

# 02

## Comprendre et prévoir les changements environnementaux en Amérique du Nord

Les fondements de politiques publiques plus efficaces

Commission de coopération environnementale

La présente publication a été préparée par le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE) et ne reflète pas nécessairement les vues des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis.

Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie sous n'importe quelle forme, sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, mais à condition que ce soit à des fins éducatives ou non lucratives et que la source soit mentionnée. La CCE apprécierait recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit inspiré du présent document.

Commission de coopération environnementale  
393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200  
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9  
Tél. : (514) 350-4300 Téléc. : (514) 350-4314  
Courriel : [info@ccemtl.org](mailto:info@ccemtl.org)  
<http://www.cec.org>

ISBN: 2-922305-82-1

© Commission de coopération environnementale, 2003

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2003

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada, 2003

*Available in English* — ISBN: 2-922305-81-3

*Disponible en español* — ISBN: 2-922305-83-X

	<b>Avant-propos</b>	iii
	<b>Résumé</b>	v
<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
	1.1 Facteurs du changement environnemental	2
	1.1.1 Croissance démographique et urbanisation	2
	1.1.2 Croissance économique	3
	1.1.3 Facteurs de dissociation	3
	1.1.4 Choix des techniques	4
	1.2 Tendances environnementales liées à l'utilisation des sols et à la qualité de l'air	5
	1.2.1 Changements d'utilisation des sols	5
	1.2.2 Pollution de l'air	6
	1.3 Éléments clés du rapport	6
<b>2</b>	<b>Analyse du flux des matières</b>	<b>9</b>
	2.1 Les forces et les faiblesses	9
	2.2 Foresterie, agriculture et environnement	11
	2.3 Résumé	12
<b>3</b>	<b>Flux des matières dans le secteur forestier</b>	<b>13</b>
	3.1 Définition du flux des matières et des sous-secteurs forestiers	13
	3.2 Analyse du flux des matières dans le secteur forestier	15
	3.2.1 Industrie forestière	15
	3.2.2 Industrie des produits ligneux	17
	3.2.3 Industrie des pâtes et papiers	19
	3.3 Les tendances commerciales et leurs incidences environnementales	22
	3.3.1 Tendances commerciales dans le contexte de l'ALÉNA	22
	3.3.2 Incidences environnementales du commerce des produits ligneux aux termes de l'ALÉNA	24
	3.4 Résumé	25
<b>4</b>	<b>Flux des matières dans l'industrie agricole</b>	<b>27</b>
	4.1 Définition du flux des matières et des sous-secteurs de l'industrie agricole	27
	4.2 Flux des matières dans la production des végétaux	29
	4.2.1 L'emploi d'engrais	29
	4.2.2 Production végétale	31
	4.2.3 Rejets de cultures	32
	4.3 Flux des matières dans la production des animaux	34
	4.3.1 Aliments pour animaux d'élevage	34
	4.3.2 Produits animaux	35
	4.3.3 Déchets animaux	36
	4.4 Les tendances commerciales et leurs incidences environnementales	38
	4.4.1 Tendances commerciales	38
	4.4.2 Incidences environnementales	40
	4.5 Résumé	40
<b>5</b>	<b>Empreinte écologique</b>	<b>43</b>
	5.1 Points forts et lacunes de la notion d'empreinte écologique	43
	5.2 L'empreinte écologique des pays de l'ALÉNA – Coup d'œil	46
	5.3 Résumé	47

<b>6</b>	<b>Techniques permettant de scruter l'avenir de l'environnement</b>	<b>49</b>
6.1	Analyse et surveillance de l'environnement et extrapolation des tendances	50
6.2	Méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios	51
6.3	Modélisation et analyse morphologique	52
6.4	Résumé	56
<b>7</b>	<b>Modélisation de la concurrence à venir pour l'accès à l'eau</b>	<b>57</b>
7.1	IMPACT - modèle de simulation de l'utilisation de l'eau	57
7.1.1	IMPACT	58
7.1.2	Le modèle de simulation de l'utilisation de l'eau	58
7.1.3	Modèle IMPACT de simulation de l'utilisation de l'eau	59
7.2	Application du modèle – Les trois scénarios américains	61
7.3	Résumé	66
<b>8</b>	<b>Leçons à retenir pour les travaux à venir</b>	<b>69</b>
8.1	Des bases solides pour l'avenir – Le cas de l'appauvrissement de la couche d'ozone	69
8.2	Éviter de faire des prévisions simplistes – Le cas de la nouvelle économie	71
8.3	Résumé	74
<b>9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>75</b>
	<b>Ouvrages et sites à consulter</b>	<b>77</b>

## Avant-propos

Trente ans de politique environnementale nous ont appris qu'il faut privilégier la prévention et la restauration, et qu'il vaut mieux anticiper et prévenir les problèmes environnementaux que d'y réagir. Nous devons donc définir et comprendre un large éventail de tendances au sein de l'environnement ainsi que les facteurs qui définissent ces tendances. Nous devons analyser un grand nombre de données pour mieux comprendre les tendances environnementales actuelles et passées. Enfin, nous devons tenter de cerner les problèmes éventuels avant qu'ils ne s'aggravent et ne se généralisent.

Ces objectifs en matière de recherche et de politiques sont au cœur du rôle de la Commission de coopération environnementale (CCE)<sup>1</sup>, organisme international créé par le Canada, le Mexique et les États-Unis aux termes de l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement (ANACDE), accord parallèle à l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA). La CCE a pour mandat de se pencher sur les problèmes environnementaux régionaux, de contribuer à la prévention des différends commerciaux et environnementaux, de promouvoir l'application efficace des lois de l'environnement. Ses objectifs fondamentaux consistent à faire mieux comprendre les liens entre l'environnement, l'économie et le commerce, et à élaborer des politiques favorisant une interaction positive entre l'environnement et le commerce. L'atteinte de cet objectif est la responsabilité première du secteur de programme relatif à l'environnement, à l'économie et au commerce du Secrétariat de la CCE.

À cette fin, un projet clé a été mis sur pied en vue de cerner et d'analyser les enjeux environnementaux actuels et ceux des 10 à 20 prochaines années (2010 à 2020) dans les trois pays. Le Groupe consultatif sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement, composé d'experts issus de diverses disciplines, a été mis sur pied. Il doit définir :

- les facteurs de changement environnemental,
- les tendances dans le domaine de l'environnement,
- des méthodes permettant aux décideurs de mieux comprendre et prévoir l'état de l'environnement en Amérique du Nord.

La démarche adoptée pour le projet sur les tendances est relativement unique, car elle couvre les trois pays liés géographiquement, culturellement et économiquement dans le cadre de l'ALÉNA. Il est ainsi plus facile d'examiner les enjeux commerciaux et environnementaux, transnationaux et transfrontaliers.

Le présent rapport résume une grande partie du travail effectué en fonction de l'orientation donnée dans le projet sur les tendances, soit :

1 La Commission de coopération environnementale se compose du Conseil des ministres de l'Environnement des trois pays, du Secrétariat et du Comité consultatif public mixte (qui représente la population).

- quatre rapports documentaires sur les tendances, produits par le Secrétariat,
- cinq analyses portant sur l'évaluation de méthodes permettant de prévoir les éventuels problèmes environnementaux en Amérique du Nord.

Le rapport ne défend aucune méthode d'analyse en particulier. Il reconnaît plutôt la complexité des enjeux en cause, montre de quelle manière les différentes méthodes peuvent être utilisées et fait ressortir les forces et faiblesses de chacune. On a voulu ainsi que ces méthodes fournissent des informations utiles aux particuliers et aux organisations qui se demandent comment analyser le plus adéquatement possible les nouvelles tendances environnementales.

Le rapport lui-même a été préparé par Chantal Line Carpentier et Zachary Patterson, du secteur de programme de la CCE relatif à l'environnement, à l'économie et au commerce. Les rapports documentaires ont été établis par Scott Vaughan, Jane Barr et Chantal Line Carpentier, qui sont rattachés au même secteur de programme.

Les sections du rapport traitant des différentes méthodes utilisées pour prévoir les problèmes environnementaux futurs ont été tirées directement des analyses originelles. Les auteurs de ces analyses sous-jacentes, et dont le nom apparaît au début de chaque section, sont les suivants : Emily Mathews et Christian Ottke, du *World Resources Institute*, pour l'analyse du flux des matières; Mathis Wackernagel, pour l'analyse de l'empreinte écologique; Mark Rosegrant et Ximing Cai, de l'*International Food Policy Research Institute*, et Ford Runge, de l'Université du Minnesota, pour le modèle IMPACT de simulation de l'utilisation de l'eau.

Le Secrétariat aimerait souligner la contribution des membres du Groupe consultatif de la CCE, qui ont supervisé ses travaux. Les membres de ce groupe ont changé au fil du temps et de nombreuses personnes ont participé à ses travaux, mais le Secrétariat aimerait remercier tout particulièrement Michael Brody, de l'*Environmental Protection Agency* des États-Unis, qui a assumé la présidence du Groupe consultatif depuis sa mise sur pied.

## Résumé

L'environnement est-il plus sain aujourd'hui que dans le passé ou s'est-il détérioré? Avons-nous fait mieux que nos parents? Pourquoi les choses ont-elles changé? Le savons-nous? Pouvons-nous vraiment le savoir? Que nous réserve l'avenir? Les tendances actuelles se maintiendront-elles? Comment sera la qualité de l'air, de l'eau, des océans, des sols et de la biosphère pour nos enfants et nos petits-enfants? La biodiversité du continent nord-américain sera-t-elle plus riche ou plus pauvre? Notre climat aura-t-il changé?

Le présent rapport propose des points de vue et des méthodes qui devraient aider à trouver des réponses à ces questions. Ce qui en ressort, cependant, c'est que, pour circonscrire les incidences environnementales du commerce — et de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA) en particulier —, l'examen du passé ne suffit pas. Nous devons faire preuve d'imagination et nous pencher systématiquement sur les incidences futures sur l'environnement. On ne peut pas prédire l'avenir, c'est certain, car il n'est pas le prolongement linéaire des tendances antérieures, mais plutôt le lieu de revirements imprévus et de possibilités insoupçonnées. Le rapport invite à l'analyse des effets actuels et futurs du commerce à l'aide des outils qui y sont décrits — analyse des tendances et des facteurs environnementaux, analyse du flux des matières, scénarios portant sur des situations marquées par une grande incertitude et divers modèles —, utilisés seuls ou combinés. Cette approche, qui marie étude rigoureuse du passé et prévisions, est indispensable à l'établissement d'une base de données dont s'inspireront les politiques environnementales qui s'attaqueront de façon proactive aux problèmes environnementaux avant qu'ils ne s'aggravent et ne se généralisent.

Le rapport fait fond sur quatre rapports du Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE) sur les tendances, de même que sur cinq analyses visant l'évaluation de méthodes de prédiction des problèmes environnementaux en Amérique du Nord<sup>2</sup>. Il a été réalisé dans le contexte du projet de la CCE sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement, avec l'appui d'un groupe consultatif.

Le rapport — et les rapports documentaires et analyses dont il s'inspire — vise à cerner la meilleure façon d'examiner les effets du commerce sur l'environnement des pays signataires de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA), à savoir le Canada, le Mexique et les États-Unis. Il étudie essentiellement deux façons de procéder :

- l'analyse d'un grand nombre de données de manière à mieux comprendre les tendances environnementales actuelles et antérieures et les facteurs sous-jacents, et à les communiquer plus facilement;
- le recours à des techniques de diagnostic et de prévision des problèmes environnementaux.

2 Le présent rapport ne résume pas les sections sur l'état de l'environnement des rapports documentaires, qui ont été intégrées dans le rapport intitulé *La mosaïque nord-américaine : Un rapport sur l'état de l'environnement*, publié par le Secrétariat de la CCE en janvier 2002.

## **Facteurs de changement environnemental et tendances environnementales**

L'examen repose sur le cadre conceptuel que la CCE a élaboré, en consultation avec son Groupe consultatif sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement (le « Groupe consultatif de la CCE »), en ce qui a trait aux facteurs de changement environnemental et aux tendances environnementales qu'ils alimentent.

Le Groupe consultatif de la CCE a dégagé quatre principaux facteurs de changement environnemental :

- la croissance démographique et l'urbanisation,
- la croissance économique,
- les facteurs qui lient la croissance économique et les dommages environnementaux ou qui les dissocient,
- les choix technologiques dans des domaines comme les transports, l'énergie et l'informatique.

Ces facteurs n'interviennent pas seuls, et leur interaction peut être extrêmement complexe. Cela étant, certaines réalités sautent aux yeux. Le Canada, le Mexique et les États-Unis produisent chaque année pour 11 billions de dollars américains de produits et services, et le commerce entre ces pays a déjà plus que doublé depuis la signature de l'ALÉNA, pour atteindre 700 milliards de dollars. Même si, dans une certaine mesure, on a réussi à dissocier la croissance économique de la détérioration de l'environnement, la hausse de la production et du commerce a de graves conséquences sur l'utilisation des ressources, l'eau et les autres ressources naturelles, la qualité de l'air, la biodiversité et d'autres aspects de l'environnement.

Le Groupe consultatif de la CCE a ciblé trois grandes tendances environnementales en Amérique du Nord : les changements d'utilisation des sols, l'affaiblissement de l'écosystème marin et la pollution de l'air, qui s'ajoutent aux préoccupations environnementales actuelles comme le changement climatique et l'appauvrissement des stocks de poisson. Le rapport sur l'état de l'environnement que la CCE a publié en janvier 2002 traite abondamment de ces tendances. Celles qui sont associées à l'utilisation des sols y occupent une grande place, mais la pollution de l'air y est aussi abordée.

## **Le présent et le passé**

Le changement environnemental se constate et se définit facilement, mais la tâche est infiniment plus complexe quand vient le temps de cibler les facteurs en cause dans des cas précis, leurs répercussions et leur interaction, d'évaluer leurs répercussions par rapport à d'autres facteurs, de déterminer les variables environnementales qui augmentent ou amoindrissent leur influence, et ainsi de suite. De fait, comme le changement environnemental peut se répercuter sur l'économie et la société humaine dans son ensemble, on peut logiquement parler de « facteurs environnementaux ».

Le Groupe consultatif de la CCE s'est penché sur deux méthodes d'examen des tendances actuelles et antérieures et les facteurs qui les sous-tendent. La première, l'analyse du flux des matières, est une technique prometteuse utilisant de nombreuses données, qui a été appliquée aux secteurs forestier et agricole du Canada, du Mexique et des États-Unis. La seconde, l'empreinte écologique, brosse un tableau facilement compréhensible de l'incidence des groupes humains sur l'environnement.

## **Analyse du flux des matières**

L'analyse du flux des matières permet de documenter, d'interpréter et de quantifier (en tonnes de matières) le flux physique, dans l'économie, des matières considérées comme des intrants dans divers secteurs et sous-secteurs industriels. La méthode permet d'observer l'efficacité des ressources et d'examiner les répercussions probables sur l'environnement et la santé de l'utilisation qui est faite de ces matières. Le suivi du flux des matières est de deux ordres :

- le flux « visible » des produits de base et des produits finis dans le marché, qui permet, jusqu'à un certain point, d'exercer un suivi par les comptes monétaires;
- le flux « invisible » des matières associées à la fabrication de produits de base en vue d'une utilisation économique, mais qui n'entrent pas dans l'économie (p. ex., les déchets de coupe, les résidus de cultures ou l'érosion des sols dans les champs cultivés).

Inutile de dire que le flux invisible est très difficile à documenter. Les comptes monétaires n'en font habituellement pas mention (ou l'excluent totalement), même si ses incidences sur l'environnement sont grandes. Ce qui fait notamment l'intérêt de l'analyse du flux des matières, c'est qu'elle cherche à recenser ce flux invisible.

La nouveauté de la méthode explique la plupart de ses lacunes. Elle exige énormément de données et la compilation de la base de données sur le flux des matières est parfois laborieuse. De plus, tous les éléments entrant dans le flux des matières sont convertis dans une même unité : une tonne de déchets toxiques a la même valeur qu'une tonne de sol érodé, même si ces matières ont manifestement des incidences environnementales bien différentes. De plus, aucune formule ne permet d'estimer les incidences environnementales prévues, découlant du flux ou de l'utilisation d'une tonne de matières. Comme elle porte principalement sur les secteurs, il y a risque de ne pas tenir compte du flux des matières entre les secteurs. Enfin, elle ne tient pas compte des enjeux de l'eau.

Quant aux avantages, la méthode est l'une des rares à permettre le suivi des matières qui, pour des raisons environnementales, présentent un intérêt particulier. C'est le cas notamment des substances toxiques. Une fois mise à l'épreuve et rodée, la méthode, utilisée de concert avec les scénarios, les modèles et d'autres techniques, sera des plus utiles pour examiner les incidences environnementales des diverses techniques de production des produits et des services.

Tout bien considéré, l'analyse du flux des matières est extrêmement prometteuse, même si le Groupe consultatif de la CCE s'en est jusqu'à maintenant servi avec prudence pour orienter la politique en raison de la qualité des données disponibles et des problèmes conceptuels connexes. Malgré ces faiblesses, les résultats préliminaires présentés dans le rapport concernant le flux des matières dans les secteurs forestier et agricole nord-américains révèlent des modes d'utilisation des matières que ne montrent pas toujours les données monétaires, ce qui prouve que la méthode est prometteuse.

viii

## **Flux des matières dans le secteur forestier**

L'analyse préliminaire du flux des matières dans le secteur forestier des trois pays signataires de l'ALÉNA montre clairement qu'il s'y fait une utilisation beaucoup plus efficace des matières et des ressources. Ces gains d'efficacité représentent à tout le moins une dissociation partielle de la croissance économique et des dommages environnementaux dans ce secteur. Pourtant, en raison de la forte hausse de la demande de bois d'œuvre, de produits ligneux et de papier, la quantité de fibres dont le secteur a besoin ne cesse d'augmenter, comme les incidences environnementales. Cette situation exerce une pression grandissante sur les forêts et l'habitat faunique, et atteste le besoin urgent d'accélérer le développement et la diffusion de techniques permettant de réaliser des gains d'efficacité et de limiter ou d'atténuer les incidences du secteur forestier sur l'environnement.

Les incidences environnementales de la demande croissante de fibres ne sont pas les mêmes pour tous les pays signataires de l'ALÉNA ni pour leurs

régions respectives. En général, au Mexique et au Canada, la pression sur les forêts naturelles s'accroît. Aux États-Unis, la tendance vers une forêt plus aménagée se maintient, et la forêt est plus uniforme en ce qui concerne l'âge, la taille, les essences et la structure globale. Dans les trois pays, la possibilité de pertes de biodiversité demeure, bien qu'elle se manifeste différemment.

## **Flux des matières dans le secteur agricole**

Même s'il ne représente qu'une petite fraction du produit intérieur brut (PIB) du Canada, du Mexique et des États-Unis, le secteur agricole dans la région visée par l'ALÉNA affiche une croissance impressionnante au chapitre de la valeur et des volumes. Il s'agit également d'un secteur faisant intervenir une exploitation intensive des ressources qui, avec le secteur forestier, domine l'utilisation des sols et conditionne largement l'étendue de l'habitat faunique. Pour de nombreux analystes, l'agriculture est le plus gros pollueur d'eau de tous les secteurs économiques. L'agriculture a toujours été une source diffuse de pollution, donc difficile à surveiller et à réglementer, ce qui a engendré des problèmes particuliers. Malgré le regroupement industriel et l'industrialisation, ce secteur est, en général, peu contrôlé.

Selon l'analyse préliminaire du flux des matières dans le secteur agricole, l'ampleur des enjeux environnementaux varie énormément entre les pays signataires de l'ALÉNA et au sein de ces pays. Même si l'agriculture intensive à grande échelle est en plein essor dans les trois pays, les problèmes environnementaux qu'elle entraîne varieront fortement en fonction de la taille de l'exploitation, du terrain, des caractéristiques hydrologiques, de la culture ou du bétail visé, des zones cultivées, du degré de spécialisation des cultures, de la concentration du bétail et d'une foule d'autres variables. Pour cette raison, l'évaluation et les politiques environnementales dans les trois pays devraient cibler plus particulièrement les domaines et les enjeux où les incidences environnementales du secteur sont les plus probables ou déjà observables.

Les politiques concernant les incidences environnementales néfastes devront aussi tenir compte du fait que l'efficacité de la production a radicalement augmenté depuis 25 ans. Il faut moins d'intrants pour produire une quantité constante d'extrants pour de nombreux types de cultures et de produits d'élevage. On ne peut toutefois pas nier que l'augmentation constante de la demande de produits agricoles a entraîné la croissance soutenue des intrants en chiffres absolus. De même, parallèlement à la hausse constante du volume des extrants de la production intermédiaire et finale, la quantité de déchets et de sous-produits indésirables a également continué d'augmenter. C'est pourquoi il faut de toute urgence accélérer le développement et la diffusion de techniques capables de contenir ou de diminuer les incidences environnementales du secteur agricole.

Cet exemple est typique de la production de matières dans toute économie industrielle. L'avancement technologique, l'amélioration de la productivité de la main-d'œuvre et la restructuration économique visant à remplacer les industries qui consomment de grandes quantités d'énergie et de matières premières ont entraîné des gains en efficacité, comme dans le cas du secteur agricole. Cependant, la cadence de la croissance économique a neutralisé en partie ces améliorations. Selon une analyse récente de l'économie américaine, cette dernière a progressé de 74% entre 1975 et 1996, et la production de déchets, de seulement 30%. Voilà un formidable cas de « dissociation », mais qui n'est pas assez important pour atteindre une diminution absolue des déchets. En ce qui concerne le présent rapport, notre documentation sur la production de matières était incomplète, ce qui nous a empêché d'établir un macro-indicateur pour montrer le flux complet des matières dans le secteur agricole ou le secteur forestier, ou encore un lien avec le rendement économique sectoriel. Néanmoins, l'analyse du flux de matières données ou de catégories de flux, par exemple, le sous-secteur de la volaille, affiche les mêmes tendances.

x L'analyse du flux des matières nous apprend qu'il faut accorder la plus haute priorité à l'innovation en vue d'accélérer le développement et l'adoption de techniques qui permettent une utilisation plus efficace des ressources et diminuent les incidences environnementales des secteurs forestier et agricole, étant donné que les gains d'efficacité des matières et/ou des ressources ont été insuffisants pour contenir l'échelle de production. Pour cette raison, les méthodes que nous utiliserons à l'avenir devront cibler les domaines les plus susceptibles d'être touchés par une augmentation de l'échelle des activités.

## **Empreinte écologique**

Le Groupe consultatif de la CCE s'est également penché sur la notion d'empreinte écologique, car il veut esquisser un portrait facile à comprendre de l'incidence des groupes humains sur l'environnement. Cet outil comptable «regroupe les répercussions de l'activité humaine sur la biosphère sous un seul élément : l'espace bioproduit occupé exclusivement par l'activité humaine»<sup>3</sup>. Plus précisément, la mesure d'une empreinte écologique correspond à la quantité estimative de nourriture, de matières et d'énergie que consomme une population par rapport à la superficie de sol ou d'océan biologiquement productive, nécessaire à la production de ces ressources naturelles [ou, dans le cas de l'énergie, d'absorber les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) correspondantes]. L'unité de mesure employée est généralement l'hectare de sol (ou d'océan), dont la productivité est calculée d'après la productivité mondiale moyenne. Ainsi, le sol biologiquement productif sert d'indicateur du capital naturel et des nombreux flux de ressources et « services que nous fournit la nature »<sup>4</sup>. En tant qu'indica-

3 Wackernagel, 1999.

4 Wackernagel, 1999.

teur des ressources environnementales et naturelles, la méthode de l’empreinte écologique présente l’avantage de réunir tous les facteurs possibles en un seul chiffre : un objectif qui continue à échapper à presque tous ceux qui tentent d’établir des indicateurs environnementaux regroupés.

Même si l’empreinte écologique présente beaucoup de caractéristiques intéressantes, son utilité dans l’élaboration des politiques n’est pas clairement établie. La conversion de l’utilisation de l’énergie sous forme de superficie relève plus de la rhétorique que de la science; elle pénalise les économies industrialisées énergivores en raison de la superficie forestière nécessaire à la dispersion du CO<sub>2</sub> provenant de l’utilisation de l’énergie. On se demande également si on doit comparer l’empreinte écologique d’un pays à sa propre capacité ou à la capacité mondiale. De plus, comme la méthode exige beaucoup de regroupements, nous devons, ce qui n’est peut-être pas entièrement possible au stade actuel de nos connaissances, choisir avec beaucoup de soin les indicateurs à regrouper, déterminer si ces combinaisons sont appropriées et savoir comment sont établies les comparaisons, les mesures et les moyennes pour les différents indicateurs. Avec cette méthode, il faut aussi tenir compte de chaque catégorie de consommation, mais comme les données fiables sur la consommation indirecte (comme le contenu énergétique des produits) sont rares, il y a risque d’erreur. Les regroupements sont, de fait, si poussés que bien des experts se demandent si la méthode constitue un guide approprié pour l’élaboration de politiques nationales<sup>5</sup>. À cet égard, de nombreux économistes doutent que la méthode fournisse beaucoup d’information utile sur la capacité de charge, l’innovation technologique présumée ou les progrès dans la réalisation des objectifs de durabilité.

Donc, même si l’examen de certains types d’incidences environnementales peut se révéler stimulante et parfois utile, le Groupe consultatif de la CCE a conclu que, en tant que principe analytique, l’empreinte écologique présentait des faiblesses fondamentales et *a décidé de ne pas y recourir*.

## L’avenir

L’examen et la communication des tendances actuelles et antérieures peuvent jouer un rôle important dans l’élaboration d’une politique de l’environnement. En même temps, il faut prendre des mesures préventives pour éviter que les problèmes environnementaux ne s’aggravent et ne se généralisent. Les tendances actuelles et antérieures doivent fournir de l’information, et même servir de fondement à notre démarche axée sur la compréhension de l’avenir. Cependant, elles ne peuvent à elles seules dessiner cet avenir, sauf si on souscrit à l’hypothèse improbable que les tendances actuelles et antérieures se poursuivront sans interruption ni changement dans un avenir indéterminé. De fait, un éventail de méthodes, de techniques et de démarches ont été élaborées en vue de mieux

comprendre un avenir où de nouveaux facteurs pourraient intervenir et des tendances, disparaître ou évoluer de manière surprenante. La dernière partie du rapport examine certaines techniques prometteuses pour scruter l'avenir de l'environnement, applique certaines de ces techniques à la concurrence à venir pour l'accès aux ressources en eau douce et tire des leçons qui guideront les travaux qui seront accomplis au cours des prochaines années.

## **Techniques permettant de scruter l'avenir de l'environnement**

Les chercheurs ont élaboré des dizaines de méthodes afin de scruter l'avenir de notre environnement. Certaines supposent le maintien des tendances actuelles, tandis que d'autres s'appuient sur une vision plus novatrice de l'avenir. Le prestigieux *Battelle Seattle Research Center* (Centre de recherche Battelle Seattle) a réparti ces méthodes en six catégories pratiques<sup>6</sup>, que nous adapterons à notre étude. Les voici, regroupées par paires :

- analyse et surveillance de l'environnement et extrapolation des tendances,
- méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios,
- modélisation et analyse morphologique.

xii

Il convient de mentionner que ces catégories ne sont nullement incompatibles. En effet, la plupart du temps, lorsqu'on essaie de prédire les conditions environnementales futures, on combine certaines de ces méthodes, car bien qu'elles soient toutes utiles, elles ne peuvent, individuellement, produire les résultats voulus.

L'analyse et la surveillance de l'environnement sont essentiellement des activités de collecte de données. Elles fournissent la plupart des données empiriques de base qui permettent de comprendre l'environnement et servent de point de départ au relevé et à l'analyse des tendances environnementales. L'extrapolation des tendances, qui consiste à projeter les tendances actuelles et antérieures dans l'avenir, est souvent utilisée pour la préparation des rapports sur les perspectives environnementales et l'état de l'environnement. Les données sur les tendances peuvent provenir, par exemple, de l'application de méthodes comme l'analyse du flux des matières et l'empreinte écologique.

Les méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios peuvent exiger de sortir des cercles traditionnels des responsables des politiques environnementales des gouvernements et de solliciter la participation d'une brochette d'experts, de membres d'organismes non gouvernementaux, du secteur privé et de citoyens intéressés. L'élaboration de scénarios qualitatifs aide parfaitement à se préparer aux événements surprises qui, souvent, façonnent notre avenir et qu'on ne peut saisir à l'aide de méthodes davantage axées sur les prévisions quantitatives. La démarche consiste à élaborer divers scénarios en vue d'examiner

une gamme de résultats probables. Cependant, même si l'imagination semble occuper une grande place dans l'élaboration de scénarios, il faut également faire appel aux connaissances scientifiques et aux outils et méthodes quantitatifs qui ramènent les hypothèses à un niveau plus « terre-à-terre », dégagent des modèles plus qu'évidents et établissent des relations entre les variables et les modèles.

