

# Cahiers scientifiques du CIRAIG

La publication des Cahiers scientifiques du CIRAIG est rendue possible grâce à l'aide financière de Valorisation Recherche Québec (VRQ), du Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) et du Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture (FQRSC)

Fonds de recherche  
sur la nature  
et les technologies

Québec

Fonds de recherche  
sur la société  
et la culture

Québec

 **VRQ**  
Valorisation Recherche Québec

## CALCUL ÉCONOMIQUE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Bernard Sinclair-Desgagné

CIRAIG – École Polytechnique de Montréal  
Chaire d'Économie internationale et de Gouvernance - HEC Montréal  
Chaire E.D.F. de Développement durable - École polytechnique de Paris  
CIRANO—Montréal

Cet article soutient que les instruments habituels de politique publique (droits de propriété, rationnement, tarification, encouragement à l'innovation) ne suffiront pas à sauvegarder tous les biens collectifs essentiels au développement économique et social. Il faudrait de surcroît promouvoir un "contrat naturel" qui harmoniserait les rapports de l'être humain à son environnement. Comme le démontre la théorie des jeux répétés, ce contrat pourrait naître de la réalisation que la Nature est elle-même capable d'une certaine forme de calcul autonome et sophistiqué qui impose de viser la collaboration plutôt que la domination.

This paper argues that the usual public policy instruments (property rights, rationing, pricing, incentives to innovate) cannot safeguard all the commons which are essential to economic and social development. In addition, a "Natural Contract" must also harmonize the relationship between human beings and the environment. As the theory of repeated games shows, such a contract might arise from the realization that Nature is itself capable of some form of autonomous and sophisticated calculus which supports an attitude of collaboration rather than one of domination.

**Mots-clés:** Tragédie des biens collectifs, politique environnementale, contrat naturel, jeux contre la nature, jeux répétés.

**Keywords:** Tragedy of the commons, environmental policy, natural contract, games against nature, repeated games.

Notre relation à la nature doit beaucoup à cette exhortation du Livre de la Genèse:<sup>1</sup>

"Soyez féconds, multipliez-vous, remplissez la terre et soumettez-là, et dominez sur les poissons de la mer, sur les oiseaux du ciel et sur tout animal qui se meut sur la terre."

Depuis lors, nous n'avons eu de cesse d'étendre et de consolider notre mainmise sur la faune et la flore, sur notre habitat et son sous-sol. Chemin faisant, nous avons bien sûr appris que les civilisations sont mortelles, mais malgré les crises et les chocs parfois brutaux de l'Histoire, l'espèce humaine a jusqu'à présent toujours su s'adapter, en inventant chaque fois de nouveaux moyens d'accroître son ascendant sur la biosphère. Les grandes épidémies – peste, choléra, variole, typhoïde – qui ont fauché tant de nos ancêtres semblent à présent définitivement vaincues. Le pronostic malthusien, voulant que la famine vienne périodiquement réguler la

croissance des populations, est désormais écarté. L'être humain peut aujourd'hui vivre, voire prospérer, sous toutes les latitudes.

En entrant dans l'ère atomique, il y a une soixantaine d'années, nous avons toutefois pris conscience que nos prouesses technologiques pouvaient menacer la survie même de notre espèce. A l'heure actuelle, d'autres signes nous pressent de reconsidérer notre soi-disant maîtrise de la nature. L'atmosphère se réchauffe, les glaciers fondent, les déserts s'étendent, les océans se gonflent, et l'eau douce se raréfie. Jugée jadis inépuisable, la mer n'arrive plus à maintenir un nombre croissant d'espèces. Des millions d'hectares de forêts disparaissent chaque année (avec, la plupart du temps, les habitats qu'elles recouvrent). Les bactéries infectieuses résistent de mieux en mieux aux antibiotiques. Et la diversité génétique des animaux et végétaux encore

présents sur terre s'amenuise. En somme, la planète montre actuellement des symptômes de fatigue, ce qui laisse présager, non pas une capitulation passive et sans conditions à nos assauts répétés, mais le glissement vers de nouveaux équilibres naturels aux conséquences potentiellement catastrophiques pour l'humanité.

