

BioPromesse?

La biotechnologie, le développement durable et l'économie future du Canada

RAPPORT TECHNIQUE AU CCCB
(Comité consultatif canadien de la biotechnologie)

Présenté par le Groupe de travail d'experts sur la BDDE

Septembre 2006

Cette publication est également offerte par voie électronique sur le site Web du Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB) à l'adresse suivante : www.cbac-cccb.ca.

On peut obtenir cette publication sur demande en médias substituts. Communiquez avec le CCCB aux coordonnées ci-dessous.

Pour obtenir des exemplaires du présent document, s'adresser au :

Comité consultatif canadien de la biotechnologie
255, rue Albert, 10^e étage
Ottawa, ON K1A 0H5

Sans frais : 1 (866) 748-CBAC (2222)

Télécopieur : (613) 946-2847

Site Web : www.cbac-ccab.ca

Courriel : minfo@cbac-cccb.ca

Avertissement

Le présent rapport a été produit par les membres d'un Groupe de travail d'experts établi par le Comité consultatif canadien de la biotechnologie. Les opinions exprimées dans le présent rapport sont celles du Groupe de travail d'experts et ne représentent pas nécessairement celles du CCCB, du Comité de coordination ministérielle de la biotechnologie ou du gouvernement du Canada.

Dans le présent rapport, le masculin est employé à titre générique et désigne aussi bien les hommes que les femmes

Autorisation de reproduction

Sauf en cas d'exception éventuelle qui serait explicitement indiquée dans le texte, les renseignements contenus dans la présente publication peuvent être reproduits en tout ou en partie par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission du CCCB, à condition que soit exercée une diligence raisonnable afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite; que le CCCB soit dûment nommé comme l'organisme d'origine des renseignements; et que le texte reproduit ne soit pas présenté comme une version officielle de l'information ni comme ayant été élaboré en affiliation avec le CCCB ou avec son approbation.

© 2006, Gouvernement du Canada (Comité consultatif canadien de la biotechnologie).
BioPromesse? La biotechnologie, le développement durable et l'économie future du Canada.
Rapport technique au Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB) présenté par le Groupe de travail d'experts sur la BDDE. Tous droits réservés.

N° de cat. : Iu199-8/2006F-PDF

ISBN : 0-662-72389-9

This publication is also available in English under the title: *Biopromise? Biotechnology, Sustainable Development and Canada's Future Economy.*

BioPromesse?

*La biotechnologie, le développement durable
et l'économie future du Canada*

RAPPORT TECHNIQUE

Septembre 2006

Groupe de travail d'experts sur la biotechnologie et le développement durable pour l'économie future du Canada (BDDE)

Président : D^r Arthur J. Hanson, O.C.
D^r Peter G. Brown, Université McGill
D^r Ann Dale, Royal Roads University
D^r Don Dewees, University of Toronto
Prof. Linda Lusby, L.L.B., Acadia University
D^r David Punter, University of Manitoba
D^r Robert Slater, Carleton University
D^r Stuart Lee, Secrétariat canadien de la biotechnologie

Ce Groupe de travail d'experts a été établi en 2005 pour effectuer une recherche et une analyse approfondies et indépendantes sur la biotechnologie, le développement durable et l'économie future du Canada pour le compte du Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB). Ce faisant, il a commandé plusieurs petits projets de recherche et réalisé un important examen de documentation, tout en recourant sans réserves à l'expertise des membres du Groupe de travail.

Le Groupe de travail d'experts sur la BDDE avait pour mandat :

- de cerner les occasions et les défis que présenteront les nouvelles applications de la biotechnologie au cours du futur développement de l'économie canadienne dans tous les secteurs pertinents, ainsi que les approches de réglementation appropriées que ces nouvelles applications pourraient nécessiter;
- de déterminer, dans la mesure du possible, les aspects auxquels peuvent contribuer les nouvelles applications de la biotechnologie en ce qui concerne l'atteinte des objectifs de développement durable à l'échelle nationale et à l'échelle internationale;
- de déterminer les initiatives politiques qui, partout au gouvernement, permettront de favoriser davantage les applications de la biotechnologie dans les secteurs qui peuvent le plus contribuer à l'atteinte des objectifs de développement durable, notamment au niveau des politiques en matière d'investissement et d'incitatifs;
- d'élaborer un cadre de développement durable applicable aux applications de la biotechnologie.

Les opinions et constatations du Groupe de travail d'experts sur la BDDE sont présentées au CCCB mais ne représentent pas nécessairement celles du CCCB.

Le rapport technique sur la BDDE est également accessible en ligne à l'adresse suivante : www.cbac-cccb.ca. S'adresser à info@cbac-cccb.ca pour obtenir les documents de recherche de fond individuels.

Remerciements

Le président et les membres du Groupe de travail d'experts souhaitent remercier les membres du personnel, actuels et anciens, du Secrétariat canadien de la biotechnologie, en particulier Kim Elmslie, Brent Johnston, D^r Stuart Lee, Marnie McCall, Margot Priest et Tara Menor pour leur soutien; D^r Arnold Naimark et les membres du CCCB pour leurs commentaires aux diverses étapes des travaux du Groupe de travail; D^r Morven McLean d'Agbios, Trefor Munn-Venn et son équipe du Conference Board du Canada et Barry Sadler pour les rapports que nous leur avons commandés, ainsi que Elizabeth Morse et Katrina Gordon pour leur aide à l'édition et à la recherche. Nous sommes également reconnaissants aux examinateurs qui nous ont fourni des commentaires sur les documents d'ébauche.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. Quand la « bonne vieille méthode » ne suffit plus	8
2020—Vision pour le développement durable	10
Choix technologiques	11
Plateformes et approches de biotechnologie	12
Valeurs et éthique	13
Méthodologie et contenu du rapport.....	17
CHAPITRE 2. Des biopromesses?	20
Promesses et prémisses.....	20
Les bioproduits	23
L'importance fondamentale des bioraffineries.....	27
Les forêts : les arbres issus du génie génétique	29
Les océans : la biotechnologie marine et l'aquaculture marine.....	31
La biotechnologie industrielle « blanche ».....	36
La biorestauration	38
L'échéancier	39
Conclusion—Imaginons maintenant l'an 2020	41
CHAPITRE 3. Des écosystèmes et des collectivités en bonne santé.....	44
Le lien entre les collectivités saines et la biotechnologie	46
Les connaissances nécessaires pour des écosystèmes en santé	48
Conclusions	58
CHAPITRE 3, Annexe 1 Sources de conseils scientifiques concernant la recherche sur les effets sur les écosystèmes	60
CHAPITRE 4. La biotechnologie pour le développement durable des régions rurales	62
Pourquoi rural?	62
Analyse du <i>cadre d'innovation</i> du Conference Board du Canada.....	65
Principales conclusions	66
Conclusions	79
CHAPITRE 5. Cadre d'évaluation du développement durable.....	84
Raison d'être d'un cadre d'approche.....	84
La situation réglementaire actuelle.....	85
Les notions fondamentales de l'évaluation du développement durable	88
Outils d'analyse	94
Conclusion.....	99

CHAPITRE 6. Apprentissage et dialogue publics	101
Apprentissage et dialogue continu	101
Stratégies de mobilisation du public.....	102
Présentation de l'information	103
Discussions structurées.....	104
Dialogue	106
CHAPITRE 7. Coopération internationale.....	116
Le Canada et le monde	116
Compétitivité et durabilité.....	117
Coopération en matière de développement international	122
Réseaux et partenariats pour la biotechnologie et le développement durable	127
Conclusions sur la coopération internationale du Canada pour la BDDE.....	130
CHAPITRE 8. Gouvernance pour une gestion adaptative	133
Introduction	133
Qu'est-ce qu'une bonne gouvernance?.....	134
Les objectifs d'une gouvernance renouvelée : des relations en évolution.....	135
Une vision de la gouvernance.....	144
CHAPITRE 9. Recommandations.....	147
GLOSSAIRE DE LA BDDE	151

CHAPITRE 1. Quand la « bonne vieille méthode » ne suffit plus

Les Canadiens font face à un avenir qui sera défini par le changement, où abonderont de nouveaux débouchés et où il sera de plus en plus nécessaire d'établir une relation satisfaisante entre l'environnement et le développement. Au cours des trois dernières décennies, on a souvent associé des débouchés aux nouvelles technologies, surtout aux TIC (technologies de l'information et des communications). Plus récemment, la biotechnologie a été mise en évidence comme une source potentielle de retombées économiques, sociales et environnementales à long terme. Les partisans suggèrent que la biotechnologie peut être un moyen pour aider le Canada à atteindre ses objectifs en matière de développement durable, tels que la réduction des gaz à effet de serre, l'amélioration de la qualité de l'eau et la réduction de l'utilisation des pesticides. Par ailleurs, non seulement la biotechnologie pourrait-elle fournir des possibilités d'emploi et de revenu grâce aux nouvelles chaînes de valeur dans l'agriculture, la foresterie et les autres secteurs axés sur les ressources naturelles, mais aussi des économies pour l'industrie grâce à une fabrication plus efficiente sur le plan du matériel et de l'énergie, et des bienfaits pour la santé grâce à la réduction de la pollution de l'environnement.

La présente étude a été préparée par un Groupe de travail d'experts sur la biotechnologie et le développement durable pour l'économie future du Canada (BDDE). Le Groupe de travail relève du Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB). L'étude constitue le premier effort exhaustif au Canada afin d'examiner les perspectives de la biotechnologie par rapport au développement durable. Notre perspective s'étale jusqu'en 2020. Nous avons maintenu un point de vue analytique impartial face à cette relation et aux répercussions pour les décideurs. Le présent rapport technique décrit les constatations de l'étude et présente des recommandations qui pourraient être mises en œuvre rapidement en vue d'obtenir des gains à long terme. Le rapport technique est accompagné d'un rapport exécutif qui s'adresse aux décideurs canadiens au sein du gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et des collectivités locales ainsi qu'aux principaux représentants du milieu d'affaires et de la société civile.

Pourquoi démarquer la biotechnologie s'il existe une gamme de moyens et de technologies possibles pour régler les principaux enjeux de développement durable? La biotechnologie est une technologie en voie de maturation pour laquelle de nombreuses applications environnementales et

Développement durable (DD) L'amélioration de la qualité de vie humaine tout en respectant les limites des écosystèmes locaux et planétaires, avec un partage plus équitable des avantages économiques et sociaux entre les riches et les pauvres d'aujourd'hui et sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs besoins. (Adapté des définitions de la Stratégie mondiale de conservation et de la Commission mondiale de *l'environnement et du développement*. La section « Principes et valeurs » du présent rapport énonce nos critères pour atteindre les objectifs de développement durable.)

Biotechnologie L'application de la science et de la technologie à des organismes vivants, de même qu'à ses composantes, produits et modélisations, pour modifier des matériaux vivants ou non-vivants aux fins de la production de connaissances, de biens et de services. (*Définition de l'Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE].*)

de développement durable ont été suggérées¹. Il existe de nombreux points de vue, souvent exprimés de façon ferme, en ce qui concerne les niveaux d'avantages et de risques associés à la biotechnologie, tout comme c'est le cas avec presque toutes les nouvelles formes de technologie. La réalité est que la biotechnologie peut nécessiter 20 à 30 années de plus avant que la gamme complète des avantages ne se concrétise. Il se peut également que les impacts potentiellement dangereux nécessitent un délai aussi long ou plus long pour se manifester.

Au Canada comme ailleurs dans le monde, ce sont les domaines de la médecine et de l'alimentation qui ont suscité le plus d'attention et où s'est concentré le financement de l'innovation en biotechnologie. Jusqu'à récemment, la stratégie d'innovation et les efforts en matière de développement durable au Canada avaient généralement emprunté des voies parallèles au lieu de s'entrecroiser. Mais dernièrement, les choses ont commencé à changer, comme en témoignent l'établissement de nouvelles institutions dont l'organisme Technologie du développement durable Canada (TDDC), l'investissement renouvelé dans les sources d'énergie de remplacement telles que les biocarburants et la reconnaissance de plus en plus répandue qu'un bon nombre des technologies actuelles destinées à protéger l'environnement présentent de graves lacunes.

Une leçon importante que l'on peut tirer de l'innovation technologique est que la réussite est loin d'être prévisible. Par conséquent, peu importe ce que l'avenir du Canada nous réserve, les Canadiens devront adopter une *approche adaptative* dans laquelle l'apprentissage continu et l'application des nouvelles connaissances sont au cœur même de la gestion des processus de changement. Nous encourageons l'utilisation de la gestion adaptative² car l'évolution de la biotechnologie vers le développement durable ne sera jamais complètement prévisible ni ordonnée. Il faut s'attendre à des surprises. Une approche de gestion adaptative à l'égard d'une nouvelle technologie nous donne un moyen de faire face aux enjeux qui, autrement, seraient trop complexes, interreliés et dynamiques à évaluer par le biais des approches conventionnelles destinées à éviter les risques. Elle nous permet d'aller de l'avant tout en offrant les renseignements nécessaires pour cerner et gérer les risques. Plus précisément, la gestion adaptative nécessite « un processus transparent et ouvert d'esprit quant aux choix sociaux »— un processus dans lequel les politiques et les nouveaux programmes sont traités explicitement

¹ Voir, à titre d'exemple : I. Serageldin et G.J. Persley (éd.), *Biotechnology and Sustainable Development: Voices of the South and the North* (Oxford : CABI Publishing, 2003); J. de la Mothe et J. Niosi (éd.), *The Economics and Social Dynamics of Biotechnology* (Norwell, Mass : Kluwer Academic Publishers, 2000); OCDE, *Biotechnology for Clean Industrial Products and Processes: Towards Industrial Sustainability* (Paris : 2002); OCDE, *Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies* (2004); Nations Unies, Rapport du secrétaire général, *Impact of New Biotechnologies, with Particular Attention to Sustainable Development, including Food Security, Health and Economic Productivity* (2003); A. Sasson, *Industrial and Environmental Biotechnology: Achievements, Prospects, and Perceptions* (Yokohama, Japon : Institute for Advanced Studies, United Nations University, 2005).

² La gestion adaptative est « un processus systématique pour améliorer continuellement les politiques et les pratiques de gestion en tirant des leçons à partir des résultats des programmes opérationnels. » (B.C. Ministry of Forests and Range, Forest Practices Branch). Voir Carl J. Walters et C.S. Holling. 1990. « Large-Scale Management Experiments and Learning by Doing ». *Ecology* 71(6) (1190), pp. 2060-2068.

comme des expériences, avec des possibilités d'apprentissage social et d'ajustement ultérieur des pratiques.³ La planification et la gestion adaptatives sont raisonnablement établies en tant qu'une approche importante applicable aux enjeux environnementaux et au développement durable.

Nous croyons qu'il s'agit d'une approche essentielle pour l'avenir—un moyen d'instaurer la confiance envers l'innovation technologique et un moyen de tirer des leçons à partir des « petites surprises » afin d'améliorer la sécurité et de maximiser les bienfaits du développement durable. Par conséquent, le thème de la gestion adaptative occupe une place importante dans toutes les sections de notre rapport. Toutefois, comme il s'agit d'une approche qui n'est pas largement utilisée par ceux qui introduisent des technologies innovatrices, il est nécessaire de créer une capacité pour déterminer comment on pourra appliquer la gestion adaptative d'une manière systématique.

En plus des efforts considérables en R-D, en investissement et en commercialisation qui seront requis dans les années à venir, les gens devront (1) reconnaître le rôle de la prise de décisions axées sur les valeurs; (2) renforcer notre système de gouvernance pour aborder l'innovation dans la résolution de problèmes; (3) établir de nouveaux paramètres, de nouvelles normes et élaborer l'information nécessaire pour surveiller les progrès; et (4) établir un dialogue avec le public sur les résultats souhaitables et la façon d'y arriver. En tant que citoyens individuels et consommateurs et par le biais de nos organisations, nous devons faire des choix éclairés et responsables en matière de résolution de problèmes, y compris le rôle des nouvelles technologies. Les entreprises, les collectivités et les gouvernements devront agir plus rapidement et plus efficacement au chapitre des décisions d'investissement, des nouvelles applications réglementaires et de la création de capacités. Chacun de ces sujets est abordé dans le présent rapport.

2020—Vision pour le développement durable

D'ici 2020, l'économie et la condition environnementale du Canada devraient refléter les efforts d'une génération sensible au développement durable. Nous avons choisi ce laps de temps pour notre analyse car plusieurs préoccupations en matière de développement durable passeront de l'état « urgent » à l'état « critique » durant cette période. Les organisations canadiennes⁴ ont dégagé un certain nombre de préoccupations de grande importance en ce qui concerne le développement durable, notamment : la réduction des gaz à effet de serre, la diversification de notre dépendance aux hydrocarbures fossiles pour l'énergie et les matériaux, la réduction des niveaux de polluants persistants, la restauration environnementale des zones contaminées, le besoin d'une utilisation améliorée des déchets municipaux et industriels, le maintien de l'intégrité écologique, la biodiversité et la fonction des écosystèmes et l'atteinte des objectifs de développement du millénaire des Nations Unies.

³ K. Lee. 1993. *Compass and Gyroscope: Integrating Science and Politics for the Environment* (Washington, D.C. : Island Press, 2003); *Adaptive Management in the Canadian Nuclear Waste Program*. Document d'information commandé par la Société de gestion des déchets nucléaires. 10 pp. www.nwmo.ca/default.aspx?DN=218,206,199,20,1,Documents

⁴ L'information à ce sujet est largement répandue, par exemple sur les sites Web suivants : La voie verte d'Environnement Canada (www.ec.gc.ca/envhome), la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (www.nrtee-trnee.ca) et l'Institut international du développement durable (www.iisd.org).

Nous espérons que le développement durable aboutira à des résultats propices à la création d'une société plus forte et plus flexible au Canada. Nous espérons une situation mondiale où les besoins de base des êtres humains seront comblés; où il n'y aura plus de destruction de la biodiversité; et où on assistera à des progrès dans la réduction de l'émission des gaz à effet de serre, pour n'en nommer que quelques-uns. Les solutions ne proviendront pas de la « bonne vieille méthode ». Nous allons donc porter notre attention sur les mesures à prendre d'emblée pour pouvoir obtenir un changement transformatif d'ici 2020.

Choix technologiques

Il va sans dire que nous faisons déjà face à d'importants nouveaux choix technologiques (voir l'encadré 1-1), dont l'ensemble pourrait aider à soutenir le développement durable. Mais les choix technologiques détaillés ne sont, en aucun cas, faciles à faire, comme l'a démontré le débat sur les aliments génétiquement modifiés qui a duré toute une décennie. Les hypothèses quant aux avantages et aux impacts varient : elles peuvent être litigieuses, très optimistes ou tout à fait pessimistes et très sélectives ou incomplètes. Par contre, si le développement durable entraîne véritablement des bienfaits considérables, avec des coûts et des impacts inférieurs à ceux des autres solutions de rechange, il sera alors dans l'intérêt de la société de permettre, voire d'accélérer, le développement et l'application commerciale de technologies particulières, et peut-être même de certaines biotechnologies.

Encadré 1-1. Échéance de certaines nouvelles technologies

Technologie	Introduction	Étape de développement
Technologie de l'information (« TI »)	Années 1950-1960	Établie
Biotechnologie (« Biotech »)	Années 1980	En maturation
Technologie des piles à hydrogène	Années 1990	En cours d'essai
Nanotechnologie (« Nano »)	Années 2000	Nouvelle

Les technologies innovatrices perturbent le cours normal des choses⁵. Elles changent la façon même dont nous faisons certaines activités, elles posent des risques de taille et elles ne dévoilent généralement la gamme complète de leurs avantages qu'après un long laps de temps d'au moins 20 à 50 ans. Il est impossible de cerner définitivement la gamme complète des avantages ou des risques dès le début. C'est pourquoi certaines personnes pourraient se sentir justifiées de prendre une position ferme pour ou contre l'innovation. Ce qui définit les prises de position, c'est en partie la question à savoir si les individus et les groupes trouvent qu'ils ont accès aux avantages ou s'ils jugent que d'autres parties en profitent à leurs dépens.

⁵ Voir C.T. Bekar et al., *Economic Transformations. General Purpose Technologies and Long-term Economic Growth* (Oxford University Press, 2006); R. Lipsey, *Economic Growth, Technological Change, and Canadian Economic Policy* (C.D. Howe Institute, 1996).

Plateformes et approches de biotechnologie

L'encadré 1-2 décrit certaines des biotechnologies qui forment la base des approches modernes. Dans le cas des applications liées à l'environnement et aux ressources, il importe de reconnaître que la biotechnologie ne signifie pas toujours la manipulation génétique. Elle implique souvent une séquence de technologies, notamment la culture, la transformation et la production de produits. Dans l'environnement naturel, il existe un grand intérêt à l'égard de la bioprospection, par exemple les microbes dans les événements profonds ou d'autres zones océaniques extrêmes, ou les organismes vivants marins accrochés aux rivages rocheux violemment battus par les vagues. Pour les besoins de la cause, nous utilisons le terme « transgénique » pour décrire les situations où le matériel génétique est délibérément modifié, ajouté ou enlevé. Nous reconnaissons également que diverses combinaisons de technologies sont possibles, par exemple la transition « non transgénique » aux bioproduits, aux bionanotechnologies et à la bioinformatique.

L'étude sur la BDDE se penchera sur les approches de biotechnologie mentionnées dans l'encadré 1-3. Nous avons choisi d'examiner les applications liées à l'agriculture, à l'énergie et à la gestion durable des ressources naturelles car

Encadré 1-3. Applications potentielles de la biotechnologie et du développement durable

- Production améliorée des aliments et des fibres au moyen de techniques de modification génétique.
- Bioproduits (biocarburants, produits chimiques et plastiques) et bioraffineries.
- Biorestauration, y compris purification des sols et de l'eau au moyen d'organismes génétiquement modifiés.
- Applications industrielles au moyen de bioenzymes et de biocatalyseurs.
- Essais de surveillance environnementale.
- Contrôle des parasites et des maladies basé sur la biotechnologie.
- Applications de santé communautaire et publique y compris les vaccins, les médicaments et l'agriculture moléculaire.

Encadré 1-2. Certaines biotechnologies visées par la définition de l'OCDE

- **ADN (le codage) :** génomique, pharmacogénétique, sondes d'ADN, détermination de séquences/synthèse/amplification de l'ADN, génie génétique.
- **Protéines et molécules (les blocs fonctionnels) :** détermination de séquences/synthèse des protéines et peptides; glyco-génie des lipides et protéines, protéomique, hormones et facteurs de croissance, signalisation de récepteurs des cellules, phéromones.
- **Culture et ingénierie cellulaires et tissulaires :** Culture de cellules/tissus, ingénierie de tissus, hybridation, fusion cellulaire, vaccins/immunostimulants, manipulation d'embryons.
- **Techniques de procédés biotechnologiques :** Bioréacteurs, fermentation, procédés biotechnologiques, lixiviation biologique, pulpe biologique, blanchiment biologique, désulfuration biologique, biorestauration et biofiltration.
- **Organismes sous-cellulaires :** thérapie génétique, vecteurs viraux.

Source : OCDE, Paris

ce sont des sujets très pertinents pour le Canada. On affirme parfois que l'« avantage naturel » du Canada dans le développement des produits de la biotechnologie repose sur son vaste territoire et sa réserve de ressources naturelles. Par exemple, divers résidus et cultures peuvent potentiellement servir de matières pour les « bioraffineries », un sujet qui sera discuté plus en détail dans les chapitres 2 et 4. Durant la dernière année, d'importantes initiatives sur les biocarburants ont vu le jour dans le monde entier. Les possibilités de l'« écologie industrielle » susciteront une attention accrue, ce qui pourrait se traduire par la reconception des processus de fabrication en vue d'utiliser moins d'énergie ainsi que des biocatalyseurs et des enzymes non

polluants. Un autre domaine est l'utilisation des biotechnologies dans le secteur en plein essor de la technologie environnementale du Canada, ce qui nécessitera une implantation sur les marchés étrangers.

L'importance de la biotechnologie dans la coopération internationale fait parfois l'objet de vifs débats. Nous disposons de quelques arguments de départ clairs, par exemple : les contributions que la biotechnologie peut faire pour atteindre les objectifs de développement du millénaire des Nations Unies⁶, l'accès et le partage des avantages découlant de l'utilisation de la diversité biologique et le rôle de la biotechnologie dans la durabilité agricole. Nous nous sommes peu attardés sur les applications médicales, car ce sujet fait déjà l'objet d'une attention considérable dans d'autres rapports. Toutefois, nous reconnaissons l'importance de la santé communautaire pour le développement durable, y compris les nouveaux vaccins, les applications à faible coût pour le traitement du VIH-SIDA et d'autres maladies, l'eau potable et la régénération écologique par la biorestauration. La question que nous posons donc est la suivante : quelles sont les contributions importantes que peuvent faire les applications canadiennes de la biotechnologie et du développement durable à l'échelle internationale, autres que celles qui existent déjà?

Nous n'avons pas examiné les questions liées aux applications militaires de la biotechnologie et du bioterrorisme. De toute évidence, il s'agit là de sujets importants, surtout aux États-Unis et dans certains autres pays. Ce sont des sujets complexes qui méritent, à juste titre, une étude séparée.

Valeurs et éthique

La biotechnologie, la « nature » et le développement durable

Dans cette section, nous exposons les éléments qui, à nos yeux, sont possibles et souhaitables dans une approche éthiquement éclairée et axée sur les valeurs pour la relation entre la biotechnologie et le développement durable. L'objectif secondaire est d'ouvrir la voie à un débat productif sur nos observations concernant cette approche guidée. Nous présentons dans les pages qui suivent les choix de valeurs élémentaires et la façon dont les jugements éthiques et moraux à propos de la biotechnologie devraient, selon nous, se traduire dans le contexte complexe du développement durable.

Notre argument de départ est que la biotechnologie, à l'instar d'autres plateformes technologiques, devrait être développée avec un but—celui de répondre aux objectifs souhaitables de la société. Cependant, de par sa nature même, la biotechnologie nous met en face d'un paradoxe. Elle promet la « naturalisation accrue de l'industrie »—c'est-à-dire, l'utilisation de matériaux biodégradables, de catalyseurs enzymatiques et de systèmes de production issus de la biologie—qui, nous l'espérons, aidera la société humaine à mieux s'intégrer avec les systèmes de soutien naturels et la biodiversité. Mais, par le fait même, elle implique l'« industrialisation accrue de la nature », avec ses enjeux afférents tels que la protection des animaux (y compris, l'élevage industriel), les nouveaux types d'intervention humaine dans la gestion des ressources naturelles

⁶ Les objectifs de développement du millénaire englobent huit thèmes importants pour réduire la pauvreté dans le monde entier. Parmi ces thèmes figurent la durabilité environnementale, l'accès à l'eau potable et à l'hygiène et un certain nombre d'objectifs importants de santé publique. Ces objectifs doivent être atteints d'ici 2015. Voir www.un.org/french/millenniumgoals/.

(tels que les organismes génétiquement modifiés pour l'aquaculture et les plantations forestières) et les droits de propriété intellectuelle appliquée aux êtres vivants.

Les pratiques associées à l'« industrialisation accrue de la nature » mettent au défi les convictions profondes de nombreuses cultures au sujet de la relation appropriée que devrait entretenir l'être humain avec la « nature » ou la « vie ». Bien des gens considèrent que ces pratiques posent un problème éthique fondamental. Cette tension n'est pas facile à résoudre; elle doit donc figurer au premier plan des nombreuses discussions nécessaires pour faciliter la contribution de la biotechnologie au développement durable et au respect de la vie.

D'après ce qu'on peut déterminer, il n'existe actuellement aucun engagement du gouvernement fédéral envers une série particulière de valeurs et de principes éthiques ou de lignes directrices sur la biotechnologie et le développement durable. Peut-être la mesure qui se rapproche le plus d'un tel engagement envers ce domaine concerne les discussions continues au sein du gouvernement fédéral à propos d'une stratégie d'intendance générale.

Développement durable—un « résultat » souhaitable

Les jugements de valeur et les choix éthiques dans notre rapport reposent sur une prémisse de base : le développement durable définit les résultats souhaitables à long terme au Canada et dans le monde entier pour vivre dans les limites écologiques planétaires, avec un partage plus équitable des retombées économiques et sociales entre la population d'aujourd'hui et les générations futures. Nous croyons également que les décisions d'innovation et de développement en matière de biotechnologie doivent tenir compte du respect et du maintien de la diversité biologique naturelle de la planète. Pour illustrer ce que nous entendons par « vivre dans les limites écologiques planétaires », nous présentons dans l'encadré 1-4 une paraphrase des quatre conditions jugées essentielles à la réduction de l'impact de l'humanité sur la terre.

Encadré 1-4. Conditions pour vivre dans les limites écologiques planétaires

1. Réduire et éventuellement éliminer les activités qui causent la croissance systématique de substances à partir de l'écorce terrestre (p. ex., produits pétroliers, métaux lourds) dans les écosystèmes à la surface de la terre. *Remplacez les sources non renouvelables par des sources renouvelables de matières et d'énergie.*
2. Réduire et éventuellement éliminer les activités qui entraînent la croissance systématique des molécules synthétiques (p. ex., nucléides, polluants organiques persistants) qui ne peuvent être divisées et réintégrées dans les systèmes naturels. *Fabriquer des produits sécuritaires et biodégradables, dans la mesure du possible.*
3. Réduire et éventuellement éliminer les activités qui entraînent la dégradation des fonctions essentielles des écosystèmes (p. ex., dégradation des sols, pollution de l'eau) et de la biodiversité (p. ex., pratiques de coupe non durables, espèces invasives). *Protéger les biens et services écologiques tout en respectant la nature et la diversité biologique.*
4. Élaborer des structures sociétales et des pratiques qui assurent que les besoins humains de base (y compris les facteurs déterminants de la santé sociale et émotionnelle) sont comblés partout dans le monde. *Travailler en collaboration pour atteindre les objectifs de développement du millénaire.*

Source : Modifié de K.H. Robert, et al. (2002) Strategic Sustainable Development – Selection, Design and Synergies of Applied Tools. J. of Cleaner Production, (10): 197-214. Cet article offre un cadre conceptuel unifié pour plusieurs conditions préalables au développement durable. Le texte en italiques indique des exemples d'applications.

Nous trouvons ces conditions utiles pour deux raisons principales : elles offrent un langage clair et scientifiquement fondé qui est également accessible et édifiant; et elles sont pertinentes aux résultats de durabilité que les applications biotechnologiques promettent. Elles nous permettent de porter des jugements transparents sur la désirabilité des innovations biotechnologiques—nous avons clairement énoncé nos conditions. Par exemple, parmi les innovations biotechnologiques potentiellement souhaitables, mentionnons celles qui réduisent la dépendance de la société aux matières rares ou nuisibles (comme les carburants fossiles ou le mercure) à même la croûte terrestre, celles qui proposent des substituts aux substances anthropogéniques ou celles qui réduisent l'impact de l'extraction des ressources naturelles et des activités de la société sur la biosphère.

Tout au long de notre rapport, nous insisterons sur l'importance de veiller à ce que les applications de la biotechnologie profitent à la fois à l'humanité et aux économies dont nous dépendons. Comme certaines innovations en matière de biotechnologie proviennent de l'usage commun (p. ex., matériel génétique dérivé de la diversité biologique naturelle), un facteur éthique important à considérer est la façon dont ces innovations peuvent profiter à tout le monde et, en effet, la façon dont les applications de la biotechnologie peuvent, directement ou indirectement, aider à conserver le monde écologique.

Procédure établie—Certains principes directeurs

Une série de principes utile et cohérente a été élaborée par l'État de Queensland en Australie, dans le cadre de son *Code de pratiques éthiques pour la biotechnologie*. Tout le monde n'est pas d'accord avec la valeur du code dans son ensemble, mais celui-ci jouit de la reconnaissance de nombreux milieux, d'autant plus que les principes sont difficiles à rejeter. Nous sommes en faveur de ces principes (encadré 1-5) et nous croyons qu'ils revêtent une valeur importante pour guider la procédure établie par rapport aux décisions en matière de biotechnologie et de développement durable.

Les auteurs du code assurent les lecteurs que Queensland poursuivra les activités de biotechnologie qui présentent le potentiel d'améliorer la santé humaine, de rehausser la qualité de la vie, d'appuyer l'environnement (en préservant l'écosystème et la biodiversité) et de promouvoir l'agriculture et l'industrie durable.

Encadré 1-5. Principes à l'appui du code de pratiques éthiques de Queensland pour la biotechnologie

Intégrité : faire preuve d'honnêteté et de respect pour la vérité;

Bienfaisance et non-malveillance : faire le plus de bien possible tout en faisant le moins de mal possible;

Respect des gens : traiter les patients, les clients, les sujets de recherche et les consommateurs comme des agents autonomes qui ont une liberté de choix, une dignité et des droits de la personne;

Justice : reconnaître les intérêts communautaires généraux au-delà des intérêts des individus, des organisations ou des entreprises; fournir des recours aux personnes vulnérables; et promouvoir l'accès équitable aux ressources;

Respect de la loi et du système de gouvernement : se conformer aux lois et aux normes pertinentes; favoriser la participation du public et la transparence dans la prise de décisions; et démontrer une responsabilisation envers les mesures prises et l'utilisation des ressources.

Source : *Code of Ethical Practice for Biotechnology in Queensland*. Voir également Evlyn Fortier et Marc Saner, 2004. *Is the Queensland Code for Biotechnology a Good Model for Canada? A Preliminary Analysis*. Institute of Governance, Ottawa. 44 pp.

Gouvernance et confiance du public

Nonobstant ces deux séries de principes, il n'en demeure pas moins que nous gardons à l'esprit le contexte politique et économique dans lequel la biotechnologie s'est manifestée—un contexte qui a encouragé le développement de la technologie par les mécanismes du marché, dans le cadre de régimes internationaux de la propriété intellectuelle (PI) et du commerce. Tout en reconnaissant les avantages de cette approche, nous croyons également que le gouvernement joue un rôle très considérable pour maintenir la confiance du public et reconnaître, protéger et améliorer la réserve des biens publics. Comme la biotechnologie peut être une propriété privée, ses propriétaires pourraient chercher à profiter de la technologie sans tenir compte de tous les risques potentiels à l'écosystème ou aux collectivités touchées par son usage. Par conséquent, nous avons besoin d'une évaluation exhaustive, de règlements appropriés et d'un juste équilibre entre l'application des règlements et les incitatifs pour assurer que les diverses applications de la biotechnologie répondent bel et bien aux attentes envers les avantages nets pour la société, sans porter atteinte à l'environnement naturel, dans l'intérêt des générations actuelles et futures.

Le développement de la biotechnologie à l'appui du développement durable exige une action intégrée qui propulse des changements transformatifs dans les pratiques de gouvernance, de gestion et d'affaires. Pour concrétiser ces changements souhaitables à long terme, nous devons travailler à l'intérieur des modèles actuels de gouvernance, de PI et de pratiques d'affaires, en plus de tenir compte des options destinées à modifier de telles pratiques. En cours de route, le comportement des consommateurs et leurs modèles de consommation risquent également d'être influencés en faveur de solutions plus durables.

Une approche systémique

Lorsque nous évaluerons la contribution de la biotechnologie au développement durable, nous adopterons une approche systémique complexe « de bout en bout ». Le concept « bout en bout » s'apparente à ce qu'on désigne en Allemagne, au Japon et en Chine par « l'économie circulaire ». Autrement dit, même à l'étape d'élimination des produits, il sera possible de procéder à une transformation ultérieure en de nouveaux produits ou usages, pour que les déchets soient maintenus à un niveau minimal absolu. Ce concept est conforme à la philosophie émergente concernant les chaînes de valeur qui impliquent les bioproduits et les bioraffineries (voir l'encadré 1-6).

Pour adopter une approche systémique complexe face aux valeurs et à l'éthique, il faut reconnaître que les différentes façons de mesurer les « mêmes » paramètres peuvent mener à différentes conclusions morales. On ne peut pas faire des choix de valeur de manière isolée; ceux-ci doivent tenir compte de la multiplicité des autres choix connexes qui se présentent à l'intérieur du cycle de vie d'un produit biotechnologique. Toutefois, une telle complexité ne nous empêchera pas de faire des choix, mais nous aidera plutôt à considérer les interrelations au moment de faire les choix. Elle nous aidera également à déterminer la possibilité d'une surveillance appropriée et d'une rétroaction.

L'approche systémique complexe est liée à la notion de la planification et de la gestion adaptatives, qui reconnaît que l'introduction et le développement de technologies sont expérimentaux; il faut donc s'attendre à des surprises (bonnes ou mauvaises), à des leçons et à un dialogue étendu⁷.

Clarté des valeurs

Les valeurs fondamentales que nous préconisons et sur lesquelles nous avons basé notre recherche et notre analyse incluent : les *conséquences* ou les *fins* auxquelles nous voulons que la biotechnologie contribue; et les *processus* ou les *moyens* pour y arriver. Selon nous, il est très important d'indiquer clairement les valeurs qui sous-tendent notre notion de « morale », surtout à la lumière des défis que l'innovation biotechnologique pose aux valeurs culturelles profondes liées à la « nature » et sa relation avec l'intervention humaine.

Méthodologie et contenu du rapport

Notre examen, qui s'est étalé sur une année, est le fruit d'un travail multidisciplinaire : nous nous sommes appuyés sur une grande quantité de documents existants par le biais du Secrétariat canadien de la biotechnologie et des autres unités du gouvernement fédéral, les études de cas d'entreprises, la recherche indépendante des membres du Groupe de travail d'experts et les perspectives internationales tirées des études menées par l'Union européenne et les organismes des divers pays européens, des États-Unis, du Japon, des divers organismes des Nations Unies, de l'OCDE et d'autres organisations. Dans le cadre de nos travaux, nous avons également interviewé des personnes dans un certain nombre d'organisations pertinentes qui assistent aux réunions canadiennes et internationales et qui surveillent la recherche originale menée par divers entrepreneurs.

Encadré 1-6. Chaînes de valeur des bioproduits et bioraffineries

La chaîne de valeur des bioproduits pourrait inclure des cultures industrielles adaptées à des caractéristiques spécifiques (avec ou sans contenu génétiquement modifié), des bioraffineries intermédiaires exploitées dans les collectivités rurales afin de produire des produits transportables tels que le bioéthanol et un certain nombre de bioraffineries conçues pour produire une plus vaste gamme de produits qu'une raffinerie pétrolière conventionnelle, y compris les matières plastiques, les biocarburants et les produits de chimie fine. Les bioraffineries seront écoefficaces grâce à des processus utilisant des enzymes et des catalyseurs génétiquement modifiés et avec une consommation limitée ou nulle de carburants fossiles. Leurs produits seront biodégradables à la fin de leur cycle de vie et auront moins d'impacts environnementaux comparativement à des solutions de rechange comme les produits issus des hydrocarbures.

Ces nouvelles chaînes de valeur soulèvent des questions concernant les impacts écologiques sur les terres agricoles, l'évaluation environnementale des sites et des exploitations des bioraffineries et des considérations commerciales relatives aux produits finaux, sans oublier bien sûr, les facteurs sociaux et économiques des bénéficiaires véritables et la possibilité d'une viabilité économique. Ce niveau de complexité exige une approche systémique pour l'analyse; certains outils comme l'analyse du cycle de vie (ACV) ont été élaborés à cet égard. Il existe d'importants facteurs sociaux et économiques. Les agriculteurs et les collectivités rurales seront-ils les bénéficiaires substantiels et, par conséquent, seront-ils disposés à participer entièrement. Ces chaînes de valeur peuvent-elles fonctionner sans de nouveaux modèles de subventions agricoles et industrielles?

Source : Notes résumées d'une réunion de l'OCDE sur les bioproduits, tenue en novembre 2005, à Ghent, en Belgique.

⁷ Un bon point de départ pour cette approche systémique complexe de gestion adaptative semble être BIOCAP, le nouveau programme d'intégration de la recherche (2005-2006) du Canada qui couvre une variété d'approches pour l'agriculture d'avant-garde, la foresterie et les possibilités de changement climatique liées à la biotechnologie : www.biocap.ca/rif/RIP_Insights_Final_June_8.pdf.

Dans les chapitres 2 à 8, nous présentons la partie principale des constatations. Un regard prospectif sur la biotechnologie (chapitre 2) identifie l'état actuel et prévu des possibilités transformatives pour la biotechnologie et le développement durable, d'après les catégories dans l'encadré 1.3. Ce chapitre expose un phénomène d'avant-garde—la convergence de la R-D, de l'investissement et de l'action gouvernementale pour promouvoir des initiatives et des résultats spécifiques tels que les biocarburants et la biorestauration des écosystèmes endommagés. Il couvre également les sujets qui nécessiteront des décisions en matière de politiques dans les années à venir.

Au chapitre 3, nous adoptons le point de vue que les Canadiens souhaitent vivre dans des collectivités saines et durables et qu'ils reconnaissent la nécessité d'écosystèmes sains, aptes à dispenser une variété de services et de produits ainsi que la nécessité de protéger ces écosystèmes à cause de leurs valeurs intrinsèques. Quelles sont les contributions potentielles de la biotechnologie pour répondre à ces besoins? Que devons-nous savoir sur les effets des technologies transformatives sur la société et les écosystèmes avant de les introduire? Et comment pouvons-nous procéder à une approche de planification et de gestion adaptatives?

Pour comprendre comment les applications biotechnologiques sont développées et utilisées, nous nous sommes servis des perspectives d'innovation particulières élaborées par le Conference Board du Canada. L'équipe de recherche du Conference Board les utilise pour poser la question principale de la valeur des applications de la biotechnologie afin de définir les nouvelles possibilités économiques pour les Canadiens qui vivent dans les régions rurales (chapitre 4).

De quoi avons-nous besoin pour évaluer de façon réaliste la biotechnologie dans le cadre du développement durable? Une approche intégrative qui couvre des considérations environnementales, sociales et économiques serait appropriée, mais elle n'est pas disponible pour l'instant. Dans les cas où la biotechnologie semble offrir de meilleures options pour atteindre les objectifs de développement durable, comment pouvons-nous accélérer les solutions qui autrement nécessiteraient 20 ans ou qui n'aboutiraient peut-être jamais à l'étape de mise en œuvre? Le chapitre 5 propose un cadre pour examiner le développement de la biotechnologie selon les critères du développement durable.

Le bouleversement qui a entouré l'introduction de cultures génétiquement modifiées (GM) est un exercice à ne pas répéter. De toute évidence, il faut une littéracie et un dialogue publics concernant la vaste gamme d'options biotechnologiques soulignées dans le présent rapport. Comment peut-on répondre à ce besoin de manière à façonner les connaissances, les domaines de risque inhérent, les applications acceptables, etc.? À ce titre, nous avons mené des dialogues électroniques, sur une base expérimentale, par le truchement d'Internet, afin de démontrer comment nous pourrions structurer un dialogue continu (chapitre 6).

Les besoins du Canada pour une coopération internationale par rapport à la biotechnologie et au développement durable sont complexes. Nos actions seront guidées par les objectifs de développement international comme les objectifs de développement du millénaire et par d'autres engagements canadiens, tels que les conventions-cadres sur la biodiversité et le changement climatique. Le Canada figure parmi les chefs de file dans l'OCDE sur les questions en matière de biotechnologie et de développement durable. Comment pouvons-nous contribuer de façon optimale et nous positionner pour profiter de nos efforts de coopération internationale, y compris notre travail avec les pays en développement et industriels et avec les organisations internationales? Au chapitre 7, nous examinons quelques-uns des sujets les plus essentiels en ce qui concerne les

connaissances, l'aide au développement, les obligations internationales en vertu des lois et des accords ainsi que nos avantages comparatifs et notre compétitivité.

La gouvernance est un thème central du rapport. Au chapitre 8, nous présentons un examen de la situation actuelle et plusieurs recommandations pour renforcer la gouvernance de la relation entre la biotechnologie et le développement durable. Les changements proposés reposent, dans une grande mesure, sur les modifications au cadre institutionnel existant de réglementation et d'élaboration de politiques.

Nous aimerions certes être en mesure de faire des prévisions définitives dès maintenant sur les meilleures technologies pour l'avenir et de déclarer comment une telle information pourrait rendre le développement durable possible au Canada et à l'échelle mondiale; or, cette tâche est beaucoup plus complexe à accomplir. Les résultats dépendront de nombreux facteurs qui interagissent ensemble, notamment l'opinion publique, le succès à rénover des systèmes réglementaires désuets et à mettre en place des incitatifs, la R-D, etc. Nous devons adopter une pensée et des actions adaptatives afin de cerner les valeurs et les principes éthiques qui pourront guider adéquatement nos décisions sociétales et afin d'instaurer une littéracie et un dialogue publics qui appuieront le changement nécessaire, ainsi que la continuité, pour atteindre les objectifs souhaitables. Au chapitre 9, nous résumons nos principales recommandations en matière de politique, lesquelles nous aideront à aller de l'avant vers les conditions nécessaires pour rendre productive la relation entre la biotechnologie et le développement durable.

CHAPITRE 2. Des biopromesses?

Promesses et prémisses

Ce chapitre permet surtout d'entrevoir les possibilités que les chercheurs, les gouvernements et les représentants de l'industrie envisagent pour la biotechnologie. Il existe de nombreuses promesses, mais il y a aussi une abondance d'hypothèses correspondantes! Dans ce chapitre, nous espérons réussir à mettre en évidence les deux aspects de l'avenir de la biotechnologie, soit l'exploration des résultats possibles et des interventions stratégiques, tout en gardant nos hypothèses conservatrices sans réduire la valeur de ces promesses. Une prémisses fondamentale de la relation développement durable-biotechnologie devrait être motivée par des changements de valeurs sociales orientés vers des styles de vie moins dommageables pour l'environnement et moins axés sur la consommation, et par des résultats avantageux sur les plans économiques et sociaux.

Examinez les trois éléments suivants qui donnent un aperçu de l'étendue des possibilités en biotechnologie : (1) en 2005, environ 90 millions d'hectares (ha) ont été cultivés avec des semences génétiquement modifiées, contre 2 millions d'hectares il y a une décennie⁸. (2) Le taux de croissance pour le biodiesel dépasse les 30 % par année et celui du bioéthanol est d'environ 6,5 % par année⁹. En 2020, l'utilisation du bioéthanol pour le transport pourrait atteindre les 120 milliards de litres, contre 35 milliards de litres aujourd'hui¹⁰. (3) Il est possible que près de 80 % des quelques 14 milliards de kilos de solvants conventionnels nuisibles à l'environnement utilisés chaque année soient remplacés par des solvants issus de la biologie ou de la « chimie écologique », comme le lactate d'éthyle, qui sont beaucoup moins toxiques¹¹. Chacun de ces exemples (et plusieurs autres) présente des défis à surmonter qui devront être approfondis individuellement et spécifiquement.

Des milliers de pages Web d'entreprises, des rencontres scientifiques et commerciales, et des promotions pour de nombreux produits font miroiter la durabilité écologique associée à la biotechnologie. Les promoteurs de la biotechnologie pour un environnement durable affirment que les changements, et non pas l'*inaction*, se produisent déjà et sur une grande échelle!

Un des promoteurs qui fait preuve d'une approche sérieuse est un fournisseur de produits enzymatiques industriels et commerciaux, la multinationale Novozymes A/S, classée comme une des 100 meilleures entreprises axées vers le développement durable. *Novozymes* propose de « Percer la magie de la nature » par une vision qui vise à favoriser un monde de « solutions biologiques et durables qui cherchent à créer l'équilibre nécessaire entre un meilleur monde des affaires, un environnement plus propre et une meilleure qualité de vie »¹². Cette approche prospective a été utile à l'entreprise puisque dernièrement, des recherches ont mené en 2005 à une percée significative dans la conversion de biomasse en sucres fermentescibles pour l'éthanol-carburant; elle a produit une réduction du coût des enzymes qui est passé de plus de 5 \$ à une

⁸ www.gmo-compass.org

⁹ www.marketresearch.com

¹⁰ www.iea.org

¹¹ J.C. Warner et al., « Green Chemistry », *Environmental Impact Assessment Review* 24 (2004), pp. 775-779.

¹² www.novozymes.com

fourchette de 0,10 \$ à 0,18 \$ par gallon d'éthanol cellulosique¹³. Ce type de bonne nouvelle est publié presque quotidiennement par des entreprises qui cherchent à tirer profit de la ruée en cours visant à produire des biocarburants comme solutions de rechange aux prix élevés des hydrocarbures.

Mais plusieurs de ces manchettes concernent surtout des efforts prometteurs en R-D qui n'ont pas encore résulté en des produits commercialement rentables. Même dans un champ d'activité aussi important que celui de l'application industrielle des enzymes, la valeur du marché mondial n'est passée que d'un milliard à 1,5 milliard de dollars américains au cours de la période du milieu des années 1990 à l'an 2000, ce qui ne représente qu'une goutte d'eau dans l'océan du monde de la chimie industrielle¹⁴. Parmi les sujets qui soulèvent un grand intérêt, comme la biorestauration GM, il est difficile d'obtenir des statistiques probantes. La restauration environnementale des sites est un marché segmenté d'une valeur potentielle de 20 milliards de dollars américains ou plus à l'échelle planétaire; la biorestauration représente peut-être entre 1,5 et 2 milliards de dollars américains de ce marché et la biorestauration GE n'est qu'une petite fraction du total de ces activités. Ces statistiques nous rappellent que, même si nous sommes témoins de nombreuses manchettes fascinantes, réussir à transformer ces théories en résultats axés sur le développement durable nécessitera des efforts échelonnés sur plusieurs décennies.

Les principaux secteurs de la biotechnologie sont parfois décrits en termes de couleurs, comme le rouge (pour la santé), le vert (pour l'agriculture, les ressources naturelles et l'environnement), le bleu (pour la vie marine) et le blanc (pour la biotechnologie industrielle). La proportion relative d'applications biotechnologiques varie considérablement en fonction des pays. En 2002 par exemple, l'Allemagne¹⁵ présentait des proportions de 86 % rouge, 9 % vert et 5 % blanc; aux États-Unis et au Canada, en raison de solides industries axées sur la biotechnologie agricole, la proportion dite verte serait beaucoup plus grande. Ces quelques distinctions, bien qu'utiles, créent aussi des différences dans un domaine caractérisé par une convergence des méthodes, des outils et des approches à la résolution de problèmes. Par exemple, le PDG de Dupont voit « l'agriculture, ou la biotechnologie verte, comme élément central et indispensable au développement des biotechnologies rouge et blanche, ainsi qu'à l'application de la biotechnologie à d'autres domaines »¹⁶. La recherche de telles synergies deviendra de plus en plus importante à tous les niveaux, de la R-D sur les composantes fondamentales de la vie à l'exploitation intégrée pour la production d'un vaste assortiment de produits alimentaires et pharmaceutiques, de plastiques, de fibres et de produits énergétiques.

Statistique Canada a sondé l'industrie biotechnologique; le sondage effectué en 2003 est fréquemment cité. L'analyse de l'ensemble du dossier de ce sondage indique clairement que les secteurs de prédilection sont la santé, l'agriculture et la transformation des aliments, avec plus

¹³ www.novozymes.com/en/MainStructure/PressAndPublications/PressRelease/Novozymes+response+to+the+state+of+the+union.htm

¹⁴ T. Schäfer, *Industrial Enzymes: An Overview about Companies, Markets, and Key Technologies*. Résumé pour la présentation, Bio-Logical futures III (Saskatoon : octobre 2006) : www.biologicalfutures.ca.

¹⁵ Deutsche Bank Research, *Green Biotechnology: Europe Needs a Way out of the Impasse*, sous la rubrique *Current Issues*. (5 février 2004) : www.dbresearch.com.

¹⁶ www2.dupont.com/Media_Center/en_US/speeches/holliday_04_13_05.html

de 50 % du total des activités mesurées selon le nombre d'entreprises (voir l'encadré 2-1). Ce qui est le plus surprenant, est la concentration des dépenses en R-D : 89 % des dépenses vont aux recherches sur la santé humaine et seulement 6 % sur l'agriculture et la transformation des aliments. L'environnement, les ressources naturelles et la bio-informatique ne comptent que pour 5 % de ces dépenses. Les statistiques ne révèlent pas tout, puisque le sondage n'aborde pas entièrement les applications biotechnologiques industrielles. Mais il apparaît clairement que le secteur de la santé est celui qui a le plus retenu l'attention.

Dans ce chapitre, notre attention se portera sur ce qu'il est possible d'accomplir au Canada après la prochaine décennie. Nous utilisons le terme « après la prochaine décennie » puisque nous pouvons prévoir que les résultats importants qui découleront des investissements présents ne se produiront qu'après l'année 2015. Nous examinons certains secteurs et sujets spécifiques qui devront être sérieusement pris en compte au Canada :

- Les possibilités pour les bioproduits, qui comprennent les biocarburants, l'agriculture et les produits de la forêt;
- Le rôle du bioraffinage comme moteur pour la production d'une grande variété de produits chimiques, de bioplastiques et d'énergie;
- La biotechnologie marine (qui comprend la bioprospection des océans et l'importance qu'elle représente pour le Canada), les tests et les contrôles diagnostiques, le contrôle des maladies et divers autres aspects de la gestion des poissons et de l'aquaculture;
- Les applications industrielles de la biotechnologie;
- Et la biorestauration.

En raison de l'espace restreint disponible pour ce chapitre, nous pouvons difficilement élaborer sur chacun de ces importants secteurs en développement. Nous essayons d'identifier les éléments clés et les obstacles qui sont importants pour l'élaboration des politiques et leur mise en application, et tous les facteurs cruciaux qui ont une influence sur chacun des secteurs. Nous portons une attention spéciale aux biocarburants, puisque ce nouveau composant du secteur des énergies renouvelables est maintenant à l'avant-garde des applications biotechnologiques liées aux ressources, et le premier élément à être spécifiquement commissionné par les gouvernements de tous les continents, dont le Canada et plusieurs provinces.

Les applications biotechnologiques qui ont une base solide, comme les cultures issues du génie génétique, la lutte contre les organismes nuisibles et les applications médicales ne seront pas élaborées en détail, bien qu'elles soient importantes à la réalisation du développement durable. Nous souhaitons concentrer nos efforts sur les nouveaux secteurs qui sont à un stade précoce de développement et de compréhension.

Encadré 2-1. Répartition des entreprises canadiennes de biotechnologie par secteur d'activité

Santé humaine	53 %
Biotechnologie agricole	18 %
Transformation des aliments	11 %
Environnement	8 %
Ressources naturelles	4 %
Aquaculture	3 %
Bio-informatique	3 %

Source : Statistique Canada. *Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie*, 2003.

En dernier lieu, nous jetons les bases pour de futurs chapitres en évaluant les échéanciers et les obstacles qui pourraient influencer la mise en œuvre des diverses possibilités liées à la biotechnologie, au développement durable et à l'économie de l'avenir du Canada (BDDE).

Nous concluons avec l'extrait d'un scénario élaboré pour la section du résumé—les réalisations possibles pour la BDDE d'ici l'an 2020.

Les bioproduits

Le domaine des bioproduits industriels est un élément prometteur parmi les activités des entreprises canadiennes en biotechnologie¹⁷. L'importance stratégique des bioproduits est qu'ils peuvent théoriquement être utilisés pour remplacer un grand nombre de produits industriels dérivés du pétrole ou de produits chimiques toxiques. Il est possible de créer des produits à valeur ajoutée à partir de résidus agricoles ou forestiers, qui comprennent le développement de nouveaux biomatériaux. Ils peuvent aussi réduire les coûts et les impacts environnementaux des différents processus de fabrication par l'utilisation de bioproduits et de bioprocédés, comme la catalyse enzymatique, les biocapteurs pour la régulation des procédés, et l'utilisation de systèmes microbiens ou autres, pour la dépollution des déchets.

L'avantage pour le Canada d'avoir une biomasse naturelle est un facteur important exprimé par ceux qui font la promotion des bioproduits. Cet avantage visible se manifeste par nos vastes étendues (avec près de 10 % des territoires forestiers mondiaux), le volume imposant de résidus agricoles (une ressource potentielle) et les produits de la mer. Selon une étude effectuée par BIOCAP Canada (un organisme de recherche spécialisé en bioproduits), il est suggéré que « la biomasse agricole et forestière pourrait suffire à répondre à nos besoins en matières premières pour la production de produits chimiques organiques et à une forte proportion de nos besoins en carburants utilisés pour le transport. » Il est facile d'en constater l'important potentiel de production.

