

R
-69
K202
pp.1
BNQ

Québec
Science

LES
GRANDS
DOSSIERS

les **bio** technologies

HORIZON 2000

SUPPLÉMENT AU MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE, AUTOMNE 1997

Agriculture et Agroalimentaire Canada :

ALLIÉ DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT

Des centres de recherche d'avant-garde

L'expertise scientifique d'équipes pluridisciplinaires

Des laboratoires et des équipements à la fine pointe de la technologie

La volonté de soutenir l'industrie dans le développement de produits de qualité toujours supérieure

Un Programme de Partage des Frais pour l'Investissement, par lequel le ministère peut égaler les investissements du secteur privé en matière de recherche et de développement agroalimentaire



**Centre de recherche et de développement sur les aliments
(Saint-Hyacinthe)**

Son mandat, en appui à l'industrie de transformation des aliments, porte sur les produits carnés, les produits laitiers, les bio-ingrédients et les technologies de conservation des aliments.

Pour plus de renseignements :
Monsieur Claude Aubé
(514) 773-1105



**Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
(Sainte-Foy)**

Son mandat porte sur la gestion et la conservation de l'eau et des sols, et sur l'amélioration génétique des plantes fourragères, en particulier la luzerne et la fléole des prés.

Pour plus de renseignements :
Madame Angèle St-Yves
(418) 657-7980



**Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc
(Lennoxville)**

Son mandat se spécialise dans deux domaines importants. En production laitière, l'accent est mis sur l'efficacité de la production, la composition du lait et le bien-être des animaux. En production porcine, on s'affaire particulièrement à améliorer la productivité des truies, la qualité des carcasses, le bien-être des animaux et la gestion du lisier.

Pour plus de renseignements :
Monsieur Jean-Marc Deschênes
(819) 565-9174



**Centre de recherche et de développement en horticulture
(Saint-Jean-sur-Richelieu)**

Son mandat, spécialisé en productions maraîchères, porte sur l'amélioration de la production de légumes de champ par la gestion des cultures, la lutte biologique et les procédés post-récoltes.

Pour plus de renseignements :
Monsieur Denis Demars
(514) 346-4494



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada



Vous connaissez le CRTS de PharmaVision Québec ?

C'est un guichet unique pour tous les intervenants de la recherche en santé, universitaire, pharmaceutique et biotechnologique, qui vise à multiplier les occasions d'alliance entre ces différents milieux.

Le CRTS est une réalisation de PharmaVision Québec inc., une corporation à but non lucratif qui a comme mandat de regrouper, promouvoir et développer l'industrie pharmaceutique. Il est appuyé financièrement par l'industrie pharmaceutique, le ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie du Québec (MICST) et le Fonds de la recherche en santé du Québec (FRSQ).

L'objectif du CRTS est de :

- canaliser les investissements en recherche et développement de l'industrie pharmaceutique dans le monde de la recherche en santé. En 1996, ces investissements étaient de 769 millions de dollars au Canada.
- faciliter la promotion de l'excellence des chercheurs et de la qualité de nos infrastructures de recherche en santé.
- favoriser les interactions chercheurs-industrie
- faciliter les transferts technologiques

Son mandat spécifique est d'assurer :

- une veille et une diffusion des opportunités technologiques
- le maillage et l'assistance technique
- l'information : séminaires, colloques, symposiums, etc.

Pour de plus amples renseignements :

Dr Michel G. Côté

Directeur général

Centre de référence en technologie de la santé du Québec

550, rue Sherbrooke Ouest, bureau 1950

Montréal (Québec) H3A 1B9

Téléphone : (514) 844-2228 Télécopieur : (514) 844-7721



Message de l'honorable Martin Cauchon

À titre de secrétaire d'État responsable du Bureau fédéral de développement régional (Québec), je suis fier de m'associer à ce cahier spécial du magazine *Québec Science* consacré aux biotechnologies.

Le secteur des biotechnologies, l'un des domaines où le gouvernement du Canada a exercé une influence structurante, est aujourd'hui sans conteste l'un des succès de notre économie. Un succès qui suscite de grands espoirs et qui s'inscrit parfaitement dans les objectifs du gouvernement du Canada : création d'emplois durables et de qualité et mise en place d'une économie tournée vers les technologies de pointe et les marchés d'exportation.

Le gouvernement du Canada a fait de ce secteur l'un de ses choix stratégiques en matière de développement économique et il entend continuer à le soutenir dans une perspective d'avenir et de consolidation.

Dans ce contexte, l'initiative de *Québec Science* qui vise à sensibiliser le grand public et les milieux professionnels concernés aux multiples facettes de ce domaine m'apparaît particulièrement louable. Elle contribue non seulement à la diffusion de la connaissance, mais elle favorise également le développement d'une culture scientifique authentique chez les générations montantes, un gage d'avenir pour les Canadiennes et les Canadiens.

Bonne lecture !

Portefeuille
de l'INDUSTRIE



Bureau fédéral de
développement régional
(Québec)

Federal Office of
Regional Development
(Québec)

Canada

les **bio**technologies

HORIZON 2000

PLEINS FEUX SUR UN MONDE FASCINANT

Avec ce premier numéro sur les biotechnologies, *Québec Science* inaugure une nouvelle collection de documents intitulée «Les grands dossiers», des documents de référence très complets faisant le point sur l'activité d'un domaine scientifique ou technologique en plein essor.

La biotechnologie, qui met en œuvre des micro-organismes pour réaliser une transformation ou une synthèse, est justement l'un de ces secteurs en effervescence. Elle touche pratiquement tous les aspects de la vie et révolutionne plusieurs secteurs industriels à la fois: la santé (médecine et pharmaceutique), l'environnement, l'agroalimentaire. Une science singulière aux applications plurielles.

Ce premier dossier d'actualité vient répondre à un réel besoin d'information de la part du public, y compris celui œuvrant dans le domaine, le besoin d'avoir un portrait complet, récent et bien documenté de ce que sont concrètement les biotechnologies. En plus d'expliquer comment elles peuvent nous être utiles et transformer nos vies, les articles présentés recensent les plus récentes recherches et conceptions de produits ou de procédés. L'avenir de nos sociétés s'y dessine en filigrane...

Il s'agit donc d'un portrait vivant et très actualisé des biotechnologies, secteur où le Québec excelle — il y occupe d'ailleurs une place prépondérante en Amérique du Nord. Un portrait objectif aussi, qui aborde sans ambages les inquiétudes du public et les questions éthiques. *Québec Science* n'a rien passé sous silence.

Ces grands dossiers s'inscrivent parfaitement dans la mission fondamentale de *Québec Science*, qui vise à faire connaître la science et à la faire rayonner. Ce numéro sur les biotechnologies se veut à la fois une mise à jour des connaissances et un guide pour celles et ceux qui voudraient aller plus loin dans leur découverte de ce monde nouveau et fascinant.

Michel Gauquelin

sommaire	L'univers des biotechnologies	
	LA NOUVELLE CONNAISSANCE INTIME DU MONDE VIVANT	6
	Les biotechnologies	
	DES SCIENCES À DÉCOUVRIR	8
	Économie	
	LES GERMES D'UNE NOUVELLE PROSPÉRITÉ	15
	Santé	
	LE FIEF DES BIOTECHNOLOGIES	21
	Agroalimentaire	
	PLUS, MIEUX, MOINS CHER	29
	Environnement	
LA NOUVELLE ARME DE LA DÉPOLLUTION	37	
Enjeux sociaux et éthiques		
ESPOIRS ET CRAINTES	43	
Les biotechnologies		
UN VOYAGE AU BOUT DE LA VIE	47	

Québec Science

Les biotechnologies / Horizon 2000

Direction :

Michel Gauquelin

Coordination :

Pierrette Gagné, Publi-Relais

Rédaction en chef :

Michel Lefèvre, Publi-Relais

Rédaction : Valérie Borde,

Michel Lefèvre, Jeanne Morazain

Révision : Frédéric Simonnot

Direction artistique : Normand Bastien

Séparations de couleurs et pelliculage

électronique : Film-O-Progrès

Impression : Imprimerie Canada

Publicité : Soussy.com

Carole Martin, tél. : (514) 843-6888

télec. : (514) 843-4897

Publié par

La Revue Québec Science

425, rue De La Gauchetière Est

Montréal (Québec) H2L 2M7

Tél. : (514) 843-6888

Télec. : (514) 843-4897

courrier@QuebecScience.qc.ca

Directeur général : Michel Gauquelin

Adjointe administrative : Nicole Lévesque

Rédacteur en chef : Raymond Lemieux

Supplément au magazine *Québec Science*,
automne 1997 © La Revue Québec Science.

