



Conseil consultatif
des sciences et de
la technologie

Advisory Council
on Science and
Technology

DOCUMENT
D'APPUI

4

Profil du
**secteur des
biotechnologies**

Préparé pour le Groupe d'experts sur les compétences
par Gary Fletcher et Bert Pereboom

1999

Canada

PROFIL DU SECTEUR DES BIOTECHNOLOGIES

**Conseil consultatif des sciences et de la technologie
Groupe d'experts sur les compétences**

La version électronique de la présente publication est aussi disponible sur Internet à l'adresse : <http://acst-ccst.gc.ca/competences>

Les personnes handicapées peuvent obtenir cette publication sur demande sous une forme adaptée à leurs besoins particuliers. Communiquez avec le Centre de diffusion de l'information aux numéros ci-dessous.

La présente publication fait partie d'une série de documents de recherche qui ont servi de documentation de base à la préparation du *Rapport du Groupe d'experts sur les compétences*. Pour obtenir des exemplaires du présent document, également offert sur cédérom, s'adresser au :

Centre de diffusion de l'information
Direction générale des communications
Industrie Canada
Bureau 205D, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Téléphone : (613) 947-7466
Télécopieur : (613) 954-6436
Courriel : publications@lc.gc.ca

Nota -- Dans cette publication, la forme masculine désigne tant les femmes que les hommes.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Industrie Canada) 2000
Numéro de catalogue C2-467/2000-29F-IN

Also available in English under the title: *Profile of the Biotechnologies Sector*.

RÉSUMÉ

Bien que l'industrie de la biotechnologie moderne en soit encore à ses débuts, les importants débouchés commerciaux pour les produits utilisés dans les secteurs de la santé et de l'agroalimentaire ont créé des attentes considérables relativement à la croissance rapide des bio-industries et de l'emploi. Les produits biotechnologiques, dont la plupart tiennent des nouvelles applications du matériel génétique, devraient favoriser des percées dans le secteur de la santé et des procédés plus respectueux de l'environnement dans les domaines de l'agriculture, de l'aquaculture, de la foresterie et de l'exploitation minière. Informer les consommateurs et leur démontrer que l'utilisation de ces produits ne présente pas de danger à long terme demeurent des défis de taille pour l'industrie.

L'industrie emploie actuellement une main-d'œuvre hautement spécialisée dont environ 50 p. 100 sont affectés à la recherche-développement, mais fait face à une grave pénurie de compétences dans le domaine de la gestion et de la commercialisation des produits en développement.

Les compétences les plus recherchées sont celles de cadres possédant une formation scientifique et de l'expérience dans les domaines suivants : expansion des entreprises, réglementation nationale et internationale, transfert de technologie, établissement d'alliances stratégiques, accroissement de la production et relations avec les investisseurs. Mentionnons également le manque de personnel cadre d'expérience dans les domaines du contrôle et de l'assurance de la qualité, des essais cliniques et de la propriété intellectuelle. Les cadres possédant ces compétences sont rares dans le monde entier et les entreprises se livrent une vive concurrence pour attirer les personnes qualifiées dans ces domaines.

Table des matières

RÉSUMÉ	III
CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR.....	2
DÉFI DE L'AVENIR.....	2
SITUATION ACTUELLE.....	7
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLOI.....	10
COMPÉTENCES ESSENTIELLES - BESOINS ET PÉNURIES.....	11
BESOINS.....	11
PÉNURIES.....	11
RECRUTEMENT, FORMATION ET PERFECTIONNEMENT	13
STRATÉGIE EN MATIÈRE DE RESSOURCES HUMAINES.....	13
ÉMIGRATION	13
EXIGENCES ACADÉMIQUES	14
SOURCES DE RECRUTEMENT.....	15
RECRUTEMENT DU PERSONNEL.....	15
PRINCIPAUX FACTEURS DE RÉUSSITE ET OBSTACLES AU SUCCÈS.....	17
FINANCEMENT ET RISQUE.....	17
COMPÉTENCES REQUISES.....	18
PRATIQUES EXEMPLAIRES ET ÉTUDES DE CAS.....	19
CONSEIL DES RESSOURCES HUMAINES EN BIOTECHNOLOGIE.....	19
ENTREPRISES.....	20
UNIVERSITÉS.....	20
ANNEXE I : BIBLIOGRAPHIE	22
SITES WEB :	23
ANNEXE II : SECTEURS DE L'INDUSTRIE DE LA BIOTECHNOLOGIE (TELS QU'ILS SONT DÉCRITS DANS L'ENQUÊTE DE 1997 SUR LES ENTREPRISES DE BIOTECHNOLOGIE DE STATISTIQUE CANADA).....	24
ANNEXE III : ENTREVUES.....	26

CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR

Défi de l'avenir

Potentiel de l'industrie

Le Canada détient 5 p. 100 du marché mondial de la biotechnologie, dont les ventes totales ont été estimées à 22 milliards de dollars US en 1997. Selon les prévisions, ces ventes devraient atteindre 50 milliards de dollars US d'ici 2005, dont environ 75 p. 100 pour les produits biopharmaceutiques et environ 24 p. 100 pour les produits bioagricoles. L'industrie canadienne devrait au moins préserver sa part du marché, ce qui correspond à un taux de croissance minimal de 10 p. 100 par an¹.

La multitude des nouveaux produits issus de la biotechnologie renforce les perspectives de forte croissance pour ce secteur. Entre autres produits, mentionnons les nouveaux outils de diagnostic et agents thérapeutiques utilisés dans le secteur médical, les plantes résistantes aux maladies, les produits chimiques et les enzymes favorisant l'efficacité des procédés industriels, les pesticides et les traitements arboricoles qui améliorent la santé et accélèrent la croissance des arbres.

Biopharmacie

Ces dix dernières années, le sous-secteur de la biopharmaceutique, le plus important dans l'industrie de la biotechnologie, a connu un taux de croissance annuel de 10 p. 100. Le taux de croissance de l'industrie de la santé au Québec a été beaucoup plus rapide, avec une hausse de l'emploi de près de 25 p. 100 par an depuis 1991².

Il existe actuellement moins de 20 biomédicaments sur le marché, dont six accaparent 80 p. 100 des ventes. Cependant, les 300 produits biothérapeutiques en développement représentent 30 p. 100 de tous les médicaments actuellement à l'étape du développement. Plus de 40 p. 100 des nouveaux médicaments au stade de l'expérimentation clinique sont issus de la biotechnologie³.

¹ Comité consultatif national de la biotechnologie, *Assumer le leadership au prochain millénaire*, 6e rapport, Industrie Canada, 1998.

² Biotech Québec 1997 – *Portrait de l'industrie*, Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, Direction des industries de la santé.

³ Feuille de renseignements : *Fiche documentaire : les avantages de la biotechnologie*, Direction générale des bio-industries, Industrie Canada, août 1998.

Enzymes industrielles

La demande mondiale d'enzymes industrielles est estimée à 2,3 milliards de dollars US, avec un taux annuel de croissance de 5 p. 100. Les enzymes industrielles servent principalement à la fabrication de détergents, qui représentent 40 p. 100 de la demande, des aliments (35 p. 100) et des textiles (14 p. 100). Plusieurs applications importantes sont en cours d'élaboration dans les domaines de la lixiviation des minéraux et du traitement des pâtes et papiers et des effluents d'usines. À l'heure actuelle, 50 p. 100 des enzymes industrielles sont des produits du génie génétique⁴.