Ces outils sont la modélisation et l'analyse morphologique, cette dernière étant une modélisation moins axée sur les données quantitatives. Ces deux outils accordent plus de poids aux modèles informatiques et autres outils d'analyse technique. Ils sont tous deux indispensables pour assurer la cohérence interne des données qui entrent dans l'élaboration des scénarios et qui en découlent. Tous deux tiennent compte des nombreux liens qui existent entre les secteurs économiques et l'environnement, et établissent des relations de cause à effet. Par conséquent, les modèles sont souvent employés pour comprendre l'interaction entre l'économie et l'environnement, et leurs répercussions sur l'avenir. Il existe toujours des lacunes au chapitre des données et de la théorie qui permettraient de soutenir les modèles économiques et bioéconomiques, mais ces modèles comptent parmi les rares méthodes quantitatives qui peuvent être utilisées dans d'autres contextes pour analyser les interactions passées et futures entre l'économie et l'environnement. Par conséquent, ces approches demeurent un outil essentiel parmi toutes les méthodes dont disposent les chercheurs et les décideurs pour prévoir les problèmes environnementaux et prendre des mesures avant qu'ils ne s'aggravent et ne se généralisent.

xiii

## **Modélisation de la concurrence à venir pour l'accès à l'eau**

Pour bien des observateurs, la disponibilité de l'eau est l'un des facteurs les plus déterminants de la sécurité alimentaire pour de nombreuses régions du monde. Dans les régions arides de l'Amérique du Nord, l'urbanisation va probablement frapper de plein fouet les cultures irriguées et leur disputer une eau douce toujours plus rare. Dans certaines régions, la satisfaction de la demande en eau des villes et de l'industrie, qui augmente rapidement, se traduira par une forte diminution de l'eau disponible pour l'irrigation des cultures – un enjeu décisif qu'il n'a pas été possible d'inclure dans l'analyse du flux des matières dans le secteur agricole décrite précédemment. Pour comprendre les forces en présence, la CCE a choisi d'utiliser un des modèles mondiaux détaillés pour faire ressortir ces enjeux et leur évolution probable au cours des 10 à 20 prochaines années. Il s'agit du MSUE IMPACT<sup>7</sup>, un modèle qui intègre un modèle de simulation de l'utilisation des ressources hydriques au modèle économique et commercial IMPACT, déjà fonctionnel et très utilisé. Il a été appliqué à 14 bassins fluviaux des États-Unis.

7 Le modèle international d'analyse stratégique des produits et du commerce agricoles (*International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade/IMPACT*) a été élaboré par l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. Le modèle de simulation de l'utilisation de l'eau (MSUE) simule la disponibilité de l'eau pour les cultures.

Les résultats donnent à penser qu'il pourrait y avoir d'autres transferts d'eau destinés à répondre à la demande accrue en eau sans que cela se traduise par des effets dévastateurs sur la production et le commerce alimentaires aux États-Unis. Même si les répercussions locales sur les emplois agricoles et dans les secteurs connexes pouvaient se faire sentir en cas d'intensification rapide de la concurrence pour des ressources hydriques déjà rares, les effets les plus marqués seraient concentrés dans les bassins où se sont produites des baisses de production. C'est là qu'il faudrait intervenir pour dédommager les agriculteurs ayant subi les contrecoups des modifications environnementales. Cependant, les investissements dans le développement de meilleurs systèmes d'irrigation pourront atténuer ces répercussions négatives, même si l'eau est réaffectée en raison d'impératifs écologiques. La réforme des politiques — par exemple, l'adoption d'une politique tarifaire plus ambitieuse dans le secteur de l'eau — pourrait encourager l'investissement dans l'amélioration de ces systèmes, ce qui favoriserait la conservation et imposerait des restrictions aux municipalités et à l'industrie qui, selon nos scénarios, sont les plus gros consommateurs d'eau.

xiv

Cette mesure revêt plus d'importance quand on constate que, même en l'absence de tout changement, on va manquer d'eau pour l'irrigation dans certains des bassins arides de l'ouest des États-Unis ainsi que dans le Midwest, où l'on fait une utilisation intensive de l'eau à des fins d'irrigation. Manifestement, il devient important de faire une utilisation efficace de l'eau dans toutes les régions, en raison des contraintes environnementales et de l'augmentation rapide de la demande d'eau par les municipalités et l'industrie. Il faudra gérer intelligemment les ressources hydriques des États-Unis, non seulement pour respecter les objectifs environnementaux et répondre aux besoins des villes, du secteur agricole et d'autres utilisateurs, mais aussi pour permettre aux pays en développement d'acquérir des céréales ou des grains à des prix abordables, sur des marchés alimentaires régionaux et mondiaux de plus en plus intégrés.

Pour toutes ces raisons, étant donné la pression grandissante exercée sur les ressources hydriques, il faut mettre en place des mécanismes d'établissement du prix de l'eau qui encourageront les intervenants à conserver l'eau et à investir dans le développement et l'adoption d'un plus grand nombre de techniques efficaces d'utilisation de l'eau.

## Leçons à retenir pour les travaux à venir

Aucune méthode d'examen de l'état futur de l'environnement ne brosse un tableau parfait de ce que sera demain. Chacune a ses propres forces et a connu des succès dignes de mention, et des échecs retentissants. Il faut en tirer des leçons.

La démarche qui a conduit de l'hypothèse scientifique sur l'appauvrissement de la couche d'ozone à la signature d'un accord international sur les mesures préventives a été une telle réussite qu'elle mérite d'être appliquée à d'autres enjeux environnementaux hautement prioritaires. Cette démarche comprenait les éléments suivants : élaboration de scénarios intelligents reposant sur une modélisation et des preuves scientifiques solides; ensemble réaliste de politiques tenant compte des coûts de transition liés à la réalisation des objectifs; existence de produits de remplacement efficaces pour les chlorofluorocarbures (CFC); communications efficaces visant à faire participer la communauté scientifique, l'industrie (les producteurs de CFC), les organismes gouvernementaux de réglementation, les utilisateurs, d'autres experts et le grand public. D'autres formules pourraient être appliquées aux secteurs forestier et agricole, au sein desquels, comme le montre l'analyse préliminaire du flux des matières dans le présent document, l'augmentation de la production résultant de l'augmentation de la demande a largement dépassé les gains en efficacité. Les progrès technologiques et l'amélioration de la productivité expliquent cette hausse de la production, dont les incidences environnementales défavorables pourraient s'aggraver progressivement. Par conséquent, l'élaboration de scénarios fondés sur des modèles scientifiques, des encouragements à investir en vue de rendre accessibles des produits de remplacement «plus propres», une intervention prévisible des autorités de réglementation, associée à de longs délais d'exécution et à des communications efficaces, constituent les éléments d'une démarche gagnante qui pourrait être appliquée à d'autres secteurs dans lesquels les préoccupations environnementales sont hautement prioritaires, par exemple les secteurs forestier et agricole.

Lorsque la technologie de l'information est née dans les années 1970 et 1980, de nombreux spécialistes, et pas seulement quelques économistes et environnementalistes, ont prédit des changements structurels qui devaient donner naissance à une nouvelle économie de l'information plus respectueuse de l'environnement, caractérisée par l'informatisation des bureaux, la diminution du volume de courrier et l'adoption de modes de communication électroniques en remplacement de moyens de transport consommant beaucoup d'énergie. La nouvelle économie est bel et bien là, mais la demande de papier continue d'augmenter rapidement, le volume de courrier augmente encore, une véritable industrie de la messagerie et de la livraison de colis dotée d'un vaste parc de camions et d'avions a vu le jour et, jusqu'au 11 septembre 2001, le nombre de

gens en déplacement n'avait jamais été aussi élevé. Pourquoi les experts ont-ils été si nombreux à se tromper? Nous pouvons peut-être apprendre de leurs erreurs. Le cas de la technologie de l'information et des communications doit être étudié de plus près. Nous devons déterminer s'il était possible de prévoir qu'elle ne réduirait pas la pression imposée à l'environnement, et quels enseignements pourraient s'appliquer aux nouvelles technologies.

## **Conclusion**

Au début de 2002, les travaux de la CCE sur les nouvelles tendances environnementales ont été combinés avec une étude en cours sur les répercussions de l'ALÉNA sur l'environnement et sur le commerce en général. L'objectif était d'améliorer les analyses environnementales portant sur l'intégration de l'économie nord-américaine, en privilégiant les incidences environnementales passées et futures de la libéralisation du commerce. L'évaluation du lien entre l'environnement et le commerce se fera par le biais de l'intégration des prévisions établies au cours de la mise en œuvre du projet de la CCE sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement, d'une part, et de l'analyse des répercussions de l'ALÉNA depuis son entrée en vigueur, d'autre part. Une attention particulière sera apportée aux analyses sectorielles qui exposent les points de vue décrits dans le présent document à l'égard des tendances dans les secteurs forestier, agricole et énergétique.

xvi

Ce nouveau programme permettra de déterminer dans quelle mesure l'intégration des marchés, stimulée par le commerce entre les pays signataires de l'ALÉNA et les investissements connexes, influera directement ou indirectement sur la qualité de l'environnement et les politiques environnementales. Des analyses environnementales approfondies permettent de définir plus facilement des politiques environnementales et économiques proactives visant à atténuer les incidences environnementales négatives de l'intégration des marchés, et à optimiser les effets positifs sur l'environnement.

# 1 Introduction

L'environnement est-il plus sain aujourd'hui que dans le passé, ou s'est-il détérioré? Avons-nous fait mieux que nos parents? Quelle que soit la réponse à ces questions, pourquoi les choses ont-elles changé? Pouvons-nous vraiment le savoir? Les tendances actuelles se maintiendront-elles? Quelle sera la qualité de l'air, de l'eau, des océans, des sols et de la biosphère pour nos enfants et nos petits-enfants? La biodiversité du continent nord-américain sera-t-elle plus riche ou plus pauvre? Notre climat va-t-il changer?

Le rapport propose des points de vue et des démarches qui devraient aider à trouver des réponses à ces questions. L'objectif visé est modeste, mais tout de même très important, compte tenu du grand nombre d'analyses et de données prospectives sur l'environnement et l'économie que les ministres de l'Environnement des pays signataires de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA) doivent consulter lorsqu'ils élaborent des politiques environnementales. Le problème ne réside pas dans l'absence de données, mais plutôt dans la nécessité d'organiser les données existantes pour qu'elles soient utiles et favorisent l'adoption de politiques proactives reflétant la non-linéarité de certains aspects des changements environnementaux.

Le rapport présente donc diverses façons de répondre à de telles questions et illustre l'application des méthodes proposées au Canada, au Mexique et aux États-Unis, qui sont les trois pays signataires de l'ALÉNA. Il propose essentiellement deux façons de procéder :

- l'analyse d'un grand nombre de données, de manière à mieux comprendre les tendances environnementales actuelles et antérieures, ainsi que les facteurs sous-jacents, et à les communiquer plus facilement;
- le recours à des techniques de diagnostic et de prévision des problèmes environnementaux.

L'examen repose sur le cadre conceptuel et les résultats que la Commission de coopération environnementale (CCE) a élaborés, qui portent sur les facteurs du changement environnemental et les tendances environnementales qui en résultent.

### **1.1 Facteurs du changement environnemental**

Le Groupe consultatif de la CCE sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement (le «Groupe consultatif de la CCE») a établi quatre facteurs fondamentaux du changement environnemental :

- la croissance démographique et l'urbanisation,
- la croissance économique,
- les facteurs qui lient la croissance économique et les dommages environnementaux ou qui les dissocient,
- les choix technologiques dans des domaines comme les transports, l'énergie et l'informatique.

2

Ces facteurs n'interviennent pas seuls; ils peuvent être étroitement liés et leur interaction peut être extrêmement complexe, comme nous le verrons plus loin. L'utilité des diverses techniques d'examen des tendances antérieures, actuelles et futures (décrites ci-après) dépend de leur capacité à mettre en lumière les effets de ces facteurs.

#### **1.1.1 Croissance démographique et urbanisation**

La croissance démographique et l'urbanisation accentuent manifestement la pression sur l'environnement. De toute évidence, la pression démographique et l'expansion urbaine ne sont pas des facteurs isolés, et leurs liens sont loin d'être linéaires ou unidimensionnels. Nous avons beaucoup à apprendre sur les différentes façons dont ces facteurs entraînent des changements en regard d'un large éventail de variables environnementales.

L'Amérique du Nord compte environ 405 millions de personnes, soit quelque 7% de la population mondiale, et ce chiffre devrait augmenter de près de 30% pour atteindre 515 millions à l'horizon 2025. Cette hausse touchera surtout les zones urbaines côtières. Pendant cette période, la proportion de Nord-Américains vivant

dans les zones urbaines devrait augmenter de 75 % à 85 %. Presque toutes les sections du présent rapport traitent des incidences environnementales directes ou indirectes de la croissance démographique et de l'urbanisation. La section 8 examine en profondeur un effet particulier de l'urbanisation, soit l'éventualité et les coûts probables d'une compétition accrue pour l'eau entre les régions urbaines et rurales, ainsi que les moyens d'atténuer les répercussions négatives de cette compétition.

### **1.1.2 Croissance économique**

Entre 1994 et 2000, les échanges commerciaux entre le Canada, le Mexique et les États-Unis sont passés de 347 milliards de dollars américains à plus de 700 milliards. En 2000, ces pays ont produit pour plus de 11 billions de dollars américains en produits et services. La croissance économique et démographique entraîne une augmentation de la production et de la consommation qui, à son tour, se traduit par un accroissement de la pollution, une utilisation des sols plus intensive et une pression accrue sur les ressources environnementales. Même si les nombreux échecs des marchés et des prix — des échecs que la libéralisation des échanges et les programmes d'aménagement structurel devraient réparer — sont maintenant largement considérés comme des causes sous-jacentes importantes de la dégradation de l'environnement, la plupart des politiques économiques ne tiennent pas compte des facteurs environnementaux.

Cependant, comme le montre la prochaine section, la dégradation de l'environnement n'augmente pas à la même cadence que la croissance économique ou démographique. Un grand nombre de variables interviennent ainsi que des changements structurels et techniques nombreux et diversifiés, susceptibles d'aggraver ou de diminuer les dommages. Presque toutes les sections du présent rapport, notamment les sections 2, 3, 4, 6, 7 et 8, mettent en évidence divers facteurs dont il faut tenir compte pour comprendre certains aspects des incidences — directes et indirectes — sur l'environnement d'hier, d'aujourd'hui et de demain.

### **1.1.3 Facteurs de dissociation**

Les facteurs de dissociation atténuent ou suppriment l'incidence négative de la croissance économique sur l'environnement. Ils peuvent produire les effets suivants :

- changements et mesures économiques qui atténuent les effets négatifs sur l'environnement de la croissance économique, comme les incitations et les règlements environnementaux qui encouragent l'utilisation d'équipement antipollution, une rentabilité accrue permettant l'achat de cet équipement ou une meilleure productivité qui accroît les extrants sans augmenter les intrants;

- déplacement de la structure sous-jacente de l'économie, des activités ayant un effet significatif sur l'environnement, comme l'extraction des ressources naturelles et la première transformation, vers des services ayant moins d'impact ou des produits informationnels;
- améliorations technologiques pouvant conduire à une meilleure utilisation des ressources.

Il est maintenant évident qu'il existe une certaine dissociation de la croissance économique et de la dégradation de l'environnement. Toutefois, les échanges économiques et commerciaux entre les pays membres de l'ALÉNA se sont intensifiés si rapidement que les augmentations d'échelle ont eu tendance à l'emporter sur les gains d'efficacité qui découlent des facteurs de dissociation. Cette question est examinée aux sections 3 et 4 (dans le contexte d'une analyse des incidences environnementales du flux des matières dans les secteurs forestier et agricole), à la section 6 (dans un examen des méthodes de prédiction des conditions futures de l'environnement) et à la section 7 (effets de la compétition pour l'eau entre les zones urbaines et rurales).

#### **1.1.4 Choix des techniques**

4

Les techniques «écologiques», définies comme des techniques qui maintiennent ou diminuent l'utilisation des ressources et les émissions de polluants, peuvent contribuer à la dissociation de la croissance économique et de la dégradation de l'environnement. D'autres techniques peuvent intensifier les effets néfastes sur l'environnement. On ne sait pas toujours avec certitude si, en toute objectivité, une technologie contribue à une meilleure utilisation des ressources ou à la diminution des émissions. Les sections 2, 6 et 8 se penchent plus attentivement sur la dissociation et les prévisions selon lesquelles la technologie de l'information et des communications constituerait un facteur de dissociation. Par ailleurs, concernant la modélisation de la compétition pour l'eau entre les zones urbaines et rurales, la section 7 examine les avantages environnementaux probables d'une meilleure efficacité des systèmes d'irrigation. Les sections 3 et 4, qui font un tour d'horizon du flux des matières dans les secteurs forestier et agricole, examinent l'incidence d'une meilleure utilisation des ressources au sein de ces secteurs.

## **1.2 Tendances environnementales liées à l'utilisation des sols et à la qualité de l'air**

On peut définir une tendance comme «une représentation littérale ou numérique d'une série de caractéristiques pouvant être estimées au fil du temps et qui fournissent une indication de l'orientation générale du changement. Une tendance peut prendre la forme de l'analyse subjective d'une situation, d'un objectif ou d'une mesure numérique. Elle peut s'amplifier, s'atténuer ou se maintenir»<sup>8</sup>. L'analyse des tendances peut se révéler très utile pour les décideurs et pour toute personne qui souhaite comprendre ce qui s'est passé et ce qui se passe maintenant. Son utilité est souvent moindre quand il s'agit de prédire ce qui se produira dans l'avenir, dimension importante pour une politique environnementale visant la prise de mesures préventives pour éviter l'aggravation et la généralisation des problèmes environnementaux.

Le Groupe consultatif de la CCE a ciblé trois grandes tendances environnementales en Amérique du Nord : les changements d'utilisation des sols, l'affaiblissement des écosystèmes marins et la pollution de l'air, qui s'ajoutent aux préoccupations environnementales actuelles comme le changement climatique et l'appauvrissement des stocks de poisson. Le rapport sur l'état de l'environnement que la CCE a publié en janvier 2002 traite abondamment de ces tendances. Celles qui sont associées à l'utilisation des sols y occupent une grande place, mais la pollution de l'air y est aussi abordée.

5

### **1.2.1 Changements d'utilisation des sols**

Les facteurs de changement environnemental ont presque tous une incidence sur l'utilisation des sols, incidence dont l'ampleur et la complexité varient en fonction de la région géographique visée, du problème environnemental, et ainsi de suite. Ces liens de cause à effet complexes et entremêlés ne sont pas toujours bien compris.

Quelle que soit la combinaison des causes, il est reconnu que les effets des changements d'utilisation des sols peuvent se répercuter sur l'environnement dans le monde entier. Par exemple, les tendances mondiales à l'égard de l'utilisation des sols peuvent influencer sur la production des gaz à effet de serre, dont l'accumulation dans l'atmosphère risque de provoquer un changement climatique planétaire. Selon les estimations, dont la fiabilité n'est pas assurée, les changements d'utilisation des sols, surtout le déboisement, ont entraîné une augmentation allant jusqu'à 35% des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au cours des 100 dernières années, en plus d'avoir provoqué une perte d'habitat naturel et de biodiversité. La section 3 se penche sur un certain nombre de ces problèmes en regard du flux des matières dans le secteur forestier nord-américain, en forte croissance.

L'agriculture est un autre secteur qui fait une utilisation intensive des sols et est susceptible d'avoir de graves répercussions sur l'environnement. L'augmentation soutenue de la production agricole a peut-être réduit à néant bon nombre des gains d'efficacité dans l'utilisation des ressources, et elle exerce une pression accrue sur l'environnement de diverses façons, notamment comme source de gaz à effet de serre et de polluants et comme facteur d'appauvrissement des ressources en eau douce. La section 4 examine le flux des matières dans le secteur agricole de la région visée par l'ALÉNA, en vue de clarifier les facteurs qui influent sur l'effet que le secteur produit sur l'environnement. La section 7 aborde l'enjeu de l'eau par le biais d'une modélisation des conséquences de la compétition future pour l'eau entre les utilisateurs urbains et ruraux.

### **1.2.2 Pollution de l'air**

La croissance démographique, l'urbanisation, la croissance économique, les facteurs de dissociation et les choix de techniques peuvent tous avoir une incidence sur les niveaux de pollution de l'air. Le présent document ne reprend pas l'étude en profondeur de la qualité de l'air en Amérique du Nord présentée dans le rapport intitulé *La mosaïque nord-américaine*, que la CCE a publié en 2002. Il se consacre plutôt, à la section 8, à examiner comment les travaux à venir pourront permettre de prédire l'apparition d'un problème environnemental, dans le cas présent, l'appauvrissement de la couche d'ozone, et mobiliser l'opinion internationale autour d'une action préventive.

### **1.3 Éléments clés du rapport**

Nous pouvons dégager au moins deux conclusions de cet examen des tendances environnementales et des facteurs de changement environnemental.

La première conclusion, c'est qu'il existe des relations de cause à effet multidimensionnelles entre les facteurs et les tendances. Les facteurs de changement environnemental peuvent être cernés, mais la tâche est infiniment plus complexe quand vient le temps de cibler les facteurs en présence, leurs répercussions et leurs interactions, d'évaluer leurs effets par rapport à d'autres facteurs, de déterminer les variables de l'environnement qui accroissent ou amoindrissent leur influence, et ainsi de suite. De fait, comme le changement environnemental peut se répercuter sur l'économie, on peut logiquement parler de «facteurs environnementaux». Le Groupe consultatif de la CCE s'est penché sur deux méthodes d'examen des tendances actuelles et antérieures et les facteurs qui les soutiennent : l'analyse du flux des matières et l'analyse de l'empreinte écologique. Les quatre prochaines sections décrivent ces méthodes et traitent de leur application en Amérique du Nord.

- La **section 2** se penche sur l'analyse du flux des matières, méthode qui examine le flux des matières entre les pays et ses répercussions sur l'environnement.
- La **section 3** présente une analyse préliminaire du flux des matières dans le secteur forestier du Canada, du Mexique et des États-Unis.
- La **section 4** expose une analyse préliminaire du flux des matières dans le secteur agricole du Canada, du Mexique et des États-Unis.
- La **section 5** examine la méthode de l'empreinte écologique, qui quantifie les effets sur l'environnement.

La seconde conclusion, c'est que les tendances environnementales, qui aident les décideurs, les chercheurs et d'autres personnes à comprendre ce qui s'est passé et ce qui se passe maintenant dans l'environnement, sont moins utiles quand il s'agit de comprendre ce qui arrivera dans l'avenir. Les tendances actuelles et antérieures doivent fournir de l'information, et même servir de fondement à une démarche axée sur la compréhension de l'avenir. Cependant, elles ne peuvent à elles seules dessiner cet avenir, sauf si on souscrit à l'hypothèse improbable que les tendances actuelles et antérieures se poursuivront sans interruption ni changement dans un avenir indéterminé. De fait, un éventail de méthodes, de techniques et de démarches ont été élaborées en vue de mieux comprendre un avenir où de nouveaux facteurs pourraient intervenir et des tendances, disparaître ou prendre des tournures surprenantes. La dernière partie du rapport examine certaines techniques prometteuses pour scruter l'avenir de l'environnement.

- La **section 6** présente un tour d'horizon rapide de certaines méthodes de prédiction des conditions environnementales futures.
- La **section 7** combine deux modèles perfectionnés, le modèle d'économie commerciale et le modèle de simulation des ressources en eau, pour établir des scénarios décrivant la compétition future pour l'eau entre les zones urbaines et rurales.
- La **section 8** dégage des leçons de la réussite des initiatives visant à prévoir et surveiller l'effet des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, et des échecs dans la prévision de certains des effets les plus marqués de la technologie de l'information et des communications sur l'environnement.

## 2 Analyse du flux des matières

L'analyse du flux des matières<sup>9</sup> est un outil qui, à partir d'une grande quantité de données, permet l'observation du flux physique des matières dans l'économie. Elle est particulièrement utile pour documenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et établir des liens entre cette utilisation et les répercussions probables sur l'environnement et la santé. La présente section met en évidence les principales forces et faiblesses de l'analyse du flux des matières et explique pourquoi son application aux secteurs forestier et agricole peut faire ressortir les principaux aspects de l'interaction entre l'environnement et l'économie.

9

### 2.1 Les forces et les faiblesses

L'analyse du flux des matières est une méthode permettant de documenter, d'interpréter et de quantifier (en tonnes de matières) le flux physique, dans l'économie, des matières prises en tant que facteurs de production dans divers secteurs et sous-secteurs industriels. Ce type d'analyse permet d'observer l'efficacité des ressources et d'examiner les répercussions probables, sur l'environnement et la santé, de l'utilisation qui est faite de ces matières.

9 La présente section et la suivante sont inspirées de Matthews et Ottke, 2001.

Le suivi du flux des matières est de deux ordres :

- le flux « visible » des produits de base et des produits finis dans le marché, qui permet donc, jusqu'à un certain point, d'exercer un suivi par le biais des comptes monétaires;
- le flux « invisible » des matières associées à la fabrication de produits de base aux fins de l'utilisation économique, mais qui n'entrent pas dans l'économie (p. ex., les déchets de coupe, les résidus de culture ou l'érosion des sols dans les champs cultivés).

Inutile de dire que le flux invisible est très difficile à documenter. Les comptes monétaires n'en font habituellement pas mention (ou l'excluent totalement), même si ses répercussions sur l'environnement sont grandes. Il serait souhaitable de recenser systématiquement cette dimension physique de l'activité économique, ce que l'analyse du flux des matières cherche à faire.

10 La méthode présente toutefois des lacunes qui sont principalement attribuables à notre manque d'expérience dans la collecte et l'analyse de données, un problème qui devrait se corriger avec le temps. Par exemple, la méthode exige énormément de données et la compilation de la base de données sur le flux des matières est parfois laborieuse. Tous les éléments entrant dans le flux des matières sont convertis dans une même unité : une tonne de déchets toxiques a la même valeur qu'une tonne de sol érodé. Aucune formule ne permet d'estimer les répercussions environnementales prévues découlant du flux ou de l'utilisation d'une tonne de matières. Ce type d'analyse a tendance à ne pas tenir compte des interactions importantes entre les secteurs économiques connexes, comme les secteurs forestier et agricole. Elle ne tient pas compte des enjeux liés à l'eau. Enfin, le regroupement des données risque de faire perdre des renseignements importants.

Bon nombre de ces faiblesses devraient disparaître lorsque nous connaîtrons mieux la méthode et que nous pourrons la peaufiner. L'analyse du flux des matières promet d'être une méthode quantitative utile pour examiner les recoupements entre l'environnement et l'économie. Déjà, elle se révèle utile pour cerner les substances ayant maintenant une portée environnementale en raison, peut-être, de leur toxicité ou d'une autre caractéristique. Cette méthode peut aussi contribuer à structurer des indicateurs environnementaux et économiques complexe, ainsi qu'un large éventail d'autres données, de manière qu'ils soient accessibles à la population autant qu'aux experts. En se fondant sur les tendances dans le flux des matières, il est aussi possible d'élaborer des scénarios sur le flux des matières, les émissions et l'efficacité pour les 10 à 20 prochaines années, parallèlement aux projections macroéconomiques et sectorielles. Par exemple, la méthode pourrait permettre l'examen du flux des fibres

ligneuses en fonction de différentes hypothèses sur les taux de croissance économique, les techniques employées et/ou les taux de recyclage. Une telle démarche doit aussi permettre de comparer l'apport des différents produits chimiques à une meilleure efficacité des intrants (moins de ressources utilisées par unité d'extrait économique), à une meilleure efficacité des extrants (moins d'émissions dans l'environnement par unité d'extrait économique) ou à une toxicité plus faible par unité d'extrait économique. L'analyse du flux des matières pourrait vraisemblablement servir, de concert avec la modélisation, l'élaboration de scénarios et la mise au point de certaines autres techniques décrites dans les sections 6, 7 et 8, à l'examen des conditions environnementales futures.

## 2.2 Foresterie, agriculture et environnement

Il existe déjà une base de données sur le flux des matières dans les secteurs forestier et agricole des États-Unis. Constituée par le *World Resources Institute* (WRI, Institut des ressources mondiales), cette base de données couvre environ 95% du flux des matières dans ces secteurs entre 1975 et 1996. Grâce, notamment, à la richesse des sources de données, la CCE a préparé, en collaboration avec le Canada et le Mexique, une analyse préliminaire du flux de matières sélectionnées pour cette période dans les secteurs forestier et agricole de ces deux pays. Mais ce n'était pas le seul but de l'analyse. La foresterie et l'agriculture sont des secteurs économiques importants dans les trois pays, et leurs incidences environnementales sont très visibles en raison de leur utilisation intensive des sols.