Tous droits réservés. Dépôt légal : Bibliothèque
nationale du Québec, Bibliothèque nationale du
Canada, troisième trimestre 1997, ISSN 0021-6127

Imprimé sur du papier contenant 50 % de fibres
recyclées et 40 % de fibres désencrées
(post-consommation)

**Abonnez-vous
à Québec Science :
1 800 667-4444**

La science et la technologie
sur Internet :
www.cybersciences.com

L'univers des biotechnologies

LA NOUVELLE CONNAISSANCE INTIME DU MONDE VIVANT

Les biotechnologies sont partout autour de nous. Le yogourt, la bière et le fromage dans votre réfrigérateur sont des produits des biotechnologies. Le vaccin que l'on vous a peut-être administré contre l'hépatite B et l'insuline que s'injectent les diabétiques aussi. Les biotechnologies rendent encore d'autres services : grâce à elles, on peut par exemple diagnostiquer rapidement de nombreuses maladies à partir d'une simple prise de sang, ou encore nettoyer les eaux des égouts avant de les rejeter dans l'environnement.

Le mot « biotechnologies » désigne l'ensemble des techniques grâce auxquelles on exploite des micro-organismes et des cellules, animales ou végétales, pour produire des biens ou rendre des services. Pendant des milliers d'années, les humains ont profité des capacités des organismes vivants de manière empirique, sans savoir exactement ce qui se passait. Il a fallu attendre le 19^e siècle pour que le savant français Louis Pasteur découvre l'existence de la vie à l'échelle microscopique et montre qu'elle se présente sous une forme variée, des levures pour fabriquer le vin aux redoutables staphylocoques...

C'est le fantastique essor de la connaissance intime du monde vivant, au cours des cinquante dernières années, qui a donné naissance aux biotechnologies modernes. Au fur et à mesure que les scientifiques ont percé les secrets des cellules, progressant dans leur compréhension des mécanismes complexes qui gouvernent la vie au niveau moléculaire, les biotechnologies empiriques ont cédé le pas à des techniques de plus en plus contrôlées et prévisibles : peu à peu, l'être humain apprend à domestiquer le monde vivant pour mieux tirer parti de ses formidables ressources. On sait aujourd'hui que la capacité d'un organisme vivant de réaliser une opération, comme transformer du sucre en alcool ou attaquer le système immunitaire d'une personne, dépend de ses gènes.

On donne souvent comme point de départ des biotechnologies modernes la découverte en 1953 de la structure générale de l'ADN, la molécule qui compose les gènes. Depuis cette date en effet, les scientifiques n'ont cessé de décoder pas à pas tout le processus complexe qui utilise l'information contenue dans l'ADN, mettant à profit les connaissances

acquises pour trouver de nouvelles substances capables de repérer ou de détruire des agents infectieux, ou les meilleurs micro-organismes pour dégrader certains agents polluants.

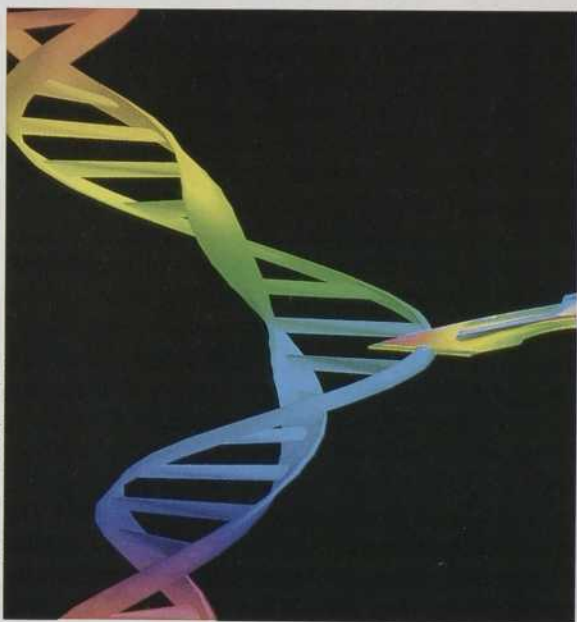
Une fois que les scientifiques ont compris ces règles du jeu, ils ont cherché à les modifier en remplaçant les instructions contenues dans les gènes d'un organisme par d'autres, qui commandent la production de nouvelles substances répondant mieux à leurs besoins. Cette manipulation des gènes, qu'on appelle le génie génétique, permet maintenant de provoquer la production par un organisme d'une substance voulue ou de lui conférer des caractéristiques particulières.

Des entreprises ont été créées pour exploiter ces nouvelles connaissances sous forme de procédés industriels. Dans les années 1980, plusieurs chercheurs ont fondé leurs propres compagnies. L'espoir suscité était énorme. Certains ont réussi et se sont enrichis; d'autres ont connu d'amères déconvenues, car le monde vivant n'est pas facile à maîtriser. Au cours des 10 der-

nières années, le Québec a réuni tous les ingrédients du succès en matière de biotechnologie : une expertise scientifique reconnue, un capital de risque très développé et une forte volonté politique de soutenir ce secteur, lesquels ont donné naissance à une industrie aujourd'hui en pleine expansion.

La richesse et la diversité extraordinaires du monde vivant laissent envisager une multitude d'applications pour les biotechnologies, même si leur extrême complexité freine parfois leur développement. D'ores et déjà, nos industries de la santé, de l'alimentation et

de l'environnement ont été bouleversées par l'arrivée des procédés biotechnologiques. Et les espoirs suscités sont énormes, car les biotechnologies pourraient nous aider à lutter plus efficacement contre quelques-uns des plus grands problèmes de l'humanité : la malnutrition, la maladie, la pollution... ●



Segment d'une molécule d'ADN stylisée par ordinateur



Mot de la ministre déléguée à l'Industrie et au Commerce

Cette édition spéciale de Québec Science nous permet de découvrir l'énorme potentiel dont dispose le Québec pour faire du secteur des biotechnologies l'un de ses principaux pôles de développement économique.

Au Québec, il y a dix ans, lorsque nous parlions des biotechnologies, nous utilisons l'expression secteur d'avenir. En une décennie, la progression a été fulgurante. Aujourd'hui, en plus d'être chef de file en ce domaine au plan canadien, le Québec se classe parmi les dix premiers centres d'excellence en biotechnologie en Amérique du Nord. Et ce n'est qu'un début, car nous avons semé chez nous les germes d'une croissance dans un secteur clé de la nouvelle économie.

Toutefois, pour se maintenir dans le peloton de tête et poursuivre son élan vers l'économie du 3^e millénaire, le Québec a besoin d'une loi sur les brevets pharmaceutiques, nettement favorable à la recherche et à l'innovation, et compétitive sur le plan international. Au Québec, le secteur des biotechnologies, c'est 80 entreprises, pour la plupart spécialisées en biopharmaceutique, près de 2 000 emplois de qualité et des centaines de chercheurs qui réclament le droit de compléter le développement de leurs produits et d'en assurer la commercialisation dans un environnement où les résultats de leurs recherches sont aussi bien protégés que chez les concurrents étrangers.

Nous avons développé au Québec des compétences scientifiques, une infrastructure de recherche et un régime fiscal incomparable en Amérique du Nord. L'amélioration au chapitre de la protection de la propriété intellectuelle, telle que proposée par le gouvernement du Québec dans le cadre de la révision de la loi canadienne sur les brevets pharmaceutiques, viendrait compléter la série d'avantages dont dispose le Québec afin d'assurer une croissance accélérée des bioindustries.

