2012.
- REES, W. E., M. WACKERNAGEL et P. TESTEMALE, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, 1995.

- REGANOLD, J. P. et J. M. WACHTER, « Organic Agriculture in the Twenty-first Century », *Nature Plants*, 2016, 2, 15221.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA, *L'état des forêts au Canada : rapport annuel*, 2014.
- ROBERTSON, M., *Sustainability: Principles and Practice*, Earthscan, Routledge, 2014.
- ROY, J. et M. BEAULIEU, « Structure de gouvernance des filières à rebours : deux cas québécois », *Logistique et Management*, vol. 13, n° 1, 2005, p. 79-88.
- SAUVÉ, S., S. BERNARD et P. SLOAN, « Environmental Sciences, Sustainable Development and Circular Economy: Alternative Concepts for Trans-disciplinary Research », *Environmental Development*, vol. 17, 2015, p. 48-56.
- SAUVÉ, S. et M. DESROSIERS, « A Review of what Is an Emerging Contaminant », *Chemistry Central Journal*, vol. 8, n° 1, 2014, p. 15.
- SAVILLE, C. K. *et al.*, « Biocatalytic Asymmetric Synthesis of Chiral Amines from Ketones Applied to Sitagliptin Manufacture », *Science*, 329(5989), 2010, p. 305-309.
- SEN, A., « Uses and Abuses of Adam Smith », *History of Political Economy*, vol. 43, n° 2, 2011, p. 257-271.
- SERRES, M., *Le contrat naturel*, Flammarion, 1999.
- SERVIGNE, P. et R. STEVENS, *Comment tout peut s'effondrer*, Le Seuil, 2015.
- SINCLAIR-DESGAGNÉ, B., *Greening global value chains – Some implementation challenges*, World Bank Policy research paper, SS6613, 2013.
- SIXTA, H. *et al.*, « Novel Concepts of Dissolving Pulp Production », *Cellulose*, vol. 20, 2013, p. 1547-1561.
- SMITH, A., *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Liberty Fund and Oxford University Press, 1981 [1776].
- STUART, T. E. et J. M. PODOLNY, « Local Search and the Evolution of Technological Capabilities », *Strategic Management Journal*, vol. 17, 1996, p. 21-38.
- VANLLEGHEM, P., « Les StaRRE de type conventionnel : une bonne option pour éliminer l'azote », *Vecteur Environnement*, janvier 2015, p. 56-57.
- WEGMULLER, F. et É. DUCHEMIN, « Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine à Montréal : étude des discours au sein du programme des jardins communautaires », *Vertigo*, vol. 10, n° 2, 2010.
- WORLD ECONOMIC FORUM (FORUM ÉCONOMIQUE MONDIAL), *Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains*, 2014.
- WORLD ECONOMIC FORUM et METAL INDUSTRY PARTNERSHIP, en collaboration avec ACCENTURE, *Mining and Metals in a Sustainable World*, 2014.

Les collaborateurs

Yves-Marie Abraham, professeur, Département de management, HEC Montréal

Christophe Abrassart, professeur, École de design, Université de Montréal

Pierre Baptiste, professeur et directeur du Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal

Luce Beaulieu, analyste principale, Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services

Martin Beaulieu, professionnel de recherche, Groupe de recherche CHAÎNE, HEC Montréal

Sophie Bernard, professeure, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal

Denis Chênevert, professeur, Département de gestion des ressources humaines, HEC Montréal

Yves Comeau, professeur, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Michel Dagenais, professeur, Département de génie informatique et génie logiciel, Polytechnique Montréal

Jonathan Deschênes, professeur, Département de marketing, HEC Montréal

Jean-François Desgroseilliers, associé de recherche, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Peter Dietsch, professeur, Département de philosophie, Université de Montréal

Jean-Marc Frayret, professeur, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal

Nicole Gombay, professeure, Département de géographie, Université de Montréal

Yoann Guntzburger, étudiant au doctorat en management et coordonnateur de la Chaire de management éthique, HEC Montréal

Ingrid Hall, professeure, Département d'anthropologie, Université de Montréal

Laurent Jodoin, chargé de cours, DESS en Environnement et développement durable, Université de Montréal

JoAnne Labrecque, professeure, Département de marketing, HEC Montréal

Paul Lanoie, professeur, Département d'économie appliquée, HEC Montréal, et commissaire à la Commission de l'écofiscalité du Canada