De fait, les sols forestiers et les sols agricoles occupent 67% de la masse continentale (voir la figure 1). Les forêts ou terrains boisés couvrent environ 37% de la superficie; les pâturages ou parcours, 17%; les cultures, 13%. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les forêts couvrent le quart des sols au Canada, au Mexique et aux États-Unis et représentent environ 16% des forêts de la planète<sup>10</sup>.

Les forêts sont loin d'être réparties également dans ces pays. La couverture des sols varie énormément : le Canada possède 54% (418 millions d'hectares) des forêts et des terrains boisés, les États-Unis, 39% (298 millions d'hectares) et le Mexique, 7% (57 millions d'hectares).

L'importance des sols cultivés varie également dans les trois pays. Au Mexique, 12,7% des sols servent aux cultures et 14,2%, aux pâturages<sup>11</sup>. Aux États-Unis, environ un cinquième des sols est réservé aux cultures<sup>12</sup>. Par contre, au Canada, seulement 7% du vaste territoire du pays est classé comme terres agricoles, même si les trois quarts du territoire sont constitués de sols potentiellement arables<sup>13</sup>. De fait, 88% des terres agricoles nord-américaines sont situées au sud de la frontière canadienne.

10 FAO, 1999.

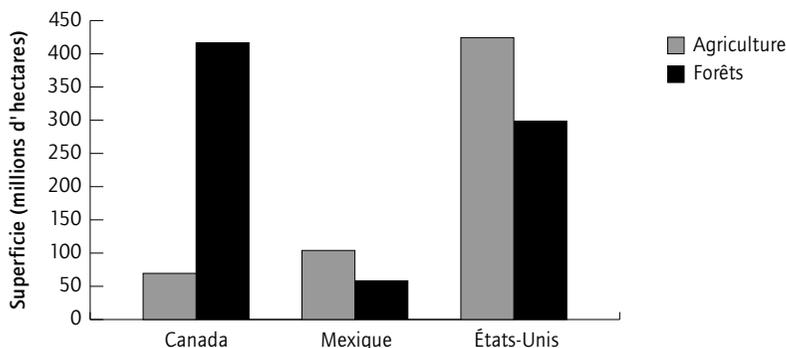
11 INEGI/Semarnap, 1998.

12 USDA, 1992.

13 Environnement Canada, 1996.

Comme nous le verrons ci-dessous, l'importance des sols consacrés à la foresterie et à l'agriculture dans les trois pays a de profondes répercussions sur le volume et la direction du flux des matières dans les secteurs forestier et agricole des trois pays.

**Figure 1. Sols forestiers et sols agricoles (cultures et pâturages) dans chaque pays**



Sources : Zones de sols et zones de forêts totales : RNCAN, 1998. Sols cultivés et pâturages : OCDE, 1995b; INEGI/Semarnap, 1998. Sols cultivés : INEGI, 1995a. Pâturages : FAO, 1997. Surfaces cultivables et parcours : CEQ, 1996.

### 2.3 Résumé

Comme nous le verrons dans les deux prochaines sections, l'analyse du flux des matières fournit un point de vue unique sur l'utilisation des matières dans les secteurs forestier et agricole, ainsi que sur leurs incidences environnementales pour les 25 prochaines années. Cependant, en raison de la qualité des données disponibles et des problèmes conceptuels associés à l'analyse du flux des matières telle qu'elle existe maintenant, il faut y recourir avec prudence dans l'élaboration des politiques. Par exemple, même si de nombreux aspects des deux secteurs ont été examinés, il est impossible dans l'état actuel des choses d'intégrer de l'information sur l'utilisation de l'énergie et des pesticides, qui ont tous deux des incidences environnementales marquées. Malgré ces faiblesses, les résultats préliminaires présentés dans les deux prochaines sections révèlent des modes d'utilisation des matières que ne montrent pas toujours les données monétaires, ce qui prouve que la méthode est prometteuse.

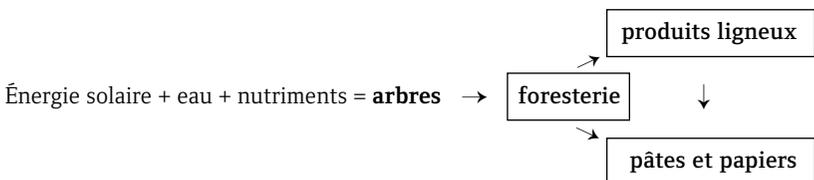
### 3 Flux des matières dans le secteur forestier

L'application de l'analyse du flux des matières au secteur forestier peut mettre en lumière à la fois l'efficacité de ce secteur et son degré de durabilité. Mais, avant tout, nous devons définir ce que couvre notre analyse, ce que nous entendons par « matières » et les sous-secteurs dans lesquels circulent ces matières. Nous pourrions alors examiner de façon constructive le volume et la nature de ce flux, ainsi que leurs incidences environnementales. Enfin, nous étudierons ces flux et leurs répercussions dans le contexte de l'ALÉNA et à la lumière des tendances récentes touchant le commerce des produits forestiers.

13

#### 3.1 Définition du flux des matières et des sous-secteurs forestiers

À un niveau très général, le flux des matières dans le secteur forestier se caractérise comme suit :



En d'autres termes, le cycle naturel ou matériel commence lorsque l'énergie solaire, l'eau et les nutriments sont métabolisés par les arbres en tissu ligneux. Seuls les trois éléments présents dans le bois (carbone, azote et phosphore) dans des concentrations raisonnablement constantes ont été présentés comme des matières dans l'analyse préliminaire qu'a faite la CCE des flux de matières, et ils ne feront pas l'objet d'une analyse dans le présent document.

Toutes ces matières représentent néanmoins un intrant pour l'industrie forestière. Malheureusement, on manque de données à l'échelle nationale pour pouvoir analyser les intrants d'origine anthropique comme l'énergie fossile, les nutriments et les pesticides. Les extrants produits par l'industrie forestière prennent la forme du bois de chauffage et du charbon de bois, ainsi que du bois rond industriel (bois dur ou bois tendre). Les flux de déchets de l'industrie forestière comprennent les débris ligneux (rémanents) et les éléments qui les constituent, même si les rémanents sont de plus en plus souvent commercialisés sous forme de paillis.

Le bois rond industriel produit par l'industrie forestière devient un intrant pour l'industrie des produits ligneux. Cette industrie transforme le bois rond en divers produits, à savoir le bois d'œuvre, le contreplaqué, le bois de placage et les panneaux dérivés du bois. Elle utilise également comme intrants :

- les fibres récupérées des débris et déchets ligneux, par exemple les déchets de démolition;
- les produits chimiques, comme les produits de préservation et les adhésifs;
- l'énergie fossile, qui n'est pas visée par la présente analyse.

Les flux de déchets de l'industrie des produits ligneux comprennent des émissions de polluants dans l'atmosphère et dans l'eau, issues des activités de transformation et de la combustion des combustibles, ainsi que le bois éliminé une fois qu'il a été utilisé. Durant la période d'analyse, nous n'avons pu documenter que quelques-uns de ces flux.

Dans l'industrie des pâtes et papiers, le bois rond produit par l'industrie forestière, les débris produits par l'industrie des produits ligneux et les déchets de papier recyclés représentent tous des intrants fibreux, au même titre que d'autres fibres provenant de matières non ligneuses. Parmi les autres intrants, on compte les combustibles fossiles, les biocombustibles (dérivés des sous-produits de l'industrie des pâtes et papiers) et les produits chimiques utilisés pour effectuer la conversion du bois massif en fibre ligneuse et pour stabiliser et blanchir le papier. L'industrie produit les extrants suivants : pâte de bois, pâte provenant d'autres fibres, papier et carton. Les flux de déchets comprennent les émissions provenant de la transformation et de la combustion des combustibles, ainsi que les produits du papier et du carton éliminés après leur utilisation.

Il faut bien comprendre qu'il s'agit d'un sous-secteur qui dépend largement de l'étranger, et que les importations peuvent compléter les intrants matériels à toutes les étapes de la production. Certaines opérations forestières nécessitent parfois l'utilisation d'engrais et de pesticides importés. Dans les trois pays, les membres de l'industrie des produits ligneux importent des billes, du bois d'œuvre et des panneaux, ainsi que des produits finis. L'industrie des pâtes et papiers importe de la pâte et du papier recyclé, ainsi que des produits du papier et du carton. Parallèlement, une partie des extrants des trois sous-secteurs est exportée.

Il arrive aussi que les déchets qui prennent la forme d'émissions dans l'air ou dans l'eau soient « exportés » lorsqu'ils sont transportés naturellement au-delà des frontières nationales. Cette catégorie constitue l'un des aspects les plus intéressants de l'analyse du flux des matières, mais nécessite des recherches de base qui dépassent la portée de la présente étude.

### **3.2 Analyse du flux des matières dans le secteur forestier**

L'analyse du flux des matières dans le secteur forestier vise ses trois principaux sous-secteurs : industrie forestière, industrie des produits ligneux, industrie des pâtes et papiers. Nous examinerons ci-après les principales caractéristiques du flux des matières dans ces trois sous-secteurs, pour les trois pays.

#### **3.2.1 Industrie forestière**

Pour examiner le flux des matières dans l'industrie forestière, nous mettrons l'accent sur les aspects pouvant avoir d'importantes répercussions sur l'environnement, à savoir :

- le volume et la nature de la récolte de bois rond,
- les résidus de coupe,
- l'importance du bois de chauffage pour cette industrie.

Il convient de souligner que les auteurs n'ont pas effectué de recherches pour trouver des données canadiennes sur les deux premiers éléments.

*Récolte de bois rond* – On observe d'énormes différences entre les récoltes de bois rond du Mexique et des États-Unis, et ces différences semblent avoir des incidences environnementales.

Au Mexique, la récolte de bois rond, qui totalisait 1,26 t/ha de forêt en 1975, est passée à 2,1 t/ha en 1998. Cette augmentation est imputable soit à l'adoption de techniques de plantation plus productives, soit à une intensification de l'abattage dans les peuplements mûrs, où les arbres sont plus gros.

Cette augmentation de la productivité par hectare pourrait avoir de graves répercussions sur la biodiversité, en raison de la disparition de l'habitat que représentent les forêts naturelles.

Aux États-Unis, en 1996, la récolte de bois rond représentait en moyenne 1,6 t/ha de forêt exploitable. Ce chiffre relativement peu élevé témoigne du fait que les gros arbres arrivés à maturité ont déjà été abattus ou placés sous protection et remplacés par de jeunes arbres dans des peuplements aménagés. La taille moyenne des arbres récoltés (qui se mesure d'après le diamètre à hauteur de poitrine) a diminué de plus de 20% entre 1975 et 1991<sup>14</sup>.

*Résidus de coupe* – Il est également instructif de comparer les résidus de coupe se trouvant dans les forêts mexicaines et américaines.

Au Mexique, les résidus de coupe représentaient 40% de la récolte totale de bois rond (en poids) en 1975, et 44% en 1998.

Aux États-Unis, l'évolution a été exactement inverse. En 1975, les résidus de coupe représentaient 48% de la récolte totale de bois rond, mais seulement 23% en 1996. Contrairement à l'industrie mexicaine, l'industrie forestière américaine semble récolter une partie plus importante de chaque arbre. Les «résidus» sont commercialisés sous forme de paillis, servent d'intrants pour la transformation du bois et de la pâte et, à plus petite échelle, sont utilisés comme combustibles dans les centrales alimentées à la biomasse. Cependant, même si la productivité des terrains forestiers américains a augmenté, les nutriments présents dans les résidus ont été extraits de l'écosystème forestier. Cela signifie qu'en l'absence de sources complémentaires d'engrais, on pourrait avoir à extraire les nutriments du sol dans certaines forêts de production.

16

*Bois de chauffage* – Parce que la combustion du bois peut être extrêmement polluante, la quantité de bois de chauffage consommée par un pays peut avoir d'importantes répercussions sur l'environnement et la santé humaine.

Le bois et le charbon de bois demeurent des combustibles populaires au Mexique, en particulier au sein des populations pauvres des régions rurales. En 1998, la récolte de bois de chauffage a totalisé 12,3 millions de tonnes, soit 58% de la récolte totale de bois rond (pourcentage identique au chiffre de 1975). De fait, malgré la croissance économique et le développement social que connaît le Mexique depuis 25 ans, la consommation de bois de chauffage y a augmenté de 20%. Le fait qu'elle demeure si élevée peut avoir des effets sur le déboisement et sur la santé humaine.

Au Canada, le bois représente environ 4% de l'approvisionnement énergétique national<sup>15</sup>. En 1996, la récolte de bois de chauffage a totalisé 3,3 millions de tonnes, soit environ 3% de la récolte totale de bois rond. Cela représentait une augmentation importante par rapport à la récolte de bois de chauffage de 1975,

14 Matthews et coll., 2000.

15 FAO, 1997b.

qui avait totalisé seulement 2,2 millions de tonnes, mais représentait quand même un pourcentage relativement plus élevé de la récolte totale de bois rond.

Aux États-Unis, le bois représente 3 % de l'approvisionnement énergétique national<sup>16</sup> – ce qui est la moyenne des pays industrialisés. Par contre, la récolte de bois de chauffage, qui totalise près de 50 millions de tonnes, représente environ 18 % de la récolte totale de bois rond. Contrairement au Canada, où la proportion du bois de chauffage par rapport à la récolte totale de bois rond est demeurée à peu près la même depuis 1975, aux États-Unis, le bois de chauffage ne représentait que 6 % de la récolte totale de bois rond en 1975, soit environ un tiers de la proportion actuelle. Par ailleurs, les statistiques américaines sont inhabituelles, puisque près de 60 % du bois utilisé comme combustible est récolté directement dans les forêts<sup>17</sup>.

Dans d'autres pays industrialisés, la majeure partie de l'énergie produite par le bois est dérivée de la combustion de la liqueur noire et d'autres résidus de l'industrie du bois. La combustion du bois peut être extrêmement polluante, mais il faudra effectuer une analyse plus approfondie pour déterminer la proportion de bois utilisée dans les centrales électriques dotées d'équipement antipollution, par rapport aux maisons privées, qui ne possèdent pas un tel équipement.

### 3.2.2 Industrie des produits ligneux

Pour examiner le flux des matières dans le sous-secteur des produits ligneux, nous accorderons une attention particulière aux éléments suivants :

- la nature et la multiplication des extrants,
- les gains en efficacité que procure l'utilisation des intrants,
- la contamination chimique provoquée par les produits ligneux rejetés.

Comme on le verra ci-après, ces éléments ont d'importantes incidences environnementales.

*Augmentation mesurable de la production* – La production totale de produits ligneux industriels dans les trois pays a fortement augmenté depuis 1975 – de 60 % aux États-Unis, de 140 % au Canada et de 60 % au Mexique. Le tableau 1 détaille la production des principales catégories de bois rond<sup>18</sup>.

16 FAO, 1997b.

17 Nilsson et coll., 1999.

18 Les chiffres relatifs au Mexique ont été présentés de façon légèrement différente; c'est pourquoi les totaux partiels de chaque catégorie ne peuvent pas être comparés. Par contre, certaines similitudes paraissent très claires.

**Tableau 1. Production des principales catégories de bois rond industriel, 1996  
(milliers de tonnes, poids séché à l'air)**

	États-Unis	Canada	Mexique
Bois d'œuvre	49 310	31 355	
Contreplaqué et bois de placage	11 072	1 150	
Panneaux	17 209	3 799	
Autre	6 479	783	
Bois débité			2 034
Contreplaqué			189
Panneaux de fibre et de particules			271

Nota : Les chiffres relatifs au Mexique datent de 1998.

Les États-Unis dominent la production dans toutes les catégories de bois rond industriel. Entre 1975 et 1996, la production a connu une augmentation particulièrement marquée pour le bois de placage laminé, les panneaux de particules et les panneaux de fibres. La croissance la plus rapide a touché la production de panneaux à copeaux orientés, qui a été pratiquement multipliée par 50 par rapport à des chiffres initialement bas, de l'avis des spécialistes. La production de bois d'œuvre de faible valeur a aussi augmenté de 42 %.

Le profil du Canada ressemble à celui des États-Unis, puisque la production de produits ligneux transformés, comme les panneaux de particules et le bois de placage laminé, a augmenté. Cette augmentation a néanmoins été beaucoup moins rapide qu'aux États-Unis. En comparaison, la production canadienne de bois d'œuvre a augmenté de plus de 130 %, soit beaucoup plus vite qu'aux États-Unis.

Malgré la forte croissance qu'a connue le secteur de la transformation du bois, la production du Mexique demeure très limitée par rapport à celles des États-Unis et du Canada, comme l'illustre le tableau 1. La production de « bois débité » (catégorie utilisée uniquement au Mexique) a augmenté de plus de 60 %, tandis que celle de tous les types de panneaux et du contreplaqué a presque triplé. La production de feuilles de placage est passée de 2,5 millions de tonnes en 1975 à plus de 30 millions de tonnes en 1994, année correspondant aux données les plus récentes.

*Gains en efficacité générés par l'utilisation de fibre ligneuse* – Au Canada et aux États-Unis, l'utilisation de techniques de fabrication plus efficaces a fait augmenter régulièrement la quantité de produits commercialisables obtenus à partir d'une quantité constante de bois brut. Les chiffres relatifs au Mexique ne nous permettent pas de déterminer le ratio intrants/extrants.

Au Canada, les gains en efficacité ont été à peu près identiques, même si les chiffres ne sont pas tout à fait comparables. L'apport du bois rond à la production de bois d'œuvre, de contreplaqué et de bois de placage a augmenté de 106 % entre 1975 et 1996<sup>19</sup>. La production de bois d'œuvre, qui représente 96 % des extrants dans ces catégories, a augmenté de 134 % pendant la même période,

19 L'apport de bois rond dans la fabrication de ces produits n'est pas décrit en détail dans les données fournies au WRI.

tandis que la production de contreplaqué a légèrement baissé et que la production de bois d'œuvre de placage laminé a augmenté de 42 %.

Aux États-Unis, les gains en efficacité ont été impressionnants. L'apport de bois rond pour la production de bois d'œuvre a augmenté de 31 % entre 1975 et 1996, tandis que la production de bois d'œuvre augmentait de 43 % pendant la même période. La quantité de bois rond utilisée pour la production de panneaux a augmenté de 106 %, tandis que cette même production progressait de 267 %. À ces chiffres, qui témoignent d'un gain en efficacité considérable, s'est ajoutée l'utilisation croissante des résidus de production pour fabriquer d'autres produits ligneux comme les panneaux de particules et de fibres et les panneaux à copeaux orientés. La production de tous ces produits a considérablement augmenté, même si les volumes produits demeurent peu élevés par rapport au bois d'œuvre.

Les gains en efficacité et l'utilisation accrue de résidus ligneux limitent les pressions qu'impose au volume de récolte l'augmentation de la demande de produits ligneux. Au Canada et aux États-Unis, on a observé une certaine dissociation entre la croissance de la production et l'augmentation des ressources entrant dans la production. Pourtant, les intrants ont globalement augmenté de façon significative, et devraient augmenter encore à mesure que la demande continuera de croître.

*Contamination chimique résultant des produits ligneux éliminés* – Il faut noter qu'en Amérique du Nord, on observe une augmentation de la demande de produits ligneux imprégnés sous pression, dans lesquels on utilise, comme produit de préservation, du cuivre, du chrome et de l'arsenic. Aux États-Unis, ce mode d'utilisation de l'arsenic a été multiplié par 20, passant de 1 000 t en 1975 à 20 000 t en 1996. L'arsenic présent dans le bois imprégné sous pression représente aujourd'hui plus de 90 % de l'arsenic utilisé à l'échelle du pays. Il semble que l'arsenic soit relativement sans danger lorsqu'il se trouve dans des produits ligneux, mais certains spécialistes commencent à craindre que l'arsenic ne se déplace à la fin du cycle de vie du produit. Généralement, les produits ligneux mis au rebut sont brûlés, déposés dans des sites d'enfouissement ou coupés en copeaux afin d'être transformés en paillis. En Floride, on a détecté dans l'eau potable de l'arsenic provenant de paillis qui contenait du bois imprégné sous pression.

### **3.2.3 Industrie des pâtes et papiers**

La production de pâtes et de papiers constitue un sous-secteur forestier qui connaît une croissance rapide et dont la valeur a augmenté. Un grand nombre des incidences environnementales peuvent être attribuables aux fibres, aux produits chimiques et à l'apport énergétique dont ce secteur a besoin pour ses procédés de

production. La question importante qu'il faut se poser est la suivante : l'utilisation d'autres types d'intrants et la recherche de différents gains en efficacité peuvent-elles limiter l'impact de l'augmentation de la demande d'intrants par une industrie en pleine croissance ?

*Multiplication des extrants* – Les deux principaux produits du secteur des pâtes et papiers sont :

- la pâte, produit intermédiaire qui est soit transformé en papier, soit exporté,
- le papier et le carton.

Contrairement à ce qu'on observe pour d'autres produits ligneux industriels, l'augmentation de la demande de papier semble excéder celle du produit intérieur brut (PIB) dans les pays industrialisés. Les secteurs américain, canadien et mexicain des pâtes et papiers continuent à répondre à l'augmentation de la demande de ces produits.

Comme dans le cas des produits ligneux industriels, les États-Unis dominent largement la production de papier et de carton en Amérique du Nord. Par ailleurs, ce sous-secteur est le plus important du secteur forestier. Tout en consommant moins de 40% du bois industriel produit par l'industrie forestière, il représente (en valeur) près de 60% de l'ensemble des extrants du secteur forestier, et a généré 138 milliards de dollars américains en 1996.

On observe une évolution similaire au Canada. La production de papier représente, en poids, un tiers de l'ensemble des produits ligneux produits dans le pays et 62% en valeur. En 1995, les ventes de papier et de produits du papier à valeur ajoutée ont atteint à 35,4 milliards de dollars canadiens.

Bien que les chiffres relatifs au Mexique ne soient pas tout à fait comparables, il semble que l'évolution y soit similaire. La production de pâtes et de papiers représente 65% (en poids) de la production de billes de sciage, de billes de placage et de bois débité. Ce secteur a connu une expansion plus rapide que le secteur canadien ou américain : depuis 1975, la production de pâte de bois a augmenté de 32% et la production de papier, de plus de 200%. La forte augmentation de la production de papier témoigne du développement rapide de l'économie du Mexique, où la consommation de papier a été multipliée par quatre depuis 1975.

*Intrants* – Le présent document porte sur trois catégories principales d'intrants de l'industrie des pâtes et papiers :

- sources fibreuses (principalement le bois),
- produits chimiques et charges,
- énergie.

Il existe quatre types d'intrants fibreux :

- les copeaux de bois rond provenant de l'industrie forestière (fibre vierge),
- les résidus de fabrication provenant de l'industrie des produits ligneux,
- les fibres non ligneuses, comme la paille ou le chanvre, en très petites quantités,
- le papier recyclé.

Depuis 1995, on observe aux États-Unis et au Canada une tendance de plus en plus marquée à l'utilisation de papier recyclé dans la fabrication de pâte et de papier. Cette tendance a fait baisser la demande de fibres vierges et a limité la mise en décharge de vieux papiers dans les municipalités où les programmes de collecte sont efficaces. Le papier récupéré représente entre 2 % et 9 % des intrants fibreux utilisés par l'industrie au Canada, entre 11 % et 20 % aux États-Unis et entre 47 % et 54 % au Mexique.

Voici les intrants chimiques qu'a mis en évidence notre analyse du flux des matières :

- le kaolin, utilisé comme charge,
- la soude caustique servant à dissoudre la fibre ligneuse,
- le chlore servant à blanchir le papier.

21

Aucune donnée n'a été fournie sur l'utilisation de ces produits chimiques dans l'industrie mexicaine mais, au Canada et aux États-Unis, il semble que l'on utilise beaucoup moins tous ces produits par rapport au niveau de production. Au Canada, cette baisse d'utilisation a été radicale. Elle est probablement imputable à une réglementation de plus en plus stricte visant les rejets d'eaux usées et à diverses initiatives de l'industrie visant à réduire les rejets de déchets chimiques.

Les intrants énergétiques de l'industrie des pâtes et papiers sont difficiles à retracer en raison du manque de données comparables. Nous savons qu'en 1999, la consommation d'électricité par les industries canadienne (59,78 TWh) et américaine (142,26 TWh) représentait 12 % et 4 %, respectivement, de la consommation des deux pays<sup>20</sup>. Il s'agit de chiffres non négligeables.

Les chiffres relatifs aux tendances en matière de consommation d'énergie par l'industrie ne sont pas disponibles pour le Canada et le Mexique, mais nous savons que la consommation d'énergie de l'industrie américaine a augmenté entre 1975 et 1996. Parallèlement, les gains en efficacité ont permis à l'industrie de réduire ses besoins énergétiques par unité de production. Ils n'ont pas suffi à empêcher une augmentation non négligeable de la consommation d'énergie (en poids), qui est passée de 118 millions de tonnes en 1975 à 182 millions de tonnes en 1991 (année correspondant aux données les plus récentes).

20 AIE, 2001.

Durant cette période, des changements intéressants se sont produits dans la combinaison des énergies utilisées, ce qui a eu des répercussions sur le volume de production et sur la qualité des émissions connexes. Même si l'utilisation de combustibles fossiles comme intrants (principalement du charbon et du pétrole) a progressé de 18 %, l'utilisation de combustibles renouvelables (principalement la liqueur noire et des quantités moins importantes de combustible de déchet de bois et d'écorce) a augmenté de 72 %. Si l'on veut pondérer ces données, on peut dire que les sources d'énergie renouvelables étaient utilisées deux fois plus que les combustibles fossiles en 1975, et trois fois plus en 1991. Des données et des analyses plus détaillées permettraient de comparer le type d'émissions à cette évolution de la combinaison énergétique.

### **3.3 Les tendances commerciales et leurs incidences environnementales**

Dans le cadre de l'analyse de la circulation des matières, on peut considérer que les échanges commerciaux entre pays se traduisent par la circulation internationale des matières. Comme on le verra ci-après, cette circulation a des incidences environnementales considérables pour les trois pays signataires de l'ALÉNA.

22

#### **3.3.1 Tendances commerciales dans le contexte de l'ALÉNA**

Les pays signataires de l'ALÉNA effectuent la majorité des échanges commerciaux de produits ligneux dans le monde. La valeur de leurs exportations de bois débité et de pâte à papier représente la moitié des exportations mondiales. Par ailleurs, les trois pays effectuent le tiers des importations de bois débité de la planète et le cinquième des importations de papier et de pâte à papier. Selon Industrie Canada, le Canada est le premier exportateur mondial de produits ligneux (19 %). Les États-Unis occupent la deuxième place, avec 13 % des exportations mondiales de produits ligneux.

Le commerce des produits forestiers touche davantage le Canada et les États-Unis que le Mexique, parce que près de 90 % des terrains boisés du continent nord-américain se trouvent sur le territoire canadien ou américain. À eux deux, le Canada et les États-Unis produisent 40 % du bois d'œuvre industriel de la planète et plus du tiers de l'ensemble des produits ligneux transformés, dont près de la moitié de la pâte à papier produite à l'échelle mondiale.

Une grande partie des échanges de produits ligneux se fait entre les deux pays, qui sont déjà d'importants partenaires commerciaux dans le cadre de l'ALÉNA et qui imposent des droits peu élevés à leurs produits respectifs. Les échanges entre les deux pays continuent de progresser depuis la signature de l'Accord. Entre 1993 et 1995, les exportations de bois américain vers le Canada ont augmenté de près de 40 %, tandis que les exportations canadiennes vers

les États-Unis passaient de 15 % à 26%. On a observé une croissance particulièrement forte pour les produits ligneux transformés au Canada en vue d'être réexportés vers les États-Unis ou d'autres pays. Durant la même période, les exportations canadiennes de produits ligneux vers les États-Unis ont augmenté de 55 %, stimulées par la bonne santé de l'économie américaine, le taux de change favorable et une activité record sur le marché de la construction, qui a fait augmenter la demande de bois d'œuvre résineux. Le marché américain représente donc aujourd'hui près des deux tiers des exportations canadiennes de produits ligneux (en valeur), tandis que le marché canadien représente plus de 80 % des exportations de produits ligneux américains.

Lorsqu'on examine les incidences environnementales de tels échanges, il est important de noter que le Canada exporte une proportion beaucoup plus élevée de sa production nationale que les États-Unis. Le secteur forestier est par ailleurs plus important pour l'économie canadienne que le secteur forestier des États-Unis ne l'est pour l'économie américaine. Au Canada, il constitue le secteur manufacturier qui contribue le plus au PIB du pays et à sa balance commerciale nette. Selon Industrie Canada, en 1995, les revenus générés par les exportations de produits forestiers ont totalisé 41 milliards de dollars canadiens : 57 % étaient attribuables aux pâtes et papiers, 30 % aux produits ligneux, 8 % aux produits du papier à valeur ajoutée et seulement 5 % aux produits ligneux à valeur ajoutée. En ce qui concerne la part du marché mondial, les principales exportations canadiennes sont la pâte commerciale (32 %), le papier journal (55 %) et le bois d'œuvre résineux (50 %). Il s'agit de produits à faible valeur ajoutée, ce qui signifie que la quantité de matière première est élevée et les revenus générés, relativement bas. Par contre, la production de panneaux à forte valeur ajoutée est relativement limitée, bien que le Canada exporte un grand nombre de ces produits.