Le gouvernement du Québec a développé une relation de confiance avec ses partenaires industriels, scientifiques, technologiques et financiers liés à l'essor des biotechnologies. Cette concertation unique et originale a largement contribué à l'éclosion d'un secteur qui offre une multitude de possibilités. Nous joignons aujourd'hui notre voix à celle de Québec Science pour rendre hommage à ceux et celles qui, par leurs actions, ont permis au Québec de devenir l'une des plaques tournantes mondiales dans le secteur des biotechnologies.

Rita Dionne-Marsolais

Rita Dionne-Marsolais

les **bio**technologies

DES SCIENCES À DÉCOUVRIR

PAR VALÉRIE BORDE

Les biotechnologies modernes sont nées dans les années 1970 avec l'avènement du génie génétique, qui permet de modifier des organismes vivants. Aujourd'hui, elles font appel à tout un arsenal de disciplines scientifiques qui, au cours des dernières années, n'ont cessé de progresser à une vitesse invraisemblable.

Microbiologie, biochimie, génétique, biologie moléculaire ont permis d'acquérir des connaissances de plus en plus étendues sur le fonctionnement intime du monde vivant. Parallèlement, avec le génie génétique et le génie des bioprocédés, on apprend peu à peu à tirer le meilleur parti des organismes vivants et de leurs constituants, ou à contrer leurs effets nuisibles.

DOMESTIQUER LES MICRO-ORGANISMES

La microbiologie étudie les micro-organismes tels que les virus, les bactéries, les protozoaires et les champignons. Responsables de maladies, agents de fermentation, producteurs d'antibiotiques ou de vaccins, agents de dépollution..., ces organismes sont capables d'accomplir toutes sortes de transformations biochimiques de la matière vivante ou inerte dans laquelle ils se multiplient. Leur domestication est l'un des enjeux majeurs des biotechnologies. Ces êtres microscopiques renfermant tout au plus quelques cellules ont d'ailleurs constitué un objet d'étude de choix pour les biochimistes dès la fin du siècle dernier, puis pour les généticiens depuis les années 1940.

Les industries de la santé, de l'agroalimentaire et de l'environnement exploitent des micro-organismes pour produire diverses molécules ou en dégrader d'autres. Le mot « fermentation » désigne aujourd'hui

tout processus au cours duquel un micro-organisme spécifique est utilisé pour produire en culture une substance chimique définie, dans des conditions données, à partir d'une matière première organique. L'exemple le plus connu est la production d'alcool à partir de sucre ou d'amidon, au moyen de levures ou de moisissures. Une grande variété de substances sont produites par fermentation : acides organiques, vitamines, acides aminés, antibiotiques, alcaloïdes, arômes alimentaires...

« Le génie des bioprocédés est né de la difficulté de maîtriser ces procédés industriels à grande échelle, dans des fermenteurs dont le volume peut atteindre plusieurs centaines de litres », explique

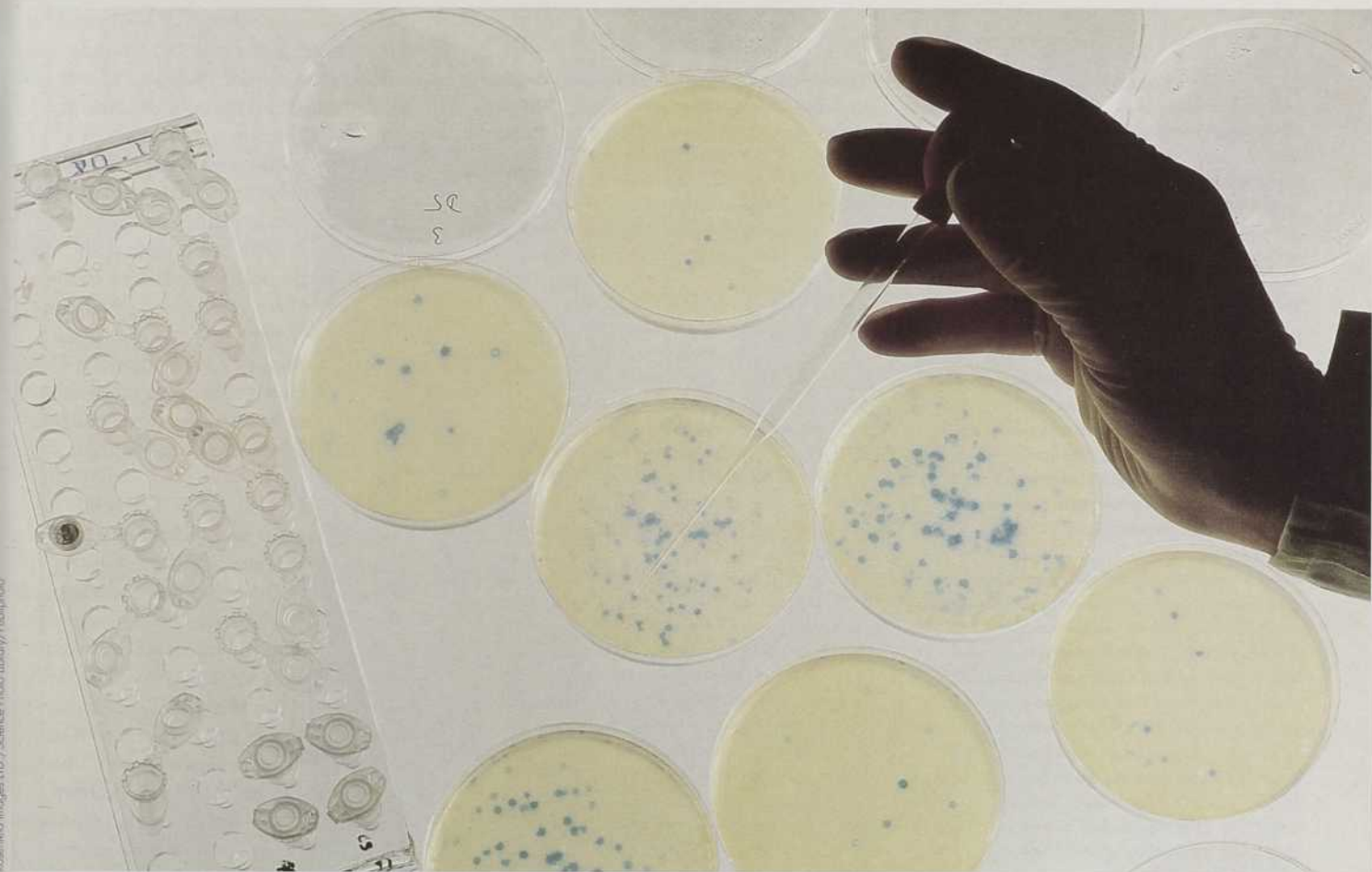
Michel Desrochers, directeur de l'Institut de recherches en biotechnologies de Montréal. En effet, les micro-organismes n'offrent un rendement de production intéressant que dans des conditions physico-chimiques, thermiques et biologiques extrêmement précises et stables.

La séparation du milieu de culture, des micro-organismes et du produit recherché est également difficile. De plus, les cultures utilisées doivent être ultrapures, ce qui oblige à travailler dans des conditions d'asepsie très rigoureuses. Grâce aux progrès des ingénieurs chimistes, une grande partie de ces bioprocédés sont maintenant automatisés, les paramètres de la réaction étant mesurés et ajustés en temps réel.



Institut de recherche en biotechnologie

Travail de purification de protéines en salle blanche à l'IRB



Le clonage des gènes à l'aide de cultures bactériennes

TRANSFORMER LES SUBSTANCES

Dans d'autres cas, on ne cherche pas à produire une molécule particulière à l'aide de micro-organismes, mais à transformer une substance en une autre. « Certaines bactéries peuvent ainsi convertir un composé de cuivre insoluble dans l'eau en un composé soluble, ce qui permet ensuite par simple lavage à l'eau de l'extraire de son minerai d'origine », précise Roger Guay, spécialiste de l'Université Laval en microbiologie appliquée au secteur minier. D'autres sont capables de décomposer des molécules organiques, comme des résidus pétroliers, en un mélange inoffensif de gaz carbonique et d'eau, et on les utilise donc pour combattre les marées noires ou décontaminer le sol pollué de stations-service.