Ce court essai a pour objectif de faire le point sur les menaces que notre relation à la nature et les moyens dont nous disposons font peser sur la pérennité du développement tel que nous le connaissons. Les sections suivantes attribuent une large responsabilité au calcul économique. La plupart des études et propositions visant à réconcilier développement durable et calcul économique s'en remettent d'ailleurs à des aménagements organisationnels, réglementaires et institutionnels qui viendraient contenir ce dernier. Comme on le verra, ces

mesures ne sauraient suffire. Il faut encore promouvoir une nouvelle culture où la nature n'est jamais réductible à nos fins.

### 1. La tragédie des biens collectifs

Les contextes évoqués en introduction – l'atmosphère terrestre et ses climats, l'eau douce (particulièrement celle des nappes phréatiques, des grands lacs et des longs cours d'eau), les océans, les forêts tropicales et boréales, la biodiversité, voire la vulnérabilité des micro-organismes – sont autant d'exemples de ce qu'il convient d'appeler des *biens collectifs*. La principale caractéristique de ces biens est qu'ils sont typiquement non marchands et relativement accessibles à tous. Dans un article célèbre paru en 1968 dans la revue *Science*, Garrett Hardin, alors professeur d'écologie humaine à l'Université de Californie à Santa Barbara, a montré comment les biens collectifs

(Suite de la page 1)

sont facilement sujets à une surexploitation, même quand ceux qui en tirent profit croient en faire un usage raisonnable. La logique de base est toujours la suivante. Imaginons un pré ouvert à tous les bergers des environs. Ce pâturage pourra rester verdoyant durant des siècles si le climat est propice et si le bétail, pour toutes sortes de raisons (prédateurs, épizooties, vols, braconnage, etc.), y est clairsemé. Mais voici que les conditions socio-économiques et la technologie favorisent l'augmentation de la taille des troupeaux. De manière explicite ou implicite, et plus ou moins consciemment, chaque berger se demande alors: "Et si je faisais paître un animal de plus sur ce pré?" Comme l'élevage de cet animal ne profitera qu'à son seul propriétaire, tandis que l'ajout d'une tête de bétail entraîne une nouvelle réduction de la superficie pâturable disponible dont l'inconvénient est assumé par tout le monde, il est fort probable que chaque berger laissera grossir indéfiniment son troupeau et que la capacité régénérative du pré sera bientôt dépassée.

Ainsi va actuellement le développement économique: celui-ci repose sur un certain nombre de biens collectifs (dont, au premier plan, l'écosystème terrestre), or le fait que chacun agisse (quoique bien légitimement) selon sa propre logique d'expansion met leurs fonctions en péril et menace la pérennité de cette voie. Le défi central du développement durable est précisément d'enrayer cette "tragédie" des biens collectifs.<sup>2</sup>

## 2. Maîtriser notre maîtrise

Le calcul individuel (et individualiste) des gains et des pertes, ajouté à des moyens technologiques sans précédent, sont clairement à la

source de la tragédie des biens collectifs. Si l'on pouvait contrôler l'un et l'autre, en les soumettant par exemple à la gouverne absolue d'un planificateur omniscient et bienveillant, le problème serait résolu. Mais une telle entité n'existe pas. Reste donc à tenter de concilier calcul économique et développement durable. Divers moyens pour ce faire sont fréquemment proposés.<sup>3</sup>

### 2.1 La propriété

Depuis l'Antiquité, on sait que l'intégrité d'un bien est mieux préservée si quelqu'un en devient propriétaire. Encore faut-il que le titre de propriété soit réel, c'est-à-dire que son détenteur puisse déterminer l'usage du bien concerné plus ou moins à sa guise et selon ses intérêts. Pour le maintien à long terme du bien en question, il est aussi nécessaire que son propriétaire lui attribue une valeur dépassant celle des ressources et services qu'il en tire dans l'immédiat, ce qui est le cas lorsque le bien peut être revendu à bon prix, lorsqu'il constitue un patrimoine privé, ou encore lorsqu'il génère directement (et non pas seulement par les bénéfices tangibles qu'il procure) quelque sentiment d'attachement.