Les échanges de produits forestiers entre les États-Unis et le Mexique présentent un tableau différent. En ce qui concerne le volume, les États-Unis importent moins de produits ligneux et plus de produits du papier du Mexique, et exportent plus de pâte et moins de bois qu'avant l'entrée en vigueur de l'ALÉNA. Cependant, à mesure que le développement économique du Mexique se poursuivra, la consommation de produits ligneux industriels et de papier va augmenter. L'élimination progressive des tarifs douaniers sur les importations de produits du bois et du papier en provenance des États-Unis va rendre ces produits plus concurrentiels sur le marché mexicain et imposer des pressions aux producteurs mexicains, qui devront maintenir de bas prix.

### 3.3.2 Incidences environnementales du commerce des produits ligneux aux termes de l'ALÉNA

Selon les projections de la FAO, la demande de produits ligneux industriels va probablement continuer à augmenter fortement en Amérique du Nord. Les possibles incidences environnementales de cette augmentation pourraient différer d'un pays signataire de l'ALÉNA à un autre.

Au Canada, le fait qu'on produise et qu'on exporte de nombreux produits à valeur ajoutée dont le débit d'extrants est élevé a encouragé les membres de l'industrie à exploiter intensivement les ressources fibreuses afin de maintenir ou d'augmenter leurs revenus. Mais cela a dissuadé les intervenants d'investir dans des activités plus intensives d'aménagement forestier (plantations, boisement)<sup>21</sup>. En conséquence, on continue de répondre largement à la demande de fibre ligneuse en exploitant des peuplements mûrs. De fait, le Canada est le seul pays industrialisé à produire très peu de bois à partir de ses forêts aménagées et à ne pas en produire du tout (ou presque) à partir des plantations.

Le Canada possède de très importantes réserves de peuplements primaires, où la taille moyenne des arbres est bien plus élevée que dans les peuplements secondaires. La coupe à blanc demeure donc la méthode la plus courante et la plus rentable d'exploitation, et le reboisement n'est pas systématique<sup>22</sup>. L'exploitation forestière au Canada se concentre dans les forêts primaires de la Colombie-Britannique, de l'Ontario et du Québec, et les coupes à blanc se font sur plus de 80 % des superficies exploitées annuellement<sup>23</sup>. Compte tenu de l'augmentation de la demande de bois d'œuvre et de produits dérivés, on va probablement continuer à extraire des fibres ligneuses des peuplements mûrs du Canada, à moins que des mesures ne soient prises pour encourager une intensification de l'aménagement forestier. Déjà plus de 60 % des forêts du Canada sont exploitées ou se trouvent à moins de 10 km d'une zone exploitée<sup>24</sup>.

Au Mexique, les pressions qui s'exercent pour maintenir à un bas niveau le prix des produits du bois et du papier pour qu'ils soient concurrentiels par rapport aux produits américains pourraient se traduire par une résistance accrue au renforcement des contrôles environnementaux des exploitations forestières et des usines de transformation. La FAO estime que le déboisement touche chaque année près de 1 % des forêts mexicaines. Certaines études récentes ont mis en évidence une augmentation marquée des activités d'abattage dans l'État septentrional de Chihuahua après l'entrée en vigueur de l'ALÉNA, ce qui nuit probablement à la biodiversité et aux populations autochtones<sup>25</sup>.

Aux États-Unis, les efforts déployés en vue de répondre à l'augmentation de la demande de produits ligneux devraient générer non pas une intensification du déboisement, mais une modification constante de l'âge et de la structure des forêts. L'*US Forest Service* (Service des forêts des États-Unis) recueille des

21 En dissociant encore plus les données sur la circulation des matières et les données financières, on pourrait calculer le revenu par tonne de produit exporté, ce qui serait un indicateur utile de la valeur de l'utilisation des ressources.

22 Smith et coll., 2000.

23 Smith et coll., 2000.

24 Smith et coll., 2000.

25 Guerrero et coll., 2000.

données sur les différentes classes de diamètre des arbres, qui peuvent être utilisées pour déduire l'âge de ces arbres ou donner une bonne idée de la structure d'une forêt. L'évolution, avec le temps, de la répartition des arbres de différents diamètres dans les forêts de production américaines composées de résineux indique que, globalement, la taille des arbres tend à diminuer et que la structure du peuplement tend à se simplifier. Le volume sur pied des arbres appartenant à la classe de diamètre la plus élevée (74 cm et plus) a diminué de presque 50% au cours des 40 dernières années; les deux tiers de cette baisse ont été observés sur la côte du Pacifique, en particulier dans le nord-ouest. Des entretiens avec des experts forestiers américains confirment que la forte baisse du volume des plus gros arbres et du volume du peuplement forestier sur pied du nord-ouest de la région du Pacifique fait baisser la taille moyenne des arbres et simplifie la structure des forêts. Une telle simplification de l'habitat peut avoir des effets néfastes sur la biodiversité. Les espèces comme le guillemot marbré et la chouette tachetée qui, en raison de leur évolution, sont devenues dépendantes de peuplements plus mûrs et plus vastes, sont donc menacées d'extinction.

### 3.4 Résumé

Cette analyse préliminaire du flux des matières dans le secteur forestier des trois pays signataires de l'ALÉNA démontre clairement que ce secteur a réalisé des gains en efficacité dans la façon dont il utilise à la fois les matières et les ressources. Ces gains témoignent en partie d'une dissociation entre la croissance économique et les dommages causés à l'environnement au sein de ce secteur. Néanmoins, la quantité de fibre ligneuse dont l'industrie a besoin pour ses extrants continue d'augmenter, parce que la demande de bois d'œuvre, de produits ligneux et de papier est appelée à augmenter elle aussi. Les incidences environnementales vont donc sans doute continuer à s'amplifier, et il faudra accélérer la mise au point et l'adoption de technologies destinées à faciliter les gains en efficacité et à contenir ou à atténuer les incidences environnementales des activités de l'industrie forestière.

Les incidences environnementales de ce besoin croissant de fibre ligneuse diffèrent dans chacun des trois pays et dans chaque région des trois pays. Globalement, au Canada et au Mexique, on continue d'exploiter les forêts nationales de façon toujours plus intensive. Aux États-Unis, la tendance est à un aménagement croissant des forêts, qui s'uniformise de plus en plus en ce qui concerne l'âge, la taille des arbres, les essences, la structure globale des peuplements. Dans les trois pays, on pourrait encore assister à une perte de biodiversité, qui se manifesterait de différentes manières. Il sera donc important de mettre en place des politiques environnementales visant les secteurs et les domaines où les effets environnementaux sont les plus marqués.

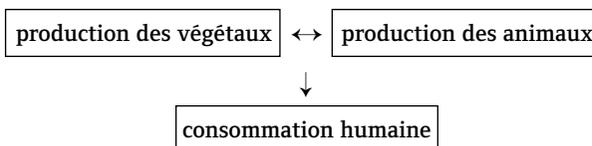
## 4 Flux des matières dans l'industrie agricole

Comme dans le cas du secteur forestier, l'application de l'analyse du flux des matières à l'agriculture peut mettre en lumière à la fois l'efficacité de ce secteur et son degré de durabilité. Mais, avant tout, il faut définir ce que couvre notre analyse dans ce secteur, ce que nous entendons par matières agricoles et les sous-secteurs dans lesquels circulent ces matières. Nous pourrions alors examiner de façon constructive le volume, la nature et les incidences environnementales de ce flux. Enfin, nous étudierons ce flux et ses répercussions dans le contexte de l'ALÉNA et à la lumière des tendances récentes touchant le commerce des biens et produits agricoles.

### 4.1 Définition du flux des matières et des sous-secteurs de l'industrie agricole

À un niveau très général, le flux des matières dans l'industrie agricole se caractérise comme suit :

Énergie solaire + énergie fossile + pesticides + eau d'irrigation + engrais organiques et inorganiques + semences =



En d'autres termes, ce secteur nécessite de l'énergie solaire, de l'eau d'irrigation, des semences, des pesticides et des engrais organiques et inorganiques pour produire des cultures et nourrir les animaux destinés à la consommation humaine.

De fait, la situation est beaucoup plus complexe (comme l'indique la flèche bidirectionnelle entre la production des végétaux et des animaux), puisque les cultures nourrissent les animaux et que les déchets animaux servent d'engrais. D'autres circuits internes interviennent également. Les résidus de cultures laissés dans les champs servent d'engrais végétaux, tandis que les sous-produits d'abattage servent à nourrir les animaux.

Aux fins de l'analyse préliminaire réalisée par la CCE, le secteur de l'agriculture a été divisé en trois grands sous-secteurs :

- production des végétaux – culture et récolte (grandes cultures),
- production des animaux – élevage et abattage de la volaille et du bétail,
- consommation humaine – métabolisme des produits végétaux et animaux par les humains.

Les intrants de la production des végétaux correspondent au début du cycle des matières. Cependant, l'étude de la CCE n'analyse que les engrais organiques et inorganiques, en raison surtout de l'absence de données sur les intrants d'origine anthropique, tels que l'énergie fossile, les pesticides et l'eau d'irrigation. Avec l'aide de ces intrants, l'énergie solaire, l'eau et les éléments nutritifs sont métabolisés, donc transformés en une foule d'«extrants», dont les céréales, les fruits, les légumes et d'autres aliments destinés aux humains, ainsi qu'en aliments et en fourrages servant à nourrir les animaux. Les flux de déchets de la production des végétaux incluent l'érosion des sols cultivés, les résidus de culture (dont une partie est recyclée en éléments nutritifs), le méthane des rizières, les éléments nutritifs lessivés des sols et qui se volatilisent dans l'atmosphère, l'érosion des sols dans les terres cultivées. Malheureusement, il est impossible pour l'heure de documenter avec précision un grand nombre de ces déchets.

Parmi les intrants de la production des animaux, on compte les fourrages et les aliments, donc ceux fabriqués à partir d'une variété de céréales, d'oléagineux et, parfois, de déchets d'origine animale et de protéines de poisson. Les extrants produits par ce sous-secteur prennent la forme de divers types de viandes et de produits laitiers, et des produits « non comestibles » comme la laine et les cuirs et peaux. Les flux de déchets comprennent les déchets d'abattage et de transformation (dont une partie est recyclée en aliments), le fumier (dont une partie est recyclée en engrais organique) et le méthane émis par les bovins.

En gros, la consommation humaine représente la destination finale des extrants de la production des végétaux et des animaux<sup>26</sup>. L'industrie de la transformation et de l'emballage des aliments est un secteur intermédiaire très

26 Il faut dire également que certains extrants servent à la nourriture des animaux familiers – il s'agit d'un flux intéressant et important qui n'a pas été documenté dans la présente étude, mais qui mérite une étude approfondie.

complexe qu'il est impossible d'analyser dans le cadre de la présente étude. Cependant, il existe certaines estimations sur les déchets produits par la transformation et l'emballage des aliments. Les produits alimentaires sont évidemment métabolisés par les humains et transformés en déchets, mais ce circuit n'est pas étudié dans la présente étude.

Le fait est qu'en raison de l'absence de données sur la consommation humaine pour l'analyse préliminaire, les deux sous-sections qui suivent portent sur la production des végétaux (les cultures) et la production des animaux (l'élevage).

Soulignons qu'à l'instar du secteur forestier, le secteur agricole fait intervenir un gros volume d'échanges d'intrants (engrais, semences, aliments pour animaux) et d'extrants (cultures et produits animaux). Les flux internationaux «cachés», sous forme d'éléments nutritifs excédentaires transportés au-delà des frontières dans l'eau ou dans l'air, sous forme de composés d'azote gazeux, sont en voie de devenir de graves problèmes environnementaux. Les flux d'éléments nutritifs excédentaires font l'objet de recherches approfondies aux États-Unis et dans les pays de l'Europe du Nord, mais les échanges d'éléments nutritifs dans la chimie des sols et les flux dans l'eau et l'air dépassent le cadre de la présente étude.

## **4.2 Flux des matières dans la production des végétaux**

Pour examiner le flux des matières dans la production des végétaux (les cultures), nous mettrons l'accent sur les statistiques et les tendances qui jettent la lumière :

- sur les intrants sous forme d'engrais (engrais azotés, plus précisément),
- sur les extrants sous forme de différentes cultures,
- sur les rejets sous forme d'érosion des sols, d'engrais «migrateurs» et de résidus de cultures.

On s'attachera particulièrement à la productivité (c'est-à-dire, le coefficient extrant-intrant) et à certaines incidences environnementales éventuelles de l'évolution des tendances aux plans de la production et de la consommation.

### **4.2.1 L'emploi d'engrais**

Dans les trois pays nord-américains, l'utilisation d'engrais azotés a explosé entre 1975 et 1996 – période pour laquelle des données sont disponibles.

Au Canada, la consommation d'azote a presque doublé entre 1975 et 1996, passant de 563 000 t à 1,7 million de tonnes. Durant la même période, la superficie des terres arables et des cultures permanentes s'est accrue légèrement à 45,7 millions d'hectares – environ le quart de la superficie aux États-Unis. L'utilisation d'engrais azotés a augmenté, passant de 12,8 kg/ha à 36,6 kg/ha.

S'agissant des cultures, il semble que Canada ait délaissé une utilisation efficiente au profit d'une autre, moins productive. En 1975, 6 kg d'azote étaient utilisés pour chaque tonne de culture produite. En 1996, ce chiffre atteignait 13,4 kg. Ce glissement témoigne d'une tendance en faveur des cultures céréalières, qui exigent davantage d'engrais. La production céréalière a augmenté de 38% aux États-Unis pendant la période à l'étude; au Canada, la hausse a été de 58%, et l'utilisation d'engrais azotés est passée de 15,2 kg par tonne produite à 28,6 kg par tonne.

Au Mexique, la consommation d'engrais azotés a augmenté de 75% entre 1975 et 1996, alors que la superficie des terres arables et des cultures permanentes s'est accrue de plus de 70%, pour atteindre environ la moitié de la superficie de celles du Canada. En 1975, la quantité d'engrais azotés utilisés par rapport à la superficie cultivée (58 kg/ha) était plus élevée qu'au Canada et aux États-Unis. En 1998, l'utilisation d'engrais a à peine frôlé, atteignant 60 kg/ha, ce qui est légèrement inférieur aux données américaines pour la même période. Enfin, l'azote affiche une efficacité plus grande qu'aux États-Unis : en 1975, 10,6 kg d'azote étaient utilisés par tonne produite, contre 7,8 kg en 1998.

Signalons qu'en 1996–1997, l'utilisation moyenne d'azote dans le monde se chiffrait à 83 kg/ha. En comparaison, l'utilisation d'azote aux États-Unis, au Mexique et, surtout, au Canada, est relativement faible. Cependant, à l'échelle régionale, l'utilisation dépasse facilement la moyenne et atteint, dans certains cas, 100, voire 200 kg/ha. Comme on l'indique plus loin, cette utilisation massive peut se répercuter sur l'environnement, puisqu'elle donne lieu à une migration de l'azote au-delà de la zone cultivée.

Aux États-Unis, la consommation d'azote sous forme d'engrais inorganique a grimpé de 18% entre 1975 et 1996, passant de 9,4 millions de tonnes à 11,2 millions de tonnes. En même temps, la superficie des terres arables et des cultures permanentes a chuté de 5%, atteignant 179 millions d'hectares. L'utilisation d'azote a donc augmenté, passant de 50 kg/ha de terres arables et cultures permanentes à 62 kg/ha<sup>27</sup>.

Cette augmentation résulte en partie d'une intensification (38%) des cultures céréalières durant la période à l'étude. Mais peu importe les autres raisons, cette hausse n'est pas entièrement associée à une augmentation des récoltes. En 1975, on a utilisé 10 kg d'azote pour chaque tonne de cultures produite; en comparaison, en 1996, on a utilisé à peine plus de 11 kg. Par conséquent, par rapport à la superficie des terres cultivées et aux récoltes, l'efficacité de l'azote a diminué<sup>28</sup>.

27 Une faible portion de l'azote est utilisée dans les pâturages et autres terres ne correspondant pas à la désignation de terres arables et de cultures permanentes.

28 En comparaison, l'efficacité du phosphate a augmenté durant cette période. L'utilisation par tonne produite a reculé, passant de 5,0 kg/t à 4,1 kg/t (18%), mais l'efficacité du potassium est demeurée relativement stable au chapitre des cultures. Signalons toutefois que le taux d'utilisation par hectare de terres arables et cultures permanentes (plutôt que par unité de volume produit) a grimpé de presque 9%.

#### 4.2.2 Production végétale

Dans la présente étude, la production totale de végétaux désigne :

- les céréales,
- les fourrages (récoltés et broutés),
- les haricots secs,
- les oléagineux,
- les fruits, les noix et les légumes,
- les cultures sucrières,
- les autres cultures vivrières et non vivrières.

Au Canada, la domination de la production céréalière et fourragère est encore plus grande qu'aux États-Unis. Ces deux cultures représentent 95 % de la production totale. Entre 1975 et 1996, la production de céréales au Canada a fait un bond de 59 %, tandis que les fourrages ont grimpé de 14 %.

Durant cette période, la production d'oléagineux a presque doublé, tandis que la production de légumes, fruits et noix a inscrit une hausse de près de 50 %; dans les deux cas, cependant, l'augmentation partait d'une base très modeste.

La productivité par parcelle cultivée est beaucoup plus faible au Canada qu'aux États-Unis, en raison surtout des conditions de culture moins favorables. La production végétale totale a augmenté de 2,1 t/ha à 2,7 t/ha en 1996, soit un bond de 29 % durant la période à l'étude.

Au Mexique, les cultures fourragères dominent la production totale. Elles sont trois fois plus importantes (en poids) que les céréales et représentent 58 % de la production végétale.

Dans la plupart des cultures, la production s'est accrue de façon spectaculaire entre 1975 et 1996 : de 83 % dans le cas des céréales et de plus de 600 % dans celui des fourrages. La superficie des terres céréalières n'a augmenté que de 10 %, pour atteindre 9,5 millions d'hectares; les hausses de production sont donc surtout attribuables à des récoltes plus abondantes. La superficie des terres fourragères s'est accrue davantage — près de 90 % — entre 1980 et 1998, atteignant 4,9 millions d'hectares. Dans l'ensemble, la productivité s'est améliorée de 38 %, passant de 5,5 t/ha en 1975 à 7,6 t/ha 1998.

Il est intéressant de constater que la culture du café prend de plus en plus d'importance au Mexique, dans les Antilles et en Amérique latine. Le café a toujours été cultivé sous couvert (arbres fruitiers et autres essences). Cet environnement procure un habitat très riche, surtout pour les oiseaux migrateurs. Mais depuis quelques années, les fermiers se tournent vers la culture de café au soleil. Environ 40 % du café produit au Mexique est maintenant cultivé au soleil.

Par conséquent, le rendement et les revenus du café sont généralement plus élevés – comme les répercussions sur l’environnement.

Les États-Unis dominaient la production agricole dans la région visée par l’ALÉNA, avec 83 % de la production de céréales, 77 % de la production des cultures fourragères, 96 % de la production d’oléagineux et 72 % de la production de légumes, fruits et noix en 1996.

Les deux cultures les plus importantes sont les céréales et les fourrages, qui représentent 81 % de la production végétale totale. Les fourrages demeurent la culture dominante au chapitre du volume. Cependant, la production céréalière a bondi de 38 % durant la période à l’étude, alors que les cultures fourragères ont chuté de 18 %. Ce déclin témoigne du virage pris par les producteurs, qui délaissent l’élevage extensif sur des pâturages au profit de l’élevage intensif, dans lequel les animaux sont nourris d’aliments concentrés.

Durant la même période, la production de haricots secs et d’oléagineux a bondi d’environ 60 %, tandis que la production de légumes, fruits et noix a augmenté de plus de 30 %.

La productivité globale par superficie cultivée a connu une augmentation de 12 % durant la période étudiée. La production totale est passée de 5,0 t/ha de terres arables et cultures permanentes en 1975 à 5,6 t/ha en 1996.

32

#### 4.2.3 Rejets de cultures

Les trois flux de rejets les plus importants des cultures sont :

- l’érosion des sols cultivés,
- l’écoulement d’azote,
- les résidus de cultures.

Il s’agit de flux «cachés» du fait qu’ils n’interviennent pas dans l’économie en tant que biens agricoles et qui, par conséquent, sont invisibles dans les comptes monétaires traditionnels.

*Érosion des sols* – Il est bien connu que l’érosion des sols est difficile à mesurer.

L’US Department of Agriculture (Ministère de l’Agriculture des États-Unis) fournit des estimations reposant sur l’équation universelle des pertes en terre. Selon cette formule, on estime que l’érosion des sols aux États-Unis se situe entre 2 milliards et 6,8 milliards de tonnes par année<sup>29</sup>. Cependant, la quantité de terre perdue a diminué de 38 % entre 1975 et 1976. Cette chute impressionnante résulte de l’adoption d’un programme de conservation des réserves, qui interdit la culture des terres à rendement marginal, les plus vulnérables à l’érosion.

Au Mexique, l'érosion des sols s'est élevée à 643 millions de tonnes en 1998, un bond de 71% par rapport à 1975. Cette hausse traduit probablement l'étalement des terres cultivées, puisque le taux d'érosion a reculé, passant de 5,5 t à 3,9 t de sol par tonne de végétaux produits.

Aucune donnée sur l'érosion des sols au Canada n'était disponible.

*Écoulement d'azote* – La mesure de la distribution et du transport de l'azote fait intervenir beaucoup d'incertitudes, car l'azote réactif dans ses nombreuses formes est très mobile et se déplace facilement entre les écosystèmes terrestres, dulcicoles et marins et l'atmosphère. Il faut compléter les bilans massiques d'azote avec des données régionales et des analyses d'intrants/extrants sur les différentes cultures, les conditions des sols et les méthodes agricoles.

Cependant, selon les informations dont nous disposons, il est clair que la pollution provenant du rejet des engrais azotés excédentaires dans les systèmes aquatiques constitue un problème grave dans de nombreuses régions du monde. L'intervention humaine dans le cycle planétaire de l'azote est responsable de pollutions graves et de la perturbation des voies biologiques qui étayent, notamment, la production de la nourriture. L'activité humaine rivalise maintenant avec les voies terrestres naturelles en ce qui a trait à la vitesse de fixation de l'azote [la formation d'azote réactif à partir d'azote moléculaire ( $N_2$ ) non réactif dans l'atmosphère]. Aux États-Unis, la côte Est et le golfe du Mexique sont particulièrement touchés.

*Résidus de cultures* – Les résidus de cultures représentent une fraction considérable des cultures, et une source en puissance d'éléments nutritifs recyclables lorsqu'ils sont laissés dans les champs. Les résidus peuvent également servir de biocombustibles. Une fois brûlée, une partie des éléments nutritifs retourne dans le sol sous forme de cendres, tandis qu'une autre partie pénètre dans l'atmosphère et se dépose sur le sol ou l'eau, contribuant ainsi à la pollution de l'air et à l'acidification ou à l'eutrophisation subséquente des écosystèmes. On ne connaît pas avec précision la proportion des résidus de cultures laissés dans les champs et brûlés. Selon une estimation raisonnable, les rejets sur le sol sont 5,6 fois plus importants que les rejets dans l'air. Cependant, il faut tenir compte les nouvelles politiques et pratiques agricoles qui ont influé sur le brûlage des résidus.

### 4.3 Flux des matières dans la production des animaux

Les principales espèces animales produites sont les bœufs et les vaches laitières, les moutons, les porcs et les volailles. Au Mexique, les chèvres et les chevaux occupent une place modeste. Tous les animaux d'élevage sont nourris de plantes récoltées directement sur les terres (fourrage sur pied, foin, produits d'ensilage), de céréales, d'aliments concentrés qui renferment des céréales, des légumineuses, des oléagineux, de la chair de poisson et des déchets d'abattage. Notre analyse préliminaire s'attachait aux éléments suivants :

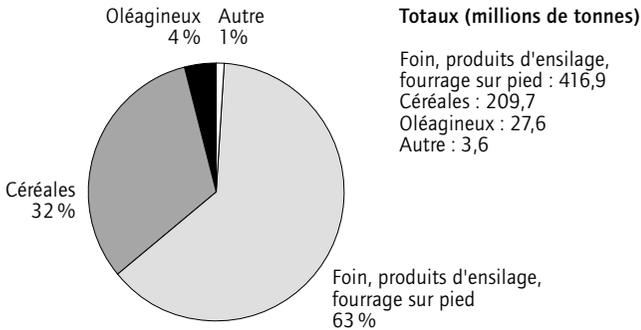
- aliments pour animaux d'élevage,
- produits animaux sous forme de viande rouge ou blanche,
- déchets animaux sous forme de fumier et de déchets d'abattage.

#### 4.3.1 Aliments pour animaux d'élevage

La figure 2 illustre les aliments donnés aux animaux d'élevage aux États-Unis en 1996. Les proportions sont semblables au Canada. Au Mexique, les cultures fourragères fournissent une proportion beaucoup plus élevée des aliments donnés aux animaux (près de 90%); les autres cultures industrielles fournissent l'autre partie, et les sous-produits animaux représentent moins de 1%.

34

Figure 2. Aliments donnés aux animaux d'élevage aux États-Unis, 1996



Au Canada et aux États-Unis, la composition du mélange alimentaire et la quantité d'intrants nécessaires aux cultures fourragères ont changé radicalement par suite d'une diminution de l'élevage extensif au profit de l'élevage intensif, dans lequel on utilise des parcs d'engraissement, de même que de l'élevage du bétail au profit de l'élevage de porcs et de volailles (qui sont de meilleurs conver-

tisseurs de protéine). Par conséquent, la quantité de fourrages récoltés pour les animaux ou broutés par eux a diminué d'environ 20%, alors que leur consommation de céréales a augmenté de 45%.

Résultat, une proportion élevée des céréales récoltées est maintenant donnée aux animaux d'élevage. Aux États-Unis, 53% des céréales récoltées en 1996 ont été données aux animaux, comparativement à 51% en 1975. La situation est un peu différente pour la consommation de céréales (production + importations – exportations). En 1973, les céréales données aux animaux représentaient 76% des céréales consommées aux États-Unis, mais seulement 68% en 1996. Il est probable que ce déclin résulte de la redistribution de la production américaine de viande, qui délaisse le bœuf au profit de la volaille et du porc. La baisse observée au Canada à ce chapitre — 41% des céréales récoltées nourrissaient les animaux en 1996, par rapport à 46% en 1975 — résulte probablement des mêmes raisons. Aucune donnée comparable n'était disponible sur le Mexique.

Les produits d'origine animale, les sous-produits laitiers et la chair de poisson représentent une part modeste mais importante des aliments donnés aux animaux d'élevage. Il s'agit d'une source peu coûteuse de protéine de grande qualité. Le recours aux aliments d'origine animale et au poisson a augmenté, certes, mais de façon très erratique. Par exemple, l'utilisation de la chair de poisson a grimpé, puis chuté au Mexique, peut-être en raison de la faible marge de profits des producteurs et de leur quête continue d'aliments peu coûteux. Au Canada, on a observé une baisse spectaculaire de l'utilisation des sous-produits animaux après 1987. Cela s'explique peut-être par les craintes de l'opinion internationale au sujet de la contamination possible de la viande. On s'interroge aussi sur la pertinence de nourrir des herbivores avec des protéines animales.

De plus, certains environnementalistes ont exprimé leur inquiétude face à l'utilisation de la chair de poisson dans les aliments pour animaux, car l'exploitation des pêcheries du monde entier est de plus en plus forte. Environ le tiers des poissons pêchés en mer sont transformés en chair de poisson et huiles de poisson, qui se retrouvent, pour la plupart, dans les aliments pour animaux. La chair de poisson provient des « faux-poissons », c'est-à-dire des espèces pélagiques dont la valeur commerciale est peu élevée, mais qui constituent souvent un aliment de base pour les collectivités de pêche artisanale.

#### **4.3.2 Produits animaux**

Pour analyser les produits animaux, c'est-à-dire les extraits de la production animale, nous mettrons l'accent sur les tendances dans la production des viandes rouge et blanche, parce qu'elles soulignent les différences entre les pays signataires de l'ALÉNA et parce que leurs incidences environnementales se conjuguent avec d'autres facteurs.