Les microbiologistes interviennent ici pour trouver les micro-organismes les mieux adaptés à la transformation souhaitée. Ils procèdent le plus souvent par criblage, en testant directement sur le milieu de culture à dégrader des centaines, voire des milliers, d'individus pris dans la nature ou dans des banques commerciales de micro-organismes. Au bout du compte, l'opération est généralement réalisée par

Photocopieuse moléculaire - La réaction de polymérisation en chaîne permet de multiplier très rapidement un fragment d'ADN. Elle est basée sur un principe très simple : les deux chaînes de la double hélice d'ADN à multiplier sont séparées par chauffage. Après refroidissement, une enzyme, la polymérase, reconstruit une double hélice à partir de chaque brin. Un fragment d'ADN donne donc deux fragments d'ADN identiques. Il suffit ensuite de recommencer le cycle chauffage/refroidissement pour obtenir quatre fragments identiques, puis huit, puis seize, etc.

« un cocktail » de micro-organismes, que l'on a préalablement « entraîné » à agir en le cultivant dans des milieux de plus en plus concentrés. Au cours des dernières années, les progrès en microbiologie ont ainsi permis de mettre au point des micro-organismes capables de s'attaquer à des composés encore récemment tenus pour non biodégradables, comme les BPC.

COMPRENDRE LES PROCESSUS BIOLOGIQUES

Pour exploiter au maximum les capacités des micro-organismes, comme celles d'ailleurs des autres êtres vivants, les scientifiques cherchent aussi à accroître leurs connaissances sur leur fonctionnement intime. La biologie moléculaire étudie les molécules qui constituent le monde vivant et les processus chimiques reliés.

Les cellules de tous les organismes vivants renferment des molécules d'acide désoxyribonucléique (ADN), qui contient l'information relative à l'hérédité. L'ADN est constitué de deux brins complémentaires formés par un enchaînement irrégulier de quatre nucléotides ou bases, l'adénine A, la guanine G, la cytosine C et la thymine T. Seulement quelques petits morceaux de cette molécule contrôlent l'hérédité : ce sont les gènes. Un gène se caractérise par son nombre de bases et par sa séquence, c'est-à-dire l'ordre dans lequel se succèdent les bases (par exemple ATGGTCA...). Chaque gène contient les informations nécessaires à la production d'une protéine qui lui correspond — on dit que le gène code pour cette protéine. Or les protéines interviennent dans toutes les réactions chimiques de la vie : c'est

LEXIQUE

ADN : acide désoxyribonucléique. Longue molécule enroulée en spirale qui contient l'information génétique et compose les gènes.

Agrobacterium : bactérie naturelle souvent utilisée pour transférer des gènes dans des plantes telles que le soja, le tabac ou les tomates.

Anticorps : protéine produite par le système immunitaire d'un organisme en réponse à un antigène. L'anticorps se combine à l'antigène et le neutralise.

Anticorps monoclonal : anticorps qui reconnaît un type précis d'antigène et qui peut donc être utilisé comme outil de diagnostic d'une maladie particulière.

Antigène : substance (comme un virus ou une bactérie) qui provoque une réponse du système immunitaire sous la forme d'anticorps.

-ase : suffixe qui indique que le nom en question est celui d'une enzyme. Exemple : polymérase, lipase, cellulase...

Bactérie : organisme microscopique unicellulaire qui se reproduit par division. On trouve des bactéries dans tous les milieux (aussi bien dans l'environnement que dans le corps d'organismes plus gros).

Base : sous-éléments dont l'enchaînement forme l'ADN : adénine A, guanine G, thymine T et cytosine C. Les bases sont les lettres avec lesquelles s'écrit l'information génétique.

Bio- : préfixe qui sous-entend l'intervention d'organismes vivants. Ex : biofiltration, biodécontamination, biotechnologies.

Biologie moléculaire : étude des processus biochimiques et moléculaires qui se déroulent à l'intérieur des cellules des organismes vivants.

Bioprocédé : procédé de production mettant en œuvre des organismes vivants, des parties de ces organismes (ex. : certaines cellules) ou des produits de ces organismes (ex. : des enzymes).

Bioréacteur : mot générique désignant les contenants dans lesquels sont mis en œuvre les bioprocédés.

Biotechnologies : ensemble des techniques grâce auxquelles on tire parti des propriétés d'organismes vivants pour fabriquer des produits ou rendre des services.

Cellule : la plus petite unité biologique capable de se multiplier. Les cellules peuvent fonctionner indépendamment (organismes unicellulaires) ou se regrouper pour former des organes ou des tissus.

Code génétique : information contenue dans les molécules d'ADN, décrite par la succession des quatre bases A, T, G et C qui composent en quelque sorte les lettres de cet alphabet.

Electrophorèse : technique de laboratoire utilisée pour déterminer la taille de fragments d'ADN en les plaçant dans un gel soumis à un champ électrique.

Enzyme : protéine qui agit comme un catalyseur en accélérant les réactions biochimiques.

Expression : processus par lequel l'information génétique contenue dans l'ADN est convertie en protéines à l'intérieur de la cellule. On dit qu'un gène s'exprime ou code pour une protéine particulière.

Gène : morceau d'ADN comprenant l'information nécessaire à la production d'une protéine. Chaque gène est un mot du code génétique.

Génétique : étude de l'hérédité.

Génie génétique : ensemble des connaissances permettant de transférer une partie de l'ADN d'un organisme à un autre.

Génome : ensemble des gènes.

Marqueur d'ADN (ou sonde) : petit morceau d'ADN utilisé pour repérer une séquence spécifique de bases à l'intérieur d'un plus grand morceau.

Microbiologie : étude des micro-organismes.

Micro-organisme : organisme vivant de taille microscopique (bactérie, virus, champignon ou algue microscopique).

Mutation : modification dans la séquence de l'ADN due à des processus naturels, à des produits chimiques, au rayonnement ultraviolet ou aux rayons X.

Plasmide : petit morceau d'ADN circulaire utilisé pour transférer des gènes d'un organisme à un autre.

Protéine : grosse molécule composée d'acides aminés qui s'enchaînent dans un ordre particulier, déterminé par la séquence de bases du gène codant pour cette protéine. Les protéines jouent un rôle majeur dans la structure, la fonction et la régulation des diverses cellules de l'organisme. Elles se classent en différentes familles, telles que les hormones, les anticorps et les enzymes.

Recombinant : l'ADN recombinant est formé par de l'ADN provenant de deux organismes différents ou plus. Par extension, l'adjectif recombinant désigne toute molécule fabriquée à partir d'un organisme dont l'ADN a été modifié (ex : vaccin recombinant).

Séquence : succession des bases dans la molécule d'ADN.

Thérapie génique : introduction de nouveaux gènes dans l'ADN des cellules d'une personne pour corriger un défaut génétique ou une mutation.

Transgénique : qualifie un organisme dont le génome a été modifié et contient de l'ADN provenant d'un autre organisme.

Vaccin : substance destinée à provoquer la formation d'anticorps sans induire de maladie. Les vaccins sont généralement constitués de cellules tuées ou atténuées ou de protéines.

Vecteur : désigne une substance utilisée pour transférer de l'ADN d'un organisme à un autre.

Virus : micro-organisme qui ne comprend pas de cellules et qui ne peut se reproduire qu'en s'insérant dans une cellule hôte et en détournant son mécanisme de reproduction à son profit. (On dit alors que le virus infecte la cellule.)

leur action qui confère aux organismes et à leur métabolisme telle ou telle propriété.