Si la propriété (privée ou étatique) a sans doute permis la conservation de nombreux biens autrefois collectifs (terres arables, habitats forestiers ou lacustres, monuments historiques et œuvres d'art) en même temps que l'essor économique de plusieurs populations, son application aux ressources qui nous intéressent semble toutefois limitée. Certes, on a su récemment introduire des droits de propriété sur l'entreposage de gaz polluants dans l'atmosphère terrestre (i.e., les permis négociables d'émission de dioxyde de soufre ou de dioxyde de carbone). Mais dans la plupart des cas, la propriété totale ou partielle de la

ressource reste difficile à établir (à cause de l'étendue et des ramifications du bien collectif en question, notamment), à garantir (comme en fait foi le braconnage incessant d'espèces en voie d'extinction), ou à légitimer (surtout lorsqu'il s'agit de gènes ou d'êtres vivants). Il faut donc généralement se tourner vers d'autres solutions.

### 2.2 Le rationnement

Un remède courant à l'épuisement d'une ressource est d'en restreindre l'accès. A petite échelle, on a ainsi pu sauver les ours pandas, les îles Galapagos, et les gravures préhistoriques de la grotte de Lascaux. A plus grande échelle, certains songeraient peut-être à rationner l'emploi des antibiotiques et des pesticides, afin de retarder la prolifération de souches résistantes au sein des espèces nuisibles visées. Cette suggestion soulève cependant des problèmes d'implantation: plus l'échelle est grande, plus il est difficile de contrôler l'accès. Il serait surprenant, par exemple, que l'on puisse attribuer à chaque médecin traitant un quota annuel d'antibiotiques inférieur à la quantité usuellement prescrite, étant donné les contraintes éthiques et administratives actuelles. Ou bien cette mesure soulèverait un tollé, ou bien on trouverait toutes sortes de moyens de la contourner (par l'importation au noir, notamment).

Le contrôle de l'accès semble encore moins plausible dans le cas des océans et des grands écosystèmes, surtout s'il s'agit de l'accès à certains *services globaux* rendus par ceux-ci, comme la purification de l'air et des eaux, la protection contre l'érosion, ou la stabilité du climat (Arrow et al., 1999). Une manière indirecte de s'y prendre, préconisée par les tenants d'un écologisme (et d'un anti-productivisme) radical, serait la "croissance zéro", voire la

décroissance.<sup>4</sup> Outre les ressources considérables (pour la surveillance et la contrainte des agents économiques) qu'un tel coup de frein engendrerait nécessairement, la réalisation de cette proposition donnerait toutefois une société sans initiative et surtout très conflictuelle, puisqu'un monde sans croissance ne peut être qu'un "jeu à somme nulle" où les uns n'améliorent leur condition qu'au dépens des autres.

La meilleure façon de rationner l'accès reste encore le mécanisme des prix.

### 2.3 La vérité des prix

Dans un marché où de nombreux fournisseurs et acheteurs interagissent librement, le prix d'un bien ou service signale celui des ressources naturelles, financières, technologiques et humaines consacrées à sa production ainsi que la volonté des acquéreurs potentiels de se le procurer. Celui-là varie selon la disponibilité présente et future des intrants (qui dépend elle-même des usages alternatifs de ces derniers); celle-ci découle de la satisfaction immédiate que procure la consommation du bien ou du service en question, ou encore du nombre et de l'importance des opportunités qu'il ouvre. Reflet concis de ces réalités, le prix permet alors aux acteurs économiques d'effectuer des calculs informés et judicieux. C'est pourquoi les projections de pénuries basées sur l'existence de ressources non renouvelables n'impressionnent guère les économistes: les agents économiques sauront ajuster leur consommation et faire les substitutions nécessaires si le mécanisme des prix traduit bien la rareté grandissante de certaines ressources.