Robert Legros, professeur, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Manuele Margni, professeur, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal

Mariya Marinova, chercheure, Unité de recherche sur l'efficacité énergétique et le développement durable de la bioraffinerie forestière, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Christian Mascle, professeur, Département de génie mécanique, Polytechnique Montréal

Mélanie McDonald, coordonnatrice, Institut EDDEC

Louise Millette, professeure et directrice du Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Fabienne Munch, professeure et directrice de l'École de design, Université de Montréal

Daniel Normandin, directeur exécutif, Institut EDDEC

Jean Paris, professeur, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Thierry C. Pauchant, professeur, Département de management, HEC Montréal

Joëlle Pelletier, professeure, Département de chimie, Université de Montréal

Michel Perrier, professeur, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Pierre-Olivier Pineau, professeur, Département des sciences de la décision, HEC Montréal

Sylvain Plouffe, professeur, École de design, Université de Montréal

Silvia Ponce, professeure, Département de gestion des opérations et de la logistique, HEC Montréal

Emmanuel Raufflet, professeur, Département de management, HEC Montréal

Claudia Rebolledo, professeure, Département de gestion des opérations et de la logistique, HEC Montréal

Denyse Roy, professeure, École de design, Université de Montréal

Jacques Roy, professeur, Département de gestion des opérations et de la logistique, HEC Montréal

Paul Sabourin, professeur, Département de sociologie, Université de Montréal

Sébastien Sauvé, directeur académique de l'Institut EDDEC et professeur, Département de chimie, Université de Montréal

Franck Scherrer, professeur et directeur de l'Institut d'urbanisme et d'architecture du paysage, Université de Montréal

Richard Simon, professeur, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Bernard Sinclair-Desgagné, professeur, Département d'affaires internationales, HEC Montréal

Laurent Spreutels, associé de recherche, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Sara Teitelbaum, professeure, Département de sociologie, Université de Montréal

Hugo Tremblay, professeur, Faculté de droit, Université de Montréal

Gabrielle van Durme, analyste principale, Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services, Département de génie chimique, Polytechnique Montréal

Martine Vézina, professeure, Département du management, HEC Montréal

Danielle Zwarthoed, chercheure post-doctorale, Département de philosophie, Université de Montréal

Liste des figures

1. Schéma pédagogique de l'économie circulaire
2. La criticité potentielle des ressources minérales
3. Comparaison des émissions de contaminants entre l'économie linéaire et l'économie circulaire
4. Schéma de l'économie circulaire de la Fondation Ellen MacArthur
5. Le cycle intégrateur de réemploi et de redistribution
6. La recirculation des ressources par recyclage, compostage et valorisation énergétique
7. Une unité de production de biocarburant
8. Une bioraffinerie intégrée
9. Les stratégies d'économie circulaire dans le cycle de vie des produits textiles
10. Différentes configurations de réseaux

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	7
Préface	9
Introduction	13
Pourquoi l'économie circulaire ?	23
<i>Protéger nos ressources renouvelables et nos écosystèmes</i>	23
<i>Préserver nos ressources non renouvelables</i>	27
<i>Lutter contre la volatilité et l'accroissement du coût des matières premières</i>	31
<i>Mettre un frein à la pollution</i>	33
Les stratégies de circularité des ressources	37
<i>L'entretien et la réparation</i>	38
<i>Le réemploi et la redistribution des produits de consommation</i>	41
<i>L'économie collaborative et l'économie de fonctionnalité</i>	46
<i>Le reconditionnement et le réusinage</i>	50
<i>Le recyclage, le compostage et la valorisation énergétique</i>	52
<i>L'extraction biochimique</i>	57
<i>Les symbioses industrielles</i>	60
Les modes de déploiement	65
<i>La filière agroalimentaire</i>	66
<i>La filière forestière</i>	69
<i>La filière aéronautique</i>	71
<i>La filière textile</i>	73
<i>La ressource énergétique</i>	75
<i>La ressource hydrique</i>	77
<i>La ressource métallique</i>	80
<i>Les organisations et les produits au cœur du déploiement</i>	83
<i>La ville, territoire privilégié de l'économie circulaire</i>	88