Agriculture

On prévoit que le secteur agroalimentaire connaîtra la croissance la plus marquée, en particulier dans le domaine des plantes transgéniques et des produits servant aux soins des animaux. Toutefois, des efforts doivent être déployés pour amener le grand public à accepter les produits de la biotechnologie. Les pays européens ont refusé d'acheter les aliments transgéniques non étiquetés produits au Canada, mais, selon certains analystes, il s'agissait plutôt de mesures visant à faire obstacle au commerce qu'à garantir la sécurité alimentaire.

Aquaculture

Les produits de la pisciculture représentent actuellement une part minime du marché mondial de la biotechnologie, mais l'aquaculture est appelée à jouer un rôle de premier plan comme source alimentaire au cours du XXI^e siècle. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la demande annuelle de produits de la pisciculture dépassera la capacité de la pêche sauvage de 55 millions de tonnes d'ici 2025⁵. Ce déficit devra être comblé par les exploitations piscicoles. C'est un domaine où la biotechnologie doit jouer un grand rôle pour améliorer la santé et l'alimentation des stocks de poissons en introduisant des poissons génétiquement modifiés et en diagnostiquant et en soignant les maladies infectieuses⁶.

Foresterie

La biotechnologie intervient également dans le secteur de la foresterie, où elle constitue une technologie habilitante, notamment en ce qui concerne l'amélioration du taux de croissance des arbres, la fabrication de produits, la mise au point d'espèces d'arbres plus résistantes aux insectes et aux maladies et l'accroissement de la biodiversité forestière. Les produits de la biotechnologie

⁴ Industrie Canada, *Bio-industries : Perspectives de croissance*, La série des cadres de compétitivité sectorielle, site Web *Strategis*, avril 1998.

⁵ Aquatic Biotechnology : A Discussion Document for the Renewal of the Canadian Biotechnology Strategy, site Web *Strategis*, avril 1998

⁶ Feuille de renseignements : Biotechnologie – Avantages, *op. cit.*

servent également à la mise au point de procédés plus écologiques de production de pâte à papier et de traitement des effluents d'usine.

Technologie habilitante

La biotechnologie est une technologie habilitante qui joue de plus en plus un grand rôle pour stimuler la compétitivité, la croissance et la viabilité environnementale d'un grand nombre de secteurs de l'économie. Elle contribuera à la mise au point de nouveaux produits et procédés de production, entre autres dans les industries pharmaceutiques, des pâtes et papier et agroalimentaires.

Financement

L'industrie biotechnologique est un secteur scientifique caractérisé par des investissements considérables dans la recherche-développement (R-D) et par de très longs délais avant la commercialisation. Par exemple, la mise en marché d'un nouveau produit de diagnostic prend trois à cinq ans et coûte de un million à 20 millions de dollars. Pour une nouvelle variété végétale ou un nouveau médicament, il faut compter de 8 à 12 ans d'activités de développement et des coûts de 150 à 250 millions⁷. D'après les résultats d'un récent sondage de Statistique Canada, plus de 50 p. 100 des entreprises de l'industrie consacrent au-delà de la moitié de leurs revenus à la R-D⁸. Ainsi, le financement représente un vrai problème pour les nouvelles entreprises et pour la poursuite des activités de R-D.

Malgré les perspectives de rendement élevées, les ventes et les délais de récupération n'ont pas été à la hauteur des espérances, ce qui semble avoir entraîné une perte de confiance chez les investisseurs. L'apport de capital de risque a diminué et, en raison de la faiblesse du marché des actions au cours de l'année écoulée, les fonds de démarrage sont de plus en plus difficiles à trouver. Dans le sondage de Statistique Canada, 64 p. 100 des entreprises déclarent que l'accès aux capitaux constitue « le principal obstacle » à la mise en marché⁹.

Alliances stratégiques

Le problème du financement favorise l'établissement d'alliances stratégiques avec des multinationales afin de partager les coûts élevés de la R-D. Ces alliances permettent également aux plus petites entreprises de bénéficier de l'expertise des multinationales en matière de gestion et de réglementation et de leur savoir-faire dans le domaine de la commercialisation. En raison de

⁷ Industrie Canada, *Les bio-industries, Partie 1 - Vue d'ensemble et perspectives*, La série des Cadres de compétitivité industrielle, Direction générale des bio-industries, 1997.

⁸ Les résultats du sondage sont présentés dans *Canadian Biotechnology '98 - Success From Excellence*, BIOTEC Canada, 1999.

⁹ *Ibid*

ces facteurs, les grandes multinationales pharmaceutiques représentent actuellement la principale source de fonds des bio-industries aux États-Unis.

Les multinationales de l'industrie pharmaceutique ont également conclu des alliances avec des entreprises biopharmaceutiques canadiennes. Elles en retirent des droits mondiaux de commercialisation et de fabrication pour les produits conçus au Canada. Dans le secteur de la biotechnologie agricole, la tendance est également aux fusions et aux acquisitions par les grosses multinationales chimiques et agricoles¹⁰. D'après les résultats du sondage de Statistique Canada, 69 p. 100 des bio-industries ont formé des partenariats en R-D; 49 p. 100, des partenariats de commercialisation; et 29 p. 100, des partenariats de fabrication¹¹.

Soutien de l'État et collaboration à la recherche

Pour l'industrie, le soutien de l'État est primordial. En raison des coûts élevés des activités de R-D, les crédits d'impôt à ce titre sont un facteur déterminant pour la croissance soutenue de l'industrie. La recherche biomédicale fondamentale bénéficie aussi de subventions substantielles de la part de l'État. Par ailleurs, les gouvernements fournissent une part importante de l'infrastructure de recherche. Dans le secteur agroalimentaire, la majeure partie des activités de R-D est concentrée dans les laboratoires publics et les universités.

Ces dernières années, la collaboration entre le secteur public et l'industrie dans le domaine de la recherche s'est intensifiée. Entre autres, la collaboration entre le Conseil national de recherches Canada (CNRC), Agroalimentaire et Agriculture Canada et AgroÉvo (une entreprise allemande) a abouti au développement du Colza Innovator, la première variété végétale mise au point par le truchement de la biotechnologie agricole à être commercialisée.

Selon les observateurs de l'industrie, le Canada bénéficie de coûts plus concurrentiels que les États-Unis sur le plan de la R-D en biotechnologie. Cet avantage, ainsi que l'exceptionnelle qualité des installations de R-D et la capacité d'essais cliniques supérieure à la moyenne, ont encouragé certaines multinationales à s'établir au pays¹².

¹⁰ Industrie Canada, Industrie Canada, *Les bio-industries. Partie I - Vue d'ensemble et perspectives*, La série des Cadres de compétitivité sectorielle, Direction générale des bio-industries, 1997.