Depuis les années 1970, on sait découper l'ADN en des endroits déterminés, grâce à des enzymes de restriction, et trouver par recoupement entre les différents fragments l'enchaînement des bases tout au long de la molécule d'ADN. La découverte à la fin des années 1980 de la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) a révolutionné la biologie moléculaire en permettant aux chercheurs de multiplier n'importe quel fragment d'ADN à des millions d'exemplaires en seulement quelques heures dans des machines automatisées (voir le texte encadré page 9).

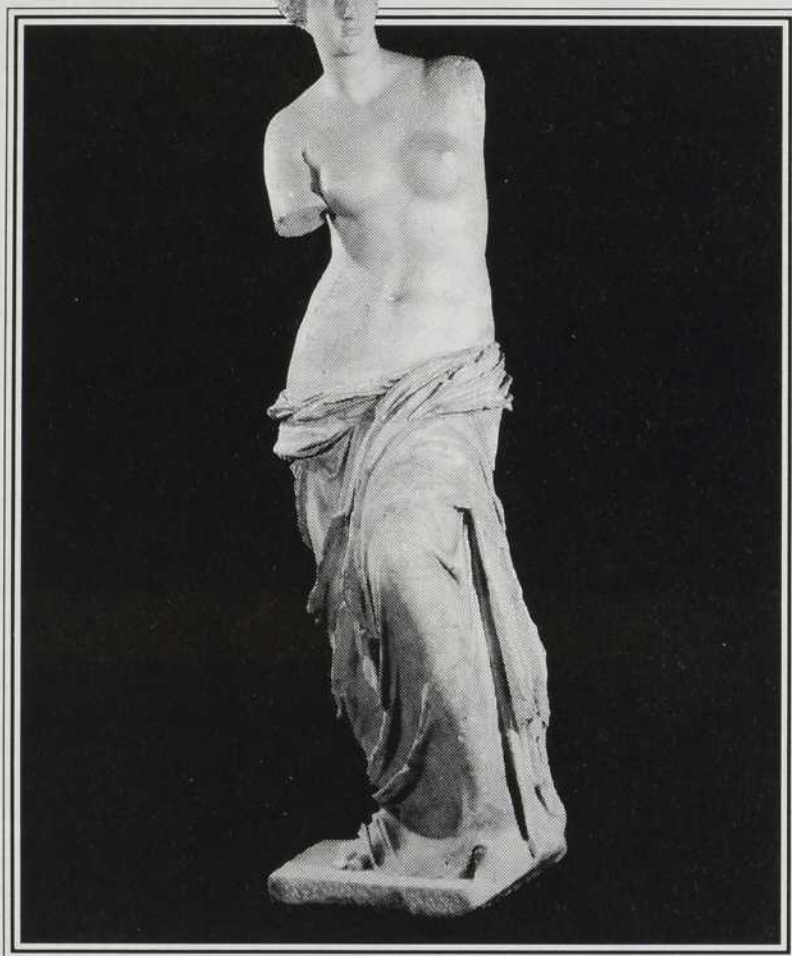
IDENTIFIER LES GENES

La connaissance de l'ADN d'un être vivant revêt différents intérêts. Grâce à cela, on peut l'identifier avec certitude, ce qui permet par exemple de confondre un assassin à partir de quelques gouttes de sang retrouvées sur le lieu du crime. En développant des marqueurs moléculaires, morceaux d'ADN caractéristiques d'une espèce animale ou végétale, ou d'un micro-organisme, les chercheurs peuvent aussi déterminer l'appartenance d'un individu à une espèce précise sans même connaître ses gènes, et différencier ainsi un pin noir d'un pin rouge, ou encore reconnaître une maladie infectieuse.

Quant à eux, les gènes sont à l'origine même des propriétés des organismes vivants : chaque gène code pour une protéine qui elle-même intervient dans un long processus biochimique conduisant au développement d'une maladie ou à la production d'une molécule particulière. Connaître les gènes permet donc de remonter à la source. On sait aujourd'hui qu'un grand nombre de maladies ont une composante héréditaire et on cherche donc à identifier les gènes responsables. On s'intéresse aussi au génome des micro-organismes.

En 1996, après 13 années de recherche, un consortium mondial de biologistes dont faisait partie Howard Bussey, de l'Université McGill, annonçait que la structure de l'ensemble des 16 chromosomes de la levure *Saccharomyces cerevisiae* était désormais élucidée. Ce champignon microscopique est utilisé depuis très longtemps pour fabriquer la bière. Sa parfaite domestication représente des enjeux commerciaux considérables pour les brasseries multinationales. La levure est à ce jour l'organisme le plus complexe dont le génome ait été entièrement décodé. Plus d'un tiers de ses gènes ressemblent à des gènes humains.

Besoin d'un bras droit ?



Ce bras droit existe vraiment !
L'Institut de recherche en biotechnologie vous le tend.

En affaires, la qualité de votre partenaire ne fait aucun doute. Il doit être jeune mais avoir assez d'expérience pour être digne de confiance... Capable de s'investir dans le travail tout en partageant les risques... Imaginatif sans pour autant se montrer intransigeant... Enfin, productif tout en ayant l'esprit d'équipe...

Chef de file de la recherche en biotechnologie au Canada, l'IRB est le collaborateur idéal pour votre entreprise. Parce que nous jouons un rôle clé dans le

développement technologique des secteurs pharmaceutique, des bioprocédés et de l'environnement, nous vous offrons ce qu'il y a de mieux: des équipes multidisciplinaires, des équipements de pointe, des formules flexibles de collaborations.

Informez-vous dès maintenant de nos capacités de recherche: **(514) 496-6374**
Institut de recherche en biotechnologie
6100, av. Royalmount
Montréal (Québec) H4P 2R2
Télécopieur: (514) 496-5007

Institut de recherche en biotechnologie



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

CNRC-NRC



Institut de recherche en biotechnologie

Travail sur un bioréacteur de 20 litres pour la production de protéines recombinantes à l'IRB

MODIFIER LE PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

Une fois un gène identifié et connu, on peut tenter de l'insérer dans le génome d'un autre organisme ou, lorsqu'il est défaillant, de le remplacer par un gène « en bonne santé ». L'organisme hôte aurait dès lors la possibilité de produire la protéine correspondante et d'acquies les propriétés associées. C'est le génie génétique. Au cours des 20 dernières années, les chercheurs ont ainsi découvert comment modifier le patrimoine génétique des micro-organismes, des plantes, puis des animaux.

Cela dit, introduire un nouveau gène dans le génome d'un organisme ne suffit pas. Encore faut-il qu'il s'exprime, c'est-à-dire qu'il provoque effectivement la production de la protéine qui lui correspond. En effet, l'expression d'un gène est conditionnée par son environnement, sa localisation sur la chaîne d'ADN, et on maîtrise mal l'endroit où le nouveau gène

s'insère. De nombreuses recherches seront encore nécessaires.

Historiquement, la première application du génie génétique est la production de protéines d'intérêt thérapeutique. Le gène codant pour la molécule intéressante est tout d'abord isolé dans le génome d'un organisme, puis inséré dans celui d'une bactérie. Si le transfert de gènes s'est déroulé correctement, la bactérie produit alors la protéine désirée, que l'on désigne du nom de protéine recombinante.

En 1977, des biologistes réussissent pour la première fois à modifier la bactérie *Escherichia Coli* (E.Coli) pour produire l'hormone de croissance humaine, la somatostatine. En 1982 démarre aux États-Unis la production industrielle d'insuline par génie génétique. Depuis, la liste des médicaments et des vaccins recombinants n'a cessé de s'allonger et celle des micro-organismes vecteurs, de se diversifier. De nombreuses substances à vocation non

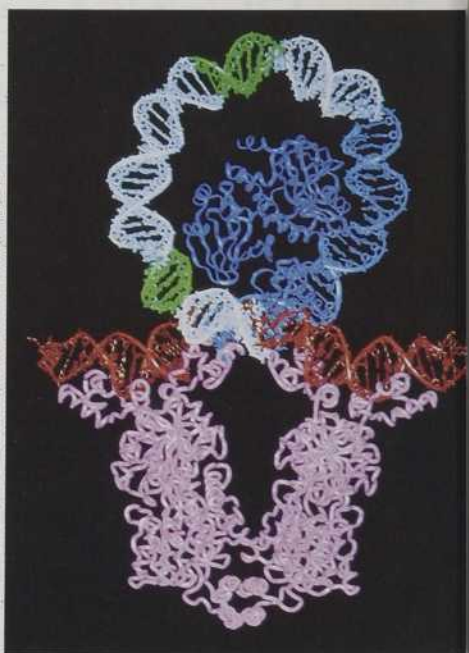
thérapeutiques sont aussi produites par des micro-organismes modifiés.