L'avantage d'avoir des entreprises qui ont accès à des capitaux et des incitatifs pour mettre au point des produits et des processus à valeur ajoutée, pour en faire le développement et la commercialisation, est un autre élément qui joue en faveur du développement d'une industrie canadienne des bioproduits. Ainsi, quelque 150 entreprises qui touchent à certains aspects de la fabrication de bioproduits ont des revenus estimés à près de 15 milliards de dollars canadiens, des investissements de 600 millions en R-D et 39 000 employés. Mais la proportion d'activités centrales liées aux bioproduits est encore limitée : 500 millions de dollars en revenus, 80 millions en R-D et 2 000 employés¹⁸. Un autre élément positif qui joue en faveur de l'industrie est qu'elle n'a pas à subir certaines des réglementations pénibles auxquelles sont soumis d'autres secteurs, comme ceux de la santé ou de l'alimentation. Une des prémisses de cette industrie est que la période de temps pour commercialiser les bioproduits est plus courte que pour les produits de biotechnologie médicale—de trois à sept ans, alors que la période pour les produits médicaux, qui comprend le développement complet et les essais cliniques, peut s'étirer pendant au moins une décennie.

¹⁷ Groupe de travail fédéral sur les bioproduits. *Industrial Bioproducts for Sustainable Growth and Competitiveness*, plan d'un breffage commun pour les ministères fédéraux. (décembre 2004).

¹⁸ Ibid.

Les prix élevés des énergies fossiles a donné un élan important aux bioproduits, autant pour les biocarburants que pour les matières premières dérivées de la biomasse pour la fabrication de produits chimiques et des plastiques. Un autre catalyseur est la détermination continue du Canada pour améliorer sa compétitivité et sa productivité industrielle tout en étant solidement centré sur l'intendance et sur la durabilité, qui comprend des pratiques de gestion pour la durabilité des forêts, de l'agriculture et des océans. Puisque les bioproduits promettent des procédés plus propres, il existe une possibilité et un puissant intérêt à tirer profit de situations « triplement avantageuses » : les déchets existants sont transformés en produits à valeur ajoutée ou, dans le cas de la biotechnologie industrielle, l'utilisation de substances toxiques et d'énergie est réduite ou éliminée; les impacts environnementaux et l'émission de gaz à effet de serre sont fortement réduits; et de nouvelles occasions d'emploi sont créées, particulièrement dans les régions rurales.

Certaines des initiatives les plus intéressantes qui sont présentement en cours de développement ou de commercialisation sont un reflet du besoin de prendre en compte cette durabilité et cette compétitivité. Dans certains cas, elles se déroulent dans un contexte régional et portent le nom de « grappes éco-industrielles ». Ces grappes se composent d'entreprises installées au même endroit et dont les produits ou les déchets servent de matières premières aux entreprises voisines; l'*Ottawa Biotechnology Incubation Centre* en est un exemple¹⁹. Le site est composé de différentes entreprises axées sur les bioproduits, dans ce qui pourrait être décrit comme une relation de mutualisme : *Topia*, dont le glycérol est un sous-produit de sa production de biodiesel, peut fournir le glycérol à *Ensyn*, une entreprise voisine qui produit de la bio-huile comme matière première pour d'autres produits chimiques. Une autre entreprise à proximité immédiate (Moose Creek), *LaFleche Environmental* qui exploite une décharge contrôlée, approvisionne *Ensyn* et *Topia* en matière première composée de déchets de bois pour leurs exploitations respectives, plutôt que de les enfouir dans la décharge. Il existe de nombreuses autres opportunités dans la région pour établir une zone éco-industrielle locale, appuyée par des activités de R-D des centres d'incubation ou d'autres sources. Cet engrenage pourrait être un signe d'évolution : des avancées peu spectaculaires ponctuées d'initiatives de coopération qui produisent graduellement des changements d'attitudes avec un penchant vers la biotechnologie et la durabilité.

Les biocarburants²⁰

Il existe actuellement une sérieuse mobilisation pour le développement du secteur des biocarburants au Canada (et dans d'autres régions ou pays) par l'octroi de généreuses subventions

¹⁹ Randy Goodfellow, communication personnelle; S. Foster, « Biotech Leaders See Benefits of Industry Cluster », *Ottawa Business Journal* 31 (mai 2004).

²⁰ Les sources suivantes utilisées pour la préparation de cette section, sont une sélection des points de vue récents sur un sujet complexe. A.M. Walburger et al., *Policies to Stimulate Biofuel Production in Canada: Lessons from Europe and the United States* (Fondation Biocap Canada, mars 2006); Agra CEAS Consulting, *How Canada Ranks: A Comparative Study of National Biofuels Policies World-wide*, rapport pour l'Association canadienne des carburants renouvelables (mars 2006); BusinessWeek Online, *Ethanol: A Tragedy in Three Acts* (27 avril 2006); Commission des communautés européennes, *An EU Strategy for Biofuels* (8 février 2006); Alexander Farrell et al., « Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals », *Science* (27 janvier 2006); *Popular Mechanics*, « The Truth about Biofuels. Can Oil Alternatives Really Power America? » (mai 2006); D. Sandalow. « Ethanol: Lessons from Brazil », *A High Growth Strategy for Ethanol* (Aspen Institute : mai 2006); Worldwatch Institute, *Biofuels for Transportation* (juin 2006); Agence internationale de l'énergie (AIE), divers rapports : www.iea.org.

et de mesures incitatives variées²¹. Cette approche, qui coïncide avec l'échec des négociations à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) sur la réduction des subventions agricoles, pourrait être vue comme un signe avant-coureur menant à de nouveaux mécanismes d'aide aux communautés rurales, rehaussée d'une tentative pour relier ces initiatives à la sécurité des approvisionnements en carburant et aux avantages environnementaux. Ces investissements en « biocarburants de première génération » pourraient potentiellement coïncider ces pays dans des choix, des coûts financiers et environnementaux à long terme qui ne sont pas souhaitables. Ces enjeux se doivent d'être analysés attentivement²².

Il existe de nombreuses façons de produire du bioéthanol : la plus commune et la plus utilisée consiste à faire fermenter du blé, de la fécule de maïs, des betteraves à sucre ou de la mélasse puis, par distillation, produire de l'éthanol combustible. Les récoltes utilisées sont généralement les mêmes qui sont produites pour l'alimentation humaine ou animale; des variétés spécialisées pour la fermentation et la production de produits combustibles sont en cours de développement. En calculant le rendement de conversion énergétique, il apparaît clairement que l'utilisation de combustibles fossiles pour la production et le transport a un impact considérable. La production de l'éthanol devrait idéalement se faire à proximité des agriculteurs afin de réduire les coûts de transport, tout en créant l'important avantage de produire des revenus supplémentaires pour les communautés rurales.

Une deuxième stratégie, projetée à court terme à l'échelle industrielle, prévoit l'utilisation de pression de vapeur et de prétraitement enzymatique pour la conversion de déchets celluloseux – matière fibreuse des plantes ou du bois – en sucres utilisables pour le processus de fermentation. Cet éthanol à base de déchets celluloseux promet d'être moins onéreux à produire que l'éthanol conventionnel puisqu'il tire parti de matières destinées à être des déchets, comme les tiges de plants de maïs ou la paille de blé. La production d'éthanol à base celluloseuse permettra aussi à l'industrie forestière d'y participer en utilisant les déchets du bois.

Iogen, une entreprise canadienne, est un chef de file mondial pour sa technologie de production d'éthanol à base celluloseuse et a développé des partenariats internationaux avec, notamment, Royal Dutch/Shell PLC et la firme d'investissement Goldman Sachs. Le choix du site où seront implantées les installations de production (évaluées à 260 millions de dollars) pour la

²¹ Les dossiers les plus complets sont présentés par l'Association canadienne des carburants renouvelables; le 25 juillet 2006, ils ont proposé la Stratégie canadienne sur les carburants renouvelables (*Canadian Renewable Fuels Strategy*), qui recommande des modifications aux crédits d'impôts pour la production d'éthanol et de biodiesel, une dépréciation accélérée, des mesures d'incitation à la production primaire pour le démarrage d'entreprises et, pour les petits producteurs, un crédit d'impôts additionnel sur leur production. Il est aussi proposé de verser une contribution équivalente (contribution d'un dollar par dollar investi) dans le but d'augmenter la participation des agriculteurs (jusqu'à 75 000 \$ par producteur, avec un maximum de 20 millions de dollars par projet d'éthanol et 10 millions de dollars par projet de biodiesel). Ces propositions mettent l'accent sur les récoltes conventionnelles d'aliments comme le grain, le maïs et le canola, même si l'utilisation de déchets comme l'éthanol celluloseux n'est pas exclus. L'objectif de ces mesures est de créer une industrie qui pourra concurrencer les biocarburants de première génération subventionnés aux États-Unis.

²² S. Dimas (membre de la Commission de l'UE), *A Sustainable Bio-fuels Policy for the European Union*, présentation à l'Institut Goethe (Bruxelles : 7 juin 2006); Worldwatch Institute, *Review of Biofuels* (juin 2006); A.E. Farrell et al., « Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals », *Science* 311 (2005), pp. 506–508.

commercialisation de leur technologie se fera en fonction du gouvernement qui offrira les meilleures mesures incitatives—le Canada, les États-Unis ou un pays européen sont tous en lice. Les États-Unis veulent rendre concurrentiel l'éthanol à base cellulosique d'ici six ans et proposent des subventions et des garanties de prêts. Iogen souligne que « *Nous devons partager les risques avec le gouvernement, n'importe quel gouvernement* » (*Globe and Mail*, 29 mai 2006). C'est un secteur d'activité qui se développe rapidement et il sera très difficile pour une entreprise, quelle qu'elle soit, de conserver sa position de chef de file.

D'autres régions et d'autres pays cherchent à s'établir dans le marché des biocarburants, autant au niveau de la consommation que de la production. L'Europe et les États-Unis, tout comme la Chine et l'Indonésie, sont particulièrement intéressés par le biodiesel et le bioéthanol. Le coefficient d'efficacité de conversion d'huile de palme en biodiesel est élevé et il est difficilement concevable que le Canada puisse concurrencer les producteurs des pays tropicaux. En fait, les producteurs canadiens de canola exportent déjà leurs produits en Europe pour la production de biodiesel. Il est peu probable que l'Europe réussisse à atteindre, voire approcher, les buts modestes et prescrits pour le biodiesel et le bioéthanol, sauf si elle procède à des importations importantes de produits en provenance de pays comme le Brésil, l'Indonésie et la Malaisie, ainsi que de l'Afrique.

Nous croyons que les biocarburants peuvent être utiles pour le Canada et pour d'autres pays, comme point d'entrée important au grand marché de la transformation industrielle favorable aux bioproduits. Cependant, autant pour le court que pour le long terme, il est raisonnable de stimuler les technologies qui utilisent les résidus et les déchets dans le contexte de la durabilité. Cette stratégie permettrait de mettre l'accent sur l'accroissement de l'efficacité de la production et sur la réalisation d'avantages bien définis pour l'environnement; elle nécessiterait de centrer particulièrement les efforts sur la commercialisation réussie de l'éthanol cellulosique et de la lignocellulose à partir de résidus de bois et de récoltes. Cette stratégie aurait l'avantage de stimuler l'utilisation de matériaux commerciaux déjà disponibles comme les déchets alimentaires, les déchets d'élevage et les déchets urbains; cette approche exigera des investissements supplémentaires en R-D et des appuis pour franchir l'étape des installations pilotes et progresser vers des installations commerciales intégrées de bioraffinage à grande échelle, capables d'offrir une vaste gamme de produits. D'autres pays, qui ont des mandats déterminés (comme l'objectif des États-Unis qui vise à appuyer l'intégration de l'éthanol cellulosique au cours des six prochaines années) et des mesures incitatives (comme l'Irlande qui propose des « crédits-charbon » qui peuvent être appliqués à une bioraffinerie intégrée), pourraient créer un environnement plus propice pour attirer des entreprises qui ont vu le jour au Canada.

Le mélange d'essence et de bioéthanol est présenté comme un carburant plus propre, comme une méthode pour réduire la dépendance au coûteux pétrole importé et comme instrument de stimulation pour les économies rurales affaiblies. Il n'y a pas unanimité sur l'importance des avantages et des coûts associés; ainsi, la production conventionnelle de bioéthanol est vue comme une façon très onéreuse de réduire les émissions de gaz à effet de serre et nécessite beaucoup de combustibles fossiles pour sa production. De leur côté, les écologistes sont inquiets des impacts à long terme sur les écosystèmes si de grandes quantités de résidus de biomasse forestière et agricole sont extraites pour le produire, et sur les impacts pour la conservation de la biodiversité si des habitats naturels sont transformés en exploitation industrielle. Il existe aussi des considérations pratiques, éthiques et morales à utiliser de trop vastes étendues de terres agricoles pour la production de carburants. Les économistes font preuve d'inquiétude devant

le risque que le niveau de subventions offertes par les gouvernements ne devienne permanent, sans compter les contestations pour ces mêmes subventions présentées à l'OMC ou en vertu d'accords de commerce régionaux.

Nous traitons aujourd'hui la plupart de ces préoccupations comme des questions sans réponses— ce qui est une excellente raison pour mettre en pratique une approche adaptative de planification et de gestion; ces préoccupations trouveront toute leur pertinence, autant au Canada que dans le reste du monde, lorsque les mélanges aux biocarburants atteindront 15 % de la consommation et qu'ils seront intégrés à tous les types de transport terrestre. Jusqu'à présent, seul le Brésil a atteint ce niveau; les États-Unis visent les 20 % en l'an 2020, alors que le Canada ne devrait pas atteindre ces niveaux avant au moins une décennie.

Nous prévoyons le développement d'une courbe prononcée d'apprentissage relativement aux biocarburants afin que tous les pays réussissent à franchir rapidement l'étape des exploitations de première génération, pour élaborer des approches plus novatrices, non seulement pour les biocarburants mais aussi pour d'autres bioproduits. Pour la plupart des présents chapitres, nous avons centré notre attention sur les biocarburants puisque les précédents qui seront ainsi établis pour leur développement et leur utilisation, seront très importants pour des initiatives ultérieures en matière de biotechnologie et de développement durable.

L'importance fondamentale des bioraffineries

Le concept des bioraffineries est aussi ancien que la production à grande échelle des vins et des spiritueux, et aussi nouveau que les installations complexes, intégrées et multiprojets construites par des entreprises comme Dupont²³. Dans le but de rendre clair cet exposé, le terme « bioraffinerie » est défini comme une installation industrielle qui reçoit des matériaux biologiques, les transforme en mélanges de produits chimiques utiles, puis les sépare et les purifie, créant ainsi de multiples produits fonctionnels; ces procédés permettent aussi de générer, comme sous-produit, de grande quantité d'énergie avec un minimum de rejet et de pollution²⁴. Pour conclure, la bioraffinerie établit la gamme des produits, le rendement de conversion des matières premières, ainsi que le type de matières premières pouvant être rentables. Les bioraffineries devraient donc être au centre de toute stratégie sectorielle de bioproduction. Plusieurs raffineries sont encore à l'étude; d'autres sont à une étape plus ou moins avancée de projet-pilote et certaines sont en pleine production commerciale²⁵.

L'avenir de la bioproduction locale est lié à l'établissement au Canada de bioraffineries de pointe intégrées. Les pays de l'Union européenne feront de fortes pressions pour que ces installations soient situées dans des pays comme l'Allemagne, les Pays-Bas et la Belgique, qui font des efforts de recherche et ont un long historique d'innovation et de production en matière de chimie. La

²³ Dupont travaille avec plusieurs partenaires depuis 2003 au développement de la « première bioraffinerie intégrée au monde » capable d'utiliser le maïs et sa tige pour la production de différents produits chimiques comme le *Bio-PDO* (un produit intermédiaire du polymère aux applications diverses) et des biocarburants.

²⁴ Le *First International Workshop on Biorefineries*, tenu en 2005, est une excellente source de renseignements sur les activités courantes en matière de bioraffineries et est commandité conjointement par les États-Unis et l'Union européenne : www.biorefineryworkshop.com.

²⁵ Les plus grandes installations appartiennent à Cargill, un investissement de 200 millions de dollars dans une bioraffinerie (originellement avec Dow Chemical) capable de produire des polymères polylactides à partir de maïs et de les transformer en plastiques biodégradables : www.natureworksllc.com.

taille du marché américain et sa capacité de financement public et privé pour ces exploitations coûteuses lui assurent déjà une part du marché, possiblement grâce à des résultats de R-D financés et développés dans d'autres pays.

Mais alors, comment le Canada pourra-t-il démontrer sa supériorité? Il existe plusieurs possibilités : avec Iogen, le Canada est un chef de file pour l'éthanol cellulosique, il compte sur la présence au pays de plusieurs grandes multinationales comme Dupont qui est solidement impliqué dans les bioraffineries, l'industrie canadienne des pâtes et papiers et, possiblement, le secteur marin des bioproduits. À une certaine époque, le Canada était un fournisseur de gélules d'huile de foie de morue qui terrifiaient les enfants; maintenant il existe toute une gamme de produits chimiques pour la santé, l'alimentation et l'industrie (comme les huiles oméga-3) et de nombreux autres articles utiles à une multitude d'usages, de la crème glacée aux lubrifiants industriels.

Les usines de pâtes et papiers ont déjà une importance stratégique comme proraffineries. Elles produisent déjà des produits chimiques à partir de déchets, ainsi qu'une quantité notable d'énergie qu'elles utilisent ou vendent à d'autres. Ce secteur d'activité semble être à l'avantage du Canada et devrait prioritairement faire l'objet de R-D. Malgré tout, rares sont les propriétaires d'usines canadiennes qui s'engagent dans une approche de bioraffinerie intégrée, à l'exception de quelques entreprises comme Tembec, qui fabrique des produits cellulosiques de haute qualité, de l'éthanol de qualité alimentaire, une gamme de sous-produits à base de lignine et d'autres produits chimiques à ses installations de Témiscaming. Il a été suggéré qu'avec de nouveaux investissements et des modifications à la conception technique, d'importantes nouvelles sources de revenus pourraient être générées²⁶. Des percées techniques majeures pourraient se produire en Europe ou aux États-Unis plutôt qu'aux installations du Canada. Le double obstacle que sont la baisse récente de revenus et le faible seuil d'investissement dans le secteur des pâtes et papiers a créé un problème, puisque les innovations biotechnologiques pourraient aider à réduire les coûts à long terme, tout en permettant de produire des produits chimiques à valeur ajoutée et des sources additionnelles de production d'énergie.

Les bioraffineries qui utilisent des matériaux résiduels (comme les résidus végétaux, le fumier et les déchets alimentaires ou urbains compostables) pourraient fonctionner à petite ou à grande échelle. De nouvelles installations intégrées au concept intéressant ont été développées aux États-Unis; d'origines thermiques, elles peuvent s'adapter à différentes sources de matières premières, passant des déchets résiduels de la transformation des entrailles de dindes, aux pneus en caoutchouc²⁷. Au cours de la prochaine décennie, de nombreux progrès permettront de produire avec une plus grande efficacité, à meilleurs coûts une plus vaste gamme de produits. Souvenez-vous des ordinateurs personnels produits en 1990 et comparez-les à ceux d'aujourd'hui!

²⁶ G. Cosset et al., *The Integrated Forest Products Biorefinery* (2005) : www.biorefineryworkshop.com; P. Gunther, *Capturing Canada's Natural Advantage*, rapport d'atelier de travail. Conseil de recherche de l'Alberta, Paprican (Conseil canadien de l'innovation forestière : 2005) : www.arc.ab.ca; Paul Stuart, « The Forest Biorefinery. Survival Strategy for Canada's Pulp and Paper Sector? », *Pulp & Paper Canada* (juin 2006); W.E. Mabee et al., « Assessing the Emerging Biorefinery Sector in Canada », *Appl Biochem Biotechnol* (printemps 2005), pp. 121-124 : 765-78; F.D. Haagensen. *Enzymes for Biomass and Forestry* : www.cnr.ncsu.edu/wps/documents/Haagensen.pdf.

²⁷ B. Lemley, « Anything into Oil », *Discover* 27(4) (avril 2006) : www.discover.com/issues/apr-06/features/anything-oil.

D'autres opportunités pour le Canada pourraient être citées même si les progrès sont plutôt lents; elles comprennent le traitement des déchets organiques ou alimentaires, le fumier des parcs d'engraissement et l'augmentation graduelle de la production d'éthanol cellulosique et de produits chimiques dérivés des résidus agricoles. Pour y parvenir, il sera nécessaire que les gouvernements provinciaux et le gouvernement fédéral acceptent d'étendre leurs engagements envers les biocarburants pour viser les bioproduits en général. Il apparaît clairement que le Canada devra attirer des entreprises multinationales qui commencent à développer des bioraffineries afin de produire une base de produits chimiques utiles à la fabrication de différents produits synthétiques.

La gamme de produits qui peut être fabriquée est un élément important du concept des bioraffineries et leur taille est un autre facteur majeur. Idéalement, de plus petites installations situées dans les régions rurales devraient être sous le contrôle de coopératives locales (ou sous une autre forme d'exploitation par les agriculteurs) afin que la valeur ajoutée aux récoltes soit encaissée directement. Mais cette solution exigerait quand même des millions de dollars en investissement; il existe quelques fructueuses exploitations de ce type aux États-Unis. Il est aussi possible de considérer des bioraffineries de taille intermédiaire situées à proximité des producteurs de matières premières, qui transporte ensuite les produits dérivés de ces matières premières (comme l'éthanol) vers de plus grandes installations pour la fabrication de produits finis, comme des carburants, des substances chimiques raffinées et des plastiques. Au sommet de la chaîne de production de biens, se trouvent des opérations verticalement intégrées pour les biocarburants, comme celles de Archer Daniels Midland, une entreprise parfois surnommée « l'Exxon du maïs. »

À l'exception des efforts investis dans les biocarburants, il n'existe actuellement aucun programme fédéral spécifique pour assurer que les bioraffineries fassent sérieusement partie du futur paysage industriel canadien. Le Canada devra d'abord franchir des obstacles pratiques, comme des efforts supplémentaires en R-D, un financement stable, une transition vers de nouvelles conceptions techniques dérivées d'origines biologiques et une gestion des capacités de production, une approche intégrée aux décisions réglementaires, et, très certainement, une meilleure coordination des activités du fédéral et des provinces pour créer un environnement propice aux développements. Il faudra traverser une période de cinq à dix ans où plusieurs, voire la plupart des bioraffineries risquent peu d'être rentables. D'autres pays devront faire face aux mêmes défis; les États-Unis, la Chine et les pays européens procèdent à du financement grâce à des subventions publiques et privées. Le Canada devra emboîter le pas avec de meilleures mesures incitatives, qui comprennent des processus simplifiés de prise de décision et des mesures d'incitation conformes à un environnement concurrentiel international.

Les forêts : les arbres issus du génie génétique

Il est possible de démontrer, pour plusieurs raisons, que l'amélioration de la croissance des forêts est une contribution au développement durable : d'abord, il est possible de réduire l'étendue des terres utilisées pour la production forestière par une productivité accrue; la nature serait ainsi mieux protégée et pourrait peut-être réduire la quantité d'énergie nécessaire au transport, à la construction forestière, etc. Deuxièmement, les possibilités économiques pour les régions rurales augmenteraient grâce à la grande valeur du peuplement forestier. Et troisièmement, les émissions de gaz à effet de serre seraient réduites par une fixation accrue du carbone. L'amélioration de la

croissance des forêts ne serait qu'un des éléments qui puisse être modifié; il est aussi possible d'envisager une meilleure résistance aux maladies et aux insectes, ainsi qu'une réduction de lignine pour les espèces forestières réservées à la fabrication des pâtes.

Les plus ardents opposants croient que la plupart des facteurs avancés pour appuyer la foresterie issue du génie génétique sont fallacieux et ils exigent un moratoire complet²⁸. Le Canada a déjà dû affronter des problèmes liés à ses pratiques forestières pour des produits destinés aux marchés de l'exportation et peut difficilement se permettre ce type d'interventions pour les produits forestiers dérivés du génie génétique. Il est difficile d'évaluer la force des opposants à l'intérieur du Canada, mais certains organismes voués à la conservation et à l'environnement ont clairement manifesté leur opposition.

Le Service canadien des forêts (SCF) conserve un programme actif de recherche en matière de biotechnologie; ce programme comporte de nombreux éléments, mais il met peu l'accent sur les activités transgéniques. Ses activités de recherche se décrivent comme suit²⁹ :

Le SCF a été le premier à produire par génie génétique des sujets d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) et de mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch) ... Par la suite, le SCF a réussi à obtenir par génie génétique des sujets d'épinette blanche (*P. glauca* [Moench] Voss) et de mélèze d'Europe (*L. decidua* Mill.). D'autres recherches en cours portent sur le transfert de gènes conférant une résistance aux ravageurs et aux maladies.

Pour faire progresser les recherches en biologie moléculaire des arbres, le SCF est en train d'élaborer des protocoles pour l'insertion de gènes dans divers tissus de l'arbre, comme les organes floraux et les grains de pollen. Grâce à ces protocoles, les chercheurs n'auront plus à attendre toute la durée du cycle de reproduction de l'arbre pour étudier chez des tissus mûrs l'expression des gènes introduits.

À plus long terme, le SCF souhaite insérer chez des conifères des gènes qui rendent les fleurs stériles afin de réduire au minimum le flux génétique vers les espèces apparentées. Le SCF mène également des recherches sur des feuillus, comme le peuplier, le tremble et le saule, en vue de produire des sujets plus rustiques et à croissance plus rapide.

Le SCF a limité ses essais en champ pour les arbres issus du génie génétique à un seul site au Québec. Les règles pour ces essais (ou pour toute dissémination dans l'environnement et tout essai non confiné) sont mises en pratique par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) avec les mêmes mécanismes utilisés pour les récoltes d'aliments issus du génie génétique.

Il y aura d'autres pressions commerciales pour autoriser des arbres issus du génie génétique; ces pressions pourront provenir d'entreprises intéressées par des espèces d'arbres à croissance rapide pour la fabrication de pâtes et de papiers, pour des arbres fruitiers et peut-être pour des espèces ornementales. Le Canada devra décider comment traiter les demandes pour faire entrer des arbres issus du génie génétique, autant sous forme de semences que d'arbres de semis, de pays qui acceptent la technologie de modifications génétiques des arbres.

²⁸ C. Lang, *Genetically Modified Trees: The Ultimate Threat to Forests* (World Rainforest Movement and Friends of the Earth International : 2004) : chrislang.blogspot.com/2004_12_20_chrislang_archive.html.

²⁹ Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Recherche en matière de biotechnologie : www.nrcan-rncan.gc.ca/cfs-scf/science/resrch/biotechnology_f.html.

Même s'il existe plusieurs autres applications du génie génétique pour l'utilisation des forêts—qui comprend la lutte contre les ravageurs et les micro-organismes par génie génétique, pour le traitement des pâtes, et pour la réduction de la pollution et de l'énergie nécessaire au traitement chimique – l'utilisation généralisée à l'échelle commerciale d'arbres issus du génie génétique (pour la reforestation, pour l'optimisation des plantations destinées aux pâtes et papiers, ou pour tout autre usage du bois) est peu probable avant les 10 à 15 prochaines années au Canada. Dans une perspective de développement durable, c'est peut-être loin d'être la situation idéale : seule l'habileté à empêcher le flux des gènes et à s'assurer que les plantations forestières procurent de véritables avantages environnementaux aidera à y voir plus clair.

Les océans : la biotechnologie marine et l'aquaculture marine

Le potentiel que recèle la biotechnologie marine ne fait que commencer à être compris, que ce soit au Canada ou ailleurs dans le monde. Avec ses trois océans, une grande variété de conditions à l'intérieur de la zone canadienne des 200 milles marins, nos longs rivages et des ressources marines d'une valeur de plus de 20 milliards de dollars, notre nation a toutes les raisons d'avoir une vue d'ensemble de ses ressources marines et maritimes. Malgré tout, très peu de choses sont connues sur la vie microbienne des océans qui représente actuellement une des meilleures candidates pour la biotechnologie marine. Récemment, le Conseil national de recherches Canada (CNRC) a préparé une Carte routière technologique des océans avec un volet sur les possibilités pour la biotechnologie. Il existe aussi un réseau actif sur la technologie océanique canadienne qui commence à partager les expériences liées à de nombreux aspects de la R-D des océans.

Nous analysons certaines des possibilités de pointe de la biotechnologie des océans et nous évaluons aussi l'aquaculture marine où le fossé semble se creuser de plus en plus entre les partisans et les opposants de cette industrie qui arrive à maturité.

La biotechnologie marine

Les organismes marins sont un nouveau domaine (et peut-être un des plus importants domaines encore mal exploré) pour les scientifiques à l'affût de caractéristiques biologiques inhabituelles. Les applications pour la médecine, l'industrie, la restauration environnementale et l'alimentation ont été ciblées. Pourtant, jusqu'à maintenant il n'a pas été possible d'étudier près de 99 % des organismes microbiens marins, et encore moins de les analyser pour découvrir des produits chimiques aux applications potentiellement commerciales. Certaines des caractéristiques intéressantes uniques aux organismes marins comprennent :

- La bioluminescence;
- L'habileté de vivre dans des conditions de températures extrêmes ou dans un environnement hautement sulfureux (comme à proximité des cheminées hydrothermales), produisant des matériaux résistants aux pressions et thermorésistants qui sont utiles au génie génétique pour la production d'enzymes industrielles ou pour la dépollution de déchets toxiques³⁰;

³⁰ R. Colwell, « Fulfilling the Promise of Marine Biotechnology », *Marine Biotechnology in the Twenty-first Century : Problems, Promise and Products*. National Academy Press (Washington, D.C. : National Academy Press, 2002).

- De nouveaux produits chimiques (qui comprennent des toxines) qui attireront ou repousseront d'autres organismes, des agents de liage chimique utiles pour les bioadhésifs et de l'antigel extrait des poissons des mers très froides.

La bioprospection marine (échantillonnage de la biodiversité marine pour étude ultérieure en laboratoire) à l'échelle proposée par plusieurs scientifiques des pays industrialisés soulève plusieurs questions importantes :

- Le partage des profits avec les pays d'origine qui sont souvent des pays en développement plus pauvres, mais comprennent aussi le Canada avec ses trois océans riches en biodiversité;
- Les stratégies de conservation, particulièrement si une grande quantité de la ressource est récoltée;
- Les impacts de la culture où des méthodes d'aquaculture sont utilisées (comme pour le cas de la culture des algues);
- Et les ententes avec les communautés locales ou avec les groupes autochtones.

Certaines personnes ont proposé que le difficile processus de commercialisation des bioproduits marins soit associé avec une affectation de crédits d'une « portion des futures retombées économiques pour appuyer la conservation des mers et le développement durable des rivages, préservant ainsi les bioproduits marins qui n'ont pas encore été découverts au profit des prochaines générations³¹. »

Il est important de noter que même si le *droit international public de la mer* a examiné exhaustivement certaines catégories de ressources (particulièrement les ressources en poissons et en minéraux), ce document a été rédigé avant que les propriétés biochimiques et biotechnologiques des créatures marines ne soient bien comprises. Les discussions se poursuivent à cette tribune pour bien encadrer l'enjeu de la bioprospection, puis développer des solutions qui satisfassent chacun. Il est intéressant de constater que l'expédition internationale hautement médiatisée de bioprospection marine conduite par Craig Venter, en 2003, a débuté l'échantillonnage pour son périple mondial à Halifax, en Nouvelle-Écosse³². Le Canada devra définir comment il souhaite gérer l'utilisation de toutes les formes de vies marines de ses océans, ce qui inclut les vies microbiennes qui sont potentiellement aussi intéressantes que les poissons ou d'autres ressources que nous voulons administrer.

En 2002, le marché mondial pour les produits de la biotechnologie marine était d'environ 2,4 milliards de dollars américains, avec un taux de croissance annuel de près de 10 %³³. L'intérêt pour ce secteur d'activité continue de croître. En 2005, la Conférence internationale en biotechnologie marine (CIBM 2005) s'est tenue à St. John's, Terre-Neuve. Près de 500 présentations ont été faites pendant cette rencontre d'avant-garde où de nombreux sujets ont été abordés. L'encadré 2-3 présente une liste des recherches et des applications prometteuses. C'est un enjeu qui mérite d'être suivi de près et qui mérite peut-être aussi une attention particulière au niveau politique.

³¹ D. Gerhart, « Commercialization of Marine Bioproducts: Intellectual Property and Technology Transfer Issues », *Marine Biotechnology in the Twenty-first Century* (2005).

³² www.sorcerer2expedition.org/version1/HTML/main.htm

³³ Biobridge Ltd., *A Study into the Prospects for Marine Biotechnology Development in the United Kingdom* (janvier 2005) : www.dti.gov.uk/sectors/biotech/agribusiness/biosciencemarine/page10522.html.

Encadré 2-3. Sélection des présentations à la Conférence internationale en biotechnologie marine 2005

La bioprospection

Genomic and Proteomics of Magnetic Bacteria for Nano-Biotechnology (*bactéries magnétotactiques*)

Marine Bacteria: A Potential Source of Anti-Angiogenic Compounds (*bactéries antiangiogéniques*)

Molecular Biomedical Prospecting of Sponges (*bioprospection moléculaire d'éponges*)

New Anticancer Compounds from Marine Actinomycetes (*composés anticancéreux issus des actinomycètes*)

Enzymes and Enzymatic Hydrolysates from Invertebrates of the Barents Sea (*enzymes et hydrolysat enzymatique*)

Caractéristiques économiquement importantes des espèces cultivées en aquaculture

Aquaculture Genomics of Salmonid Fishes: Linkage Mapping, QTL, and Candidate Genes (*génomique marine*)

Marine Nutraceuticals and Omega-3 Oils (*aliments nutraceutiques*)

Developing Transgenic Finfish and Crustaceans Resistant to Microbial Pathogens (*résistance transgénique*)

A Re-evaluation of Triploid Bay Scallop Induction Methodology (*méthodologie d'induction*)

Engineering Long-Chain, Omega-3 Fatty Acid Biosynthesis in Plants (*biosynthèse issue du génie génétique*)

Transgenic Salmon: Ideas to Market (commercialisation du saumon transgénique)

Espèces envahissantes (*qui comprennent les individus échappés des élevages en aquaculture*)

Recombinant Approaches for Managing the Impacts of Invasive Species (*gestion des espèces envahissantes*)

Surveillance et identification

New Analytical Technologies in the Hunt for Red Tide Toxins (*technologie analytique de recherche*)

Marine Biotxin Monitoring and Research in New Zealand (*biotoxines marines*)

Molecular Approach and Application to Identification and Traceability of Fish Product: An Example with Shark Fin Processed Products (*approche et application moléculaire*)

The 'Fish Chip' : A DNA Microarray-based Identification Tool for Fish Species in the North Sea (*identification génétique issus des microréseaux*)

Molecular Phylogenetics of Gadidae [cod] Based on Complete Mitochondria DNA Sequences (*phylogénèse moléculaire*)

BOD [Biochemical Oxygen Demand] Chip Sensor with Marine Luminous Microorganisms (*oxygène et luminescence*)

Biorestauration et détoxification

Uptake and Detoxification of the Explosive TNT in Seawater by a Genetically Engineered Seaweed (*détoxification à l'aide d'algues transgéniques*)

Marine Extremophiles: Enzymes for Bioremediation Applications (*extrémophiles marins*)

Degradation of Endocrine Disrupters by Marine Bacterium (*biodégradation*)

Oxidation of Gaseous Hydrocarbons by Marine Microorganisms (*oxygénation par des micro-organismes*)

Utilisation des déchets et des résidus

Processing of Marine Waste: Production of Hydrolysates Harbouring Specific Biological Properties (*transformation des déchets marins*)

Source : IMBC 2005 CIBM Résumés www.imbc2005.org

La biotechnologie marine est un enjeu qui a une importance spéciale pour le Canada et ce, pour plusieurs raisons.

- Les trois océans canadiens possèdent des caractéristiques très diverses, qui comprennent des conditions extrêmes et une riche biodiversité, des caractéristiques qui attirent les bioprospecteurs canadiens et étrangers;
- L'utilisation des océans (autant en intensité qu'en variété) exerce une pression croissante sur la biodiversité et sur les habitats. Il existe plusieurs exemples où la biotechnologie peut aider à gérer l'utilisation des océans : la surveillance des océans à l'aide de biocapteurs, l'analyse de l'ADN pour l'identification des populations de poissons et pour l'application des lois, la biorestauration et le nettoyage de dégâts causés par des huiles, des métaux et des produits chimiques;
- La sécurité des aliments d'origine marine, qui comprend la détection des pathogènes et l'utilisation d'enzymes pour la réduction des déchets causés par l'élevage en cages de ces produits alimentaires;
- Les vaccins et les autres moyens de contrôle des maladies en aquaculture, des aliments piscicoles dérivés des biocarburants et d'autres résidus des bioraffineries, l'utilisation des résidus produits par la transformation des poissons par les bioraffineries locales;
- L'enjeu des organismes transgéniques introduits dans les océans canadiens par l'aquaculture ou sous forme d'espèces envahissantes non indigènes;
- La commercialisation à grande échelle des produits puisque la majorité des activités se déroulent dans de petites ou moyennes entreprises (les grandes usines de transformation des poissons sont une exception);
- L'accès aux profits et son partage avec les gouvernements, les organismes locaux et les autorités et titulaires des droits autochtones (comme ceux établis dans les régions arctiques);
- Et favoriser les activités économiques par des grappes de biotechnologie marine dans plusieurs villes et provinces côtières du Canada.

Il est juste d'affirmer que le Canada n'a accordé jusqu'à maintenant qu'une attention minimale à ses politiques en matière de biotechnologie marine. Ce n'est qu'au cours des dernières années que le Canada a ratifié la *Convention sur le droit de la mer*, s'assurant de pouvoir partager la table des négociations.

Aquaculture

L'aquaculture d'espèces comme le saumon de l'Atlantique est une activité économique importante et en croissance sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique. Des études expérimentales ont démontré que le saumon issu du génie génétique (et peut-être aussi plusieurs autres espèces) croît plus rapidement et/ou atteint une taille plus imposante. La rentabilité s'en trouve ainsi améliorée, surtout si le poisson peut être cultivé à l'aide d'une diète faible en protéines animales, ou par des besoins alimentaires moindres grâce à une utilisation plus efficace de leur nourriture. Il existe d'autres caractéristiques désirables qui pourraient faire l'objet d'interventions génétiques, comme l'habileté à supporter des conditions de grand froid ou un meilleur taux de survie des espèces dans l'environnement difficile de la culture intensive en cages.

Mais le problème est que le mélange des espèces sauvages et des espèces échappées des cages d'élevage pourrait conduire à l'introduction de nouveau matériel génétique dans le fond génétique des espèces sauvages, peut-être au détriment des populations naturelles existantes. Cette situation

est considérée comme inacceptable par plusieurs scientifiques et organismes de conservation. Il existe quelque 9 600 espèces de saumons génétiquement distincts au large de la côte ouest canadienne; cet enjeu se doit donc d'être pris au sérieux. Sur la côte est où les populations sauvages sont menacées, la possibilité que les saumons aux nouvelles caractéristiques génétiques prennent le contrôle des habitats et rendent leur restauration en espèces naturelles difficile, voire impossible, est une source de préoccupation. Une solution possible est de déménager ces aquacultures à l'intérieur des terres dans des installations autonomes; les risques seront grandement réduits mais les coûts de production seront augmentés.

L'aquaculture d'espèces issues du génie génétique a été analysée en 2002 par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) en réaction à une pétition soumise par l'organisme Greenpeace au Bureau du vérificateur général, à l'intention du commissaire à l'environnement et au développement durable (CEDD). À cette époque, le MPO signalait qu'il était à préparer une réglementation. En juin 2004, dans un rapport de suivi du CEDD³⁴, le MPO indiquait qu'il ne pouvait donner d'échéance pour le parachèvement de la réglementation. Sans réglementation, il serait douteux que des poissons issus du génie génétique apparaissent dans des cages ouvertes, mais il y aura encore des demandes pour l'introduction d'espèces à croissance rapide et des demandes encore plus pressantes pour interdire de telles pratiques.

Aqua Bounty Technologies Inc. et ses filiales canadiennes de Terre-Neuve et de l'Île-du-Prince-Édouard ont mis au point un saumon de l'Atlantique à croissance rapide et capable de supporter les eaux froides en périodes hivernales. Ils aimeraient voir ces poissons intégrés à l'aquaculture canadienne et ils ont présenté leur dossier comme partie intégrante de leur contribution au développement durable³⁵ :

« L'arrivée de technologies comme celles développées par Aqua Bounty Farms permettra à l'industrie de l'aquaculture de tirer profit d'une technologie encore plus écologique et qui fournira à tous les consommateurs un approvisionnement suffisant en aliments d'origine marine à faible coût. Ces objectifs sont conformes à l'engagement pris par Aqua Bounty Farms, soit de lancer la Révolution bleue : associer la technologie dérivée des sciences biologiques et de l'ingénierie afin de créer une industrie de l'aquaculture capable de production à grande échelle et à faibles coûts, sans besoin d'être à proximité des océans et moins envahissante pour l'environnement, avec des taux de croissance plus rapides, une résistance accrue aux maladies, de meilleurs taux de consommation, des modifications au cycle de reproduction et une utilisation plus efficace des usines closes de recyclage des eaux font tous partie de cette révolution. »

Le dossier de l'aquaculture issue du génie génétique continuera d'évoluer, mais il y aura encore de nombreux opposants. Cependant, il y aura introduction de nouvelles espèces dans d'autres pays; quelle sera la politique canadienne envers la commercialisation de ces produits au Canada? Une grande partie de l'opposition se concentrera sur la question importante de la durabilité, surtout en ce qui a trait à l'impact de l'aquaculture sur la chaîne alimentaire. Ferons-nous preuve

³⁴ Bureau du vérificateur général du Canada, *Échéances fixées par Pêches et Océans Canada pour l'élaboration d'un règlement sur le poisson génétiquement modifié*, rapport de la commissaire à l'environnement et au développement durable (2004) : www.oag-bvg.gc.ca/domino/rapports.nsf/html/c20041006sf02.html.

³⁵ Aqua Bounty Farms. *Technology for Sustainability* : www.aquabounty.com/ABCStatementfinal.htm

d'efficacité pour surveiller l'importation de ces nouveaux géniteurs ou les rejets accidentels (qui comprennent de jeunes spécimens de poissons issus du génie génétique de zones tempérées, qui pourraient être introduits par le commerce des poissons d'aquarium)?

Il existe d'autres méthodes où le Canada pourra exceller dans le domaine de la biotechnologie aquicole qui seront probablement très intéressantes pour les exploitants aquicoles d'ici et d'ailleurs. Elles comprennent le développement de vaccins et de mesures de lutte contre les maladies, des efforts continus pour élargir l'utilisation d'outils de surveillance pour l'identification des populations de poissons et pour la surveillance environnementale des océans à l'intérieur et à proximité des zones d'aquaculture, pour le développement de nouveaux aliments pour les espèces cultivées et pour l'utilisation des déchets. De telles initiatives créeront une valeur ajoutée pour les pisciculteurs et les transformateurs, et pourront aussi avoir des effets bénéfiques sur l'environnement par une réduction de la pollution, par des besoins moindres en antibiotiques et en produits chimiques, et par une réduction de l'approvisionnement de poissons pour l'alimentation des espèces cultivées.

Une démarche coopérative pour la biotechnologie marine

Les océans recouvrent la majeure partie de la planète et forment le plus grand patrimoine naturel international. Leur santé est une préoccupation et pourtant, les scientifiques ne font que commencer à comprendre la riche constitution génétique de la vie marine, de ses avantages potentiels et de ses besoins de gestion. Il en résulte un besoin pour une démarche coopérative visant à faire le meilleur usage de la biotechnologie marine et à définir les applications qui seront utiles dans plusieurs domaines, comme pour l'aquaculture durable. C'est un thème qui a pris beaucoup d'importance à la rencontre de la CIBM 2005, à St. John's; il existe aussi au Canada des initiatives très prometteuses, comme celle d'AquaNet³⁶, qui appuie la recherche en aquaculture durable.

La biotechnologie industrielle « blanche »

La biotechnologie industrielle est un peu le domaine « en veilleuse » parmi toute la gamme de biotechnologies. Beaucoup moins controversée que la biotechnologie « verte », puisque avec des produits comme les enzymes industrielles, les chances sont minces qu'elle se retrouve dans des produits finis ou qu'elle puisse survivre dans un environnement naturel. De plus, il y a des efforts immédiats pour la promotion de la biotechnologie industrielle comme source majeure de durabilité industrielle. La biotechnologie industrielle pourrait présenter des avantages en trois volets : bonne pour la planète, pour les profits et pour les gens. Les initiatives de pointe, dérivées d'un système en boucle fermée, sont souvent qualifiées « d'écologie industrielle »³⁷.

Le domaine de la biotechnologie industrielle est une concentration très complexe de technologies. Certaines sont du domaine de la biotechnologie médicale, puisque la R-D du domaine médical est utile aux deux domaines. Les technologies vertes sont soulignées, puisque l'utilisation de produits, de déchets et de résidus agricoles et forestiers, sont une importante composante industrielle qui mène aux bioproduits. Au-delà de ces exemples, il existe un énorme potentiel

³⁶ Réseaux des Centres d'excellence en aquaculture, animé à la Memorial University et à la UBC et appuyé par le CRSNG et d'autres organismes de recherche.

³⁷ R. Côte et al. (éd.), *Linking Industry and Ecology: A Question of Design* (Vancouver : UBC Press, 2006); International Society for Industrial Ecology : www.yale.edu/isie/;

de transformation des processus industriels en substituant des processus biologiques aux synthèses à étapes multiples actuelles des produits chimiques ou des produits manufacturés (comme les plastiques).

La notion de « biotechnologie blanche » est privilégiée en Europe et aux États-Unis.

« Elle utilise des cellules vivantes—des levures, des moisissures, des bactéries et des plantes—et des enzymes pour obtenir par synthèse des produits qui sont facilement dégradables ... Les avantages de l'exploitation des processus et des produits naturels sont multiples : ils n'exigent pas de combustibles fossiles, sont plus éconergétiques, et leurs substrats et leurs déchets sont biodégradables, permettant ainsi de réduire leurs impacts environnementaux. »³⁸

Il y a de nombreux exemples où ces applications sont déjà en usage ou à une étape expérimentale de développement. Un exemple de ces utilisations est l'utilisation d'*E. coli* transgénique dans de grandes cuves de fermentation pour la production d'insuline humaine; un autre consiste à utiliser des enzymes au lieu de produits chimiques durs pour le processus de désensimage des matières brunes, non cellulosiques des textiles en coton. Présentement, les produits commercialisés sont souvent contenus dans les polymères et les produits chimiques en vrac. Mais à l'avenir, l'accent sera aussi sur les produits chimiques fins, comme les produits pharmaceutiques biologiques qui ciblent les traitements contre le cancer dérivés des anticorps. Les produits chimiques spéciaux font partie d'une autre catégorie, comme pour la production de saveurs ou de parfums où l'utilisation d'enzymes et les processus de fermentation sont déjà en usage. Le cabinet McKinsey and Company prévoit d'ici l'année 2010, qu'il sera possible que 10 à 20 % de tous les produits chimiques vendus soient dérivés d'applications biotechnologiques. Pour les produits chimiques fins, les parts de marché pourraient atteindre les 60 %³⁹.

Avec l'intensification des efforts pour contrer les émissions de gaz à effet de serre et les autres effets causés par les combustibles fossiles, l'utilisation industrielle de la biotechnologie ira en augmentant. Cette situation offre une assise pour une notion connue au Canada et aux États-Unis sous le terme « économie d'origine biologique ». Cette notion qui consiste à s'éloigner d'une économie fondée sur les hydrocarbures pour se diriger vers une économie fondée sur les hydrates de carbone n'est pas nouvelle. Mais de nombreux obstacles doivent encore être surmontés, comme les coûts financiers (les plastiques ainsi produits coûtent de cinq à dix fois plus chers), les coûts environnementaux pour les pesticides, les fertilisants et l'eau nécessaires à la culture de la biomasse supplémentaire, et pour le rendement de conversion de la biomasse en bioproduits et en énergie. La complexité de tous ces facteurs a créé de sérieux doutes et rendu toute analyse très hasardeuse.

La biotechnologie industrielle a de nombreuses ramifications. Nous avons déjà examiné plusieurs exemples dans ce chapitre, comme le rôle des enzymes, les possibilités pour les pâtes et papiers et les bioraffineries. Les possibilités sont réparties dans un grand nombre d'autres domaines, comme la production de produits chimiques, de produits pharmaceutiques, de textiles, l'agroalimentaire et les mines (le biolixivation). L'OCDE a produit des recherches très utiles vantant les possibilités de la biotechnologie industrielle. L'intérêt et les investissements pour la biotechnologie blanche

³⁸ European Molecular Biology Organization, "White Biotechnology," EMBO Reports 4(9) (2003), pp. 835-837.

³⁹ EuropaBio, *White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future* (2003) : www.europa-bio.be/.

semblent plus grands en Europe, avec une forte concurrence des États-Unis, du Japon et de la Chine⁴⁰. La place du Canada sur cet échiquier n'est pas très claire, sauf si des secteurs spécifiques sont examinés en détail. Même là, il ne semble pas y avoir de sentiment d'urgence pour cet enjeu au Canada en comparaison de l'attention portée en Europe. Le troisième World Congress on Industrial Biotechnology and Bioprocessing a eu lieu à Toronto en juillet 2006. Il a été qualifié de milieu de convergence pour la biotechnologie, la chimie et l'agriculture, afin de créer une nouvelle chaîne de valeur. Peut-être devrions-nous nous en inspirer pour mieux évaluer ce complexe ensemble d'activités.

La biorestauration

De tous les différents thèmes qui touchent à la biotechnologie et au développement durable, la biorestauration semble présenter un certain intérêt. Le problème au Canada est assez clair. Selon la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE), il pourrait y avoir jusqu'à 30 000 friches industrielles au Canada. Elles sont définies comme « des propriétés commerciales ou industrielles abandonnées, inoccupées ou sous-utilisées, où les activités antérieures ont causé ou sont suspectées d'avoir causé des contaminations environnementales, mais où il existe une possibilité de réaménagement »⁴¹. Des nettoyages hautement médiatisés, comme au Sydney Tar Ponds, ont englouti des millions de dollars. Des milliers d'autres nettoyages sont de plus petites tailles, comme la restauration des sols autour des réservoirs d'essence des stations-services, le drainage acide des sites miniers et de petits sites industriels ou commerciaux. Les terres gouvernementales et les bases des forces armées ont parfois besoin de restauration en profondeur, comme le site du réseau DEW (réseau d'alerte avancée)⁴² dans l'Arctique. Il existe un solide engagement financier de la part du gouvernement fédéral, et des autres paliers de gouvernement, pour s'occuper de ces besoins. Il faudra des décennies pour régler entièrement les problèmes.

Entre-temps, des accidents peuvent survenir. Les déversements de pétrole sur les côtes offrent des situations où la biorestauration fonctionne. Les microbes sont très efficaces pour ces nettoyages et pour d'autres tâches. Ainsi, la biorestauration sera utile même après avoir réglé l'accumulation des problèmes de nettoyage du passé. Ces exemples de recherche sur les « extrémophiles marins » (indiqués à l'encadré 2-3), portent sur des micro-organismes qui prospèrent sur certains polluants et qui décomposent des explosifs abandonnés sur le sol marin après une guerre. Et c'est dans ce contexte que le génie génétique prend toute son importance puisqu'il serait souhaitable que ces caractéristiques utiles pour la décomposition des déchets puissent être transférées à des microbes ou à des plantes de plus grande taille (macrophytes) optimisées pour diverses conditions environnementales. Des arbres à croissance rapide qui pourraient extraire les métaux lourds des

⁴⁰ Voir les analyses sur ce sujet, notamment : OCDE, *Biotechnology for Clean Industrial Products and Processes: Towards Industrial Sustainability* (1998); OCDE, *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability* (2001); A. Sasson, *Industrial and Environmental Biotechnology, Achievements, Prospects and Perceptions* (Yokohama, Japon : Institute for Advanced Studies, United Nations University : 2005); EuropaBio, *Industrial or White Biotechnology. A Driver of Sustainable Growth in Europe*, document de travail comme base de données pour la Plateforme technologique européenne pour une industrie chimique soutenable : www.europa-bio.be/TPWhite/IB_Vision.pdf.

⁴¹ TRNEE. 2003. *Réhabiliter le passé, construire l'avenir. Une stratégie nationale des sites urbains contaminés réhabilitables pour le Canada* : www.nrtee-trnee.ca/Publications/PDF/SOD_Brownfield-Strategy_F.pdf

⁴² La ligne DEW (réseau d'alerte avancée) est un ensemble de 58 sites de surveillance, principalement des radars, construite pendant la guerre froide afin de détecter des envahisseurs : www.lswilson.ca/dewline.htm#C

sols contaminés ou des algues capables d'éliminer des déchets toxiques pourraient être cités en exemples.

Il y a de nombreux chercheurs dans le monde et quelques-uns au Canada qui se consacrent à la biorestauration. Un des chefs de file est l'Institut de recherche en biotechnologie du Centre national de recherches Canada (IRB-CNRC) à Montréal. Parmi leurs recherches, citons la décomposition, à l'aide d'une bactérie modifiée par génie génétique, d'un contaminant des eaux souterraines et des sols, l'additif pour carburant MTBE :

« Les gènes d'une voie de dégradation du MTBE ont été isolés d'une souche de la bactérie *Mycobacterium austroafricanum*. Cette bactérie possède la rare capacité d'utiliser le MTBE comme seule source de carbone et d'énergie. Les gènes ont été séquencés et exprimés chez un micro-organisme hétérologue afin de confirmer leur rôle. Une barrière biologique utilisant ce même micro-organisme a également été développée pour la restauration des sources d'eau contaminées par le MTBE. »⁴³

Plusieurs exemples semblables pourraient être cités. Ils doivent tous affronter de sérieux obstacles relativement à la dissémination d'organismes génétiquement modifiés dans des environnements naturels. Le cas de la biorestauration n'a pas autant attiré l'attention que ceux des récoltes et des aliments génétiquement modifiés; mais les scientifiques spécialisés en écologie sont prudents. L'Ecological Society of America affiche la biorestauration sur sa liste des domaines d'inquiétudes possibles concernant les organismes issus du génie génétique dans l'environnement⁴⁴.

Pour des raisons de prudence, l'acceptation de la biotechnologie axée sur le génie génétique pour la biorestauration a été lente, puisqu'il existe aussi des solutions de rechange comme le criblage et l'utilisation d'organismes naturels du tapis forestier, du fond des océans et des sols; il existe aussi toute une série de méthodes comme l'augmentation de la circulation d'air ou d'oxygène pour accélérer la décomposition⁴⁵. Nous ne prévoyons pas de changements à cette situation et les outils, qu'ils comprennent ou non des organismes issus du génie génétique, méritent une attention et des recherches méticuleuses. Avec le temps, l'arsenal d'agents de biorestauration hautement efficaces, mais aussi hautement contrôlés, sera offert sur le marché et contribuera à l'amélioration de l'environnement.