Au Canada et aux États-Unis, la production de viande rouge a progressé de seulement 1,5% et 9,8%, respectivement, durant la période à l'étude, probablement en raison des préoccupations au sujet du cholestérol. En comparaison, elle a augmenté de 69% au Mexique. Cependant, exprimée en volume par personne, elle n'y représente que 26 kg/personne, contre 60 kg/personne au Canada et 71 kg/personne aux États-Unis. Dans les trois pays, la tendance générale semble favoriser la viande blanche. La production des volailles a augmenté de façon spectaculaire depuis 1975 : bond de 114% au Canada, de 480% au Mexique et de près de 200% aux États-Unis<sup>30</sup>.

La tendance en faveur de la viande blanche a coïncidé avec le passage aux élevages plus intensifs. Résultat, on élève moins de vaches et l'espace dont elles disposent est réduit. De même, on élève davantage de poulets dans des poulaillers moins nombreux et beaucoup plus grands. Les porcs aussi sont élevés de plus en plus souvent dans des parcs d'engraissement. Ces types d'élevage sont devenus tellement efficaces qu'un nombre moindre d'animaux est requis pour produire une quantité constante de viande. Par exemple, un accroissement de 38% du nombre de porcs a donné lieu à une augmentation de 48% de la quantité de viande de porc produite durant la période à l'étude.

Ces tendances ont des répercussions sur les quantités et les concentrations des déchets animaux, surtout le fumier, comme on le verra ci-après.

36

### 4.3.3 Déchets animaux

L'analyse préliminaire réalisée par la CCE portant sur les déchets animaux s'est concentrée sur le fumier et les déchets d'abattage et de transformation des produits laitiers.

*Fumier* – Comme il fallait s'y attendre, les différences, au plan des élevages, entre le Mexique, d'une part, et le Canada et les États-Unis, d'autre part, sont évidentes dans les données sur les déchets.

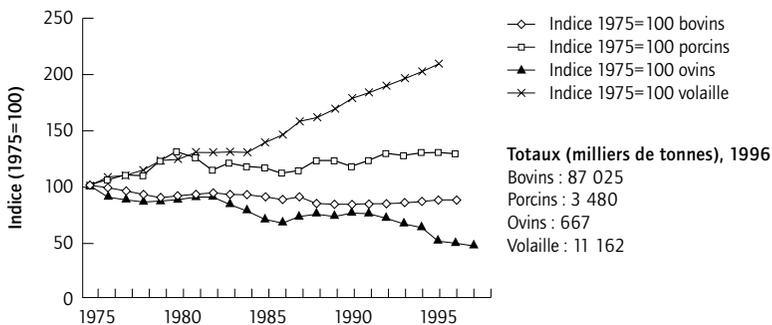
Puisque la production des animaux au Mexique est relativement modeste en comparaison avec celle des États-Unis et du Canada, ce sous-secteur y génère moins de fumier, quoique la quantité soit à la hausse. En chiffres absolus, la production de fumier au Mexique a augmenté de quelque 18% entre 1975 et 1996, pour atteindre 195 000 t.

En comparaison, près de 88 millions de tonnes (poids sec) ont été produites aux États-Unis, et un peu moins de 17 millions de tonnes au Canada. Les quantités globales de fumier ont légèrement fléchi lorsque les éleveurs ont délaissé les vaches et les moutons au profit des porcs et des poulets, plus petits.

30 Si l'on disposait de données fragmentées sur les aliments pour animaux dans les différents sous-secteurs d'élevage, on pourrait calculer l'indice de transformation (tonne d'aliments/tonne de viande), pour chaque espèce animale. Ces calculs fondés sur le poids de la viande et non sur celui de l'animal permettraient une estimation plus précise de l'indice de transformation que la méthode actuelle.

La figure 3 montre l'effet de ce changement sur les tendances en matière de production de fumier dans quatre catégories d'animaux entre 1975 et 1996 : les déjections des bovins et des moutons ont diminué, celles des volailles et des porcs sont en hausse. La situation relativement stable de l'élevage des porcs témoigne du fait que la production porcine est devenue tellement efficace qu'elle exige moins d'animaux pour produire une quantité constante de viande. Comme on le souligne ci-dessus, ce mouvement a été accompagné d'un délaissement des élevages extensifs (dans lesquels les animaux se déplacent sur des pâturages naturels) en faveur des élevages intensifs ou industriels (dans lesquels les animaux sont gardés dans des étables ou des petits parcs d'engraissement). La principale crainte pour l'environnement est que le fumier produit dans les parcs d'engraissement très peuplés est rarement retourné dans les champs sous forme d'engrais organiques d'une manière peu coûteuse. Par conséquent, le fumier, pourtant riche en éléments nutritifs, doit être traité comme un déchet.

**Figure 3. Fumier produit aux États-Unis, 1975-1996**



*Déchets d'abattage et de transformation des produits laitiers* – Outre le fumier, les déchets animaux comprennent :

- les déchets d'abattage, comme les os, le sang et les tissus inutilisables,
- les déchets de transformation des produits laitiers, qui comprennent surtout de l'eau et les matières résiduelles de la fabrication du beurre et du fromage.

En raison de l'absence de données comparables sur le Mexique, on s'attachera aux déchets d'abattage et de transformation des produits laitiers au Canada et aux États-Unis.

Le tableau 2 répertorie les déchets d'abattage et de transformation des produits laitiers pour les principaux élevages aux États-Unis et au Canada. Comme on pouvait s'y attendre, les déchets animaux ont augmenté proportionnellement au nombre d'animaux.

**Tableau 2. Déchets d'abattage et déchets de transformation des produits laitiers, 1996 (milliers de tonnes)**

	États-Unis	Canada
Déchets d'abattage (viande)	7 347	1 303
% de la production	39	73
Déchets d'abattage (volailles)	4 592	216
% de la production	33	24
Déchets de transformation des produits laitiers	35 613	5 952
% de la production	114	92
<b>Total des déchets</b>	<b>47 552</b>	<b>7 471</b>
<b>% de la production totale</b>	<b>74</b>	<b>81</b>

Parce qu'une proportion plus faible des déchets animaux est réutilisée sous forme d'aliments pour animaux, ces restes constituent un grave problème d'élimination porteur de répercussions sur la santé des humains et des animaux. Les déchets de l'agriculture sont habituellement réglementés d'une manière moins stricte que les déchets industriels, même si on soutient de plus en plus que les grands élevages se comparent aux installations industrielles et qu'ils devraient, donc, être réglementés.

#### 4.4 Les tendances commerciales et leurs incidences environnementales

Dans le cadre de l'analyse du flux des matières, on peut considérer que les échanges de biens et produits agricoles entre les pays se traduisent par le flux international des matières. Ce flux a des incidences environnementales considérables pour les trois pays signataires de l'ALÉNA.

##### 4.4.1 Tendances commerciales

Avant d'évaluer l'incidence des tendances actuelles sur le commerce des produits de l'agriculture, il faut comprendre que ce secteur ne représente qu'une petite fraction du PIB des pays signataires de l'ALÉNA, même aux États-Unis, dont la production agricole éclipsé celle des deux autres pays. L'agriculture représente 2% du PIB au Canada, 3% aux États-Unis et 5,2% au Mexique<sup>31</sup>. La majeure partie de la gigantesque production américaine est destinée à la consommation intérieure, bien que les produits agricoles constituent une proportion importante des marchandises exportées, soit 9,5%. Au Canada, en comparaison, cette proportion atteint 13,7%<sup>32</sup>.

31 EIU, 1998a, 1998c, 2000.

32 OMC, 2000.

Puisque les États-Unis sont, de loin, le plus gros producteur agricole, il ne faut pas s'étonner du fait que ce pays exporte une part importante de ses produits agricoles aux pays de l'hémisphère autres que ses partenaires de l'ALÉNA. Cependant, la majorité de ses importations agricoles proviennent du Canada et du Mexique. Comme il fallait s'y attendre, la majorité de ses exportations et importations agricoles demeurent dans la région visée par l'ALÉNA.

Selon les analystes, l'ALÉNA a stimulé le commerce des produits agricoles dans la région, ce qui a eu des retombées économiques positives à grande échelle dans les trois pays. C'est du moins ce que les données portent à croire. Après 1993, les exportations agricoles américaines au Mexique ont augmenté de plus de 11 % par année en moyenne, pour atteindre 6,2 milliards de dollars américains en 1998. Les importations du Mexique ont progressé d'environ 12 % par an après 1993, atteignant 4,7 milliards de dollars en 1998. Les exportations agricoles américaines au Canada se sont accrues de plus de 5 % par année, pour atteindre 7,0 milliards de dollars en 1998. Les importations canadiennes ont grimpé de près de 11 % par an et se chiffraient à 7,8 milliards de dollars en 1998.

La production et les volumes d'exportation ont augmenté dans toute la région visée par l'ALÉNA pour la plupart des catégories de produits agricoles. Par exemple, depuis 1975, les États-Unis exportent douze fois plus de viande de volaille dans le monde. Les exportations du Canada ont plus que doublé et celles du Mexique ont augmenté de près de 70 fois – elles étaient cependant très modestes au départ. Même si les politiques d'importation ont limité les exportations américaines de volailles vers le Canada, les exportations vers le Mexique ont connu un accroissement rapide et ont été peu touchées par l'effondrement du peso en 1995. Les exportations américaines de porcs dans les deux pays ont également connu une hausse rapide avec l'entrée en vigueur de l'ALÉNA.

Cet accroissement des échanges a entraîné une spécialisation limitée entre les partenaires pour certaines catégories de produits. Les exportations américaines, vers le Canada, de produits transformés à forte valeur ajoutée, dont les grignotines, ont augmenté très rapidement. En comparaison, les exportations américaines vers le Mexique sont dominées par les produits en vrac. Les exportations mexicaines vers les États-Unis ont enregistré une croissance continue dans le secteur de l'horticulture à forte valeur et dans certains produits transformés à valeur ajoutée. Le café constitue une autre catégorie de croissance des exportations mexicaines vers le Canada et les États-Unis.

L'intensification des échanges et la concurrence qui en découle ont forcé l'industrie à rectifier son tir. Les méthodes d'élevage intensif des volailles, porcs et bovins ont amélioré l'efficacité, réduit les coûts et favorisé les regroupements dans l'industrie. Comme on le soulignait plus tôt, le rendement des cultures par superficie cultivée a augmenté, certes, mais on utilise davantage d'intrants chimiques sous forme d'engrais inorganiques. La production de café d'ombre

perd du terrain au profit du café cultivé au soleil. Ce changement est porteur d'incidences environnementales importantes.

#### **4.4.2 Incidences environnementales**

Les gains enregistrés en matière d'efficience dans le secteur de l'agriculture n'ont pas réussi à atténuer les pressions environnementales qu'exerce l'intensification de la production en réponse à une demande accrue. Ces pressions proviennent tant des cultures que des élevages.

S'agissant de la culture, la production de marchandises en vrac, surtout les céréales, les haricots et les oléagineux, peut être associée à des incidences environnementales telles que l'érosion des sols et la conversion des habitats. La production de nombreux fruits et légumes nécessite une quantité énorme d'intrants chimiques. Comme on l'indique ci-dessus, les rendements accrus sont habituellement associés à une utilisation plus grande d'engrais azotés par superficie cultivée. L'azote migre facilement des terres cultivées et est en train de devenir un problème environnemental important. Pour ce qui est du café, la demande croissante a entraîné un recul des cultures de café d'ombre au profit du café cultivé au soleil. Selon des études réalisées en Colombie et au Mexique, les plantations de café au soleil accueillent 90 % moins d'espèces d'oiseaux que les exploitations de café d'ombre<sup>33</sup>.

40

Dans les élevages, la production de viande a augmenté par suite de l'accroissement de la demande. Or, cette production est associée plus que jamais aux pollutions locales à proximité des établissements d'élevage intensif de plus en plus nombreux, qui produisent plus de fumier que la terre ne peut en absorber. Aux États-Unis, en 1996, les poulets ont produit plus de 8 millions de tonnes de fumier, une source riche en éléments nutritifs qui peut être très polluante quand elle s'infiltre dans les sols et dans les écosystèmes marins et dulcicoles. Sur la côte Est des États-Unis, la baie de Chesapeake et la péninsule de Delmarva sont tristement célèbres en raison de l'eutrophisation grave causée par la présence de la plus forte concentration d'industries de volailles du pays. Au Canada et au Mexique, la croissance de la production industrielle de poulets entraînera probablement des problèmes du même genre, en l'absence de règlements ou de codes de conduite efficaces. Il semble que l'élevage intensif des porcs, qui a donné lieu à 3,5 millions de tonnes de fumier aux États-Unis en 1996, cause des problèmes semblables.

#### **4.5 Résumé**

Même s'il ne représente qu'une petite fraction du PIB du Canada, du Mexique et des États-Unis, le secteur agricole connaît une croissance impressionnante au chapitre de la valeur et des volumes dans la région visée par l'ALÉNA. Il s'agit

également d'un secteur qui, avec le secteur forestier, domine l'utilisation des sols et dicte largement l'étendue de l'habitat faunique.

Pour de nombreux analystes, l'agriculture, comparativement au secteur forestier, est le secteur d'activité le plus polluant. L'agriculture a toujours été une source diffuse de pollution, donc plus difficile à surveiller et à réglementer. Cela a engendré des problèmes particuliers. Malgré le regroupement industriel et l'industrialisation, ce secteur est en général peu contrôlé.

L'ampleur des enjeux environnementaux varie énormément entre les pays signataires de l'ALÉNA et au sein de ces pays. Même si l'agriculture intensive à grande échelle est en plein essor dans les trois pays, les problèmes environnementaux qu'elle entraîne varieront fortement en fonction de la taille de l'exploitation, du terrain, des caractéristiques hydrologiques, de la culture ou du bétail visé, des terres cultivées, du degré de spécialisation des cultures, de la concentration du bétail et d'une foule d'autres variables. Pour cette raison, l'évaluation et les politiques environnementales dans les trois pays devraient viser expressément les régions ou les activités dans lesquelles les incidences environnementales sont probables ou déjà observées.

Ces politiques devront aussi prendre en compte le fait que la productivité a augmenté de façon spectaculaire depuis 25 ans : dans nombre de cultures et d'élevages, moins d'intrants sont nécessaires pour produire une quantité constante d'extrants. Toutefois, on ne peut pas nier que l'augmentation constante de la demande de produits agricoles a entraîné une croissance soutenue des intrants en chiffres absolus. De même, parallèlement à la hausse constante du volume des extrants de la production intermédiaire et finale, la quantité de déchets et de sous-produits indésirables a également continué d'augmenter. En gros, les incidences environnementales de l'intensification de la production agricole industrielle sont plus importantes que les avantages découlant des gains de productivité. C'est pourquoi il est impératif d'accélérer le développement et la diffusion de techniques pouvant contenir ou atténuer les incidences environnementales du secteur agricole.

Ce schéma est typique de la production de matières dans les économies industrielles. Les gains découlant des progrès technologiques, de la productivité accrue et du réaménagement au détriment des industries qui consomment beaucoup d'énergie et de matières premières sont partiellement annulés par le rythme de la croissance économique. Selon une analyse récente, l'économie américaine a progressé de 74 % entre 1975 et 1996, et la production de déchets, de seulement 30 %. Ce cas de « dissociation » est impressionnant, certes, mais il n'est pas assez important pour atteindre une réduction absolue du volume de déchets. Pour la présente étude, notre documentation sur la production de matières était incomplète. Par conséquent, nous n'avons pas été en mesure d'établir un macro-indicateur indiquant le flux complet des matières dans le

secteur forestier ou agricole et le lien avec le rendement économique sectoriel. Néanmoins, l'analyse du flux de matières données ou de catégories de flux, par exemple, le sous-secteur de la volaille, fait ressortir les mêmes tendances.

## 5 Empreinte écologique

En partie pour pallier la complexité des méthodes telles que l'analyse du flux des matières, on a eu recours à la notion d'empreinte écologique<sup>34</sup> en vue de faire connaître, par des données quantitatives concrètes liées à la biophysique et compréhensibles pour tous, les besoins globaux en ressources des groupes humains – particuliers, collectivités, villes, pays, régions et même ensemble de la population mondiale. De par la facilité de compréhension qu'elle semble présenter, cette démarche diffère énormément de l'analyse du flux des matières, laquelle se centre sur un nombre restreint de matières dans une perspective généralement propre à un secteur économique donné.

Dans la présente section, nous expliquerons plus en détail cette notion, examinerons ses points forts et ses lacunes et tenterons de l'appliquer aux trois pays signataires de l'ALÉNA.

### 5.1 Points forts et lacunes de la notion d'empreinte écologique

On a qualifié l'empreinte écologique d'outil de comptabilisation qui regroupe les effets de l'activité humaine sur la biosphère en une seule donnée : la superficie bioproductive servant exclusivement à une activité humaine particulière<sup>35</sup>. Plus précisément, cet outil permet de mesurer la quantité de nourriture, de matières et d'énergie que consomme une population par rapport à la superficie des terres et des eaux bioproductives requises pour produire ces ressources (ou, dans le cas de l'énergie, pour absorber le CO<sub>2</sub> produit). L'unité de mesure employée est

34 Pour de plus amples détails au sujet de la notion d'empreinte écologique et de son application à l'Amérique du Nord, voir le document de travail n°4 (CCE, 2000b).

35 Wackernagel, 1999.

généralement l'hectare de terre (ou de mer), dont on établit la productivité moyenne en fonction de la productivité mondiale. Ainsi, les terres bioproductives servent d'indicateur indirect du capital naturel ainsi que des multiples flux de ressources et des nombreux services que rend la nature<sup>36</sup>.

En tant qu'indicateur de l'état de l'environnement et des ressources naturelles, la méthode de l'empreinte écologique présente l'avantage de réunir tous les facteurs possibles en un seul résultat. Cependant, elle peut poser des difficultés, car on doit comparer, pour le groupe étudié, les estimations établies pour les facteurs suivants :

- la superficie de terres dont la productivité équivaut à la moyenne mondiale et qui est nécessaire pour répondre aux besoins du groupe en ce qui concerne les combustibles fossiles, les terres arables, les pâturages, les forêts et les mers;
- la quantité disponible réelle de ces terres.

Ainsi, les combustibles fossiles doivent être convertis en superficie terrestre requise pour l'absorption du CO<sub>2</sub>, et ainsi de suite.

44 Pour calculer la capacité par habitant de la planète, il faut diviser la superficie totale des terres et des mers bioproductives. Ce calcul indique que 2,1 ha sont nécessaires pour répondre aux besoins de chaque habitant. De ce nombre, 1,6 ha correspond à des écosystèmes terrestres naturels et aménagés, et 0,5 ha, à des océans écoproductifs. Si 12 % de la superficie bioproductive de la terre était transformée en aires protégées destinées à la préservation des espèces sauvages, la superficie disponible par habitant serait réduite à 1,8 ha – chiffre qui, il convient de le souligner, englobe les zones sauvages ne devant pas servir aux activités humaines, mais à l'absorption du CO<sub>2</sub> et à d'autres fins.

Cette méthode de calcul global est devenue en quelque sorte un point de repère écologique lorsqu'il s'agit de comparer les empreintes écologiques des gens ou des pays. Toute région accuse un déficit écologique lorsque son empreinte dépasse la capacité productive de son territoire. Le « déficit écologique global » d'une région correspond à l'écart entre sa consommation moyenne par habitant (représentée par son empreinte écologique) et la biocapacité par habitant à l'échelle planétaire<sup>37</sup>.

Une étude de l'empreinte écologique de 52 pays a révélé que la plupart d'entre eux « importent » de la capacité écologique d'autres régions et que l'empreinte écologique de l'humanité est en réalité plus grande que la superficie bioproductive de la planète. Cette situation de « dépassement » par rapport à la capacité mondiale peut survenir parce que la capacité de la nature à rendre certains services (absorption des déchets, p. ex.) peut être dépassée pendant une certaine période et qu'on peut récolter les ressources plus rapidement qu'elles

36 Wackernagel, 1999.

37 Wackernagel, 1999.

ne se renouvellent durant un certain temps avant qu'elles ne s'épuisent. En outre, les progrès technologiques, le faible coût de certaines sources d'énergie et un meilleur accès aux ressources éloignées peuvent occulter les contraintes imposées par la rareté croissante des ressources.

À l'évidence, l'empreinte écologique a son utilité en ce sens qu'elle fournit certains indicateurs indirects relatifs aux ressources. De plus, elle permet aux décideurs de mieux juger de l'incidence de leurs actes, car elle met en lumière l'utilisation des ressources, l'absorption du CO<sub>2</sub> et d'autres facteurs évalués grâce à cette méthode.

Toutefois, cette approche a, manifestement, ses limites. D'aucuns mettent en doute la pertinence d'une conversion de la consommation d'énergie en superficie terrestre et soulignent que la méthode est désavantageuse pour les pays industrialisés, grands consommateurs d'énergie, étant donné la superficie de forêts nécessaire à l'absorption du CO<sub>2</sub> que produit la consommation énergétique. On ne sait pas avec certitude si l'empreinte écologique d'un pays doit être comparée à la capacité de ce dernier ou à la capacité mondiale.

D'autres soutiennent que, parce que la méthode nécessite beaucoup de regroupement, il faut (bien que ce ne soit peut-être pas entièrement possible à ce stade de notre compréhension) se montrer très minutieux quant aux indicateurs que l'on regroupe et aux raisons de ces regroupements, de même qu'aux modalités de la comparaison et de la pondération des divers indicateurs, et au calcul de leur moyenne. Ces spécialistes signalent que, suivant cette démarche, chaque catégorie de consommation doit être ajoutée, mais que, les données fiables sur la consommation indirecte étant rares (p. ex., en ce qui concerne la valeur énergétique intrinsèque des produits), elle entraîne facilement des erreurs. Le degré de regroupement nécessaire est de fait si élevé que bon nombre d'experts doutent que la méthode soit un outil adéquat pour orienter l'élaboration des politiques nationales<sup>38</sup>. Dans le même esprit, bon nombre d'économistes ne sont pas certains que cette méthode nous apprenne tant de choses utiles au sujet de la capacité de charge, de la rapidité présumée des innovations technologiques ou des progrès accomplis par rapport à nos objectifs de développement durable pour l'avenir.

Par ailleurs, même si ses partisans soutiennent que les calculs de ce genre, basés sur une variété d'éléments, permettent de mieux évaluer l'impact d'une gamme de modes de vie, d'organisations, de régions infranationales, de produits et services, la méthode est loin d'être parfaite, notamment pour les raisons suivantes :

- elle nécessite le regroupement de données difficilement compatibles;
- il arrive qu'on ne dispose pas de données infranationales;
- les résultats sont tributaires des variations sous-jacentes dans les données<sup>39</sup>.

38 Ayres, 2000.

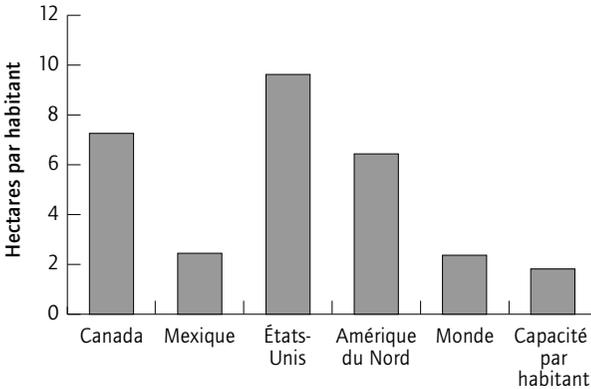
39 Simmons et coll., 2000.

## 5.2 L’empreinte écologique des pays de l’ALÉNA – Coup d’œil

En raison des nombreuses limites de cette méthode, le Groupe consultatif de la CCE s’est livré à une analyse superficielle de l’empreinte écologique des pays signataires de l’ALÉNA.

Comme le montre la figure 4<sup>40</sup>, l’empreinte écologique mesurée pour l’Amérique du Nord indique jusqu’à quel point les pays développés ont un impact sur l’environnement mondial. Selon les données de 1995 sur la consommation, l’empreinte de l’Américain moyen a été estimée à 9,6 ha, celle du Canadien moyen, à 7,2 ha, et celle du Mexicain moyen, à seulement 2,5 ha<sup>41</sup>.

**Figure 4. Comparaison de l’empreinte écologique par habitant (données de 1995)**



46

L’empreinte écologique moyenne de l’Amérique du Nord est de 6,4 ha, tandis que l’empreinte mondiale est de 2,4 ha. Dans cette perspective, si on analyse plus soigneusement la situation, la capacité réelle par habitant pour l’humanité se situant à 1,8 ha, on constate que l’empreinte nord-américaine dépasse de 4,6 ha la capacité par habitant de la planète.

Comme il ressort de la figure 5<sup>42</sup>, les écarts sont énormes lorsqu’on compare l’empreinte écologique des pays à celle de leurs habitants. Les États-Unis ont une empreinte nationale de 25,5 millions de kilomètres carrés, mais leur capacité totale est de 14,7 millions de kilomètres carrés. Par habitant, cela signifie que le pays accuse un déficit de 4,1 ha. Par comparaison, le Mexique affiche un déficit par habitant bien inférieur, soit 1,3 ha. Quant au Canada, il a toujours à lui seul une capacité de 5,1 ha par habitant. Les États-Unis et le Mexique sont donc des importateurs nets de capacité écologique. Selon un classement des 52 pays dont

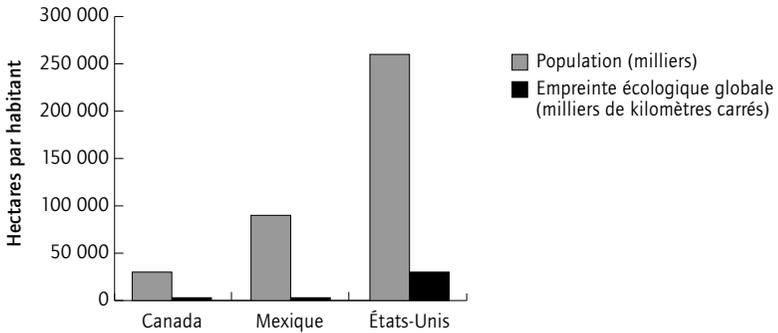
40 Redefining Progress, 1999.

41 Redefining Progress, 1999.

42 Redefining Progress, 1999.

on a mesuré l’empreinte écologique, les États-Unis, le Canada et le Mexique occupent respectivement le premier, le troisième et le trente-septième rang.

**Figure 5. Empreinte écologique globale pour l’Amérique du Nord, par pays (données de 1995)**



### 5.3 Résumé

47

Bien que l’empreinte écologique soit une méthode audacieuse et, à certains égards, utile pour examiner un nombre restreint d’incidences environnementales, le Groupe consultatif de la CCE a jugé qu’il fallait l’écarter parce qu’elle présente trop de lacunes pour pouvoir orienter l’élaboration des politiques nationales et internationales.

## 6 Techniques permettant de scruter l'avenir de l'environnement

49

L'étude des tendances environnementales passées et actuelles au moyen de techniques comme l'analyse du flux des matières ou des empreintes écologiques et la communication des résultats de ces travaux peuvent être très utiles à l'élaboration de politiques environnementales, mais ces activités ne fournissent pas nécessairement suffisamment de données fiables et convaincantes pour justifier la prise de mesures préventives visant à empêcher que les problèmes ne s'aggravent et ne se généralisent. Pour prendre de telles mesures, il faut d'abord bien comprendre l'évolution possible des conditions environnementales.

Les chercheurs ont élaboré des dizaines de méthodes permettant de scruter l'avenir de notre environnement. Certaines reposent sur l'hypothèse selon laquelle les tendances actuelles se maintiendront, tandis que d'autres s'appuient sur une vision plus novatrice de l'avenir. Le prestigieux *Battelle Seattle Research Center* a réparti ces méthodes en six catégories pratiques<sup>43</sup>, que nous adapterons à notre étude. Voici ces catégories, regroupées par paires :

- analyse et surveillance de l'environnement et extrapolation des tendances,
- méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios,
- modélisation et analyse morphologique.

Dans la présente section, nous analyserons brièvement chacune de ces catégories qui, il convient de le mentionner, ne sont pas mutuellement exclusives. D'ailleurs, la plupart du temps, les gens qui cherchent à prédire les conditions

43 Skumanich et Silbernagel, 1997.

environnementales futures combinent certaines de ces méthodes. En effet, comme nous ne connaissons pas l'avenir, nous nous devons d'employer des techniques pragmatiques et variées. La pertinence d'une technique donnée dépend de la nature des données, du problème à l'étude et, parfois, de l'urgence de la situation.

### **6.1 Analyse et surveillance de l'environnement et extrapolation des tendances**

La plupart des rapports sur les perspectives environnementales et l'état de l'environnement que publient les organismes gouvernementaux et d'autres organisations reposent en grande partie sur l'analyse et l'extrapolation des tendances qui ressortent de l'examen des données recueillies dans le cadre de programmes d'analyse et de surveillance de l'environnement. La méthode d'analyse des flux de matières décrite aux sections 2, 3 et 4 constitue une nouvelle technique d'analyse des tendances antérieures et actuelles qui peuvent influencer sur l'environnement, et rien n'empêche de combiner l'extrapolation des tendances en matière de flux des matières et d'autres activités dans le but de mieux comprendre l'évolution possible des conditions environnementales.