Il arrive cependant que les prix induisent en erreur. Dans certains pays, le prix actuel du carburant

(Suite page 3)

(Suite de la page 2)

encourage plutôt l'usage de véhicules énergivores et les émissions de gaz à effet de serre. Ailleurs, un montant forfaitaire pour la consommation d'eau favorise le gaspillage. Il faudrait ici et là rétablir la vérité des prix, tantôt au moyen d'une taxe qui ajuste le prix de l'essence en fonction de l'impact (i.e., de l'externalité) sur les générations futures de l'accumulation de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, tantôt en créant un véritable marché où la valeur économique de l'eau (surtout pour les millions d'être humains qui en manquent) serait exprimée. Mais la recherche d'une tarification adéquate pour *chaque* service rendu par la nature est une tâche d'une complexité redoutable (Arrow et al., 1999). Il semble qu'il existera toujours des marchés imparfaits, défectueux ou manquants, et qu'en attendant de savoir raccommoder toutes les ratés du mécanisme des prix, nos écosystèmes continueront de se dégrader dangereusement.<sup>5</sup>

#### 2.4 L'innovation

Pour plusieurs, la créativité apparemment sans limite de l'être humain constitue enfin l'ultime garantie d'un développement durable et généralisé. Il est vrai que les biotechnologies ouvrent maintenant la possibilité de cultiver la terre sous des climats inhospitaliers, de triompher une fois pour toutes de parasites et autres microbes exécrables, et de pallier la perte de biodiversité. L'essor des technologies de l'information laisse par ailleurs entrevoir une économie de plus en plus "dématisée" (i.e., de moins en moins dépendante des ressources naturelles). Et les nanotechnologies promettent des percées concrètes majeures en médecine et dans la sphère des matériaux.<sup>6</sup>

On connaît toutefois assez mal en-

core les ressorts de l'innovation. Celle-ci est bien sûr fille de la nécessité. Elle est aussi liée à la richesse, à l'éducation, à l'ouverture d'esprit et à la sécurité des personnes (c'est pourquoi plusieurs préconisent d'ailleurs, puisque les problèmes auxquels seront soumises les prochaines générations nous sont mal connus, la croissance économique et la transmission des valeurs libérales plutôt que l'écocentrisme et la sacralisation de la nature). Mais elle se nourrit avant tout d'idées neuves dont les genèses cognitive et organisationnelle, surtout lorsqu'il s'agit d'innovations radicales, restent mystérieuses. Clairement, ces nouvelles idées participent à une trajectoire technologique donnée (celles du moteur à explosion ou de la thérapie biochimique, par exemple) qui émerge et façonne à la fois une certaine représentation, voire un certain paradigme, du monde (Dosi, 1982). Or c'est précisément cette trajectoire qu'il faut désormais modifier.

#### 3. L'omniprésence du calcul

La discussion précédente invite à se demander si l'on arrivera jamais à contenir suffisamment et à temps le calcul économique. Le constat est d'autant plus troublant que ce calcul est omniprésent dans les sociétés humaines. On en retrouve l'empreinte chez toutes les civilisations et à toutes les époques, dans le domaine du commerce comme (et peut-être surtout) dans celui de la politique, voire dans celui des relations humaines et au sein de la famille. Que ses manifestations les plus excessives suscitent une révolution légitime, et le voilà qui réapparaît précisément chez ceux qui voulaient l'extirper. Même cette assise de la société que l'on nomme "la confiance" n'est souvent que le résultat d'un calcul de profits et pertes en présence de menaces

tacites.