L'échéancier

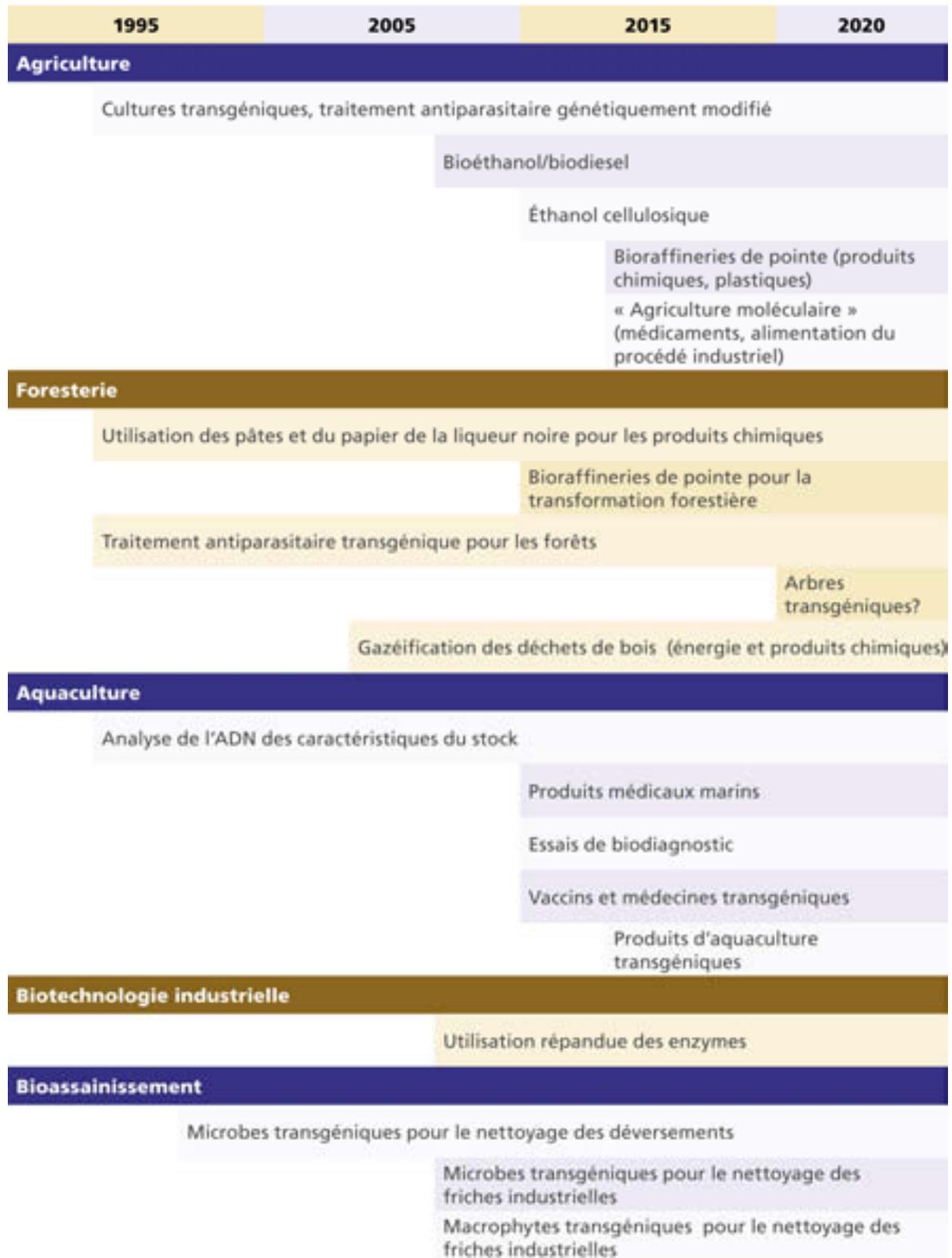
Quelles échéances prévoyons-nous pour l'intégration de la BDDE? Notre examen des échéanciers est fondé sur une évaluation en profondeur des initiatives courantes et de l'extrapolation des tendances mondiales; il montre les innovations biotechnologiques de 1995 jusqu'à aujourd'hui, ainsi que notre analyse des perspectives pour les années 2007 à 2020. En réalité, les échéanciers seront déterminés par les décisions réglementaires, les décisions d'investissement et l'acceptation des produits par le public et les consommateurs. Néanmoins, nous devrions posséder les connaissances scientifiques et technologiques nécessaires pour chacun des domaines à l'intérieur des échéances spécifiées. Nous estimons que vers l'année 2012, la BDDE fera partie des activités technologiques et économiques courantes.

⁴³ Conseil national de recherches Canada, *Institut de recherche en biotechnologie : Un joueur à l'échelle planétaire*, rapport annuel 2004–2005 : http://www.bri.nrc.gc.ca/files/ar_04-05_fr.pdf.

⁴⁴ A.A. Snow et al., « Genetically Engineered Organisms and the Environment: Current Status and Recommendations », *Ecological Applications* 15(2), pp. 377–404.

⁴⁵ M. Watanabe, « Can Bioremediation Bounce Back? » *Nature Biotechnology* 19 (2001), pp.1111-1115.

Calendrier pour les applications canadiennes de BDDE



Nous misons fortement sur les bioproduits et sur les bioraffineries puisqu'ils ont de fortes chances d'être les plus importants en termes de décisions stratégiques et de besoins pour de nouvelles évaluations des procédés. L'utilisation industrielle d'enzymes se déroulera au rythme imposé par la R-D industrielle et par le réoutillage des procédés industriels. Bien qu'utilisée pour des activités comme le nettoyage de déversement de pétrole, la biorestauration pourrait être instaurée plutôt lentement, en parallèle au développement de techniques spécifiques.

Conclusion—Imaginons maintenant l'an 2020 ...

Nous avons commencé notre rapport à la haute direction sur le projet BDDE par un scénario qui se rapporte aux promesses et aux prémisses autour desquelles nous pourrions rapprocher la biotechnologie et le développement durable afin d'en récolter les avantages au profit des Canadiens d'ici l'an 2020. Nous souhaitons terminer ce chapitre avec des extraits de ce scénario.

Imaginons maintenant ... l'an 2020 ...

Une société canadienne où :

Une économie rurale florissante répond au quart des besoins en carburant, en produits chimiques et en produits synthétiques du Canada à partir de sources de biomasse renouvelable ...

L'utilisation des produits chimiques dangereux qui s'accumulent dans l'environnement et dans notre organisme a été réduite de 50 % ...

Une stratégie nationale de « transformation des biodéchets en bioproduits » est mise en œuvre avec succès dans les villes et les collectivités rurales partout au pays. Cette stratégie repose sur la conversion des déchets alimentaires commerciaux, des déchets de compostage résidentiel, du fumier et des résidus aquacoles, agricoles et forestiers en biocarburants et en charges d'alimentation pour fins d'utilisation dans les processus chimiques plus modernes et plus écologiques qui réduisent la consommation de combustibles fossiles ...

Un effort d'efficacité bien établi remporte du succès dans les industries canadiennes —un effort basé, en partie, sur l'utilisation de nouvelles enzymes destinées à empêcher la pollution et à réduire l'utilisation du matériel et de l'énergie de trois à quatre pour cent chaque année par unité de produit fabriqué ...

On assiste à la fin des sites industriels, miniers et autres friches industrielles contaminés grâce aux nouvelles techniques d'assainissement biologique pour nettoyer les déchets du passé et traiter les exploitations actuelles ...

Il existe un réseau national efficace pour surveiller la santé des écosystèmes locaux, en se fiant non seulement aux outils de surveillance peu dispendieux par biocapteurs mais aussi à l'engagement et à la participation des collectivités locales et des groupes de citoyens ...

Un effort concerté par les chercheurs, les entrepreneurs, les entreprises et les fonctionnaires canadiens se traduit par la création de nouveaux vaccins, des variétés de cultures et des technologies environnementales nécessaires pour remplir les objectifs de développement du millénaire⁴⁶ en matière de développement durable à l'échelle mondiale—notamment le contrôle biologique des maladies touchant les humains, les poissons, les plantes et le bétail; des variétés de cultures résistantes à la sécheresse; et un contrôle avancé de la pollution de l'eau pour les collectivités et l'industrie ...

Ces mesures sont motivées par une prise de conscience accrue de l'ampleur des défis auxquels font face le Canada et le monde entier au chapitre de l'environnement et du développement. Notre société adopte des principes rigoureux pour réduire et éliminer les dommages environnementaux et améliorer la qualité de vie.

La biotechnologie contribue largement à chacun de ces sept résultats imaginés en 2020—elle constitue un moyen pour atteindre d'importants objectifs de développement durable, soit la qualité environnementale, les nouvelles possibilités économiques et une meilleure qualité de vie pour les Canadiens et les autres habitants du monde. Mais ces nouvelles applications de la biotechnologie sont assez différentes des innovations comme les premières introductions de cultures transgéniques dans les années 1990. Ces nouvelles applications sont beaucoup plus intégrées aux activités et aux décisions industrielles et communautaires générales. La plupart sont des initiatives à plusieurs étapes, où la biotechnologie et d'autres innovations sont introduites à divers stades. Certains stades impliquent des organismes issus du génie génétique et d'autres, non. De nombreuses applications, telles que les enzymes industrielles, s'appliquent dans des environnements fermés ou, comme c'est le cas des vaccins issus du génie génétique, sont peu susceptibles d'influencer l'environnement naturel.

Imaginons maintenant l'an 2020 ... Quatre grandes tendances

Les quatre tendances suivantes ont favorisé la transition liée à la biotechnologie et au développement durable :

- *La production d'éthanol cellulosique menant à la création de bioraffineries;*
- *L'approche rigoureuse du Canada envers l'efficacité et les contaminants chimiques persistants;*
- *Les initiatives dirigées par les collectivités et l'industrie pour trouver des usages à valeur ajoutée des déchets et des sites contaminés;*
- *L'intégration accrue des applications scientifiques et technologiques à la résolution de problèmes liés au développement international.*

Nous croyons que *Imaginons maintenant ... l'an 2020 ...* est réalisable. En fait, grâce aux investissements du Canada en R-D scientifique dans les universités et les centres de recherche canadiens tels que le Conseil national de recherches Canada (CNRC) et le Centre de recherches

⁴⁶ Huit objectifs convenus par tous les pays et les instituts de développement international pour répondre, d'ici 2015, aux besoins clés de la population la plus pauvre du monde : www.un.org/french/millenniumgoals/index.shtml

pour le développement international (CRDI) et par le biais des centres d'innovation provinciaux et du secteur privé, nous avons des points de départ pour chacun des résultats mentionnés. Chaque événement imaginé repose sur des initiatives qui existent déjà. Mais, il ne faut pas se tromper : l'atteinte de ces résultats nécessitera l'effort concerté de la part de plusieurs secteurs, l'acceptation du public et l'utilisation stratégique des énergies politiques. L'effort devrait en valoir la peine.

CHAPITRE 3. Des écosystèmes et des collectivités en bonne santé

La plupart des Canadiens reconnaissent que les personnes et leurs collectivités font partie intégrante des écosystèmes tant au niveau local que mondial et que leurs activités influencent donc le fonctionnement des écosystèmes. Depuis la publication de l'ouvrage *Silent Spring* par l'auteure Rachel Carson au début des années 1960, les liens complexes entre la santé humaine et la santé des écosystèmes ont été reconnus—on se préoccupe de plus en plus des produits chimiques toxiques et, désormais, on s'inquiète de plus en plus de l'empreinte écologique⁴⁷ de nos collectivités. Mais la relation est, bien sûr, beaucoup plus vaste : par exemple, les impacts des bassins versants mal gérés sur les collectivités situées en aval, la perte de la biodiversité à cause de pratiques agricoles intensives et les émissions de carbone qui émanent des incendies dans les forêts boréales au Canada.

Les enjeux deviennent de plus en plus clairs, à la lumière des nombreuses études. À titre d'exemples, mentionnons la recherche détaillée sur les écosystèmes dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent et leurs terres avoisinantes, sur une période d'un demi-siècle; les études sur l'accumulation des polluants organiques et des métaux lourds dans l'écosystème et dans le corps des habitants des écosystèmes arctiques; la situation économique des collectivités touchées par le changement écologique tel que les dommages créés par le coléoptère de l'écorce de pin; et les effets du smog dans certaines grandes villes telles que Toronto⁴⁸. Les problèmes surviennent également à une échelle plus petite—la qualité de l'eau potable dans les petites villes et les collectivités autochtones isolées, le nettoyage des sites contaminés autour des mines et des sites industriels tels que Britannia Beach en Colombie-Britannique et les étangs de goudron de Sydney en Nouvelle-Écosse.

Comme on l'a mentionné au chapitre 2, les types de problèmes indiqués ci-dessus et d'autres peuvent présenter des possibilités pour les applications de la biotechnologie. Mais le Canada est-il bien placé pour saisir les avantages potentiels de la biotechnologie en vue d'obtenir des écosystèmes et des collectivités propres et en bonne santé? Et de quelles connaissances fondamentales a-t-on besoin pour que les citoyens et les responsables de la réglementation adoptent, avec aise, de telles technologies innovatrices? Nous croyons qu'il est nécessaire d'examiner ces questions, d'abord et avant tout, à une échelle pertinente aux environnements naturels des collectivités, mais aussi relativement aux effets plus éloignés comme ceux liés au changement climatique.

Un écosystème⁴⁹ est une unité naturelle de base dans laquelle les organismes vivants et leur environnement physique cohabitent dans une relation dynamique. Il s'agit d'un système de transformation énergétique dont les composants évoluent ensemble. La santé, ou l'intégrité

⁴⁷ J. Wilson et M. Anielski, *Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions*, préparé pour la Fédération canadienne des municipalités (2005) : www.anielski.com.

⁴⁸ www.ec.gc.ca/ecosyst/backgrounder.html; www.eman-rese.ca/eman/reports/assessments; www.davidsuzuki.org; www.cec.org/soe; www.whc.org/climate_change.htm.

⁴⁹ Le terme écosystème est utilisé au sens accepté par les grandes sociétés scientifiques britanniques et américaines et repose sur les travaux préliminaires d'experts tels que Arthur Tansley, G.E. Hutchinson et Eugene Odum dans les années 1930 à 1950.

fonctionnelle, d'un écosystème est déterminée par une comparaison de l'écosystème à des critères comme les suivants⁵⁰ :

- L'intégrité et la flexibilité de l'écosystème;
- La productivité de l'écosystème;
- La structure écologique et la biodiversité;
- La gamme de produits et de services écologiques utiles sur le plan économique;
- Les caractéristiques et les valeurs « spéciales » (p. ex., les valeurs spirituelles, les couloirs écologiques dans la nature pour permettre les migrations, la présence de créatures spécifiques, les plantes).

En 2005, le milieu scientifique mondial a publié l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire⁵¹, une évaluation à grande échelle des écosystèmes terrestres, en fonction de critères similaires à ceux susmentionnés. L'évaluation exprime la préoccupation que les collectivités et les personnes partout au monde risquent de perdre d'importants services écologiques que nous prenons pour acquis, tels que la protection contre l'inondation, la qualité de l'air naturel, la conservation de la fertilité des sols et la purification de l'eau. Il y a de bonnes raisons d'avoir ces craintes qui sont attribuables, en grande partie, au manque d'intendance efficace des ressources naturelles et des écosystèmes. Les substances toxiques qui se dégagent des anciens sites industriels (friches industrielles) et les pesticides de diverses sortes sont de plus en plus associés à des maladies humaines ainsi qu'à la pollution de l'air et de l'eau. Les polluants organiques persistants (POP) et les métaux lourds déchargés par l'industrie apparaissent dans les écosystèmes éloignés du Nord où ils nuisent à la biodiversité et à la santé humaine. La leçon qu'on peut tirer de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, c'est que sans une attention adéquate aux effets cumulatifs et à long terme basée sous forme d'une surveillance minutieuse et continue, nous continuerons d'assister à une perte des fonctions de base des écosystèmes dont nous dépendons.

Il y a aussi des raisons sociologiques pour s'inquiéter de la santé communautaire. Les villes qui sont aux prises avec la fermeture des industries primaires comme les usines de pâtes et papiers, les fermiers qui connaissent des crises d'une année à l'autre et les collectivités côtières qui doivent lutter pour survivre à la perte des pêches productives—tous misent leur espoir sur la découverte de nouvelles possibilités économiques. En l'absence de telles possibilités, la santé des individus et leur collectivité décline. Il n'est donc pas surprenant que les gouvernements dans le monde entier se ruent vers les possibilités du biocarburant, aussi bien pour le besoin de soutien rural que pour d'autres retombées. En somme, les gens, l'industrie et les collectivités doivent formuler de meilleures façons d'obtenir des produits et services importants sur le plan économique, sans compromettre l'intégrité et la fonctionnalité des écosystèmes.

Dans ce chapitre, nous allons examiner comment la biotechnologie peut promouvoir, ou diminuer, la stabilité de la relation entre les collectivités humaines et les écosystèmes naturels. Nous dégagerons certaines lacunes essentielles dans la connaissance des impacts de la biotechnologie sur les écosystèmes, en plus d'aborder le manque de processus adéquat pour bâtir cette connaissance. Le chapitre servira également d'introduction aux trois prochains chapitres, qui discuteront en détail des retombées rurales, de l'évaluation de la BDDE et du dialogue délibéré.

⁵⁰ D. Rapport et al., *Ecosystem Health* (Malden, M.A. : Blackwell Science Inc., 1998) : www.ec.gc.ca/ecosyst/docinfo.html; D. Waltner-Toews, *Ecosystem Health and Sustainability*. (Cambridge University Press, 2004).

⁵¹ www.millenniumassessment.org/en/index.aspx

Notre point de mire sur les écosystèmes et les collectivités en santé repose sur un thème unificateur : la reconnaissance que, pour pouvoir profiter pleinement de la biotechnologie (ou de tout autre type d'innovation important), les collectivités et leurs résidents doivent accéder à l'information d'ordre écologique et autre qui touche leur avenir collectif et être en mesure de poser une action à cet égard.

Le lien entre les collectivités saines et la biotechnologie

Comme le mentionne la Fédération canadienne des municipalités (FCM), une collectivité durable est une « *collectivité intelligente*. Elle obtient la santé économique, environnementale et sociale de la façon suivante : elle utilise au mieux ses ressources, elle génère le moins possible de déchets, elle fournit la meilleure qualité possible de service à ses résidents et elle vit selon la capacité de charge de ses ressources naturelles (sol, eau et air) ». Autrement dit, elle fonctionne en harmonie avec son écosystème.

Une des principales façons dont les collectivités peuvent en profiter, c'est par l'établissement de grappes d'expertise et d'investissement dans les technologies propres à des secteurs particuliers, par exemple dans les secteurs de la santé ou de l'agroalimentaire, soit les deux grappes les plus communément développées au Canada et aux États-Unis⁵². Certes, dans quelques villes canadiennes de grande et moyenne taille, de telles grappes de biotechnologie sont devenues importantes. Il se peut que certaines grappes évoluent à une petite échelle, par exemple, dans les Maritimes pour les bioproduits marins ou dans les Prairies pour les biocarburants et les autres déchets. Toutefois, l'avenir est moins clair pour la biotechnologie environnementale et le développement d'enzymes industrielles spécialisées. Le dilemme est d'autant plus difficile pour les petits centres, y compris

Encadré 3-1. La Fédération canadienne des municipalités (FCM) à propos de la technologie DD

Consciente de la valeur que représente la recherche de nouvelles solutions technologiques au développement durable, la FCM poursuit activement leurs applications de plusieurs manières.

Grappes de technologies issues de la biologie pour le développement durable – Dans ses énoncés de politiques de 2005, la FCM a indiqué que, de pair avec les grappes des technologies de l'information et de la « télésanté », la « revitalisation et le développement des collectivités rurales et du Nord seraient nettement améliorés si l'on place l'accent sur les grappes de technologies issues de la biologie. » Ces grappes pourraient utiliser des « bioressources renouvelables » et des « bioprocessus écoefficaces » afin de produire des bioproduits durables et respectueux de l'environnement, tout en créant de l'emploi dans les collectivités rurales et urbaines. « Les progrès dans le développement et le marketing des produits dérivés des ressources naturelles amélioreront les économies des collectivités rurales et du Nord et aboutiront à de nouveaux réseaux, produits et processus. »

Restauration et amélioration de la qualité environnementale des collectivités – Par le biais de son Centre pour le développement des collectivités viables, la FCM offre également des services financiers et des ressources pour aider les municipalités à améliorer leur rendement environnemental et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. En 2000, le gouvernement du Canada a accordé à la FCM un montant de 125 millions de dollars pour lancer les Fonds municipaux verts. Établis pour stimuler l'investissement dans les projets municipaux destinés à améliorer la qualité de l'air, de l'eau et des sols et à réduire les émissions, le montant des fonds a été doublé à 250 millions de dollars en 2001, puis augmenté de nouveau en 2005 de 300 millions de dollars. La moitié de cette somme est réservée à la restauration des friches industrielles.

Source : www.fcm.ca

⁵² Gouvernement du Canada, *La biotechnologie au Canada. Un aperçu par région* (Industrie Canada, Direction générale des sciences de la vie, mars 2004) : diapositives PowerPoint; J. Nioisi, « The Competencies of Regions. Canada's Clusters in Biotechnology » dans G. Fuchs (éd.), *Biotechnology in Comparative Perspective* (London : Routledge, 2003).

ceux dans les régions éloignées, qui représentent généralement les petites collectivités tributaires des ressources.

Une façon dont les petites collectivités rurales pourraient profiter de la biotechnologie, serait d'adopter des processus que l'on peut adapter à une exploitation à petite échelle. Ainsi, il devrait être possible de bâtir des raffineries de biodiesel et de bioéthanol à une échelle propice au marché régional, ce qui offrirait un débouché local pour les matières brutes, réduirait les coûts de transport impliqués dans la distribution du produit et diminuerait la grande dépendance au carburant fossile qui caractérise la moléculature. Dans le même ordre d'idées, il devrait être possible d'installer des digesteurs de fumier dans la plupart des exploitations à moyenne ou à grande échelle afin de produire du méthane pour le chauffage et de réduire les problèmes d'élimination de déchet. Une initiative intéressante est le Réseau d'affaires des bioproducts, un réseau éco-industriel établi dans la vallée d'Ottawa qui se concentre, en partie, sur la synergie des sous-produits—permettant ainsi une utilisation optimale des déchets et de l'énergie⁵³.

La FCM suggère qu'un moyen approprié de catalyser l'action et la valeur des biotechnologies axées sur l'environnement serait l'établissement de grappes de bio-industries (voir l'encadré 3-1). On trouve de telles grappes à Saskatoon (l'agroalimentaire et éventuellement des biocarburants), à Halifax (l'industrie maritime) et peut-être en Alberta (les bioraffineries à l'avenir). La FCM suggère une approche qui fournirait des retombées aux régions rurales et aux collectivités du Nord. La FCM a également joué un rôle considérable dans la négociation d'un financement destiné à l'application des technologies vertes dans l'infrastructure municipale. Il s'agit d'un domaine propice à des applications biotechnologiques futures, même si une grande partie de l'argent actuellement dépensé implique des approches assez conventionnelles.

Toutefois, il est encore très tôt pour tirer des conclusions. Examinons la liste des perspectives déjà identifiées dans le chapitre 2, résumées à l'encadré 3-2. Celles-ci ne font actuellement

Encadré 3-2. Certaines perspectives concernant les applications de la biotechnologie pour la santé des collectivités et des écosystèmes

- Moyens de subsistance durables dans les collectivités durables grâce à un traitement des ressources agricoles et naturelles au niveau local, y compris les biocarburants et des produits biochimiques (p. ex., expansion de la production du bioéthanol à partir du grain industriel à Minnedosa, au Manitoba);
- Amélioration de la salubrité agricole par la réduction des biocides et des fertilisants (production du canola sur les territoires sans travail du sol dans les Prairies);
- Synergies des sous-produits pour l'écologie industrielle (p. ex., coopération entre les industries locales dans la vallée d'Ottawa);
- Production énergétique de pointe, y compris biogaz et électricité hors réseau;
- Traitement à valeur ajoutée des déchets municipaux et des déchets de l'industrie alimentaire;
- Réduction de la pollution de l'air grâce à des sources bioénergétiques, y compris le biodiesel et le carburant composé d'essence et d'éthanol;
- Eau potable plus sûre et épuration plus rentable des eaux usées;
- Réduction des risques de pandémies pour la santé publique des humains et des bétails au moyen de nouveaux vaccins (p. ex., vaccin génétiquement modifié contre la grippe aviaire pour protéger les poules et vaccins éventuellement plus efficaces pour protéger les êtres humains);
- Restauration environnementale et restauration des sites de mines pollués, courants d'eau pollués, etc.

Source : www.fcm.ca

⁵³ www.ontariobioproducts.com/regional-networks/eastern.aspx

qu'une contribution minimale à l'économie globale du Canada et leur contribution à la santé des écosystèmes et à des collectivités durables et saines est encore très limitée.

En conclusion, mentionnons que les collectivités canadiennes—rurales et urbaines, petites et grandes—ont une part très légitime dans l'avenir de la BDDE. Leurs intérêts sont éclairés par les avantages perçus—principalement la santé des gens et la qualité de vie de la collectivité, les possibilités économiques continues et nouvelles et la santé des écosystèmes et de l'environnement. Le dénombrement local des stocks mesurera également les avantages de la biotechnologie selon la perspective des choix du consommateur, de l'accès et du partage des avantages. La plupart des centres présentent déjà des grappes « issues de la biologie », axées en grande partie sur la médecine et la R-D alimentaire. Le défi consiste à investir judicieusement dans les applications et les grappes éventuelles en matière de sciences et de développement qui sont axées sur les besoins ruraux. Nous examinerons ce défi plus en détail au chapitre 4.

Les connaissances nécessaires pour des écosystèmes en santé

Bien qu'il existe un besoin indéniable d'efforts supplémentaires pour atteindre le développement durable, il importe également de comprendre la gamme complète des effets et d'agir de façon à atténuer ou à éliminer les effets indésirables. Afin de comprendre l'ampleur à laquelle la biotechnologie contribue à un environnement plus sain, il faut mettre en place des systèmes de surveillance adéquats pour en mesurer les impacts. Il s'agit d'un élément particulièrement important car même les interventions bien intentionnées dans les systèmes naturels peuvent entraîner des conséquences imprévues—par exemple, l'élimination des espèces indigènes par des espèces étrangères envahissantes ou les effets cumulatifs des produits chimiques synthétiques comme les modulateurs endocriniens. La biotechnologie relie les interventions au niveau moléculaire et génétique dans les processus de vie à des résultats à l'échelle des écosystèmes et ce, à un niveau d'intervention humaine sans précédent. Par conséquent, si nous voulons obtenir des écosystèmes *plus sains* grâce aux innovations biotechnologiques, nous devons acquérir une meilleure compréhension des dynamiques des écosystèmes et de la façon dont ces systèmes naturels sont influencés par l'utilisation de la biotechnologie. Il s'agit d'une tâche difficile qui, jusqu'à présent, n'a pas été entièrement mise en œuvre. Une telle information sera cruciale à l'élaboration de stratégies réglementaires réceptives et intelligentes.

Grâce à des renseignements publics fiables sur les impacts des innovations biotechnologiques sur l'environnement, la société pourra adopter une approche systématique de gestion adaptative pour ces nouvelles technologies. La disponibilité d'évaluations d'impacts fiables réduira le besoin d'appliquer le principe de précaution. Ainsi, le milieu de la réglementation présentera moins de contraintes et le marché sera plus ouvert aux produits innovateurs.

Évaluer les impacts des innovations biotechnologiques sur les écosystèmes

La biotechnologie n'est pas une technologie isolée; elle est habituellement déployée dans le cadre d'une innovation technologique plus large pour une activité nouvelle ou continue. Par exemple, le canola tolérant les herbicides (une innovation biotechnologique) est cultivé dans un système agricole qui, comparativement au canola conventionnel, réduit le nombre d'applications d'herbicides, modifie la nature de l'herbicide appliquée et peut impliquer l'utilisation de différentes pratiques agronomiques (sans travail du sol). Dans le même ordre d'idées, les

innovations dans les pratiques industrielles, telles que les enzymes industrielles qui remplacent les catalyseurs inorganiques et les processus de fermentation qui transforment le maïs en éthanol, devraient fournir des avantages aux écosystèmes en réduisant la demande de métaux lourds et les dommages associés aux produits pétroliers, respectivement. Ce sont de telles *pratiques connexes*, peu importe si elles sont facilitées par la biotechnologie ou non, qui exerceront probablement les plus grands impacts environnementaux.

Nos prescriptions pour générer de meilleures connaissances sur les impacts de la biotechnologie sur les écosystèmes doivent donc être prises en considération dans le contexte de leur lien à la gamme complète des effets associés aux industries des ressources naturelles et autres, sans oublier les impacts cumulatifs. La compréhension des effets sur les écosystèmes doit être fondée sur une compréhension de l'importance de l'échelle des écosystèmes (mondiale, régionale, locale, « micro-système », écotones) et des liaisons écologiques qui existent dans les écosystèmes et entre ceux-ci, surtout dans un pays avec un territoire et une activité extractive aussi vastes que le Canada. Cela pose un défi car les données sont parfois dispendieuses et difficiles à obtenir sous forme d'intrant cohérent; les modèles analytiques appropriés sont toujours en cours d'élaboration. Il s'agit d'une approche nécessaire pour pouvoir gérer de façon adaptative les écosystèmes sur de vastes territoires ou dans de grandes régions. Les programmes de recherche et de surveillance qui documenteraient la santé des écosystèmes devraient être mentionnés dans un système national qui surveille les effets des activités humaines sur les services essentiels dispensés par les écosystèmes.

Certains types d'écosystèmes et d'écotones exigeront une attention spéciale sur le plan des efforts de surveillance et d'évaluation. Les innovations en biotechnologie agricole sont souvent appliquées aux écosystèmes qui ont déjà subi beaucoup de modifications. Dans pareils cas, une attention spéciale doit être accordée aux zones adjacentes ou aux écotones. C'est ici que les espèces indigènes sont les plus susceptibles d'être exposées à des pratiques de gestion modifiées et à des organismes modifiés ou à de nouveaux gènes. Les autres zones primordiales sont les écosystèmes aquatiques des côtes ou des eaux douces, les plantations forestières, les terrains marécageux écologiques construits et les écosystèmes impliquant la biorestauration. Les écosystèmes forestiers naturels sont, eux aussi, particulièrement vulnérables à cause de la longévité de nombreuses espèces dominantes. Les champignons, les microbes et les invertébrés qui favorisent la décomposition, le cycle nutritif et la pollinisation doivent également être surveillés pour assurer que les processus des écosystèmes sont conservés.

La disponibilité de données de repère exhaustives est un point de départ essentiel pour un système de surveillance efficace afin de déterminer les effets de tout produit ou activité. L'encadré 3-3 présente certaines sources de données potentielles, alors que l'encadré 3-4 énonce un cadre pour traiter les effets.

Encadré 3-3. Approches pour la collecte de données générales de surveillance et de repère

La collecte de données de repère et de surveillance sur des dossiers essentiels tels que la biodiversité, la distribution spatiale de la végétation et la qualité des sols peut s'avérer onéreuse et scientifiquement exigeante. L'information relative à ces sujets pour les écosystèmes au Canada est souvent incomplète, avec des grandes lacunes de données; de plus, les données vieillissantes ne peuvent plus fournir une évaluation adéquate de la situation actuelle des écosystèmes. Quatre sources potentielles de données générales de surveillance et de repère sont décrites ci-dessous.

Les collections de musées et d'herbiers peuvent fournir de l'information sur la distribution des espèces au fil du temps et à travers l'espace.

Les programmes de surveillance de la biodiversité spécifiques au taxon, comme le Relevé des oiseaux nicheurs et l'Opération floraison, utilisent des observateurs bénévoles qui font le suivi de la situation des groupes taxonomiques particuliers au fil du temps.

Les programmes de surveillance de la biodiversité à large échelle, comme NatureServe (anciennement l'Association for Biodiversity Information), un réseau à l'échelle du continent qui comprend NatureServe Canada, vise à fournir une mesure générale de l'état de l'environnement au fil du temps. L'Alberta Biodiversity Monitoring Program, qui vise la province entière, est un autre projet de ce type au Canada.

Les réseaux d'observateurs formés sont composés de personnel (p. ex., travailleurs de sensibilisation agricole, agents de pêches) ayant une expérience dans un écosystème particulier et un œil averti pour noter les changements qui pourraient survenir après une diffusion. Les groupes consultatifs d'experts ont endossé ce concept qu'ils considèrent pertinent à la surveillance des innovations biotechnologiques à cause de son potentiel d'approche rentable pour la collecte de données sur les écosystèmes (ESA, 2005; CNRC 2002).

Source : Agence canadienne d'inspection des aliments. (2006). Document de discussion préparé pour l'Atelier conjoint du Comité sur les données de repère et du Comité des impacts sur l'écosystème de l'Initiative des effets des nouveaux organismes vivants sur les écosystèmes (ENOVE). 2 et 3 mars 2006. Ottawa

Encadré 3-4. Surveillance des impacts sur les écosystèmes : Cadre et approches

On peut distinguer trois objectifs pour la surveillance post-commercialisation (SPC) : les effets anticipés, les effets interactifs ou cumulatifs qui sont difficiles à prévoir et les effets totalement imprévus (ACRE, 2004).

- *Les effets anticipés* et certains effets difficiles à prévoir peuvent être réglés au moyen d'une *surveillance adaptée au cas* (SAC). La SAC est une recherche fondée sur des hypothèses pour déterminer si un effet environnemental possible, identifié durant une évaluation des risques avant la diffusion, survient réellement après la diffusion commerciale du nouvel organisme vivant (NOV). Un exemple d'un effet anticipé est le développement d'une résistance des insectes à une toxine *Bacillus thuringiensis* (Bt) produite dans les végétaux à caractère nouveau (VCN).
- *Les effets cumulatifs* qui sont difficiles à prévoir peuvent résulter de la diffusion d'un NOV sur des échelles spatiales et des laps de temps beaucoup plus grands que ceux utilisés dans les essais au champ en conditions confinées. *Les effets interactifs* qui sont difficiles à prévoir peuvent résulter, par exemple, de l'interaction d'un NOV avec d'autres NOV qui sont diffusés ultérieurement.
- *Les effets imprévus* et certains effets difficiles à prévoir ne peuvent être réglés par la recherche fondée sur les hypothèses de la SAC. Les effets cumulatifs et imprévus doivent être traités au moyen de la *surveillance générale des écosystèmes* après la diffusion d'un NOV. Si un changement est détecté dans un écosystème, la recherche subséquente fondée sur les hypothèses peut alors établir une relation causale entre le changement et le NOV.

Source : Agence canadienne d'inspection des aliments. (2006). Document de discussion préparé pour l'Atelier conjoint du Comité sur les données de repère et du Comité des impacts sur l'écosystème de l'Initiative des effets des nouveaux organismes vivants sur l'écosystème (ENOVE). 2 et 3 mars 2006. Ottawa

Sans aucun doute, il y aura des possibilités de liaison avec d'autres programmes de surveillance qui existent déjà ou qui verront le jour en fonction des besoins futurs, tels que les maladies émergentes, les espèces envahissantes et les études de conservation. À mesure que les tests moléculaires pour les espèces et les sous-espèces seront de moins en moins chers, ils seront davantage utilisés et on pourra tirer parti de l'information provenant de ces programmes disparates conjointement à d'autres programmes plus vastes de surveillance des écosystèmes.

La création de nouvelles connaissances : Le cas des « nouveaux organismes vivants »

Bon nombre des innovations biotechnologiques proposées ont (ou devraient avoir) des impacts sur les écosystèmes. L'utilisation d'enzymes dans la production des pâtes et papiers, l'utilisation des déchets biologiques en tant que charges d'alimentation dans les bioraffineries et les sondes ADN pour déterminer la qualité de l'eau sont des exemples de certaines des innovations examinées dont les impacts positifs sur les écosystèmes motivent, en grande partie, leur mise au point. Mais aucune innovation biotechnologique n'a saisi l'imagination du public autant que les organismes dont le matériel génétique a été modifié au moyen d'outils de la biotechnologie moderne, communément connus sous l'appellation d'« organismes génétiquement modifiés » ou OGM. Au Canada, ils sont désignés comme organismes « nouveaux » car notre système de réglementation reconnaît les nouveaux organismes, peu importe leur mode de dérivation. Cette section porte sur le cas des « nouveaux organismes vivants » (NOV) pour illustrer la façon dont

une innovation biotechnologique devrait, selon nous, être évaluée par rapport à ses effets écologiques.

Où en sommes-nous avec l'évaluation des NOV? Le gouvernement fédéral dispose d'un système de réglementation axé sur la science afin de traiter les risques scientifiques potentiels attribuables à la dissémination de nouveaux organismes dans l'environnement (tels que les VCN, les « végétaux à caractère nouveau », dans l'encadré 3-5). Ce système a approuvé la dissémination non confinée d'un certain nombre d'organismes, surtout des cultures⁵⁴. Même si les responsables de la réglementation effectuent une analyse détaillée de l'organisme, de son caractère et des effets prévus sur les écosystèmes avant sa dissémination non confinée, il n'existe guère de recherches de suivi ou d'activités de surveillance des écosystèmes menées par le gouvernement.

La surveillance efficace des impacts sur les écosystèmes, surtout des impacts cumulatifs, est essentielle pour les raisons suivantes :

- On développe des traits nouveaux de plus en plus complexes, comme la résistance à de multiples parasites, et de plus en plus pertinents aux écosystèmes naturels, comme la tolérance à la sécheresse ou au gel;
- Les nouveaux organismes sont cultivés en vue d'une utilisation dans une gamme croissante d'usages et dans une gamme croissante d'industries;
- L'échelle de la dissémination des OGM et d'autres organismes à caractère nouveau dans l'environnement augmente rapidement, surtout dans les pays en développement.

De nombreux organismes consultatifs scientifiques, tant à l'échelle nationale qu'internationale, ont identifié cette faille dans la surveillance à long terme (voir l'encadré 3-6). Nos partenaires commerciaux internationaux investissent dans la recherche concernant les effets sur les écosystèmes : les États-Unis comptent un programme de recherche de plusieurs millions de dollars par an, l'Union européenne en a un aussi; même la Chine est en train d'investir dans la recherche relative aux effets sur les écosystèmes. De nombreux sondages d'opinion publique ont invariablement démontré que les Canadiens s'attendent à ce que le gouvernement mène une recherche sur les effets sur les écosystèmes; en fait, leur soutien à l'innovation continue en dépend.

Encadré 3-5. Critères d'évaluation canadiens pour les végétaux à caractère nouveau (VCN)

La sécurité environnementale des végétaux à caractère nouveau est évaluée selon les cinq critères suivants :

- La possibilité que le VCN se comporte comme une mauvaise herbe en agriculture ou qu'il n'envahisse les habitats naturels;
- Le flux génétique possible vers des espèces sauvages apparentées, avec risque de production de descendants hybrides susceptibles de devenir des mauvaises herbes plus difficiles à combattre ou d'être plus envahissants;
- La possibilité que le VCN devienne lui-même nuisible;
- L'impact possible du VCN ou de ses produits géniques sur des espèces non visées, y compris les humains;
- L'impact possible sur la biodiversité.

Source : www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/bio/dir/dir9408f.shtml#ch6

⁵⁴ Les responsabilités pertinentes à la BDDE sont réparties entre quatre organismes fédéraux : Environnement Canada, le ministère des Pêches et Océans, Santé Canada et l'Agence canadienne de l'inspection des aliments.

Qu'avons-nous appris?

La recherche actuellement en cours révèle certaines constatations fort intéressantes. Certaines des prévisions pessimistes d'effets environnementaux négatifs possibles associés aux OGM se sont estompées :

- La toxine exprimée par les cultures *Bt* tue effectivement les insectes ciblés sur le terrain, mais porte une atteinte minime aux espèces qui ne sont pas visées⁵⁵.
- L'ADN digéré par les humains et les animaux durant les études de substances administrées est digéré dans l'intestin; ainsi, les transgènes dans les produits alimentaires dérivés de plantes génétiquement modifiées ne posent pas de risque aux sujets ou aux écosystèmes⁵⁶.
- Le pollen issu du maïs *Bt* ne nuit pas aux monarches sur le terrain, comme l'avaient cru les études de substances administrées en laboratoire⁵⁷.
- Les développeurs de l'hypothèse du « gène de Troie », qui prévoyaient que la dissémination du saumon génétiquement modifié pourrait entraîner l'extinction du saumon indigène, ont abandonné l'hypothèse et ont révisé leurs prévisions⁵⁸.

Certains des travaux les plus importants sur les cultures transgéniques dans les écosystèmes se sont penchés au-delà des effets prévisibles. Une étude à grande échelle au Royaume-Uni a révélé qu'une des conséquences de la réduction des populations de mauvaises herbes, due à la plantation de cultures génétiquement modifiées tolérant les herbicides, était la diminution de graines de mauvaises herbes disponibles pour la faune. Ce phénomène risque d'être très défavorable aux oiseaux qui dépendent de ces graines pour survivre⁵⁹. Dans une étude canadienne similaire, on a découvert que le canola tolérant les herbicides appuyait trois fois moins les populations d'abeilles que le canola cultivé dans des régimes agricoles biologiques ou conventionnels. Cela était attribuable à une pénurie d'aliments,

Encadré 3-6. Conseils scientifiques reçus — déterminer les effets sur les écosystèmes!

De nombreux organismes scientifiques nationaux et internationaux ont préconisé la recherche à long terme des effets environnementaux des nouveaux organismes vivants. À l'échelle nationale, des organismes consultatifs tels que le Groupe d'experts sur l'avenir de la biotechnologie alimentaire de la Société royale du Canada (2001) et le Comité consultatif canadien de la biotechnologie dans son rapport sur les aliments génétiquement modifiés (2002) ont encouragé l'évaluation des risques environnementaux précommercialisation, la surveillance des effets à long terme, la transparence et l'adoption d'une initiative de recherche multidisciplinaire.

À l'échelle internationale, les organismes techniques d'experts de l'OCDE (1999, 2001, 2001), l'Union européenne (2002), les organismes consultatifs du Royaume-Uni (1999), le National Research Council des États-Unis (2002) et l'Ecological Society of America (2004) ont tous soutenu la nécessité des recherches sur les effets environnementaux des nouveaux organismes vivants. Plus précisément, ces organismes ont conseillé à maintes reprises des activités de surveillance et de gestion à base scientifique, ainsi que des recherches sur le terrain à grande échelle.

Source : Voir Annexe 1, à la fin de ce chapitre.

⁵⁵ J. Romeis et al., « Transgenic Crops Expressing *Bacillus Thuringiensis* Toxins and Biological Control », *Nature Biotechnology* 24 (1) (2006), pp. 63-71.

⁵⁶ T. Netherwood et al., « Assessing the Survival of Transgenic Plant DNA in the Human Gastrointestinal Tract », *Nature Biotechnology* 22 (2006), pp. 204-209.

⁵⁷ M.K. Sears et al., « Impact of *Bt* Corn Pollen on Monarch Butterfly Populations: A Risk Assessment », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98 (2001), pp. 11937-11942.

⁵⁸ W. Muir, « The Threats and Benefits of GM Fish », *EMBO Reports* 5 (7), pp. 654-659.

⁵⁹ L.G., Firbank et al., « An Introduction to the Farm Scale Evaluations of Genetically Modified Herbicide-tolerant Crops », *Journal of Applied Ecology* 40 (2003), pp. 2-16.

normalement fournis par les mauvaises herbes qui poussent avant ou après le canola⁶⁰. Les études de ce genre ont amené à une conclusion imprévue : les « mauvaises herbes » peuvent avoir des effets bénéfiques dans les agroécosystèmes car elles soutiennent les pollinisateurs et la faune.

La recherche nous a avertis de certains nouveaux problèmes potentiels. Une croissance des infections des semis de céréales dans les Prairies canadiennes par les champignons pathogéniques du genre *Fusarium* a amené certains chercheurs à suggérer que les systèmes agricoles tolérant les herbicides pourraient en être responsables. Les raisons de ce phénomène ne sont pas encore claires, mais il y a deux hypothèses : le glyphosate des herbicides pourrait favoriser la croissance du *Fusarium* ou les niveaux accrus de matière organique de l'agriculture sans travail pourraient aider ces champignons à hiverner dans le sol⁶¹. Par contre, un bénéfice imprévu du maïs *Bt* est que les grains de maïs ont des niveaux inférieurs de toxines fongiques carcinogéniques (les mycotoxines). Les champignons infectent normalement les grains de maïs qui ont été endommagés par les parasites; comme le maïs *Bt* est moins endommagé par les parasites, il y a une fréquence inférieure d'infection⁶². Les mycotoxines constituent un danger particulièrement important à la santé dans les pays en développement.

De telles surprises, certaines accompagnées d'importantes conséquences pour la santé des cultures et des êtres humains, constituent le meilleur argument pour élaborer un programme de recherche rigoureux. Dans le premier exemple, il se peut que les pratiques agricoles facilitées par le canola tolérant les herbicides favorisent, sans qu'on s'y attende, la croissance d'un important pathogène, alors qu'une biotechnologie différente réduise l'incidence de la croissance d'un autre pathogène. Aucun de ces résultats n'était prévu au moment d'élaborer et de mettre à l'essai la technologie. Les deux résultats surprenants dépendaient de l'application de la technologie à grande échelle avant que le signal ne soit assez fort pour justifier une investigation plus poussée. Ces résultats nous rappellent l'importance vitale du suivi des disséminations environnementales au moyen d'un programme de surveillance.

Incertitude : Ce qu'il nous reste à savoir

La quantité de travaux décrits ci-dessus, bien qu'elle soit vaste, laisse de nombreuses questions importantes sans réponse. Nous présentons ci-dessous deux exemples pour illustrer à quel point les besoins de connaissances sont élémentaires.

Un argument clé dans le développement d'une capacité importante de biocarburant est l'« avantage naturel » du Canada : le surplus de la biomasse de « déchets » et la production éventuelle de la biomasse sur les terres sous-utilisées. La biomasse est générée par des plantes vertes qui captent seulement 1 % des rayons solaires, dont une grande partie est rapidement recyclée par les décomposeurs, les invertébrés, les champignons et les bactéries, qui disséminent les nutriments et conditionnent le sol. La biomasse n'est donc pas une ressource illimitée.

⁶⁰ L. Morandin et M. Winston, « Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic and GM Canola », *Ecol. Applns* 15 (3) (2005), pp. 871-881.

⁶¹ M.R. Fernandez et al., « Crop Production Factors Associated with Fusarium Head Blight in Spring Wheat in Eastern Saskatchewan », *Crop Science* 45 (2005), pp. 1908-16.

⁶² P.F. Dowd, « Biotic and Abiotic Factors Limiting Efficacy of *Bt* Corn in Indirectly Reducing Mycotoxin Levels in Commercial Fields », *Journal of Economic Entomology* 94 (5) (2003), pp. 1067-1074.

Lorsqu'on enlève les produits agricoles ou forestiers typiques, une partie de cette biomasse est perdue dans l'écosystème. En agriculture, les nutriments sont généralement remplacés par des fertilisants qui nécessitent un intrant substantiel de carburants fossiles. Mais, si on retire également la paille, quel est l'effet à long terme de la capacité de rétention d'eau des sols légers ou de la facilité de travail des sols lourds? Les produits forestiers sous forme de caoutchouc, s'ils sont cultivés en temps opportun durant la saison, grugent moins de nutriments du système. Toutefois, les débris ligneux grossiers jouent un rôle important dans le maintien de la santé des forêts. Ils sont décomposés par les champignons en humus, ce qui aide à conserver l'humidité, conditionne le sol et offre un substrat idéal pour la germination et la croissance des semis d'arbre. Le retrait d'une trop grande quantité de cette biomasse à partir des sols immatures (<10 000 ans) de la forêt boréale risque de les rendre inaptes à soutenir les espèces qui représentent la ressource forestière primaire. Il n'existe pas assez de recherches pour déterminer quelle quantité de ce soi-disant déchet peut être retirée en toute sécurité sur une base continue, sans entraver le fonctionnement de l'écosystème.

Une autre leçon illustrative qui découle des études sur le saumon génétiquement modifié (à croissance rapide) est que, malgré les nombreuses études qui montrent des différences comportementales et physiologiques entre le saumon conventionnel et le saumon à croissance rapide, il existe très peu d'information sur la question à savoir si ces différences se révèlent dans les environnements « réels ». Les poissons élevés avec une nourriture abondante dans des réservoirs sont des créatures différentes sur le plan physique et comportemental de celles élevées dans des conditions de « nutriments limités » dans la faune. C'est pourquoi les prévisions de leur comportement sont limitées. Ces défis montrent que notre capacité de connaître un organisme en tant qu'une entité indépendante de son environnement est limitée et qu'au moment de mener des recherches pour éclairer l'évaluation des risques, les chercheurs doivent tenir compte des effets de l'environnement d'un organisme sur son état ontologique⁶³.

Ces exemples illustrent les avantages de continuer, d'accroître et de systématiser la recherche basée sur les écosystèmes, surtout lorsqu'elle s'applique aux effets imprévus ou cumulatifs. La recherche doit être conçue pour capter les effets d'échelle et fournir la puissance statistique appropriée pour appuyer la prise de décisions. Une telle recherche doit également aborder les préoccupations importantes soulevées par les résultats préliminaires. Il est important de continuer à faire un suivi des pistes préoccupantes, surtout lorsqu'on travaille dans un domaine aussi nouveau que celui de la biotechnologie. Comme en témoignent ces exemples, certaines des premières préoccupations dramatiques étaient attribuables à la façon dont le problème était abordé. Dans les cas présents, les mesures de précaution, qui seraient déclenchées à la suite des résultats initiaux, n'auraient pas été nécessaires à la lumière des récentes études approfondies.

Malgré son importance, l'information scientifique accrue ne suffit pas à elle seule. Les connaissances doivent être intégrées aux modes de communication et de prise de décisions pour qu'elles puissent aider la société à aller de l'avant vers la durabilité. Une société durable doit être en mesure de tirer des leçons à partir de son acquisition de connaissances et de s'adapter en fonction de cette nouvelle information. Nous concluons cette section par certaines réflexions sur ce thème.

⁶³ R. Devlin et al., « Interface of Biotechnology and Ecology for Environmental Risk Assessments of Transgenic Fish », *TRENDS in Biotechnology* 24, 2 (2006).

Déterminer l'importance

Les produits de la biotechnologie serviront souvent de substituts, ou permettront la substitution des différents processus ou modes de production antérieurs. Les premières études sur les écosystèmes démontrent que l'introduction des produits génétiquement modifiés et leurs pratiques connexes a des effets sur les écosystèmes, mais que ces effets sont loin d'être catastrophiques, ni même négatifs comme l'illustre le cas de la recherche sur le maïs *Bt*. La principale mutation dans les écosystèmes de champs de maïs *Bt*, outre l'absence du parasite cible, semble provenir de l'absence de plantes de maïs lésées ainsi que l'absence des parasites et des prédateurs de parasites qui sont attirés par les produits chimiques volatils de signalisation diffusés par les plantes en réponse aux dégâts d'insectes⁶⁴. Cette absence de composés de signalisation signifie que différentes espèces et différents groupes d'espèces habitent dans les champs de maïs. Souvent, les changements de la population des insectes dans les cultures *Bt* sont beaucoup plus minimes que ceux dans les cultures qui utilisent des applications de pesticide conventionnelles.

La grande question que les études de ce genre soulèvent est celle de l'importance. Les changements de ce type sont-ils importants? Sont-ils souhaitables? À qui incombe la responsabilité de déterminer l'importance? Les scientifiques se rendent compte que les réponses à ces questions dépasseront la recherche scientifique et nécessiteront l'apport d'autres intervenants. Ces conversations, et les décisions qui doivent être prises au terme de ces discussions, encourageront les scientifiques et les autres à acquérir une compréhension plus profonde et plus nuancée des écosystèmes et de la santé des écosystèmes, ainsi que de la gouvernance. La recherche concernant les effets sur les écosystèmes, qui repose sur la surveillance, est vitale pour alimenter le débat public et favoriser une approche d'« apprentissage pratique »—c'est là un des piliers de la gestion adaptative. L'établissement de systèmes de communication qui permettent la diffusion, la synthèse et l'intégration des résultats scientifiques dans les attitudes publiques, les décisions réglementaires, les stratégies d'entreprises et les initiatives de politiques sera au cœur de ce besoin.

Efforts du gouvernement canadien

Comme on peut le voir dans les exemples présentés, il y a beaucoup à apprendre de la recherche sur les effets des innovations biotechnologiques sur les écosystèmes. Que fait le gouvernement fédéral pour aider à promouvoir et à appuyer cette recherche?

Il existe un certain nombre de programmes de recherche à petite échelle au sein de la plupart des ministères et organismes responsables des ressources naturelles, mais pour l'instant, on ne compte aucun effort systématique pour générer et communiquer le type de connaissances sur les écosystèmes décrit dans le présent document. Toutefois, nous reconnaissons trois initiatives qui, selon nous, pourraient contribuer largement à l'instauration d'idéaux en matière de développement durable dans l'action gouvernementale si elles sont mises en œuvre de façon intelligente et si elles sont dotées de ressources suffisantes.

⁶⁴ G.P. Dively, « Impact of Transgenic VIP3A x Cry1Ab Lepidopteran-resistant Field Corn on the Nontarget Arthropod Community », *Environmental Entomology* 34 (5) (2005), pp. 1267-1291.

Il s'agit des suivantes :

(1) Les *Effets des nouveaux organismes vivants sur les écosystèmes* (ENOVE), une stratégie de recherche proposée qui intègre les efforts d'un certain nombre de ministères en vue de relever le défi de déterminer les effets des nouveaux organismes vivants (NOV) sur les écosystèmes (voir l'encadré 3-7).

Encadré 3-7. Les effets des nouveaux organismes vivants sur l'écosystème (ENOVE)

Un comité interministériel fédéral, dirigé par Environnement Canada, a élaboré une stratégie de recherche pour générer des connaissances, grâce à une approche efficace et intégrée, sur les effets à long terme des nouveaux organismes vivants sur les écosystèmes (ENOVE) afin de renforcer la base scientifique saine pour les politiques, les décisions et la gestion relatives aux NOV.

La stratégie des ENOVE se présenterait sous forme d'un groupe réseauté de scientifiques gouvernementaux et universitaires. Ils seraient secondés par des outils de technologie de l'information qui permettraient :

- Le partage de l'information entre les chercheurs pour faciliter le développement du projet,
- L'identification d'experts pour faciliter le transfert des connaissances aux responsables de la réglementation,
- Le rapport et le catalogage de la recherche sur les ENOVE pour faciliter l'accès commun, et
- La communication avec le public pour faciliter la transparence.

Domaines de recherche proposés :

1. Données de repère — accéder, générer et maintenir des données de repère sur les principaux écosystèmes afin de pouvoir déterminer les changements associés à l'introduction des NOV.
2. Détection et surveillance — mettre à l'essai et élaborer de nouveaux outils pour la détection des NOV, des gènes et des produits génétiques qui causent une préoccupation.
3. Impacts des nouveaux organismes vivants sur les écosystèmes — déterminer les impacts des NOV et des systèmes de production connexes sur la biodiversité, le cycle nutritif, la qualité de l'eau, etc.
4. Flux génétique et ses conséquences — déterminer la probabilité, l'étendue et les conséquences du flux génétique des nouveaux traits dans les autres espèces et variétés.
5. Élaboration de méthodes d'évaluation des risques — élaborer et mettre en œuvre de meilleures techniques et approches pour prévoir les risques associés aux NOV.
6. Confinement et atténuation — mettre à l'essai et élaborer des mécanismes de confinement biologique et physique afin de restreindre la migration non voulue des NOV ou des gènes.
7. Intendance des produits disséminés — faire avancer la recherche pour gérer l'impact environnemental à long terme des produits disséminés.

Source : www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=En&n=18BE230D-1#doc

(2) Le *Cadre d'intendance pour la biotechnologie* (voir l'encadré 3-8), les grandes lignes d'une approche systématique pour l'intendance des produits de la biotechnologie d'une manière conforme au cycle de vie qui offre des mesures réglementaires et non réglementaires afin d'assurer que la biotechnologie soit développée d'une manière responsable au Canada.

(3) *Introduction responsable de nouveaux produits agricoles (IRNPA)*—un programme en cours d'élaboration par Agriculture et Agroalimentaire Canada dont le but est d'intégrer les préoccupations socio-économiques au processus d'évaluation pour de nouveaux produits agricoles. Ce programme en est toujours à ses toutes premières étapes.

Encadré 3-8. Cadre d'intendance pour les produits de la biotechnologie

Pour maintenir et améliorer sa position de leadership dans le domaine de la biotechnologie, le gouvernement (sous la direction de Santé Canada) élabore un *Cadre d'intendance* qui offre la base d'une approche intégrée en vue de régler les questions de la biotechnologie. Le cadre énoncera les principes permettant aux mécanismes nouveaux et appropriés de promouvoir efficacement la santé et la durabilité, en plus de contribuer à l'innovation et à la croissance socio-économique.

Source : Texte tiré du *Plan d'action du gouvernement du Canada en réponse au Groupe d'experts de la Société royale du Canada sur l'avenir de la biotechnologie alimentaire*
www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=18BE230D-0

Conclusions

La biotechnologie offre, semble-t-il, des possibilités authentiques à long terme pour : protéger, restaurer et surveiller les écosystèmes du Canada; réduire le flot de matières et d'énergie grâce aux nouveaux processus industriels; créer des possibilités communautaires locales pour utiliser les déchets agricoles et forestiers du Canada; créer de nouveaux systèmes de culture pour un usage industriel, avec des « bioraffineries » locales et nationales; et fournir d'autres possibilités pour réduire les déchets dangereux, les déchets dans l'air et l'eau. Ces possibilités doivent être perçues selon la perspective des systèmes d'innovation, de l'acceptabilité publique et politique, de l'environnement et de la faisabilité économique. En règle générale, on peut considérer ces possibilités comme des engagements d'investissement dans la R-D qui aboutiront à la commercialisation, généralement sur une période de 10 à 20 ans, qui régleront les préoccupations d'intérêt public et de gouvernance et qui produiront des connaissances pour la gestion et la surveillance des changements transformatifs.