50 L'analyse et la surveillance de l'environnement sont essentiellement des activités de collecte de données. Elles fournissent la plupart des données empiriques de base qui nous permettent de comprendre l'environnement et constituent la base de la détermination et de l'analyse des tendances environnementales. Les méthodes d'analyse des données sont très variées, allant de l'utilisation d'équipement de détection de pointe à la collecte de données par des ornithologues amateurs qui ont une formation de base en matière d'observation et d'identification des oiseaux et de consignation des données. Les données ainsi recueillies et analysées peuvent en outre servir de base à d'autres travaux prospectifs.

L'extrapolation des tendances consiste à projeter les tendances actuelles et antérieures dans l'avenir. Par exemple, on peut très bien extrapoler les tendances observées relativement au flux des matières. Par contre, comme nous l'avons vu à la section 1, l'extrapolation des tendances se fonde en partie sur l'hypothèse valable selon laquelle les tendances du passé se répètent. Cette méthode est souvent utilisée pour la préparation des rapports sur les perspectives environnementales ou sur l'état de l'environnement. Dans ce dernier cas, on présente un aperçu détaillé d'une unité de référence donnée (aux échelons sous-régional, régional et mondial) à un moment donné. Les rapports sur les perspectives environnementales, quant à eux, présentent une analyse des tendances actuelles et font des prédictions à partir de ces tendances.

## 6.2 Méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios

Les méthodes fondées sur la consultation et sur l'élaboration de scénarios peuvent exiger qu'on sorte des cercles traditionnels des responsables des politiques environnementales et qu'on sollicite la participation d'une brochette d'experts, de membres d'organismes non gouvernementaux, du secteur privé et de citoyens intéressés.

La consultation peut prendre diverses formes. On peut, par exemple, effectuer des enquêtes pour connaître l'opinion de la population. Ainsi, en septembre et octobre 2000, la CCE a affiché sur son site Web un questionnaire d'enquête sur l'état de l'environnement; elle a reçu 475 réponses. Environ les deux tiers des répondants étaient d'avis que l'état de l'environnement se détériorerait au cours des 20 prochaines années. Par ailleurs, 81 % des répondants estimaient que l'engagement du public à l'égard de la protection de l'environnement serait plus marqué dans vingt ans.

On peut aussi sonder l'opinion des spécialistes, par exemple dans le cadre de consultations auprès de scientifiques de l'environnement, de prévisionnistes et d'autres spécialistes qui font des prévisions sur l'évolution des tendances actuelles. Le projet du millénaire de l'Université des Nations Unies, dans le cadre duquel 200 prévisionnistes et universitaires provenant de 50 pays ont effectué une étude de faisabilité, constitue un bon exemple. Le tableau 3 présente le classement des enjeux d'intérêt mondial qui a résulté de cette étude.

**Tableau 3. Projet du millénaire de l'Université des Nations Unies**

Classement	Enjeu
1	Forté croissance démographique
2	Raréfaction de l'eau douce, possiblement exacerbée par le réchauffement climatique
3	Guerre nucléaire régionale
4	Élargissement de l'écart entre riches et pauvres, à l'intérieur des pays et entre les pays
5	Raréfaction des aliments et réduction de la production alimentaire totale
6	Mondialisation – écart au niveau du leadership, de la gestion, des institutions; approche mondiale
7	Dégradation de l'environnement, particulièrement la perte de biodiversité
8	Résistance accrue aux antibiotiques
9	Terrorisme nucléaire
10	Plus grande demande d'énergie

Pour classer les différents enjeux, de nombreux participants ont utilisé la méthode de l'élaboration de scénarios<sup>44</sup>, qui est la plus courante dans le domaine des prédictions environnementales.

L'élaboration de scénarios qualitatifs est parfaitement appropriée pour se préparer aux événements inattendus qui, souvent, façonnent notre avenir et que nous ne pouvons saisir à l'aide de méthodes davantage axées sur les prévisions quantitatives. La démarche consiste à établir différents scénarios en vue d'examiner une gamme de résultats probables. Par exemple, on peut élaborer des

44 Pour de plus amples renseignements, voir CCE, 1999d.

scénarios illustrant les problèmes environnementaux qui pourraient survenir, en supposant divers modèles d'évolution des éléments en cause ou des pressions sous-jacentes, comme la consommation énergétique, la croissance démographique ou la demande de ressources naturelles. Les scénarios ainsi produits couvrent un large spectre : scénario de maintien du statu quo, scénario de la pire éventualité et scénario de la meilleure éventualité. Par exemple, on n'aurait pu prévoir les événements qui sont survenus le 11 septembre 2001 que si on avait élaboré un scénario de la pire éventualité.

Dans le contexte de l'élaboration de scénarios, particulièrement au début du processus, le travail de réflexion est tout aussi important que la collecte de données. Habituellement, on s'efforce de sortir des sentiers battus. Nul besoin d'établir un lien de causalité clair et structuré – élément nécessaire à l'élaboration de rapports sur les perspectives environnementales ou sur l'état de l'environnement. Une telle démarche n'est pas irréaliste, l'avenir n'étant pas facilement prévisible : le monde dans lequel nous vivons est trop complexe, les forces sous-jacentes du changement, trop fragmentées et les préférences publiques, trop irrationnelles pour être prises en compte dans le cadre d'un modèle strictement logique pour donner un aperçu transparent et précis de l'avenir.

52

Il importe de noter que, même si l'imagination semble occuper une grande place dans l'élaboration de scénarios, il faut également faire appel aux connaissances scientifiques et aux méthodes et outils quantitatifs qui ramènent les hypothèses à un niveau plus terre-à-terre, dégagent des modèles plus qu'évidents, montrent les relations entre les variables et les modèles. La section 8 illustre l'application efficace d'une telle approche aux prévisions sur l'appauvrissement de la couche d'ozone et à la mobilisation de la communauté internationale pour atténuer ce problème.

### **6.3 Modélisation et analyse morphologique**

L'élaboration de scénarios s'accompagne souvent d'activités de modélisation et d'analyses morphologiques<sup>45</sup>, c'est-à-dire des modélisations qui ne reposent pas sur des données quantitatives. Ces deux outils accordent plus de poids aux modèles informatiques et à d'autres outils d'analyse technique. Ils peuvent tous deux être indispensables pour assurer la cohérence interne des données qui entrent dans l'élaboration des scénarios et qui en découlent.

On utilise souvent ces modèles pour comprendre les interactions entre l'économie et l'environnement et déterminer les incidences futures de ces interactions. Il existe deux écoles de pensées dans ce domaine. Les tenants de la première croient que, compte tenu du lien non linéaire qui existe entre les changements économiques et les changements environnementaux, les analyses qualitatives sont plus appropriées que les analyses quantitatives. Selon la seconde

45 Pour une analyse plus complète des questions abordées dans la présente section, voir CCE, 1999c, 2000b.

école de pensée, on peut faire des analyses quantitatives, voire des prédictions à partir de diverses hypothèses économiques. On peut alors utiliser des modèles formels pour vérifier la cohérence interne des scénarios élaborés.

Il existe de nombreux modèles qui appliquent une logique formelle et souvent mathématique pour établir un lien entre les variables et les rapports qu'ils prétendent décrire. Les deux modèles que nous décrivons sont les modèles économiques que les économistes utilisent fréquemment et les modèles bio-économiques, qui réunissent à la fois des modèles économiques et des modèles scientifiques pour décrire un aspect donné de l'environnement<sup>46</sup>. Comme le montrent les travaux des groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), de tels modèles peuvent mener à l'établissement de prévisions quantitatives ciblées fondées sur diverses hypothèses technologiques et stratégiques, donnant lieu à un débat tout aussi ciblé<sup>47</sup>.

On utilise souvent les modèles économiques pour vérifier la cohérence interne de scénarios propres à un secteur et de scénarios concernant l'ensemble de l'économie élaborés pour prévoir les incidences environnementales d'une diversité d'interactions entre des facteurs économiques. De tels modèles peuvent servir à définir et à effectuer des analyses quantitatives de liens extrêmement complexes. Dans ce contexte, les modèles peuvent mettre en lumière des tendances et des courbes étroitement liées, comme la réaction des consommateurs à une nouvelle politique environnementale qui entraîne une modification des prix relatifs de sources d'énergie renouvelable et non renouvelable. Les modèles permettent donc de déterminer la mesure dans laquelle les consommateurs sont prêts à utiliser indifféremment des produits renouvelables, non renouvelables et autres. Les modèles facilitent par ailleurs l'estimation des incidences attribuables à des facteurs secondaires, par exemple, le lien entre les variations des prix relatifs et les innovations technologiques endogènes découlant de la réglementation, ou encore les répercussions de l'évolution des prix sur les intrants intermédiaires<sup>48</sup>. Enfin, les modèles peuvent faciliter la dissociation des divers éléments d'un problème et, nous l'espérons, fournir des éléments de réponse à certaines questions<sup>49</sup>.

Pourtant, bien qu'il existe des données sur les niveaux d'émission moyens, sur les quantités de ressources entrant dans la production et sur d'autres aspects de la performance environnementale moyenne au sein de secteurs de l'économie, il est souvent très difficile d'établir un lien entre des problèmes environnementaux

46 D'après l'agronome australien Oscar J. Cacho, « un modèle bioéconomique est un modèle biologique (ou biophysique), qui décrit le comportement d'un système vivant, et un modèle économique, qui établit un lien entre le système biologique, d'une part, et les prix du marché et les contraintes liées aux ressources et aux institutions, d'autre part ».

47 GIEC, 2001.

48 En règle générale, le coût associé au respect des règlements antipollution est élevé pour les industries qui ont peu de solution de rechange en ce qui a trait aux intrants; en revanche, il est faible dans le cas des industries qui peuvent utiliser différents intrants de substitution. Cela ne signifie pas pour autant qu'on puisse facilement déterminer l'écart qui existe entre les secteurs, quelles seront les réactions probables des différents secteurs et quelle est la politique la plus efficace. Compte tenu du fait que les stratégies ne sont pas élaborées dans un contexte de neutralité politique, dans leur analyse des modèles fondés sur le modèle ORANI, Powell et Snape (1992) proposent quatre grands objectifs qui orienteront les travaux de la communauté de la modélisation économique : 1) les modèles ne doivent pas être appliqués uniquement dans une organisation donnée ou dans les organismes de réglementation visés; 2) les modèles doivent être étayés par des données, des méthodes et des résultats publiquement accessibles; 3) les modélisateurs doivent consulter les gens qui seront visés par une politique lors de la conception et de l'exécution du modèle; 4) la modélisation doit être la responsabilité de groupes indépendants du pouvoir exécutif du gouvernement.

49 Voir Jorgenson et Wilcoxon (1998), qui présentent un exemple très pertinent de l'utilisation d'un modèle informatique d'équilibre général pour évaluer les coûts économiques des règlements environnementaux.

attribuables à un secteur donné et des tendances d'ordre plus général. Le défi consiste à faire une évaluation des changements probables tant à l'intérieur des secteurs (en s'appuyant sur des variables comme le commerce international, les préférences de la population et les réactions aux politiques financières) qu'entre eux<sup>50</sup>. Par exemple, on ne sait pas encore très bien quelle est la meilleure façon d'intégrer les prévisions économiques dans les divers scénarios concernant la qualité de l'environnement. Les prévisions économiques portent souvent sur la croissance du PIB sur deux à cinq ans, alors que l'horizon prévisionnel des tendances environnementales et de l'évolution de l'environnement est de 25 à 100 ans.

Avec l'émergence de la nouvelle économie, il devient de plus en plus difficile de faire des prévisions économiques. Les technologies de l'information et des communications semblent avoir facilité et accéléré la libéralisation des échanges et la mondialisation, créant un plus grand intérêt pour le libre-échange, par exemple dans le secteur des services. La technologie est également devenue une variable endogène qu'on peut difficilement modéliser. Ainsi, de nombreuses personnes estiment que les technologies de l'information constituent un élément de plus en plus important de l'équation, non seulement en ce qui concerne l'augmentation de la productivité, mais également pour expliquer l'écart de plus en plus grand qui existe au niveau de la productivité entre des pays comme les États-Unis et le Canada. Le Fonds monétaire international a analysé les nouveaux liens qui existent entre la forte croissance de l'économie américaine, un taux d'inflation faible et les technologies de l'information et a constaté que l'expansion économique des États-Unis ne marque pas nécessairement le début d'un nouvel âge, mais correspond plutôt à un ensemble «d'événements fortuits mais temporaires» qui ont favorisé une croissance économique rapide à la fin des années 1990<sup>51</sup>. Le directeur de la Réserve fédérale américaine, M. Alan Greenspan, a déclaré qu'il avait observé «un changement radical dans le cycle économique d'après-guerre», les innovations techniques sous-tendant de plus en plus l'augmentation de la productivité et l'équipement permettant d'économiser la main-d'œuvre, ce qui favorise la diminution des coûts et l'amélioration des délais de livraison<sup>52</sup>. Le «changement radical» et des «événements fortuits mais temporaires» peuvent difficilement être intégrés dans des modèles de prévisions économiques, à plus forte raison lorsqu'on cherche à établir les incidences des changements économiques sur l'environnement.

De même, parce que les effets économiques des politiques commerciales sont difficiles à cerner, il demeure extrêmement difficile de quantifier les changements environnementaux attribuables à la libéralisation des échanges. Cela s'applique particulièrement aux projets de modélisation visant à vérifier la théorie de Kuznets selon laquelle après une détérioration de la qualité de l'environnement, avec l'augmentation du PIB par habitant, les tendances s'inversent, la qualité de l'environnement s'améliorant et les revenus demeurant à la hausse<sup>53</sup>.

50 Voir CCE (1999e), pour une analyse des études menées récemment sur les liens entre les politiques économiques à venir et les incidences environnementales probables, sur les prévisions plus générales des liens entre l'environnement et le commerce et sur les travaux prévisionnels.

51 FMI, 1999.

52 Conférence interne sur la croissance des technologies et des échanges d'information, avril 2000.

53 Kuznets, 1955.

Les efforts de modélisation visant à vérifier cette théorie ne peuvent qu'amener à conclure qu'un seul facteur comme le PIB par habitant n'est pas un indicateur fiable des tendances en matière de qualité de l'environnement. En outre, d'autres facteurs économiques et non économiques, par exemple les effets de composition, de technologie, de réglementation et d'échelle, influent souvent grandement sur la qualité de l'environnement. Les répercussions qu'entraînent ces facteurs sont complexes et doivent être modélisées si on veut savoir si la qualité de l'environnement s'améliorera, demeurera stable ou se dégradera, ainsi que pour déterminer quels secteurs économiques et quels milieux environnementaux seront le plus touchés par l'accroissement du commerce et du PIB par habitant<sup>54</sup>.

Cette incertitude est en partie attribuable au fait que nous comprenons mal :

- les façons adéquates d'évaluer les changements dans la qualité de l'environnement, y compris la capacité de récupération des écosystèmes,
- les répercussions des changements structurels et compositionnels sur l'économie et sur la qualité de l'environnement,
- les effets de la technologie sur la qualité de l'environnement, y compris la rapidité avec laquelle on adopte des techniques de production moins polluantes,
- le lien entre les règlements nationaux plus sévères et le revenu et diverses autres variables.

Même si on pouvait prévoir les effets économiques complexes de l'adoption d'une nouvelle technologie, on aurait de la difficulté à prévoir les effets environnementaux en utilisant des modèles ou des scénarios. Cela s'explique par l'absence d'indicateurs composites ou globaux de la qualité de l'environnement qui viendraient pondérer les changements observés dans les différentes catégories d'indicateurs environnementaux. La Commission du développement durable des Nations Unies a défini 130 indicateurs; la plupart d'entre eux révèlent un changement net dans un milieu, mais pas en ce qui a trait à la qualité globale de l'environnement. Il faut par ailleurs définir des indicateurs qui permettront de déterminer les changements relatifs à la biodiversité, à la couverture forestière, aux habitats, aux écosystèmes<sup>55</sup>.

Il existe toujours des lacunes au chapitre des données et de la théorie qui permettraient de soutenir les modèles économiques et bioéconomiques, mais ces modèles demeurent l'une des rares méthodes quantitatives qui puissent être utilisées dans d'autres contextes pour analyser les interactions passées et futures entre l'environnement et l'économie. Par conséquent, ces approches demeurent un outil essentiel parmi toutes les méthodes dont disposent les chercheurs et les décideurs pour prévoir les problèmes environnementaux et prendre des mesures avant qu'ils ne s'aggravent et ne se généralisent.

54 L'hypothèse semble toutefois valable dans le cas des politiques de l'environnement. La libéralisation accrue du commerce et l'augmentation des revenus donnent lieu à l'adoption de politiques et de règlements plus rigoureux.

55 Voir CCE (1999c), qui présente une analyse des indicateurs.

#### 6.4 Résumé

Pour le grand public et nombre de décideurs, la validité apparente d'approches essentiellement quantitatives, comme la modélisation et l'extrapolation des tendances, est très rassurante. Ces approches constituent donc un outil efficace qu'on peut utiliser pour convaincre la population et faciliter le processus décisionnel. Par contre, elles permettent rarement de prédire des événements inattendus qui peuvent avoir une incidence marquée sur les conditions environnementales. À cette fin, des techniques plus audacieuses, comme l'élaboration de scénarios, peuvent être plus utiles. Le choix de la méthode utilisée dépendra des objectifs visés et du contexte dans lequel l'analyse est effectuée, de la nature des données accessibles et du problème à l'étude. Par conséquent, toutes les techniques décrites ici peuvent aider à mieux comprendre les conditions environnementales futures, surtout lorsqu'on les applique avec souplesse et perspicacité.

Dans les deux sections suivantes, nous illustrons l'utilité de ces techniques, soit individuellement, soit en combinaison avec d'autres approches. La section 7 présente un modèle de simulation combinée du commerce et des ressources en eau pour mettre en lumière les solutions de rechange en matière de politiques s'appliquant à la concurrence que se livreront les régions urbaines et les régions rurales pour l'accès aux ressources en eau. La section 8 présente un cas où, grâce à la technique d'élaboration de scénarios, jumelée à d'autres approches et en tenant compte d'un ensemble d'autres facteurs, on a pu anticiper un problème environnemental, à savoir l'appauvrissement de la couche d'ozone, et mobiliser les communautés nationales et internationales pour trouver des solutions à ce problème. Cette section illustre également comment les études empiriques fondées sur des modèles économiques peuvent contribuer à détruire les mythes entourant les incidences que pourraient avoir certains développements économiques sur l'environnement, dans le cas qui nous occupe, l'absence prétendue d'effets environnementaux de la nouvelle économie.

## 7 Modélisation de la concurrence à venir pour l'accès à l'eau

57

Un grand nombre d'observateurs considèrent la disponibilité des ressources en eau comme l'un des facteurs essentiels de la sécurité alimentaire dans de nombreuses régions de notre planète. Dans les régions arides de l'Amérique du Nord, il est probable que l'urbanisation croissante va faire concurrence au secteur agricole (irrigation) pour l'accès à des ressources en eau douce de plus en plus rares. Dans certaines régions, pour répondre à la demande croissante d'eau des villes et des industries, on va priver le secteur agricole d'une partie de l'eau d'irrigation – facteur de production essentiel que nous n'avons pas pu inclure dans l'analyse du flux des matières de la section 4.

Afin de comprendre les forces en présence, la CCE a décidé d'examiner l'un des modèles les plus exhaustifs utilisés à l'échelle mondiale, pour expliquer ce phénomène et la façon dont il pourrait évoluer au cours des 10 à 20 prochaines années. Elle a ensuite appliqué ce modèle à trois scénarios de l'évolution de la concurrence pour l'accès à l'eau entre les régions urbaines et les régions rurales des États-Unis.

### 7.1 IMPACT - modèle de simulation de l'utilisation de l'eau

Depuis quelques années, la CCE collabore avec des chercheurs de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires et de la *Michigan State University* (Université d'État du Michigan) en vue d'intégrer un modèle de simulation de l'utilisation de l'eau au modèle international d'analyse stratégique des

produits et du commerce agricoles (*International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade – IMPACT*). Une telle approche permet de modéliser l'utilisation et la disponibilité de l'eau par rapport à des modèles assez précis visant l'exploitation des forces pertinentes du marché.

### 7.1.1 IMPACT

Le modèle IMPACT est utilisé à grande échelle, et l'on mentionne souvent les résultats qu'il génère<sup>56</sup>. Il s'agit d'un prolongement de modèles commerciaux internationaux existants et reconnus, par exemple le modèle international de simulation des politiques alimentaires (*International Food Policy Simulation Model*), le modèle statique de simulation de politiques internationales (*Static World Policy Simulation Model*), le système de gestion du thésaurus multilingue (*Multilingual Thesaurus Management System*) de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques et le modèle d'alimentation mondiale de la FAO. Le modèle IMPACT, qui vise l'agriculture, est un modèle international d'équilibre partiel qui permet de faire des prévisions à long terme des prix, de l'offre, de la demande et des échanges commerciaux<sup>57</sup>.

58

Le modèle IMPACT a déjà été appliqué à 35 pays et à 17 produits agricoles. Les échanges commerciaux créent des liens entre les sous-modèles du modèle IMPACT dans les différents pays et régions, mettant ainsi en lumière l'interdépendance des pays et des produits agricoles sur les marchés agricoles mondiaux. Le modèle IMPACT constitue un cadre uniforme permettant d'examiner les effets des différentes politiques alimentaires et du volume d'investissements dans la recherche agricole sur la productivité des récoltes, ainsi que l'impact du revenu et de la croissance démographique sur la sécurité alimentaire et sur l'équilibre entre l'offre et la demande d'aliments.

### 7.1.2 Le modèle de simulation de l'utilisation de l'eau

Notre modèle de simulation de l'utilisation de l'eau («MSUE») simule la disponibilité des ressources en eau affectées aux cultures, en tenant compte des éléments suivants :

- quantité totale de ressources hydriques renouvelables,
- demande d'eau à des fins non agricoles,
- infrastructure d'approvisionnement en eau,
- politiques économiques et environnementales à l'échelle des bassins, des pays ou des régions.

56 Pour une description détaillée, voir Rosegrant et coll., 1995. Pour connaître les résultats récents générés par le modèle IMPACT, voir Pinstrip-Andersen et coll., 1997, 1999.

57 Rosegrant et Cai, 2000.

Le MSUE regroupe l'ensemble des eaux de surface en un seul réservoir et l'ensemble des eaux souterraines en une seule et unique source. Chaque mois, on calcule la différence entre l'eau perdue et l'eau récupérée pour chaque bassin/pays/région en tenant compte de la réglementation qui vise l'emmagasinement de l'eau et des contraintes de débit établies. Les transferts entre les zones d'emmagasinement font l'objet d'un suivi annuel. La disponibilité de l'eau est considérée comme une variable aléatoire (c.-à-d. une variable dont le niveau dépend d'une valeur probable et d'une autre valeur très instable), mais est néanmoins soumise à une distribution théorique observable. Cette approche permet d'examiner les répercussions des sécheresses sur les disponibilités alimentaires, la demande et le prix des aliments.

La demande d'eau dans tous les bassins fluviaux est divisée en trois secteurs : agriculture, industrie, usage domestique. La demande du secteur agricole comprend à la fois l'eau nécessaire à l'arrosage des cultures et à l'abreuvement du bétail, de même que l'eau destinée à un usage domestique dans les régions rurales.

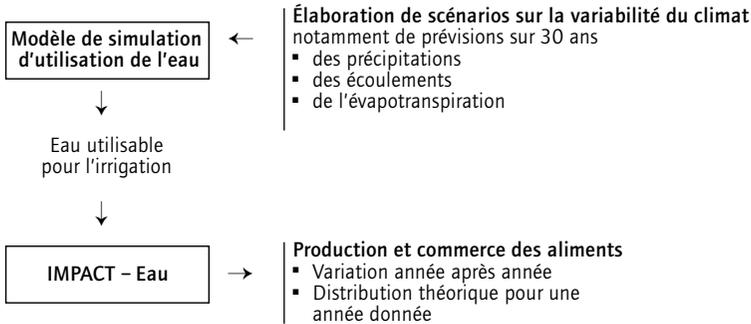
### **7.1.3 Modèle IMPACT de simulation de l'utilisation de l'eau**

Le modèle de simulation IMPACT, qui intègre le MSUE dans le modèle économique et commercial IMPACT, permet d'examiner les liens entre la disponibilité de l'eau et la production alimentaire à diverses échelles spatiales — bassins fluviaux, pays ou régions, ou monde entier — sur une période à venir de 30 ans (figure 6). Comme pour le MSUE de base, on considère la disponibilité de l'eau comme une variable aléatoire qui fait l'objet d'une distribution théorique observable; on peut ainsi examiner l'impact des sécheresses sur les disponibilités alimentaires, la demande et le prix des aliments.

Une fois qu'on a calculé la quantité d'eau nécessaire aux cultures et la quantité fournie à celles-ci, elle est intégrée aux secteurs présentant un certain rendement et aux régions où l'on pratique la culture irriguée et à celles où l'on pratique la culture sèche. Huit types de cultures sont visés :

- riz,
- blé,
- maïs,
- autres céréales secondaires,
- soja,
- pommes de terre,
- patate douce,
- manioc et autres racines, tubercules.

**Figure 6. Le MSUE IMPACT**



Le modèle intègre l’approvisionnement en eau des zones agricoles irriguées et l’infrastructure utilisée pour acheminer cette eau. On peut ainsi évaluer l’impact des investissements dans l’amélioration des systèmes d’irrigation et dans l’extension des zones de culture potentielles.

En raison de ces caractéristiques, on peut utiliser le MSUE IMPACT pour simuler les effets du transfert de l’eau du secteur agricole à d’autres usages à l’échelle locale, nationale, régionale et mondiale. Par contre, cette approche présente des limites. Par exemple, il serait difficile de prédire les changements non linéaires que peut générer une guerre commerciale ou une autre forme de conflit international.

Pour l’instant, ce modèle n’a été appliqué qu’à 14 bassins fluviaux aux États-Unis, mais il faut un volume très élevé de données pour mettre en place la partie du modèle consacrée à la simulation de l’utilisation de l’eau. Il est sans doute possible d’appliquer (à un coût élevé) le modèle au Mexique (où les pénuries d’eau pourraient être fréquentes à l’avenir) ou au Canada (considéré comme un pays dont les ressources hydriques sont énormes).

Ce modèle offre une flexibilité qui va sans doute offrir une nouvelle vision de la concurrence pour l’accès à l’eau dans les trois pays, laquelle est appelée à s’intensifier. Au Canada, au Mexique et aux États-Unis, la majeure partie de la production agricole et de l’activité économique, mais aussi les populations, sont concentrées dans des bassins fluviaux déjà soumis à un stress considérable, tandis que l’eau est relativement abondante dans d’autres bassins. En exploitant la flexibilité du modèle pour examiner la situation des pays signataires de l’ALÉNA par bassin fluvial, on pourrait établir d’autres modes de distribution et d’utilisation de l’eau, compte tenu des contraintes environnementales et de la demande accrue d’eau dans les différents bassins, susceptible de compliquer l’accès futur aux ressources hydriques. Une telle approche faciliterait l’établissement de projections sur l’offre et la demande d’eau :

- projections de la demande d'eau par les secteurs municipaux et industriels;
- projections de l'utilisation de l'eau par les industries et les municipalités;
- examen des autres perspectives possibles pour la production et la demande d'aliments, le commerce des aliments et le prix des aliments à l'échelle internationale;
- analyse de l'impact des divers scénarios relatifs à l'eau sur l'offre et la demande d'aliments;
- analyse de l'impact de la concurrence des divers secteurs pour l'accès à l'eau sur la disponibilité de l'eau dans le secteur agricole.

Comme le montre la prochaine section, on pourra aussi examiner l'impact des différentes politiques environnementales restreignant ou modifiant l'accès à l'eau pour différents usages.

## 7.2 Application du modèle – Les trois scénarios américains

On a appliqué le modèle à 14 bassins fluviaux des États-Unis afin de produire trois scénarios – un scénario de base et deux scénarios de remplacement (carte 1). Les scénarios de remplacement prévoient une réduction du prélèvement d'eau maximal autorisé (PEMA) — c'est-à-dire la capacité physique à prélever de l'eau, en détournant les eaux de surface ou en pompant les eaux souterraines — qui est consenti au secteur agricole, aux municipalités et aux industries. Dans le cadre des trois scénarios, on suppose que l'eau sera toujours affectée en premier lieu aux besoins des municipalités et des industries, lesquels augmentent beaucoup plus vite que les besoins du secteur agricole, comme le montre le tableau 4 (voir p. 64). Les deux scénarios de remplacement (REMP1 et REMPL2) mettent donc l'accent sur la diminution du PEMA visant à approvisionner en eau d'irrigation le secteur agricole.