Ce dernier exemple suggère néanmoins une piste encourageante. En société, l'observation chez l'autre de moyens significatifs de calcul et de réplique est souvent le point de départ de relations harmonieuses.<sup>7</sup> *Et si nous reconnaissons de tels moyens à la nature?* Celle-ci n'obéit pas en permanence, elle aussi, au calcul des gains et des pertes (d'énergie, de masse, d'entropie, etc.)? En témoignent le "Principe du plus court chemin" de Fermat (16<sup>ème</sup> siècle) à propos du parcours de la lumière, le "Principe de moindre action" de Hamilton (19<sup>ème</sup> siècle) à propos des mouvements de particules (principe maintenant fondamental pour toute la Physique théorique), ou encore la rationalisation de l'espace chez les abeilles. Suivant des processus récemment mis à jour mais encore largement méconnus, les écosystèmes tendraient eux aussi à emmagasiner la plus grande quantité d'énergie, le plus longtemps possible.<sup>8</sup>

S'agissant de la nature, on ne parlerait bien sûr pas d'un calcul conscient et individualisé, au sens que prend habituellement la notion de "calcul". Dans la biosphère, les comportements des êtres vivants suivent une logique qu'il faut lire à l'échelle de l'espèce: il semble que chaque génération vise à transmettre à celle qui la suit le pool génétique le mieux adapté. Ce sont donc les individus les plus forts et les mieux portants qui obtiennent les meilleures occasions de se reproduire. Ceux-ci seraient parfois des marginaux, voire des mutants, qu'une altération de l'environnement aurait rendu plus aptes à survivre. Cette dynamique expliquerait, par exemple, la résistance accrue des bactéries infectieuses aux antibiotiques. Au sein des très grandes populations microbiennes, il

existe en effet toujours des êtres anormaux que l'administration d'un antibiotique n'affecte pas. Dans un monde où l'être humain décime leurs congénères, cependant, ces entités exceptionnelles voient la compétition pour la reproduction tourner à leur avantage. La proportion de membres des générations subséquentes ayant hérité d'une capacité de résistance tend donc à augmenter de plus en plus vite. Ainsi la nature riposte-t-elle à nos assauts répétés: par un "calcul" à l'échelle macroscopique, où les mutations tiennent lieu d'innovation et qui ne va pas toujours dans le sens de nos intérêts. Ce calcul déjoue de surcroît souvent nos prévisions, car nous sommes loin d'en connaître tous les rouages (et le serons vraisemblablement encore longtemps).

Cette faculté de calcul et de réplique que possède la nature impose une nouvelle attitude marquée par le respect. Ce changement permettrait d'envisager désormais, non plus de dominer la nature, mais de "collaborer" avec elle.

#### 4. Le Contrat naturel

Dans le film à succès *Le Parc Jurassique*, inspiré du roman de Michael Crichton, on fait dire au mathématicien Ian Malcolm, à qui l'on vient d'expliquer que la rencontre de l'être humain et des dinosaures ne comporte aucun risque puisque ceux-ci ne peuvent théoriquement se reproduire: "Mais la nature trouve toujours un chemin...". Dans son contexte, cette courte phrase résume assez bien la thèse de cet article: la nature montre souvent une autonomie insoupçonnée, orientée vers des objectifs indétournables, et basée sur un calcul des avantages et inconvénients apparenté au calcul économique. Ce

(Suite page 4)

dernier élément, surtout, permet de supposer qu'il existerait maintenant entre la nature et l'être humain un lien de réciprocité analogue à ceux qui prévalent entre les parties prenantes d'une société, lien qui pourrait de la même manière servir de fondement à un "contrat".