Les définitions et les mesures objectives de la santé et de la durabilité dans les collectivités et les écosystèmes sont nécessaires pour déterminer comment les contributions de la biotechnologie pourraient être considérées par rapport aux besoins des collectivités et des écosystèmes. Ces mesures sont loin d'être parfaites ou répandues, mais elles doivent être mises en place parallèlement à l'émergence des technologies innovatrices pour le développement durable.

À mesure que les indicateurs de durabilité de la santé communautaire apparaîtront, les mesures sociales et économiques actuelles seront mises au défi. Les indicateurs de durabilité de la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE), ceux du Conseil d'intendance forestière et du Réseau des forêts modèles, l'indicateur de progrès réel et l'indice de l'empreinte écologique des villes et des villages sont quelques exemples bien reconnus.

Il faut nouer des liens entre des collectivités saines et des écosystèmes sains à l'aide d'une approche de planification et d'évaluation adaptatives afin de bâtir un dialogue continu et raisonnable sur le rôle de la biotechnologie dans la satisfaction des besoins de développement durable. Il faut une grande part d'apprentissage, dont l'apprentissage par l'action. Il faut élaborer des méthodes pour déterminer clairement si des technologies innovatrices particulières entraîneront véritablement des améliorations, comparativement aux pistes existantes vers la durabilité ou à d'autres solutions de rechange. Cela n'est pas, en aucune façon, une tâche facile car les technologies innovatrices démontrent rarement leur plein potentiel. Par conséquent, certains premiers engagements risquent d'aboutir à des culs-de-sac.

L'engagement envers les ENOVE demeure précaire et n'a pas abouti à un nouvel engagement important en ce qui concerne la recherche sur les écosystèmes en vue d'acquérir la compréhension nécessaire et de surveiller les impacts potentiels sur les écosystèmes et les processus écologiques. Il n'y a aucun programme financé pour ce genre de recherche.

Par ailleurs, le Canada ne compte aucun réseau de recherche stratégique sur la santé des collectivités et des écosystèmes. Diverses nominations de chaires du Canada dans différentes universités offrent une certaine base, mais l'accent sur les collectivités et les écosystèmes en santé est loin d'être consolidé à ce stade-ci. Bien que la stratégie des ENOVE ait déployé un effort pour commencer à tisser des liens entre les chercheurs dans le domaine des écosystèmes, le Canada ne compte actuellement aucun réseau de connaissances ni de centre d'excellence sur les collectivités et la biotechnologie, ou sur les écosystèmes et la biotechnologie.

CHAPITRE 3, Annexe 1 Sources de conseils scientifiques concernant la recherche sur les effets sur les écosystèmes

Canada

Société royale du Canada, *Éléments de précaution : recommandations pour la réglementation de la biotechnologie alimentaire au Canada*, (2001), recommandations 5.7, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.9, 6.12, 6.15, 6.16, 7.4 : http://www.rsc.ca/index.php?page=expert_panels_food&page_id=119&lang_id=2. (Accédé le 15 juin 2005)

Comité consultatif canadien de la biotechnologie, *Améliorer la réglementation des aliments génétiquement modifiés et des autres aliments nouveaux au Canada* (2002), recommandations 5.1, 5.2, 5.3 : [http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/incbac-cccb.nsf/vwapj/Improving_Regulation_GMFood_f.pdf/\\$FILE/Improving_Regulation_GMFood_f.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/incbac-cccb.nsf/vwapj/Improving_Regulation_GMFood_f.pdf/$FILE/Improving_Regulation_GMFood_f.pdf). (Accédé le 30 août 2006)

Union européenne

Union européenne, Document 301L0018, « Directive 2001/18/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 mars 2001 relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement et abrogeant la directive 90/220/CEE du Conseil - Déclaration de la Commission », (17 avril 2001) : <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0018:FR:HTML>. (Accédé le 15 juin 2005)

Commission européenne, *Life Sciences and Biotechnology—A Strategy for Europe*, surtout Action 23 (Bruxelles, Belgique : 21 janvier 2002).

OCDE

OCDE, *Sécurité des aliments génétiquement modifiés : faits, incertitudes et évaluation*, Conférence d'Edimbourg sur les aspects scientifiques et sanitaires des aliments génétiquement modifiés, rapport de l'OCDE C(2000)86/ADD3 (2000) : http://www.oecd.org/document/58/0,2340,fr_2649_34537_1885434_1_1_1_1,00.html. (Accédé le 15 juin 2005)

OCDE, « Biotechnologies modernes, nouveaux aliments et nouvelles cultures : enjeux pour la science, la sécurité et la société », rapports et sommaires de la Conférence de l'OCDE à Bangkok (Bangkok, Thaïlande : 10-12 juillet, 2001 : <http://www.oecd.org/dataoecd/18/31/1829717.pdf>. (Accédé le 15 juin 2005)

OCDE. « Les OVM et l'environnement : conférence internationale », rapport du rapporteur sur la Conférence de l'OCDE (Raleigh-Durham, Caroline du Nord : 27-30 novembre 2001) : <http://www.oecd.org/dataoecd/21/55/2509367.pdf>. (Accédé le 15 juin 2005)

Royaume-Uni

Gouvernement du Royaume-Uni, « Genetically Modified Organisms and the Environment: Coordination of Government Policy », la réponse du gouvernement britannique au Fifth Select Committee on Environmental Audit (1999) : <http://www.defra.gov.uk/environment/response/gmo99/index.htm>. (Accédé le 15 juin 2005)

États-Unis d'Amérique

U.S. National Research Council Committee on Environmental Impacts Associated with Commercialization of Transgenic Plants, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies, *Environmental Effects of Transgenic Plants—The Scope and Adequacy of Regulation* (Washington, DC : National Academy Press, 2002).

U.S. National Research Council Committee on Defining Science Based Concerns Associated with Products of Animal Biotechnology, Committee on Agricultural Biotechnology, Health, and the Environment, Board on Life Sciences, Division on Earth and Life Studies, *Animal Biotechnology: Science Based Concerns* (Washington, DC : National Academy Press, 2002).

A.A. Snow et al., « Genetically Engineered Organisms and the Environment: Current Status and Recommendations » dans *Ecological Applications*, 15(2) (2005), pp. 3774-04.

CHAPITRE 4. La biotechnologie pour le développement durable des régions rurales

Pourquoi rural?

Le terme « innovation technologique » fait apparaître des images de parcs de recherche universitaire, de grappes technologiques et de complexes industriels, des activités largement dominées par les régions urbaines et suburbaines—un modèle sur mesure pour les technologies de l'information et des communications, ou pour la recherche biomédicale. Mais si les sujets touchent aux biotechnologies agricoles, à la foresterie, à l'aquaculture et à d'autres aspects qui visent l'utilisation des ressources naturelles et quelques préoccupations environnementales, le milieu et les communautés rurales semblent plus appropriés. Il est présumé que « l'avantage naturel du Canada » pour le développement de la biotechnologie provient de nos vastes territoires et nos grandes réserves d'eau, aussi que de notre base économique bien établie d'activités rurales. Mais il lie aussi le programme rural de biotechnologie au besoin urgent et continu de renouvellement et de développement des régions rurales. Aux États-Unis et en Europe, la même exigence a amené des mesures incitatives pour les nouveaux producteurs et les nouveaux transformateurs, qui comprennent des congés fiscaux et des subventions, particulièrement pour stimuler la production de biocarburants. Le Canada semble emprunter la même avenue. Plusieurs choix vont se présenter, pour les producteurs, pour l'industrie et pour le gouvernement; ces choix vont influencer l'avenir du développement rural, peut-être plus que leur contribution à l'expansion de l'économie canadienne.

En ce moment, un seul bioproduit est soumis à un engagement imposé par le gouvernement fédéral aux régions rurales et il n'en est qu'à une étape peu avancée—un contenu de 5 % d'éthanol dans l'essence et le diesel d'ici l'an 2010. Mais l'engagement pour le financement de la R-D et pour divers efforts de précommercialisation est important. Le niveau d'intérêt des gouvernements provinciaux est élevé; il comprend des efforts imposés pour les biocarburants en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario, et la promotion de bioraffineries en Alberta; l'Île-du-Prince-Édouard n'est pas en reste, cherchant à exploiter des créneaux comme les diagnostics et les traitements biotechnologiques de maladies associées aux poissons.

C'est par choix stratégique que notre rapport met l'accent sur le développement durable des régions rurales; elles ont été sur la ligne de feu pour les débats sur les cultures et les aliments transgéniques. Elles seront les centres d'attention alors que le Canada et d'autres nations mettront en application de nouveaux engagements pour accroître la production de biocarburants, comme l'éthanol et le biodiesel. Certains croient que d'ici 2015, les régions rurales vivront une nouvelle ère de croissance et de prospérité économiques grâce à de véritables transformations issues de la biotechnologie et devenues réalités comme l'agriculture pharmaco-moléculaire, la production de nombreux produits chimiques et de produits comme les plastiques dérivés de matières premières biologiques. Les agriculteurs pourront compter sur de nouvelles sources de revenus qui s'ajouteront à celles des cultures, et de nouvelles occasions d'emplois seront créées pour les habitants des villes plus petites. Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté un calendrier pour les années 1995 jusqu'à 2020, qui vise la mise en œuvre de diverses innovations biotechnologiques à des niveaux économiques et commerciaux importants pour le Canada. La plupart des éléments du calendrier concerneraient les régions rurales.

Nous croyons qu'en plus du bien-être économique et social pour les régions rurales, les applications biotechnologiques devraient jouer un rôle de premier plan pour la durabilité de l'environnement. Les exemples comprennent l'utilisation des terres de façon à favoriser de meilleures récoltes dans certaines régions tout en soulageant d'autres régions qui présentent un intérêt unique sur le plan écologique et pour sa biodiversité; il est aussi possible d'améliorer la gestion des populations de poissons, de la qualité de l'eau et de l'aquaculture par diverses applications de biodiagnostics. Pour les forêts, de nouvelles méthodes pour lutter contre les ravageurs, des systèmes pour préserver les ressources génétiques et les connaissances traditionnelles et locales pour les protéger. Finalement, des réductions maximales de la pollution des eaux à l'aide de nouvelles méthodes d'évacuation des eaux et de nouvelles conceptions industrielles.

Les énoncés suivants guident notre examen de la biotechnologie et du développement durable dans les régions rurales :

1. Même si plusieurs prédisent un renouveau économique important pour les régions rurales découlant des applications biotechnologiques (en plus des impacts des cultures transgéniques), un dossier de faisabilité économique bien étoffé n'a pas encore été présenté et ne le sera peut-être pas avant d'avoir entrepris d'autres projets-pilotes;
2. La récolte des bénéfices à l'intérieur des régions rurales n'est pas assurée et pourrait devenir un facteur dissuasif si les producteurs ont l'impression de ne pas y trouver leur compte ou s'ils doivent subir des pertes nettes;
3. Les innovations technologiques font partie du quotidien des agriculteurs et de l'industrie de la production agricole, de l'industrie forestière et des communautés côtières, mais les changements exigés pour les productions biologiques et pour les bioraffineries sont lourds sur les plans du financement et du fonctionnement—au point où il n'est pas clair s'ils peuvent être orchestrés de façon convenable sans des efforts de gestion intégrée; et
4. La question des mesures incitatives sera en tête de liste pour des années—qui devra payer et combien? Cet enjeu se complique encore plus par des facteurs comme des fluctuations énormes pour le prix des combustibles fossiles et les concurrences interprovinciales et internationales.

Nous avons aussi évalué qui pourrait être avantagé par les innovations biotechnologiques dans les régions rurales. C'est une question complexe puisque les avantages pourraient être économiques, sociaux ou environnementaux, certains pourraient être nationaux ou internationaux, justifiant peut-être des compensations aux producteurs locaux. La relation entre une innovation et les avantages qui en découlent pourrait être fonction de la reconnaissance par l'autorité régionale des connaissances de la biodiversité, ou de savoir si le producteur a été un adopteur précoce ou tardif de cette innovation, ou si cette innovation est disponible à ses concurrents, ou si elle est particulièrement avantageuse pour les producteurs canadiens sans l'être pour les autres. Une localité pourrait être avantagée par les connaissances et les compétences scientifiques que des chercheurs pourraient avoir partagées avec elle en explorant le potentiel des ressources biologiques locales. L'environnement pourrait être avantagé si des méthodes moins toxiques étaient utilisées dans les processus de production ou de fabrication. Les consommateurs pourraient être avantagés si les nouveaux produits sont vendus à des prix plus bas. Si l'innovation consiste en un processus, comme une bioraffinerie, la communauté où elle sera installée pourrait

être avantagée par un plus grand nombre d'emplois, ce qui rend cruciale l'identification de l'emplacement naturel pour l'exploitation du processus afin de pouvoir en mesurer la portée sur la région. Nous pouvons reconnaître qu'une augmentation des revenus dans les régions rurales pourrait faire augmenter les prix pour tous les Canadiens. Si les bioraffineries, par exemple, ont du succès en vendant de l'éthanol fabriqué avec les récoltes de grains et que la demande est forte, le prix du grain subira une pression à la hausse qui affectera non seulement les bioraffineries, mais aussi tous les consommateurs de grain. C'est pourquoi les promoteurs des bioraffineries mettent l'accent sur la sécurité des approvisionnements.

Comme ce chapitre cherche à mettre en lumière les avantages/coûts économiques potentiels, nous nous sommes adressés au Conference Board du Canada, qui a de bonnes connaissances du secteur biotechnologique. Nous avons demandé au Conference Board d'analyser l'ampleur des possibilités de développement durable pour les régions rurales en fonction des applications biotechnologiques. Le Conference Board a porté son attention sur trois secteurs où ces applications dérivées de l'utilisation des ressources naturelles ont de bonnes possibilités de croître au cours des 5 à 15 prochaines années : l'agriculture, la foresterie (qui comprend les pâtes et papiers) et l'aquaculture. Cette tâche s'est révélée assez ardue pour le Conference Board. L'engouement pour ces nouvelles possibilités commandait un examen ancré dans les réalités exigeantes, et parfois dans un contexte de priorités concurrentielles, de l'économie rurale. La collecte des données statistiques dans ce domaine est encore rudimentaire (le Conference Board s'est référé aux renseignements fournis par Statistique Canada, considérée comme une des meilleures sources de données au monde pour ce secteur d'activité). Certains renseignements, comme ceux qui touchent au secteur des forêts, sont incorporés au secteur plus vaste des ressources naturelles. Les indicateurs fiables de mesures de la relation entre la biotechnologie et le développement durable sont faiblement développés; il est donc difficile de préciser cette relation ou de la faire avec la limpidité souhaitée.

Nous avons utilisé les résultats de l'analyse du Conference Board pour faire notre propre examen à partir des études connues, des politiques et des initiatives de pointe en matière de biotechnologie pour tirer des conclusions et proposer des recommandations sur ce qui est nécessaire pour que ces initiatives puissent jouer un rôle déterminant pour l'avenir des régions rurales du Canada.

Dans l'ensemble, les conclusions du Conference Board en fonction des applications de leur cadre d'innovation⁶⁵ suggèrent que les applications biotechnologiques pour l'utilisation des ressources en régions rurales sont loin d'être une panacée économique. Leur analyse indique que les bioraffineries ont la capacité d'être des installations-pivots dans les communautés rurales. Les bioraffineries pourraient permettre de créer de nouveaux emplois de grande valeur dans les communautés rurales, qui comprendraient aussi des activités de services liées, notamment, au transport et à la logistique. De plus, les processus de fabrication des bioraffineries produiront de nombreuses substances qui pourraient à leur tour être transformées en produits et services. Cependant, la viabilité économique des bioraffineries en milieu rural reste à démontrer.

⁶⁵ Le rapport du Conference Board du Canada, intitulé *Assessing Biotechnology as a 21st Century Technology Platform for Canada*, présente une description de leur cadre d'innovation. L'étude des impacts de la BDDE sur les régions rurales sera publiée par le Conference Board.

Analyse du *cadre d'innovation* du Conference Board du Canada

Pour des travaux de recherches antérieures d'évaluation de la performance et du potentiel biotechnologique du Canada, le Conference Board a utilisé avec succès son *cadre d'innovation* (voir Figure 4-1) comme approche analytique efficace. Il analyse les différentes étapes nécessaires pour passer d'une notion de concept à une contribution intéressante pour l'économie. L'analyse porte en partie sur la *chaîne d'approvisionnement pour un produit*, de la source des matières premières jusqu'au produit fini, questionnant ce qui est nécessaire pour le fonctionnement en douceur de cette chaîne pour l'innovation biotechnologique. L'analyse est souple et adaptable, elle s'intéresse aux activités de divers intervenants et met l'accent sur les méthodes qui permettent de transformer les connaissances en valeurs économiques et sociales.

Les six éléments du cadre interagissent de façon dynamique :

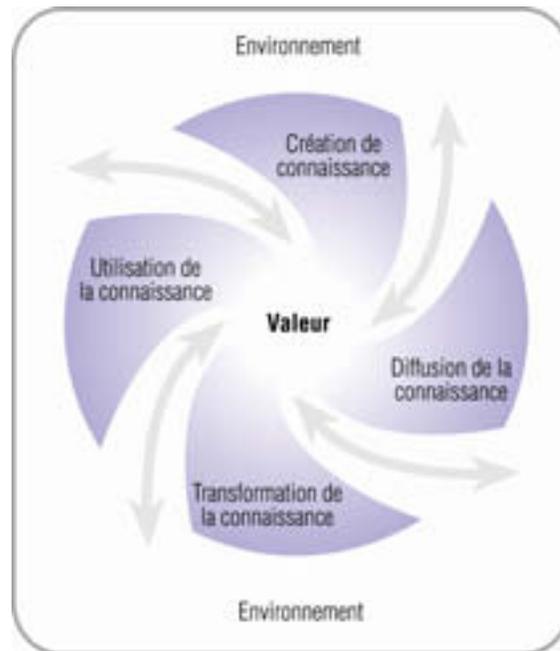
- *L'environnement*—les conditions très importantes qui influencent l'innovation (comme les politiques, les réglementations, le leadership, pas nécessairement le milieu biophysique);
- *La création*—la production de nouvelles connaissances ou l'amélioration significative des connaissances existantes (comme la recherche);
- *La diffusion*—le partage des connaissances (comme la publication, la collaboration, l'enseignement);
- *La transformation*—l'adoption ou l'adaptation des connaissances dans un but spécifique (comme la création de nouveaux produits);
- *L'usage*—le lancement ou la mise en œuvre de biens, de processus, de programmes ou de services nouveaux ou très améliorés (comme la vente de nouveaux produits ou l'utilisation de nouveaux processus); et
- *La valeur*—des valeurs sociales, économiques ou environnementales issues de la transformation des connaissances (comme des revenus, des profits, une cohésion sociale, la réduction des impacts environnementaux).

L'analyse du Conference Board est fondée, lorsque possible, sur des données statistiques sectorielles qui comprennent les tendances et l'état courant des applications biotechnologiques pour les secteurs et les marchés pertinents. Nous cherchons à cerner les futurs résultats en fonction des meilleures données et de la situation de base actuelle. L'objectif est de créer un portrait préliminaire de l'importance que pourra avoir la biotechnologie pour les régions rurales du Canada, entre aujourd'hui et l'an 2020.

Dans ce chapitre, nous présentons seulement un sommaire des points clés de l'analyse. L'analyse complète sera publiée par le Conference Board du Canada.⁶⁶

⁶⁶ www.conferenceboard.ca/

Figure 4-1. Le cadre de l'innovation du Conference Board du Canada



Principales conclusions

Les principaux cas ou éléments de l'étude du Conference Board sont présentés sous forme de synthèse, combinés avec des observations et des analyses d'un groupe de travail d'experts du CCCB (les encadrés et les figures sont présentés plus bas).

Productivité, efficacité et compétitivité

Les hausses et les baisses du prix des produits dérivés de la biomasse et des combustibles fossiles : La baisse des prix à long terme pour, notamment les produits, de l'agriculture, des pâtes et papiers, de l'aquaculture, semble indiquer d'excellentes possibilités pour les bioproduits lorsqu'elle est comparée à la hausse du prix des combustibles fossiles. Mais, en réalité, les prix pour les deux produits vont fluctuer. Le prix du pétrole qui dépasse les 75 \$US du baril est nécessaire pour permettre le développement des biocarburants sans devoir offrir de mesures incitatives à long terme aux producteurs ou aux transformateurs. Même avec des prix légèrement au-dessus de ce niveau, les associations de producteurs du Canada font pression pour obtenir des mesures d'incitation (indiqué au chapitre 2). La création d'une demande instantanée par l'imposition d'objectifs de production de bioproduits pourrait faire augmenter le prix de ces biens renouvelables (voir Walburger et autre,⁶⁷ des exemples pour le soja, le sucre et le grain). Avec l'amélioration du rendement et la chute des prix, la compétitivité des biocarburants devrait progresser et cette progression pourrait être énorme. Cette situation a été vécue au Brésil (mais seulement après un apprentissage cahoteux qui a duré 30 ans) où ils ont dû traverser la décennie

⁶⁷ A. Walburger et al., *Policies to Stimulate Biofuel Production in Canada: Lessons from Europe and the United States* (2006) : www.biocap.ca/rif/report/Walburger_A.pdf.

des années 1990 lorsque les prix déprimés du pétrole ont ravagé le marché de l'éthanol⁶⁸. Pour une période de temps encore prévisible, les nouvelles bioraffineries devront concurrencer au niveau des prix les raffineries de pétrole bien enracinées et très efficaces.

La sécurité des approvisionnements énergétiques : La bioénergie fait maintenant partie de la stratégie américaine pour sécuriser ses approvisionnements en carburant, comme le font la Chine et le Brésil. Il n'est pas certain que la bioénergie doive être une composante majeure de la politique du Canada pour sécuriser ses approvisionnements énergétiques, sauf dans un contexte nord-américain d'approche énergétique.

Commerce d'exportation : La dépendance continue du Canada pour ses exportations de ressources naturelles rend l'économie des régions rurales très vulnérable aux changements de préférences des consommateurs, à l'activisme environnemental, aux facteurs liés aux ravageurs (EBS, les « passagers clandestins » comme les ravageurs des forêts qui deviennent des espèces envahissantes), aux fluctuations des monnaies et à d'autres facteurs qui influencent la compétitivité. Il est intéressant de comparer la croissance rapide des récoltes sous les tropiques avec celles du Canada qui ont une période de croissance plus courte pour produire la biomasse. Avec ses énormes usines, ses forêts d'eucalyptus à forte croissance et sa main-d'oeuvre bon marché, le Brésil a des coûts de production pour ses pâtes et papiers qui se situent à 60 % des coûts canadiens. Ces avantages en faveur du Brésil seraient les mêmes pour le bioéthanol. La canne à sucre et l'huile de palme (produits principalement en Asie du Sud-Est) ont des taux de rendement de conversion aux biocarburants très supérieurs aux récoltes canadiennes de grain, de maïs et de canola. Le Brésil cherche à pénétrer les marchés américains et européens, et il pourrait probablement casser tout effort de concurrence canadien dans le marché des exportateurs de biocarburants. L'Indonésie, la Malaisie et possiblement plusieurs pays tropicaux d'Afrique vont aussi chercher à exploiter ce marché.

Déplacements de l'économie rurale vers les grands producteurs : Cette tendance pourrait rendre plus aisée la justification d'investissements dans les bioraffineries puisque l'approvisionnement des matières premières s'avérerait plus facile, car les grands producteurs ont les ressources financières et juridiques pour conclure de solides ententes avec leurs fournisseurs. Aux États-Unis, les grandes entreprises de bioéthanol sont devenues très rentables et ont généré une solide croissance de leurs actions. Cependant, cette dynamique n'apporte peut-être pas autant d'avantages aux communautés locales puisque les propriétaires de ces installations seront situés dans de lointaines régions urbaines, cherchant à obtenir le maximum de valeur possible tout en payant le moins possible leurs fournisseurs ruraux.

⁶⁸ D. Sandilow, « Ethanol: Lessons from Brazil », dans *A High Growth Strategy for Ethanol* (Aspen Institute : 2006); Brookings Institute : www.brookings.edu/views/articles/fellows/sandalow_20060522.htm

Approvisionnement et utilisation de la

biomasse : Les analyses initiales indiquent qu'il existe de grandes quantités de résidus ou de déchets de biomasse associés au secteur des ressources naturelles : par exemple, pour les secteurs de l'agriculture et de la foresterie, des quelque 66 millions de tonnes (Mt) de carbone (C) par année (an) dans les flux de résidus de biomasse, environ 60 millions de tonnes peuvent être considérées comme une matière première « disponible » pour l'économie axée sur la biotechnologie. Cela représente approximativement 42 % de l'ensemble de l'exploitation forestière et agricole. Le contenu énergétique de cette ressource de biomasse est estimé à 2,2 exajoules ($2,2 \times 10^{18}$ J) par an, soit environ 27 % de la demande d'énergie du Canada comblée par les combustibles fossiles⁶⁹. Ces évaluations approximatives ne peuvent pas être utilisées pour des exercices de planification détaillée. Le Canada aura besoin d'environ cinq ans pour recueillir les renseignements précis permettant de déterminer ce que serait une récolte de résidus forestiers et agricoles en accord avec la durabilité écologique. Cet estimé risque aussi d'être réduit lorsque les déductions pour les besoins des écosystèmes, les dépenses d'énergie pour les récoltes et le transport auront été prises en compte.

D'autres facteurs doivent aussi attirer notre attention : l'approvisionnement en biomasse est généralement saisonnier, créant ainsi des besoins d'entreposage et, peut-être aussi, des besoins en transformation préliminaire. Cette contrainte est importante pour la conception, la location et les coûts d'exploitation des bioraffineries. La production de biomasse est aussi sensible à des facteurs difficiles à prévoir et à contrôler, comme les conditions météorologiques, les ravageurs et les feux. Les changements climatiques ajouteront aussi un autre élément d'incertitude en modifiant les écosystèmes locaux et les types d'organismes qui y foisonnent (voir l'encadré 4-1).

Encadré 4-1. Utilisation de la biomasse des arbres morts

Les dendroctones du pin survivent en grand nombre aux hivers de plus en plus doux de la Colombie-Britannique (C.-B.), causant la mort rapide des forêts de pins — la plus grande pullulation de ravageurs enregistrée dans l'histoire forestière de l'Amérique du Nord. En 2005, 90 millions de mètres cubes de forêt en C.-B. ont été affectés. Ce chiffre est alarmant compte tenu que la possibilité normale de coupe pour la province est de 100 millions de mètres cubes. D'ici l'an 2016, il est estimé que la quantité d'arbres affectés pourrait atteindre de 200 à 500 millions de mètres cubes. Les arbres morts, une matière première potentielle de biomasse, doivent être récoltés rapidement pour conserver une certaine valeur commerciale. Une partie de cette biomasse pourrait être transformée en granules de bois pour les fours, ou pourrait être transformée dans une bioraffinerie pour la production d'éthanol et de lignine.

Une situation semblable mettant en cause divers scolytes et des essences d'arbres différentes, a détruit des forêts de l'Alaska et du Yukon. Il est possible qu'au cours des vingt prochaines années les hivers doux deviennent la norme et que des ravages massifs soient infligés par divers scolytes et autres insectes, en se nourrissant aussi des forêts affaiblies et matures d'autres régions du Canada.

Les solutions biotechnologiques pourraient inclure la production de variétés résistantes aux maladies, la découverte de traitements plus efficaces pour contrôler les ravageurs et le développement de meilleurs processus de traitement de grandes quantités d'arbres morts, comme la conversion éconergétique en biocarburants et en produits chimiques. Ces tâches sont urgentes.

⁶⁹ S.M. Wood et D.B. Lyzell, *A Canadian Biomass Inventory: Feedstocks for a Bio-based Economy* (Fondation BIOCAP Canada : 2003).

Réoutillage et invention de chaînes d'approvisionnement : La transformation des relations entre l'enchevêtrement de producteurs, les exploitants de bioraffineries, les usines intermédiaires de distribution et de transformation et l'utilisateur final pourrait prendre des décennies. Pour ceux qui visualisaient le changement radical d'une économie axée sur les combustibles fossiles et les matières premières vers celle des bioproduits axés sur les hydrates de carbone, l'obstacle qui sera peut-être le plus difficile à franchir est celui des problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement. Le problème relativement simple du réoutillage partiel de la chaîne d'approvisionnement en essence aux États-Unis, pour accommoder l'utilisation de l'éthanol comme additif est un exemple intéressant : en raison des propriétés chimiques de l'éthanol, l'additif doit maintenant être mélangé à proximité de l'utilisateur final plutôt qu'à la raffinerie, comme pour la génération d'additifs précédents; cette situation a donc créé un besoin pour de nouvelles installations distinctes pour les camions, le transport par rail et l'entreposage. Les besoins additionnels en maïs pour la fermentation en éthanol ont fait augmenter les prix du maïs, hausse qui sera transférée aux consommateurs d'aliments et aux automobilistes. Ces problèmes peuvent évidemment être réglés, même s'il pourrait se produire certaines pénuries temporaires de carburants dans quelques régions américaines jusqu'à ce que tout soit en place pour un fonctionnement normal. Au Canada, un esprit de collaboration se développe entre les raffineries et les représentants de l'industrie des carburants renouvelables pour régler les problèmes de la chaîne d'approvisionnement en biocarburants.

Les problèmes futurs de la chaîne d'approvisionnement pour les bioraffineries seront probablement plus complexes et difficiles à gérer. Ils comprennent les différentes matières premières de fournisseurs variés, qui seront peut-être approvisionnés de façon irrégulière; ou de petites bioraffineries en région rurale qui transforment des produits intermédiaires qui sont utilisés comme biocarburants, ou de grandes installations de pointe qui fabriquent toute une gamme de produits chimiques et de matériaux synthétiques, où chacun des produits nécessite sa propre commercialisation ou sa stratégie d'établissement des prix; et, du berceau au berceau, la retransformation après son utilisation initiale.

Le Canada n'a peut-être pas un avantage comparatif sur les bioraffineries de pointe d'Europe ou des États-Unis, et il est aussi possible que la technologie développée au Canada quitte le pays pour des régions qui offrent de meilleures mesures incitatives ou de meilleurs marchés. Ce serait une perspective vraiment déprimante si le Canada ne parvenait à attirer qu'une quantité limitée d'investissements internationaux pour des installations de transformation de pointe, qui réduirait notre rôle à une production pour la consommation domestique. Certains biocarburants et certaines matières premières seraient exportés, enracinant encore une fois l'industrie canadienne dans une activité de biens à bon marché, pendant qu'une gamme de produits de plus grande valeur serait fabriquée avec les matières premières canadiennes, dans de grandes installations industrielles sous d'autres cieux.

Réglementation

La réglementation des produits : Il existe des écarts dans les réglementations qui gouvernent la biotechnologie, et des contraintes sur les capacités réglementaires pour traiter les niveaux de sophistication des caractéristiques toujours plus complexes de la biotechnologie moderne. Ces écarts créent de l'incertitude chez les innovateurs, puisque les « règles du jeu » sont inconnues ou ambiguës. L'impact pour les producteurs des régions rurales est que les règles qui gouvernent les systèmes de production novateurs, la biosécurité, les procédures d'élimination des déchets, etc.

(comme les procédures pour les animaux transgéniques ou les cultures transgéniques de plantes « pharmaco »), manquent de clarté. Ce manque de clarté génère le risque de perte de récoltes ou de produits à la suite d'un changement de réglementation domestique ou internationale. Il pourrait aussi freiner la participation ou le financement et, par le fait même, une dose saine d'expérimentation pour de nouveaux modèles institutionnels.

Rien n'indique que le défi consistant à trouver un équilibre entre les forces du marché et la sécurité du public puisse devenir plus simple. En fait, il est prévu que les exigences qui assurent la traçabilité et le confinement des cultures transgéniques—et le niveau de surveillance nécessaire pour les garantir—iront en augmentant. C'est un défi important, puisqu'il est possible de constater que même le gouvernement fédéral arrive difficilement à atteindre les échéances des approbations réglementaires qu'il s'est fixées pour établir la réglementation⁷⁰.

Des politiques constantes : Plusieurs politiques en vigueur visent le renouveau, la durabilité et l'innovation dans les régions rurales. Ces politiques, si elles sont bien exploitées, permettraient de soutenir une économie de développement durable d'origine biologique. Au Canada, le Cadre stratégique pour l'agriculture traite de nombreux éléments essentiels, mais il pourrait montrer ses limites en regard des nouveaux défis liés au développement biotechnologique des régions rurales; il n'a pas vraiment été conçu pour la production agricole autre que la production alimentaire ou pour les initiatives dans le domaine forestier, et ne cible pas directement les activités marines comme l'aquaculture. Il n'existe pas de cadre canadien important qui cerne la biotechnologie et le développement durable en régions rurales.

La préservation et la protection de nos ressources génétiques et des connaissances qui y sont associées : Les ressources génétiques sont les composantes de base de plusieurs innovations biotechnologiques – sans matériel génétique, aucune souche animale ou végétale n'est possible. Le Canada possède autant des ressources génétiques domestiques que « naturelles » qui pourraient prendre une forte valeur lorsque nos connaissances en matière de génétique seront plus avancées. Il est essentiel que le Canada élabore des politiques pertinentes pour garantir que ces « biens publics » soient protégés de l'exploitation qui pourrait en être faite, par l'extraction d'éléments utiles pour développer de nouvelles souches, variétés ou inventions génétiques sans en partager les bénéfices. De plus, la population locale et les membres des Premières Nations ont souvent des connaissances sur les valeurs médicinales ou autres, contenues dans la biodiversité de leur localité qui pourraient aider à favoriser des découvertes scientifiques. Les politiques devraient être mises en place pour faciliter, lorsque cette avenue est appropriée sur le plan culturel, un partage juste et équitable des renseignements et des bénéfices dérivés de ces innovations.

Inquiétudes pour l'environnement biophysique

Plusieurs problèmes à résoudre pour l'environnement biophysique exercent des pressions sur le domaine de la biotechnologie et certains ont déjà été cités dans des sections précédentes de ce rapport. Dans la section présente, nous mettrons l'accent sur celles qui sont les plus pertinentes à la durabilité des régions rurales.

⁷⁰ Comité consultatif externe sur la réglementation intelligente, *La réglementation intelligente — Une stratégie réglementaire pour le Canada* (Ottawa : août 2004).

L'eau : Des besoins croissants exercés sur les réserves d'eau existantes (qui sont souvent en déclin) créent de nouvelles possibilités pour des solutions biotechnologiques qui, par exemple, pourraient réduire les besoins en eau pour les cultures. Ces cultures deviendraient particulièrement intéressantes pour les régions aux prises avec une période de sécheresse. Le développement d'une économie axée sur les sciences biologiques devra faire face à un sérieux facteur de risque : la disponibilité de l'approvisionnement en eau pour répondre à l'accroissement de cultures plus vastes, qui fournissent les matières premières aux installations de transformation plus vastes elles aussi, pour la production de bioproduits à grande échelle.

Les changements climatiques : Alors que les changements climatiques modifient la longueur des saisons, l'adaptation à ces nouveaux cycles de croissance devient nécessaire. La biotechnologie pourrait être utile pour faciliter l'adaptation des récoltes et des animaux domestiques aux climats modifiés, ou faciliter l'adaptation d'espèces exotiques dans les régions où les espèces indigènes n'arrivent plus à survivre.

La biomasse résiduelle : La production de biens intéressants dérivés du flux de déchets est une idée ingénieuse, non seulement parce que des produits de plus grande valeur sont créés à partir de produits de faible valeur, mais aussi parce que le poids environnemental associé à l'élimination des déchets pourrait être allégé ou supprimé. Elle permet aussi la fabrication de nouveaux produits issus des sciences biologiques sans devoir récolter des ressources naturelles additionnelles et réduit ainsi les impacts environnementaux qui y sont associés. Même si ces bioproduits peuvent utiliser les « déchets » de la biomasse comme matière première, comme indiqué dans le chapitre 2, la quantité de résidus des plantes qui doit être laissée sur place pour assurer un fonctionnement sain de l'écosystème n'est pas encore connue. Lorsqu'on évalue l'utilisation des résidus, l'ensemble de l'écosystème doit être pris en considération.

La santé des sols : De nouveaux types de cultures qui facilitent les pratiques agricoles à faibles impacts (comme les cultures sans labours) pourraient aider à améliorer la santé des sols. Cependant, l'augmentation des activités agricoles ou agro-forestières associées à la croissance d'une économie d'origine biologique pourrait avoir des impacts négatifs sur la santé des sols.

Les infestations et les maladies : Des caractéristiques et des agents de lutte biologique antiparasitaire qui améliore la résistance aux maladies, peut réduire les impacts des maladies et des parasites dans plusieurs secteurs des ressources naturelles.

Les produits chimiques toxiques : Le Canada compte environ 2 500 sites fédéraux contaminés et près de 20 millions de kilogrammes de pesticides sont utilisés sur les cultures des Prairies canadiennes chaque année. Plusieurs innovations biotechnologiques remplacent l'utilisation de substances toxiques, réduisent le besoin d'y recourir, détectent leur présence ou les « digèrent ».

Les capitaux

Le capital financier : Selon une récente étude de Price Waterhouse Coopers⁷¹, un meilleur accès à des capitaux pour les entreprises en pré-amorçage ou en démarrage est le défi le plus urgent que doit affronter l'industrie des sciences de la vie (une industrie étroitement liée à la biotechnologie). Jusqu'à maintenant, les investisseurs « providentiels » et les sociétés de capital-risque étaient les

⁷¹ BIOTECCanada et PricewaterhouseCoopers *Prévisions 2006 pour le secteur canadien des sciences de la vie : Vision de l'avenir* : www.biotech.ca/PDFs/LifeScienceForecast2006-French.pdf

sources de financement les plus communes. Le problème qui consiste à trouver du capital de risque n'est peut-être pas un obstacle pour les industries en régions rurales qui sont soutenues par des activités imposées comme la production conventionnelle d'éthanol. En fait, il y a eu ruée pour investir dans ces initiatives soutenues par le gouvernement. Cependant, dans les régions rurales où les agriculteurs, les entreprises locales et parfois les communautés entières travaillent ensemble en partenariat financier, un dilemme se pose : la capacité locale de participation financière est très restreinte en raison des multiples problèmes qui affectent plusieurs régions rurales du Canada.

Des modèles de financements alternatifs pour les régions rurales ont été proposés et mis à l'essai avec succès aux États-Unis. Les solutions proposées sont de nouveaux modèles de coopératives et des sociétés à responsabilité limitée; ces modèles stimulent fortement la propriété locale sous une forme d'entreprise de distribution ou de bioraffinerie de taille moyenne, à proximité de la biomasse humide. Mais il est aussi possible que ce soit les grands projets bien financés qui dominant le marché. Aux États-Unis, Archer Daniels Midland est devenu un chef de file dans l'éthanol et le Brésil compte le même type de grande exploitation industrielle intégrée.

Le problème du capital financier devient complexe avec chacun des nouveaux processus, (comme pour l'éthanol cellulosique où Iogen a développé des partenariats avec de grandes entreprises comme Shell et la firme d'investissement Goldman Sachs), ou pour les grandes bioraffineries intégrées de l'avenir, où les produits intermédiaires sont achetés et raffinés pour produire une gamme de carburants, des produits chimiques et des produits finaux comme les plastiques biodégradables. Les plus importantes installations au monde sont celles de Cargill, au Minnesota, un investissement de 200 millions de dollars conçu pour la production d'acide polylactique, qui est à la source de plusieurs produits de plastique⁷². Il faut se questionner pour savoir quels financiers auront la capacité d'investir de telles sommes pour des installations au Canada. Les entreprises multinationales pourraient choisir de s'installer à proximité de plus grands marchés, dans des régions où elles peuvent négocier les meilleures ententes de prix possible et un approvisionnement continu de matières premières, où dans des endroits qui offrent les mesures incitatives les plus généreuses. Elles peuvent aussi être influencées par des régions où les processus de prise de décisions nationales, provinciales et locales sont bien définies, coordonnées et à temps, et où la situation réglementaire est prévisible et stable.

Les transformations nécessaires dans l'industrie des pâtes et papiers tombent dans une autre catégorie; dans ces cas, les possibilités sont grandement tributaires du réoutillage industriel, probablement par les propriétaires des installations. Cette situation n'est évidemment pas inhabituelle. Les entreprises de pâtes et papiers ont déjà investi des milliards de dollars dans un processus majeur et d'importants réaménagements aux niveaux environnementaux et énergétiques. Mais l'étape suivante qui vise la transformation des moulins en bioraffineries arrive à un très mauvais moment : la conception des modèles de bioraffineries que l'industrie des pâtes et papiers propose (indiqués au chapitre 2) aura encore besoin d'une période de 7 à 15 ans avant son adoption généralisée, pour des raisons techniques et financières.

Lorsque tous ces facteurs sont pris en considération, il est assez clair que de grands défis devront être surmontés pour établir et financer de nouvelles activités de biotechnologie industrielle dans les régions rurales canadiennes. De plus, le spectre de la concurrence et des obstacles

⁷² NatureWorks® : www.natureworksllc.com/corporate/nw_pack_home.asp

interprovinciaux devra aussi être abordé. Des indices du développement d'une telle concurrence sont déjà visibles avec, par exemple, des mesures incitatives qui ont été financées au niveau provincial pour stimuler les mélanges d'éthanol à l'essence, sous réserve que ce carburant soit utilisé dans la province où ces subventions ont été octroyées⁷³.

Les connaissances et le capital humain : Si les régions rurales veulent réussir à attirer l'industrie des nouveaux bioproduits, elles devront pouvoir concurrencer les centres d'expertise qui sont souvent situés dans des villes de taille moyenne ou dans de grands centres urbains. Pour plusieurs raisons, nous évaluons avec optimisme les capacités concurrentielles des régions rurales : il y a d'abord les engagements fédéraux et provinciaux pour l'amélioration de l'accès aux connaissances dans les régions rurales par divers mécanismes, comme la formation à distance et la connectabilité à la large bande; deuxièmement, il y a le renforcement des programmes universitaires et collégiaux en sciences et en gestion offerts à une distance raisonnable des régions rurales. Il est important que des centres urbains moins peuplés comme Saskatoon, Brandon, Guelph, Québec, Prince George et Charlottetown puissent offrir des programmes universitaires qui visent des activités à valeur ajoutée pour les secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de l'aquaculture. Et troisièmement, l'intérêt profond affiché par les associations d'agriculteurs et des organismes comme l'Administration du rétablissement agricole des Prairies pour la conception de nouvelles stratégies de développement des économies rurales.

Mais il semble y avoir des inquiétudes plus vives, exprimées par certains chefs de file du secteur des bioproduits; le problème réside dans le nombre important d'enjeux qui sont non seulement nécessaires pour la transformation fondamentale des processus industriels, mais aussi pour les chaînes d'approvisionnement plus complexes des matières premières et des produits finis. Le processus de transformation exige des personnes qui doivent composer avec des nouveaux secteurs d'activités qui vont au-delà de l'ingénierie chimique traditionnelle, alors que la chaîne d'approvisionnement demande de nouvelles habiletés de gestion. Il a été proposé d'élaborer de nouveaux programmes universitaires qui répondraient aux besoins pour de nouveaux diplômés en gestion et en transformation de bioproduits; ces programmes ne semblent pas être actuellement offerts, même s'il est possible que des étudiants de premier cycle ou des diplômés puissent orienter leurs études pour atteindre ces objectifs à l'intérieur des programmes existants.

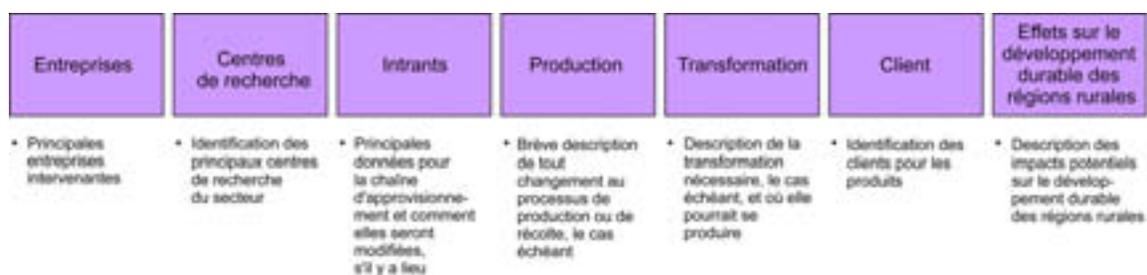
Les régions rurales doivent absolument se bâtir une solide base de spécialistes, de chercheurs et d'autres intervenants en bioproduits pour réussir à en récolter les avantages. Elles devront notamment établir des liens entre les chercheurs locaux en recherche agronomique et les universités et collèges locaux, former des consortiums d'initiatives public-privé, et développer de nouvelles compétences au niveau des ressources des institutions rurales et des agriculteurs, des gestionnaires d'installations rurales, etc. Il est important de noter que ces enjeux se prolongeront, au minimum, pendant les 10 à 15 prochaines années et nécessiteront une vision profonde pour réussir à mener des actions efficaces.

⁷³ Les mesures incitatives du Manitoba pour le bio-éthanol ne sont valides que pour le carburant utilisé au Manitoba; les producteurs albertains de bio-éthanol vendent leur produit aux États frontaliers américains plutôt qu'à la Saskatchewan en raison d'obstacles commerciaux inter-provinciaux.

Analyse sectorielle – Coup d'oeil à la chaîne d'approvisionnement

Évaluation de la chaîne d'approvisionnement : Un modèle de chaîne d'approvisionnement (voir Figure 4-2) a été utilisé pour mesurer le rôle de la biotechnologie dans chacun des trois secteurs. Ce modèle analyse la progression du produit, depuis sa source (une ferme ou une forêt), en passant par toutes les étapes nécessaires à sa fabrication pour l'utilisateur final. Il peut évidemment y avoir des produits intermédiaires. En examinant chacune des étapes, il est possible d'identifier certains des principaux facteurs nécessaires au succès de la nouvelle innovation. Le modèle met spécifiquement l'accent sur l'identification des principaux intervenants et des clients, sur les changements essentiels aux systèmes de production et de transformation et sur les impacts potentiels pour le développement durable des régions rurales.

Figure 4-2. Modèle pour évaluer les effets de la biotechnologie sur les changements à la chaîne d'approvisionnement.



Source : Conference Board du Canada.

Nous avons essayé, de façon provisoire, d'identifier les caractéristiques des chaînes d'approvisionnement pour les bioproduits en 2020; il est difficile d'être spécifique pour les deux premières catégories, puisque la dynamique des entreprises nous réserve certainement des surprises et les centres de recherche auront pris de la maturité mais dans un sens difficile à prévoir. Les cinq autres étapes peuvent plus facilement être l'objet d'un examen sectoriel. L'encadré 4-1 identifie quelles pourraient être les principales sources de tension pour le développement des capacités biotechnologiques des régions rurales, pour les trois secteurs de ressources naturelles décrits dans ce chapitre.

Qui profitera de la chaîne d'approvisionnement? Qui récoltera les avantages économiques? Les producteurs ruraux pourraient constater différentes possibilités d'augmentation de revenus de la vente de leur matière première. L'ampleur de ces augmentations pourrait être nulle (s'ils vendaient simplement leurs produits à un client différent), elle pourrait être marginale (pourrait suffire à garder en exploitation des activités en difficultés financières), ou encore, produire une forte croissance des revenus (si des applications à fort rapport économique sont développées pour leur biomasse).

Les producteurs de biomasse ou d'autres récoltes ne sont qu'une composante des chaînes d'approvisionnement; il existe des avantages potentiels pour toute une gamme d'intervenants à toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement. Certains seront en région rurale, d'autres

seront en milieu urbain *et* rural au Canada, et possiblement dans d'autres pays avec qui nous avons des échanges commerciaux. En réalité, tous chercheront à tirer le maximum de valeur ajoutée tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Ces intervenants comprennent :

- Les producteurs d'intrants : des entreprises qui vendent des semences, des géniteurs ou des arbres de semis pour les producteurs (les agriculteurs, les aquaculteurs, etc.).
- Les entreprises de transport : il y aura d'importantes possibilités pour les entreprises de transport et de logistique pour l'expédition de la biomasse, de produits intermédiaires ou de produits finis. Ce seront de nouveaux clients et de nouvelles destinations.
- Les entreprises de production : la biomasse doit souvent être traitée avant son transport et il serait intelligent de la transformer directement dans les communautés rurales (surtout si la biomasse est trop légère ou trop lourde pour un transport rentable).
- Les entreprises de transformation : ces entreprises achèteront ces nouveaux intrants de biomasse pour les transformer en produits et services. De plus, elles pourraient développer de nouveaux produits et services à l'aide de sources non conventionnelles de biomasse (il existe d'importantes possibilités de gazéification dans les bioraffineries de pointe avec des produits aussi divers que les entrailles de dindes ou de vieux pneus). Il est peu probable que celles-ci s'installent en régions rurales.

Les besoins de ces intervenants et des autres bénéficiaires potentiels devraient être identifiés et traités comme partie intégrante de tout effort qui vise à stimuler les applications biotechnologiques pour le développement durable des régions rurales.

L'installation des bioraffineries dans les communautés rurales est un excellent indice qui permet de savoir si les avantages qu'apporte la biotechnologie resteront dans la communauté. Les bioraffineries peuvent potentiellement stimuler la création d'emplois de grande valeur, qui auraient l'effet d'attirer de nouveaux membres pour la communauté et des activités d'affaires liées au transport et à la logistique. D'un autre côté, si la situation fait augmenter les salaires en région, les coûts de main-d'œuvre augmenteront pour les exploitants agricoles.

Finalement, il faut tenir compte du rôle des consommateurs. D'ailleurs, Dow Chemical mentionnait en abandonnant son partenariat dans *NatureWorks*® avec Cargill, que les clients ne sont pas toujours prêts à déboursier un supplément pour les avantages environnementaux associés aux contenants de plastique transparent biodégradables pour la nourriture.

En fait, les consommateurs ne sont peut-être pas tentés d'acquérir des produits qui n'apportent pas d'avantages immédiats directs et personnels. Ce facteur a d'ailleurs été soulevé régulièrement au cours des premières années du débat sur l'introduction de cultures transgéniques. Cette situation va-t-elle se répéter avec les bioproduits comme les biocarburants ou avec de nouveaux tissus synthétiques dérivés du maïs plutôt que du pétrole? La meilleure réponse que nous pouvons fournir est que tout sera fonction du prix, de la qualité, de la sécurité des approvisionnements, de la durabilité, etc. La contribution à un environnement plus propre, à une meilleure vie pour les résidents des régions rurales du Canada, et même de savoir si un produit est « Fabriqué au Canada », sont tous des avantages secondaires pour la prise de décision réelle de la plupart des gens.

Il est clair que les impacts les plus importants et les plus immédiats des trois secteurs que nous avons analysés seront sur l'agriculture, particulièrement en raison de l'intérêt porté aux biocarburants, de la probabilité de percées majeures liées aux produits chimiques dérivés des

hydrates de carbone et d'autres matières premières, et de la possibilité que les produits biopharmaceutiques prennent une place de choix au cours des prochaines années. Mais nous croyons aussi que les innovations en matière de foresterie sont importantes. Les usines de pâtes et papiers sont actuellement de réelles bioraffineries même si certains exploitants refusent de les voir ainsi. Il existe de bien plus grandes possibilités si la recherche en cours peut être mise en application. Le résultat final pourrait mener à de nouvelles sources de revenus et à une réduction des déchets autant pour les anciennes usines que pour les plus récentes; elles sont importantes pour soutenir la santé financière de villes dépendantes de ces ressources. Parmi les trois secteurs, l'aquaculture est la plus intrigante. La science canadienne pourra, à tout le moins, produire des solutions valables aux maladies des poissons pour tous les aquaculteurs au monde grâce au développement de nouvelles mesures d'origine biotechnologique. Mais il est actuellement difficile d'évaluer si la biotechnologie aura une influence majeure sur les récoltes et les produits issus de l'aquaculture au Canada et, par le fait même, sur les revenus des communautés côtières.

Encadré 4-1. Analyse de la chaîne d'approvisionnement biotechnologique dans trois secteurs des ressources naturelles

	Agriculture	Foresterie	Aquaculture marine
Intrants	<p>Une gamme de cultures, comprenant le maïs, le blé et autres produits comme les produits biopharmaceutiques, probablement une certaine agroforesterie;</p> <p>Résidus de cultures, déchets de la transformation alimentaire, abattoirs;</p> <p>Engrais solide et liquide du bétail.</p>	<p>Les applications de la biotechnologie aident au blanchiment des pâtes de bois;</p> <p>Résidus et déchets des usines de pâtes et papiers transformés pour des usages de plus grande valeur.</p>	<p>Applications de biotechnologie utilisées pour améliorer la reproduction, réduire la propagation des maladies et améliorer la conversion alimentaire;</p> <p>Déchets des usines de préparation de poissons.</p>

	Agriculture	Foresterie	Aquaculture marine
Production	<p>Certaines cultures nécessiteront des procédures renforcées de confinement;</p> <p>Mélange de cultures transgéniques et non transgéniques;</p> <p>Utilisation plus efficiente de l'eau, meilleures cultures et rotations de cultures, utilisation réduite des biocides.</p>	<p>Approvisionnement important, probablement en déchet de bois;</p> <p>Effluent de déchets des usines de pâtes et papiers;</p> <p>Peu ou pas d'utilisation des cultures d'arbres transgéniques mais possibilité des plantations de peupliers à croissance rapide.</p>	<p>Gamme plus vaste d'organismes produits, dont les organismes unicellulaires, les algues, les poissons à nageoires et les crustacés et mollusques;</p> <p>Les organismes transgéniques, une fois approuvés, nécessitent un confinement, peut-être dans des installations terrestres;</p> <p>Conversion améliorée de l'alimentation animale, contrôle des parasites et des maladies;</p> <p>Produits de santé et de bien-être de haute valeur.</p>
Transformation	<p>Variété de types de bioraffineries en usage, dont des raffineries petites, moyennes et grandes, avec une plus grande efficacité que maintenant;</p> <p>Les traitements cellulosiques et thermiques permettent une utilisation accrue des déchets;</p> <p>Emplacements concurrentiels déterminés par les coûts de transport, le type de traitement, les facteurs organisationnels locaux, mais avec incitatifs importants ou autres facteurs toujours en cours.</p>	<p>Les usines de pâtes existantes et nouvelles deviennent des sites de bioraffinerie;</p> <p>Les bioraffineries extraient la lignine utilisée pour la production d'éthanol, en plus de raffiner et de recueillir les résines de valeur et les autres molécules;</p> <p>Auto-carburé, avec un surplus d'énergie.</p>	<p>La production et les sous-produits sont transformés en biocarburants, nourritures pour animaux, produits chimiques et produits de santé par les bioraffineries et les autres formes de traitement.</p>

	Agriculture	Foresterie	Aquaculture marine
Clients	<p>Nouveaux clients dans de nouvelles chaînes d'approvisionnement, mais la compétitivité des prix avec les carburants fossiles et les produits chimiques pose toujours un problème;</p> <p>Le marché international pour les marchandises et les produits spécialisés est une préoccupation majeure pour les producteurs canadiens.</p>	<p>Les entreprises qui exigent des produits chimiques et des matières premières telles que des résines pour les colles, des aliments et des produits de santé;</p> <p>Les entreprises qui cherchent des sources de biocarburant.</p>	<p>Les clients incluent les agriculteurs, les entreprises de produits de santé et de beauté, les fabricants de bière, autres;</p> <p>Les aquaculteurs qui recherchent des vaccins, des médicaments, des biodiagnostics;</p> <p>Fournisseurs de poisson, consommateurs.</p>
Impacts	<p>Revenu accru pour les agriculteurs et les collectivités rurales avec un rendement global plus élevé des cultures et la vente des résidus, des produits pharmaceutiques à valeur ajoutée ou autres cultures spécialisées;</p> <p>Impact environnemental réduit (p. ex., réduction des pesticides, élimination des déchets animaux);</p> <p>Réduction modérée dans l'émission des gaz à effet de serre (GES) (dioxyde de carbone et méthane);</p> <p>Il pourrait y avoir des préoccupations quant à la concurrence pour l'utilisation des sols, la biodiversité, la qualité du sol et l'utilisation de l'eau.</p>	<p>Sources de revenu supplémentaires pour les usines de pâtes et papiers, ce qui les rend plus concurrentielles et préserve les emplois ruraux dans les villes dépendantes des ressources;</p> <p>Impact environnemental réduit des exploitations de pâtes et papiers et utilisation écologiquement durable des résidus;</p> <p>Réduction modérée des GES (dioxyde de carbone);</p> <p>Valeur ajoutée aux résidus de bois, y compris le bois des résidus endommagés par le changement climatique.</p>	<p>Revenus supplémentaires améliorés pour les producteurs et améliorations économiques pour les régions rurales ayant des bioraffineries ou autre installation de transformation;</p> <p>Meilleure prévisibilité des revenus découlant de la gestion efficace de la reproduction des poissons et du contrôle de maladies;</p> <p>Meilleure gestion de l'environnement et réduction des déchets;</p> <p>Inquiétudes continues relatives au confinement et autres questions liées aux combinaisons génétiques, à l'introduction d'espèces, à la dispersion de maladies dans la population sauvage, la cession d'espaces pour l'aquaculture.</p>

Conclusions

La recherche du vague « avantage naturel » du Canada en biotechnologie et en développement durable pour les régions rurales s'est avérée plus difficile que nous avions prévu. Il existe au Canada un préjugé sur les vastes quantités de déchets qui n'attendent que d'être récoltés, et des immenses terres et réserves d'eau qui pourraient être vouées à la culture de bioproduits. Peut-être est-ce réel, mais les preuves n'apparaîtront qu'après une longue période de temps d'au moins 10 à 15 ans. Au moment présent, aucune statistique convaincante n'indique quels sont les surplus de territoire et d'eau, ou combien pourraient être utilisés de façon durable pour la bioproduction au Canada. Les niveaux réels d'utilisation seront déterminés par des facteurs de prix et de mesures incitatives, par l'acceptation des consommateurs et, évidemment, par les choix qui découleront des divers processus de décisions des coopératives et des communautés rurales, des organismes gouvernementaux et de l'industrie. Un sommaire des observations sur chacun de ces points importants est noté ci-dessous. De plus, nous présentons des conclusions sur les trois composantes clés du développement durable : économique/financier, environnemental et social.