**Carte 1. Les 14 bassins fluviaux auxquels trois scénarios ont été appliqués**



Voici les trois scénarios<sup>58</sup> :

- *Scénario de base* – On suppose que les tendances actuelles<sup>59</sup> en matière d’investissement dans les systèmes d’approvisionnement en eau et d’utilisation de l’eau vont se maintenir. On suppose également que, dans l’ensemble des États-Unis, le PEMA va augmenter de 5% sur 25 ans. L’augmentation du niveau des différents bassins fluviaux va s’échelonner entre 1,7% et 13,9%, les augmentations les plus marquées touchant les bassins plus arides ou soumis à des prélèvements d’eau plus importants en raison de l’agriculture intensive (p. ex., les bassins du Rio Grande, du fleuve Columbia et des rivières Blanche et Rouge). On suppose en outre que l’augmentation du rendement des systèmes d’irrigation va être de l’ordre de 1,5% à 8% dans les différents bassins fluviaux, les augmentations les plus marquées touchant les bassins où l’infrastructure hydraulique est déjà très développée, notamment ceux de la rivière California et du fleuve Colorado. Enfin, on suppose que la quantité d’eau emmagasinée dans des réservoirs de surface totalisera 1 017 km<sup>3</sup> et que ce niveau sera maintenu<sup>60</sup>.
- *REMP11* - « *L’irrigation est touchée* » – On suppose ici une diminution de 7,8% du PEMA pour tous les bassins fluviaux au cours des 25 prochaines années par rapport aux niveaux de 1995, à la suite de l’augmentation importante de la quantité d’eau détournée de l’irrigation pour des raisons écologiques. Par exemple, on pourrait prélever moins d’eau aux fins d’irrigation dans le bassin du fleuve Columbia afin de protéger ou de restaurer l’habitat du saumon. On suppose en outre que la diminution du PEMA dans les différents bassins fluviaux est comprise entre 2,1% et 13,9%, cette diminution étant plus marquée dans les bassins où l’on prélève déjà beaucoup d’eau (California et Colorado). On suppose aussi que, contrairement à ce que prévoit le scénario de base, d’ici 2025, environ 6,3% (soit 64 km<sup>3</sup>) des eaux de surface actuellement emmagasinées seront perdues en raison du dépôt d’alluvions dans les réservoirs et ne pourront pas être récupérées<sup>61</sup>.
- *REMP2* - « *L’irrigation gagne en efficacité* » – On prévoit la même diminution du PEMA que dans le cadre du scénario REMPL1, mais aussi que des améliorations importantes seront apportées aux systèmes d’irrigation par rapport à ce que prévoit le scénario de base. On suppose qu’une amélioration réaliste de l’efficacité avec laquelle l’eau est utilisée dans les bassins fluviaux peut compenser la perte de l’eau destinée à l’irrigation

62

58 Tous les scénarios utilisent des données hydrologiques (précipitations, évapotranspiration et ruissellement) qui recréent le régime hydrologique de la période 1961–1991 [à partir de données recueillies en 2000 par le *Center for Environmental System Research* (Centre de recherche sur les systèmes environnementaux) de l’Université de Kassel]. Tous les scénarios prévoient une élimination graduelle, entre 2000 et 2025, de l’extraction des eaux souterraines – c’est-à-dire du pompage de l’eau à un rythme plus rapide que celui du renouvellement de cette eau. Par contre, en chiffres nets, le volume des eaux souterraines pompé va augmenter de 25 km<sup>3</sup> durant cette période. En d’autres termes, ce volume va diminuer de 8,5 km<sup>3</sup> au cours des 25 prochaines années dans les régions où l’on prélève une grande quantité d’eaux souterraines (bassins du Colorado, de la rivière California, du Rio Grande et des rivières Rouge et Blanche), le volume pompé va augmenter graduellement de 33,5 km<sup>3</sup> dans les régions disposant d’abondantes ressources en eau souterraine. Il est intéressant de noter qu’en 1995, la quantité totale d’eau souterraine pompée totalisait 107 km<sup>3</sup>, soit 21% de l’ensemble des prélèvements d’eau.

59 Par « actuelles », nous entendons « qui datent de 1995 », dernière année pour laquelle nous disposons de données fiables.

60 Ce chiffre est tiré de Commission internationale des grands barrages, 1998.

61 Selon des estimations de Gleick, 1993.

justifiée par des impératifs écologiques. Plus précisément, on suppose que, d'ici 2025, l'augmentation du rendement global de l'utilisation de l'eau va représenter entre 9,5% et 16,7% aux États-Unis, selon le bassin fluvial. Dans les bassins du Colorado et de la rivière California, par exemple, on suppose que le rendement global de l'utilisation de l'eau sera passé à 0,9% d'ici 2025 – c'est le niveau actuel des systèmes d'irrigation en Israël. Il faut noter que ce scénario s'appuie sur les mêmes hypothèses que le scénario REMPL1 quant à la perte de capacité d'emménagement des eaux de surface imputable à la sédimentation.

Il est important de comprendre que, selon ces trois scénarios, tandis que le prélèvement total d'eau augmente de 5% sur 25 ans, la consommation d'eau augmente à peine. La raison semble en être la suivante : en plus de l'augmentation du rendement global de l'utilisation de l'eau dans les bassins fluviaux, l'eau utilisée à des fins agricoles représente une portion moins élevée de la consommation totale. En 1995, l'utilisation d'eau à des fins agricoles représentait 67,7% de la consommation totale, et l'on prévoit que ce chiffre sera de 63,6% en 2010 et de 60,8% en 2025. En règle générale, le secteur agricole consomme plus d'eau que les municipalités et les industries par rapport à la capacité de prélèvement. Ainsi, même si les prélèvements totaux augmentent de 5% au cours de la période de 25 ans visée, la consommation totale demeurera presque inchangée, parce que la proportion utilisée à des fins agricoles baissera, tandis que la quantité d'eau qu'utilisent les municipalités et les industries augmentera.

Dans le cadre du scénario REMPL1, les aires cultivées irriguées diminuent par rapport aux valeurs de base établies pour la période 2021–2025 : de 13,7% pour le riz, de 15,5% pour le blé, de 6,2% pour le maïs, de 7,2% pour les autres céréales, de 2,7% pour le soja et de 1,3% pour les pommes de terre. Le rendement de terres irriguées baisse de 4% pour le riz, de 11,5% pour le blé, de 8% pour le maïs, de 10% pour les autres céréales, de 9,2% pour le soja et de 14,7% pour les pommes de terre. Les baisses de production dans les régions irriguées totalisent donc 16,9% pour le riz, 25,2% pour le blé, 13,9% pour le maïs, 16,6% pour les autres céréales, 11,7% pour le soja et 15,8% pour les pommes de terre. Le scénario REMPL2 prévoit des baisses de production qui ne sont pas aussi importantes – 10,4% pour le riz, 10,7% pour les autres céréales, 8% pour le soja et 12,7% pour les pommes de terre. Par rapport au scénario de base, les plus fortes diminutions de la production prévues dans les scénarios de remplacement touchent les bassins où l'eau est plus rare au début de la période de projection.

Cette diminution de la production des régions irriguées entraîne une baisse de la contribution de l'irrigation à la production alimentaire totale, mais ne modifie que très peu la contribution des cultures sèches. À l'échelle du pays, la production de céréales prévue pour la période 2021–2025 représente 19%,

16,5% et 17,3% de la production totale selon le scénario de base et les scénarios REMPL1 et REMPL2, respectivement. Les deux scénarios de remplacement prévoient que la contribution de l'irrigation à la production chute nettement plus dans les bassins où l'eau est plus rare – Colorado, California, Rio Grande et Texas–Golfe. Dans le cas des autres scénarios, on n'observe que de légers changements dans la production en culture sèche. Le scénario REMPL1 prévoit une légère augmentation de la production en culture sèche pour 2021–2025 (environ 0,2% par rapport à la valeur du scénario de base), mais uniquement parce qu'on observe une faible augmentation des prix des récoltes sur le marché international (et donc sur le marché américain), imputable à la diminution de la production américaine.

**Tableau 4. Évaluation de la demande d'eau pendant l'année de référence et projections d'utilisation**

	Demande d'eau à des fins d'irrigation			Demande d'eau des municipalités et des industries			Demande d'eau totale		
	1995 (km <sup>3</sup> )	2025 (km <sup>3</sup> )	Évolution (%)	1995 (km <sup>3</sup> )	2025 (km <sup>3</sup> )	Évolution (%)	1995 (km <sup>3</sup> )	2025 (km <sup>3</sup> )	Évolution (%)
Ohio et Tennessee	1,01	1,166	15,4	8,37	9,204	10,0	9,38	10,37	10,6
Rio Grande	4,2	4,336	3,2	1,68	2,088	24,3	5,88	6,424	9,3
Columbia	18,13	18,074	-0,3	2,42	3,066	26,7	20,55	21,14	2,9
Colorado	16,66	15,81	-5,1	3,82	5,368	40,5	20,48	21,178	3,4
Grand Bassin	6,97	7,35	5,5	1,61	2,282	41,7	8,58	9,632	12,3
California	30,35	29,26	-3,6	5,19	6,952	33,9	35,54	36,212	1,9
Rivières Blanche et Rouge	14,88	14,958	0,5	3,97	4,812	21,2	18,85	19,77	4,9
Centre du littoral de l'Atlantique	1,04	0,972	-6,5	8,32	9,162	10,1	9,36	10,134	8,3
Mississippi (haut)	7,54	7,036	-6,7	2,38	2,796	17,5	9,92	9,832	-0,9
Mississippi (bas)	1,53	1,722	12,5	3,68	4,112	11,7	5,21	5,834	12,0
Grands Lacs	1,06	1,136	7,2	5,78	6,462	11,8	6,84	7,598	11,1
Atlantique Sud–Golfe	10,12	12,316	21,7	7,65	9,108	19,1	17,77	21,424	20,6
Texas–Golfe	11,76	12,224	3,9	5,64	7,604	34,8	17,4	19,828	14,0
Missouri	26,46	28,782	8,8	3,88	5,268	35,8	30,34	34,05	12,2
États-Unis	151,71	155,142	2,3	64,39	78,284	21,6	216,1	233,426	8,0

**Tableau 5. Comparaison entre le scénario de base et les deux scénarios de remplacement (production, demande, commerce et prix internationaux des aliments entre 2021 et 2025)**

	Production (milliers de tonnes)				Demande (milliers de tonnes)			
	Moyenne 2021–2025				Moyenne 2021–2025			
	1995	BASE	REMP1	REMP2	1995	BASE	REMP1	REMP2
Riz	5 476	6 628	5 505	5 942	2 938	4 046	4 037	4 041
Blé	61 587	85 155	82 011	82 498	31 580	41 009	40 942	40 949
Maïs	226 640	300 440	293 490	296 767	177 692	226 740	225 208	226 045
Autres céréales	27 476	42 070	40 900	41 212	23 560	33 033	33 221	33 126
<b>Total des céréales</b>	<b>321 179</b>	<b>434 294</b>	<b>421 907</b>	<b>426 420</b>	<b>235 770</b>	<b>304 828</b>	<b>303 408</b>	<b>304 161</b>
Soja	64 195	81 455	80 795	80 810	42 274	61 847	61 653	61 680
Pomme de terre	209	28 925	25 221	25 974	20 948	27 979	27 834	27 866
Patate douce	602	754	715	726	616	741	739	740
Manioc et tubercules	3	0	0	0	207	230	230	-204

	Exportations (milliers de tonnes)				Prix internationaux			
	Moyenne 2021–2025				Moyenne 2021–2025			
	1995	BASE	REMP1	REMP2	1995	BASE	REMP1	REMP2
Riz	2 538	2 575	1 464	1 888	285,0	218,4	220,4	219,8
Blé	30 007	43 170	40 111	40 631	133,0	124,8	126,8	126,0
Maïs	48 948	68 330	62 252	65 361	103,0	105,6	108,2	107,2
Autres céréales	3 916	7 578	6 184	6 583	97,0	86,4	87,4	87,0
<b>Total des céréales</b>	<b>85 409</b>	<b>121 653</b>	<b>110 011</b>	<b>114 463</b>	<b>S/O</b>	<b>S/O</b>	<b>S/O</b>	<b>S/O</b>
Soja	21 921	20 031	19 581	19 717	247,0	242,8	244,2	244,0
Pomme de terre	342	952	-2 608	-1 887		176,0	179,0	178,4
Patate douce	-14	13	-23	-13	134,0	90,2	92,4	91,6
Manioc et tubercules	-230	-230	-230	106	81,6	82,6	82,2	

Le tableau 5 compare les trois scénarios en ce qui concerne, culture par culture, la production alimentaire, la demande d'aliments, le commerce des aliments et le prix des produits agricoles sur les marchés internationaux entre 2021 et 2025. Le scénario REMPL1 prévoit, aux États-Unis, une diminution marquée de la production annuelle totale de céréales, de la demande totale de céréales et des exportations de céréales par rapport au scénario de base. Cette diminution est beaucoup moins marquée dans le cadre du scénario REMPL2. On observe le même phénomène pour le soja. Les répercussions sont surtout notables pour la patate douce, parce que près de 80 % de la production dépend de l'irrigation. Le scénario de base prévoit que les exportations de pommes de terre totaliseront 0,94 million de tonnes entre 2021 et 2025, mais le scénario REMPL1 inverse cette tendance, prévoyant l'importation de 2,5 millions de tonnes de patates douces pendant cette même période. Dans tous les cas, les répercussions sont nettement moins importantes en vertu du scénario REMPL2.

Cette modélisation montre que les modifications d'affectation de l'eau touchent beaucoup plus la production alimentaire dans les bassins arides (comme celui du Colorado et du Texas–Golfe) et dans les bassins où l'irrigation contribue actuellement davantage à la production totale (p. ex., celui du fleuve Missouri et des rivières Arkansas, California, Rouge et Blanche). Entre 2021 et 2025, le scénario REMPL1

prévoit que ces modifications seront responsables de 95 % de la baisse de la production céréalière par rapport au scénario de base. Dans les bassins où les contraintes environnementales sont les plus évidentes, il faudrait vraiment accorder la priorité absolue à l'amélioration de la gestion des ressources hydriques.

### 7.3 Résumé

Les résultats produits par le MSUE IMPACT dans les bassins fluviaux des États-Unis révèlent que l'on peut opérer d'autres transferts d'eau pour répondre aux exigences écologiques, sans que cela ait des effets dévastateurs sur l'ensemble de la production et du commerce alimentaires aux États-Unis. Même si l'on risque d'observer des effets localisés sur l'emploi dans le secteur agricole et sur les secteurs connexes en cas d'intensification de la concurrence pour l'accès à des ressources hydriques rares, les principaux effets toucheront les bassins où l'on observe une diminution de la production. C'est dans ces bassins qu'il conviendrait d'intervenir afin de dédommager les agriculteurs touchés par le détournement de l'affectation de l'eau pour des raisons écologiques. Toutefois, comme le démontre le scénario REMPL1, les investissements dans le développement de systèmes d'irrigation plus efficaces peuvent atténuer certains de ces effets négatifs, même lorsque l'eau est affectée à un autre usage pour des raisons écologiques. On pourrait revoir les politiques existantes pour encourager de tels investissements — par exemple, grâce à des politiques d'établissement des prix plus ambitieuses — afin d'encourager la conservation de l'eau et de limiter la consommation des municipalités et des industries qui, selon les trois scénarios, en sont les principaux utilisateurs.

De telles mesures revêtent une plus grande importance lorsqu'on constate que, même en vertu du scénario de base, l'insuffisance du volume d'eau affecté à l'irrigation va toucher certains bassins arides de l'ouest des États-Unis, ainsi que du Midwest, où l'on consomme énormément d'eau pour l'irrigation. Manifestement, il devient important de faire une utilisation efficiente de l'eau dans toutes les régions, en raison des contraintes environnementales et de l'augmentation rapide de la demande d'eau par les municipalités et l'industrie. Il faudra gérer intelligemment les ressources hydriques des États-Unis, non seulement pour respecter les objectifs environnementaux et répondre aux besoins du secteur agricole et d'autres utilisateurs, mais aussi pour permettre aux pays en développement d'acquérir des céréales à des prix abordables, sur des marchés alimentaires régionaux et mondiaux de plus en plus intégrés.

On peut également utiliser le MSUE IMPACT pour définir certains aspects plus globaux de la disponibilité de l'eau et de son utilisation. Par exemple, on peut modéliser :

- les forces accentuant les variations de la quantité d'eau disponible pour l'irrigation (p. ex., le changement climatique planétaire, la pollution, le transfert aux municipalités et aux industries, la conservation de l'environnement);
- les forces susceptibles d'atténuer cette variabilité (p. ex., l'investissement dans l'infrastructure, le partage de l'eau à l'échelle internationale et la recherche de nouvelles sources d'eau).

La plus marquante de ces forces pourrait bien être le changement climatique. Même s'il faudrait effectuer des analyses de sensibilité approfondies pour évaluer avec précision le réchauffement atmosphérique, nous pouvons supposer que ce phénomène aura pour conséquence principale d'intensifier le stress subi par les terres agricoles irriguées dans les régions où l'eau est rare<sup>62</sup>. Par exemple, si la température annuelle moyenne augmente de trois à quatre degrés, les chutes de pluie vont diminuer de 10% dans la région américaine appelée *Corn Belt* (zone de maïs). La baisse des précipitations et l'augmentation de l'évaporation pourraient limiter considérablement la production de maïs dans cette région<sup>63</sup>. L'augmentation prévue des températures planétaires pourrait également faire augmenter les besoins mondiaux en irrigation de 26 %, uniquement pour maintenir les niveaux de production actuels<sup>64</sup>.

62 Rosegrant et Cai, 2000.  
63 Rosenzweig et Parry, 1994.  
64 Postel, 1989.

## 8 Leçons à retenir pour les travaux à venir

Aucune méthode d'examen des conditions environnementales futures ne brosse un tableau complet de l'avenir; chacune présente ses propres avantages et a donné certains résultats intéressants, mais il y a aussi eu des échecs.

La méthode la plus efficace est celle de l'élaboration de scénarios s'appliquant au problème de plus en plus préoccupant de l'appauvrissement de la couche d'ozone et à la mobilisation de l'action concrète à l'échelle mondiale pour remédier à ce problème. Quelques-unes des leçons apprises à cet égard sont présentées ci-dessous.

On examine aussi pourquoi les prévisions selon lesquelles les technologies de l'information et des communications n'auraient que peu d'effets sur l'environnement ne se sont pas avérées, de même que la façon d'intégrer ces résultats dans les éventuelles prévisions visant d'autres technologies nouvelles.

### 8.1 Des bases solides pour l'avenir – Le cas de l'appauvrissement de la couche d'ozone

Les mesures prises pour contrer l'appauvrissement de la couche d'ozone et le changement climatique témoignent de l'utilité et de l'importance de l'élaboration de scénarios. Lorsque, au milieu des années 1970, des scientifiques ont commencé à parler d'un lien possible entre l'accélération de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et l'augmentation des charges de chlore, on a élaboré des scénarios relatifs aux effets éventuels sur la santé humaine et sur l'économie, ce

qui a mené, 13 ans plus tard, à la mise en œuvre d'un programme international visant l'élimination des produits chimiques destructeurs d'ozone. La rapidité avec laquelle les choses ont évolué à cet égard demeure exceptionnelle dans le contexte habituel de l'évolution des politiques publiques.

Voici la chaîne des événements :

- en 1974, formulation, par Rowland et Maria, d'une hypothèse scientifique crédible concernant la dégradation anticipée de l'environnement mondial;
- élaboration et application de techniques améliorées de mesure de l'ozone stratosphérique;
- confirmation, au moyen de données empiriques, de l'accélération de l'appauvrissement de la couche d'ozone par des tests dans l'Antarctique;
- exécution et publication d'une analyse qui établit un lien entre les tendances relatives à la perte d'ozone et les effets sur la santé humaine et l'environnement;
- mise au point de solutions abordables pour remplacer les CFC dans le secteur privé;
- engagement à l'égard de l'élimination des CFC, en 1990, assorti d'un fonds multilatéral pour couvrir les coûts de conversion;
- adoption du Protocole de Montréal en 1987 et de ses modifications en 1992; cet accord constitue probablement la politique environnementale internationale la plus efficace qui soit à ce jour.

70

Cette évolution relativement rapide de la situation, depuis la formulation de l'hypothèse scientifique jusqu'à l'adoption d'un accord international, n'est pas fortuite. Elle repose notamment sur l'élaboration rapide d'un ensemble de données scientifiques convaincantes, qui comprenaient des hypothèses théoriques solides, des programmes de surveillance et d'évaluation fondés sur des données empiriques et des modèles globaux. Les scénarios relatifs aux effets sur la santé humaine et l'économie étaient également très importants : on a élaboré des scénarios de maintien du statu quo pour illustrer les effets les plus probables en l'absence de mesures préventives ou adaptatives.

Par ailleurs, les travaux et scénarios scientifiques se sont accompagnés d'un ensemble de politiques judicieuses et efficaces, y compris des instruments reposant sur les forces du marché, des innovations techniques et des règlements. L'application de modèles économiques a été particulièrement importante pour démontrer qu'on pouvait remplacer à faible coût les substances appauvrissant la couche d'ozone. Compte tenu du fait qu'il est tout à fait possible que le secteur public investisse dans des programmes de recherche et développement et adopte une foule d'autres mesures d'encouragement, le remplacement des substances appauvrissant la couche d'ozone semble alors faisable et rentable.

En revanche, le Protocole de Kyoto sur le changement climatique ne prévoit pas une transition aussi facile.

Les efforts visant à obtenir la collaboration des scientifiques et autres experts ont aussi contribué au succès des programmes visant les substances appauvrissant la couche d'ozone<sup>65</sup>. On ne saurait trop insister sur l'importance de systèmes d'information efficaces pour faire connaître à la population les conséquences associées à chaque scénario. Bien qu'il existe des modèles très perfectionnés qui permettent d'isoler les séquences pression-état-réaction, de quantifier les échecs du marché et de définir les réponses stratégiques appropriées, le manque d'information peut nuire au progrès. Comme l'indique la Banque mondiale dans son rapport intitulé *World Development Report 1998/99 : Knowledge for Development*, on peut observer des déficiences des marchés « parce que les problèmes liés à l'information aggravent les problèmes environnementaux ou empêchent de les régler »<sup>66</sup>.

La démarche qui a permis de passer de l'hypothèse scientifique sur l'appauvrissement de la couche d'ozone à l'adoption d'un accord international sur les mesures préventives a été une telle réussite qu'elle mérite d'être imitée pour d'autres enjeux environnementaux hautement prioritaires. Comme l'indique l'analyse des flux de matières dans les secteurs forestier et agricole, l'augmentation de la production attribuable à une demande plus forte dépasse de loin les gains en efficacité attribuables à l'utilisation de nouvelles technologies et à l'amélioration de la productivité, ce qui aggrave encore les effets néfastes pour l'environnement. Par conséquent, l'élaboration de scénarios fondés sur des modèles scientifiques, des encouragements à investir en vue de rendre accessibles des produits de remplacement « plus propres », une intervention réglementaire prévisible associée à de longs délais d'exécution, des communications efficaces, voilà ce qui semble une démarche gagnante qui pourrait être appliquée à d'autres secteurs dont les enjeux environnementaux sont hautement prioritaires, comme les secteurs forestier et agricole.

## **8.2 Éviter de faire des prévisions simplistes – Le cas de la nouvelle économie**

Avec l'avènement des technologies de l'information dans les années 1970 et 1980, de nombreux grands spécialistes, et pas seulement des économistes et des environnementalistes, ont prédit des changements structurels qui donneraient naissance à une nouvelle économie de l'information plus respectueuse de l'environnement. La communication électronique allait donner lieu à la création de bureaux « sans papier », réduisant du coup la nécessité d'abattre des arbres pour en faire des pâtes et du papier. Les télécommunications allaient faciliter la

65 Des efforts similaires ont été déployés relativement au changement climatique. Lorsque, à la fin des années 1970, on a indiqué que l'augmentation des charges de carbone dans l'atmosphère pourrait avoir des effets à long terme, on s'est d'abord attaché à évaluer de manière plus adéquate la validité scientifique de telles préoccupations dans le cadre des activités du Groupe de travail I du GEIC. Certains soutiennent qu'avec l'inclusion, au sein du GEIC, d'une grande diversité de scientifiques et autres experts, la base scientifique sur laquelle sont fondés les engagements de Kyoto et autres mesures nationales a permis d'obtenir un soutien à l'égard des mesures préventives.

66 Banque mondiale, 1998.

diffusion électronique de renseignements, réduisant la nécessité de recourir aux services postaux. Enfin, avec les communications électroniques, la distance ne constituerait plus un obstacle aux échanges interpersonnels, réduisant du coup le recours aux modes de transport énergivores.

La nouvelle économie est aujourd'hui une réalité indéniable. On estime que, en 1998, environ 200 millions de personnes étaient « reliées » grâce à 43 millions d'ordinateurs. Aujourd'hui, une personne sur quarante a accès à l'Internet. Le commerce électronique connaît une croissance fulgurante. En 1999, la valeur totale des transactions commerciales électroniques s'élevait à 127 milliards de dollars américains. On prévoit que, d'ici 2003, elle atteindra 1,4 billion de dollars américains aux États-Unis seulement. On pourrait donc commencer à observer certains effets positifs pour l'environnement.

Que les bureaux soient plus informatisés ou non, la demande de produits de pâtes et papiers n'a pas diminué. En effet, comme nous l'avons vu à la section 3, la demande de plus en plus forte de produits de pâtes et papiers dans les trois pays signataires de l'ALÉNA a donné lieu à une augmentation fulgurante de la production, au point d'éclipser les gains en efficacité attribuables à l'amélioration des technologies et de la productivité. Cela pourrait avoir de graves conséquences pour l'environnement.

72

Contrairement à ce qu'on aurait pu penser, le volume de courrier livré continue également d'augmenter dans la plupart des pays. En 1998-1999, Postes Canada a traité 9,6 milliards de lettres et colis, soit 400 millions de plus que l'année précédente. Par ailleurs, en 1999, le service postal américain a traité plus de 200 milliards de lettres et colis, un sommet jamais atteint, soit une augmentation de quelque 30 milliards d'articles depuis 1993.

On peut donc dire que, au lieu de remplacer les moyens de communication traditionnels, comme la livraison postale, la nouvelle économie semble avoir créé de nouveaux moyens de communication. Par exemple, en raison de l'importance évidente accordée à la rapidité dans le cadre de l'économie mondiale, la toute nouvelle industrie de l'acheminement du courrier et des marchandises en régime accéléré a connu une expansion en flèche au cours de la dernière décennie. À ses débuts, en 1973, la compagnie Fedex a livré 186 envois; elle en achemine aujourd'hui 3,1 millions par jour, et ses profits en 1998 atteignent 16,8 milliards de dollars américains au total, ce qui représente une hausse de 6% par rapport à 1997. Cette situation ne s'applique pas qu'à Fedex. L'entreprise UPS, la plus importante de ces compagnies, achemine 3 milliards d'envois par année et enregistre des profits annuels de 24,8 milliards de dollars américains (chiffres de 1999). L'an dernier, près de 5 milliards de tonnes de biens ont circulé dans le monde entier.

Au chapitre des mouvements de personnes, contrairement à ce qu'on aurait pu penser, on observe une augmentation des déplacements. Par exemple,

l'Organisation de l'aviation civile internationale signale, pour 1999, une augmentation de 5% de l'ensemble du trafic aérien régulier par rapport à l'année précédente, ainsi qu'une hausse de 6% du trafic international régulier. Cela représente 2 630 milliards de passagers-kilomètres pour 1999, chiffre qui devrait passer à 3 038 milliards de passagers-kilomètres d'ici 2001. Ces résultats se rapprochent du taux de croissance annuelle prévu, soit 7%.

On ne devrait pas être surpris par de telles données, la notion d'économie mondiale reposant sur la circulation des biens et des personnes. Il ne faut toutefois pas oublier que cette nouvelle mobilité nécessite des parcs d'avions et de camions, véhicules qui consomment presque tous des combustibles fossiles. Par exemple, Fedex exploite un parc de 40 000 camions et 600 aéronefs et UPS possède 157 000 camions et 500 aéronefs de par le monde. Ces parcs viennent s'ajouter aux parcs commerciaux d'aéronefs et d'avions cargos en service dans le monde.