Les plantes et les animaux transgéniques intéressent particulièrement le monde agricole. Les animaux transgéniques (surtout les souris) sont aussi très utilisés dans la recherche fondamentale sur les mécanismes de contrôle de l'expression des gènes et leur rôle dans le développement et le fonctionnement des organes.

GUÉRIR PAR LA THÉRAPIE GÉNÉTIQUE ?

Chez l'humain, les essais de thérapie génique se multiplient depuis 1990. Les progrès ont été très rapides, mais la centaine d'essais réalisés depuis n'ont donné que peu de résultats, car le génome de l'être humain n'est pas facile à domestiquer. La difficulté se situe à plusieurs niveaux. Les chercheurs croient de plus en plus que les premières thérapies géniques efficaces ne permettront pas de transformer de manière permanente des gènes défectueux, mais plutôt de remplacer temporairement certains gènes pour renforcer les réactions immunitaires de l'organisme, notamment pour lutter contre certains cancers.

Comme en témoignent les progrès dans ce domaine, notre connaissance du monde vivant, bien qu'encore très imparfaite, augmente à la vitesse de l'éclair. Les bio-industries, qui n'hésitent pas à investir une part très importante de leurs revenus en recherche et développement, ne tarderont certainement pas à tirer le meilleur parti des sciences sur lesquelles elles s'appuient. ●



Michelle Lewis/U. of Pennsylvania/Medicine Center/Science Photo Library/Publishphoto

Molécule de lactose (rose) interagissant avec des gènes de l'ADN dans un essai de thérapie génique

L'Association québécoise des bio-industries

Être membre

- c'est bénéficier d'un réseau de contacts;
- c'est avoir accès à de l'information;
- c'est prendre connaissance d'opportunités d'affaires;
- c'est encourager le développement et la mise en valeur des biotechnologies et des bio-industries au Québec.

L'Association québécoise des bio-industries

- une voie unique au service des bio-industries du Québec;
- plus de 100 membres (à la suite du regroupement du Conseil des bio-industries du Québec et de l'Association québécoise des biotechnologies) :
 - des membres en majorité du milieu industriel;
 - des membres des milieux financiers et institutionnels;
 - des firmes de services dans le domaine des biotechnologies;
- une gamme d'activités visant :
 - l'interaction entre les membres et leur visibilité;
 - la croissance des bio-industries;
 - l'information et la formation;
 - les relations entreprises, universités, gouvernements;
 - la représentation (opinion publique, législation,...);
 - les relations internationales.

Association québécoise des bio-industries

1555, boulevard Chomedey, bureau 100
Laval (Québec) H7V 3Z1

téléphone : (514) 978-5973
télécopieur : (514) 978-5970

Jean-Maurice Plourde, *président*
Pierre Alary, *trésorier*
Bob Sotiriadis, *secrétaire*

Bioalimentaire, chimie fine, biosoins, énergie, phytosanitaire, assainissement

Donnez **vie** à votre projet technologique

Les **biotechnologies** : voie de transformation des biomasses en produits à valeur ajoutée.

Le CQVB est un centre unique d'expertise et de financement pour le démarrage de projets et d'entreprises technologiques dans le domaine des bio-industries.

Notre équipe de professionnels s'implique dans votre projet que ce soit pour :

- l'évaluation d'opportunités d'affaires;
- le développement de produits ou de procédés technologiques;
- l'émergence d'entreprises technologiques;
- la diffusion d'information;
- l'organisation d'événements à caractère technologique.

Notre approche éprouvée et nos conditions de réalisation vous surprendront.



Centre québécois de valorisation
des biomasses et des biotechnologies

2875, boulevard Laurier, bureau 620, Sainte-Foy (Québec) G1V 2M2

Téléphone : (418) 657-3853 • Télécopieur : (418) 657-7934

Courrier électronique : cqvb@cqvb.qc.ca • Internet : <http://www.cqvb.qc.ca>



Innovatech
Grand
Montréal

Nos partenaires



RTP Pharma Inc.



HAEMACURE CORPORATION



DRUG DISCOVERY TECHNOLOGIES



Gist-brocades
Bio-Intermediair



MEDICAL TECHNOLOGIES INC.



BIOTECHNOLOGIES INC.



Labopharm inc.

MethylGene Inc.



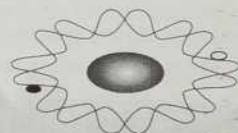
ROUGIER INC.



Electromed INTERNATIONAL



BIORTHEX INC.



The unlimited challenge to innovation



Polymer Source, Inc.



CryoCath
Technologies Inc.

ISO TECH DESIGN

économie

LES GERMES D'UNE NOUVELLE PROSPÉRITÉ

PAR MICHEL LEFÈVRE

Les titres optimistes qui coiffent les articles des journaux et des magazines sur l'état des biotechnologies au Canada pourraient laisser croire que l'industrie québécoise a atteint sa vitesse de croisière. Or, la réalité n'est pas aussi simple qu'on le laisse entendre quand on affirme que « le Québec se classe devant toutes les autres provinces au Canada » ou qu'il occupe « le dixième rang en Amérique du Nord ». Bien que ces faits soient réels sur le plan macro-économique, il y manque les nuances, des nuances qu'il ne faut surtout pas ignorer, ne serait-ce que pour conserver la réelle avance déjà prise.

Sur la foi des seuls chiffres, il est clair que le tableau est très positif, tant au Canada qu'au Québec. Selon une étude du groupe de consultation Ernst & Young, le nombre de firmes canadiennes dont les activités principales relèvent des biotechnologies a presque doublé de 1994 à 1997, passant de 121 à 224. De leur côté, les revenus totaux ont plus que triplé durant la même période, pour s'établir à 1,1 milliard \$. Enfin, la capitalisation au prix du marché des entreprises cotées en bourse a fait un bond de 2,7 milliards \$ à 8 milliards \$. Ce qui fait dire à Ernst &

Young que « l'industrie canadienne est sur le chemin de la maturité ».

DES CHIFFRES AUX NUANCES

Le Québec a connu pour sa part une croissance phénoménale au cours de ces mêmes années, la plus forte performance de toutes les provinces canadiennes. Le nombre d'entreprises a plus que triplé (25 à 89) et les revenus ont décuplé (25 à 280 millions \$). La province a ainsi pris le leadership canadien en centralisant sur son territoire 40 % des entreprises canadiennes, contre 27 % en Ontario, soit pratiquement l'inverse de la situation qui prévalait en 1994.

Autre donnée intéressante, en 1996, près d'un milliard de dollars ont été investis dans les biotechnologies canadiennes et le Québec s'est taillé la part du lion en accaparant 51 % des nouveaux investissements. Il arrive effectivement au dixième rang des principaux centres nord-américains pour les revenus, devant l'Ontario (146 millions \$), au treizième rang, et la Colombie-Britannique (81 millions \$), au seizième rang.

Pour avoir une idée plus juste de la situation, il faut néanmoins tenir compte de

la structure de l'industrie canadienne. Il n'y a en effet que deux entreprises au Canada dont la capitalisation boursière est supérieure à 1 milliard \$: Biochem Pharma, de Laval, avec 2,96 milliards, et Biovail International, de Mississauga en Ontario, avec 1,2 milliard. Si l'on retranche les revenus de ces deux géants canadiens, 187 millions \$ et 33 millions \$ respectivement, des revenus totaux provinciaux, on obtient alors 93 millions pour le Québec et 113 millions \$ pour l'Ontario. Ce qui revient à dire, comme le souligne Serge Hébert, directeur de la Technopole de Saint-Hyacinthe, « que le Québec et l'Ontario seraient en réalité nez à nez ».