Prix et mesures incitatives

Dans plusieurs rencontres axées sur la biotechnologie, la juxtaposition de deux courbes est utilisée pour ouvrir la voie : une courbe de la baisse des prix à long terme des ressources renouvelables et une courbe à long terme de la hausse du prix des hydrates de carbone. Cette juxtaposition est dérangementue puisque, à première vue, il semble que les producteurs des régions rurales seront enfermés dans une spirale descendante des prix, surtout si la majorité de la transformation à valeur ajoutée et des autres activités génératrices de revenus se produit loin des régions de production primaire. Il est aussi possible de concevoir que les producteurs canadiens puissent se retrouver dans un nouveau cycle de coupure des prix, ne serait-ce qu'avec des pays comme le Brésil et possiblement les États-Unis, qui utilisent un système de subventions pour soutenir les échanges commerciaux.

Nous croyons qu'il est raisonnable de penser que des fluctuations importantes des prix du pétrole et des ressources renouvelables se produiront régulièrement au cours des 15 prochaines années et ce facteur doit être évalué pour l'adoption de nouvelles technologies; sinon, nous risquons de devenir prisonniers d'une structure de soutien des prix qu'il sera difficile de modifier.

Il existe une crainte généralisée qu'une inflation du prix des matières premières se produise dans certaines circonstances : ce pourrait être une pénurie d'éthanol provoquée par l'imposition d'un niveau minimum de mélange dans l'essence, ou par les agriculteurs qui retardent les approvisionnements aux grandes bioraffineries dans l'espoir d'obtenir de meilleurs prix, ou l'utilisation des récoltes pour des activités plus rentables, ou encore, lorsqu'une sécheresse ou d'autres problèmes réduiront le rendement des récoltes. Ces problèmes seront multipliés si les échanges se font sous un régime restrictif.

Le niveau de subventions ou de mesures incitatives pour stimuler la production de bioproduits, comme la production conventionnelle de biocarburants, est une autre grande préoccupation. Même s'il est raisonnable de financer la recherche, la précommercialisation et les projets pilotes de commercialisation, il semble qu'on assiste plutôt à une ruée vers d'importantes subventions

et de possibles congés fiscaux majeurs. La comparaison est faite en fonction d'autres formes d'énergies, de modes de transport et de mesures incitatives en alimentation, et plus particulièrement pour les ressources de pétrole non conventionnelles (les sables bitumineux) et divers versements pour l'agriculture comme ceux instaurés aux États-Unis et en Europe.

Nous craignons le développement et l'imposition de nouveaux ensembles de mesures fiscales de restriction des échanges commerciaux (interprovinciales ou internationales) et de mesures environnementales abusives. Lorsqu'elles sont en place, il devient difficile de les éliminer. Nous préconisons de minimiser ces mesures incitatives au Canada, que ce soit pour les innovations en matière de biotechnologie ou pour toute autre technologie. Nous nous retrouverons sur une voie très différente de celles choisies par d'autres pays, comme les États-Unis ou certains pays de l'Union européenne, mais elle nous permettra de mettre l'accent sur le développement des technologies et des processus industriels qui remplissent les conditions que nous avons établies au chapitre 1.

Choix des consommateurs

Même si nous pouvons penser que les nouveaux bioproduits ne seront pas accueillis dans la polémique comme l'avait été l'introduction des produits alimentaires transgéniques, plusieurs des mêmes enjeux seront soulevés. Sans compter les nouveaux enjeux, comme établir les critères qui déterminent si les nouvelles chaînes d'approvisionnement (comme celles pour l'approvisionnement en biocarburants) sont durables sur le plan de l'environnement. Ces débats reviendront sur la scène rurale puisqu'ils doivent défendre leurs pratiques d'utilisation des terres et des réserves d'eau, répondre aux inquiétudes pour les espèces et leur habitat, etc. Il est probable que des pressions internationales, et possiblement canadiennes, fassent apparaître des exigences d'homologation (voir chapitre 7). Ces procédures peuvent devenir onéreuses et exiger des efforts d'admissibilité auxquels ni l'industrie biotechnologique, ni les gouvernements et ni les producteurs ruraux ne semblent vraiment bien préparés.

Processus décisionnels

Nous proposons une hiérarchie simple qui guidera les décisions au cours des prochaines années, jusqu'à ce que s'installe une meilleure compréhension de l'offre et de la demande pour les biocarburants, ou pour régler des problèmes urgents comme la destruction des forêts par les scolytes ou pour réaliser le rôle du Canada (possiblement en croissance pendant les prochaines années) comme exportateur de denrées alimentaires. Première règle : viser l'utilisation des bioproduits fabriqués à partir de déchets aussi souvent que possible. Deuxième règle : utiliser la biomasse pour les aliments, les fibres et les biocarburants, dans cet ordre de priorités. Troisième règle : favoriser les processus qui récupèrent tous les sous-produits et qui minimisent la pollution ou les déchets.

Nous visons un modèle décisionnel axé sur la planification et la gestion flexibles qui permet d'apprendre en progressant, de prévoir les imprévus, de faire participer pleinement les intervenants en régions rurales et qui permet d'éviter de s'enfermer dans de nouveaux mécanismes insoutenables de développement industriel et de développement des régions rurales. Nous devrions réussir à mettre en œuvre des projets pilotes pour améliorer l'efficacité des nouveaux processus et réaliser des percées qui pourraient être commercialement rentables et qui offriraient à la société des avantages optimaux issus du développement durable.

Les conclusions à l'analyse des trois composantes du développement durable

Économie

Il est difficile d'établir si les développements biotechnologiques, et plus particulièrement les bioproduits, auront un impact économique important dans les communautés rurales. Certains types de biotechnologie pourraient présenter des avantages transitoires aux premiers utilisateurs, mais qui s'amenuiseraient à long terme lorsque tous les concurrents auraient adopté ces technologies. Certains avantages économiques, comme la création de nouveaux emplois, pourraient améliorer les revenus en régions rurales, augmentant ainsi les coûts pour des agriculteurs. D'un autre côté, si des agriculteurs adoptent des nouvelles biotechnologies qui augmentent leurs revenus et diminuent leurs coûts d'exploitation, les agriculteurs qui n'auront pas pris ce virage technologique risquent une réelle diminution de leur rentabilité : ne pas suivre la parade n'est peut-être pas le bon choix.

Certains pourraient faire valoir que toute augmentation des revenus en régions rurales pourrait potentiellement stimuler des exploitations qui, autrement, pourraient ne pas survivre. Mais, il serait intéressant de savoir si l'objectif du développement économique durable en est un de survie ou de progression; si l'objectif est d'aider une exploitation boiteuse à rester boiteuse, il est alors possible que la biotechnologie offre juste assez d'avantages pour réaliser ce but. Cependant, si l'objectif est de stimuler et de développer les exploitations et les communautés rurales, alors les impacts potentiels qui découleraient de la biotechnologie sont plus difficiles à évaluer.

Notre analyse suggère que l'emplacement choisi pour installer les bioraffineries est un facteur critique; ces installations fourniront la possibilité de créer de nouveaux emplois de grande valeur pour les communautés rurales. Les bioraffineries nécessiteront des activités de services—surtout liées aux transports et à la logistique—qui pourraient créer encore plus d'emplois. De plus, les bioraffineries généreront de nombreuses marchandises qui pourront, à leur tour, être transformées en produits et services. Les bioraffineries peuvent être un pivot pour les communautés rurales, mais la viabilité économique de ces installations rurales, qui exigera le développement d'arrangements financiers et institutionnels pratiques, demeure très théorique. Plusieurs autres projets pilotes devront être réalisés au cours des cinq prochaines années.

Environnement

Les perspectives pour l'environnement issues des applications biotechnologiques fondées sur le développement durable sont confuses. Comme nous l'avons mentionné en détail dans d'autres sections de ce rapport, les avantages projetés (comme la réduction de la pollution par les parcs d'engraissement, la réduction de l'épandage de pesticides et une plus faible dépense d'énergie) sont parfois atténués par des préoccupations sur les effets imprévus produits par les nouveaux organismes et sur la méconnaissance des réactions produites par la récolte croissante de biomasse des divers systèmes de ressources naturelles. Les impacts environnementaux varient en fonction des innovations biotechnologiques à l'étude. Nous croyons que les avantages produits par les applications biotechnologiques dans les régions rurales pour contrer l'émission de gaz à effet de serre seront modestes dans un avenir prévisible et devront être comparés (en termes de rapport coût-efficacité) avec d'autres activités alternatives.

Social

Les principaux impacts sociaux prévus, associés à la biotechnologie, résulteraient d'un niveau d'éducation plus élevé et d'un solide réseau de partage d'information dans les communautés. Un renouveau ou un accroissement des activités économiques pourrait produire des investissements parallèles dans les infrastructures sociales des régions rurales et des initiatives fructueuses de coopération pourraient augmenter le niveau de confiance et de solidarité des communautés.

Ces résultats positifs doivent être tempérés par les résultats potentiels identifiés⁷⁴, comme :

- Une augmentation des secrets et de la surveillance en raison d'ententes sur la propriété intellectuelle qui érodent la culture de partage et de soutien mutuel des régions rurales;
- La perte du contrôle des terres lorsque les fermes prennent de l'expansion et deviennent possiblement la propriété d'exploitants qui habitent ailleurs;
- La déqualification des travailleurs au moment où les nouvelles technologies permettent aux producteurs de porter moins d'attention au climat local et à l'état des terres; et
- L'augmentation des conflits entre les producteurs en raison des besoins de protection des produits de grande valeur qui sont essentiels à leur valeur commerciale (comme, la contamination transgénique de cultures biologiques; mélange d'espèces sauvages et d'espèces en aquaculture)

Nous prévoyons que les impacts de la biotechnologie sur la durabilité du tissu social des régions rurales trouveront un équilibre difficile entre tous ces enjeux et qui pourrait varier d'une communauté à l'autre.

La biotechnologie en 2020—De nombreux facteurs, de nombreuses hypothèses

L'analyse de la chaîne d'approvisionnement démontre clairement le niveau de complexité pour réussir la transformation vers une bioéconomie. L'enjeu va au-delà du concept des nouvelles biotechnologies qui font des choses plus proprement et pour moins cher : il découlera d'une suite de transformations qui comprennent de nouvelles relations, de nouvelles connaissances et de nouvelles infrastructures dans de nombreux secteurs. Les transformations essentielles comprennent les éléments suivants :

- Les technologies pour les bioraffineries évolueront rapidement;
- La rentabilité de ces entreprises s'améliorera rapidement;
- Le prix du pétrole se maintiendra à des niveaux supérieurs à 75 \$US le baril;
- Les producteurs adopteront les nouvelles technologies et les processus de transformation;
- De nouvelles relations se formeront rapidement et solidement tout au long des chaînes d'approvisionnement;
- Des processus réglementaires définiront leur raison d'être et atteindront leurs buts;
- Des échanges internationaux resteront ouverts aux produits et services biotechnologiques;
- Et l'attitude du public envers la biotechnologie deviendra plus nuancée et ouverte.

⁷⁴ M. Mehta, *The Impact of Agricultural Biotechnology on Social Cohesion* (Vancouver : UBC Press, 2005) : www.genomecanada.ca/ge3ls2005/proceedings/06_03.asp

Réussir à maîtriser tous ces facteurs au cours des prochaines années est une œuvre de taille à réaliser.

Il est évident que dans un avenir rapproché (à moyen terme), la biotechnologie présente un labyrinthe de possibilités pour le développement durable en régions rurales du Canada. Même si plusieurs de ces innovations qui sont évaluées et développées maintenant pouvaient améliorer la situation environnementale ou économique, elles apparaissent dans un contexte international complexe qui nécessite le réoutillage des chaînes d'approvisionnement, un grand apprentissage social et des investissements assez substantiels. Il est nécessaire de faire preuve d'une volonté de fer et d'obtenir des efforts coordonnés de nombreux intervenants pour en faire une transition fructueuse.

CHAPITRE 5. Cadre d'évaluation du développement durable

Raison d'être d'un cadre d'approche⁷⁵

Si le Canada, par ses objectifs pour sa politique en matière d'innovation, souhaite développer la biotechnologie pour appuyer le développement durable, il doit établir un cadre d'évaluation précis. Sans un cadre, il sera difficile d'évaluer précisément les risques et les possibilités, et de réussir à prendre de solides décisions pour l'orientation de la politique. Sans outils d'évaluation fiables, les décisions ont tendance à être retardées ou évitées. Cette passivité peut occasionner des problèmes pour les investisseurs du secteur privé intéressés aux nouvelles technologies et retarder le développement d'innovations potentiellement utiles qui répondraient à des besoins urgents liés au développement durable. Sans compter que la confiance du public peut s'évanouir, comme lors des débats qui ont entouré l'introduction controversée des cultures et des aliments transgéniques en Europe.

Comme indiqué dans d'autres chapitres, le Canada n'a pas pleinement évalué les conséquences écologiques, sociales et économiques de la vague imminente d'applications biotechnologiques, ni institué de mécanismes pour se rallier la compréhension et l'acceptation du public. Nous pourrions faire valoir qu'il en est de même pour de nombreuses initiatives contemporaines, comme les récoltes transgéniques et les biocarburants; idéalement, ces conséquences devraient être traitées de façon intégrée, en analysant les interactions entre les différentes catégories de retombées. Une telle approche permettrait de cerner le triple résultat des aspects sociaux, économiques et environnementaux de la durabilité⁷⁶. L'approche produirait une vision plus équilibrée de la démarche d'évaluation et de la réglementation à utiliser et qui tiendrait compte, par exemple, de l'application d'instruments et de méthodes d'analyses sur les enjeux liés à la biotechnologie environnementale et à la conservation de la biodiversité.

Un cadre d'évaluation du développement durable devrait être disponible pour les politiques en matière de biotechnologie, les initiatives de R-D, les stratégies de précommercialisation et pour l'étape de la mise en œuvre. Un cadre d'approche permettrait d'utiliser pleinement les méthodes et les outils d'évaluation existants et ne devrait pas supplanter les cadres réglementaires fédéraux actuels, comme ceux indiqués au chapitre 3. En fait, le cadre aiderait à évaluer les enjeux qui restent généralement sans réponses avec les méthodes d'évaluations courantes : par exemple, les promoteurs de la biotechnologie utilisent le développement durable comme justification pour

⁷⁵ Ce chapitre s'inspire en partie d'un document de référence préparé pour ce rapport par Barry Sadler, *Towards a Framework for Sustainable Development Assessment (SDA) of Biotechnology*. Les sujets abordés ici sont analysés plus en détail dans le document de référence, qui est disponible sur demande au : info@cbac-cccb.ca

⁷⁶ Le développement des biocarburants est un exemple révélateur d'un tel besoin. Il existe presque autant d'opinions sur les avantages et les coûts économiques, sociaux et environnementaux qu'il y a d'analystes. Parmi les analyses qui offrent une vue d'ensemble des trois aspects, citons : K. Parris, *Lessons from the OECD Workshop on Biomass and Agriculture* (2004); W. Maybee, *Economic, Environmental and Social Benefits of 2nd Generation Biofuels in Canada*, document de synthèse du programme d'intégration de la recherche de BIOCAP (2006); un document très controversé par T.W. Patzek et D. Pimentel, « Thermodynamics of Energy Production from Biomass », *Critical Reviews in Plant Sciences* (24) (2005), pp. 327–364.

continuer à aller de l'avant, alors que la question qui consiste à comprendre si cette durabilité est vraiment mise de l'avant n'est pas rigoureusement analysée ou elle ne l'est pas avec des normes ou des indicateurs pertinents.

Nous devons souligner la nature provisoire d'une approche d'évaluation du développement durable, puisqu'il n'existe aucune procédure formelle au Canada. Fort heureusement, des points d'entrée existent pour l'approche au développement durable, autant au niveau stratégique que des projets, qui font appel au savoir canadien et international⁷⁷. Dans ce chapitre, nous proposons une ébauche d'approche et analysons comment le cadre pourrait être utilisé conjointement aux outils d'évaluation existants. À la fin du chapitre, nous évaluons quelques méthodes utiles développées pour l'évaluation à long terme d'applications biotechnologiques intégrées, qui comprennent des guides technologiques, des analyses de prévisibilité et des scénarios de développement.

La situation réglementaire actuelle

Nous ne voulons pas paraître alarmistes relativement à la réglementation en matière de biotechnologie. Des procédures sont en vigueur pour s'assurer qu'un certain niveau d'évaluation de la sécurité environnementale soit effectué avant que tout nouveau produit dérivé de la biotechnologie puisse être disséminé dans l'environnement au Canada. Nous croyons qu'un important mécanisme de prudence est actuellement en place dans la réglementation environnementale canadienne. Le Canada compte plusieurs processus réglementaires clés pour l'évaluation de la biotechnologie. Ainsi, certains aspects de la biotechnologie en matière de foresterie pourraient être soumis à la *Loi sur les semences pour les arbres transgéniques*, à la *Loi sur la protection des végétaux pour leur importation*, à la *Loi sur les engrais pour les biofertilisants et la mycorhize*, et la *Loi sur les produits antiparasitaires pour les biopesticides*. La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) entre en vigueur lorsque des promoteurs tentent d'introduire de nouvelles caractéristiques. Il est possible que les évaluations environnementales de certains projets d'envergure ou de certains cas d'introductions soient réalisées sous le régime de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) ou sous le régime de lois provinciales d'évaluations. Même si le Canada n'a pas ratifié certains protocoles internationaux, notamment le Protocole de Cartagena qui gouverne les mouvements transfrontaliers d'organismes vivants modifiés, il est actif dans le développement de ce Protocole et dans d'autres aspects de la Convention-cadre mondiale sur la diversité biologique⁷⁸. Cette batterie de lois et de réglementations domestiques et internationales est imposante et même déconcertante.

Ce que nous recherchons est un moyen de rationalisation pour ces processus réglementaires afin que les initiatives prioritaires progressent rapidement et efficacement, tout en assurant que nous ne soyons pas entraînés dans des directions biotechnologiques qui pourraient difficilement

⁷⁷ Un sommaire très récent d'approches novatrices d'évaluation est présenté par B. Dalal-Clayton et B. Sadler, *Strategic Environmental Assessment: A Sourcebook and Reference Guide to International Experience* (Londres : Earthscan, OCDE, PNUE, IIED, 2004) : www.iied.org/spa/sea.html.

⁷⁸ Il est important pour le Canada d'avoir une solide stratégie pour les ressources génétiques, qui comprennent l'accès, le partage des avantages et une compréhension claire des répercussions pour toutes ces ressources au Canada. Voir M.J. et al., *Strategies for Accessing and Using Biodiversity-based Genetic Resources for a Bio-based Economy Assessment of Approaches in Other Countries and Options for Canada*. (Ottawa : Stratos, Inc., 2004).

permettre d'atteindre de meilleurs résultats de durabilité, ou d'être entraînés dans des situations qui créeraient des problèmes écologiques, sociaux et économiques qui deviendraient coûteux à régler.

L'introduction de biotechnologies au cours des prochaines années pourrait souffrir de l'héritage légué par l'introduction des cultures transgéniques, alors que le développement des technologies a précédé la compréhension et le consentement à accepter, par la société, les affirmations concernant les avantages⁷⁹, d'autant que ces avantages n'ont pas été perçus comme étant directement avantageux pour les consommateurs. Les controverses créées par ces situations ont provoqué des restrictions sur les recherches européennes, empêché l'introduction de certaines cultures transgéniques (comme du blé transgénique au Canada), imposé de grandes précautions pour des essais en champ de cultures d'arbres transgéniques comme le peuplier, des réactions commerciales craintives de pays comme la Chine, les nations de l'Union européenne, et un rejet de l'aide alimentaire en produits transgéniques par certains pays africains. Il s'est écoulé une décennie après l'introduction des premières cultures avant que les évaluations scientifiques commencent à fournir des réponses utiles fondées sur les preuves⁸⁰. Selon de nombreux analystes sérieux du milieu scientifique, il existe toujours de nombreuses lacunes qui n'ont pas été comblées.

Les enjeux soulevés par les cultures transgéniques existantes et par les nouvelles applications biotechnologiques, comme les bioproduits, et pour lesquels seuls des renseignements fragmentaires ont été présentés comprennent :

1. Un manque de connaissances exhaustives sur des facteurs écologiques fondamentaux, comme les effets à long terme pour l'écologie et la fertilité des sols⁸¹, et sur la biodiversité⁸². Comme indiqué dans le chapitre 3, la recherche fondamentale sur les impacts pour les écosystèmes est toujours incomplète et une nécessaire approche écorégionale fait défaut;
2. Un manque de résultats convaincants qui démontrent de réelles améliorations environnementales;
3. Des mécanismes inadéquats pour assurer la distribution des avantages aux producteurs et aux utilisateurs;
4. Une application incohérente des principes de précaution et une valeur limitée des méthodes d'évaluation des risques;

⁷⁹ Pour une analyse rétrospective, voir G. Brookes et P. Barfoot, *GM Crops: The Global Socioeconomic and Environmental Impact – The First Nine Years 1996-2004* (R.-U. : PG Economics Ltd, 2005).

⁸⁰ U.S. Institute of Medicine and National Research Council, Committee on Identifying and Assessing Unintended Effects of Genetically Engineered Foods on Human Health, *Safety of Genetically Engineered Foods. Approaches to Assessing Unintended Health Effects*. (National Academy Press, 2005).

⁸¹ P.P. Motavalli et al., « Impact of Genetically Modified Crops and Their Management on Soil Microbially Mediated Plant Nutrient Transformations », *J. Environ. Qual.* (33) (2004), pp. 816-824.

⁸² Gouvernement de l'Alberta, *The Alberta Biodiversity Monitoring Program, Program Overview and Consultation Background* (2005). Cette initiative provinciale offre un grand nombre de sites de surveillance de la biodiversité/écologie, et, entre autres, la publication périodique *State of Biodiversity Report*.

5. Des impacts potentiels imprévus comme la contamination des terres agricoles adjacentes, de la dissémination de matériel génétiquement modifié dans les populations naturelles, des effets toxiques possibles sur des espèces non ciblées et la sélection d'espèces parasites tolérantes aux herbicides;
6. Des succès commerciaux limités de certains bioproduits en raison des politiques économiques actuelles et de la dominance établie des produits pétrochimiques dans le marché;
7. Des lacunes et des chevauchements dans les cadres de réglementation canadienne et de longues attentes pour obtenir les approbations;
8. Et des connaissances fragmentaires sur tous les impacts des exploitations intégrées comme celles associées aux chaînes de valeur des bioraffineries.

La présentation de ces enjeux ne signifie pas que les innovations biotechnologiques sont mauvaises. Cependant, l'absence d'un bon cadre analytique et de solides conclusions fondées sur la science rendent difficiles le développement d'une vue d'ensemble complète et intégrée qui permet de faire les choix les plus avantageux. Nous prévoyons que l'examen futur des biotechnologies sera encore plus difficile et que plus nous en connaissons, plus les questions qui en résultent seront complexes à répondre. Cette situation est déjà devenue apparente comme, par exemple, pour l'examen des impacts à long terme de la récolte croissante de débris végétaux des terres cultivées industrielles ou des zones forestières. Un autre type de préoccupation qui nécessite une évaluation, est la difficulté d'assigner des droits de propriété intellectuelle et l'accès aux avantages associés à la biodiversité, comme la bioprospection du plancher océanique pour la conception de nouvelles enzymes industrielles.

La dernière remarque pour cette section en est une d'urgence : les défis relevés au cours de la dernière décennie, lorsque la « charrette » de la biotechnologie agricole est apparue devant les « chevaux » de la politique et de la réglementation, pourraient être bien légers en comparaison des défis que poseront les produits actuellement en cours de développement. C'est particulièrement vrai pour ces aspects de la biotechnologie qui visent la transformation d'une économie axée sur les combustibles fossiles vers une bioéconomie. Ils comprennent :

- Les avantages et les coûts économiques, écologiques et sociaux des choix technologiques pour les biocarburants;
- L'évaluation intégrée des bioraffineries et de leurs produits;
- les mécanismes qui assurent l'introduction sécuritaire de l'agriculture pharmacomoléculaire;
- Et les difficiles questions qui touchent aux espèces transgéniques envahissantes et à leur introduction délibérée en foresterie, en aquaculture, en agriculture et sous certaines formes de biorestauration.

Dans un avenir prochain, de nouveaux domaines comme la bionanotechnologie ouvriront la porte à des besoins additionnels d'évaluation intégrée.

Les notions fondamentales de l'évaluation du développement durable

Le principal objectif de ce chapitre est d'entrevoir les possibilités, pour la biotechnologie, que recèle un cadre d'évaluation du développement durable. Nous exposons ci-dessous les procédures qui permettent d'identifier les initiatives qui exigent une évaluation supplémentaire. Nous allons aussi examiner la fiabilité des instruments et des méthodes qui mesurent les impacts potentiels cumulatifs au niveau des écosystèmes qui pourraient être associés à des applications biotechnologiques à grande échelle, plus particulièrement l'agriculture transgénique et les cultures industrielles, l'utilisation de matières résiduelles et l'exploitation des bioraffineries, et les impacts de la biorestauration. L'évaluation devrait être comparative, examinant les initiatives proposées pour les comparer à des situations de *statu quo* et aussi prendre en compte des solutions alternatives, comme les différents moyens de production de l'éthanol, afin de bien saisir les notions de coût-avantage et de faisabilité.

Nous analyserons la façon de réunir les considérations d'ordre social, économique et environnemental pour la prise de décisions futures en matière d'investissements, ou pour peser les « pour » et les « contre » associés à des propositions particulières. Cette dernière préoccupation souligne le besoin de procéder à des évaluations à différentes étapes et niveaux de la prise de décisions, comme l'élaboration de politiques qui soutiennent l'innovation, la recherche et le développement de nouvelles technologies, les processus et les produits issus des matières premières et de la production industrielle, et les modes de disposition et de réutilisation (berceau à berceau).

Un cadre d'évaluation pour le développement durable, accepté et fait au Canada, n'est toujours pas élaboré, et a encore moins fait l'objet d'un projet pilote pour sa pertinence avec la biotechnologie. Cependant, les concepts, les perspectives et les principes fondamentaux du développement durable sont maintenant bien connus et des méthodes et procédures diverses d'évaluation d'impacts sont utilisées au niveau fédéral depuis quelque 30 ans. Des approches d'évaluation du développement durable, ou des termes équivalents⁸³, ont été mises en œuvre dans plusieurs pays, dont le Royaume-Uni et l'Australie. Ces tendances représentent l'arrivée d'une troisième génération de processus d'évaluation d'impacts, qui renforce et fait progresser, au niveau des projets, les plans et les programmes d'études d'impacts environnementaux (EE) et de l'Évaluation environnementale stratégique (EES). En déployant ces développements, nous avons un aperçu des composantes de base de l'évaluation du développement durable, ou au moins dans sa forme provisoire.

Le cadre que nous proposons consiste en une série de notions interreliées, qui passent de l'idée générale à l'application spécifique :

1. Les perspectives fondamentales du développement durable pour évaluer la progression générale vers (ou en s'éloignant) de la durabilité;
2. Buts, principes et critères qui peuvent soutenir une approche intégrée à l'évaluation du développement durable;

⁸³ Termes équivalents ou presque équivalents pour l'évaluation du développement durable comprennent : évaluation ou estimation de la durabilité (R.-U.), évaluation des impacts sur la durabilité et l'évaluation intégrée (Commission européenne), analyse stratégique d'impact (OCDE/CAD), et évaluation intégrée et planification d'un avenir durable (PNUE).

3. Exemples de systèmes ou de processus d'évaluation du développement durable, ou de leur terme équivalent, examinés dans le contexte de la biotechnologie;
4. Et les outils disponibles.

L'assise

Trois éléments du développement durable forment l'assise de l'évaluation du développement durable. Une initiative biotechnologique devrait :

1. Réunir le double principe de l'équité intragénérationnelle, ou l'amélioration du bien-être de tous, surtout les pauvres et les désavantagés, et l'équité intergénérationnelle, ou conserver les choix et les possibilités de développement pour les générations suivantes;
2. Conserver, ou mieux, accroître le stock de capital disponible (par habitant) afin de répondre aux besoins actuels *et* futurs, en accordant une attention particulière à la préservation de la nature du capital et à son niveau qui garantit le fonctionnement intégral de sources et de puits essentiels (c'est-à-dire une durabilité forte ou modérée);
3. Et ne pas transgresser les seuils environnementaux globaux importants, mais respecter le système des quatre conditions pour une durabilité à long terme ou absolue (voir l'encadré 1-4).

Intégration

L'évaluation du développement durable exige une intégration de fond des piliers économiques, environnementaux et sociaux du développement durable, et l'intégration procédurale des étapes, des méthodes et des possibilités d'évaluation pour la participation et les apports des intervenants à la prise de décisions sur les stratégies et les actions proposées. Les progrès actuels qui nous approchent ou qui nous éloignent du développement durable peuvent être mesurés en fonction d'objectifs et de principes (portée normative à viser) ou de critères de résultats (signaux d'alerte pour éviter ou une zone minimum sécuritaire). Ils peuvent être décrits de façon générique, mais ils varient selon le contexte et doivent être spécifiés comme applications à différents types d'initiatives biotechnologiques.

Les principaux objectifs pour les prises de décisions intégrées doivent être traités simultanément et être adéquatement équilibrés pour refléter le mélange des gains environnementaux, sociaux et économiques qu'une société, un secteur ou une communauté veut atteindre *et* les gains dans un domaine ne peuvent pas être faits aux dépens de pertes qui dépassent le triple résultat d'un autre domaine. Une telle approche consistera en cinq éléments (voir l'encadré 5-1).

L'évaluation devrait contribuer à un processus intégré de prise de décision centré sur les trois colonnes de l'encadré 5-1, comme mentionné en détail ci-dessous :

Une approche systématique pour analyser les impacts et les enjeux économiques, environnementaux et sociaux associés aux biotechnologies proposées. Il existe un vaste champ d'expérience pour l'évaluation séparée des trois formes d'impacts. La procédure de l'évaluation environnementale (EE), avec certaines modifications, pourrait être mise en application pour exécuter l'évaluation du développement durable de la biotechnologie au

niveau du projet en deux étapes : une évaluation préliminaire (filtrage et délimitation), et l'analyse des impacts pour les initiatives majeures (comme des installations pour le bioéthanol à l'échelle commerciale). Dans le même ordre d'idées, une procédure de l'EES (maintenant garantie par les pays membres de l'Union européenne) pourrait être adaptée aux stratégies biotechnologiques et à d'autres propositions de haut niveau. Avec ce modèle les évaluations d'impacts se dérouleront sur trois axes parallèles avec une intégration complète exécutée lors de la prise de décision finale (voir ci-dessous) ou utiliser une méthodologie intégrée. La dernière approche semble plus pratique selon des expériences courantes, même si elle présente certains défis.

Un cadre des objectifs, des principes et des critères de durabilité sur lesquels il est possible d'évaluer les effets. Cette démarche implique de mesurer l'importance des effets économiques, environnementaux et sociaux d'un projet contre un cadre explicite de critère de durabilité. Un tel cadre pourrait avoir quatre sous-niveaux :

- **Les buts et objectifs économiques, environnementaux et sociaux** que l'ensemble du secteur ou l'initiative biotechnologique spécifique cherchent à atteindre, donnant une orientation et une cible à l'évaluation du développement durable;
- **Les principes du processus** qui gouvernent l'ensemble de l'évaluation, qui comprennent les conditions prescrites, l'orientation formelle et des pratiques exemplaires reconnues, renforcée au besoin par des règles de jugement spécifiques à l'évaluation du développement durable (par exemple, pour déterminer les gains et les pertes nettes associés aux initiatives biotechnologiques);
- **Les principes de corroboration** qui guident l'évaluation des effets en fonction de la détermination de la portée dans un contexte de durabilité. Pour avoir une solide certitude de durabilité, il faut appliquer des principes fondés sur l'offre ou les capacités pour préserver le capital naturel, et les principes de la demande ou les principes de la prudence pour renforcer certaines incertitudes scientifiques inhérentes aux principes de l'offre.
- **Les indicateurs spécifiques** qui traduisent les principes généraux en mesure concrètes pour l'évaluation des effets (et les résultats). Ils se divisent en deux types : le triple résultat ou les seuils de sécurité minimaux à ne pas dépasser et les cibles maximales qui indiquent les objectifs ou les valeurs à atteindre.

Un ensemble de règles pour intégrer et mesurer les différents objectifs d'évaluation et de prise de décision qui soutiennent le développement durable. À l'intérieur d'un cadre d'évaluation du développement durable, l'exigence la plus importante est un processus qui concerne et fait concorder les considérations d'ordre social, environnemental et économique d'un projet. Emprunté à l'*Outil de dialogue* du CCCB (une description de l'Outil au chapitre 6), elles pourraient être :

- La plus haute priorité est accordée au choix gagnant-gagnant-gagnant qui optimise les gains nets sans effets négatifs sérieux, puis aux choix où les gains surpassent de manière significative les pertes;
- Lorsque des compromis doivent être faits, la préférence est donnée au meilleur choix pratique pour réaliser des gains qui ne sont pas potentiellement contrebalancés par des impacts négatifs;
- Pour des compromis qui pourraient provoquer des impacts négatifs majeurs ou importants qui peuvent être atténués, la démonstration ou le fardeau de la preuve revient au promoteur et doit s'avérer raisonnablement prudent;

- Compte tenu de la portée potentielle des changements que peuvent produire les modifications ou les disséminations biotechnologiques, les prises de décisions doivent considérer les effets en fonction d'une échelle spatiotemporelle vaste. Dans ce contexte, une importance particulière doit être accordée à l'effet cumulatif à l'échelle des écosystèmes.

Encadré 5-1. Cadre pour une évaluation intégrée qui soutient la durabilité

Facteurs d'évaluation	Impacts environnementaux, sociaux et économiques	Perspectives et points de référence pour la durabilité	Règles de prise de décision et processus de gouvernance
1. Évaluation préliminaire (filtrage et délimitation)	Évaluation des impacts économiques, environnementaux et sociaux	Buts choisis, principes, indicateurs sélectionnés	Science, participation et transparence
2. Analyse d'impact et mesure d'atténuation	←.....	responsabilisation en matière de compromis, prise en charge
3. Comparaison de solutions de rechange pour effets significatifs	←.....
4. Compromis et choix	←.....
5. Mise en œuvre et surveillance des décisions	←.....

Source : PNUE (2003)

Application pratique

L'approche générale à l'évaluation du développement durable décrite ci-dessus, représente ce qui a été qualifié d'évaluation d'impact de troisième génération. Un petit nombre de systèmes et de processus sont déjà en place au Canada ou ailleurs dans le monde; ils évaluent les piliers sociaux, économiques et environnementaux et/ou les situent dans un certain cadre de durabilité. Ces exemples opérationnels d'évaluation du développement durable, et des approches équivalentes, méritent l'attention pour leur adaptation potentielle à un cadre canadien du développement durable pour une évaluation biotechnologique.

Les processus EE et EES : Lorsque ces processus comprennent les impacts sociaux, sanitaires et économiques, ou font une certaine référence aux considérations de durabilité, ils offrent une base pour procéder à une approche intégrée. Au Canada, les régimes fédéraux de l'EE et du l'EES tombent dans cette catégorie même si aucun des deux n'a vraiment été appliqué à la biotechnologie. Plutôt, les évaluations de la sécurité sanitaire, alimentaire et environnementale sont effectuées en vertu d'autres mesures législatives. Cependant, on découvre de plus en plus que l'EE pourrait effectuer des contrôles de sécurité pour répondre à d'importantes préoccupations d'ordre écologique et socio-économique relativement à l'introduction commerciale de cultures transgéniques; le rôle potentiel de l'EES⁸⁴ est aussi constaté pour l'intégration de ces données au cours de la phase initiale de précommercialisation du développement biotechnologique⁸⁵. Il a été recommandé d'utiliser une approche fondée sur le risque, qui tire parti de l'analyse qualitative et quantitative, et qui encourage la participation du public.

Les effets de la dissémination potentielle et des changements cumulatifs sur l'ensemble des écosystèmes associés à l'introduction de nouveaux organismes vivants devraient faire partie de l'évaluation environnementale. À long terme, l'évaluation environnementale des nouveaux organismes vivants pourrait fournir la base de départ et la méthode d'évaluation requises (voir chapitre 3). Une disposition discrétionnaire a été adoptée lors de récents amendements à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* pour les évaluations régionales. Au niveau provincial, le facteur des effets cumulatifs est une composante du système de gestion intégrée des ressources (comme en Alberta et en Colombie-Britannique). Les éléments clés de cette approche comprennent l'analyse de base, l'identification du potentiel des ressources et de l'utilisation des capacités, et l'évaluation de possibles changements en fonction de principes et d'indicateurs de nature écologique. Jusqu'à maintenant, ces aspects sont peu appliqués au Canada, voire pas du tout, dans le contexte de l'évaluation biotechnologique.

Les systèmes de protection totale. Certains pays se sont dotés de systèmes d'évaluation des impacts en fonction de considérations économiques, environnementales et sociales. Ils comprennent :

L'étude des impacts de la réglementation (RIA—*Regulatory Impact Assessment*) qui, dans sa forme traditionnelle, est une analyse des coûts-bénéfices de projets réglementaires pour déterminer s'ils représentent le meilleur choix sur les plans des risques sanitaires, économiques et environnementaux. Des versions plus élaborées de cette approche comprennent l'*European Commission Integrated Impact Assessment*, et le processus *RIA du Royaume-Uni* qui a incorporé un cadre d'évaluation des politiques flexibles et intégrés, afin de réussir à mesurer tous les effets (les impacts sur la santé, sur les régions rurales et les impacts multiculturels). L'expérience du système RIA par la Commission européenne et par le Royaume-Uni suggère, qu'en pratique, il pourrait être perçu comme un modèle d'intégration partielle qui met l'accent sur l'analyse des coûts-bénéfices avec peu de références explicites à la durabilité.

⁸⁴ N.A. Linacre et al., *Strategic Environmental Assessment. Assessing the Environmental Impact of Biotechnology* (sommaire d'un article plus détaillé) (IFPRI, 2005) : www.ifpri.org/pubs/ib/ib41.pdf.

⁸⁵ SAFT (Cadre et Outil d'évaluation de la durabilité - Sustainability Assessment Framework and Toolkit) est une réussite canadienne intéressante qui est développée comme outil intégré d'examen des initiatives de R-D et possiblement des étapes de précommercialisation en développement biotechnologique. Voir D. Minns, *A Prototype Sustainability Assessment Framework and Toolkit (SAFT) for Application to Technology and Innovation Roadmapping* (Industrie Canada, 2003).

Le bilan régional complet (CRA—*Comprehensive Regional Assessment*), tel qu'appliqué aux plans et politiques pour la forêt australienne, est effectué à l'aide de deux structures parallèles d'évaluation environnementale et patrimoniale : la première concerne la valeur des forêts et des choix de gestion écologique durable, et la deuxième se rapporte à l'évaluation économique et sociale qui découle de l'utilisation des ressources, des possibilités de développement et des conséquences de leur exploitation. C'est un processus ouvert et public, conforme aux procédures de l'EE et il mène à la conclusion d'ententes entre le gouvernement fédéral et celui des États pour établir un équilibre entre la protection et l'utilisation des forêts. L'approche CRA offre une perspective pour évaluer les stratégies biotechnologiques qui prévoient l'introduction de cultures ou d'arbres transgéniques à l'échelle d'une région ou de tout un écosystème.

Évaluations spécifiques à la biotechnologie : Les exemples de systèmes d'évaluation qui s'appliquent spécifiquement à la biotechnologie tombent dans deux catégories principales :

- **L'évaluation technologique** a été utilisée aux États-Unis au milieu des années 1960 pour examiner les avantages et les conséquences dommageables potentielles sur les plans sociaux, économiques et environnementaux de technologies nouvelles ou modifiées. Elle est interprétée plus librement et moins bien définie que l'EE, même s'il existe beaucoup de chevauchements dans leur processus et leur approche. L'évaluation technologique est devenue plus fragmentée (stimulée par la demande) et, récemment, plus spécifiquement ciblée. Les biotechnologies et les nanotechnologies sont perçues comme des garanties du retour de l'évaluation technologique dans son ensemble, qui constitue la base de la refonte des systèmes ou qui favorise des investissements productifs.
- **L'évaluation des risques** est largement utilisée pour déterminer la possibilité ou la probabilité de dommages pour la santé ou l'environnement qui découleraient de diverses activités, qui comprend l'introduction de biotechnologies. C'est un processus formel que d'évaluer l'incertitude, généralement par la quantification des effets. Lors de nombreuses situations de grande incertitude, il faut prendre en compte les perceptions du risque par le public et l'incorporer aux communications des risques. Une approche fondée sur le risque est aussi utilisée dans l'EE et l'EES, spécialement pour traiter les effets cumulatifs et les changements au niveau de l'écosystème. Dans ce contexte, l'utilisation qualitative de l'évaluation comparative des risques peut être utile pour établir les priorités en matière d'enjeux biotechnologiques qui feront l'objet de discussions politiques au Canada.

Voici deux exemples d'approches institutionnelles fondées sur le risque pour la biotechnologie : d'abord, la *Gene Technology Act* (2000), qui assure l'évaluation et la réglementation de certains facteurs qui concernent les organismes génétiquement modifiés (OGM), qui comprend la recherche, la fabrication, la production, la dissémination, la commercialisation et l'importation; ensuite, la *Hazardous Substances and New Organisms Act* (1996) de Nouvelle-Zélande, qui a institué l'Autorité de gestion des risques environnementaux (Environmental Risk Management Authority). L'Autorité procède à l'analyse des risques et des avantages associés aux nouveaux organismes, qui comprend leurs rapports avec les valeurs des Maoris et l'éthique sociétale (l'Autorité est appuyée par un groupe d'experts spécialement constitué).

Outils d'analyse

Une volumineuse trousse d'outils est disponible pour l'évaluation du développement durable. Certains ont une fonction d'intégration ou ont une fonction spécifique liée à une application biotechnologique, comme l'analyse du cycle de vie. Il n'existe cependant pas *une* méthodologie supérieure pour procéder à une telle analyse et les outils traditionnels peuvent être utilisés comme l'analyse coût-bénéfice, ou l'analyse des tendances pour évaluer les impacts et les risques économiques, environnementaux et sociaux. À l'encadré 5-2, des exemples d'outils utilisés pour les quatre principales étapes analytiques sont présentés (qui, dans une large mesure, correspondent aux éléments de l'encadré 5-1).

Lorsque ces outils ou d'autres outils sont utilisés pour l'évaluation du développement durable de projets biotechnologiques, quelques règles générales d'analyse s'appliquent. En premier lieu, ils devront être adaptés au contexte et aux circonstances géopolitiques de l'application. Ensuite, un processus interdisciplinaire devrait être suivi pour s'assurer que les informations et les données économiques, environnementales et sociales soient intégrées ou interreliées à des étapes clés du processus. Troisièmement, l'outil le plus simple adapté à la tâche devrait être utilisé pour l'évaluation du développement durable, même si des méthodes de pointe sont préférables pour des applications biotechnologiques. Quatrièmement, les outils devraient être adaptés aux dimensions spatiotemporelles des effets probables et des incertitudes qui pourraient se produire en raison des connaissances limitées des relations de cause-effet, de données insuffisantes, etc. Finalement, l'information devrait être structurée dans le but de clarifier les compromis présentés et documenter la relation entre les gains et les pertes.

Encadré 5-2. Utilisation des outils pour l'évaluation du développement durable	
Étapes analytiques	Tâches et outils pour analyser les stratégies biotechnologiques
Application pour l'évaluation du développement durable	Déterminer les éléments déclencheurs juridiques et politiques Guides technologiques Utiliser des listes de contrôle formelles/informelles de durabilité
Contexte et analyse de base	Analyse de l'environnement pour avoir une vue d'ensemble Analyse des tendances et extrapolation Matrice de compatibilité politique Délimitation des enjeux et de l'approche
Analyse d'impacts	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres décisionnels et effets réseau • Scénarios • Modélisation systémique • Évaluation comparative des risques (CRA) • Analyse du cycle de vie
Comparaison entre les solutions de rechange et clarification des compromis	<ul style="list-style-type: none"> • Jugements experts • Analyse multicritère • Analyse coûts-avantages • Analyse de sensibilité

Une description détaillée des commentaires pour chacune des étapes et sur les différents outils⁸⁶ est présentée dans le SDA Background Paper par Barry Sadler. Nous nous contentons ici de certaines observations pertinentes.

Utilisation des listes de contrôle

Il n'existe aucun arrangement institutionnel, en vigueur au Canada, capable de déclencher une évaluation du développement durable des biotechnologies. Une approche qui utilise une liste de contrôle sur une base informelle comme point d'entrée pour un travail plus détaillé d'évaluation du développement durable peut être faite. Les listes de contrôle peuvent varier en complexité et en raison d'être, d'une simple liste de questions à une méthodologie ou un système structuré, souligne les éléments importants en mesurant et pesant les impacts. Ils peuvent comprendre un énoncé des objectifs, comme notre exemple à l'encadré 5-3. Cet exemple, tiré d'un récent examen de projet minier et de développement durable pourrait être particulièrement utile pour l'évaluation de la chaîne de valeur de certains bioproduits.

Encadré 5-3. Questions pour une liste de contrôle de développement durable

Les questions suivantes ont été élaborées, pour l'Amérique du Nord, dans le cadre du processus Mines, Minéraux et Développement durable (MMDD), exécutées sur demande du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) et l'IISD⁸⁷:

1. **L'implication** : Des processus d'implication sont-ils en place ou résolus à assurer que toutes les communautés affectées (qui comprend les sous-populations vulnérables ou désavantagées pour des motifs comme : membre d'une minorité, le genre, l'origine ethnique ou la pauvreté) ont la possibilité de participer aux décisions qui influencent leur propre avenir; et sont-elle cohérentes avec les caractéristiques juridiques, institutionnelles et culturelles de la communauté?
2. **Les gens** : Est-ce que le projet/exploitation préserve directement ou indirectement le bien-être des gens (préférentiellement une amélioration) (a) pendant la durée du projet et (b) après la fermeture du projet?
3. **L'environnement** : Est-ce que le projet ou l'exploitation préserve et renforce directement ou indirectement l'intégrité des biosystèmes afin qu'ils puissent continuer après la fermeture du projet à soutenir le bien-être des gens et des autres formes de vie?
4. **L'économie** : Est-ce que la santé financière du promoteur est assurée et est-ce que le projet contribue à la viabilité à long terme de l'économie locale, régionale et globale par des moyens qui aideront à assurer la suffisance pour tous et offrir des possibilités spécifiques pour les plus démunis?
5. **Les activités traditionnelles et hors marché** : Est-ce que le projet contribue à la viabilité à long terme des activités traditionnelles et hors marché dans la communauté et dans la région?
6. **Les arrangements institutionnels et la gouvernance** : Existe-t-il des arrangements institutionnels et offrent-ils la certitude et la confiance que les effets probables du projet soient bien contrôlés et gérés pendant toute la durée du projet?

⁸⁶ Pour recevoir ce document, veuillez contacter info@cbac-cccb.ca.

⁸⁷ www.iisd.org

Analyse du cycle de vie

L'analyse du cycle de vie a été identifiée comme une des méthodes les plus prometteuses pour évaluer les impacts de projets biotechnologiques⁸⁸. Cependant, elle est aussi un des plus difficiles à maîtriser puisqu'elle comporte de nombreuses hypothèses et que les données sont généralement limitées. Cette analyse mesure le plein impact environnemental d'une action stratégique ou spécifique pour la durée de son cycle de vie (que ce soit du berceau au tombeau, ou du berceau au berceau). L'analyse du cycle de vie cherche à mettre l'accent sur les flux de matériel ou d'énergie, et insiste peu sur les facteurs écologiques importants ou sur les impacts qui touchent à la diversité biologique⁸⁹. En réalité, la valeur et le côté pratique de l'analyse du cycle de vie est sujet à questionnement, surtout au niveau stratégique (si on considère que cet outil a été développé principalement pour des produits spécifiques).

D'une perspective biotechnologique, l'OCDE (2001) a décrit trois niveaux où l'analyse de cycle de vie peut être produite :

1. **Analyse du cycle de vie conceptuelle**, offre un cadre ou un *aide-mémoire* pour examiner en détail les enjeux, ce qui pourrait être utile pour délimiter l'enjeu biotechnologique et, peut-être structurer une évaluation du développement durable;
2. **Analyse rationalisée ou simplifiée du cycle de vie**, traite du cycle de vie complet du projet, mais seulement superficiellement ou stratégiquement, là où les impacts spécifiques sont difficiles à déterminer ou lorsque la préoccupation est d'obtenir une vue d'ensemble qualitative, mais informée, des enjeux et des effets;
3. **Analyse complète ou détaillée du cycle de vie**, qui suit la méthodologie normale du calcul de tous les impacts d'un projet en conformité avec l'approche soulignée dans la norme ISO 14040-43.

Il est clair que l'analyse du cycle de vie peut être une alliée utile à l'évaluation du développement durable, mais elle ne remplace pas les besoins pour un tel cadre, ou même des besoins pour de plus vastes évaluations environnementales. Et les hypothèses, la qualité des bases de données et la transparence des calculs doivent tous être considérés.

Vision à long terme : guides technologiques, scénarios et autres moyens de planification et d'évaluation flexible

Élaborer une vision pour un avenir durable permet l'examen des hypothèses de ce qui est possible et la nécessaire analyse rétrospective pour comprendre comment y parvenir. Une telle approche peut se faire avec une variété de modèles, des mécanismes pour sonder l'opinion des experts et du public, et des approches formelles comme des exercices de prévisions. Généralement, ces efforts sont uniques, produisant des perspectives pour les résultats potentiels du développement

⁸⁸ Un exemple d'application : G. Zhi Fu et al., « Life Cycle Assessment of Bio-ethanol Derived from Cellulose », *Int. J. LCA* 8 (3) (2003).

⁸⁹ Un exemple de ce problème est très utile, mais avec une approche limitée à l'analyse du cycle de vie, décrit par B. Dale, *Environmental Impacts of the Biobased Economy*, présenté à l'atelier de travail de l'OCDE « Managing the Transition to a Biobased Economy » (Ghent, Belgique : 1^{er}-2 décembre 2005).

durable qui deviennent ancrés dans les technologies et les hypothèses du moment. Une approche intéressante vise le développement de guides technologiques qui offrent un aperçu exhaustif des possibilités et des sources d'innovations. Plusieurs ont été élaborés au Canada et ailleurs dans le monde⁹⁰ et sont pertinents au BDDE.

Dans notre rapport à l'intention des cadres, nous avons décrit *Imaginons maintenant ... l'an 2020 ...* comme un scénario positif pour la biotechnologie et le développement durable. Ce n'est évidemment qu'un des nombreux scénarios possibles : certains auraient pu être plus pessimistes sur les possibilités et les échéances, alors que d'autres auraient pu mettre l'accent sur les avantages concurrentiels des autres nations pour leur niveau d'investissement, la taille de leur marché, etc. De plus, il serait possible de bâtir un scénario du « pataugeage », où le Canada ne réussit pas à adopter des nouvelles technologies en raison de divers obstacles et d'une inhabileté à favoriser les facteurs importants comme des appels musclés pour un environnement plus propre. Certains pourraient être plus hardis, décrivant un vaste territoire au vaste potentiel de biomasse comme étant « l'avantage naturel » du Canada.

Les scénarios pour la biotechnologie ont eu une place importante lors de plusieurs initiatives internationales. L'OCDE a examiné le rôle des applications de la biotechnologie dans les domaines agricole, médical, environnemental et industriel, et son Secrétaire général a préparé en 2002 un article intitulé⁹¹ *Biotechnology: The Next Wave of Innovation Technologies for Sustainable Development*. L'OCDE s'est lancée dans un nouveau projet : *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. L'essence de ce projet⁹² est de mettre au point une forme d'élaboration des politiques pour les biosciences, dite « sans regrets », afin que des décisions puissent être prises sans s'aliéner de futures possibilités ou choix. L'étude de l'OCDE s'appuiera sur le développement d'un scénario plutôt que sur des prévisions car l'avenir de la biotechnologie est « foncièrement imprévisible ».

En 2000, le World Business Council for Sustainable Development⁹³ a présenté trois scénarios pour la biotechnologie à l'échelle mondiale où chacun avait un élément déclencheur particulier : la peur de l'innovation, les choix des consommateurs et la possibilité de transformer les résultats. Le troisième, intitulé *Bioconfidence*, propose de bâtir la confiance des intervenants tout en tenant compte de huit facteurs de préoccupation : la transparence, la participation continue des intervenants, les règles fondamentales de l'analyse risques-avantages, un système mondial de normes de sécurité, inclure les nations en voie de développement dans le partage des avantages de la biotechnologie, la protection des données, des directives pour le brevetage et l'octroi de licences, et la responsabilité pour les coûts externes et les autres responsabilités civiles.

⁹⁰ Un exemple d'une réussite d'un groupe du secteur privé américain : *The Technology Roadmap For Plant/Crop-Based Renewable Resources 2020*, Renewables Vision 2020 Executive Steering Group (un groupe qui comprend des représentants de l'industrie du maïs, producteurs de produits chimiques, et autres).

⁹¹ I. Serageldin et G.J. Persley (éd.), *Biotechnology and Sustainable Development: Voices of the South and the North*.

⁹² OCDE, *Scoping Paper*, Programme sur l'avenir à long terme (2006) : www.oecd.org.

⁹³ WBCSD, *Biotechnology Scenarios: 2000-2050: Using the Future to Explore the Present* (Genève : 2000) : www.wbcd.org.

Au Canada, l'effort d'anticipation le plus exhaustif s'est réalisé à l'aide de plusieurs exercices de prévision initiés par le Conseil de recherche du Canada et du Bureau du Conseiller en sciences⁹⁴. Cet effort a pour objectif d'influencer par divers moyens les politiques avec cinq formules de capital d'innovation (l'éducation, la protection de l'environnement, la R-D appuyées par le partage des risques, et l'efficacité des institutions publiques et des réseaux par la création d'infrastructures publiques d'investissement). La méthodologie est conforme aux politiques stratégiques, mais elle n'est que complémentaire à l'élaboration des politiques.