La technologie de l'information a de toute évidence entraîné une intensification des échanges interpersonnels, ce qui a eu pour effet de faire augmenter l'utilisation des moyens de communication et de transport conventionnels et de créer de nouveaux marchés en plein essor pour les nouveaux moyens de transport et de communication. Voici ce qu'on peut lire dans un document de la CCE :

Un seul exemple, même très limité, peut nous permettre de mieux comprendre le lien qui existe entre les effets d'échelle, les effets de la technologie, les effets structurels et les effets liés aux produits. Comme exemple, mentionnons que même si l'on présume que, dans la nouvelle économie, le secteur des services est plus « propre » que les industries qui sont en perte de vitesse, il n'en reste pas moins que toute activité économique a des répercussions sur l'environnement. Qu'il suffise de dire que tous ces paquets et objets de correspondance sont transportés par avion ou par camion. Sans vouloir nous centrer sur le transport aérien, signalons que le GIEC a récemment publié un rapport traitant de l'apport des avions à réaction dans le changement climatique, apport lié aux émissions de CO<sub>2</sub> et à la vapeur d'eau libérées en haute altitude. En ce qui concerne cette dernière question, mentionnons que les principaux aéroports de l'Amérique du Nord comptent, en période de pointe, parmi les plus importantes sources d'émissions de gaz à effet de serre [...]. De la même manière, un rapport de 1996 du ministère américain du Commerce (intitulé *Environmental Trends and the US Transportation System*) souligne que, si les émissions de véhicules ont en général diminué, les émissions de NO<sub>x</sub> font exception. Le rapport met aussi en lumière le fait que, bien que la réglementation relative au transport aérien ait permis de réduire le total des émissions, des données récentes indiquent un ralentissement dans les améliorations apportées au cours des deux dernières décennies, ralentissement attribuable à deux facteurs : un accroissement de l'ensemble du transport (effets d'échelle) et une augmentation du nombre de véhicules tous terrains non visés par une réglementation, également connus sous le nom de « véhicules loisirs-travail » ou VLT (effets de la réglementation et effets liés aux

produits). Les effets d'échelle de la pollution atmosphérique ainsi que le retour en arrière indiqué par les tendances ne sont que l'un des phénomènes caractéristiques de la nouvelle économie.»<sup>67</sup>

Il faut étudier plus attentivement le cas de la technologie de l'information et des communications, afin de savoir s'il était possible de prévoir qu'on ne réussirait pas à réduire la pression sur l'environnement, et tirer des leçons qui pourraient s'appliquer aux nouvelles techniques.

### **8.3 Résumé**

On peut tirer deux leçons de la réussite des efforts visant à créer des politiques internationales de contrôle des substances appauvrissant la couche d'ozone et des prévisions extrêmement optimistes à l'égard des incidences environnementales des technologies de l'information et des communications. D'abord, l'élaboration de scénarios efficaces peut donner lieu à des changements concrets si elle est fondée sur des modèles et des données scientifiques valides, un ensemble réaliste de politiques qui tiennent compte du coût des mesures à prendre pour atteindre les objectifs de ces politiques, de même qu'une communication efficace avec les scientifiques, d'autres experts et le grand public. Ensuite, les effets d'échelle, les effets structurels et les effets liés aux produits peuvent très facilement dépasser les gains en efficacité attribuables aux nouvelles technologies.

74

## 9 Conclusion

Comme nous l'avons vu dans les huit sections précédentes, le projet de la CCE sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement a donné d'excellents résultats. En effet, c'est dans le cadre de ce projet qu'on a effectué la première analyse des flux de matières dans les secteurs forestier et agricole. On a également fait des projections novatrices sur la concurrence à venir entre les régions agricoles et urbaines aux États-Unis pour l'accès aux ressources hydriques d'ici 2025, en utilisant un modèle IMPACT hybride. La CCE a en outre publié quatre rapports documentaires définissant les tendances dans le domaine de l'environnement, les divers moteurs économiques qui sous-tendent les tendances environnementales, ainsi que les méthodes qui permettent de prévoir les problèmes environnementaux. Toutes ces activités ont été très instructives et nous permettent de mieux comprendre les effets que peut avoir sur l'environnement la libéralisation du commerce, ainsi que les méthodes à appliquer pour évaluer ces effets.

Au début de 2002, les travaux sur les nouvelles tendances dans le domaine de l'environnement et ceux qui portent sur les incidences environnementales de l'ALÉNA ont été intégrés. Ce regroupement a été effectué pour améliorer les évaluations environnementales de l'intégration des marchés nord-américains, en mettant l'accent sur les effets environnementaux passés, présents et futurs de la libéralisation des échanges. On procédera à des évaluations environnementales en s'appuyant sur les prévisions qui ont été faites dans le cadre du projet sur les tendances nouvelles et importantes dans le domaine de l'environnement, de

même que des analyses des effets de l'ALÉNA depuis son entrée en vigueur. On portera une attention particulière aux analyses sectorielles, en s'appuyant sur les renseignements fournis dans le présent document au sujet des tendances dans les domaines de l'agriculture, des forêts et de l'énergie. L'objectif final consistera à élaborer des stratégies adéquates et proactives visant à atténuer les dommages environnementaux attribuables à l'essor commercial et aux réformes visant l'ensemble de l'économie, ainsi qu'à maximiser les avantages environnementaux que pourrait apporter l'intégration des marchés.

Les autres principaux programmes de la CCE sont les suivants : conservation de la biodiversité, polluants et santé, droit et politiques de l'environnement.

## Ouvrages et sites à consulter

- AIE (Agence internationale de l'énergie). 2001. *Electricity Information 2001*. Paris.
- Ayres, R.U. 2000. «Commentary on the Utility of the Ecological Footprint Concept». *Ecological Economics*, 32 : 347-49.
- Bakkes, J.A., D.P. Van Vuuren et E. Smeets. 1999. *Abstracts of Selected Environmental Outlook Reports and Assessments*. Ébauche inédite, OCDE, Paris.
- Banque mondiale. 1998. *World Development Report 1998/99: Knowledge for Development*. Rapport provisoire.
- Bonnis, G. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Forestry Trends*. Ébauche inédite, OCDE
- Bright, C. 1998. *Worldwatch Briefing On «Life Out of Bounds: Bioinvasion in a Borderless World»*. <<http://www.worldwatch.org/alerts/pr981010.html>>.
- Bryant, D., D. Nielsen et L. Tangle. 1997. *The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge: What is the Status of the World's Remaining Large, Natural Forest Ecosystems?* Forest Frontiers Initiative, World Resources Institute, Washington, D.C.
- Burke, L., et coll. 2001. *Pilot Analysis of Global Ecosystems (PAGE): Coastal Ecosystems*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Cacho, O.J. 2000. «The Role of Bioeconomic Models in Renewable Resource Management and Assessment of Solution Techniques». Communication présentée au symposium intitulé *Integrating Approaches for Natural*

*Resource Management and Policy Analysis: Bioeconomic Models, Multi-Agent Systems, and Cellular Automata*. XXIV<sup>e</sup> Conférence internationale des économistes agricoles.

<[http://www.zef.de/download/iaae\\_symp/cacho\\_paper.pdf](http://www.zef.de/download/iaae_symp/cacho_paper.pdf)>.

- Carpentier, C.L., et D.E. Ervin. 2001. «USA». Chapitre 5 dans : *Public Concerns and Agricultural Trade: Environmental, Animal Welfare and Human Health Issues*. F. Brouwer et D.E. Ervin (réd.). CABI.
- CCE (Commission de coopération environnementale) 1999a. *North American Transboundary Inland Water Management Report*. (Ébauche inédite.) Montréal.
- CCE. 1999b. *Évaluation des répercussions environnementales de l'ALÉNA : Cadre d'analyse (Phase II) et études d'enjeux*. Série sur l'environnement et le commerce, n° 6, CCE, Montréal.
- CCE. 1999c. *Background Note #1 to Emerging Trends Experts Group: Issues of Methods, Models and Indicators*. Montréal.
- CCE. 1999d. *Background Note #2 to Critical and Emerging Trends Advisory Group*. Montréal.
- CCE. 1999e. *Background Note #3 for Emerging Trends Experts Group*. Montréal.
- CCE. 2000a. *Assurer la richesse biologique du continent : vers une véritable conservation de la biodiversité en Amérique du Nord*. Document de travail à l'intention des intervenants en vue de la publication d'un rapport de situation. (Rapport sommaire intégré préliminaire destiné à faciliter la définition des orientations stratégiques du Projet sur la conservation de la biodiversité n° 99.02.01, préparé par l'équipe de projet : Arthur J. Hanson, Tundi Spring Agardy, Ramón Pérez Gil Salcido). Montréal
- CCE. 2000b. *Note documentaire n° 4 – Économies en plein essor, environnements en déclin et voies d'avenir*. Note documentaire de la Commission de coopération environnementale sur les tendances nouvelles et importantes dans le domaine de l'environnement en Amérique du Nord. Montréal.
- CCE. 2001a. *Le marché potentiel du café produit de façon durable en Amérique du Nord*. Document de référence. Montréal.
- CCE. 2001b. *Les couloirs nord-américains de transport et d'échanges commerciaux : incidences environnementales et stratégies d'atténuation*. Montréal.
- CCE. 2002a. *La mosaïque nord-américaine – Un rapport sur l'état de l'environnement*. Montréal.
- CCE. 2002b. *Les effets environnementaux du libre-échange*. Documents de recherche présentés à l'occasion du Symposium nord-américain sur les liens entre l'environnement et le commerce (octobre 2000). Montréal.
- Conseil canadien des ministres des forêts. 1996. *Abrégé de statistiques forestières canadiennes. Base nationale de données sur les forêts*. Ottawa.

- CEQ (Council on Environmental Quality). 1996. *Environmental Quality: The Twenty-fifth Anniversary Report of the Council on Environmental Quality*. Washington, D.C. <[http://ceq.eh.doe.gov/reports/1994-95/rep\\_toc.htm](http://ceq.eh.doe.gov/reports/1994-95/rep_toc.htm)>.
- Chung, C., et C. Bertuzzi. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Fisheries Trends*. OCDE, Paris (ébauche inédite).
- Commission européenne. 1994. *Potential Benefits of Integration of Environmental and Economic Policies*. Bureau des publications officielles de l'Union européenne, Kluwer Academic Publishers Group, Norwell, MA.
- Commission internationale des grands barrages. 1998. *World Register of Dams*. Paris.
- Corfee-Morlot, J. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Climate Change Trends, GHG Emission and Policy Trends*. OCDE, Paris (ébauche inédite).
- Dahl, T.E. 1990. *Wetland Losses in the United States, 1780s to 1980s*. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Washington, D.C.
- Davidson, I. 1996. Comm. pers. Wetlands International.
- de Moor, A. 1997. *Subsidizing Unsustainable Development*. Institute for Research on Public Expenditure, La Haye.
- Delgado, C., P. Crosson et C. Courbois. 1997. *The Impact of Livestock and Fisheries on Food Availability and Demand in 2020*. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- DPCSD (United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development ). 1997. *Critical Trends: Global Change and Sustainable Development*. Organisation des Nations Unies, New York.
- Dunn, S. 1998. «Carbon Emissions Resume Rise». Dans : L. Starke et Worldwatch Institute (réd.). *Vital Signs 1998: The Environmental Trends that are Shaping Our Future*. W.W. Norton and Company, New York.
- EIU (The Economist Intelligence Unit). 1998a. *Canada: Country Profile: 1998–99*. Londres.
- EIU. 1998b. *Mexico: Country Profile, 1998–99*. Londres.
- EIU. 1998c. *United States of America: Country Profile, 1998–99*. Londres.
- EIU. 2000. *Country Profile: Mexico*. Londres.
- Environnement Canada. 1996. *L'état de l'environnement au Canada 1996*. Ottawa.
- Environnement Canada. 1998a. *Le transport des voyageurs au Canada*. Bulletin EDE n° 98-5, Série nationale d'indicateurs environnementaux, Programme du rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa. <<http://www.ec.gc.ca/Ind/Francais/Transpo/default.cfm>>.

- Environnement Canada. 1998b. *L'eau en milieu urbain: Consommation d'eau et traitement des eaux usées par les municipalités*. Bulletin EDE n° 98-4, Série nationale d'indicateurs environnementaux, Programme du rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.  
<[http://www.ec.gc.ca/Ind/Francais/Urb\\_H20/default.cfm](http://www.ec.gc.ca/Ind/Francais/Urb_H20/default.cfm)>.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1996. *National Water Quality Inventory: 1996. Report to Congress*. Office of Water, US Environmental Protection Agency. <<http://www.epa.gov/owow/wtr1/305b/96index.html>>.
- EPA. 1997. *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: Second Report to Congress*. Office of Air Quality Planning and Standards, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C.  
<<http://www.epa.gov/airprog/moar/oaqps/gr8water/2ndrpt/index.html>>.
- EPA. 1998a. *Monitoring the Nation's Estuaries: A Program in Progress*. Gulf of Mexico Program, US Environmental Protection Agency.  
<<http://www.epa.gov/gumpo/emap/module2.html>>.
- EPA. 1998b. *Louisiana Universities Marine Consortium Press Release*. Gulf of Mexico Program, US Environmental Protection Agency.  
<<http://www.gmpo.gov/nutrient/nehypoxia.html>>.
- EPA. 2000. *Latest Findings on National Air Quality: 1999 Status and Trends. Summary*. Office of Air Quality Planning and Standards, US Environmental Protection Agency.
- Epstein, P.R., O.C. Pena et J.B. Racedo. 1995. « Climate and Disease in Colombia ». *Lancet*, 346.
- Ervin, D.E., et coll. 2000. *Transgenic Crops: An Environmental Assessment*. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 1997a. *State of the World's Forests*. Oxford.
- FAO. 1997b. *The Role of Wood Energy in Europe and OECD*. Études régionales, Département des forêts. Document de travail FOPW/97/1. Rome : FAO.
- FAO. 1999. Base de données FAOSTAT. <<http://apps.fao.org/>>.
- Fleming, E.H. 1999. *Exploring Linkages between Trade and Species Conservation in North America*. TRAFFIC North America.
- FMI (Fonds monétaire international). 1999. *Quarterly World Economic Outlook - October 1999*. Washington, D.C.
- Fox, G., et J. Kidon. 2001. « Canada », ch. 6 dans : F. Brouwer et D.E. Ervin (réd.). *Public Concerns and Agricultural Trade: Environmental, Animal Welfare and Human Health Issues*. CABL.
- Gardner, G. 1996. « Preserving Agricultural Resources ». Dans : *State of the World 1996. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. W.W. Norton and Company, New York.

- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. J.T. Houghton (réd.). Cambridge University Press, New York.
- GIEC. 1999. *Aviation and the Global Atmosphere, 1999*. J.E. Penner et coll. (réd.). Cambridge University Press, New York.
- GIEC. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. J.J. McCarthy et coll. (réd.). Contribution du Groupe de travail II au troisième rapport d'évaluation du GIEC.
- Gleick, P.H. (réd.). 1993. *(1999) Water in Crisis: A Guide to the World's Water Resources*. Oxford University Press, New York.
- Good, L. 1999. Notes de l'allocation de M. Leonard Good, sous-ministre, Environnement Canada, prononcée lors du deuxième banquet annuel Nestlé de remise de récompenses en recherche, 19 avril 1999. Notes inédites, Toronto.
- Gordon, D. 1995. *Regional and Global Protected Area Statistics and Information on the 1996 United Nations List of National Parks and Protected Areas*. Document présenté lors de la réunion nord-américaine de la Commission de l'UICN sur les parc nationaux et les aires protégées, tenue du 14 au 19 octobre, au parc national Banff, Alberta, Canada.
- Gouvernement du Canada. 1991. *L'état de l'environnement au Canada*. Ottawa.
- Government of the United States. 1995. *Draft Interim 1995 Indicators Report*.
- Guerrero, M.T., C. Reed et B. Vegter. 2000. «The Timber Industry in Northern Mexico: Social, Economic, and Environmental Impacts». *Borderlines*, 64, vol. 8, no 2.
- Hall, J.P., et coll. 1996. *Health of North American Forests*. Publié par le groupe d'étude sur le changement climatique et les forêts, Commission forestière pour l'Amérique du Nord. Direction générale des sciences et du développement durable, Service canadien des forêts, Ottawa.
- Harkin, T. 1997. *Animal Waste Pollution in America: An Emerging National Problem*. Rapport compilé par le Minority Staff, United States Senate Committee on Agriculture, Nutrition and Forestry, pour le sénateur Tom Harkin.
- INDUFOR. 2000. *Plan Estrategico Forestal Para México 2020: Diagnostico Nacional del Sector Forestal*. Helsinki, Finlande.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. *Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994*. Aguascalientes.
- INEGI/Semarnap (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática / Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1998. *Estadísticas del Medio Ambiente México, 1997: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995–1996*. Aguascalientes.

- INEGI/Semarnap. 2000. *Estadísticas del Medio Ambiente*. México, 1999 - Tomos I y II. Aguascalientes.
- Jorgenson, D., et P. Wilcoxon. 1998. *Energy, the Environment and Economic Growth*. 2. MIT Press.
- Kaimowitz, D., et A. Angelsen. 1998. *Economic Models of Tropical Deforestation: A Review*. CIFOR, Bogor, Indonésie.
- Kelly, M., C. Reed, G. Kourous et M. Coles-Ritchie. 1996. «Water Quality in the US-Mexico Border Region: Problems Continue Despite Increased Efforts at Assessment». *Borderlines*, 44-6 (3).  
<<http://www.irc-online.org/bordline/1998/bl44/bl44wq.html>>.
- Kuznets, S. 1955. «Economic Growth and Income Inequality». *American Economic Review*, 49.
- Life Systems Inc. 1996. *1995 Environmental Trends Update Report*. Army Environmental Policy Institute.
- Linton, J. 1997. *Beneath the Surface: The State of Water in Canada*. Fédération canadienne de la faune, Ottawa.
- Masera, O.R. 1996. *Desforestación y Degradación Forestal en México*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Michoacán, Mexique.
- Master, L.L., S.R. Flack et B.A. Stein (réd.). 1998. *Rivers of Life: Critical Watersheds for Protecting Freshwater Biodiversity*. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Mathews, E., et A. Hammond. 1999. *Critical Consumption Trends and Implications: Degrading Earth's Ecosystems*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Mathews, E., et C. Ottke. 2001. *A Preliminary Analysis of Material Flows in the Forestry and Agriculture Sectors of Canada, Mexico, and the United States*. Rapport préparé pour le Groupe consultatif de la CCE sur les tendances importantes et nouvelles dans le domaine de l'environnement. Montréal.
- Matthews, E., et coll. 2000. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Forest Ecosystems*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- MPO (Ministère des Pêches et des Océans du Canada). 1997. *La protection des mers et des océans*. <<http://www.ec.gc.ca/agenda21/97/monof3.htm>>.
- Mueller, D.K., et D.R. Helsel. 1996. *Nutrients in the Nation's Water: Too Much of a Good Thing?* Circular 1136, US Geological Survey, Washington, D.C.
- National Academy of Sciences. 1998. *Atmospheric Change and the North American Transport Sector*. Steering Committee on Atmospheric Change and the North American Transportation Sector, 1998.
- Nelson, G.C., et coll. 1999. «The Economics and Politics of Genetically Modified Organisms in Agriculture: Implications for the WTO». *Bulletin* 809. University of Illinois at Urbana-Champaign.

- Nilsson, S., et coll. 1999. *How Sustainable are North American Wood Supplies?* Rapport intérimaire IR-99-003/Janvier. Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués, Laxenburg.
- Noss, R.F., et L.D. Harris. 1986. «Nodes, networks and MUMs: preserving diversity at all scales». *Environmental Management*, 10 : 299-309.
- O'Meara, M. 1998a. «Global Temperature Reaches Record High». Dans : L. Starke et Worldwatch Institute (réd.). *Vital Signs 1998: The Environmental Trends that are Shaping Our Future*. W.W. Norton and Company, New York.
- OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). 1995a. *Données OCDE sur l'environnement : compendium 1995*. Paris.
- OCDE. 1995b. *Examens des performances environnementales – Canada*. Paris.
- OCDE. 1996. *Examens des performances environnementales – États-Unis*. Paris.
- OCDE. 1997. *Données OCDE sur l'environnement : Compendium, éd. 1997*. Paris.
- OCDE. 1998. *Examens des performances environnementales – Mexique*. Paris.
- OCDE. 1999. *Future Water Resources: Towards a Demand-Side Solution?* Grandes lignes de la base d'information de l'OCDE, Programme sur l'avenir à long terme, n° 16.
- OMS (Organisation mondiale de la santé). 1996. *The World Health Report 1996: Fighting Disease, Fostering Development*. Genève, Suisse.
- Organisation mondiale du commerce. 2000. *Statistiques du commerce international*. <[http://www.wto.org/french/res\\_f/statis\\_f/stats2000\\_f.pdf](http://www.wto.org/french/res_f/statis_f/stats2000_f.pdf)>.
- Patterson, Z. 2001. *The Effects of the Late 1990's Oil Price Shock on Transportation and Energy Use Demand in Canada – A cursory Analysis*. Division du transport et de l'utilisation de l'énergie, Ressources naturelles Canada, Ottawa.
- Pinstrup-Andersen, P., R. Pandya-Lorch et M.W. Rosegrant. 1997. *The World Food Situation: Recent Developments, Emerging Issues, and Long-term Prospects*. IFPRI, Food Policy Report, Washington, D.C.
- Pinstrup-Andersen, P., R. Pandya-Lorch et M.W. Rosegrant. 1999. *World Food Prospects: Critical Issues for the Early Twenty-first Century*. IFPRI, Food Policy Report, Washington, D.C.
- Platt McGinn, A. 1998. «Aquaculture Growing Rapidly». Dans : L. Starke et Worldwatch Institute (réd.). *Vital Signs 1998: The Environmental Trends that are Shaping Our Future*. W.W. Norton and Company, New York.
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). 1993. *Environmental Data Report 1993-94*. Blackwell Publishers, Oxford.
- PNUE, NASA (US National Aeronautics and Space Administration) et Banque mondiale. 1998. *Protecting Our Planet-Securing Our Future*.
- PNUE. 1998. *Policy Effectiveness and Multilateral Environmental Agreements*. Genève.

- PNUE. 1999a. *Global Environment Outlook 2000*. Earthscan Publications Ltd., pour le Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi.
- PNUE. 1999b. *Emerging Environmental Problems*. UN System-wide Earthwatch Web Site. <<http://www.unep.ch/earthw/Emergin.htm>>.
- Postel, S. 1989. *Water for Agriculture: Facing the Limits*. Document n° 93 du Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Postel, S. 2000. «Redesigning Irrigated Agriculture». Dans : L. Starke (réd.). *State of the World 2000*, a Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W.W. Norton and Company, New York.
- Powell, A.A., et R.H. Snape. 1992. *The Contribution of Applied General Equilibrium Analysis to Policy Reform in Australia*. Version révisée d'une allocution sollicitée pour la rencontre annuelle de l'International Agricultural Trade Research Consortium, du 12 au 14 décembre 1991.
- Redefining Progress. 1999. *Footprint of Nations Ranking List (1995 data)*. Redefining Progress. <[http://www.rprogress.org/resources/nip/ef/ef\\_nations-table\\_hectares.html](http://www.rprogress.org/resources/nip/ef/ef_nations-table_hectares.html)>.
- RNCan (Ressources naturelles Canada). 1998. *L'état des forêts au Canada 1997-1998 – Les forêts qui nous appartiennent.*, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Ottawa.
- Roper, J., et R. Roberts. 1999. *Questions de l'heure : Déforestation – Le déclin des forêts tropicales*. <<http://www.rcfa-cfan.org/french/issues.12.html>>. Réseau des conseillers forestiers de l'ACDI.
- Rosegrant, M.W., et X. Cai. 2000. *Modeling Water Availability and Food Security – A Global Perspective: The IMPACT-Water Model*. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires, Washington, D.C.
- Rosegrant, M.W., M. Agcaoili-Sombilla et N.D. Perez. 1995. *Global Food Projections to 2020: Implications for Investment*. Document de travail n° 5, Food, Agriculture, and the Environment Discussion. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires, Washington, D.C.
- Rosenzweig, C., et M.L. Parry 1994. «Potential Impact of Climate Change on World Food Supply». *Nature*, 367 : 133-138.
- Segura, G. 1996. *The State of Mexico's Forest Resources: Management and Conservation Opportunities for Cooperation in North America*. Rapport inédit. Commission de coopération environnementale, Montréal.
- Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1995. *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000*. México, D.F.
- Semarnap. 1997. *Programa Nacional de Restauración y Conservación de Suelos*. Comisión Nacional del Agua, Semarnap, Mexico, D.F.

- Simmons, C., L. Kevin et J. Barrett. 2000. « Two Feet–Two Approaches: A Component-based Model of Ecological Footprinting ». *Ecological Economics*, 32 : 375–380.
- Skumanich, M., et M. Silbernagel. 1997. *Foresighting Around the World: A Review of Seven Best-In-Kind Programs*. Office of Energy Research, U.S. Department of Energy.  
<<http://www.seattle.battelle.org/SERVICES/E&S/foresite/index.htm>>.
- Smith et coll. 2000. *Canada's Forests at a Crossroads: An Assessment in the Year 2000*. Global Forest Watch Canada Report. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Solley, W.B., R.R. Pierce et H.A. Perlman. 1998. *Estimated Use of Water in the United States in 1995*. US Geological Survey, US Department of the Interior, Denver, CO.
- Statistique Canada. 1999. *Immatriculations de véhicules automobiles*.  
<[http://www.statcan.ca/francais/Pgdb/Economy/Communications/trade14a\\_f.htm](http://www.statcan.ca/francais/Pgdb/Economy/Communications/trade14a_f.htm)>.
- Statistiques Canada. 2000. *L'activité humaine et l'environnement 2000*. Ottawa.
- Tilman, D., et coll. 2001. « Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change ». *Science*, 292 : 281–284.
- TNRCC (Texas Natural Resource Conservation Commission). 1994. *Regional Assessment of Water Quality in the Rio Grande Basin: including the Pecos River, the Devils River, the Arroyo Colorado and the Lower Laguna Madre*. Watershed Management Division, Texas Natural Resource Conservation Commission, Austin.
- Trimble, S.W., et P. Crosson. 2000. « U.S. Soil Erosion Rates – Myth and Reality ». *Science*, 289 : 248–250.
- Tuxill, J. 1998. « Vertebrates Signal Biodiversity Losses ». Dans : L. Starke et Worldwatch Institute (réd.). *Vital Signs 1998: The Environmental Trends That Are Shaping Our Future*. W.W. Norton and Company, New York.
- Tuxill, J. 1999. « Appreciating the Benefits of Plant Biodiversity ». Dans : L. Starke (réd.). *State of the World 1999*. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W.W. Norton and Company, New York.
- U.K. Department of the Environment. 1994. *City Challenge: Partnerships Regenerating England's Urban Areas*. Londres.
- UICN (Union mondiale pour la nature). 1998. *Liste des Nations Unies des parcs nationaux et des aires protégées de 1997*. World Conservation Monitoring Centre et Commission des parcs nationaux et des aires protégées (UICN).
- UICN/PNUE/WWF. 1980. *Stratégie mondiale de la conservation*. UICN, Gland, Suisse.

- UICN/PNUE/WWF. 1991. *Sauver la planète - Stratégie pour l'avenir de la vie*.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1992. *State of the Land*. Page d'accueil du Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture. <<http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/glance.html>>.
- USDA. 1996. *America's Forests: 1996 Health Update*. Forest Service, USDA, Washington, D.C.
- USDA. 1997. *Agricultural Resources and Environmental Indicators, 1996–1997*. Washington.
- USGS (United States Geological Survey). 1998. *Estimated Use of Water in the United States in 1995*. USGS Circular 1200.
- USGS. 2000. *Non-Indigenous Species*. <<http://biology.usgs.gov/s+t/SNT/noframe/ns112.htm>>. 15 novembre 2000.
- Wackernagel, M. 1999. *What We Use and What We Have: Ecological Footprint and Ecological Capacity*. Redefining Progress, San Francisco.
- Watson, R.T., J.A. Dixon, S.P. Hamburg, A.C. Janetos et R. Moss. 1998. *Protecting Our Planet, Securing Our Future: Linkages Among Global Environmental Issues and Human Needs*. PNUE, NASA et Banque mondiale, Nairobi, Kenya, et Washington, D.C.
- 86 White, R., et D. Etkin. 1997. «Climate Change, Extreme Events and the Canadian Insurance Industry». *Journal of Natural Hazards*, 16 (23) : 135.
- Wiken, E.B., H. Moore, C. Rubec et R. Beric. 1998. *Conservation of Wetland Ecosystems in Canada*. Conseil canadien des aires écologiques, Ottawa.
- Worldwatch Institute. 1998. *Vital Signs 1998: The Environmental Trends that are Shaping our Future*. L.R. Brown, M. Renner et M., Flavin (réd.). W.W. Norton and Company, New York, Londres.
- WRI (World Resources Institute). 1998. *World Resources Report 1998–99*. Washington, D.C.
- WRI, PNUE, PNUD et Banque mondiale. 1996. *World Resources 1996–97, A Guide to the Global Environment: The Urban Environment*. Oxford University Press, New York.
- WRI, PNUE, PNUD et Banque mondiale. 1998. *World Resources 1998–99, A Guide to the Global Environment: Environmental Change and Human Health*. New York.
- WRI. 2000. *World Resources 2000–2001: People and Ecosystems – The Fraying Web of Life*. Washington, D.C.