¹¹ BIOTECanada, *Canadian Biotechnology '98 - Success From Excellence*, BIOTECanada, 1999

¹² Industrie Canada, *ibid*

Réglementation

Le contexte réglementaire est un élément déterminant de la réussite dans l'industrie. Les produits biotechnologiques se répartissent en plusieurs catégories d'activités – alimentation, médecine, diagnostic et agents environnementaux – réglementées par une série de lois administrées par un certain nombre de ministères et organismes fédéraux et provinciaux. La complexité du processus réglementaire canadien représente un défi majeur pour les bio-industries, car les retards occasionnés ont une incidence directe sur l'accès au marché et le taux de rendement des investissements. Le processus de réglementation constitue donc un sujet de préoccupation majeur pour l'industrie.

Certains intervenants réclament la déréglementation, dans le sillage de la tendance américaine. Pour leur part, les groupes de consommateurs font pression pour que la biotechnologie soit assujettie à une législation et à des contrôles plus rigoureux. L'industrie juge également nécessaire de garantir la sécurité publique des produits biotechnologiques par le biais d'un processus d'approbation complet, transparent et efficace.

Autres facteurs ayant une incidence sur la croissance

Les principales techniques qui sous-tendent ce secteur se fondent sur l'utilisation industrielle de l'ADN recombinant, de la fusion cellulaire et des nouveaux procédés biotechnologiques. À l'heure actuelle, une initiative de coopération internationale est en cours afin de répertorier la totalité des 100 000 gènes du génome humain. Ce projet, dont l'achèvement est prévu pour 2004, permettra d'accélérer le développement de produits biomédicaux.

Il existe des facteurs qui permettent à l'industrie canadienne de poursuivre sa croissance. Le Canada est réputé pour son excellente infrastructure de recherche, pour la qualité de son personnel technique et pour ses coûts par chercheur relativement faibles. De plus, le Canada présente certains avantages fiscaux par rapport aux États-Unis dans le domaine de la recherche et a démontré une capacité d'essais cliniques supérieure à la moyenne¹³.

Il existe aussi un certain nombre d'incertitudes et de facteurs susceptibles de ralentir la croissance. Sous ce rapport, mentionnons particulièrement l'accès aux capitaux, les préoccupations de l'industrie au chapitre de la réglementation, les questions de protection de la propriété intellectuelle et la disponibilité de ressources humaines hautement qualifiées¹⁴.

¹³ *Ibid*

¹⁴ Comité consultatif national de la biotechnologie, *op cit*

Les groupes de défense de l'intérêt public ont soulevé un certain nombre de questions concernant les mérites et les risques des aliments et des médicaments génétiquement modifiés, comparativement aux produits courants. Les consommateurs sont également préoccupés par l'incidence que les produits dérivés de la biotechnologie pourraient avoir sur l'environnement, soulignant que les conséquences écologiques sont peu connues et étudiées. Des questions concernant les aspects éthiques et sociaux de certaines applications de la biotechnologie ont également été soulevées.

La Stratégie canadienne en matière de biotechnologie, une initiative du gouvernement fédéral, fait actuellement l'objet d'un examen. Outre un appui accru pour la biotechnologie, les nouvelles initiatives qui seront lancées dans le cadre de la stratégie renouvelée risquent également de tenir compte des préoccupations croissantes des consommateurs dans le domaine.

Situation actuelle

Définition de l'industrie

Bien qu'on la désigne souvent comme une industrie, « la biotechnologie se définit en fait, au sens large, comme l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs composants pour créer ou modifier des produits, améliorer des végétaux ou des animaux et développer des micro-organismes à des fins précises. [...] Une définition plus restreinte (nommément la biotechnologie "nouvelle" ou de seconde génération) limite le terme à l'utilisation de l'ADN recombinant, des anticorps monoclonaux et d'autres techniques modernes issues des applications de la biologie moléculaire¹⁵. » C'est cette seconde définition qui est adoptée dans ce profil.

Étant donné que la biotechnologie est une technologie habilitante utilisée dans différents secteurs, les produits qui en sont dérivés ne font pas classe à part dans la codification de la classification type des industries. Cela signifie que Statistique Canada ne fournissait pas de données sur les ventes, les échanges commerciaux et l'emploi. Toutefois, son enquête récente permet de combler certaines de ces lacunes¹⁶. Les applications de la biotechnologie dans les divers secteurs de l'économie comprennent la mise au point de végétaux résistants aux insectes, aux maladies, aux herbicides et au gel, d'agents de diagnostic et thérapeutiques, de substances chimiques et d'enzymes favorisant l'efficacité des procédés industriels et de technologies d'assainissement de l'environnement.

¹⁵ Industrie Canada, *op cit*

¹⁶ BIOTECanada, *op cit*

Caractéristiques de l'industrie

Selon l'enquête sur l'industrie de la biotechnologie menée par Statistique Canada en 1997 (voir annexe 2) il existe environ 282 entreprises dont la principale activité est la biotechnologie. Il s'agit pour la plupart de petites entreprises, environ 72 p. 100 d'entre elles ayant moins de 50 employés et seulement 12 p. 100 d'entre elles, plus de 150 employés. Les revenus pour 1998 étaient estimés à environ 1,1 milliard de dollars. L'industrie canadienne de la biotechnologie détient 5 p. 100 du marché mondial; 50 p. 100 des ventes du secteur sont attribuées aux produits pharmaceutiques et 44 p. 100, aux produits de biotechnologie agricole.¹⁷

Distribution régionale

Le Québec est le siège de 31 p. 100 des entreprises canadiennes de biotechnologie, le reste étant distribué entre l'Ontario (25 p. 100), la Colombie-Britannique (20 p. 100), les Prairies (18 p. 100) et l'Atlantique (6 p. 100).

Le Québec est le dixième centre de biotechnologie, par ordre d'importance, en Amérique du Nord et fait figure de chef de file au Canada pour la commercialisation et la production des produits de biotechnologie. L'Ontario se classe au treizième rang en Amérique du Nord. Saskatoon possède un secteur de biotechnologie agricole de haut niveau, centré autour de la University of Saskatchewan et de l'Institut de biotechnologie du CNRC. Vancouver possède un groupe prospère d'entreprises spécialisées dans la biotechnologie de la santé et, tout comme les provinces de l'Atlantique, dispose d'importantes capacités de recherche en biotechnologie aquatique.

Syndicalisation et associations professionnelles et industrielles

À l'heure actuelle, l'industrie s'étant concentrée sur la recherche, la majorité des employés ont une formation scientifique. En effet, le personnel affecté à la R-D représente 41 p. 100 de l'effectif total et se compose principalement de titulaires de doctorat et de techniciens de laboratoire¹⁸. Les membres du personnel scientifique font souvent partie d'associations professionnelles qui représentent leurs intérêts.