La plupart des scénarios et des prévisions relatifs à la biotechnologie, qui comprend les exemples mentionnés plus haut, pourraient être décrits comme des étapes de survol : de premières explorations des sujets. Dans le contexte d'un cadre de développement durable, les outils doivent être affûtés pour accroître leur utilité dans l'examen détaillé d'applications spécifiques (par exemple, quelles sont les options d'investissement pour l'économie agricole de l'ouest du Manitoba en matières de développement de la bioénergie et des bioraffineries; comment ces options se comparent-elles avec les investissements massifs prévus au cours des 20 à 40 prochaines années dans les parcs éoliens; et que pourrait être l'impact des changements climatiques sur ce scénario économique?). Des scénarios devraient régulièrement être élaborés et intégrés à la planification et la gestion flexibles, menant à des décisions qui reflètent, non seulement la disponibilité des informations mises à jour, mais qui tiennent aussi compte du résultat des changements d'attitude et des résultats de mises en œuvre complétées.

Nous réfléchissons sur ces analyses hypothétiques puisqu'elles fournissent des perspectives sur les types d'enjeux à venir qui permettront de bien comprendre et façonner les futures utilisations des applications scientifiques et biotechnologiques. Tout au long de ce rapport, nous avons mis l'accent sur la planification et la gestion flexibles qui exigent un dialogue public et le renforcement du climat de confiance. Nous vivons à une époque où les changements sont constants et les surprises sont chose commune. Une approche flexible stimule les processus d'apprentissages mutuels, où toutes les parties intéressées acceptent ouvertement que ces innovations sont expérimentales et que les répercussions et les impacts n'apparaissent que graduellement.

Nous avons mis l'accent tout au long de notre rapport sur la BDDE sur la nécessité d'avoir une approche de planification et de gestion flexibles. Nous croyons que les approches d'évaluation du développement durable décrites dans ce chapitre étaient une façon de présenter l'évaluation flexible, puisque l'évaluation du développement durable concerne l'avenir, et il est probable qu'elle soit réalisée de façon itérative pendant que les principaux projets arrivent à maturité. Les Canadiens ont inventé le concept d'évaluation environnementale flexible et son usage devient de plus en plus reconnu pour les prises de décisions au Canada. Les techniques d'évaluation flexible sont conçues pour orienter la gestion des ressources (comme, « l'apprentissage par la pratique » du ministère des Pêches et des Océans, la gestion de la faune du Service canadien de la faune, les études par pays et les initiatives sur l'adaptation aux changements climatiques). Cependant, dans le cas de la biotechnologie, ces méthodes ne sont pas systématiquement appliquées. Nous croyons que ce domaine mérite d'être plus activement exploré par des chercheurs en évaluation flexible.

⁹⁴ Pour une description d'exemples récents, qui comprennent la biosystématique, l'économie industrielle des bioproduits et les prévisions sur l'avenir du pétrole de l'APEC, voir J. Smith, *S&T Foresight: Provocateur for Innovation Policy* (2006) : www.proact2006.fi/chapter_images/267_Ref_A10_Jack_Smith.pdf.

Conclusion

L'absence de mesures législatives ou de directives spécifiques au Canada pour l'évaluation et la gestion de la biotechnologie et du développement durable peut être vue comme un problème et une occasion. C'est un problème puisqu'il n'existe actuellement aucun engagement prescrit par la loi et ainsi les applications sont, dans le meilleur des cas, inégales. À l'inverse, une occasion se présente pour concevoir un cadre robuste qui pourrait être très utile au Canada pendant la période intensive d'innovations et de transformations que nous prévoyons pour, au minimum, les 15 prochaines années. Nous croyons que maintenant est le bon moment pour agir.

Le point de départ pourrait être l'orientation des efforts, surtout pour le secteur en constante évolution des bioproduits. Ce sont les projets qui sont les plus clairement identifiés pour les possibilités qu'elles offrent d'atteindre les objectifs de développement durable. Ils présentent aussi toute la gamme des enjeux d'évaluation et des problèmes méthodologiques. Nous croyons que les approches actuelles, qui comprennent l'EE et l'analyse du cycle de vie, l'analyse économique et l'analyse des risques, et l'application des prévisions, sont toutes inadéquates pour transposer ce secteur au développement des régions rurales et des industries du Canada. Les nombreuses assertions et les analyses fragmentaires ne forment pas une base suffisamment solide pour répondre aux besoins des politiques, particulièrement pour une transition aussi majeure que l'abandon d'un système dominé par les combustibles fossiles. De plus, sans une approche conçue en fonction de la planification et de la gestion adaptatives, d'un dialogue constructif, d'un apprentissage et d'un réel apport d'avantages (surtout pour les communautés rurales), ce nouveau secteur pourrait rencontrer les mêmes obstacles que ceux affrontés par l'agriculture transgénique.

Un cadre de développement durable a l'avantage de permettre l'examen simultané des coûts-avantages environnementaux, sociaux et économiques. Il doit être conçu pour que ces facteurs ne soient pas simplement considérés en blocs, mais qu'ils soient distinguables par ceux qui utilisent les résultats des évaluations. Avec le temps, il deviendra possible d'offrir des mesures et des indicateurs intégrant qui soient largement acceptés, mais ce niveau de sophistication ne sera probablement pas atteint à court terme. C'est tout de même une bonne nouvelle puisque le cadre pourra être mis en application à l'aide de méthodes et d'outils qui sont familiers aux utilisateurs.

Nous voyons trois points de départ pratiques en fonction des processus existants : (1) des évaluations de sécurité axée sur les risques; (2) le processus actuel d'évaluation des impacts environnementaux du gouvernement fédéral, qui semblent parfois se confondre avec des évaluations du développement durable⁹⁵; (3) peut-être un processus d'évaluation de stratégies environnementales pour la biotechnologie et le développement durable.

À long terme, un cadre du développement durable conçu spécifiquement pour la biotechnologie devrait englober :

- Des procédures de filtrage qui pourraient être utilisées pour isoler les projets qui nécessitent une évaluation complète;

⁹⁵ Voir R. Gibson, Programme de recherche et développement de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, afin de passer de l'évaluation environnementale à une approche de développement durable.

- Des méthodes intégrées d'évaluation des impacts pertinentes à la biotechnologie (qui comprennent les nouvelles chaînes de valeurs dérivées des bioproduits et de leurs matières premières), aux bioraffineries, et à l'élimination et la transformation de produits finis;
- Une approche qui permet de procéder à des évaluations à différentes étapes du développement—des débuts de la R-D, jusqu'à la précommercialisation, la production, et l'élimination, la réutilisation ou le recyclage des produits;
- Des calculs fiables des coûts-avantages et des avantages-risques spécifiques à des circonstances précises;
- Des recherches en profondeur, surtout au niveau des écosystèmes, pour établir des points de repères et identifier les effets à l'aide de méthodologies normalisées;
- L'utilisation d'outils de dialogue et de scénarios conçus pour leur valeur d'apprentissage et pour les données intégrées à la planification et la gestion flexibles.

Cette approche devrait obligatoirement faire partie de tous les projets biotechnologiques qui visent la poursuite de buts associés au développement durable et être mise en application à différentes étapes du cycle de développement.

Finalement, nous signalons qu'un cadre d'évaluation de la biotechnologie et du développement durable sera probablement d'une très grande valeur lorsque mis en application dans le contexte d'une stratégie nationale du développement durable (ou, certainement, une stratégie fédérale prospective d'action) qui présente des indicateurs de progression et des objectifs, des principes, des échéances et des mécanismes spécifiques très importants pour atteindre les buts associés au développement durable. Une stratégie canadienne du développement durable doit respecter les pratiques exemplaires identifiées par l'OCDE (2005).

CHAPITRE 6. Apprentissage et dialogue publics

Apprentissage et dialogue continus

Dans ce chapitre, notre objectif est de démontrer la nécessité d'avoir un dialogue continu, et proposer des moyens pour le mettre en œuvre, sur la biotechnologie et sur le développement durable au Canada. Ce dialogue doit se poursuivre pendant de nombreuses années, à la recherche de rapprochements et d'actions. Sans lui, nous croyons que des projets d'applications novatrices seront affaiblis ou ignorés, et seront possiblement rejetés par un grand nombre de Canadiens.

Une formule satisfaisante de dialogue pourra :

- Permettre aux citoyens de découvrir, relier et synthétiser le riche filon d'informations produites, au Canada et ailleurs, sur la biotechnologie et le développement durable;
- Produire de nouvelles possibilités de rapprochement des points de vue sur ce thème et identifier clairement les principaux points de divergence;
- Présenter une base d'information plus élaborée facilitant la compréhension, valider les politiques et l'orientation de l'exploitation; et
- Fournir des données importantes au système de l'innovation en aidant les chercheurs et les promoteurs à comprendre les besoins et les préférences des Canadiens.

Le dialogue doit être d'application efficiente et d'accès facile; il facilitera la planification et la gestion adaptatives, reconnaîtra les besoins d'expérimentation et acceptera le processus unique que représente l'innovation.

Un dialogue efficace nécessitera des informations fiables et mises à jour, disponibles de façon opportune et utile pour stimuler le climat de confiance entre les divers intervenants et les personnes associées au processus de décision. À l'heure actuelle, il n'est même pas certain qu'il existe un vocabulaire commun qui relie tous ces intérêts. Presque tout le dialogue initial sera probablement centré sur les valeurs (voir l'encadré 6-1).

Encadré 6-1. Les valeurs et le dialogue public

La compréhension et le respect des valeurs sont des composantes importantes de la prise de décision et de la formulation des politiques. C'est effectivement vrai pour la biotechnologie et particulièrement pour les nouveaux produits que le public ne connaît pas encore (par exemple, les animaux transgéniques et la biorestauration). La volonté de choix pour le consommateur, l'utilisation de la science, les protocoles réglementaires de prise de décisions, les préoccupations pour la pureté des aliments et pour l'introduction de nouvelles formes de vie, sont tous des exemples de préoccupations fondées sur les valeurs. La préoccupation qui concerne les interventions relatives aux composantes fondamentales de la vie est encore plus profonde.

Ces débats sont parfois bien informés et parfois moins. Comment s'assurer que la diversité des opinions exprimées soit respectée? Comment le débat peut-il se dérouler autant avec une certaine compréhension de la science et de la technologie que des valeurs? Et, comment la prudence et les risques peuvent-ils être intégrés au dialogue de façon responsable? Finalement, comment le dialogue doit-il se dérouler pour mener à de bonnes décisions politiques, plutôt que des positions par défaut causées par l'absence de dialogue? Il est peu probable que ces buts soient atteints par une approche centralisée autonome. Une meilleure prise de conscience du rôle convenable du public à différentes étapes des prises de décisions, avec l'aide de politiques et d'outils de soutien pour l'échange d'information, sera probablement l'avenue qui conciliera une relation satisfaisante entre la biotechnologie et le développement durable.

Notre objectif secondaire est de nature stratégique. Même si la littéracie est nécessaire à tous pour comprendre l'introduction de technologies novatrices, ce sont les jeunes et les personnes en début de carrière qui détiennent la clé pour l'acceptation et l'orientation future. Ainsi, nous mettons l'accent sur les outils et les stratégies de communication afin de réussir à joindre la jeune génération. Nous croyons qu'il est actuellement valable de cibler une approche fondée principalement sur Internet même si la situation pourrait changer avec l'évolution des technologies de communication.

La base de connaissances sur différents aspects de la biotechnologie et des éléments du développement durable est en constante croissance. Certaines sources canadiennes, comme le BioPortail du gouvernement fédéral, sont saluées pour la qualité des sources de renseignements⁹⁶. En termes de participation du public à la prise de décisions, l'Europe est le chef de file international, par son aspect d'ordre public du droit des brevets, par les nouvelles dispositions de la Convention Aarhus⁹⁷, et par le débat continu et transparent, à l'intérieur de l'Union européenne, relativement à ses approches exhaustives en matière de promotion et de réglementation de la biotechnologie.

Stratégies de mobilisation du public

Le paysage de la biotechnologie et du développement durable est complexe : des fonctionnaires fédéraux établissent les budgets de R-D, les politiques fiscales et les réglementations, des chercheurs universitaires développent des produits novateurs à l'intérieur de réseaux internationaux, les gouvernements municipaux encouragent l'établissement de parcs industriels de haute technologie, les gestionnaires d'entreprises prennent des décisions pour la commercialisation et les stratégies de financement de certains produits, et les gouvernements provinciaux soutiennent les innovations biotechnologiques dans leur secteur de ressources naturelles. Toute cette activité devrait être au service des citoyens ou des consommateurs qui soutiendront ou rejeteront la technologie, sur les marchés ou sur l'arène politique. La situation est confuse et ce facteur peut être un sérieux obstacle à l'apprentissage comme au consentement.

Une mobilisation robuste du public sera cruciale pour plusieurs des principes clés du processus que nous défendons dans le premier chapitre : la justice, la reconnaissance « des intérêts d'une plus grande communauté dépasse les intérêts de l'individu », « le respect de la Loi et du régime politique », et « favoriser la participation publique et la transparence dans la prise de décisions ». Mais le plus important concerne le besoin pour des idées et des renseignements fiables de la part des chercheurs, des développeurs et des promoteurs, présentés de façon honnête aux intervenants et aux citoyens, ainsi que des processus de gouvernance qui stimulent l'apprentissage social.

En bref, nous souhaitons des conditions où toutes les parties intéressées deviennent familières et augmentent leur niveau de littéracie, envisageant les possibilités et les conditions en matière d'innovations biotechnologiques dans le contexte des objectifs et des actions liés au développement durable.

Pour être fructueux, le dialogue nécessite une écoute réciproque. Il dépasse ainsi la transmission du flot d'information (et souvent du trop plein) associé à plusieurs gouvernements, industries et sites Web d'ONG—non seulement ceux qui ont des objectifs de promotion, mais aussi ceux qui

⁹⁶ www.bioportal.gc.ca

⁹⁷ UNECE Aarhus Clearinghouse for Environmental Democracy : www.aarhusclearinghouse.unece.org.

proviennent de sources bien intentionnées parmi les trop nombreux centres d'échange et autres courtiers de connaissances. Le dialogue diffère aussi des sondages, même si les renseignements recueillis pourraient faire partie du processus de dialogue.

Il existe plusieurs moyens pour mobiliser les gouvernements et les organismes. Nous les divisons en trois groupes principaux : l'échange d'information, les consultations structurées et le dialogue délibéré. L'encadré 6-2 décrit l'usage de chacun et son contexte. Toutes les formules peuvent avoir leur place selon le contexte, mais nous présumons que l'information et la discussion structurée devraient soutenir les processus de dialogue.

Présentation de l'information

Un dialogue constructif est fondé sur de la bonne information; elle contribue de façon importante à créer un vocabulaire commun et un ensemble fondamental de connaissances entre les intervenants. Un des principaux problèmes est que les assertions sur le développement durable circulent librement autour du débat biotechnologique, comme pour les discussions sur les biocarburants. L'encadré 6-3 expose plusieurs sujets environnementaux importants pour lesquels aucun renseignement absolu n'existe.

Au Canada, il y a eu, jusqu'à maintenant, plusieurs moyens de présenter l'information. Ils comprennent : les sondages, les reportages, les ateliers et les conférences, les publications universitaires, les sites Web de centres d'échange (comme, le nœud canadien du Centre d'échange pour la prévention des risques biotechnologiques du Protocole de Cartagena), les sites Web (BioPortail du gouvernement du Canada et La Voie verte), les informations du secteur privé, des organismes de recherche et des publications d'ONG par Pollution Probe, l'Institut canadien du droit et de la politique de l'environnement et autres, analyses d'évaluation environnementale et les débats, des prévisions et autres échantillons d'experts, des *Notice of Submission* (lorsque de nouveaux produits issus de la biotechnologie sont soumis pour un examen réglementaire), des actions en justice, le processus de demande au commissaire à l'environnement et au développement durable, et les demandes à la Commission de coopération environnementale. Des avis d'experts sont disponibles par le CCCB et des rapports de la Société Royale du Canada, et par d'autres organismes comme BIOCAP Canada.

Encadré 6-2. Types de processus de mobilisation du public

Présentation de l'information

Éducation, promotion : Information à sens unique aux citoyens par des intermédiaires, comme les médias, Internet, les publications

Information : Contact direct, surtout des monologues d'experts

Discussions structurées

Consultation : Dialogue sans pouvoir de diffusion

Apaisant : Partage du pouvoir par la nomination de citoyens sur des comités

Partenariat : Prise de décision par un intervenant et qui concerne de nombreux intérêts

Dialogue

Confrontation : Utilisation des canaux formels de type juridique, réglementaire ou scientifique ou des médias de masse et des campagnes de relations publiques

Délibéré : Dialogue de nature générale qui peut être informel — tribune de discussion et matériel offert au grand public, invitation à des grands rassemblements (comme un forum sur l'agriculture) ou formel — tribune de discussion et matériel offert à un groupe choisi de représentants ou d'individus importants.

Source : James Tansey, *The Prospects for Governing Biotechnology in Canada*, 2003.
<http://www.ethics.ubc.ca/workingpapers/deg/index.htm>

La question à poser est qu'est-ce qui peut ou devrait être fait? Il existe un besoin pour des efforts continus qui permettrait de préserver un niveau national d'information accessible. Par exemple, dans le cas du bioéthanol, il est difficile de déterminer l'ensemble des subventions nécessaires à son introduction, au Canada ou ailleurs. La biorestauration est un autre exemple, un enjeu qui devrait préoccuper grandement tous ceux qui s'intéressent à l'environnement et aux technologies liées au développement durable au Canada. Pourtant, les renseignements sont dispersés parmi les divers organismes et il est nécessaire de vérifier auprès de sources gouvernementales du Royaume-Uni pour avoir un aperçu intéressant de l'évolution de cet enjeu complexe. Les renseignements sur les impacts cumulatifs à long terme pour l'environnement sont un autre domaine difficile; dans son analyse présentée au chapitre 4, le Conference Board du Canada a noté qu'il y avait une lacune au niveau des indicateurs qui relient la biotechnologie et le développement durable, et qu'il existait de nombreux écarts statistiques liés à la biotechnologie. Ce ne sont là que quelques-uns des problèmes qui doivent être abordés.

Discussions structurées

Cette fonction exige du leadership en ce qui concerne la définition des enjeux, mais en recevant des données et des réponses par de nombreux intervenants dans la société. Le CCCB pourrait remplir partiellement ce rôle et il a fait des efforts en ce sens. Mais il n'a pas été facile de réunir tous les intervenants clés à ces discussions. Par exemple, le Réseau canadien de l'environnement n'a pas participé aux discussions structurées sur les aliments transgéniques et sur l'étiquetage des aliments. D'autres organismes consultatifs publics comme le TRNEE et le Projet de recherche sur les politiques n'ont pas examiné en profondeur les innovations technologiques pour le développement durable. Il faut aussi admettre que la relation entre la biotechnologie et le développement durable n'a pas autant attiré l'attention du public et des responsables de politiques que la biotechnologie médicale ou alimentaire, que ce soit au Canada ou ailleurs.

Il y a plutôt eu, au Canada, un accent mis sur les conseils experts qui pouvaient parfois avoir un rapport avec des intervenants. Ce type de consultations comprend des exercices de prévisions récents (comme pour les bioproduits), et de nombreuses rencontres organisées conjointement avec des associations de représentants de l'industrie. Elles ont été de précieuses sources de renseignements pour les responsables de politiques au Canada qui doivent se débattre avec des enjeux scientifiques, sociaux et économiques souvent complexes, associés à la biotechnologie.

Encadré 6-3. Échantillons de besoins d'information en matière d'environnement pour le transport des biocarburants et du développement durable

- Durabilité de la production des cultures énergétiques;
- Disponibilité écologique et économique de biomasse de sources diverses;
- Remplacement potentiel de cultures pour l'alimentation et/ou conservation de terres pour les cultures réservées à la production de biocarburant;
- Impacts sur la biodiversité par l'accroissement de l'utilisation de la biomasse pour les biocarburants;
- Équilibre énergétique atteint à l'aide de la production commerciale de biocarburants;
- Rentabilité des biocarburants par la réduction de la pollution de l'air et des émissions de gaz à effet de serre;
- Valeur sociétale du bioéthanol comme combustible produit avec des grains, des betteraves à sucre et du maïs;
- Renseignements sur un processus fiable de certification de durabilité, surtout pour le commerce international des biocarburants.

Des experts-conseils aident les fonctionnaires fédéraux à faire office de médiateurs entre les mesures législatives et les réglementations élaborées dans une ère pré-biotechnologique, et aident à traiter les contraintes et les possibilités que fournissent les récentes avancées scientifiques.

Mais la poursuite de ces discussions a limité les efforts nécessaires pour rallier le grand public. Parmi ces discussions, mentionnons des efforts pour réaliser des enquêtes publiques, des ateliers sur des sujets spécifiques, des tables rondes, des consultations et des comités consultatifs de citoyens. Cette absence relative d'engagement de la part du gouvernement a attiré des critiques d'ONG, surtout ceux qui se consacrent à l'environnement; ils soutiennent que la plupart des intervenants qui conseillent le gouvernement ont déjà un parti pris pour la biotechnologie, et que la dissidence ou les voix qui invitent à plus de prudence sont exclues des conversations. Ainsi, affirment-ils, les discussions sur l'approche de la politique gouvernementale pourraient ne pas être équilibrées.

Parmi les efforts internationaux, il faut citer les débats au Royaume-Uni (sous le thème *GM Nation?* ou « Nation transgénique? ») qui se démarquent comme le plus vaste exercice de consultation publique organisé par un gouvernement (voir l'encadré 6-4). Cette tentative unique qui visait à intéresser le public peut être perçue, au mieux, comme un succès modeste mais imparfait. Plusieurs des recommandations plus prudentes présentées dans le rapport ne semblent pas avoir eu beaucoup d'influence sur les décisions ultérieures du gouvernement.

Même si nous croyons qu'un meilleur rodage serait approprié pour ces processus de discussions, nous aimerions aussi constater que plus d'énergie et d'attention soient dirigées vers des méthodes qui permettraient de créer un véritable dialogue et un apprentissage actif.

Encadré 6-4. Consultation publique de grande envergure : Les débats *GM Nation?* (Nation transgénique?) au Royaume-Uni

En juin et juillet 2003, une période de débats publics d'une durée de six semaines s'est déroulée au Royaume-Uni, sur les futures politiques relatives à la commercialisation possible de cultures transgéniques. Cet exercice consistait en six principaux débats régionaux conçus pour être des stimulus menant à une cascade de rencontres ouvertes de moindre importance. Il est estimé qu'entre 400 et 700 de ces rencontres se sont déroulées partout au Royaume-Uni. Du matériel de stimulus était fourni pour lancer les débats à ces rencontres, ainsi que du matériel vidéo qualifié de terre et qui est donc passé assez inaperçu. Des formulaires de rétroaction inclus dans de petits livrets, permettaient aux participants de noter leur opinion sur les cultures transgéniques; un formulaire électronique avait la même utilité sur le site Web *GM Nation?* Un total de 37 000 formulaires de rétroaction ont été remis et près de trois millions de requêtes de fichiers (*hits*) ont été enregistrées sur le site Web.

Le processus a cependant été victime de nombreuses critiques sévères. Parmi celles-ci, l'équipe officielle d'évaluation, composée de spécialistes en sciences sociales, a noté que :

- les débats manquaient de ressources en termes financiers, de temps et d'expertise;
- les débats n'ont pas réussi à intéresser le très grand nombre de profanes et de non-participants qui avaient jusque là porté peu d'attention au processus;
- la préparation du rapport final du Conseil de direction a été très improvisée et manquait de ressources, et la méthodologie utilisée pour analyser les conclusions était plutôt inquiétante.

Source : Jeffery N. Thomas. Faculté des sciences, The Open University, Royaume Uni. *GM Nation?* http://www.vuw.ac.nz/talking-biotechnology/session_abstracts/W2%20Deconstructing%20Dialogue.pdf

Dialogue

Dialogue de confrontation

Nous ne négligeons pas l'utilité d'un dialogue axé sur la confrontation s'il permet de faire apparaître de nouvelles compréhensions et de valider les valeurs, la performance ou d'autres aspects de la relation entre la biotechnologie et le développement durable. Il fait partie en toute légitimité des pratiques scientifiques, juridiques et réglementaires. Idéalement, les mésententes devraient être réglées à l'aide de meilleures recherches, de nouveaux renseignements ou d'arguments plus convaincants. Il arrive souvent que le dialogue axé sur la confrontation clarifie les problèmes ou génère des solutions créatives.

Certains types de dialogues axés sur la confrontation, qui font partie intégrante des obligations de transparence et de responsabilisation du gouvernement, sont particulièrement importants puisqu'ils présentent des occasions pour les citoyens de pouvoir discuter formellement avec les décideurs; nous pensons que ces mécanismes sont d'une importance capitale pour un système de gouvernance démocratique qui se veut le reflet des objectifs sociétaux, tout en reconnaissant la légitimité des visions dissidentes. C'est une méthode fondamentale qui a permis de poser des actions en faveur de la protection de l'environnement depuis les 35 dernières années. Mais il existe toujours des obstacles majeurs pertinents au BDDE qui doivent être réglés, notamment les exemples ci-dessous.

Dialogue et gouvernance : transparence réglementaire

La divulgation de renseignements qui a été ou sera pertinente pour d'importantes décisions réglementaires prises par les gouvernements fait partie des enjeux majeurs. Même si la diffusion de l'information est en soi une mesure de transparence, elle ne dit pas tout. Il faut qu'il y ait une possibilité de dialogue pour que la communication puisse soutenir les objectifs de gestion flexible.

Au Canada, l'habileté d'intervention du public sur les prises de décisions réglementaires est actuellement réduite, entre autres choses, par des dispositions aux ententes d'échanges commerciaux (comme celles de l'Organisation mondiale du commerce - OMC) qui limitent les justifications de décisions sur de nouveaux produits biotechnologiques à des motifs scientifiques. Le Canada n'est légalement soumis à aucune disposition de divulgation d'informations pour l'évaluation environnementale de produits ou obligé de répondre à des demandes d'information de la part du public. Il n'existe aucune exigence qui oblige le gouvernement ou le promoteur à aviser le public lorsqu'un produit fait même l'objet d'une étude. Cette décision stratégique a été prise pour faciliter le développement de produits novateurs.

Selon le gouvernement fédéral, la transparence au niveau des prises de décisions réglementaires est régie par la *Loi d'accès à l'information*, dont la structure permet « d'équilibrer le droit d'accès des Canadiens à l'information relativement aux évaluations environnementales de nouveaux produits biotechnologiques (qui comprend les études sur lesquelles les décisions réglementaires

Encadré 6-5. Europe : Les OGM, les rejets dans l'environnement et le droit à l'information du public

En Europe, le public a le droit de prendre connaissance des données qui valident le rejet dans l'environnement d'organismes génétiquement modifiés (OGM) et des motifs qui soutiennent cette décision. En vertu de directives en matière de politique de la Commission européenne qui orientent les lois de tous les pays membres, « en aucun cas » l'information relative à une « évaluation de risque environnemental » ou « des méthodes et des plans de surveillance » des OGM ne peuvent être gardés confidentiels (voir l'article 25 (4)) [//europa.eu.int/comm/environment/biotechnology/pdf/dir2001_18.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/biotechnology/pdf/dir2001_18.pdf).

En 2005, Greenpeace a profité de cette disposition (parmi d'autres), pour obliger les autorités allemandes à publier les données soumises par Monsanto sur l'évaluation environnementale/sanitaire d'une souche de maïs *Bt*. Après examen, Greenpeace a découvert d'importantes différences statistiques entre les rats nourris au maïs *Bt* et ceux nourris au maïs conventionnel. Malgré cette controverse, la Commission européenne a approuvé le produit.

ont fondées), tout en protégeant les droits des tierces parties qui ont fourni cette information au gouvernement du Canada »⁹⁸. Cependant, les données relatives aux évaluations des produits peuvent être traitées comme des renseignements commerciaux confidentiels (RCC), à la discrétion du promoteur. Ces facteurs limitent les possibilités d'accès à l'information pour les Canadiens relativement aux innovations biotechnologiques grâce à la *Loi d'accès à l'information* en raison de l'exemption dont bénéficient les RCC; ces renseignements peuvent donc être cachés au public Canadien. Même si nous reconnaissons que les préoccupations soulevées par les RCC sont valables, nous constatons que, dans l'Union européenne, aucune donnée de sécurité environnementale ou de nature sanitaire ne peut être considérée comme RCC⁹⁹ (voir les encadrés 6-5 et 6-6). Cette entente est beaucoup plus un appui aux objectifs de gestion adaptative.

Une étape additionnelle est franchie au Canada, sur le plan de la transparence, par un projet pilote de communication entrepris par Santé Canada (SC), l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et CropLife Canada (un consortium industriel

d'entreprises de biotechnologies agricoles). Ils travaillent ensemble, par le partage volontaire de renseignements, à un projet de transmission des sommaires d'information qui sont soumis aux régulateurs¹⁰⁰ pendant la période d'évaluation. Au cours de cette période d'observation de 60 jours, quiconque peut présenter ses observations aux évaluateurs; les questions d'ordre scientifique sont acheminées aux évaluateurs et les questions non scientifiques le sont à d'autres fonctionnaires. Après l'approbation, c'est le rôle de l'ACIA d'afficher le synopsis des motifs qui

⁹⁸ www.oag-bvg.gc.ca/domino/petitions.nsf/viewF1.0/CC7764A55A32C9F18525714F004B01C9

⁹⁹ Dans la cause *Monsanto v. Greenpeace*, les cours ont statué que dans l'intérêt public, l'importance accordée à la santé et aux données relatives à des évaluations de sécurité l'emporte sur les prétentions des RCC d'une entreprise. Voir www.eu.greenpeace.org/downloads/gmo/MON863briefing0601.pdf.

¹⁰⁰ www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/bio/subs/subnotf.shtml#intro.

ont justifié la décision. Même si nous appuyons cette initiative, elle ne va pas assez loin pour fournir le niveau de transparence et de dialogue qui soutiendraient véritablement la gestion flexible des nouveaux produits biotechnologiques.

Le dialogue dans le contexte des marchés

Nous devons aussi tenir compte du dialogue qui se déroule dans l'agitation du discours public, par le truchement des médias ou dans des endroits ouverts comme Internet; même si ce facteur est important pour le fonctionnement d'une démocratie (et qui présente souvent un contenu de grande valeur), il peut aussi être très dommageable pour des enjeux qui ont une base scientifique complexe qui ne bénéficie pas d'un consensus. La principale distinction entre le dialogue dans le contexte des marchés et celui décrit plus haut, est que le premier n'est pas structuré ou limité. L'objectif de la conversation n'est pas nécessairement de stimuler la compréhension et peut véhiculer des messages trompeurs, manipulateurs ou erronés. En fait, les enjeux socio-scientifiques sont en général vulnérables aux simplifications exagérées tendancieuses, aux métaphores faibles et aux allégations inappropriées sur les avantages ou les risques.

Le dialogue est souvent asynchrone et les parties ne se parlent pas directement pour contester ou raffiner leurs arguments. En raison de l'hétérogénéité du discours, peu de participants ont des connaissances ou des vocabulaires communs et ils se retrouvent souvent polarisés dans le camp des pour ou des contre, peu importe l'enjeu; il devient ainsi très difficile de réussir à transmettre des connaissances ou de progresser vers la résolution du problème.

Le danger associé à ce type de dialogue est qu'il réussit souvent à influencer les politiques, et qu'il produit alors des impacts qui sont rarement positifs ou équilibrés. Ils peuvent éroder la confiance envers les institutions et semer le scepticisme et la confusion dans le grand public; et ce manque de consensus public peut souvent conduire à une impasse politique. Le développement de la biotechnologie, une technologie qui a pris de la maturité en notre ère de l'information, a été dénaturé par les machinations d'entreprises de relations publiques habiles avec les médias, des ONG et les réactions parfois difficiles à comprendre du pouvoir politique.

Encadré 6-6. De la transparence à l'influence : amender la Convention Aarhus pour y inclure les OGM

En mai 2005, les pays d'Europe ont poussé un peu plus loin la notion de transparence pour les prises de décisions réglementaires. Ils avaient déjà la Convention Aarhus établie par la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, que Kofi Annan considérait comme « le plus ambitieux projet de démocratie environnementale jamais entrepris par les Nations Unies ». La Convention se compose de trois piliers : renseigner les citoyens sur les prises de décisions environnementales; améliorer la participation aux décisions environnementales à l'intérieur d'un cadre de transparence et d'équité; et, avoir accès à la justice par, notamment, la contestation des décisions relativement à l'accès à l'information. Initialement, les décisions en matière de rejet dans l'environnement d'OGM étaient exclues de la Convention.

Les parties se sont maintenant entendues pour étendre les garanties juridiques de participation du public à la prise de décisions en matière d'environnement au rejet et à la commercialisation d'OGM. En vertu de l'amendement, le public aurait le droit de soumettre des observations et les autorités en place auraient le devoir de les prendre en compte pendant le processus de prise de décisions. Après l'approbation, la décision de l'évaluateur, ainsi que les renseignements, motifs et considérations sur lesquels la décision est fondée (sauf l'information protégée par la confidentialité commerciale) devraient être accessibles au public. Cet amendement prolonge les dispositions directrices originales pour inclure la notion d'influence au processus de prise de décisions.

Source : www.ictsd.org/biores/05-06-10/inbrief.htm#1

Encadré 6-7. Les gènes *Terminator*

Voici un exemple qui démontre combien le dialogue axé sur la confrontation peut déformer et avoir un effet négatif sur une biotechnologie à l'état naissant : le développement des Technologies de restriction de l'utilisation des ressources génétiques ou TRURG (une forme de technologie génétique qui théoriquement, permettent d'activer ou de désactiver des gènes, dont ceux qui contrôlent la fertilité et la formation des semences), qualifiées de technologies *Terminator* par ses opposants (la campagne « Interdire Terminator » a pour objectif d'encourager les États à interdire la technologie *Terminator* aux niveaux national et international, et soutient les efforts de la société civile, des agriculteurs, des peuples autochtones et des organisations sociales qui mènent campagne contre cette technologie) www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/bio/gurtsf.shtml. Une ONG a insinué que « malgré une solide opposition, en 2005 le gouvernement du Canada a tenté de faire renverser le moratoire *de facto* sur la technologie *Terminator* de la Convention sur la diversité biologique (CDB) ». http://fr.banterminator.org/the_campaign. Cet énoncé n'était que l'avant-garde d'une campagne internationale menée par une ONG, qui a culminé à la Conférence des Parties du CDB, à Curitiba au Brésil en mars 2006.

Bref, plusieurs messages (mais pas tous) de la communauté des ONG ont déformé la nature du *moratoire*, dénaturé la position canadienne, décrit de façon incorrecte la nature de la technologie, et généré de multiples discussions sur des enjeux secondaires pour cette technologie. Reconnaisant que certaines utilisations des TRURG sont indésirables, particulièrement en fonction de régimes de DPI restrictifs, ce dialogue n'a pas permis de faire avancer le développement d'une technologie qui pourrait être très puissante, et a mobilisé une énorme quantité d'énergie pour un enjeu qui n'a pas atteint sa cible. Le gouvernement du Canada n'a pas cherché à s'engager dans un dialogue fructueux avec ses critiques, laissant ainsi l'histoire prendre de l'ampleur dans une flambée d'hyperboles, qui étaient toutes très critiques à l'endroit du Canada.

Ce type de débâcle fait perdre la flexibilité créative d'exploration du potentiel d'une nouvelle technologie, des connaissances scientifiques fondamentales qui y sont associées; elle fait aussi perdre l'habileté que possède une nation de pouvoir intervenir de façon positive en présentant des innovations pour l'intérêt public à l'échelle planétaire, et la possibilité de faire naître une relation créative conjointe entre la société civile et les gouvernements pour cette biotechnologie et pour d'autres enjeux dérivés de la biotechnologie.

Le dialogue délibéré

Nous proposons le terme *dialogue délibéré* pour décrire la seconde grande catégorie de dialogue; nous le définissons comme un dialogue qui facilite les échanges productifs d'information, l'articulation et la diffusion de connaissances par divers moyens de communication, afin d'accroître la littéracie des citoyens sur des enjeux complexes et critiques de politique publique¹⁰¹. Ce type de dialogue est conçu pour permettre à des personnes de divers secteurs et disciplines universitaires, et de sociétés civiles de participer à des discussions interdisciplinaires qui, croyons-nous, est fondamental à l'assimilation et l'adoption plus rapides de solutions novatrices de développement durable communautaire. Parfois, le dialogue délibéré comporte des discussions entre les parties lorsqu'elles doivent répondre aux critiques et aux allégations réciproques, tout en mettant de l'avant leurs propres perspectives et arguments. Ce processus est unique et est fondé sur des expériences canadiennes avec de multiples intervenants et des processus délibérés ouverts.

¹⁰¹ A. Dale, « Une perspective de l'évolution du dialogue électronique relativement à la recherche interdisciplinaire sur le développement durable au Canada », *Ecology and Society* 10 (1) (2005) : www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art37/.

Ce type de dialogue est naissant au Canada. Des outils ont été développés récemment pour faciliter la mise en application. Nous croyons que ce type de dialogue est le chaînon manquant pour permettre la mobilisation productive du public à la gestion flexible des innovations biotechnologiques pour le développement durable au Canada. Ces types de dialogues sont légèrement structurés et la discussion peut évoluer en fonction des réponses des participants. La structure du dialogue fournira aux participants des moyens pour utiliser les extrants issus des deux autres formules de mobilisation du public, pour les lier et permettre de faire naître de nouvelles idées dérivées des autres renseignements précédemment isolés.

Les dialogues délibérés ont besoin du soutien solide d'un organisme commanditaire, du gouvernement, d'un diffuseur public, d'une université, etc., pour établir et préserver une discussion exploratoire prolongée. L'organisme qui fournit l'assise pédagogique est crucial pour espérer la réussite de l'entreprise. Il doit être reconnu pour fournir de l'information documentaire claire, neutre, sécuritaire et précise. Si la base de dialogue ou l'information fournie semble faussée, incomplète ou faiblement élaborée, les participants pourraient devenir méfiants. Cette absence de confiance pourra probablement embrouiller la discussion puisque les participants pourront ergoter sur de possibles intentions cachées, des débats définitionnels ou sur la réalité des renseignements fournis.

Au Canada, certains des éléments essentiels à un dialogue sain sur la biotechnologie et le développement durable existent. De nombreux organismes (en plus du gouvernement) cherchent, discutent et diffusent des avis; cette abondance d'information bien documentée et des organismes mobilisés peut fournir une assise solide, fondée sur l'information et les personnes, qui produira un dialogue productif.

Outils de dialogue—« Fabriqués au Canada »

Les nouveaux outils des technologies de l'information et la recherche pourront certainement rendre plus accessible toute la gamme de dialogues publics. Au Canada, des outils sont déjà développés; un processus de recherche continu se déroule pour aider à comprendre comment concevoir et intégrer des processus de dialogue destinés à produire un maximum d'impact.

Offrir un espace et une structure

Royal Roads' e-Dialogues^{MD} La *Royal Roads University* a élaboré un outil de soutien au dialogue qui utilise des espaces en ligne synchrones délibérément conçus pour réunir virtuellement quiconque possède le logiciel approprié et une connexion Internet¹⁰². Un site Web propose *e-Dialogues*^{MD} qui décrit les sujets de discussions et une liste indicative de ressources, dont des hyperliens vers des sites Web d'information et des blogues. Les sites Web de soutien sont élaborés par les chercheurs de *e-Dialogue*^{MD}. Au cours du dialogue, les participants peuvent consulter directement les références, permettant d'enrichir le flot d'information qui alimente la discussion.

¹⁰² <http://e-dialogues.royalroads.ca/>

Le modèle de dialogue qui a été utilisé jusqu'à maintenant permet la participation de chercheurs et de praticiens chevronnés qui offrent des perspectives variées pendant les séances de clavardage en ligne. Le modérateur est un chercheur reconnu qui s'assure que les tensions latentes et les différences de vision s'expriment respectueusement. Les *e-Dialogues*^{MD} sont en temps réels et des membres de panel d'experts conversent de façon dynamique. L'auditoire en ligne suit les conversations; chacun des dialogues est mis en archives pour être consulté en tout temps par le public, des jeunes personnes cultivées, les médias et des décideurs publics en matière de politique. Ainsi, chacun des *e-Dialogue*^{MD}, et son matériel documentaire, ses avis experts, ses nouvelles idées et ses élans impulsifs annexés, ajoutent une nouvelle couche de synthèse et de perspectives qui serviront de base à des discussions futures.

E-Dialogues^{MD} possède des caractéristiques qui en font des outils utiles au dialogue informatif et continu sur des sujets complexes, comme la biotechnologie et le développement durable; premièrement, parce qu'ils permettent à des gens éloignés d'interagir en ligne, ils réduisent considérablement les coûts en argent et en temps nécessaires pour réunir des experts interdisciplinaires du monde entier. Deuxièmement, ils semblent faciliter un plus grand nombre de réflexions intégrées sur des sujets plus vastes et plus complexes grâce au caractère linéaire du média. Troisièmement, ils peuvent toucher un profil varié de Canadiens et plus particulièrement transmettre la politique gouvernementale là où le jeune public est présent : sur Internet. Quatrièmement, ils peuvent créer de nouvelles communautés virtuelles professionnelles, d'où peut émerger un consensus entre les experts en ligne, et entre eux et certains membres de l'auditoire virtuel. Cinquièmement, ils accélèrent la vitesse des contacts et de la diffusion des connaissances et des recherches entre les responsables de politique, les chercheurs et les décideurs de la communauté. Sixièmement, ils offrent une exposition unique des points de convergence aux décideurs gouvernementaux et, facteur encore plus intéressant, les points de divergence issus des enjeux nouveaux et existants d'intérêt public.

Au cours de la période d'étude du BDDE, nous avons mené deux *e-Dialogues* expérimentaux, organisés par la Royal Roads University. Des membres du Groupe de travail d'experts, des diplômés et de jeunes universitaires possédant tous une certaine expertise dans cette matière y ont participé; la méthode utilisée consistait à définir une question centrale et à distribuer à l'avance des documents d'information, avant de concentrer deux heures d'efforts en discussions intensives en ligne sur le sujet et les questions. Les séances n'étaient ouvertes que pour un nombre limité de participants. Nous avons été ravis par la qualité des échanges et des possibilités de l'approche. Dans l'encadré 6-8, nous présentons des extraits de l'*e-Dialogue* de juin 2006 sur les biocarburants¹⁰³.

¹⁰³ Les échanges complets des deux *e-Dialogues* sont archivés sur le site Web <http://e-dialogues.royalroads.ca/>.

Encadré 6-8. Extraits de l'e-Dialogue^{MD} de la BDDE sur les carburants au bioéthanol, tenu le 6 juin 2006, avec l'aide de 15 participants

Question de départ du dialogue : *Quels critères voudriez-vous voir appliquer en matière de politique sur les biocarburants qui vous convaintraient que le Canada est sur la voie de la durabilité?*

Trois scénarios étaient préparés en contexte : « *Conventionnels et progressifs* », « *Être un libre-échangiste* », « *Être un chef de file* ».

Qu'arrivera-t-il lorsqu'il n'y aura plus suffisamment de produits résiduels en abondance pour rentabiliser les infrastructures pour le bioéthanol? Serons-nous confrontés au choix difficile de produire des cultures pour le carburant ou pour les aliments?

Volume :

Quelle est notre notion de volume? Je vois la production et l'utilisation de l'éthanol comme un projet pilote qui doit être encouragé, mais il faut se rappeler que ce n'est qu'une infime contribution à l'ensemble des défis imposés par notre style de vie et notre dépendance pour nos véhicules personnels.

Oui, le volume semble être un facteur critique. Comment produire suffisamment de biocarburants pour un mélange à 5 %? Assez pour remplacer notre consommation de combustibles conventionnels? Assez pour exporter un certain pourcentage de la production?

Est-ce que nous facilitons ou devrions faciliter un changement à nos approvisionnements en énergie, pour se concentrer seulement sur la dynamique de l'approvisionnement? Est-ce logique de faciliter le changement et ne pas tenir compte que nous stimulons une culture qui consomme à un rythme accéléré?

Les avantages :

Acheter domestique? Consommer domestique?

Quels sont les avantages conjoints, par exemple, pour la protection des bassins hydrographiques et des habitats si ces régions sont utilisées pour des cultures réservées à la production de biocarburants?

Mesures incitatives :

Les subventions seront un mal nécessaire puisque le pétrole, le charbon et les sables bitumineux sont noyés de subventions. Si le niveau de subvention est trop faible, ils pourraient développer une technologie qui ne serait pas le meilleur choix à long terme.

Analyse du cycle de vie :

Avons-nous une analyse du cycle de vie qui soit fiable sur les impacts environnementaux et sociaux des différents scénarios de production de bioéthanol? Je crois que c'est un facteur important si notre première préoccupation est le développement durable.

Perspectives plus larges :

Peut-être que les biocarburants seront le meilleur outil comme combustibles de transition puisqu'ils sont compatibles avec nos carburants actuels.

Le rôle de l'industrie forestière semble un peu confus après tous les problèmes créés par le conflit sur le bois d'œuvre. Les impacts de la production de biocarburants du secteur des pâtes et papiers ressembleront beaucoup à ce qui s'est passé au Brésil avec le sucre : changer pour n'importe quoi qui démontre une meilleure rentabilité.

Il n'y a pas que les biocarburants, il faut mettre un accent plus prononcé sur les bioraffineries axées sur les multiproduits, sur la chimie écologique et la production écologique.

L'Outil de dialogue du gouvernement du Canada. Il y a plusieurs années, le CCCB, conjointement avec une ONG et des partenaires, a mis au point un *Outil de dialogue*¹⁰⁴, qui est un moyen structuré de discuter des enjeux biotechnologiques. L'*Outil de dialogue* n'est pas conçu pour créer un consensus chez les participants au dialogue; il facilite plutôt un dialogue qui a pour but d'accroître la littéracie des participants et stimuler le développement de nouvelles solutions en matière de politique en :

- Fractionnant un enjeu complexe pour en révéler les composantes;
- Définissant les caractéristiques qui rendent un produit biotechnologique plus ou moins désirable ou acceptable par la société canadienne;
- Évaluant les aspects sanitaires, environnementaux, sociaux, éthiques et étendus (comme des répercussions internationales) d'un enjeu;
- Identifiant les conditions nécessaires pour rendre une innovation biotechnologique plus acceptable pour certains groupes d'intervenants;
- Et en explorant des solutions (comme, identifier les orientations prometteuses ou les options de politiques).

À l'aide de l'*Outil de dialogue*, les participants sont guidés pour utiliser le processus de dialogue et réaliser combien un cas complexe peut être fractionné en composantes plus faciles à comprendre.

L'enjeu politique est examiné sous des perspectives sanitaires, environnementales, socioéconomiques, éthiques et des considérations plus larges (internationales). Les participants analysent les risques, les impacts, les avantages, les implications et les compromis possibles pour chacun des thèmes.

Les participants évaluent ensuite, pour chacune des considérations, le degré relatif « d'acceptabilité » ou de « soutenabilité ». Le groupe explore ensuite les conditions ou les limitations possibles qui pourraient affecter la réceptivité pour le cas étudié. Les participants doivent conclure par des suggestions de recherches additionnelles qui pourraient améliorer la compréhension et le dialogue sociétal ultérieur du cas étudié.

Cet Outil pourrait devenir très utile pour aider des groupes de citoyens et des intervenants aux positions polarisées sur certains enjeux biotechnologiques afin de stimuler un dialogue qui aiderait à orienter les enjeux vers des politiques productives.

La recherche qui soutient la conception du processus de dialogue

Les processus et les espaces dotés de la meilleure conception peuvent quand même s'effondrer si les intrants et les extrants ne sont pas bien ciblés; il est important que le soutien pour le dialogue ne soit pas conçu en fonction de principes naïfs sociaux ou cognitifs. Les processus efficaces auront des besoins continus de recherches. Nous soulignons ci-dessous deux projets de recherche pertinents en cours dans des universités canadiennes, financés par l'initiative GE³DS (éthique, environnement, économie, droit et société) de Génome Canada.

Fournir la bonne information, de la bonne source : Comment les Canadiens utilisent-ils les différentes sources et les différents types d'information pour voir clair dans les enjeux, alors qu'il existe tellement d'allégations concurrentielles sur les effets sanitaires, économiques, sociaux et/ou environnementaux associés à la biotechnologie et au développement durable? Cette recherche de

¹⁰⁴ L'*Outil de dialogue* : www.cbac-cccb.ca/epic/internet/incbac-cccb.nsf/fr/ah00546f.html.

l'UBC devrait permettre aux organismes commanditaires de soutenir plus efficacement les participants au dialogue en fournissant le bon type d'information, de la source appropriée¹⁰⁵.

Accroître l'impact du dialogue : Un des principaux objectifs du dialogue délibéré est de soutenir la gestion flexible; cette recherche fournira des conseils essentiels sur les structures institutionnelles qui font du dialogue un outil efficace pour stimuler le changement et la prise de décisions démocratiques. En évaluant les pratiques passées des gouvernements et la recherche en sciences sociales (qui comprennent les expériences sociales), les chercheurs de l'Université de Calgary feront des propositions pour renforcer le rôle de la participation du public et du dialogue pour la gouvernance et la réglementation des innovations biotechnologiques¹⁰⁶.

Conclusions

Grâce au Secrétariat canadien de la biotechnologie, le Canada possède une des meilleures bases de données de recherche sur l'opinion publique et, avec Statistique Canada, une des meilleures sources d'information sur le secteur biotechnologique. Certains des plus éminents universitaires du Canada développent de puissants outils analytiques qui nous aideront à comprendre, dans une perspective institutionnelle/politique et de collecte publique de connaissances, les moyens les plus efficaces pour mobiliser le public dans la prise de décisions efficaces. L'approche de l'e-Dialogue nous fournit un forum facilement accessible pour débattre et discuter des enjeux avec des experts, et nous y avons découvert un moyen stimulant pour discuter des enjeux biotechnologiques avec des auditoires intéressés. De plus, l'*Outil de dialogue* commandité par le CCCB pourrait être utilisé comme un processus d'orientation intéressant qui rapproche des visions opposées sur un enjeu. Ces outils de dialogue et d'approche analytique sont, soit à l'étape du projet pilote soit encore sous étude.

En regardant vers l'avenir, nous recommandons un processus respectueux de mobilisation et continu entre les citoyens, les intervenants et le gouvernement. Cette mobilisation demande à être soutenue, avec des connaissances et des informations actualisées. Il devrait aussi accroître l'apprentissage social qui intègre une approche sincèrement flexible pour la BDDE. La stratégie de dialogue continu et d'apprentissage social permet aux enjeux d'évoluer avec le temps et d'évoluer en fonction des intrants des participants. Ces dialogues, même s'ils bénéficient de l'appui du gouvernement, sont menés grâce à des partenariats stratégiques d'autres secteurs de la société canadienne—des réseaux d'appui de praticiens multilatéraux dynamiques. Ces réseaux ajouteront à la légitimité, au rayonnement et à l'impact de ces dialogues. Par une mobilisation constructive les chefs de file de la société civile, des adopteurs précoces, des spécialistes du marketing et des chercheurs, les innovations biotechnologiques sont développées de façon à promouvoir des intérêts importants sur les plans écologiques, sociaux et économiques.

¹⁰⁵ M. Burgess et P. Danielson, UBC, *Building a GE³LS Architecture* : www.genomebc.ca/research_tech/research_projects/ethics/building_ge3ls.htm.

¹⁰⁶ E. Einsiedel, Université de Calgary, *How is Genomics Knowledge Translated in Health Systems?* (Génome Canada) et *Public Participation, Institutionalization and Technology Assessment* (CRSH) : www.ucalgary.ca/%7Eeinsiede/current.htm#gels.

Afin d'atteindre cette étape, le Canada devrait :

- Se soumettre à un dialogue continu avec les Canadiens – renforcer les outils existants et les méthodes qui sont développées par des Canadiens, comme l'*e-Dialogue*^{MD}, le nouvel *Outil de dialogue* du CCCB et des recherches de pointe;
- Optimiser ces approches afin d'élaborer une trousse d'outils qui permet la mobilisation efficace et à long terme;
- S'engager pour répondre au besoin d'améliorer la littéracie et l'apprentissage social continu en renforçant les partenariats stratégiques avec des intervenants de l'industrie, des institutions universitaires, des organismes environnementaux et des groupes religieux;
- Et s'assurer que des mécanismes existent et laissent les intrants influencer les résultats, et qu'il existe des mesures de suivi qui permettent d'identifier et de signaler les impacts.

Ces nouvelles approches pourraient être renforcées par plusieurs mécanismes utiles existants pour bâtir une compréhension des perceptions et des intérêts liés à la biotechnologie :

- Des sondages publics menés par le Secrétariat canadien de la biotechnologie, afin d'examiner les connaissances et les visions du public sur les nouvelles approches biotechnologiques décrites dans ce rapport;
- L'utilisation des conclusions tirées de scénarios, de prévisions et de futures études afin de mesurer les réactions du public aux choix que notre société pourrait devoir assumer;
- La collecte des données de Statistique Canada, qui devrait être redéfinie pour fournir de meilleures informations sur les relations entre la biotechnologie et le développement durable;
- Des efforts de collaboration avec d'autres membres de la communauté internationale (comme l'OCDE, des organismes membres des Nations Unies comme la FAO, des syndicats scientifiques et des groupes à l'intérieur d'autres nations) pour des études et un dialogue qui permettront d'atteindre une compréhension plus étendue de portée internationale des préoccupations du public et des leçons apprises du dialogue sur les nouvelles biotechnologies.

CHAPITRE 7. Coopération internationale

Le Canada et le monde¹⁰⁷

À l'échelle internationale, la biotechnologie est reconnue comme une nouvelle force motrice pour le développement économique, social et environnemental. Un certain nombre d'organismes multilatéraux, de pair avec l'Union européenne et d'autres pays, lancent des programmes destinés à déterminer comment la biotechnologie peut aider à atteindre les priorités nationales et internationales en matière de développement durable. La poursuite du développement durable figure parmi les priorités du gouvernement du Canada, comme en témoignent ses énoncés de politiques précédents¹⁰⁸. Une grande importance est également accordée au rôle des sciences et de la technologie dans les relations internationales du Canada.

La coopération internationale a un rôle important à jouer dans la réalisation d'un avenir durable. Aucun pays ne pourra, à lui seul, régler avec succès des problèmes tels que le changement climatique ou l'utilisation durable des ressources océaniques. Le commerce et le financement à l'investissement ne connaissent aucune frontière, la R-D dépend de plus en plus d'un flot international de connaissances et les autres effets de la mondialisation, comme les pandémies ou les espèces envahissantes dépendent de règles de conduite négociées et reconnues à l'échelle internationale. Peut-être le fait le plus important, c'est que notre sécurité et notre bien-être à long terme passent par la réduction efficace de la pauvreté partout dans le monde, surtout dans les pays en développement.

Trois thèmes forment le contenu de ce chapitre :

1. La compétitivité internationale du Canada dans les nouvelles approches industrielles qui impliquent la biotechnologie, surtout les bioproduits;
2. Les connexions internationales du Canada pour bâtir les connaissances nécessaires, attirer des investissements et créer une action en vue de l'utilisation durable de la biotechnologie sur nos propres terres et pour régler les enjeux d'importance mondiale;
3. La coopération du Canada en matière de développement international pour lutter contre la pauvreté.

Nous devons porter une attention particulière à la façon dont le Canada peut atteindre les objectifs convenus à l'échelle mondiale, tels que les objectifs de développement du millénaire (ODM) des Nations Unies. Les huit ODM visent à atteindre, d'ici 2005, les objectifs suivants :

- Réduire l'extrême pauvreté et la faim;
- Assurer l'éducation primaire pour tous;
- Promouvoir l'égalité et l'autonomisation des femmes;
- Réduire la mortalité infantile;

¹⁰⁷ Ce chapitre s'inspire, en partie, d'un document d'information plus détaillé préparé pour cette étude : M.A. McLean, *International Cooperation for Biotechnology and Sustainable Development* (Ottawa : Agbios, 2006). Disponible sur demande auprès de info@cbac-cccb.ca.

¹⁰⁸ Gouvernement du Canada, *Fierté et influence : notre rôle dans le monde* (Ottawa : 2005) : www.dfait-maeci.gc.ca/cip-pic/ips/overview-fr.asp?lang_update=1.

- Améliorer la santé maternelle;
- Combattre le VIH/SIDA, le paludisme et d'autres maladies;
- Assurer un environnement durable;
- Mettre en place un partenariat mondial pour le développement.