Parmi les huit entreprises canadiennes suivantes dont la capitalisation boursière est supérieure à 145 millions \$, on retrouve trois entreprises québécoises: Laboratoires Aeterna, de Québec (318 millions \$); Nymox Pharmaceutical, de Montréal (300 millions \$), filiale de Nymox Corporation, au Maryland; et Phoenix Life Sciences, de Saint-Laurent (265 millions \$); deux firmes ontariennes, Allelix Biopharmaceuticals (300 millions \$) et Hyal Pharmaceutical (146 millions \$), toutes deux établies à Mississauga; puis, QLT PhotoTherapeutics, de Vancouver

TABEAU SYNTHÈSE SUR LES BIO-INDUSTRIES AU QUÉBEC, 1997

	NOMBRE D'ENTREPRISES	FILIALES ÉTRANGÈRES	SOCIÉTÉS CANADIENNES	SOCIÉTÉS PUBLIQUES (1)	NOMBRE D'EMPLOIS	EMPLOIS EN R-D	NOMBRE DE DOCTORATS
SANTÉ	39 (55 %)	6	22	11	1 039 (61 %)	664	233
ENVIRONNEMENT	15 (21 %)	0	10	5	381 (23 %)	132	32
AGRICULTURE, FORESTERIE ET BIOALIMENTAIRE	17 (24 %)	2	13	2	278 (16%)	94	26
TOTAL	71	8	45	18	1 698	890	291

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

(1) EN COMPIANT LES FILIALES DE SOCIÉTÉS PUBLIQUES

(588 millions \$); Biomira, d'Edmonton (346 millions \$); et Novopharm Biotech, de Winnipeg (208 millions \$).

LA DOMINATION AMÉRICAINE

« Le Québec a certes été la province canadienne la plus performante entre 1994 et 1997, admet Serge Hébert, mais nous avons encore du travail pour maintenir notre dixième rang en Amérique du Nord. Au cours de cette période, nous avons mis au monde une foule de petites entreprises en réussissant à sortir la recherche des universités. Le travail des Innovatech, BioCapital et Sofinov, parmi d'autres, a fait des merveilles. D'ailleurs, s'il est un domaine où nous pouvons nous vanter d'être en tête, c'est bien celui du capital de risque. »

Le marché nord-américain des biotechnologies est largement dominé par la Californie, avec ses deux grands centres que sont San Francisco et Los Angeles, 8,9 milliards \$ de revenus et 68 entreprises cotées en Bourse. La Nouvelle-Angleterre arrive loin derrière, avec 1,9 milliard \$ de revenus et 51 entreprises publiques. Viennent ensuite les régions du Centre Atlantique (827 millions \$; 20 fir-

mes), San Diego (797 millions \$; 29 firmes), New Jersey (764 millions \$; 23 firmes). Plus facilement comparables avec le Québec se trouvent la Floride (414 et 7), Philadelphie (336 et 9) et les trois régions de la Caroline du Nord (307 et 7), de Seattle (275 et 12) et de New York (193 et 13). Le Québec compte quant à lui 10 entreprises cotées en Bourse.

« Depuis 1994, signale Serge Hébert, nous avons jeté les semences d'une véritable industrie qui ne demande qu'à prospérer. » De plus, deux projets majeurs qui verront le jour en 1998 permettent de grands espoirs. Il s'agit de la mise sur pied d'un incubateur et de laboratoires au coût de 20 millions \$ à Montréal par l'Institut de recherche en biotechnologie (IRB) et de l'implantation de Bio-Intermediair, une filiale du groupe hollandais Gist-Brocades spécialisée dans la mise à l'échelle et capable de construire ensuite une usine commerciale approuvée FDA.

Ces deux projets, précise Robert Blondin, conseiller industriel, secteur des biotechnologies, au ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie du Québec (MICST), « constituent des maillons essentiels pour faire du Québec un véritable centre mon-

dial des biotechnologies en Amérique du Nord. Ce sont deux projets structurants qui confèrent de réels avantages concurrentiels. »

L'arrivée de Bio-Intermediair en sol québécois est un véritable fait d'arme réalisé au détriment de l'Ontario, où Gist-Brocades avait l'intention d'installer sa filiale. Après une invitation à visiter le Québec, le président de la multinationale aurait déclaré: « Le Québec, par sa masse critique en recherche, sa culture de pme, son infrastructure en capital de risque et ses crédits fiscaux, est sûrement le secret le mieux gardé en Amérique du Nord. »

UN VASTE RÉSEAU DE CHERCHEURS

Plus que dans d'autres secteurs industriels, le succès des entreprises de biotechnologie tient à leur capacité d'innover en investissant massivement dans la recherche et le développement (R-D). Ce sont d'ailleurs, selon Ernst & Young, l'Ontario et le Québec qui dépensent le plus en moyenne par entreprise dans la R-D: 4,1 et 3,5 millions \$ respectivement.

L'industrie québécoise des biotechnologies, selon le portrait de cette année réalisé par le MICST, emploie 1 698 per-

Le capital de l'innovation au service des entreprises technologiques

Appelez-nous au

(514) 847-2613

et visitez notre site internet
sofinov.lacaisse.com

SOPINOV
SOCIÉTÉ FINANCIÈRE
D'INNOVATION

FILIALE DE LA CAISSE DE DÉPÔT ET PLACEMENT DU QUÉBEC

sonnes, dont 52 % en R-D. Des 890 chercheurs, le tiers environ détiennent un doctorat. De plus, le Québec peut compter sur des réseaux de recherche gouvernementaux et universitaires solidement établis, et ce dans les trois grands secteurs d'activité que sont l'agroalimentaire, la santé et l'environnement.

INSTITUT DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE -

Avec ses 400 chercheurs installés à Montréal, l'Institut de recherche en biotechnologie, un organisme du Conseil National de Recherches du Canada (CNRC), est le plus grand centre de recherche biotechnologique au Canada et un véritable fer de lance au Québec.

Depuis sa création en 1987, l'IRB a développé des expertises reconnues mondialement en biochimie et en biologie moléculaire. Dans le secteur de la santé, il occupe une place stratégique au sein d'un groupe clé de fabricants de spécialités pharmaceutiques basé à Montréal, qui comprend des multinationales telles que Merck Frosst ou Bristol Myers Squibb. Les travaux de recherche de l'institut portent principalement sur les maladies cardio-vasculaires et inflammatoires, les infections virales et le cancer.

Dans le domaine de l'environnement et des ressources naturelles, l'institut collabore avec le secteur industriel afin de développer des techniques de biotraitement des sols et eaux contaminés, de biofiltration des émissions atmosphériques et de biodégradation des composés toxiques. Au début de l'année, l'IRB s'est allié avec la Ville de Montréal et plusieurs entreprises pour mettre sur pied un centre d'essais de pointe pour les bioprocédés de décontamination des sols. « Aujourd'hui, toutes les pièces du puzzle sont en place pour faire du Québec un excellent environnement pour le développement des biotechnologies », affirme Michel Desrochers, directeur général de l'IRB.

CENTRES GOUVERNEMENTAUX - Les bio-industries québécoises peuvent aussi s'appuyer sur plusieurs autres centres de recherche des gouvernements canadien et québécois, dont la répartition géographique ne doit rien au hasard. Ainsi, le Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) et le Laboratoire d'hygiène vétérinaire et alimentaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada sont installés à Saint-Hyacinthe, fief de l'industrie agroalimentaire, alors que l'Institut Maurice-

Lamontagne de Mont-Joli aide le secteur des pêches à tirer parti de ces nouvelles technologies. La région de Québec, plus tournée vers la foresterie et les ressources naturelles, peut quant à elle compter sur les laboratoires du ministère des Ressources naturelles du Québec et sur le Centre de foresterie des Laurentides, qui mènent des recherches de pointe concernant la biologie végétale et les biopesticides.