Les associations industrielles et les organismes gouvernementaux les plus importants qui desservent l'industrie de la biotechnologie au Canada sont les suivants :

- Agriculture et Agroalimentaire Canada
- Ag-West Biotech
- Association canadienne de l'industrie du médicament
- Association québécoise des bio-industries

¹⁷ *Ibid*

¹⁸ *Ibid*

- B.C. Biotechnology Alliance
- BIOTECanada
- Comité consultatif national de la biotechnologie
- Conseil de recherches agroalimentaires du Canada
- Conseil de recherches médicales du Canada
- Conseil des ressources humaines en biotechnologie
- Conseil national de recherches Canada
- Forest Renewal B.C.
- Forintek
- Institut canadien de recherches en génie forestier
- Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers
- Ministère des Pêches et des Océans
- Nova Scotia Biotech Working Group
- Réseaux de centres d'excellence
- Ressources naturelles Canada
- Service canadien des forêts
- Toronto Biotechnology Initiative

CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLOI

En raison de l'absence de statistiques officielles, les estimations du nombre de personnes employées dans l'industrie varient de 8 000 à 20 000 (8 000 selon Paget, 1996¹⁹; un peu moins que 10 000 selon la récente enquête de Statistique Canada²⁰; 11 000 selon l'étude de Ernst and Young, citée dans le sixième rapport de du Comité consultatif national de la biotechnologie de 1998²¹; et 20 000 selon un représentant de l'industrie dans un article de journal de novembre 1996²²). Les différences dans ces estimations reflètent le plus souvent les divergences dans les définitions du secteur.

Les estimations les plus basses ne comprennent pas le personnel dans les universités, les hôpitaux et les centres de recherche qui se concentrent sur des recherches biotechnologiques externes, financées par les entreprises privées canadiennes et étrangères. Les chercheurs qui poursuivent des travaux en biotechnologie dans les laboratoires du gouvernement en sont également exclus.

En règle générale, la main-d'œuvre possède une formation académique et des compétences considérables, la majorité des personnes employées dans le secteur possédant un diplôme universitaire. Bon nombre des membres du personnel scientifique et technique de l'industrie de la biotechnologie possèdent un diplôme d'études supérieures dans diverses disciplines telles que la biotechnologie, la chimie, la physique et le génie. Les titulaires d'un diplôme universitaire travaillent principalement dans les secteurs de la vente, de la commercialisation et de la R-D. Les travailleurs de la fabrication ont normalement un niveau de scolarité moins élevé.

On ne dispose pas à l'heure actuelle de données comparatives qui permettent de déterminer si les taux salariaux du secteur sont concurrentiels par rapport à ceux d'autres secteurs pour des compétences comparables ou si ces taux sont en hausse (le signe d'un début de pénurie sur le marché). Selon les résultats d'une enquête en direct effectuée par Personnel Systems, les augmentations de salaire dans cette industrie suivent de près la moyenne enregistrée pour l'ensemble de l'économie.

¹⁹ The Paget Consulting Group, *Building Long-Term Capability Now: Canadian Human Resources Study in Biotechnology*, 1996.

²⁰ BIOTECanada, *op. cit.*

²¹ Comité consultatif national de la biotechnologie, *op. cit.*

²² « Patents vital, biotech le... », *The Globe and Mail*, 28 novembre 1996.

COMPÉTENCES ESSENTIELLES – BESOINS ET PÉNURIES

Besoins

L'étude Paget de 1996 sur les ressources humaines s'est intéressée aux besoins des bio-industries à chaque stade des travaux de développement : démarrage, essais précliniques ou en conditions réelles, essais cliniques et en conditions réelles et commercialisation. En général, la biotechnologie recoupe des disciplines comme la biologie, la génétique, la microbiologie, la biophysique, la biochimie, le génie chimique et les sciences informatiques.

Les personnes possédant une formation pluridisciplinaire sont bien sûr particulièrement en demande et, au sein des équipes de recherche, on privilégie les candidats possédant une expérience diversifiée²³. Les équipes de développement de produits comportent des spécialistes de nombreux domaines. À la University of Alberta, par exemple, une équipe de recherche travaillant sur un projet agroalimentaire comprend un physiologiste, un nutritionniste, un biochimiste et un biologiste moléculaire.

Selon les prévisions de l'étude Paget, la croissance de l'industrie devrait créer 4 000 emplois d'ici la fin des années 1990, dont 1 300 postes dans les activités de recherche, techniques et de soutien, 2 000 en commercialisation et 700 en gestion²⁴. Les entreprises consultées dans le cadre de l'enquête de Statistique Canada prévoient un taux de croissance annuel de l'emploi de 10 p. 100²⁵.

En cas de pénurie de personnel qualifié et d'installations pour la fabrication de produits commerciaux, l'intensification des activités de développement et de production est difficile à réaliser. Les scientifiques diplômés dans plus d'un domaine sont de plus en plus recherchés. Un exemple de formation pluridisciplinaire consisterait à posséder une formation en chimie et un diplôme d'études postdoctorales en biologie cellulaire ou en informatique.

Le MBA avec une formation antérieure en sciences est également un profil souhaitable, les bio-industries recherchant tout particulièrement des cadres ayant à la fois le sens de la recherche et des affaires.

Pénuries

Les besoins en personnel varient à chaque stade du cycle de vie d'un produit ou d'un service. On s'attend à des pénuries de main-d'œuvre qualifiée au cours des cinq prochaines années, alors qu'on passe de l'étape de la recherche technologique à celle de la commercialisation. Il existe un besoin pressant de cadres possédant une formation scientifique et commerciale ainsi qu'une

²³ The Paget Consulting Group, *op. cit.*

²⁴ *Ibid.*, *op. cit.*

²⁵ BIOTECCanada, *op. cit.*

expertise dans le domaine de la réglementation nationale et internationale, des relations avec les investisseurs, de la promotion du commerce et des alliances stratégiques.

Il est peu probable que l'industrie canadienne ait atteint la masse critique requise pour trouver des cadres possédant les compétences voulues, de sorte que les entreprises se tournent de plus en plus souvent vers l'étranger pour recruter leur personnel. Les représentants de l'industrie ont souligné l'importance de l'harmonisation des salaires et des impôts et de la mise en place d'un système d'immigration accéléré, permettant d'embaucher les personnes hautement qualifiées dont on a besoin pour la commercialisation des produits qui sont actuellement aux différents stades de développement²⁶.

Les compétences informatiques, notamment en bio-informatique et en modélisation moléculaire, ne cessent de gagner en importance, les entreprises et les chercheurs devant à la fois intégrer les sciences traditionnelles et de l'information.

Parallèlement à la croissance de l'industrie, on s'attend à ce que les organismes gouvernementaux de réglementation aient besoin d'un surcroît de personnel et de compétences pour traiter les demandes additionnelles d'approbation de nouveaux produits. Le Comité consultatif national de la biotechnologie a placé au premier rang de ses priorités la disponibilité de ressources humaines hautement qualifiées ainsi que l'élaboration de politiques concurrentielles sur la protection de la propriété intellectuelle et les autorisations réglementaires, éléments essentiels à la réussite de l'industrie²⁷. Le rapport Paget a également fait remarquer que la croissance de l'industrie risque d'être compromise par la pénurie de personnes suffisamment qualifiées²⁸. Le problème des ressources humaines est considéré comme l'un des plus importants défis que l'industrie est appelée à relever.

D'après les résultats de l'enquête sur les bio-industries au Canada, effectuée par Statistique Canada en 1998, il existe 1 900 postes vacants (20 p. 100 de l'effectif actuel) dans les principales bio-industries, plus de la moitié de ces postes vacants étant dans des petites entreprises. Des problèmes sont signalés relativement au recrutement du personnel technique, de production, scientifique et de R-D²⁹.