On risque de ne pas atteindre ces objectifs essentiels. Pourtant, il a été admis que la biotechnologie pourrait jouer un rôle dans l'atteinte de certains d'entre eux. En effet, le Secrétaire général des Nations Unies a noté que la biotechnologie avait le potentiel de devenir un outil puissant pour relever les défis posés par l'insécurité alimentaire, le sous-développement industriel, la dégradation environnementale et les maladies¹⁰⁹.

Ce chapitre dégage les voies particulières à suivre pour améliorer notre contribution au développement durable mondial grâce aux applications de la biotechnologie. Nous plaçons l'accent sur les partenariats et les efforts canadiens afin de répondre aux besoins des pays les plus pauvres. De façon peut-être plus spéculative, nous examinons comment la coopération internationale en matière de biotechnologie et de développement durable peut profiter directement au Canada. De telles retombées pourraient être d'ordre social et environnemental et, sans aucune doute, économique sous forme de productivité et de compétitivité accrues.

Compétitivité et durabilité

La compétitivité du Canada dépend de la coopération internationale. Certes, l'abondance relative des ressources naturelles peut jouer en notre faveur dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie et de l'exploitation minière, mais les producteurs canadiens se rendent compte qu'ils doivent viser de nouveaux niveaux de durabilité environnementale dans ces marchés et dans d'autres, surtout dans les pays de l'Union européenne. Un exemple patent est le mouvement croissant par l'industrie forestière canadienne vers la certification définie à l'échelle internationale du Forest Stewardship Council (FSC)¹¹⁰. L'hypothèse de travail selon laquelle notre avantage comparatif en matière de territoire et d'eau nous permettra de fournir de nouveaux bioproduits à ces marchés risque d'être mise à l'épreuve à l'avenir. Il se peut que les pays européens aient l'avantage à cause de leurs structures de subventions et de leur expertise de longue date dans le raffinage et le traitement chimique. Ce qui fera la différence, c'est peut-être la capacité du Canada à démontrer qu'il est un bon gardien de l'environnement et un bon producteur de bioproduits.

Les entreprises canadiennes livrent déjà une concurrence contre d'autres pays pour fournir des « produits bruts ». Les producteurs de canola vendent leurs produits à l'Europe pour une conversion au biodiesel. À l'avenir, ils pourraient faire face à une âpre concurrence de la part des producteurs tropicaux qui souhaitent entrer sur les marchés européens ou autres. L'Indonésie a annoncé des plans pour un investissement de 22 milliards de dollars US pour convertir six millions d'hectares en des plantations d'huile de palme afin de produire du biodiesel—

¹⁰⁹ Nations Unies, *Impact of New Biotechnologies, with Particular Attention to Sustainable Development, including Food Security, Health and Economic Productivity*, rapport du secrétaire général, Assemblée générale des Nations Unies (A/58/76) (2003); A. Rath, *Biotechnology, Millennium Development Goals, and Canada* (Secrétariat canadien de la biotechnologie, 2004).

¹¹⁰ Le Canada compte la plus grande zone de terres forestières certifiées FSC au monde (17 millions d'hectares en juin 2006) et le plus grand volume de production de papier certifiée FSC : www.fsccanada.org.

il se peut qu'une partie de cette conversion influence la forêt tropicale sous-développée. Le Brésil, l'Inde et la Chine sont les plus grands producteurs d'éthanol au monde, alors que le Canada se classe actuellement au 14^e rang. Le Brésil, qui est déjà l'exportateur chef de file, aimerait étendre son rôle. Des plans sont en cours pour encourager les exportations de biocarburant de l'Afrique à l'Europe; certains pays sont même décrits comme des « superpuissances du biocarburant »¹¹¹. Il est difficile d'imaginer le Canada en train de développer un marché robuste à l'étranger pour le bioéthanol produit à partir des céréales ou du maïs. Mais il est possible d'envisager que, dans cinq à dix ans, le leadership du Canada dans la production d'éthanol cellulosique pourrait être un avantage de taille. Il est également possible que les processus industriels innovateurs faits au Canada soient commercialisés en Europe. C'est le cas du récent partenariat d'Iogen Corporation avec Volkswagen et Shell pour mener une enquête sur la faisabilité de produire de l'éthanol en Allemagne.

Une question pertinente est donc la suivante : de quelle manière le Canada devrait-il élaborer des modèles d'investissement et une coopération en R-D pour améliorer, plutôt que de réduire, sa compétitivité à l'ère de la mondialisation, tout en rehaussant la durabilité environnementale et sociale au niveau national et mondial? Par exemple, la coopération internationale visant le développement d'une certification de la durabilité des biocarburants pourrait-elle miser sur la capacité du Canada de vendre des bioproduits dans les marchés des pays développés? Les organismes au sein de l'Union européenne commencent déjà à examiner les besoins de certification—pour le carbone et des raisons de durabilité¹¹².

Grâce à sa participation à de nombreuses négociations internationales dans des domaines tels que l'environnement, le développement, le commerce et la santé, le Canada est perçu comme un chef de file international pour le développement durable. Le Canada a occupé une position de chef de file en matière de biotechnologie dans les forums internationaux, comme en témoigne la participation canadienne aux programmes de biotechnologie de l'OCDE. Que doit faire de plus le Canada? Quel pourrait être l'impact à long terme de ces activités internationales sur nos politiques et pratiques nationales de développement durable?

Avantages internationaux du Canada

Diverses études ont porté sur les avantages de la biotechnologie du Canada¹¹³. Toutefois, aucune ne s'est penchée directement sur le thème conjoint de la biotechnologie et du développement durable. Il n'en demeure pas moins qu'on peut faire certains choix éclairés à propos des forces canadiennes en biotechnologie qui peuvent s'appliquer au développement durable dans un contexte international (voir l'encadré 7-1 : à noter que cet encadré n'englobe pas la gamme complète des applications médicales). Bien qu'il puisse sembler surprenant que l'agriculture et

¹¹¹ Vers la fin de juillet 2006, la Pan-African Non-Petroleum Producers Association (PANPP) a été mise sur pied pour promouvoir la production du biocarburant. Cet effort est favorisé par un organisme appelé « Biopact » qui cherche à obtenir un pacte d'« énergie verte » entre l'Afrique et l'Europe : www.biopact.com.

¹¹² Vers le milieu de 2006, l'UE a mené de vastes consultations sur six sujets concernant son examen de la directive sur les biocarburants. De nombreux organismes ont fait mention de la nécessité d'une certification de durabilité, par exemple, voir la soumission de l'European Environmental Citizens Organisation for Standardisation (ECOS) : www.ecostandard.org.

¹¹³ D. Campbell et al., *Scan of Canadian Strengths in Biotechnology*. Science-Metrix (Montréal : Science-Metrix, 2005); Conference Board du Canada, *Biotechnology in Canada: A Technology Platform for Growth* (2005).

certaines catégories de bioproduits n'obtiennent pas une cote plus élevée, la réalité est que le Canada effectue une grande partie de ses activités en biotechnologie dans le domaine de la R-D et dans l'ombre des investissements des États-Unis. Comparativement au Canada, les États-Unis ont investi davantage dans la R-D et ont établi des lois et des subventions favorables afin d'intégrer certains types de biotechnologies. Au Canada, même si les investissements en R-D sont substantiels, la force se trouve souvent dans les créneaux, comme les vaccins du poisson et la biorestauration. Éventuellement, les forces du Canada dans tous les domaines de la biotechnologie pourraient être précieuses pour le travail canadien avec les pays en développement et les réseaux de connaissances internationaux.

Encadré 7-1. Domaines de forces canadiennes en biotechnologie, avec des applications potentielles au développement durable

Rôle de leadership international	Potentiel de figurer parmi les chefs de file	Force potentielle mais généralement pas un chef de file
<ul style="list-style-type: none"> • Vaccins (humains et animaux) • Sciences animales • Sciences aquatiques • Technologie environnementale 	<ul style="list-style-type: none"> • Produits forestiers • Utilisation des résidus de culture • Cultures agricoles • Biocarburants, éthanol cellulosique 	<ul style="list-style-type: none"> • Écologie industrielle • Synergie des sous-produits • Bioraffineries pour les produits chimiques et les bioplastiques

En fait, l'engagement du Canada envers divers réseaux de connaissances et centres d'excellence peut s'avérer assez important pour la coopération internationale. Les scientifiques canadiens et les autres « communautés d'intérêts » de ce pays sont habitués à des relations concertées, et les tendances de financement renforcent désormais cette approche. Ces collaborations se répandent souvent dans les efforts internationaux. Cela a fourni des avantages au Canada, comme en témoigne la présence canadienne dans de nombreux organismes internationaux liés à l'environnement et au développement, tels que la World Conservation Union et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

Il en est de même pour le secteur industriel. Les filiales canadiennes des grandes sociétés ont joué des rôles importants dans le développement d'innovations plus respectueuses de l'environnement. David Buzzelli de Dow Canada a piloté le projet Responsible Care^{MD} afin de réduire considérablement la pollution dans l'industrie des produits chimiques. Ce programme a été étendu partout au monde et dans un certain nombre de secteurs industriels. Le personnel d'Industrie Canada a assumé des rôles de leadership pour élaborer des travaux sans précédent de l'OCDE au chapitre de la biotechnologie industrielle et des bioproduits. Les Canadiens ont joué un rôle très actif au sein de l'Organisation internationale de la normalisation, notamment par l'encadrement de l'élaboration de la norme ISO 14000 – une norme mondiale destinée à gérer les organismes en vue d'un impact environnemental optimal.

Mais il y a lieu de déployer beaucoup plus d'efforts concertés, y compris l'établissement d'un réseau de connaissances international sur la biotechnologie et le développement durable, peut-être avec le leadership des universitaires et des organismes de recherche canadiens. À l'heure actuelle, il n'existe pas de tels réseaux, malgré les efforts utiles de l'OCDE (décrits plus loin dans ce chapitre) à cet égard.

Accords internationaux touchant l'environnement et l'économie

Le rôle du Canada dans les accords internationaux est complexe. Au cours des 35 dernières années, le Canada a fait preuve de leadership en aidant à l'élaboration de cadres de développement durable, tels que la Convention sur la diversité biologique. Notre faiblesse nationale, analysée en détail dans les rapports de la commissaire fédérale à l'environnement et au développement durable, réside dans le défaut d'adopter une mesure définitive et efficace face aux engagements pris. Dans certains autres cas, tels que le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques, le Canada n'a pas encore ratifié ses engagements signés. Il est impressionnant de constater le grand nombre d'accords internationaux dont le Canada est signataire et qui ont des implications importantes pour la biotechnologie et le développement durable. Ceux examinés dans ce rapport sont indiqués à l'encadré 7-2, mais ils n'en représentent qu'une petite partie. Parmi les autres accords, mentionnons le *Droit de la mer*, qui compte des dispositions pouvant nécessiter une révision afin de couvrir la bioprospection future du fond océanique¹¹⁴, la *Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification* et divers accords de l'Organisation mondiale de la Santé.

Encadré 7-2. Exemples d'accords et de protocoles internationaux avec des implications de BDDE pour le Canada

- Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB) et le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le Protocole de Kyoto
- L'Organisation mondiale du commerce (OMC), y compris le préambule de l'Accord de Marrakesh, les groupes spéciaux de règlement de différends commerciaux; l'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (SPS); les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC)

La CCNUCC et le Protocole de Kyoto offrent, tous deux, de nombreuses possibilités d'une action canadienne en matière de biotechnologie et de développement durable. Cela comprend les applications écologiques industrielles qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre grâce à de nouvelles méthodes de traitement comme les enzymes à basse température et les centrales électriques qui brûlent des biocarburants dérivés de la conversion thermique de divers déchets. Des crédits pour les puits de carbone peuvent être offerts pour le boisement et le reboisement, et certaines formes de conservation et de gestion des terres agricoles et des pâturages.

Le Protocole de Kyoto comprend également trois mécanismes axés sur le marché, conçus pour aider les Parties à l'annexe I, tels que le Canada, à réduire le coût lié à l'atteinte de leurs objectifs de réduction des émissions, en leur permettant d'acquérir ou d'acheter des crédits à l'extérieur de

¹¹⁴ United Nations University-IAS, *Bioprospecting of Genetic Resources in the Deep Seabed: Scientific, Legal and Policy Aspects* (Tokyo : 2005).

leurs frontières. Le Mécanisme pour un développement propre (MDP) permet aux pays d'investir dans des projets qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre dans les pays en développement et d'acquérir des crédits en retour. Dans le cadre de l'Application conjointe (AC), les pays peuvent obtenir des crédits en investissant dans les projets de réduction des émissions dans les pays développés qui ont accepté un objectif du Protocole de Kyoto. Enfin, l'Association internationale pour l'échange de droits d'émission (AIEDE) permet aux pays développés qui ont accepté un objectif du Protocole de Kyoto d'acheter et de vendre des crédits entre eux.

Les mesures technologiques, visant à la fois à réduire les émissions et à accroître les puits, pourraient aider les Parties à l'annexe I à remplir leurs obligations. Le remplacement des carburants fossiles par des biocarburants, l'efficacité énergétique accrue dans la production alimentaire, le rechrû ou les zones de forêts accrues (comme les puits de carbone) sont tous des domaines où la biotechnologie peut contribuer à la réalisation des exigences de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le transfert de ces technologies à d'autres pays pourrait potentiellement réduire les émissions à l'échelle mondiale et remplir d'autres engagements en vertu de la CCNUCC. Certaines de ces actions pourraient s'avérer assez controversées car elles impliquent une dissémination accrue des produits biotechnologiques dans la nature, y compris les forêts et les terres agricoles. D'autres peuvent être moins controversées, notamment l'utilisation d'enzymes dans les processus industriels.

Un problème continu dans lequel le Canada a d'importants intérêts est la compatibilité des mesures proposées entre ces divers accords, surtout entre les accords environnementaux multilatéraux tels que la CDB et les accords de commerce. L'OMC supervise environ 30 accords, dont les SPS et les ADPIC, surtout l'article 27; la CDB est devenue une source de controverse considérable, particulièrement dans le contexte de l'accès, du partage des avantages et du transfert de technologie en vertu de l'article 16 de la CDB¹¹⁵.

Les relations du Canada avec les États-Unis, l'Europe, les puissances émergentes du domaine de la biotechnologie comme la Chine et l'Inde et les pays en développement, présentent des avantages potentiels pour des raisons habituelles : le Canada est perçu comme étant raisonnablement digne de confiance, modéré dans son approche et ayant une vaste expertise et expérience. La façon dont le Canada pourra s'appuyer sur de tels avantages dépendra de la présence d'objectifs clairs et de partenaires aptes. Parmi les exemples évidents, mentionnons le développement de vaccins recombinés sous la direction de l'Alliance GAVI (voir l'encadré 7-3) et d'autres mesures de biotechnologie pour atteindre les objectifs de santé dans le cadre des ODM. En fait, le ministre canadien de la Coopération internationale a servi de membre du conseil de l'Alliance GAVI.

Encadré 7-3. Alliance mondiale pour les vaccins et la vaccination (GAVI)

L'Alliance GAVI mise sur les forces et l'expérience de tous les principaux intervenants de la vaccination mondiale, les gouvernements des pays développés et en développement, les organismes de l'ONU, la Fondation Bill et Melinda Gates, les ONG, les fabricants de vaccins, les organismes de santé publique et de recherche. Les partenaires de GAVI ont créé le Fonds de vaccins qui permet une vaccination à faible coût. L'Alliance GAVI a pour mandat d'accélérer le développement de nouveaux vaccins prioritaires.

¹¹⁵ S.K. Verma, *Fitting Plant Variety Protection and Biotechnological Inventions in Agriculture Within the Intellectual Property Framework: Challenges for Developing Countries*, délibérations sur les droits de propriété intellectuelle (DPI), l'innovation et le développement durable (2004) : www.iprsonline.org/unctadictsd/dialogue/docs/Verma_2004-11-08.pdf.

Toutefois, cette application de la biotechnologie au développement durable international constitue plutôt l'exception que la règle. Mis à part le soutien envers les objectifs sélectionnés de santé humaine et animale, la collectivité de développement international a pris relativement peu d'engagements en matière de biotechnologie concernant l'alimentation ou le développement de technologies de bioproduits, un fait que nous allons examiner en détail plus loin dans ce chapitre.

Conclusion

On pourrait en dire beaucoup plus sur la série complexe de relations qui seront nécessaires au cours des prochaines années afin de favoriser les rapports entre la compétitivité et la durabilité. Nous avons fourni quelques exemples qui démontrent des liens et qui les associent aux enjeux actuels du développement et de la commercialisation de la biotechnologie. Le point le plus important est de reconnaître qu'il y a un changement rapide, par exemple dans les biocarburants. Selon toute vraisemblance, ce n'est que la première ronde de tels changements et des modifications plus profondes qui auront lieu à mesure que les technologies des bioraffineries évolueront.

Ces petits changements créeront plus d'occasions pour des changements transformatifs vers le développement durable et souligneront le besoin pour le Canada d'agir rapidement afin d'établir une position internationale très concurrentielle. Cela peut sembler inhabituel, mais ce positionnement concurrentiel dépendra de notre capacité de coopérer à l'échelle internationale. Une telle coopération permettra au Canada : d'établir des règles et des mesures volontaires compatibles avec nos forces; d'attirer des investissements internationaux et des entreprises qui offrent un accès à ces nouveaux marchés, méthodes et technologies; de travailler en partenariat afin de résoudre les « gros problèmes », comme ceux abordés par l'Alliance GAVI, tout en misant sur les forces canadiennes, telles que notre capacité de développer et de produire des vaccins.

Coopération en matière de développement international

Les deux principaux organismes canadiens de développement international financé par le gouvernement fédéral, soit l'Agence canadienne de développement international (ACDI) et le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), sont fermement engagés envers le développement durable, mais possèdent moins d'expérience et d'investissement dans les initiatives de biotechnologie.

Centre de recherches pour le développement international (CRDI)

En 2002, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a établi un Groupe de travail sur la biotechnologie et les technologies émergentes. Le Groupe de travail a adopté trois objectifs¹¹⁶ :

1. Clarifier le débat sur la biotechnologie dans les pays en développement;
2. Cerner clairement les sujets de recherche découlant des grands débats sur la biotechnologie et les technologies émergentes;

¹¹⁶ www.idrc.ca/fr/ev-94565-201-1-DO_TOPIC.html

3. Déterminer les secteurs prioritaires dans lesquels le CRDI peut renforcer la capacité du Sud d'évaluer la technologie, de concevoir les politiques appropriées et de définir les besoins des pays en développement.

Les résultats de cet examen comprenaient une douzaine de consultations régionales pour aborder les liens, les enjeux et les préoccupations à propos de la biotechnologie et du développement, particulièrement la biotechnologie agricole¹¹⁷, ainsi qu'une introduction utile. L'introduction indique que le mandat et l'historique du CRDI mettent l'accent sur l'objectivité et les preuves, le développement de la capacité du Sud, la prise de décisions multilatérale et la création d'une base de recherche appliquée et de connaissances¹¹⁸. C'est cette philosophie qui éclairera les activités du CRDI dans ce domaine.

En 2005, le CRDI a établi un nouveau domaine de programme, la politique et la science de l'innovation (PSI), qui appuiera l'élaboration de politiques en matière de sciences, de technologies et d'innovation afin de diminuer la pauvreté dans les pays en développement¹¹⁹. Le programme PSI est responsable des activités du CRDI liées à la recherche sur les systèmes de connaissances¹²⁰, le Groupe de travail sur la biotechnologie et les technologies émergentes¹²¹ et un fonds de lutte conçu pour appuyer les questions de santé mondiale. Le programme PSI servira également d'un forum pour renforcer le rôle du CRDI dans la collectivité canadienne de la politique scientifique, afin de promouvoir la coopération et le développement international en tant que priorités importantes pour la recherche et le développement au Canada et afin d'encourager les partenariats de recherche entre les universités canadiennes et les chercheurs des pays en développement. Le programme PSI appuiera la recherche sur les questions de gouvernance, de compréhension publique, d'accès et de retombées associées aux technologies émergentes comme la biotechnologie et la nanotechnologie¹²².

Ce qui est notable à propos de l'effort du CRDI, c'est l'étendue de sa consultation, son lien à la politique scientifique au Canada et son aptitude à s'appuyer sur la capacité de recherche canadienne pour établir de nouveaux partenariats avec les institutions dans les pays en développement. Dans l'ensemble, ce programme semble présenter un bon potentiel de croissance et de développement à l'avenir qui est directement pertinent à la biotechnologie et au développement durable.

Agence canadienne de développement (ACDI)

L'ACDI a pour mandat d'appuyer les activités de développement durable dans les pays en développement afin de réduire la pauvreté et de rendre le monde plus sûr, plus juste et plus prospère¹²³. L'ACDI ne compte pas, elle non plus, une politique ou un programme

¹¹⁷ www.idrc.ca/fr/ev-60505-201-1-DO_TOPIC.html

¹¹⁸ www.idrc.ca/uploads/user-S/108484101314_Chapter_3_Agriculture.doc

¹¹⁹ www.idrc.ca/fr/ev-90465-201-1-DO_TOPIC.html

¹²⁰ www.idrc.ca/fr/ev-10380-201-1-DO_TOPIC.html

¹²¹ www.idrc.ca/fr/ev-58019-201-1-DO_TOPIC.html

¹²² www.idrc.ca/uploads/user-S/11398496811Bulletin_no._1.fr.pdf

¹²³ www.acdi-cida.gc.ca/CIDAWEB/acdicida.nsf/Fr/NIC-5493749-HZK?OpenDocument

particulier dédié à répondre aux besoins de la biotechnologie et du développement durable. La biotechnologie pourrait certes contribuer directement au travail de l'ACDI sur les ODM et ses priorités de programme, par exemple :

- Les priorités de l'ACDI en matière de développement social¹²⁴, surtout dans la fourniture de vaccins recombinés pour des maladies infectieuses;
- Les priorités de l'ACDI en matière d'agriculture¹²⁵, particulièrement la création de capacité pour répondre aux possibilités et aux risques de la biotechnologie; aider les pays en développement à négocier et à répondre aux conventions et aux ententes multilatérales qui influencent directement l'agriculture; renforcer les capacités nationales, régionales et internationales recherche agricole et de transfert de connaissances; améliorer l'adaptation des cultures et du bétail au stress environnemental, et accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles; augmenter la valeur alimentaire et fourragère des plantes que cultivent principalement les pauvres.

L'ACDI contribue également aux organismes multilatéraux comme le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) et le Fonds pour l'environnement mondial (FEM). De tels canaux offrent un soutien indirect à des activités liées à la biotechnologie. L'International Food Policy Research Institute (IFPRI), parrainé par le GCRAI, examine les besoins de politiques en matière de biotechnologie pour l'agriculture internationale. La mise en œuvre du Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques par les pays en développement est assistée par une initiative financée par le FEM et administrée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

L'ACDI a récemment financé plusieurs projets liés à la biotechnologie dans le cadre du Fonds canadien pour l'Afrique¹²⁶, à savoir :

- Initiative internationale de vaccin du SIDA¹²⁷ : un montant de 45 millions de dollars pour financer le travail visant à mobiliser le soutien par la défense des intérêts et l'éducation, en encourageant les entreprises privées à participer au développement du vaccin de SIDA et en assurant un accès mondial aux nouveaux vaccins. Il existe actuellement 30 vaccins dans les essais cliniques partout au monde.
- Biologie appliquée en Afrique centrale et de l'Est¹²⁸ (BecA) : un montant de 30 millions de dollars pour financer un nouveau centre d'excellence en biosciences pour l'agriculture, basé à Nairobi, au Kenya. BecA se concentrera sur des secteurs prioritaires tels que la production de variétés de plantes résistantes au stress, résistantes aux maladies ou enrichies sur le plan nutritionnel ainsi que sur l'élaboration de vaccins, de tests de diagnostic ou de

¹²⁴ Les priorités en matière de politiques de l'ACDI sont exposées dans le site Web suivant : www.acdi-cida.gc.ca/CIDAWEB/acdicida.nsf/Fr/JUD-826145832-Q9M?OpenDocument.

¹²⁵ [www.acdi-cida.gc.ca/INET/IMAGES.NSF/vLUIImages/agriculture/\\$file/Agriculture-f.pdf](http://www.acdi-cida.gc.ca/INET/IMAGES.NSF/vLUIImages/agriculture/$file/Agriculture-f.pdf).

¹²⁶ D'une valeur de 500 millions de dollars, le Fonds canadien pour l'Afrique a été lancé lors du Sommet du G8 en juin 2002. Il soutient le Plan d'action du G8 pour l'Afrique, élaboré en réponse aux priorités fixées dans le Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD). Le NEPAD est le premier plan élaboré en Afrique en vue de placer le continent sur la voie de la croissance durable et du développement et dans le courant des développements au XXI^e siècle : www.acdi-cida.gc.ca/CIDAWEB/acdicida.nsf/Fr/JUD-4465251-H54?OpenDocument.

¹²⁷ www.iavi.org/

¹²⁸ www.biosciencesafrica.org

formules visant à créer une résistance génétique à la maladie parmi le bétail. Son but ultime consiste à aider les agriculteurs pauvres à conserver leurs terres, à accroître leur productivité et leur revenu, ainsi qu'à élargir leurs débouchés. L'objectif des futurs programmes d'aide consistera à soutenir les associations et à mettre en œuvre des activités d'éducation et de formation. Ces activités seront surtout destinées aux jeunes scientifiques et aux scientifiques du sexe féminin, ainsi qu'aux scientifiques issus de pays se relevant d'un conflit.

- Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) : un montant de 40 millions de dollars pour financer la recherche sur la productivité agricole, y compris la recherche sur la biotechnologie, en vue de réduire la famine et la pauvreté, d'améliorer la nutrition et la santé et de protéger l'environnement en Afrique.

Il est étonnant de constater à quel point la contribution de l'ACDI s'est avérée limitée par rapport à une approche d'innovation que certains considèrent comme peut-être la technologie la plus importante du nouveau siècle. Cette réticence ne se limite pas aux organismes d'aide bilatérale comme l'ACDI. Elle se reflète également dans l'attention limitée accordée à la biotechnologie par la Banque mondiale (sauf par le biais de CGIAR) et les banques de développement régional. De plus, il y a peu d'échange entre la Direction de coopération pour le développement de l'OCDE, un organisme influent, et les groupes de l'OCDE qui examinent le potentiel de la biotechnologie industrielle et des bioproduits.

On peut donner diverses explications, par exemple, l'influence de certains ONG et d'autres qui ne sont pas en faveur de l'introduction de la biotechnologie agricole; le rôle plus solide des entreprises du secteur privé telles que Monsanto dans l'introduction de cultures transgéniques pour les pays développés; la faible priorité accordée à la biotechnologie par certains pays; les paramètres économiques non testés ou non favorables de certains aspects tels que les bioraffineries à l'échelle industrielle. Ces raisons expliquent peut-être l'antipathie actuelle de l'ACDI et de certains autres organismes de développement international envers une approche exhaustive pour la biotechnologie et le développement durable.

Nous croyons que l'ACDI devrait réexaminer ses politiques et pratiques concernant la relation entre la biotechnologie et le développement durable. Certaines applications biotechnologiques relatives à la santé humaine, à l'agriculture et à l'environnement sont peu susceptibles d'être très controversées et pourraient s'avérer bénéfiques. Par exemple, c'est le cas d'applications biotechnologiques qui impliquent des solutions comme des outils de diagnostic moins dispendieux et plus efficaces pouvant être utilisés par les personnes locales pour la santé ou l'essai environnemental. D'autres encore incluent un contrôle amélioré des parasites et des maladies dans les domaines de l'agriculture et de l'aquaculture, de la biotechnologie pour l'eau propre et des vaccins pour l'élevage ou pour lutter contre les maladies visées par les ODM.

Le Canada peut également aider à bâtir la capacité d'améliorer la mise en œuvre des accords internationaux pertinents à la biotechnologie et au développement durable. La plupart des pays en développement, surtout ceux de petite taille, éprouvent beaucoup de difficultés à profiter pleinement des avantages régionaux et locaux des accords mentionnés dans l'encadré 5-2. Le Canada a fait un premier pas important avec ses initiatives de changement climatique, mais a déployé beaucoup moins d'efforts pour celles liées à la biodiversité et aux aspects du

développement durable concernant le commerce, y compris la propriété intellectuelle, l'accès et le partage des avantages. Ces sujets impliquent des questions inhérentes d'équité mondiale et intergénérationnelle.

Un front de politiques qui cherche à lier ces trois questions constitue « l'accès et le partage des avantages » (APA). Mieux caractérisé comme une vaste approche pour le développement durable, l'APA repose sur le soi-disant « troisième pilier » de la Convention sur la diversité biologique (CDB)¹²⁹. La prémisse est que, comme certaines innovations biotechnologiques découlent de la modification du matériel génétique trouvé dans les organismes situés dans l'environnement, les pays qui cultivent et/ou les personnes qui surveillent les organismes ou le matériel génétique méritent également de profiter de ces innovations. Les avantages ne sont pas nécessairement monétaires. Ils peuvent inclure une formation en recherche, le partage des données, la reconnaissance publique et ainsi de suite¹³⁰. Une question connexe est la compensation appropriée des peuples autochtones, qui détiennent souvent une connaissance de la biodiversité et de ses utilisations, d'après leurs propres connaissances traditionnelles. Il existe quelques cas anecdotiques où ces connaissances traditionnelles sont détournées par des sociétés transnationales; des négociations sont actuellement en cours, au niveau de la CDB et au cas par cas, pour trouver des moyens qui profiteraient tant aux fournisseurs qu'aux développeurs de ressources génétiques.

Cela est loin d'être une tâche facile. Les ressources génétiques importantes résident dans les banques de gènes publiques, les collections de musée, auprès des agriculteurs individuels ou sur les terres relevant de différents niveaux de compétence gouvernementale, y compris ceux considérés comme un « patrimoine mondial ». Le Canada doit formuler sa propre position sur cette question complexe et continuer de contribuer de façon constructive au débat international. Il s'agit d'une tâche difficile, mais importante pour assurer que, parallèlement à l'approche axée sur le marché pour l'innovation biotechnologique, il existe des mécanismes destinés à assurer que le bien commun est aussi appuyé.

Nous appuyons le développement de régimes APA qui équilibrent adéquatement les avantages qui sont attribuables à ceux qui ont maintenu la biodiversité pertinente et ceux qui travaillent à la transformer en quelque chose de nouveau.

Le Canada, par l'entremise de l'ACDI et d'autres organismes et ministères fédéraux, devrait fournir plus de développement de capacité pour l'évaluation des risques environnementaux et des risques pour la santé posés par les produits biotechnologiques. Nous avons une réflexion à deux parties concernant ce sujet. Tout d'abord, le Canada pourrait profiter de l'expertise et des méthodes actuelles. Le cadre réglementaire du Canada pour la biotechnologie est respecté à l'échelle internationale, et les organismes de réglementation gouvernementaux tels que Santé Canada, Environnement Canada et l'Agence canadienne de l'inspection des aliments comptent une expertise considérable dans l'évaluation des risques des produits de la biotechnologie. Deuxièmement, à long terme, nous pourrions transférer l'expérience acquise par les nouvelles approches, comme le cadre de développement durable proposé et décrit au chapitre 5 pour l'évaluation de la biotechnologie.

¹²⁹ www.biodiv.org/doc/publications/guide.shtml?id=web

¹³⁰ Bonn Guidelines : www.biodiv.org/programmes/socio-eco/benefit/bonn.aspx, paragraphes 45-50.

Réseaux et partenariats pour la biotechnologie et le développement durable

Notre prémisse est que bon nombre des questions de développement durable que le Canada et les autres pays sont en train d'aborder ne peuvent être réglées sans un partage considérable dans le développement et la dissémination des connaissances et sans des efforts coordonnés pour élaborer de nouvelles politiques environnementales et économiques, règles, normes et mesures nationales. Le déploiement de nouvelles technologies est particulièrement vulnérable aux défis en matière de commerce et à d'autres mesures. Il y a de plus en plus d'obstacles liés à la propriété intellectuelle, aux perceptions de danger et à l'acceptation locale. Au bout du compte, il vaut mieux établir une approche de changement qui comprend un dialogue international et qui est scientifique et basé sur des règles, au lieu de présumer que (1) l'introduction d'une technologie sera rapidement acceptée car elle est meilleure, (2) les percées scientifiques et technologiques relèveront uniquement des pays chefs de file actuels et (3) la gouvernance internationale se fera simplement, par exemple par l'entremise de l'OMC. En fait, la gouvernance se traduira par une combinaison d'accords environnementaux multilatéraux, d'accords de commerce, des règles sur la santé et la sécurité régies par plusieurs organismes ainsi que des mesures volontaires élaborées en réponse aux lobbies de la société civile.

Nous soulignons donc le besoin pour les Canadiens dans les organismes gouvernementaux, les organismes de recherche et les universités, le secteur privé et les organismes de la société civile de s'engager avec d'autres dans l'établissement de partenariats internationaux, de réseaux de connaissances et d'initiatives d'action pour aborder la biotechnologie et le développement durable. Bien sûr, il existe actuellement de nombreux liens, mais pas dans la mesure nécessaire. Il existe de nombreux sujets d'importance à long terme; nous présentons ci-dessous certaines possibilités de recherche et d'action.

Exemples de sujets

Outre les principales questions médicales comme la recherche sur la cellule souche, les débats internationaux sur la biotechnologie d'il y a cinq à dix ans se concentraient de façon étroite sur la biosécurité, surtout les impacts des introductions de cultures alimentaires transgéniques, les questions d'étiquetage et plusieurs questions qui restent toujours largement non résolues en ce qui concerne l'accès et le partage des avantages. Aujourd'hui, bien que le débat se poursuive, les discussions sur la biotechnologie s'élargissent et évoluent pour inclure des sujets tels que l'atteinte des ODM et le rôle des bioproduits et de la biotechnologie industrielle dans la transition vers l'économie fondée sur la biotechnologie. Cette discussion présente moins d'intensité que les débats sur la culture alimentaire transgénique et l'étiquetage. Mais, cela ne signifie pas que les questions sont moins complexes ou plus faciles à résoudre. En effet, c'est plutôt le contraire.

Le rôle du Canada dans un avenir de recherche mondialisée : Qu'en est-il de l'avenir? Quelles préoccupations se dressent à l'horizon pour 2010 et au-delà? De toute évidence, la priorité actuelle sur les pandémies en est une. Les mesures pour lutter contre les nouvelles formes de maladies impliquent de plus en plus la biotechnologie. D'où viendront les solutions? C'est là une question spéculative. Mais nous pouvons anticiper que les nouveaux vaccins et les mesures de contrôle pourront aussi bien provenir des laboratoires chinois ou indiens que de ceux nord-américains ou européen. Le point que nous voulons faire, et peut-être généraliser au-delà du contrôle des maladies vers certaines autres formes de biotechnologie, est que la balance des investissements en biotechnologie et dans d'autres nouvelles technologies penche rapidement en faveur de la Chine comparativement à d'autres pays comme le Canada. La conséquence est

que le Canada doit choisir avec beaucoup d'attention ses créneaux de biotechnologie et de développement durable ainsi que regarder plus attentivement à la façon dont il peut coopérer davantage avec de grands pays à forte croissance comme la Chine, l'Inde et le Brésil et avec des pays avancés sur le plan technologique comme le Singapour.

Gestion des nouveaux organismes : Une autre question susceptible de s'intensifier est l'importance des nouveaux organismes transportés au Canada, soit par choix ou par chance. Comme nous ne comprenons pas entièrement les répercussions écologiques de la biotechnologie, le principe de précaution sera probablement appliqué pendant une longue période en ce qui concerne des questions comme la dissémination du poisson transgénique. Mais le poisson transgénique apparaîtra ailleurs, et des variétés d'arbre comme le peuplier transgénique seront sans doute utilisées plus couramment dans certains pays comme la Chine. Les moyens pratiques pour surveiller et réglementer l'entrée au Canada d'organismes transgéniques « non souhaitables » feront l'objet de préoccupation croissante.

La place du Canada sur le marché mondial pour les biocarburants : Comme on l'a mentionné, l'engagement croissant en Europe, en Amérique du Nord et ailleurs pour l'utilisation des carburants à combinaison mixte de biodiesel et de bioéthanol soulève un certain nombre de questions quant à savoir d'où proviendra la source d'approvisionnement et si celle-ci sera durable. On assiste déjà à des spéculations sur l'éventualité que les forêts tropicales en Amérique latine, en Afrique et en Asie du Sud-Est risquent d'être converties en des sources non onéreuses d'hydrate de carbone ou d'huile de palme pour approvisionner l'Europe, la Chine ou même l'Amérique du Nord. Le Canada livrera-t-il concurrence à ces mêmes marchés, participera-t-il comme client et quelles sont les répercussions de ces choix?

Quelle biotechnologie est « appropriée pour les plus pauvres pays en développement? Dans le contexte des applications dans les pays pauvres, il s'agit d'une question très pertinente à poser, surtout en ce qui a trait à des sujets tels que la chaîne de valeur des bioproduits. De quoi aura l'air une bioraffinerie pour les régions rurales du Ghana ou de Laos? Peut-on vérifier et appuyer par des propositions économiquement valables la réclamation selon laquelle la biotechnologie peut contribuer efficacement à de l'eau potable dans les collectivités pauvres et isolées? Comment les biotechnologies de développement en 2010 se mesureront-elles aux sources d'énergie de remplacement comme l'énergie éolienne et solaire?

Répartition juste et équitable des avantages de la biotechnologie : Parviendra-t-on à tenir la promesse que la biotechnologie offrira des avantages aux détenteurs de connaissances traditionnelles et aux gardiens de la biodiversité? Un consortium international, appuyé par Génome Canada, a entamé une recherche en sciences sociales afin d'aider à régler ce problème, avec un accent placé sur le potentiel des partenariats publics-privés à fournir des avantages, surtout dans le domaine de la santé¹³¹. Nous appuyons leurs travaux continus en vue de l'élaboration d'un cadre pour un système international qui fonctionne de façon juste et efficiente.

¹³¹ www.genomealberta.ca/research/projects/ge3ls/translate/index.php

Coopération de politique internationale

L'effort continu visant à trouver des solutions innovatrices pour des besoins de développement durable urgents et mondiaux et à éviter les effets indésirables des technologies nouvelles et anciennes produira un flot infini de nouveaux besoins en matière de politiques. Afin de régler cela d'une manière harmonisée—à l'échelle nationale et internationale—des initiatives de politiques doivent être formulées d'une manière largement participative et hautement crédible. Qui devrait y participer? Que faut-il faire pour améliorer l'information de base sur la biotechnologie et le développement durable? Comment peut-on améliorer les efforts concertés existants? Et comment le Canada devrait-il attribuer ses efforts : à l'échelle régionale, au sein d'organismes mondiaux qui sont associés à l'ONU tels que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ou dans des « clubs » particuliers comme l'OCDE? Que devrait être le rôle en matière de biotechnologie et de développement durable d'un organisme comme la Commission de coopération environnementale (CCE), un organisme trilatéral qui fait partie de l'accord parallèle de l'ALENA?

Les réponses à certaines de ces questions sont assez claires. La participation doit être ouverte et inclusive, et les processus d'élaboration de politiques doivent être assez transparents, de nature anticipatoire et exhaustifs. Par exemple, une telle élaboration de politiques devrait aider à réconcilier les accords internationaux économiques et environnementaux. Certains de ces processus, comme l'élaboration d'accords sur l'accès et le partage des avantages, seront à long terme.

La question de l'information crédible est un domaine où il est possible de faire des gains rapides, et même un domaine où les besoins à long terme sont certains. Statistique Canada est considéré comme un chef de file mondial dans la compilation de données sur l'innovation biotechnologique au niveau national. Sa collecte et son analyse de statistiques sur l'environnement et le développement durable sont jugées extrêmement crédibles. Mais il compte une expérience très limitée dans la collecte d'information sur la biotechnologie pour le développement durable. Au niveau régional et mondial, les données et les renseignements disponibles sur ce domaine sont encore très limités, ce qui restreint la surveillance du rendement des nouvelles politiques. Statistique Canada et les organismes à vocation similaire dans d'autres pays pourraient faire une grande contribution pour combler cette lacune d'information, peut-être par l'entremise de l'OCDE ou des Nations Unies.

L'OCDE est l'organisme international qui compte le plus d'expérience dans l'analyse de la relation entre la biotechnologie et le développement durable (voir l'encadré 7-4). En 2004, le Comité de l'OCDE pour la politique scientifique et technologique (CPST) a diffusé le rapport « *Biotechnology for Sustainable Growth and Development* », qui décrit des mesures que l'OCDE devrait prendre pour renforcer son enquête sur la biotechnologie en tant que force motrice de la croissance durable¹³². On a identifié trois principaux domaines qui nécessitent l'attention de l'OCDE : l'infrastructure scientifique et les centres de ressources biologiques; la biotechnologie industrielle et la durabilité; et la biotechnologie, l'innovation et la santé. Les travaux continus où l'OCDE a joué un rôle influent comprennent la biotechnologie et les bioproduits. L'OCDE propose maintenant d'examiner les besoins de politiques de la bioéconomie jusqu'en 2030 dans le cadre de son Programme sur l'avenir.

¹³² OCDE, *Biotechnology for Sustainable Growth and Development* (Paris, 2004) : www.oecd.org/dataoecd/43/2/33784888.PDF.

Le Canada devrait continuer de s'appuyer sur les initiatives de biotechnologie au sein de l'OCDE et de s'en inspirer. Celles-ci fourniront l'information de repère nécessaire pour établir nos politiques sur la biotechnologie et le développement durable. De plus, le Canada devrait chercher une plus grande participation d'un certain nombre de pays en développement aux efforts de biotechnologie de l'OCDE, surtout la Chine et l'Inde, en plus d'essayer d'établir de meilleurs liens avec la Direction de la coopération pour le développement et d'autres éléments de l'OCDE.

Conclusions sur la coopération internationale du Canada pour la BDDE

Nous concluons que le Canada devrait renforcer sa participation à la coopération internationale pour la biotechnologie et le développement durable—pour le bien du Canada et pour appuyer les objectifs mondiaux de développement durable, y compris les objectifs de développement du millénaire. Certains organismes de développement international ont agi sur les mérites de la biotechnologie, principalement en ce qui a trait aux questions de santé et d'alimentation, des droits de propriété intellectuelle et de l'accès et du partage des avantages¹³³. D'autres, y compris un certain nombre d'ONGE internationales ont débattu avec force des sujets, entre autres, les arbres transgéniques, les règles pour la biosécurité et les gènes *Terminator*.

Le domaine deviendra de plus en plus complexe à mesure que s'ajouteront d'autres biotechnologies des ressources naturelles, environnementales et industrielles. Entre-temps, les lacunes en biotechnologie se creusent entre les pays sophistiqués sur le plan de la biotechnologie, comme la Chine et l'Inde, et la plupart des pays en Afrique et les pays pauvres dans les autres coins du monde. Il y a un intérêt accru envers le rôle potentiel de l'Afrique en tant que fournisseur du biodiesel et d'autres biocarburants vers l'Europe¹³⁴. Sans aucun doute, il y aura un débat sur la

Encadré 7-4. Organismes de l'OCDE qui sont actifs dans le domaine de la biotechnologie

- Conseil de l'OCDE
- Comité pour l'agriculture (COAG)
 - Système de certification des semences
 - Programme de recherche conjoint
 - Comité de la politique scientifique et technologique (CPST)
 - Groupe de travail sur la biotechnologie
 - Sous-groupe sur les biotechnologies liées à la santé humaine
 - Groupe de travail sur les centres de ressources biologiques
 - Groupe spécial sur la biotechnologie au service du développement industriel durable
- Comité des politiques d'environnement (EPOC)
 - Sous-groupe sur les aspects économiques de la biodiversité
- Réunion conjointe du Comité des produits chimiques et le groupe de travail sur les produits chimiques, les pesticides et la biotechnologie (réunion conjointe)
 - Groupe de travail pour l'harmonisation de la surveillance réglementaire en biotechnologie
 - Groupe de travail sur les nouveaux aliments destinés à la consommation humaine et animale

¹³³ Voir l'énoncé de la FAO sur la biotechnologie (www.fao.org/biotech/stat.asp), de vastes discussions sur la biosécurité et d'autres sujets relatifs à la Convention sur la diversité biologique extensive. (www.jiwl.com/contents/biosafety_resources_net.html et www.biodiv.org); UNCTAD, *The Biotechnology Promise* (2004) : stdev.unctad.org/docs/biotech.pdf; programme pour les systèmes de biosécurité et d'autres sujets de l'International Food Policy Research Institute (IFPRI) : www.ifpri.org/themes/biotech/biotech.htm; Conseil pour les actions en biotechnologies de l'UNESCO : http://portal.unesco.org/sc_nat/ev.php?URL_ID=2494&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201&reload=1158374132.

¹³⁴ www.biopact.com

question à savoir si cela pourra se faire de façon durable, c'est-à-dire en produisant des avantages locaux tout en sauvegardant la fertilité des sols et la biodiversité et dans les limites de l'eau disponible. Comme on le verra ci-dessous, il existe d'importants enjeux en matière de santé publique, d'eau potable et de sécurité alimentaire où la biotechnologie est susceptible de jouer un rôle plus central en Afrique et dans les autres régions en développement.

Réseaux de connaissances internationaux

Le Canada et les organismes canadiens devraient s'engager dans divers réseaux de connaissances et initiatives à l'échelle internationale en ce qui concerne les principaux aspects de la biotechnologie et du développement durable. Bien que cela se fasse déjà par le biais d'organismes tels que l'OCDE et la FAO, nous jugeons qu'une participation stratégique est nécessaire de façon plus générale avec les groupes de recherche européens et d'autres groupes de recherche nord-américains, ainsi qu'avec les chefs de file émergents du domaine de la biotechnologie parmi les pays en développement tels que la Chine, l'Inde et le Brésil.

Pour bien servir ses intérêts nationaux, le Canada devrait assumer un rôle de leadership et initier un réseau de connaissances sur la biotechnologie et le développement durable conçu explicitement pour traiter des questions pratiques telles que la certification du métier et les procédures pour l'évaluation du développement durable. Le réseau devrait couvrir de nouveaux domaines, comme les biocarburants et d'autres technologies émergentes concernant l'environnement et le développement durable où la biotechnologie a un rôle. Le Canada a des motifs fermes pour agir ainsi, car les thèmes de la BDDE trouveront une place dans les négociations d'accords de commerce international et d'accords multilatéraux sur l'environnement. Nous devons également élaborer les connaissances nécessaires pour la BDDE de la manière la plus rentable et diligente. Souvent, cela se fera par des efforts concertés au niveau international, impliquant les intérêts des secteurs public et privé.

Coopération de développement international

Le deuxième besoin important est que le Canada et les Canadiens contribuent à une approche responsable pour les applications de la biotechnologie et du développement durable dans les pays en développement et au niveau international. Un tel engagement est particulièrement important pour atteindre les objectifs de développement du millénaire des Nations Unies, pour des initiatives économiques futures telles que les plantations et le traitement du biocarburant qui pourraient entraîner d'importantes répercussions écologiques et pour les négociations futures de commerce international ou les négociations environnementales multilatérales.

Un nouveau domaine pour les pays en développement constitue les mécanismes APA pour assurer un partage juste et équitable des avantages de la biotechnologie entre le fournisseur de la « matière première » brute et ceux qui développent de telles matières en des innovations utiles. L'utilisation de divers instruments de politiques ou d'approches, tels que les partenariats privé-public, la réduction ou l'élimination des tarifs, les accords de PI à source ouverte, les réserves de brevets, les approches stratégiques d'octroi de licences, le droit des fermiers, les partenariats de recherche et les accords de partage peuvent contrebalancer certains des effets négatifs locaux perçus des droits de propriété intellectuelle. Il s'agit d'un domaine où le Canada a de nombreux intérêts communs avec les pays en développement ainsi que des droits acquis dans la présence d'ententes robustes acceptables à l'échelle mondiale.

Bien que le Canada ait internalisé le développement durable à l'intérieur de sa stratégie de développement international, il n'existe aucune politique pour les applications de la biotechnologie au sein de l'Agence canadienne de développement international (ACDI). L'ACDI n'a qu'une compréhension limitée des rôles que les technologies d'innovation peuvent jouer dans le développement international. Diverses pressions sur l'ACDI pourraient justifier une précaution à s'engager dans ce domaine, surtout dans la production alimentaire¹³⁵.

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) du Canada a initié un nouveau programme prometteur sur l'innovation, la politique et les sciences qui jumellera l'expertise canadienne en matière de technologies avec les chercheurs des pays en développement¹³⁶. Ce programme sera fortement orienté selon les intérêts et les besoins des pays en développement en vue de diminuer la pauvreté. Le CRDI, qui assume un rôle d'intermédiaire impartial, a tenu un certain nombre de séances de dialogue dans les pays en développement sur le rôle de la biotechnologie et d'autres technologies émergentes.

Le Canada a certains avantages distincts par rapport à la biotechnologie et au développement durable qui pourraient bénéficier aux pays en développement, notamment : notre promotion de l'innovation agricole à valeur ajoutée; notre expertise dans le domaine des vaccins et de la prévention de maladies pour les humains, le bétail et le poisson; nos capacités en technologie environnementale; et nos nouveaux efforts visant à établir de nouvelles gammes de bioproduits. Un autre fait d'intérêt non négligeable pour certains pays en développement est notre système de réglementation national et notre expérience appliquée au niveau national avec des accords internationaux. Ce sont des questions d'intérêt pour d'autres pays qui souhaitent bâtir une capacité dans le domaine de la réglementation. Elles influenceront également la façon dont le Canada abordera la négociation et la mise en œuvre subséquente des accords internationaux.

¹³⁵ Voir, par exemple, le Groupe de travail sur la politique sur Canada sur la biotechnologie agricole et les pays en développement, qui est composé d'organismes de développement international, de groupes d'agriculteurs et d'autres organismes de la société civile, y compris : Canadian Organic Growers, ETC Group, Inter Pares, National Farmers Union, Social Justice Committee, l'Église Unie du Canada, l'Union Paysanne et USC Canada : www.interpares.ca/en/publications/pdf/no_more_silver_bullets.pdf.

¹³⁶ www.idrc.ca/fr/ev-90465-201-1-DO_TOPIC.html

CHAPITRE 8. Gouvernance pour une gestion adaptative

Introduction

La gouvernance est le fil conducteur de notre rapport. Le Canada n'est pas le seul pays à trouver que la gouvernance de la biotechnologie pose un défi de taille (voir l'encadré 8-1). Pour renforcer la gouvernance de la biotechnologie, il faut une coopération, une collaboration et une alliance entre les gouvernements, les intervenants du secteur privé et la société civile. Seul un engagement continu envers le maintien de partenariats et de relations stratégiques formels et informels nous permettra d'atteindre nos objectifs. Le gouvernement fédéral est en mesure d'assurer un leadership important dans ce domaine. En particulier, le gouvernement fédéral peut prêcher par l'exemple—en tant que responsable de la réglementation, en tant que participant à des forums

Encadré 8-1. Défis liés à la gouvernance de la BDDE

- Élaboration d'un profil politique plus élevé;
- Élaboration de moyens flexibles d'intégrer les nouvelles connaissances aux décisions et aux actions;
- Application des techniques de gestion adaptative aux technologies en évolution;
- Évolution des mécanismes internationaux qui ne sont pas mis à l'essai;
- Préoccupations inter-générationnelles soulevées par la biotechnologie; par définition, pas tous les intérêts ne peuvent être représentés directement;
- Élaboration d'approches de gestion des risques qui vont au-delà des techniques familières sur le plan du délai et de la portée;
- Nécessité d'un leadership cohérent non seulement dans l'immédiat mais aussi à long terme;
- L'éducation, l'information et la promotion joueront des rôles clés dans la gouvernance de la BDDE;
- Une utilisation plus efficace des institutions actuelles.

internationaux et en tant que promoteur de nouvelles technologies et innovations—et ce, avec compétence et dynamisme. Il peut encourager l'atteinte des objectifs de développement durable par la biotechnologie et l'établissement d'un régime de gouvernance efficace par son propre exemple et par l'intervention d'autres intervenants. À cette fin, il faudrait offrir des forums de discussion, assurer une prise de décisions concertée et créer des possibilités de travailler ensemble afin de relever les défis posés par cette technologie.

La portée des institutions et des mécanismes de gouvernance doit être exhaustive, c'est-à-dire qu'elle doit inclure l'ensemble du cycle de vie des activités de la biotechnologie de bout en bout. Ainsi, un régime de gouvernance—ou peut-être, une série de régimes—englobera la recherche en biotechnologie, la commercialisation de nouvelles technologies, les approbations réglementaires et la supervision associée à la fabrication et à l'introduction de produits et

services sur le marché, l'élimination et la récupération. Il aura des dimensions locales, nationales et mondiales et il reconnaîtra le besoin de connaissances et d'ajustements continus par la surveillance et la recherche supplémentaire tout au long du cycle. Il facilitera la gestion adaptative, car il permettra l'exploration d'approches de rechange et un ajustement à mesure que les connaissances augmentent. De plus, il reconnaîtra un attribut unique de la biotechnologie—la création de nouveaux organismes vivants—et les préoccupations sans précédent qui en découlent. Le régime de gouvernance doit être durable à long terme pour correspondre au long laps de temps exigé par la biotechnologie. Toutefois, un tel régime de gouvernance sera dynamique et apte à refléter les demandes changeantes et à répondre aux nouvelles technologies dont on ignore le plein potentiel.

Dans ce chapitre, nous examinerons les approches de gouvernance et de gestion qui sont nécessaires pour optimiser les avantages et minimiser les risques de la biotechnologie à long terme. À cet effet, il faut utiliser activement la gamme complète d'instruments de politiques (p. ex., réglementation, impôts, subventions, information) qui sont mis à la disposition des gouvernements et des organismes internationaux afin de promouvoir, en toute crédibilité, le développement et l'utilisation de la biotechnologie tout en protégeant l'intérêt du public. Une gouvernance améliorée devrait viser à renforcer les institutions et les mécanismes de gouvernance en place au lieu d'en inventer de nouveaux dans un domaine qui est déjà très complexe, avec de multiples acteurs et intérêts. Toutefois, comme les nouvelles technologies créent à la fois des lacunes et imposent de nouvelles exigences sur les institutions et les mécanismes de gouvernance existants, des ajustements seront de mise. Il s'agit d'un constat qui va à l'encontre de l'élaboration d'un système de gouvernance centralisé ou hautement structuré et suggère plutôt une approche flexible où les partenariats et les mécanismes peuvent être adaptés de façon à répondre aux nouvelles connaissances et aux priorités changeantes.

Ce chapitre conclut en présentant notre vision des résultats éventuels qu'un régime de gouvernance fructueux et efficace en matière de biotechnologie pourrait atteindre dans dix ou vingt ans. Cette vision ne constitue pas des « vœux pieux », mais elle identifie implicitement les résultats d'un régime de gouvernance de la BDDE qui porte fruit et qui est vivant. Grâce à l'établissement d'une vision de l'avenir, nous pouvons apporter occasionnellement les ajustements nécessaires pour atteindre nos objectifs.

Qu'est-ce qu'une bonne gouvernance?

Par gouvernance, on entend les processus par lesquels les organismes sont dirigés, contrôlés et tenus responsables. La gouvernance englobe donc les concepts d'autorité, de responsabilisation, d'intendance, de direction et de contrôle. Elle peut se traduire par l'établissement d'une orientation stratégique pour l'organisme, la supervision du rendement des principaux agents, la gestion des risques, le contrôle et l'affectation des ressources, la surveillance des résultats et l'ajustement de la direction selon l'information obtenue par la surveillance et l'évaluation.