La mobilisation des acteurs	93
<i>L'écofiscalité au service de l'économie circulaire</i>	94
<i>L'économie circulaire dans la politique et la législation québécoise</i>	96
<i>Des incitations sur toute la chaîne de valeur</i>	102
<i>L'accompagnement des entreprises : les leçons du développement durable</i>	104
<i>La rémunération, un enjeu de la circularité</i>	108
<i>L'entreprise collective, un véhicule d'innovation sociale</i>	112
<i>Des consommateurs en évolution dans un monde en changement</i>	116
<i>L'économie du don : objets, valeurs et relations sociales</i>	120
<i>L'intégration aux cursus de formation</i>	124
Les outils, les ressources et les savoirs existants	127
<i>L'analyse de flux de matières et l'analyse du cycle de vie</i>	127
<i>L'écoconception</i>	131
<i>La chimie verte</i>	134
<i>L'approvisionnement responsable</i>	138
<i>La logistique à rebours : repères et implications</i>	141
<i>Les réseaux et la mise en œuvre de l'économie circulaire</i>	144
Les limites et les pistes d'enrichissement du modèle	149
<i>L'apport de l'économie circulaire au regard d'autres approches et outils</i>	150
<i>La justice distributive</i>	155
<i>Une stratégie nécessaire, mais insuffisante</i>	161
<i>L'éthique évolutionniste d'Adam Smith pour enrichir l'économie circulaire</i>	165
<i>Anciennes et nouvelles économies circulaires</i>	169
Bibliographie	175
Les collaborateurs	181
Liste des figures	185

Autres titres en libre accès aux Presses de l'Université de Montréal

Aménagement du paysage urbain. École d'architecture du paysage, 2003-2013 • Nicole Valois (dir.)

Guy Rocher. Le savant et le politique • Violaine Lemay et Karim Benyekhlef (dir.)

L'idée d'université. Anthologie des débats sur l'enseignement supérieur au Québec de 1770 à 1970 • Claude Corbo avec la collaboration de Marie Ouellon

L'interculturel au Québec. Rencontres historiques et enjeux politiques • Lomomba Emongo et Bob W. White (dir.)

Montréal en paysages • Philippe Poullaouec-Gonidec et Sylvain Paquette

Un nouvel ordre mondial made in China ? • Mamoudou Gazibo et Roromme Chantal

La pauvreté. Quatre modèles sociaux en perspective • Gérard Boismenu, Pascale Dufour et Sylvain Lefèvre

Petit guide de survie des étudiants • Marie Lambert-Chan

Pratiques de l'édition numérique • Marcello Vitali-Rosati, Michaël Eberle-Sinatra (dir.)

Le Québec en jeu. Comprendre les grands défis • Gérard Daigle et Guy Rocher (dir.)

Le savoir des livres • Benoît Melançon (dir.)

Sciences, technologies et sociétés de A à Z • Julien Prud'homme, Pierre Bouchard et Frédéric Bouchard (dir.)

Les scientifiques et la paix. La communauté scientifique internationale au cours des années 20 • Brigitte Schroeder-Gudehus

Les visages de la police. Pratiques et perceptions • Jean-Paul Brodeur

On estime que, chaque année, la population mondiale utilise 1,5 fois les ressources renouvelables de la planète. Cette tendance ne peut aller qu'en s'accroissant, alors que les classes moyennes partout prennent de l'ampleur et que la pauvreté extrême diminue. Dans ce contexte, l'économie circulaire suscite un intérêt grandissant des citoyens, des entrepreneurs, des gouvernements, ainsi que du monde universitaire.

Pour éviter l'épuisement des ressources naturelles, cette économie de « demain » propose l'intensification du recyclage – voire la fin des déchets –, la gestion durable des ressources, des politiques collectives encadrant la production, ainsi que l'usage des biens et des services plutôt que des politiques privées favorisant la propriété et la croissance illimitée.

Ce livre, écrit sous l'égide de l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (EDDEC), présente les réflexions de 50 experts, notamment en environnement, en génie industriel ou chimique, en management, mais aussi en économie, en géographie, en anthropologie et en philosophie. Dans une langue accessible, il fait le point sur la nécessité de se tourner vers un modèle respectueux de la nature et précise les enjeux de la survie de l'humanité.

24,95 \$

Imprimé sur papier recyclé

Disponible en version numérique
www.pum.umontreal.ca

ISBN 978-2-7606-3675-0



9 782760 636750