²⁶ Comité consultatif national de la biotechnologie, *op. cit.*

²⁷ *Ibid.*

²⁸ The Paget Consulting Group, *op. cit.*

²⁹ BIOTECanada, *op. cit.*

RECRUTEMENT, FORMATION ET PERFECTIONNEMENT

Stratégie en matière de ressources humaines

La plupart des bio-industries ne comptant qu'un petit nombre d'employés, l'élaboration d'une stratégie formelle de ressources humaines cède le terrain aux autres aspects de la stratégie commerciale. Les grandes entreprises se sont dotées de politiques de ressources humaines clairement définies, mais les entreprises de moindre importance (moins de 35 employés) adoptent des démarches moins structurées.

La spécialisation est la norme dans l'industrie de la biotechnologie. En raison de la faible envergure de l'industrie canadienne, les entreprises ne disposent pas d'un nombre suffisant de professionnels possédant les compétences voulues, et c'est pourquoi l'industrie se tourne largement vers l'étranger pour en recruter. Toutefois, même sur la scène internationale, il y a peu de professionnels qualifiés et la concurrence pour le personnel devrait s'intensifier.

Pour un grand nombre d'entreprises, les programmes d'alternance travail-études constituent une méthode privilégiée pour le recrutement dans les collèges et universités. Les entreprises recherchent des diplômés à la fine pointe des disciplines d'avant-garde telles que la médecine moléculaire, la thérapie génique, la transduction de signaux, la banque génomique et le génome humain.

Le Conseil des ressources humaines en biotechnologie a récemment créé une banque d'emplois au service de l'industrie, regroupant les curriculum vitae d'employés qualifiés et d'employés éventuels, ainsi que les postes offerts dans ce domaine. Bien qu'elle ne fonctionne encore qu'à une petite échelle, la banque d'emplois peut devenir un outil de placement précieux pour l'industrie et pour les professionnels qualifiés qui cherchent un emploi.

Émigration

Alors que la demande en professionnels compétents dans l'industrie de la biotechnologie ne cesse d'augmenter, nombre de travailleurs qualifiés choisissent de s'établir dans d'autres pays, et ce pour deux raisons. Bien que l'industrie cherche constamment à recruter des chercheurs dans diverses spécialités, le taux d'embauche des titulaires d'un doctorat ou d'un diplôme postdoctoral est faible, sans que l'on sache bien pourquoi.

La diminution des dépenses gouvernementales ces dernières années explique sans aucun doute en partie le ralentissement de l'embauche dans les instituts publics de recherche et les universités. De plus, la spécialisation des diplômés qualifiés ne cadre pas toujours avec les besoins des entreprises. L'industrie américaine de la biotechnologie est tellement plus importante que les diplômés canadiens y trouvent sans difficulté les postes qui leur conviennent.

Par ailleurs, il y a eu un exode vers les États-Unis de professionnels de renom, que les entreprises canadiennes ne peuvent pas se permettre de perdre. L'industrie attribue cet exode et la difficulté du recrutement de professionnels à l'étranger aux impôts plus élevés au Canada qu'aux États-Unis.

Selon un rapport, 30 p. 100 des employés du secteur biopharmaceutique ont quitté le Canada pour d'autres pays tels que les États-Unis en 1996³⁰. Une initiative visant à moderniser les laboratoires de recherche du pays pourrait redresser la situation. La Fondation canadienne pour l'innovation a reçu 800 millions de dollars du gouvernement fédéral, dans l'espoir d'endiguer l'exode des cerveaux en modernisant les installations dans les hôpitaux, les collèges et les universités.

Exigences académiques

Une carrière en biotechnologie débute habituellement par une formation technique ou professionnelle collégiale ou universitaire, selon le niveau de scolarité souhaité (ceux qui n'ont pas l'intention de mener de nouvelles recherches n'ont pas besoin d'un diplôme universitaire).

La plupart des employeurs dans l'industrie de la biotechnologie considèrent le B.Sc. comme la formation de base pour une carrière en recherche. Les perspectives de promotion vers les postes de supervision sont excellentes et la formation de base peut servir de tremplin pour se diriger vers d'autres activités, comme la commercialisation et la réglementation.

Les perspectives d'emploi pour les titulaires d'une maîtrise sont des postes intermédiaires comportant souvent des responsabilités de supervision ainsi que des ouvertures pour de nouvelles recherches, un doctorat étant généralement nécessaire à la planification et à la conduite de telles recherches.

Au niveau universitaire, la biologie, la chimie et la physique sont des disciplines qui mènent vers le domaine de la biotechnologie. L'agriculture, les sciences vétérinaires, la microbiologie ou le génie constituent aussi de bons choix, selon les intérêts personnels de chacun.

Au niveau collégial, la formation doit fournir une base solide en biologie des animaux et des plantes, en chimie et en microbiologie. Les diplômés sont formés pour travailler dans des laboratoires et des installations de recherche dans une variété de domaines. Les possibilités de promotion sont généralement limitées aux secteurs techniques et de la production.

³⁰ *The Globe and Mail*, 16 février 1998.

Sources de recrutement

La plupart des 66 universités canadiennes offrent divers programmes en sciences de la vie. Le Conseil des ressources humaines en biotechnologie a publié le rapport *An Inventory of Biotechnology Education in Canada* en novembre 1998, document qui dresse l'inventaire des programmes de biotechnologie dans l'ensemble des collèges et universités du Canada. Celui-ci présente une analyse du contenu des cours et du programme de 128 collèges et de 66 universités partout au Canada, afin de relever les programmes qui offrent un enseignement et une formation applicables à l'industrie de la biotechnologie³¹.

L'étude Paget souligne que les universités et les collèges communautaires doivent être capables de faire face à la demande de boursiers de recherche post-doctorale, de diplômés d'études supérieures, de diplômés universitaires et de techniciens. Les pénuries en matière de compétences seront principalement attribuables aux exigences spécialisées dans les plus récents domaines de la biotechnologie et en matière de propriété intellectuelle et de réglementation.³²

Recrutement du personnel

Les entreprises canadiennes indiquent qu'il y a une pénurie de scientifiques et d'administrateurs expérimentés³³. Selon Industrie Canada, le pays manque sérieusement de programmes qui favorisent l'acquisition de compétences en gestion dans des domaines tels que le développement de produits, la gestion des alliances stratégiques, la réglementation internationale et le transfert de technologie, autant de compétences requises par les principales entreprises canadiennes spécialisées dans la R-D³⁴.

Les entreprises font également observer que les nouveaux diplômés en sciences ne possèdent pas les compétences relatives aux aspects commerciaux du secteur. Pour qu'une entreprise réussisse dans cette industrie, les chercheurs doivent avoir des compétences en gestion d'entreprise. En outre, les employeurs s'aperçoivent que les diplômés connaissent bien leur discipline, mais non pas les aspects pratiques du monde du travail, entre autres le respect des échéances, la compréhension des besoins pratiques des clients de l'entreprise, la gestion de la qualité³⁵.

Le Comité consultatif national de la biotechnologie recommande que les programmes de premier cycle, de même que les programmes d'apprentissage ou de stage au niveau des études supérieures, soient conçus de manière à ce que les étudiants en sciences puissent obtenir une expérience pratique du monde des affaires. La formation et le perfectionnement de cadres

³¹ Conseil des ressources humaines de BIOTECCanada, *An Inventory of Biotechnology Education in Canada*, novembre 1998.