L'observation que la nature partagerait avec nous certains traits communs et que nous devrions par conséquent lui accorder plus de respect n'est certes pas une nouveauté. Plusieurs éthiques de l'environnement procèdent déjà de postulats et remarques en ce sens.<sup>9</sup> Sous la plume influente de Michel Serres (1990), la proposition d'un "Contrat naturel" confère à la nature les traits proprement humains d'hôte et de victime. Les lois condamnant la cruauté à l'endroit des animaux sont enfin fondées sur le fait que les espèces les plus évoluées peuvent éprouver comme nous du plaisir et de la souffrance. Mais ce que le paradigme économiste suggéré ici laisse entrevoir, c'est la possibilité de poser les conditions sociologiques concrètes sans lesquelles le développement tel que nous le connaissons risque fort de ne pas durer.

Ce court essai ne permet évidemment pas de détailler ce que ces conditions pourraient être. Bien d'autres recherches seront d'ailleurs nécessaires, à la fois pour mieux comprendre les calculs de notre écosystème et pour saisir dans toute sa spécificité le jeu ayant cours entre celui-ci et les êtres humains. Il convient cependant de mentionner que de nombreux travaux précurseurs, comme ceux de Kandori (1992), Tirole (1996) et Heath (2003) – ce dernier s'inspirant de l'œuvre de Jürgen Habermas, mettent en évidence, en le

précisant, le rôle-clé de l'information et de la communication (même locales et partielles) pour la mise en vigueur de nouvelles normes sociales. A cet égard, le renforcement des institutions démocratiques et la montée en puissance de la société civile nous placeraient déjà sur la bonne voie.

### Références

- Arrow, Kenneth, Gretchen Daily, Partha Dasgupta, Simon Levin, Karl-Göran Måler, Eric Maskin, David Starrett, Thomas Sterner, and Thomas Tietenberg (1999), "Managing Eco-Systems Resources," Document de travail téléchargeable depuis l'adresse internet <http://www.colby.edu/personal/t/thieten/Mneco.pdf>
- Axelrod, Robert (1992), *Donnant, donnant. Théorie du comportement coopératif*. Éditions Odile Jacob.
- Bontems, Philippe et Gilles Rotillon (1998), *Économie de l'environnement*. Éditions La Découverte.
- Delahaye, J.-Paul et Philippe Mathieu (1993), "L'altruisme perfectionné," *Pour la Science*, no. 187, p. 102-107.
- Desrochers, Pierre (2003), "Comment la recherche du profit améliore la qualité de l'environnement," *Cahier de l'Institut Économique de Montréal*, disponible en ligne à [http://www.iedm.org/etudes/etude22\\_fr.html](http://www.iedm.org/etudes/etude22_fr.html).
- Dosi, Giovanni (1982), "Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change," *Research Policy*, vol. 11, p.147-162.
- Feigenbaum, Dina, Albert Nsamirizi et Bernard Sinclair-Desgagné (2004), "Les nanotechnologies: leurs bénéfices et leurs risques potentiels," *Cahier scientifique 2004s-44* du CIRANO, disponible en ligne à <http://www.cirano.qc.ca/fr/publications.php>.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1995), *La décroissance*. Éditions Sang de la Terre.
- Hardin, Garrett (1968), "The Tragedy of the Commons," *Science*, vol. 162, p. 1243-1248.
- Heath, Joseph (2003), *Communicative Action and rational Choice*. MIT Press.
- Kandori, Michihiro (1992), "Social Norms and Community Enforce-

ment," *Review of Economic Studies*, vol. 59, p. 63-80.

Larrère, Catherine (1997), *Les philosophies de l'environnement*. Presses Universitaires de France.

Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, et William W. Behrens III, *Halte à la croissance?* (rapport au Club de Rome). Fayard.

Nowak, Martin, Robert M. May et Karl Sigmund (1995), "L'arithmétique de l'entraide," *Pour la Science*, no. 214, p. 56-61.

Serres, Michel (1990), *Le contrat naturel*. Paris, Éditions François Bourin.

Tirole, Jean (1996), "A Theory of Collective Reputations (with applications to the persistence of corruption and to firm quality)," *Review of Economic Studies*, vol. 63, p. 1-22.