Bien que les bonnes pratiques de gouvernance et les institutions puissent avoir de la valeur en soi, elles ne portent fruit que lorsqu'elles sont *habilitantes*—c'est-à-dire lorsqu'elles facilitent l'atteinte des objectifs. Dans le contexte de la biotechnologie, un régime de gouvernance habilitant encourage l'optimisation des avantages tout en réduisant les risques à la santé publique, à la sécurité et à l'environnement. Un bon régime de gouvernance pour la biotechnologie

Encadré 8-2. Attributs d'une bonne gouvernance

- Elle est *responsable* : elle a la capacité de rendre des comptes et de changer d'orientation;
- Les rôles et les responsabilités sont *clairs*;
- Les résultats sont *évalués* et des ajustements sont apportés, au besoin;
- Elle est *transparente* : quelles décisions sont prises, comment elles sont prises et quelle information est utilisée;
- Elle est *efficace* et elle favorise l'efficacité;
- Elle est *inclusive*, car elle engage les partenaires actuels et nouveaux;
- Elle favorise une *approche intégrée pour la prise de décisions*, c'est-à-dire qu'elle tient compte des impératifs environnementaux, économiques et sociaux;
- Elle est *flexible*, c'est-à-dire qu'elle a la capacité de changer, d'amener de nouveaux partenaires et de se concentrer sur différentes priorités à différents moments;
- Elle est *simple et abordable*, c'est-à-dire qu'elle reconnaît les contraintes et les ressources dans les secteurs public et privé;
- Elle est *efficace*;
- Elle offre des possibilités d'*encadrement* aux intervenants et réduit l'incertitude.

impliquera, directement ou indirectement, tous les secteurs intéressés—les gouvernements, le milieu universitaire et les établissements de recherche, les fabricants, les détaillants et le grand public en tant que consommateurs et citoyens. Il aura les caractéristiques décrites dans l'encadré 8-2, et s'appuiera sur les capacités et les institutions existantes. En particulier, il resserrera notre capacité de diriger la biotechnologie vers les résultats prônés par le développement durable, sans accroître la complexité du système de réglementation ou sans rendre plus difficile le climat d'investissement auquel font face les développeurs de biotechnologie.

Les objectifs d'une gouvernance renouvelée : des relations en évolution

Un régime de gouvernance renouvelé devrait promouvoir trois principaux objectifs. Ces objectifs peuvent être considérés comme trois piliers qui appuient l'objectif primaire, soit celui de promouvoir la biotechnologie dans le développement durable. Premièrement, le gouvernement fédéral doit assumer un rôle de leadership solide. Deuxièmement, tous les secteurs de la société

Encadré 8-3. Institutions de gouvernance actuelles

- Tables thématiques sur la réglementation intelligente
- Tables sur le développement durable du secteur de la réglementation intelligente
- Conseils de ministres canadiens chargés de l'environnement et des ressources naturelles
- Comité sur les mesures et les normes en matière de consommation
- OCDE
- Cadre de réglementation entre le Canada et l'Union européenne
- Comités parlementaires permanents
- Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie

doivent s'engager. Troisièmement, nous devons promouvoir une prise de décisions éclairée et intégrée qui s'appuie sur une base de connaissances solide et accessible, y compris sur de l'information scientifique. Cela dépasse les décisions gouvernementales et comprend des questions telles que les décisions des citoyens en matière de politique, de consommation et d'investissement.

À cette fin, nous devrions nous appuyer sur les institutions (comme celles mentionnées dans l'encadré 8-3) et les mécanismes de gouvernance en place : on ne manque pas d'organismes qui servent ou qui pourraient servir à promouvoir la BDDE. Alors qu'il existe des institutions et des mécanismes sur lesquels on peut se baser, il n'y a aucune prescription pour le statu quo. De nouvelles

pratiques sont nécessaires. Il faut un nouveau sentiment de responsabilisation pour servir le pays plutôt que l'organisme d'accueil. La vérificatrice générale et d'autres ont fourni des commentaires détaillés sur les causes et les effets d'une collaboration et d'une coordination inadéquates entre les ministères et les organismes du gouvernement du Canada¹³⁷. Dans ce chapitre, nous offrons certaines mesures pratiques et utiles qui pourraient améliorer le rendement du gouvernement dans son ensemble et accroître la compréhension et l'engagement d'autres gouvernements, des institutions et de la société civile.

Leadership

Le gouvernement du Canada devrait poursuivre activement son rôle crucial qui consiste à créer les conditions nécessaires pour permettre à la société canadienne de s'adapter à une technologie fondamentalement nouvelle et d'en profiter. Il n'y a eu qu'une poignée de technologies

¹³⁷ www.oag-bvg.gc.ca/domino/rapports.nsf/html/20051104cf.html

transformatives par le passé. La biotechnologie, pour sa part, a déjà commencé à s'étendre à tous les domaines de notre vie—l'économie, la santé, l'alimentation, la sécurité, le climat et l'environnement. Bien que les effets potentiels soient profonds, le plein engagement des gouvernements ne surviendra qu'avec une supervision et un engagement politiques. Seul le gouvernement du Canada a la capacité de régler ces questions pour le compte du pays. En effet, nous jugeons qu'il a une obligation de le faire et que la nature et la portée de cette obligation peuvent être décrites le mieux comme un rôle de fiduciaire. L'encadré 8-4 présente les caractéristiques essentielles du gouvernement en tant que fiduciaire, notamment l'importance d'adopter un point de vue à long terme pour l'amélioration du bien-être de tout le monde, avec un sentiment désintéressé des obligations du gouvernement pour le bien public. Pour ce faire, il faut un type de leadership qui rassemble les secteurs public et privé dans des rôles appropriés en matière de gouvernance afin de promouvoir la biotechnologie dans le développement durable. Il faut donc un type de leadership qui soit facilitateur, habilitant et catalyseur.

Encadré 8-4. Le modèle du gouvernement en tant que fiduciaire

- La tâche directe du gouvernement consiste à protéger et à améliorer le bien-être de toutes les personnes et de l'environnement.
- Il incombe au législateur de s'acquitter de ces obligations pour le bien public en fonction de délibérations impartiales et désintéressées.
- Il faut respecter les droits de la personne, assurer la protection de ces droits et en être responsable.
- Le gaspillage des ressources affectées est explicitement interdit.
- Il faut respecter les vertus du commerce.
- Il faut fournir un cadre pour établir la politique étrangère.

Source : Brown, Peter G., *Restoring the Public Trust: A Fresh Vision for Progressive Government in America* (Boston : Beacon Press, 1994)

En plus de ce rôle pivot de leadership, le gouvernement fédéral a des responsabilités particulières à l'égard de certains aspects importants de la protection de la santé, de l'environnement et de la sécurité. Le public accorde une grande importance au rôle de réglementation du gouvernement fédéral. Ce rôle sous-tend une grande partie de la confiance que le public a, et continuera d'avoir, à l'égard de l'utilisation de la biotechnologie et de sa volonté à accepter les avantages et les risques offerts par la nouvelle technologie. Le gouvernement fédéral fournit également des incitatifs pour la recherche et le développement, ainsi que la commercialisation de la technologie sous forme d'un financement direct et de dépenses fiscales. Les politiques fiscales destinées à appuyer les grands secteurs industriels tels que l'énergie, l'agriculture et la foresterie auront souvent des conséquences non voulues—aussi bien positives que négatives—quant aux perspectives d'une technologie transformative telle que la biotechnologie, particulièrement dans ses premières étapes d'adoption.

Le gouvernement fédéral a la responsabilité constitutionnelle de prendre les devants sur la scène internationale pour ce qui est de promouvoir la coopération internationale, d'harmoniser les approches de réglementation et de partager la tâche de surveiller et d'évaluer les données à long terme sur les effets cumulatifs. Les ententes, normes et organisations internationales joueront un rôle de plus en plus important dans la gouvernance de la biotechnologie (voir l'encadré 8-5 pour des exemples). Il faudra alors réconcilier les accords internationaux complexes qui régissent le commerce, la protection environnementale et l'écoétiquetage des biens avec les accords non prévus par la loi qui impliquent des sociétés mondiales dans l'optique de réaliser des progrès au chapitre des enjeux visés par le programme international. Ces initiatives se traduisent par des obligations et des politiques nationales à la fois dans les secteurs public et privé. Jusqu'à présent,

Encadré 8-5. Exemples du contexte international

Voici les traités internationaux qui visent les innovations biotechnologiques :

- Le Codex Alimentarius (normes de sécurité alimentaire),
- La Convention sur la diversité biologique (protection de l'environnement, partage équitable des avantages),
- Le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (partage des ressources biotechnologiques agricoles),
- L'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (propriété intellectuelle).

L'OCDE a travaillé aux questions en matière de biotechnologie depuis plus de 20 ans. Les études sur la gouvernance incluent l'élaboration d'options de politiques sur l'infrastructure scientifique et technologique; les implications des droits de propriété intellectuelle et d'octroi de licences; et la considération de la santé humaine et de la sécurité environnementale.

le Canada a généralement pris des mesures prudentes, par exemple il n'a pas signé le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques et il n'a pas adopté l'exigence d'étiquetage des aliments génétiquement modifiés.

Les institutions internationales continueront de figurer parmi les acteurs ayant le plus de poids pour ce qui est de déterminer l'avenir de cette technologie. Le Canada jouit d'une longue réputation encourageante dans ce domaine. Nous devons continuer de participer activement et de miser sur notre « bonne » réputation actuelle. À l'occasion, nous devons être prêts à jouer un rôle international de premier plan lorsque d'importants enjeux ou intérêts canadiens sont en cause.

Dans les pages suivantes, nous allons décrire certains des rôles décisionnels essentiels que joue le gouvernement du Canada pour régler les problèmes découlant de la convergence entre la biotechnologie et le développement durable. Les Canadiens ont raison de s'attendre

non seulement à ce que les organismes fonctionnent selon leur mandat, mais à ce que le système dans son ensemble soit en mesure de relever efficacement les nouveaux défis que posent les caractéristiques uniques de la technologie. Telle était certes la mesure de réussite escomptée lorsque la Stratégie canadienne de la biotechnologie a été lancée en 1998. Même si les progrès ont été mitigés et souvent décevants, nous croyons que les objectifs initiaux et l'appareil gouvernemental sont capables d'accomplir la tâche sur toute la ligne. Cependant, il faut un renouvellement politique ou un renforcement du mandat et un niveau beaucoup plus élevé de responsabilisation publique.

Une nouvelle Stratégie canadienne de la biotechnologie (SCB)

Le but et le résultat proposé de la SCB est de « rehausser le niveau de vie des Canadiens sur les plans de la santé, de la sécurité, de l'environnement et du développement social et économique en faisant du Canada un chef de file mondial ayant le sens des responsabilités en biotechnologie¹³⁸. » De plus, la SCB devrait conférer au Canada la position de chef de file mondial en matière de biotechnologie. Par conséquent, les aspirations de cette stratégie s'inscrivent dans la lignée de celles que nous avons identifiées. Nous proposons donc de renforcer les institutions et les mécanismes de gouvernance existants, au lieu d'en inventer de nouveaux dans un domaine qui est déjà très complexe et sujet à des opinions polarisées.

La gouvernance pour la biotechnologie (et le développement durable) présente le besoin classique d'initiatives horizontales. De plus, il faut un effort intégré lié à des politiques et à des résultats.

¹³⁸ Voir www.tbs-sct.gc.ca/rma/eppi-ibdrp/hrdb-rhbd/cbs-scb/description_f.asp et www.biostrategie.gc.ca.

Dans l'ensemble, la SCB a été conçue pour servir de catalyseur, faire avancer les dossiers et fournir un financement aux initiatives spéciales. Elle est assez complexe¹³⁹, car elle reflète le besoin de leadership, de coordination et d'intégration, afin de fournir des conseils indépendants (par l'entremise du CCCB) aux ministres et aux fonctionnaires et un rôle de communication à l'interne dans l'ensemble du gouvernement, avec les intervenants et avec le public. Il existe plusieurs comités coordinateurs de la biotechnologie pour guider le processus global et fournir une orientation stratégique (aux niveaux des ministres et des sous-ministres) et un encadrement de niveau technique (directeurs généraux). Au milieu se trouve le CSMACB (Comité des sous-ministres adjoints pour la coordination de la biotechnologie). Le CSMACB fonctionne à un niveau de responsabilisation considérable à l'égard des résultats et avec un degré de capacité à la fois stratégique/politique et technique, en reconnaissance du double rôle des sous-ministres adjoints dans le gouvernement. Enfin, le Secrétariat canadien de la biotechnologie (SCBio), un petit organisme, assume un rôle coordinateur—et non directeur.

L'examen effectué en 2005 par la vérificatrice générale avait tiré la conclusion suivante :
« Globalement, la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie n'a pas fonctionné comme prévu. Sa conception exigeait une direction au niveau supérieur, qui ne s'est pas concrétisée; cependant, les gestionnaires et les fonctionnaires au niveau opérationnel ont assuré une certaine forme de coordination. »

Selon nous, il sera d'autant plus nécessaire à l'avenir d'avoir un organisme de coordination et d'intégration qui fonctionne bien. Cet organisme devrait posséder la capacité et l'aptitude opérationnelle de favoriser un dialogue délibératif, d'assurer que les connaissances statistiques, de surveillance et scientifiques adéquates sont produites et utilisées dans les évaluations, de rassembler une compréhension intégrative relative aux politiques et au rendement de la mise en œuvre à partir d'une pléthore d'études et d'initiatives expérimentales financées dans le cadre de la SCB et d'autres sources et, bien sûr, d'accorder un niveau élevé de visibilité à l'intérieur et à l'extérieur du gouvernement.

La SCB devrait fonctionner selon une planification et une gestion adaptatives. Par sa structure et son mandat actuels, elle comporte les éléments nécessaires pour commander les analyses expérimentales et interdisciplinaires nécessaires en vue de considérer les résultats et recommander des corrections par le biais de canaux de plus en plus bureaucratiques et, éventuellement, politiques et pour initier un vaste dialogue avec le public et les intervenants. Tels sont les ingrédients clés de la planification et de la gestion adaptatives.

Des ajustements continus seront requis à mesure que de nouvelles demandes apparaîtront, surtout vers la fin de la décennie en cours où de nouvelles applications de la BDDE verront le jour. Ce point réfute l'argument d'élaborer un système de gouvernance centralisé ou très structuré. Il est plutôt souhaitable d'avoir une approche flexible—où les partenariats et les arrangements peuvent être adaptés pour correspondre aux nouvelles connaissances et aux priorités changeantes, conformément à l'approche d'une planification et d'une gestion adaptatives que nous préconisons.

¹³⁹ Un aperçu de la structure de gouvernance et du rendement de la SCB se trouve dans le chapitre 4 du Rapport de la vérificatrice générale du Canada de novembre 2005 : www.oag-bvg.gc.ca/domino/rapports.nsf/html/20051104cf.html

Il pourrait s'avérer nécessaire d'élargir la composition des membres de la SCB. Ainsi, les intérêts liés au développement durable ne sont pas bien représentés. Les sujets de bioterrorisme et de biosécurité deviennent des préoccupations importantes dans bien des pays, entre autres le Canada, et sont liés aux questions d'intendance de diverses façons. Il s'agit de sujets qui ne sont pas actuellement visés. Par ailleurs, certains organismes pertinents ne sont pas représentés au sein des divers comités.

La SCB doit être au cœur de l'effort fédéral pour la BDDE. Mais, bien sûr, elle n'en est pas le seul élément. En plus des responsabilités des ministères et organismes, le gouvernement fédéral a aussi un rôle central de coordination pour faciliter les relations fédérales-provinciales. Les provinces jouent des rôles importants de réglementation et d'habilitation dans leur gouvernance d'innovation, d'environnement et de développement. Nous prévoyons des possibilités de coopération fédérale-provinciale en vue de réduire les obstacles au commerce interprovincial des bioproduits, d'harmoniser les normes sur l'utilisation de la biomasse et l'évaluation environnementale des biotechnologies, d'harmoniser les taxes et les incitatifs, d'élaborer un système national de surveillance de l'écosystème et de mettre au point des biotechnologies liées aux secteurs tels que les produits marins et forestiers. Nous souhaitons également un niveau élevé de responsabilisation à l'égard des résultats, y compris la possibilité d'un effort dédié concernant la BDDE par la commissaire à l'environnement et au développement durable (CEDD)¹⁴⁰.

Un régime de gouvernance renouvelé devrait renforcer les trois piliers qui appuient l'objectif primaire, soit celui de promouvoir la biotechnologie dans le développement durable. Premièrement, le gouvernement fédéral doit assumer un rôle de leadership solide, efficace et continu. Deuxièmement, tous les secteurs de la société doivent s'engager. Troisièmement, nous devons promouvoir l'élaboration de connaissances, y compris une information scientifique judicieuse pour appuyer la prise de décisions sociétales. Cela dépasse les décisions gouvernementales et comprend des questions telles que le comportement et les points de vue des Canadiens sur la consommation durable et les décisions d'investissement.

Un régime de gouvernance efficace de BDDE peut s'étayer sur les initiatives complémentaires du secteur privé. À un moment donné, par exemple, les segments de l'industrie de la biotechnologie pourraient être assez cohésifs et bien établis pour élaborer un système de rendement non prévu par la législation, à l'instar du programme Responsible Care^{MD} des producteurs chimiques. Le programme « Stewardship^{first}^{MD} », administré par Croplife représente un tel point de départ lié à la biotechnologie¹⁴¹. Dans le même ordre d'idées, les segments industriels pourraient s'inspirer ou élaborer des normes de gestion de la qualité telles que ISO 14001, qui améliorent non seulement la crédibilité, mais qui rehaussent aussi la confiance du public envers la gestion des risques du secteur privé. Le domaine des biocarburants présente une importante occasion, avec des répercussions sur le commerce national et international.

¹⁴⁰ La CEDD dans son rapport de 2004 a fourni une réponse suite aux pétitions reçues au sujet de la biotechnologie. Ce n'est qu'un des plusieurs rôles que la CEDD peut jouer dans l'examen de la biotechnologie et du développement durable : www.oag-bvg.gc.ca/domino/rapports.nsf/html/c20041006cf.html

¹⁴¹ www.croplife.ca/foodforthought/crop_protection_canada/crop_protection_canada_01.php

Le gouvernement du Canada a la capacité et l'obligation de régler les questions de biotechnologie et de développement durable au nom du pays. Il faut une forme de leadership propice, habilitant et catalyseur qui rassemble les intervenants pour qu'ils puissent jouer d'importants rôles de gouvernance et promouvoir la biotechnologie pour le développement durable.

Les ministres et les sous-ministres continueront de définir les objectifs politiques, de fixer des orientations stratégiques, d'établir les priorités, d'affecter les ressources et de créer le contexte dans lequel l'appareil gouvernemental fonctionnera. Nous croyons que le Comité des sous-ministres adjoints, le CSMACB, ainsi que le comité des directeurs généraux constituent les sphères où il faudra placer un accent sur la gouvernance quotidienne au niveau fédéral.

Le CSMACB devrait jouer trois principaux rôles dans la promotion de la biotechnologie. Le premier consiste à aligner la biotechnologie de façon à contribuer au programme et aux priorités du gouvernement, p. ex., relier la biotechnologie avec les forces motrices pour une productivité améliorée, la compétitivité, le changement climatique, une meilleure santé pour les Canadiens et ainsi de suite. Ce faisant, il faut noter que le programme de politiques du gouvernement compte de nombreux dossiers concurrents. Il sera nécessaire pour les intervenants influents du secteur privé et de la société civile de se faire entendre d'une voix claire et ferme et d'exiger que la contribution potentielle de la biotechnologie au développement durable soit reconnue dans les priorités et les engagements du gouvernement.

Le deuxième rôle pour le CSMACB est d'assurer que les institutions de leadership nationales, telles que les Comités permanents parlementaires et les Conseils canadiens des ministres, reçoivent l'information et l'analyse dont ils ont besoin en matière de biotechnologie pour qu'ils puissent prendre des décisions et assurer un leadership, comme le prévoit leur mandat.

Le troisième rôle consiste à assurer que le gouvernement fédéral s'acquitte de ses responsabilités d'une manière exemplaire. Ainsi, le gouvernement doit veiller à ce que les actions de chaque ministère, qu'il s'agisse de réglementation ou de recherche, soient cohérentes et qu'elles se renforcent mutuellement sur le plan des avantages. Pour y arriver, il faudra créer une capacité de littéracie et de connaissance concernant la biotechnologie et le développement durable au sein des secteurs public et privé. Ces habiletés comprennent les compétences techniques pour la recherche, le transfert de connaissances et de technologies et le développement et la commercialisation des nouvelles technologies, ainsi que la connaissance et la littéracie nécessaires pour un débat politique éclairé et une conscientisation sociale. Dans ce pays, c'est le gouvernement qui est le principal acteur dans la production et le financement des sciences et de l'information pour le « bien public ». Il doit donc servir de diffuseur principal de cette connaissance aux autres gouvernements, secteurs et intérêts au Canada et même ailleurs.

Afin d'atteindre ce troisième objectif, il faudrait resserrer le rôle du CSMACB et du Secrétariat de la biotechnologie dans la coordination des enjeux. Ils remplissent actuellement un rôle important, mais les attentes risquent d'être plus élevées afin de concrétiser les ambitions énoncées dans le présent rapport. Les autorités et les responsabilités de leurs organismes membres couvrent toutes les fonctions essentielles du gouvernement, mais le défi auquel ils font face est de collaborer à travers les lignes organisationnelles en vue de fournir une approche pangouvernementale. Le CSMACB devrait catalyser et faciliter cette approche. Ce niveau plus élevé de responsabilisation et les tâches supplémentaires proposées ci-dessous nécessitera une plus grande clarté dans les mandats ainsi que des ressources accrues pour accomplir le travail.

Pour accentuer et légitimer ce rôle, le CSMACB nécessite un mandat renouvelé de la part du gouvernement. De plus, la Commissaire à l'environnement et au développement durable, la vérificatrice générale et les organismes consultatifs peuvent tous contribuer à la tâche.

Afin de fournir une structure productive, responsable et transparente au leadership du gouvernement fédéral, nous recommandons que le CSMACB prépare une série de rapports, un par année, sur les diverses facettes de la biotechnologie.

- Première année : un plan de recherche consolidé sur la biotechnologie, qui énonce les initiatives de recherche financées directement ou indirectement par les ministères et organismes fédéraux, les résultats atteints, l'action comparable dans les autres pays, les approches adoptées et les résultats obtenus avec les provinces, le secteur privé et les autres pays dans les sciences naturelles et humaines. Ce plan fournirait un contexte utile pour rendre compte des résultats des exercices de « prévision des technologies ». Il faudrait fournir une évaluation à jour des questions liées aux « sciences pour le bien public », y compris celles associées à l'état de la santé de la population et des écosystèmes.
- Deuxième année : une description consolidée des régimes de réglementation appliqués à la biotechnologie, y compris les règlements nouveaux ou proposés; l'évaluation des règlements ou des programmes de réglementation en vigueur; les examens parlementaires ou autres de la législation ou des règlements, y compris l'état de la conformité; et l'harmonisation des normes au sein du gouvernement fédéral, ainsi que l'harmonisation avec les normes provinciales.
- Troisième année : une description de l'état du développement et de la commercialisation des applications de la biotechnologie, avec de l'information sur les intervenants actifs, les ententes de financement (y compris les partenariats entre les secteurs public et privé), le nombre d'entreprises et leurs profils, le nombre d'employés, la répartition géographique, etc.
- Quatrième année : une description et une prévision du programme de politiques des secteurs public et privé à l'échelle internationale; une description de la façon dont les accords internationaux sont intégrés au programme de politiques national et vice versa; et un plan des réalisations et des défis internationaux actuels et prévus.
- Cinquième année : une description de l'attitude du public à l'égard de la biotechnologie, ainsi qu'un bilan des techniques et de l'expérience en ce qui concerne l'engagement de la société civile. Il faudrait documenter le nombre de personnes travaillant dans tous les aspects de la technologie à la fois dans les secteurs public et privé et prévoir les demandes futures et les sources d'approvisionnement de travailleurs compétents.

Dans la sixième année et les années subséquentes, un cycle renouvelé devrait se poursuivre. Il faudrait envisager de déposer ces rapports devant le Parlement et de fournir des possibilités de commentaires et de débat public. Dès le début, ces rapports devraient se concentrer sur les activités du gouvernement fédéral, mais ils doivent présenter un caractère national dès que possible. Il sera possible de préparer des rapports spéciaux en dehors de l'échéance recommandée afin de répondre à des besoins ou à des occasions particuliers. Par exemple, les droits de protection de la vie privée et de propriété intellectuelle pourraient soulever d'importantes questions qui bénéficieraient des rapports spéciaux. De plus, une constatation scientifique particulière pourrait susciter un intérêt public et le gouvernement du jour pourrait profiter de l'occasion pour donner une réponse substantielle en temps opportun.

Le CSMACB peut également jouer un rôle de premier plan pour ce qui est de créer et de stimuler des dialogues régionaux et nationaux sur les questions émergentes en matière de biotechnologie afin de contribuer à la création de la capacité, à la littéracie, aux compétences et aux connaissances. Ces dialogues pourraient favoriser indirectement des partenariats et des alliances stratégiques, en plus de fournir de l'information nécessaire à l'apprentissage continu qui revêt une grande importance pour la gestion adaptative.

Engager tous les secteurs de la société

Tous les paliers de gouvernement—fédéral, provincial, territorial et municipal—participent à certains ou à la totalité des aspects de la BDDE. Ensemble, ils financent la recherche et assurent

Encadré 8-6. MaRS Discovery District à Toronto

Créé en 2000 par les secteurs privé et public afin de renforcer la capacité du Canada de commercialiser les résultats de recherche universitaire au profit de la santé et de l'avenir économique des Canadiens.

Situé dans un cadre urbain unique qui relie le centre MaRS à d'autres installations de recherche et d'éducation dans la région, au district financier et à un centre-ville multiculturel et créatif, le centre MaRS offre les services suivants aux entreprises et aux entrepreneurs :

- Des ressources d'experts
- Un programme d'entrepreneur en résidence (EIR)
- Des programmes de mentorat de pair à pair
- Des ressources documentaires et des outils d'affaires
- Des installations et un équipement spécialisés
- L'accès au capital.

la promotion de la commercialisation et de la diffusion des nouvelles applications technologiques. Ils appuient les grappes d'institutions publiques et privées pour le bénéfice mutuel (voir l'exemple dans l'encadré 8-6). Ils ont une responsabilité statutaire de protéger l'environnement et la santé publique. Ils exécutent des programmes qui ont le potentiel de favoriser l'utilisation de la biotechnologie et de promouvoir la biotechnologie pour le développement durable. Il existe une gamme de Conseils des ministres qui assurent une orientation stratégique pour des domaines d'intérêt. Le CSMACB devrait faciliter la discussion des enjeux de biotechnologies applicables par l'entremise du ministère ou de l'organisme responsable pertinent. La priorité sera de figurer dans le programme des Conseils chargés de l'environnement, de la foresterie, des pêches, de l'énergie et de l'agriculture au cours des 24 prochains mois. Un rapport exhaustif de ces activités pourrait s'avérer utile car il

indiquerait les éléments de la société qui sont les plus engagés et les résultats qui ont été réalisés.

Certaines de ces responsabilités gouvernementales sont claires et bien comprises; d'autres ne le sont pas. Dans certains cas, plusieurs paliers de gouvernement sont légalement autorisés à agir pour la même activité humaine. Le pragmatisme devrait être un facteur important à considérer au moment de décider quel gouvernement est le mieux placé pour agir ou jouer un rôle de premier plan. Les facteurs déterminants pour la capacité d'accomplir la tâche résideront dans les personnes qualifiées, l'équipement, la proximité et l'acceptation d'une responsabilisation claire.

Un autre défi consistera à faire participer d'autres acteurs, dont certains pourraient ignorer leur degré d'intérêt ou de participation. Mentionnons des groupes tels que les ONGE, les groupes autochtones et divers intérêts commerciaux, ainsi que des citoyens qui sont préoccupés par leur santé et leur environnement et par l'avenir de leurs enfants. De plus, un vaste engagement signifie qu'il faut mobiliser les compétences et les connaissances des acteurs à l'extérieur des réseaux de

recherche traditionnels. Il faut reconnaître le potentiel des petites et moyennes entreprises (PME) à participer à la biotechnologie, particulièrement à l'étape de la commercialisation.

L'engagement des divers secteurs ne se résume pas uniquement à des consultations menées par les gouvernements, bien qu'elles soient importantes pour une prise de décisions éclairée que l'on verra ci-dessous, et l'instauration de la confiance du public. Cela signifie également que les ententes de collaboration et de coopération sont les plus susceptibles de porter fruit dans les domaines où la créativité et la synergie sont nécessaires à la réussite, particulièrement dans l'intégration des avantages de la biotechnologie au développement durable. Un engagement constructif des différents secteurs, au nombre desquels on peut trouver les secteurs qui ne sont pas normalement consultés par les gouvernements, pourrait nécessiter un examen approfondi des différents modes de communication et d'échange. D'autres nouvelles technologies, comme Internet, peuvent promouvoir une collaboration entre les collègues et servir de forum pour des débats et des discussions de plus en plus éclairés avec les citoyens.

Promouvoir une prise de décisions éclairée et intégrée

Afin de profiter pleinement des avantages de la relation BDDE, il faut mettre en place un certain nombre de conditions. Les Canadiens (de même que leurs partenaires internationaux et leurs voisins) doivent être en mesure de faire confiance aux décisions prises par le gouvernement et le secteur privé dans le domaine de la biotechnologie. En particulier, ils doivent être en mesure de faire confiance à la structure de réglementation établie pour protéger et promouvoir la santé et la sécurité du public et aux mécanismes en place pour surveiller et évaluer l'information sur les impacts immédiats et ceux à long terme des applications de la biotechnologie. L'instauration de la confiance du public passe par la présence d'un système de réglementation crédible, éclairé et actif.

De toute évidence, des sciences judicieuses—aussi bien les sciences sociales qu'humaines—doivent éclairer les décisions afin d'optimiser les bienfaits à la société tout en minimisant les risques. Il sera essentiel de promouvoir l'élaboration de la base de connaissances nécessaires pour la prise de décisions. En effet, il faudra insister, à l'avenir, sur l'importance de la science des écosystèmes qui combine les sciences naturelles et humaines pour mieux comprendre le potentiel des impacts éventuels ou réels des nouvelles technologies dans son sens le plus général. Nous renvoyons le lecteur à nos recommandations formulées au chapitre 5, où nous suggérons des mécanismes pour intégrer ces différents types de connaissances en des cadres qui appuient les décisions.

L'information et la gouvernance doivent être élaborées en gardant à l'esprit le « long terme ». Il sera nécessaire d'établir des bases de données, de créer des réseaux de relations et de bâtir la capacité d'examiner et de lier les fruits des enquêtes et des essais. Le tout doit être mis au point au fil du temps, en ayant en tête les générations futures et nos obligations d'atténuer les risques à long terme. L'importance de cerner les efforts à court terme et les impacts cumulatifs à long terme des nouvelles technologies et des applications de la biotechnologie signifie que le régime de gouvernance doit mettre l'accent sur les éléments de la *surveillance, de l'évaluation et de l'ajustement selon l'information*. Nous devons posséder la capacité de suivre les conséquences des décisions cumulatives tout au long de leur cycle de vie et d'avertir le plus tôt possible sur les risques pour la santé des écosystèmes et de la population. Une telle capacité n'existe pas encore au niveau requis. Nous offrons les grandes lignes d'une approche aux chapitres 3 et 5.

Dans la création des systèmes et de la capacité pour la collecte des données à long terme et l'analyse des effets cumulatifs, nous renforçons nos compétences pour traiter notre aptitude limitée à prévoir l'ensemble des conséquences des décisions distinctes et cumulatives. En biotechnologie, comme dans tout système dynamique, nous sommes liés à la « loi des conséquences non voulues »—la nature interreliée des actions causera des résultats, que ce soit dans le monde naturel ou dans les réponses humaines, qui ne sont pas faciles à prévoir. Nous devons encourager l'utilisation de la gestion adaptative pour reconnaître le fait que l'évolution de la biotechnologie ne sera ni prévisible ni ordonnée. Nous devons utiliser des projets pilotes ou choisir délibérément des approches de rechange à un problème particulier ou d'autres moyens d'appliquer une nouvelle technologie pour que nous puissions regarder et apprendre de nos expériences. Il sera nécessaire de financer et d'explorer plusieurs voies, d'ajuster et même d'abandonner celles qui ne sont pas productives au fur et à mesure que nous acquerrons de l'expérience.

Cette approche de gestion adaptative envers une nouvelle technologie nous donne un moyen de faire face aux enjeux qui, autrement, seraient trop complexes, interreliés et dynamiques à évaluer par le biais des approches conventionnelles de prévision et d'évitement des risques. Elle nous permet également d'aller de l'avant tout en offrant des renseignements nécessaires pour l'identification et la gestion des risques. Plus précisément, la gestion adaptative est une approche qui contribuera à notre but de faire avancer les objectifs de développement durable par l'utilisation de nouvelles technologies, tout en réduisant les risques associés à l'incertitude et à la complexité.

Le besoin d'une prise de décisions éclairée et intégrée n'est pas ressenti uniquement au niveau gouvernemental, mais dans tous les secteurs. Nous devons envisager d'étendre les partenariats au système d'enseignement afin de créer une vaste capacité auprès des générations futures, en plus d'étendre la gamme d'information disponible pour le discours civil. Assurer que les citoyens sont bien éclairés dans leur propre prise de décisions et renseignés au sujet des mesures prises par le gouvernement (particulièrement en ce qui concerne la gestion des risques)—tels seront les éléments clés pour assurer que les décisions prises font avancer les objectifs sociétaux largement répandus d'une manière conforme aux valeurs canadiennes.

Une vision de la gouvernance

Si nous avons à prévoir les 10 à 15 prochaines années, nous aimerions voir une culture dans laquelle le développement durable est accepté comme une référence pour la prise de décisions dans tous les secteurs de la société. Il y aura une base d'information solide et croissante sur les techniques visant à créer un environnement durable et cette information sera largement répandue. Plus particulièrement, les innovations basées sur la technologie émergente de la biotechnologie seront reconnues comme un facteur important qui contribue au développement durable et ce, d'une foule de manières. Par exemple, les innovations biotechnologiques pourraient être un facteur clé pour fournir aux citoyens et aux décideurs gouvernementaux l'« espace libre » dont ils ont besoin pour améliorer le bien-être à une époque où des ajustements rapides aux pressions environnementales et sociales changeantes pourraient être requis.

Les citoyens ordinaires et les décideurs gouvernementaux seront au courant des contributions faites par la biotechnologie et seront à l'aise avec son potentiel continu de profiter à la société. Les « modèles de réussite » de la biotechnologie seront bien connus et les consommateurs seront

en mesure d'identifier les nouveaux produits ou technologies souhaitables rendus possibles par la biotechnologie. D'ici là, le potentiel de la biotechnologie de contribuer à la productivité et à la compétitivité sera reconnu et les citoyens profiteront des transformations de la biotechnologie.

Afin de favoriser cette culture, un certain nombre de relations de collaboration et de coopération seront en place. Les gouvernements nationaux et internationaux auront des liens et des réseaux avec la biotechnologie. Les gouvernements auront la capacité de recueillir de l'information sur les nouvelles technologies et de la convertir en des propositions de nouvelles stratégies d'investissement et de soutien à la recherche, au développement, à l'intendance et à la commercialisation. Il y aura des ententes solides au sein des gouvernements pour s'occuper d'enjeux qui s'entrecroisent et les fonctionnaires seront récompensés pour leur aptitude à reconnaître ce besoin et à favoriser des relations concertées.

Les gouvernements travailleront également avec les organismes non gouvernementaux, les groupes autochtones, les établissements de recherche, le milieu universitaire et avec d'autres secteurs de la société en vue d'examiner les enjeux, d'établir des programmes et d'instaurer la confiance. La base de connaissances sur les impacts cumulatifs et des effets à long terme des décisions prises au début du XXI^e siècle sera élargie. De nouvelles approches analytiques seront élaborées, y compris une capacité améliorée pour l'évaluation dynamique des risques. Les gouvernements utiliseront activement et exploreront le potentiel des divers instruments sous leur mainmise afin de promouvoir les objectifs de la BDDE et optimiser les avantages tout en réduisant les risques. L'information sera disponible pour permettre une évaluation indépendante des effets de l'action gouvernementale; les évaluations gouvernementales examineront de façon transparente les effets cumulatifs des décisions gouvernementales et les effets combinés des instruments de politique multiples.

La capacité d'être flexible et adaptatif au moment de travailler avec les nouvelles technologies sera considérée comme une force, et non comme un signe d'indécision. Une plus grande valeur sera accordée aux retombées, tant commerciales que sociales, qui se manifesteront dans les années à venir. Il y aura un dialogue, un apprentissage et une confiance accrue envers les institutions sociétales et les programmes et décisions qui découleront de ces institutions. Les citoyens en sauront davantage sur le développement durable en général et il y aura des mécanismes pour le discours civil et la discussion sur les moyens d'atteindre un monde où les générations futures auront des ressources et des possibilités d'explorer leur propre potentiel, sans être contraintes par la surconsommation de leurs ancêtres. Il y aura des institutions, certaines réelles et d'autres virtuelles, pour permettre le flux de l'information et des discussions entre tous les secteurs de la société.

La biotechnologie et le développement durable occuperont une « place » dans le discours et les institutions du gouvernement. Par exemple, les budgets et les discours du Trône feront allusion à la biotechnologie. Les comités parlementaires et législatifs examineront, à l'occasion, les enjeux liés à la biotechnologie et leurs activités joueront un rôle clé pour ce qui est de promouvoir la sensibilisation du public aux enjeux et de stimuler la discussion. Les ministères et organismes gouvernementaux considéreront les questions de développement durable régulièrement dans l'évaluation des nouvelles propositions de politiques et examineront les répercussions d'utiliser une gamme d'instruments de politiques pour atteindre les objectifs du développement durable par

le biais de la biotechnologie. Le gouvernement fédéral sera actif dans les forums internationaux avec les questions de biotechnologie et le Canada aura la réputation et la capacité de prendre les devants à l'échelle internationale sur les questions importantes, telles que la réglementation harmonisée.

Les industries de la biotechnologie finiront par reconnaître leurs besoins communs et travailleront ensemble pour instaurer une crédibilité auprès de leurs clients et du grand public, en plus de bâtir leur réputation auprès des responsables de la réglementation. L'industrie, probablement avec l'encouragement et la coopération des gouvernements, aura élaboré des approches d'autoréglementation afin de hausser ses niveaux de conformité à la réglementation. Il y aura des codes de conduite industriels et des programmes de coréglementation axés sur l'industrie (à l'image de « Stewardship*first*^{MD} ») seront au stade de maturation.

Cette vision de la gouvernance peut sembler trop optimiste ou exigeante. Nous croyons, toutefois, qu'il est nécessaire d'avoir une vision et un but afin de savoir quelles voies suivre. Bien que nous préconisons la flexibilité et l'adaptation pour des mesures particulières, les valeurs et la vision d'ensemble ne changent pas. Le régime de gouvernance doit établir des objectifs généraux et indiquer clairement les rôles et les responsabilités. Il ne faut donc pas confondre notre inaptitude à prévoir la gamme complète des usages de la biotechnologie ou la contribution qu'elle apporte au développement durable avec le refus de prendre des mesures particulières pour améliorer la gouvernance et favoriser la responsabilisation. Il existe encore une immense réserve de capacité inexploitée au sein des institutions existantes pour renforcer la gouvernance pour la BDDE. Ces possibilités d'amélioration devraient être étudiées plus en profondeur.

CHAPITRE 9. Recommandations

Le message fondamental de notre rapport sur la BDDE est que la biotechnologie pourrait aider le Canada et le monde entier à atteindre les objectifs de développement durable tout en améliorant l'économie globale du Canada. Un secteur solide de biotechnologie axé sur le développement durable peut réduire l'empreinte écologique de l'humanité, diminuer les substances toxiques, appuyer les objectifs d'air propre et d'eau potable et peut-être jouer un rôle dans l'atténuation des effets du changement climatique. À l'échelle nationale, l'établissement d'un secteur de biotechnologie solide pourrait positionner le Canada de façon à profiter pleinement des nouvelles connaissances et compétences qui seront disponibles au cours des prochaines années.

Le Canada peut-il créer un avenir où un système d'innovation national appuie l'information, la commercialisation et l'acceptation des nouvelles technologies par le marché afin d'atteindre un développement durable? Avec un système de réglementation qui assure la sécurité et la santé de l'environnement et des citoyens canadiens? Et appuyé par un excellent système de production et de communication des connaissances au service de la société civile, du gouvernement et des entreprises? Un avenir où ces trois systèmes interreliés sont guidés par des valeurs, une éthique et des principes qui orientent leur fonctionnement vers les résultats du développement durable environnemental et humain? Si nous y arrivons, nous assisterons à un regain de confiance envers notre capacité nationale d'agir pour le bien public— et d'en être témoins à l'échelle nationale et internationale.

Les neuf recommandations présentées ci-dessous sont le fruit de la recherche que nous avons menée, des conversations que nous avons entretenues et des événements actuels dans cette nouvelle lignée d'initiatives que nous désignons par *La biotechnologie, le développement durable et l'économie future du Canada*. La base et les implications de ces recommandations sont décrites dans notre rapport exécutif qui accompagne le présent rapport.

Nous croyons que ces recommandations, si elles sont appliquées d'emblée, seront les premières étapes importantes vers la création d'une relation productive, sécuritaire et à long terme entre la biotechnologie et le développement durable.

Notre première recommandation concerne le besoin pour le Canada d'adopter une approche stratégique pour la BDDE—et non fragmentaire. Notre deuxième recommandation est que le Canada se concentre sur la mise en œuvre de technologies de pointe pour pouvoir saisir les possibilités présentées par les nouveaux bioproduits et les bioraffineries—que certains appellent « l'avantage naturel du Canada ». Les trois recommandations suivantes portent sur le besoin de reconnaître la nature interreliée de l'environnement et de l'économie. Le Canada doit comprendre les signaux du marché pour les biocarburants et les autres nouveaux produits en évitant les distorsions à long terme, en plus de bien surveiller les changements écologiques. Il faut également une transition graduelle vers une approche d'évaluation intégrée du développement durable qui, si elle est adéquatement mise en œuvre, ne deviendra pas un fardeau. Notre sixième recommandation vise à engager les citoyens et les intervenants dans un dialogue délibératif d'une manière qui ne s'est pas encore réalisée jusqu'à présent. Nous croyons que le Canada devrait jouer un rôle solide de coopération internationale pour la BDDE. Nous devons participer davantage aux réseaux de connaissance internationaux et renforcer la biotechnologie et le développement durable à l'échelle internationale et avec les pays en développement. Ces points sont abordés dans les

septième et huitième recommandations. Fait plus important, le Canada se doit de renforcer la gouvernance pour une gestion adaptative de la BDDE. Pour y arriver, nous croyons qu'il faut améliorer le fonctionnement des mécanismes de gouvernance actuels, point abordé dans notre dernière recommandation.

Recommandation 1 — Élaborer et mettre en œuvre un cadre de politique stratégique

Le gouvernement du Canada devrait élaborer une stratégie de biotechnologie qui contient des valeurs et des principes éthiques explicites. Ceux-ci devraient favoriser l'évaluation et l'acceptation des nouvelles possibilités, la mise en œuvre de la gestion adaptative qui intègre l'écologie et l'économie et l'élaboration d'une perspective mondiale pour atteindre les objectifs de développement durable du Canada.

Recommandation 2 — Appuyer les biotechnologies de pointe

Afin de donner au Canada un avantage comparatif, le gouvernement du Canada devrait permettre l'établissement de bioraffineries de pointe aptes à utiliser les déchets et les résidus agricoles, forestiers, alimentaires ou municipaux. Cela devrait se faire au moyen d'ententes avec les gouvernements provinciaux et le secteur privé qui n'imposent pas des coûts continus sur les contribuables canadiens.

Recommandations 3, 4 et 5 — Répondre aux besoins de santé, économiques et écologiques des collectivités

Recommandation 3 — Bien saisir les signaux du marché

Le gouvernement du Canada devrait s'assurer que des politiques fiscales positives (politique de financement de la R-D, structure d'impôt, etc.) sont liées à des résultats positifs en matière de développement durable. L'intervention gouvernementale directe devrait être reconnue comme uniquement un financement temporaire et devrait impliquer une surveillance prudente. Le gouvernement du Canada devrait promouvoir une participation à l'élaboration de mécanismes d'éco-étiquetage et de certification du développement durable pour les bioproduits et éliminer les tarifs d'importation sur les biocarburants et les autres bioproduits durables.

Recommandation 4 — Surveiller les effets environnementaux

Le gouvernement du Canada devrait mettre en œuvre un programme de surveillance et d'information sur les écosystèmes afin de fournir de l'information suffisante et robuste sur les effets des nouvelles activités liées à la biotechnologie sur les écosystèmes. Il faut un effort dédié qui intégrerait ce programme aux initiatives actuelles de santé des écosystèmes et qui inclurait la mise en œuvre du programme ENOVE. La stratégie de surveillance devrait assurer l'élaboration transparente, diligente et nettement crédible de règlements et l'essai d'importantes hypothèses écologiques concernant les technologies innovatrices.

Recommandation 5 — Élaborer un cadre d'évaluation intégré

Le gouvernement du Canada devrait élaborer, par l'utilisation étendue des outils et processus d'évaluation actuels, un cadre d'évaluation du développement durable pour :

- Guider l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique axée sur les objectifs et les principes du développement durable,
- Sélectionner les applications pour de nouveaux produits et services,
- Évaluer les produits à toutes les étapes de leur développement et de leur cycle de vie.

L'évaluation appuiera, mais ne remplacera pas, les examens actuels en matière de santé, de sécurité et d'environnement et pourra être introduite d'une manière progressive.

Recommandation 6 — Favoriser un dialogue avec le public

Le gouvernement du Canada, de concert avec d'autres, devrait initier et maintenir un dialogue délibéré à long terme avec les citoyens et les intervenants sur la biotechnologie et le développement durable. Ce dialogue devrait se faire au moyen d'échanges électroniques rentables et s'adresser principalement aux jeunes. Les efforts d'apprentissage et de dialogue devraient être conçus pour entraîner des résultats mesurables liés à la planification et à la gestion adaptative.

Recommandations 7 et 8 — Établir un rôle pour la BDDE dans la coopération internationale

Recommandation 7 — Établir des réseaux de connaissances

Établir un ou plusieurs centres d'excellence universitaires canadiens sur la biotechnologie et le développement durable, avec une exigence de liens de recherche internationaux solides. Par souci de pertinence, le financement pourrait être accordé par les organismes de recherche du Canada, en collaboration avec les ministères pertinents des gouvernements fédéral et provinciaux et le soutien du secteur privé.

Recommandation 8 — Mettre l'accent sur le développement international

Le gouvernement du Canada devrait bâtir une politique et une capacité dans l'ACDI et les autres institutions canadiennes pour traiter les possibilités et les besoins en biotechnologie et en développement durable dans les pays pauvres et ce, d'une manière à promouvoir une répartition équitable des avantages de la biotechnologie, surtout sur la scène internationale et pour les pays en développement qui sont pauvres.

Recommandation 9 — Établir des mécanismes de gouvernance pour la BDDE

Le gouvernement du Canada devrait promouvoir les trois objectifs suivants pour la gouvernance de la BDDE.

1. Assurer un leadership fédéral solide.

Les ministres et les sous-ministres continueront de définir les objectifs politiques, de fixer des orientations stratégiques, d'établir des priorités, d'affecter des ressources et de créer le contexte dans lequel fonctionnera l'appareil gouvernemental. Le Comité de coordination des sous-ministres adjoints chargés de la biotechnologie (CCSMAB) est le niveau auquel il est possible

d'intégrer une importante compréhension politique et technique afin de façonner les politiques et les résultats d'une manière adaptative. Le CCSMA pourrait jouer trois rôles clés dans la promotion de la biotechnologie :

- Aligner les politiques, les règlements et les incitatifs en matière de biotechnologie pour que ce domaine contribue au programme du gouvernement et à ses priorités liées au développement durable.
- Veiller à ce que les institutions de leadership nationales, telles que les comités permanents parlementaires et les conseils canadiens de ministres, reçoivent de l'information et des analyses sur la biotechnologie et le développement durable dont ils ont besoin pour prendre des décisions.
- S'assurer que le gouvernement fédéral s'acquitte de ses responsabilités d'une manière exemplaire.

2. Engager tous les secteurs de la société.

Au cours des 24 prochains mois, la priorité devrait consister à placer la BDDE dans le programme des conseils ministériels chargés de l'environnement, de la foresterie, des pêches, de l'énergie et de l'agriculture, qui représentent les différents paliers de gouvernement. De plus, il faut un plus grand degré d'engagement auprès des intérêts sectoriels, y compris le nombre substantiel de grandes sociétés, de petites et moyennes entreprises (PME), les associations industrielles, les ONG environnementales, les groupes autochtones et d'autres parties ayant un intérêt dans la BDDE.

3. Promouvoir une prise de décisions éclairées.

À l'appui de l'environnement, de la santé et de la sécurité, le régime de gouvernance doit mettre l'accent sur la surveillance, l'évaluation et l'ajustement à l'information afin de cerner les effets à court terme et les impacts cumulatifs à long terme des nouvelles technologies et des applications de la biotechnologie. Cette information est essentielle pour élaborer des règlements, faire des évaluations robustes et évaluer l'efficacité des décisions.

À l'appui de l'élaboration de politiques, de la transparence et de la responsabilisation, le CCSMAB ou un tiers indépendant devrait préparer une série de rapports annuels qui seront distribués au public. Ces rapports devraient porter, chaque année, sur une facette différente de la biotechnologie et du développement durable : la recherche, les régimes de réglementation, la réussite de la commercialisation et la compétitivité, les programmes de politiques internationaux et nationaux et les attitudes du public face aux réalisations de la biotechnologie dans l'atteinte des objectifs du développement durable.

GLOSSAIRE DE LA BDDE

Animaux transgéniques : animaux dont l'ADN a été modifié par l'introduction de gènes à partir d'organismes provenant d'autres espèces. Les animaux transgéniques sont utilisés comme cobayes pour mettre à l'essai l'effet de certains gènes sur la santé, pour produire des versions améliorées d'animaux ou pour produire des substances supplémentaires.

Biocarburant : carburant produit au moyen de processus biologiques et/ou de matières premières biologiques. Il s'agit d'une source d'énergie renouvelable, dérivée de la biomasse, telle que les plantes, les déchets agricoles ou forestiers ou les déchets d'huile de cuisson. Parmi les biocarburants couramment utilisés figurent l'éthanol, le méthanol et le biodiesel.

Biodiesel : carburant transformé issu de sources biologiques qui peut être utilisé dans les véhicules motorisés à diesel. Le biodiesel est biodégradable et non-toxique, et diffuse moins d'émissions lors de sa combustion que le diesel à base de pétrole.

Biodiversité : la variété d'organismes de la planète, y compris leur diversité génétique et les regroupements qu'ils forment. La biodiversité reflète l'interrelation des gènes, des espèces et des écosystèmes.

Bioéconomie : une économie où les unités élémentaires de la production et les matières brutes pour l'énergie proviennent de ressources renouvelables, telles que les sources basées sur les végétaux ou les cultures.

Bioéthanol : éthanol produit à la suite de la fermentation du sucre par des microbes. Le bioéthanol est présenté comme le premier biocarburant important au monde. Ce produit est actuellement dérivé du sucre ou de l'amidon fermentés dans les cultures telles que le maïs et la canne à sucre. L'éthanol *cellulosique*, qui n'est pas actuellement disponible sur le marché, provient du sucre présent dans les matières végétales ligneuses ou fibreuses telles que la paille et les copeaux. De nombreux analystes considèrent que l'éthanol cellulosique est un biocarburant de remplacement plus durable que l'éthanol issu de céréales.

Bio-informatique : domaine qui implique l'utilisation de techniques provenant des mathématiques appliquées, de l'informatique, des statistiques et de l'informatique ainsi que de la chimie pour résoudre des problèmes biologiques généralement au niveau moléculaire. Aussi désignée par « informatique biologique ».

Biomasse : matière biologique vivante ou récemment vivante, par exemple la matière végétale cultivée en vue de servir de biocarburant ainsi que la matière végétale ou animale destinée à produire des fibres, des produits chimiques ou de la chaleur.

Biopesticide : pesticide dans lequel l'ingrédient actif est un organisme ou une toxine produite par un organisme. Un exemple d'une toxine courante est la toxine *Bacillus thuringiensis (Bt)*.

Bioplastique : une forme de matière plastique dérivée de sources végétales, telles que le chanvre, l'huile de canola ou de soya et l'amidon de maïs, contrairement aux matières plastiques conventionnelles qui sont dérivées du pétrole. Les bioplastiques sont conçues pour être biodégradables, réduisant ainsi le problème de pollution associé aux matières plastiques.

Bioproduit : nouveau produit développé à partir de matières biologiques. Les bioproduits peuvent remplacer ou améliorer les produits dérivés de ressources non renouvelables.

Bioprospection : la collecte et la mise à l'essai d'échantillons biologiques, tels que des plantes, des animaux ou des micro-organismes et souvent axées sur des connaissances indigènes, afin de découvrir des ressources génétiques ou biochimiques. Il s'agit d'une activité exécutée principalement à des fins économiques, par exemple pour produire de nouveaux médicaments, cultures et produits industriels.

Bioraffinerie : installation industrielle qui reçoit des matériaux biologiques comme intrants, les transforme en mélanges de produits chimiques utiles, puis les sépare et les purifie, créant ainsi de multiples produits fonctionnels et souvent une grande quantité d'énergie en tant que sous-produit, avec une quantité minimale de déchets et de pollution.

Biorestauration : tout processus qui utilise des organismes vivants, comme des micro-organismes, des champignons et des végétaux, pour restaurer un environnement contaminé. Certains organismes envisagés dans la biorestauration ont été génétiquement fabriqués pour consommer ou digérer des polluants.

Biosécurité : prévention de la perte à grande échelle de l'intégrité biologique, avec un accent placé sur l'écologie et la santé humaine.

Biote : la flore ou la faune combinées d'une région.

Biotechnologie : l'application des sciences et de la technologie aux organismes vivants ainsi qu'à des pièces, produits et modèles qui s'y rattachent afin de modifier les matières vivantes ou non vivantes pour la production de connaissances, de produits et de services.

Dérivé de la biologie : qui provient d'une matière organique. Aussi désigné par « issu de la biologie ».

Développement durable : résultats souhaitables à long terme pour vivre dans les limites écologiques planétaires, avec un partage plus équitable des retombées économiques et sociales entre la population d'aujourd'hui et les générations futures.

Écoefficacité : un terme baptisé par le World Business Council for Sustainable Development, qui repose sur le concept de créer plus de produits et services tout en utilisant moins de ressources et en créant moins de déchets et de pollution.

Écologie industrielle : la transition des processus industriels conventionnels producteurs de déchets vers un système à boucle fermée où les systèmes deviennent des intrants pour de nouveaux processus. Cela implique la reconception des processus de fabrication afin d'utiliser moins d'énergie ainsi que des enzymes et catalyseurs non polluants.

Écosystème : l'interaction complexe entre les plantes, les animaux et les micro-organismes, et leur environnement.

Écotone : une zone de transition entre deux collectivités écologiques avoisinantes ou écosystèmes.

Enzymes : agents biologiques qui catalysent les réactions chimiques, en exigeant des conditions généralement beaucoup moins rigoureuses et, par conséquent, moins toxiques et à moins forte intensité énergétique que les catalyseurs chimiques conventionnels.

Friche industrielle : anciens terrains industriels et commerciaux qui sont contaminés par des substances toxiques.

Gazéification : un processus qui transforme les matières à base de carbone, telles que le charbon, le pétrole, le coke de pétrole ou la biomasse (c.-à-d., déchet de bois) en des produits gazeux comme l'hydrogène ou le monoxyde de carbone qui peuvent être brûlés ou utilisés comme unités élémentaires pour d'autres synthèses chimiques.

Matières premières : une substance utilisée comme matière brute dans un processus industriel. Aussi appelées « charge d'alimentation ».

Moléculaire : la culture de plantes dans le domaine de l'agriculture afin de produire des composés pharmaceutiques ou industriels au lieu d'aliments, de pâtures ou de fibres. Aussi appelée « agriculture moléculaire ».

Nanotechnologie : une approche visant à comprendre et à contrôler la matière qui se trouve dans les dimensions inférieures à 100 nanomètres. La nanotechnologie permet de nouvelles applications, comme les puces d'ordinateur et d'autres dispositifs, qui sont des milliers de fois plus petites que les technologies actuelles.

Polluants organiques persistants (POP) : composés organiques qui résistent à la dégradation environnementale par des processus chimiques ou biologiques.

Technologie Terminator : le nom officieux donné aux méthodes controversées visant à restreindre l'utilisation de plantes génétiquement modifiées par l'insertion d'un élément qui peut, à l'induction d'un produit chimique, causer la stérilité des semences de la deuxième génération. Également connu sous le nom de « technologies de restriction génétique » ou « GURTS » (acronyme pour *genetic use restriction technologies*).

Vaccin recombiné : vaccins produits au moyen de processus d'ADN recombiné.