³² The Paget Consulting Group, *op. cit.*

³³ *Ibid.*, et Comité consultatif national de la biotechnologie, *op. cit.*

³⁴ Industrie Canada, *op. cit.*

³⁵ Groupe de travail sur les questions relatives au marché du travail, *Sectoral Skill Needs and the Role of Universities*, Office for Partnerships for Advanced Skills, Conseil des universités de l'Ontario, ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario, mars 1998.

compétents par le biais de nouveaux programmes dans les universités et les écoles commerciales est une solution à long terme aux pénuries de main-d'œuvre qualifiée, alors que le réaménagement des règles relatives à l'immigration peut apporter une solution à court terme³⁶.

Le degré de spécialisation extrême dans les domaines scientifiques pousse les entreprises à élargir et à intensifier leurs efforts de formation à l'interne. Toutefois, le secteur de la biotechnologie est relativement récent et se compose en majorité d'entreprises de moins de 10 employés, qui doivent se concentrer sur les questions scientifiques et techniques lors des premiers stades de leur développement. C'est pourquoi elles ne sont pas aussi avancées dans l'élaboration de stratégies en matière de ressources humaines que les industries mieux établies, regroupant un plus grand nombre de grandes entreprises. Le Conseil des ressources humaines en biotechnologie est devenu un outil très important pour aider l'industrie à élaborer des stratégies complètes³⁷.

Les départements de recherche de certaines universités entretiennent des relations avec des bio-industries, ce qui permet à leurs étudiants de se familiariser avec le domaine et avec l'industrie dans son ensemble. Les programmes d'alternance travail études et les stages permettent aux étudiants d'acquérir une expérience pratique et leur ouvre des perspectives d'emploi très intéressantes.

Les entrevues menées pour le compte du Groupe d'experts sur les compétences auprès des bio-industries en Saskatchewan et dans les provinces de l'Atlantique montrent qu'il y a eu des améliorations au cours des deux dernières années sur le plan du recrutement, mais que les difficultés à ce chapitre ont augmenté en Saskatchewan au cours des dernières années.

³⁶ Comité consultatif national de la biotechnologie, *op. cit.*

³⁷ Groupe de travail sur les questions relatives au marché du travail, *op. cit.*

PRINCIPAUX FACTEURS DE RÉUSSITE ET OBSTACLES AU SUCCÈS

Les nombreux débouchés éventuels pour les produits de la biotechnologie dans les secteurs de la santé et de l'agroalimentaire ont donné lieu à de grandes attentes dans l'industrie. De plus, l'amélioration constante des connaissances sur lesquelles l'industrie s'appuie, comme le catalogage du code génétique, jette les bases d'une accélération spectaculaire du rythme de développement des produits.

Fort de son excellente infrastructure de recherche, de son personnel technique hautement qualifié, de sa capacité d'essais cliniques supérieure à la moyenne et de ses coûts par chercheur relativement faible, le Canada est bien placé pour bénéficier de la croissance du marché.

Toutefois, la biotechnologie préoccupe les consommateurs, notamment en ce qui a trait aux applications agroalimentaires. L'appui du grand public est devenu un problème majeur, surtout sur les marchés européens, où l'opinion publique semble s'être tournée contre les aliments génétiquement modifiés.

Le Comité consultatif national de la biotechnologie a placé au premier rang de ses priorités la disponibilité des ressources humaines hautement qualifiées ainsi que l'élaboration de politiques concurrentielles pour la protection de la propriété intellectuelle et les autorisations réglementaires, éléments essentiels à la réussite de l'industrie³⁸. Le rapport Paget a également fait remarquer que la croissance de l'industrie risque d'être compromise par la pénurie de personnes suffisamment qualifiées³⁹. Le problème des ressources humaines est considéré comme l'un des plus importants défis que l'industrie est appelée à relever.

Le Comité a formulé plusieurs recommandations qui devraient fournir à l'industrie des assises plus solides, lui permettant de réaliser son potentiel. Le soutien continu et accru de l'État est indispensable pour la recherche fondamentale et l'amélioration de l'infrastructure de recherche. Le Comité a également recommandé de prendre des mesures pour accroître l'efficacité du processus réglementaire et du système de protection de la propriété intellectuelle.

Financement et risque

Bien que le potentiel du marché soit considérable, les risques et les incertitudes sont nombreux. Le temps qui s'écoule entre la recherche et la commercialisation est souvent très long et occasionne des coûts importants. En outre, il n'y a aucune garantie de succès lorsqu'un produit éventuel arrive à la phase des longs essais pratiques ou cliniques.

Plus d'une centaine de produits sont actuellement en cours de développement, mais il semble que le temps requis pour les mettre au point est de plus en plus long et que l'échéance des rendements

³⁸ Comité consultatif national de la biotechnologie, *op. cit.*

³⁹ The Paget Consulting Group, *op. cit.*

élevés escomptés en ce qui a trait aux produits prometteurs est repoussée encore plus loin. La confiance des investisseurs étant ébranlée, le financement devient de plus en plus difficile à obtenir.

Compétences requises

La pénurie de personnel hautement qualifié, en particulier de cadres possédant une gamme de compétences précises, est un problème aigu pour l'industrie. Pour que la commercialisation de nouveaux produits soit fructueuse, l'industrie a besoin de cadres possédant une formation scientifique qui soient également versés dans la réglementation nationale et internationale, le transfert de technologie, les relations avec les investisseurs, le développement du commerce international et les alliances avec les investisseurs.

La demande de personnes possédant cette gamme de compétences ne peut pas être satisfaite rapidement par le système d'éducation. Comme solution à court terme, l'industrie a recommandé quelques modifications aux règles de l'immigration qui lui permettraient de recruter les professionnels qualifiés à l'étranger. Comme solution à long terme, l'industrie collabore avec les établissements d'enseignement pour l'élaboration de programmes qui répondront à ses besoins.

PRATIQUES EXEMPLAIRES ET ÉTUDES DE CAS

Conseil des ressources humaines en biotechnologie

Le Conseil des ressources humaines en biotechnologie (CRHB) a été établi le 1^{er} avril 1997 en réponse à une série de recommandations formulées dans *Building Long-Term Capability Now Canadian Human Resources Study in Biotechnology*, étude menée conjointement par l'industrie et le gouvernement et portant sur la situation des ressources humaines dans l'industrie canadienne de la biotechnologie. Agissant de concert avec tous les partenaires (industries, établissements d'enseignement et gouvernement), le Conseil contribue à la formation, au perfectionnement et au maintien d'une main-d'œuvre hautement qualifiée de façon à permettre au secteur de prendre de l'expansion et d'accroître sa compétitivité internationale.