Vanriël, Peter (1995), "Action Principles as Determinants of Ecosystem Structure: The Autonomas Lake as a Reference System," *Ecology*, disponible en ligne à [http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m2120/is\\_n6\\_v76/ai\\_18250753](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m2120/is_n6_v76/ai_18250753).

Vallée, Annie (2002), *Économie de l'environnement*. Éditions du Seuil.

### Note

1. Livre de la Genèse, chapitre 1, verset 28.
2. Les exemples de bien collectif cités jusqu'à maintenant se rapportent exclusivement à l'environnement. Notez cependant qu'il existe aussi des biens collectifs de nature sociale, comme la confiance, la culture démocratique ou le sens civique. Ceux-ci sont autant sujets à dépérir que leurs contreparties naturelles, comme

en témoignent leurs récentes fissures dans la foulée des faillites frauduleuses en cascade des dernières années. Les arguments et les suggestions avancés ici valent a fortiori pour ces biens.

3. Le lecteur souhaitant en savoir plus peut par exemple consulter les excellents textes de Bontems et Rotillon (1998) ou Vallée (2002).
4. Pour un exposé de la démarche intellectuelle qui sous-tend cette prise de position, voir les ouvrages fondamentaux de Meadows et al. (1972) et Georgescu-Roegen (1995).
5. C'est pourquoi je ne partage pas l'optimisme de certains chantres de la "main invisible", dont le texte de Desrochers (2003) est une illustration typique.
6. Les nanotechnologies procèdent à l'échelle du milliardième de mètre, c'est-à-dire à celle des virus et des anti-corps, où les propriétés de la matière diffèrent de façon substantielle des propriétés physiques, chimiques ou biologiques observées à des échelles plus grandes. Certains y décèlent l'amorce d'une nouvelle révolution industrielle. Pour plus de détails, voir Feigenbaum et al. (2004).
7. A ce sujet, voir les exposés d'Axelrod (1992), de Delahaye et Mathieu (1993) et de Nowak et al. (1995) basés sur le dilemme itéré du prisonnier et la théorie des jeux.
8. Cette thèse est défendue, entre autres, par Vanriël (1995).
9. Pour un excellent compte-rendu, voir Larrère (1997).

L'auteur est directeur adjoint du CIRAI. Il y coordonne le volet socio-économique.

Le CIRAI est le premier centre interuniversitaire dans le domaine des analyses du cycle de vie (ACV) au Canada. Fondé en 2001 sur une initiative de



**CIRAI**

Centre Interuniversitaire de Référence sur l'Analyse, l'Interprétation et la Gestion du cycle de vie des produits, procédés et services

l'École Polytechnique, en collaboration avec l'Université de Montréal et les HEC de Montréal, le CIRAI a été mis sur pied afin de répondre à la demande de l'industrie et des gouvernements de développer une expertise universitaire de pointe sur les outils du développement durable. Le CIRAI rassemble et met à disposition les principales forces universitaires québécoises et canadiennes dans le domaine de l'analyse du cycle de vie (ACV) et de la gestion du cycle de vie (GCV).

Pour obtenir plus d'informations sur le CIRAI, vous pouvez consulter notre site Internet à: [www.polymtl.ca/cirai](http://www.polymtl.ca/cirai) ou communiquer avec les personnes suivantes:

Pr Réjean Samson, Ph.D.  
Directeur général  
Tél.: +1 (514) 340-4898  
Télé.: +1 (514) 340-5913  
[rejean.samson@polymtl.ca](mailto:rejean.samson@polymtl.ca)

Daniel Normandin, M.Sc., MBA  
Directeur—Partenariat, financement et communications  
Tél.: +1 (514) 340-4108  
Télé.: +1 (514) 340-5913  
[daniel.normandin@polymtl.ca](mailto:daniel.normandin@polymtl.ca)