Le CRHB élabore et met en œuvre un certain nombre de projets, notamment les suivants :

- Examen des programmes des universités et collèges : Le CRHB recueille des données sur la biotechnologie et les programmes connexes offerts par les collèges et universités au pays. Ces données serviront à comparer le contenu des programmes actuels avec les besoins en matière de compétences de l'industrie afin de relever les lacunes dans la formation postsecondaire. En outre, le CRHB préparera un rapport d'étape à l'intention des collèges et universités dans le but d'influencer à long terme la conception et le contenu des programmes. Cet examen des programmes a été mené à terme en mai 1998 et un rapport a été publié en novembre de la même année.
- Inventaire des compétences en biotechnologie : Le CRHB a récemment publié, après la rédaction du présent profil, un inventaire des compétences requises pour certaines catégories d'emplois dans l'industrie de la biotechnologie.
- Guide de référence sur les carrières et les programmes en biotechnologie : Le CRHB a préparé un guide national des professions dans l'industrie de la biotechnologie au Canada. Ce guide décrit les perspectives de carrière, les exigences en matière de formation académique et les établissements postsecondaires canadiens qui offrent une formation dans ce domaine.
- Banque de données canadienne sur la biotechnologie : Le CRHB met à jour cette base de données contenant le curriculum vitae d'employés actuels et éventuels qualifiés en biotechnologie ainsi que les postes offerts dans l'industrie.
- Programmes de formation : Les programmes de formation qu'on envisage de créer portent entre autres sur l'entrepreneuriat et la commercialisation, la gestion scientifique, la réglementation et l'observation, les stratégies relatives à la propriété intellectuelle, le financement de la biotechnologie, les compétences essentielles (p. ex., en communication).
- Le CRHB a mis sur pied le projet pilote Jeunes stagiaires, qui offre aux jeunes l'occasion d'acquérir de l'expérience dans les bio-industries grâce à une subvention salariale fournie par

le gouvernement fédéral. La première étape de ce projet pilote prévoit la création de 25 à 50 postes et son expansion future dépendra des succès remportés à cette étape initiale.

- Le CRHB a également établi un certain nombre de groupes de travail chargés de se pencher sur la formation ou les connaissances particulières requises par les différents secteurs de l'industrie de la biotechnologie. Les groupes de travail s'occupent du perfectionnement des compétences, de l'analyse du marché du travail, des normes ou de la certification, du perfectionnement professionnel et des stratégies d'immigration. Chaque groupe de travail fournira des services consultatifs au CRHB, évaluera les données et contribuera à la coordination des projets et des activités axés sur son domaine de spécialisation.

Entreprises

L'industrie a contribué dans une large mesure au redressement de la situation des ressources humaines par l'intermédiaire du CRHB. Nombre d'entreprises sont relativement petites et n'ont pas les moyens de se doter d'importants services de gestion des ressources humaines. Le Conseil offre la possibilité de traiter collectivement un grand nombre de questions, y compris la communication entre l'industrie et les universités au sujet des programmes d'études, les programmes de sensibilisation et de promotion axés sur les carrières, les analyses comparatives des salaires et des traitements et les initiatives connexes.

Depuis 1994, les Expos-biotech étudiantes Connaught donnent aux élèves des écoles secondaires l'occasion d'élaborer des projets scientifiques dans un contexte similaire au monde réel de la recherche scientifique. Les projets de recherche sont examinés par des professionnels et sont réalisés sous la direction de mentors choisis dans des entreprises locales de biotechnologie. Les candidats retenus reçoivent une modeste subvention qui sert à payer les frais de la recherche. En collaboration avec un certain nombre de gouvernements, d'universités, et de patrons du secteur privé, l'entreprise fondatrice, Pasteur Marieux Connaught, appuie l'expansion du programme au-delà de ses limites initiales, la ville de Toronto, dans des collectivités partout au Canada. Les expositions ont pour objet de sensibiliser davantage les étudiants, les enseignants et le public à la biotechnologie et à ses applications dans des domaines tels que les soins de santé, l'agriculture et l'environnement⁴⁰.

Universités

Les universités de la Colombie-Britannique s'efforcent d'élaborer un programme de B.Sc. multidisciplinaire en biotechnologie, intégrant des éléments de programmes des cycles supérieurs en droit, en affaires et en sciences.

⁴⁰ Information tirée d'un document publicitaire diffusé sur Internet (<http://www.connaughtbloexpo.com/>)

La University of Saskatchewan met sur pied un programme virtuel qui souligne les compétences multidisciplinaires dont l'industrie a besoin⁴¹.

Le département de génie chimique et biochimique à la University of Western Ontario a élaboré un certain nombre de programmes, offerts depuis septembre 1998, dont un B.E.Sc. avec spécialisation en gestion d'entreprise (5 ans), un B.E.Sc. et un B.A. en économie (5 ans), un B.E.Sc. et un diplôme en droit (6 ans), un B.E.Sc. et un B.Sc. en sciences de l'environnement (5 ans) et un B.E.Sc. et un B.Sc. dans un programme universitaire à option en génétique.

La Queens University a créé un programme combiné de sciences et de commerce, grâce auquel les étudiants peuvent obtenir un MBA en sciences et technologie.

La University of Toronto a proposé un programme de maîtrise en biotechnologie qui a pour objet de préparer les diplômés en sciences pures et appliquées aux carrières dans les bio-industries ou dans l'industrie des produits pharmaceutiques. Le programme fournit aux étudiants une solide formation de base en biotechnologie et une introduction à la gestion des entreprises du secteur.

⁴¹ Agriculture et Agroalimentaire Canada, *CBS Sector Consultation Summary Reports*, p. 6

ANNEXE I : BIBLIOGRAPHIE

- BIOTECanada, *Canadian Biotechnology '98 - Success From Excellence*, avril 1999.
- Comité consultatif national de la biotechnologie, *Le sixième rapport - Assurer le leadership au prochain millénaire*, Industrie Canada, 1998.
- Conseil des ressources humaines de BIOTECanada, *An Inventory of Biotechnology Education in Canada*, novembre 1998.
- Développement des ressources humaines Canada, « L'industrie de la biotechnologie au Canada (ébauche de l'Aperçu) », août 1998.
- Développement des ressources humaines Canada, « La biotechnologie en agriculture (ébauche de l'Aperçu) », copie dactylographiée, août 1998. »
- Développement des ressources humaines Canada, « La biotechnologie dans l'industrie forestière canadienne (ébauche de l'Aperçu) », copie dactylographiée, août 1998.
- Développement des ressources humaines Canada, « La biotechnologie dans l'industrie de la pêche au Canada (ébauche de l'Aperçu) », copie dactylographiée, août 1998.
- Développement des ressources humaines Canada, « Le secteur biopharmaceutique (ébauche de l'Aperçu) », copie dactylographiée, août 1998.
- Ernst and Young, *Canadian Biotech '97: Coming of Age*
- « Food for thought », *The Economist*, 19 juin 1999, édition Internet.
- Gravelle, Michelle, *Skills Challenges Facing Key Sectors of the Canadian Economy. A Consultation Report*, Industrie Canada, copie dactylographiée, août 1998.
- Groupe de travail sur les problèmes du marché du travail, *Sectoral Skill Needs and the Role of Universities*, Office for Partnerships for Advanced Skills, Conseil des universités de l'Ontario, ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario, mars 1998.
- Industrie Canada, *Bio-industries : Partie I - Vue d'ensemble et perspectives*, La série des Cadres de compétitivité sectorielle, Direction générale des bio-industries, 1997.
- Industrie Canada, *Bio-industries. Analyse contextuelle*, Cadre de compétitivité sectorielle, site Web de *Strategis* (<http://strategis.ic.gc.ca>), juin 1998.
- Industrie Canada, *Fiche documentaire : Les avantages de la biotechnologie*, Direction générale des bio-industries, août 1998.
- Industrie Canada, *L'industrie pharmaceutique : Partie I - Vue d'ensemble et perspectives*, La série des Cadres de compétitivité sectorielle, Direction des sciences de la santé, 1997.
- Industrie Canada, *Renouvellement de la stratégie canadienne en matière de biotechnologie* (divers dossiers et articles), Groupe de travail sur la stratégie canadienne en matière de biotechnologie, printemps 1998.
- Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, *Biotech Québec 1997 - Portrait de l'industrie*, Direction des industries de la santé.

« Patents vital, biotech leader says », *The Globe and Mail*, 28 novembre 1996.

Sangster, Derwyn, *Compétences essentielles dans cinq industries canadiennes : un rapport sur des entrevues menées dans chacun des secteurs*, document préparé pour le Groupe d'experts sur les compétences, Conseil consultatif des sciences et de la technologie, juin 1999.

The Paget Consulting Group Inc., *Building Long-Term Capability Now: Canadian Human Resources Study in Biotechnology, The Paget Report,*] 1996.

« Who's Afraid », *The Economist*, 19 juin 1999, édition Internet.

Sites Web :

Ag-West Biotech (Saskatoon) : <http://www.agwest.sk.ca/>

B.C. Biotechnology Alliance : <http://www.biotech.bc.ca/cfm/index.cfm>

Conseil des ressources humaines de BIOTECanada : <http://www.biotech.ca/>

Centre québécois d'innovation en biotechnologie : <http://www.cqib.org/index.htm>

InfoBiotech Canada : http://iox.cisti.nrc.ca/ibc/index_f.html

Association canadienne de l'industrie du médicament : <http://www.pmac-acim.org/>

Toronto Biotechnology Initiative : <http://www.torontobiotech.org/>

Annexe II : Secteurs de l'industrie de la biotechnologie (tels qu'ils sont décrits dans l'enquête de 1997 sur les entreprises de biotechnologie de Statistique Canada)

Aquaculture

- Santé des poissons (p. ex., diagnostic, thérapeutique)
- Génétique des stocks reproducteurs (p. ex., repérage des traits supérieurs, modifications et génie génétiques)
- Bioextraction (p. ex., carraghénane des algues marines, protéines antigél des poissons, arômes)

Biogriculture

- Biotechnologie végétale (p. ex., culture de tissus, embryogenèse, marqueurs génétiques, génie génétique)
- Biotechnologie animale (p. ex., diagnostic, thérapeutique, transplantation d'embryons, marqueurs génétiques, génie génétique)
- Biofertilisants, biopesticides, bioherbicides, additifs alimentaires biologiques, antiparasitaires microbiens (p. ex., bactéries, champignons, levures)
- Applications de produits agricoles (p. ex., combustibles, lubrifiants, denrées et charges alimentaires de laboratoire, cosmétiques)
- Bioprocédés (p. ex., utilisation d'enzymes et de cultures bactériennes)

Bio-informatique

- Génome humain et modélisation moléculaire (p. ex., séquençage de l'ADN, de l'ARN et des protéines, et bases de données pour les humains, les plantes, les animaux et les micro-organismes)

Environnement

- Biofiltration (p. ex., traitement des émissions organiques dans l'air et dans l'eau)
- Biorestauration et phytorestauration (p. ex., décontamination des sites pollués par des déchets toxiques à l'aide de micro-organismes)
- Diagnostic (p. ex., détection des substances toxiques au moyen de bio-indicateurs, biocapteurs, diagnostic sérologique)

Exploitation minière, énergie, pétrole, produits chimiques

- Extraction de minerais et de pétrole améliorée par la microbiologie
- Bioprocédés industriels (p. ex., biodésulfuration, biocraquage, biorécupération)

Produits forestiers

- Sylviculture (p. ex., ectomycorhizia, culture de tissus, embryogenèse somatique, marqueurs génétiques, génie génétique)
- (Détergents) Bioprocédés industriels (p. ex., réduction en pâte et blanchiment biologiques, prévention biologique des taches de sève)

Santé humaine

- Diagnostic (p. ex., diagnostique sérologique, analyseurs de gènes, biocapteurs)
- Thérapeutique (p. ex., vaccins, stimulants immunitaires, biopharmaceutique, conception rationnelle des médicaments, chimie combinatoire)
- Thérapie génique (p. ex., séquençage, fabrication et insertion des gènes)

Transformation des aliments

- Aliments fonctionnels et nutraceutiques (p. ex., probiotique, acides gras non saturés)

Autres

- Synthèse chimique ou biologique sur demande (p. ex., peptides, nucléotides, hormones, facteurs de croissance, biochimie)

ANNEXE III – ENTREVUES

M. Charles Bourgeois
Vice-président exécutif
Montréal TechnoVision Inc.
550 Sherbrooke ouest, suite 100
Montréal, Québec H3A 1B9
Tel. (514) 840-1144
E-mail: Csb@mtltv.org

M. Michel Côté
Directeur général
Centre de liaison de PharmaVision Québec inc.
550 ouest, rue Sherbrooke
Montréal, Québec H3A 1B9
Tel. (514) 844-2228
E-mail: Pharmavision@frsq.gouv.qc.ca

M. Yves-J. Fournier
Conseiller en développement industriel
Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie
Direction des Industries de la santé
710 Place Youville, 8e étage
Québec, G1R 4Y4
Tel. (418) 691-5698 poste 4917
E-mail: Yj.fournier@micst.gouv.qc.ca

Dr. Paul T. Hough
Vice-President,
BioteCanada
130, rue Albert, suite 420
Ottawa, Ontario K1P 5G4
Tel. (613) 230-5585
E-mail: hough@biotech.ca

M. Terrance Hunsley
Directeur exécutif
Conseil des ressources humaines en biotechnologie
130, rue Albert, suite 420
Ottawa, Ontario K1P 5G4
Tel. (613) 235-1402
E-mail: terry@biotech.ca

M. Roger Marchand
Directeur
Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie
Direction des Industries de la santé
770 ouest, rue Sherbrooke
Montréal, Québec H3A 1G1
Tel. (514) 982-3037
E-mail: Roger.marchand@micst.gouv.qc.ca

Mr. Roy Atkinson
Directeur exécutif
Secrétariat canadien de la biotechnologie
Édifice C. D. Howe
235, rue Queen, Ottawa
K1A 0H5
Tel. (613) 946-8926

Mme. Stella Deacon
Agent senior des politiques
Secrétariat canadien de la biotechnologie
Édifice C. D. Howe
235, rue Queen, Ottawa
K1A 0H5
Tel. (613) 946-8928

M. George Michaliszyn
Directeur
Sciences de la vie
Industrie Canada
235, rue Queen, 9e étage est
Ottawa, Ontario K1A 0H5
Tel. (613) 954-3071

Mr. John Jaworski
Agent principal de développement industriel
Sciences de la vie
Industrie Canada
235, rue Queen, 9e étage est
Ottawa, Ontario K1A 0H5
Tel. (613) 952-4209
E-mail: jaworski.john@ic.gc.ca