CENTRE QUÉBÉCOIS DE VALORISATION DE LA BIOMASSE ET DES BIOTECHNOLOGIES - Créé par le gouvernement québécois il y a plus de 10 ans, le Centre québécois de valorisation de la biomasse et des biotechnologies (CQVB), aujourd'hui un organisme sans but lucratif, a pour mission d'aider les entreprises à intégrer de nouvelles technologies et de soutenir le transfert de la recherche vers l'industrie. Le CQVB est associé à de nombreux projets en biotechnologie, notamment dans le domaine de la valorisation de la biomasse d'origine agricole ou forestière.

CENTRES UNIVERSITAIRES - Dans les universités québécoises, plus d'une centaine de laboratoires ont une activité en biotechnologie. Certains ont une réputation mon-

Vous travaillez dans un environnement **technologique complexe** marqué par la **recherche et le développement**, le savoir intellectuel, et les besoins très spécifiques du marché.

Nous pouvons vous aider.



Nos spécialistes des industries des sciences et des technologies sont à la hauteur de vos ambitions.

1-800 ROYAL^{MC} 7-0 • www.royalbank.com/french/kbi • kbi@royalbank.com



GRUPE FINANCIER
BANQUE ROYALE

RÉPARTITION RÉGIONALE DES BIO-INDUSTRIES DU QUÉBEC SELON LE SECTEUR ET L'ÂGE, 1997

	GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL	RÉGION DE QUÉBEC	AUTRES RÉGIONS	TOTAL	MOINS DE 5 ANS	DE 5 À 10 ANS	PLUS DE 10 ANS
SANTÉ	30	8	1	39	19	12	8
ENVIRONNEMENT	8	3	4	15	2	4	9
AGRICULTURE, FORESTERIE ET BIOALIMENTAIRE	12	4	1	17	3	4	10
TOTAL	50	15	6	71	24	20	27

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

(1) EN COMPLANT LES FILIALES DE SOCIÉTÉS PUBLIQUES

diale, comme l'Institut de recherche clinique de Montréal ou l'Institut Armand Frappier (IAF). Fidèles à la mémoire du microbiologiste Armand Frappier, père de la médecine préventive au Québec et instigateur des premières grandes campagnes de vaccination, les chercheurs de l'IAF sont particulièrement reconnus dans les domaines de l'immunologie, de la microbiologie appliquée et de la virologie.

TRANFERT DE TECHNOLOGIE - Les bio-industries peuvent aussi compter sur des organismes ayant pour mandat de faciliter les interactions et les transferts technologiques entre les milieux universitaires, industriels et gouvernementaux. Dans le domaine de la santé, par exemple, il y a le Centre de référence en technologie de la santé (CRTS) créé à Montréal par Pharma Vision Québec et dans le domaine de l'environnement, Enviro-Accès situé à Sherbrooke.

LES VOIES DE L'AVENIR

Dans le domaine de la recherche, Michel Desrochers s'attend au cours des prochaines années au développement fulgurant de trois nouvelles activités: la bio-informatique et la biologie structurale; la thérapie génique; les biomatériaux et les cultures cellulaires. « L'année dernière, nous avons créé le Centre canadien de biologie structurale avec plusieurs partenaires industriels et universitaires. Nous avons investi dans des outils très perfectionnés tels qu'un spectromètre de résonance magnétique nucléaire de 800 MHz, le troisième au monde », précise-t-il.

Plusieurs centres de recherche de compagnies pharmaceutiques basées à Montréal, comme Bio-Méga, filiale du groupe Boehringer Ingelheim — qui s'intéresse aux agents antiviraux actifs contre les virus de l'herpès, de l'hépatite C et du papilloma —, ou la compagnie suédoise Astra, ont d'ailleurs récemment accru leurs efforts de recherche en biologie structurale.

Dans le secteur industriel, Serge Hébert prédit le boom du bio-agroalimentaire (végétal et animal) au tournant du siècle et l'essor fulgurant des nutraceutiques, un domaine déjà en pleine effervescence qui fait le pont entre les secteurs du pharmaceutique et de l'agroalimentaire. « Les alliances entre les entreprises de ces deux secteurs, dit-il, vont se multiplier et complètement redessiner la carte industrielle. » Les exemples se font d'ailleurs de plus en plus nombreux: le groupe Rougier et l'Institut Rosell au Québec, Monsanto et Calgene aux États-Unis, Gist-Brocades et Monsanto en Europe, etc.

Louis Belleau, associé du cabinet-conseil Sayem Belleau estime que « la taille du marché des nutraceutiques au Canada pourrait se situer entre 100 et 160 millions \$ US en 1998 ». En l'an 2010, il avance volontiers le chiffre de 500 milliards \$ US pour l'ensemble du marché mondial. « Aux États-Unis, fait-il remarquer, 55% des entreprises agroalimentaires et 36% des pharmaceutiques investissent dans la R-D sur les nutraceutiques. »

Saint-Hyacinthe, champion de l'agroalimentaire, se prépare fébrilement à ce

boom anticipé et s'est donné récemment un bras de développement, Bioagral. Organisme sans but lucratif, Bioagral a vu le jour grâce à des appuis financiers du Bureau fédéral de développement régional du Québec (BFDRQ), du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), de la Fédération des caisses populaires Desjardins de la région Richelieu-Yamaska et de la Corporation de développement de Saint-Hyacinthe. Son mandat: favoriser le développement de l'agroalimentaire issu des biotechnologies.


« On travaille déjà, annonce Serge Hébert, aussi directeur de Bioagral, sur un projet de 10 millions \$ prévoyant la mise sur pied d'un centre d'innovation technologique sur les nutraceutiques à Saint-Hyacinthe, une initiative de Bioagral en partenariat avec le Centre de recherche et de développement sur les aliments du gouvernement canadien. Il serait aussi possible d'y adjoindre un centre de recherche sur les nutraceutiques en mettant ensemble l'IRB et le CRDA. »

DES ATOUTS FRAPPANTS

En somme, bien que les chiffres doivent être analysés, ils n'ont pas tort: le Québec possède effectivement des cartes maîtresses dans son jeu pour devenir un centre mondial des biotechnologies en Amérique du Nord. La politique particulièrement avantageuse des crédits d'impôts à la R-D du gouvernement québécois encourage les entreprises à choisir la province pour établir leurs centres de recherche. La mise sur pied de plusieurs fonds de capital de risque au cours des 10 dernières années, dont certains comme BioCapital sont consacrés exclusivement aux biotechnologies, devrait continuer de faciliter l'essor de cette industrie.

Il ne faut toutefois pas crier victoire trop vite. « Il nous faut continuer à semer, conclut sagement Serge Hébert, semer sans relâche. » ●

Concentration montréalaise - La dernière étude du MICST confirme que c'est dans la région métropolitaine de Montréal que se concentre le gros de l'activité industrielle dans les biotechnologies, avec plus de 70 % des entreprises (50 sur 71) et les deux tiers des emplois (1 143 sur 1 698). Montréal domine largement dans les trois grands secteurs des biotechnologies: la santé, avec les trois quarts des entreprises répertoriées, l'environnement, avec plus de la moitié, et l'agroalimentaire avec un peu plus des deux tiers. Quant à la région de Québec, ses 15 entreprises emploient 391 personnes.



Droit de la propriété intellectuelle

Forte d'une vaste expérience dans l'obtention de brevets, de marques de commerce et de droits attachés aux dessins ou modèles ainsi que dans les procédures visant à protéger et à faire valoir les droits de propriété intellectuelle devant les tribunaux, notre équipe des plus compétentes est on ne peut mieux placée pour répondre aux besoins de nos clients portant sur tous les aspects de la propriété intellectuelle, dont la protection des droits en matière de savoir-faire, de logiciels et de biotechnologie, et pour les conseiller relativement à la concurrence déloyale et à la vérification, à l'acquisition, à la vente et à l'octroi de licences se rapportant à des droits de propriété intellectuelle.

Tradition ~ innovation^{MC}

**OGILVY
RENAULT**

AVOCATS

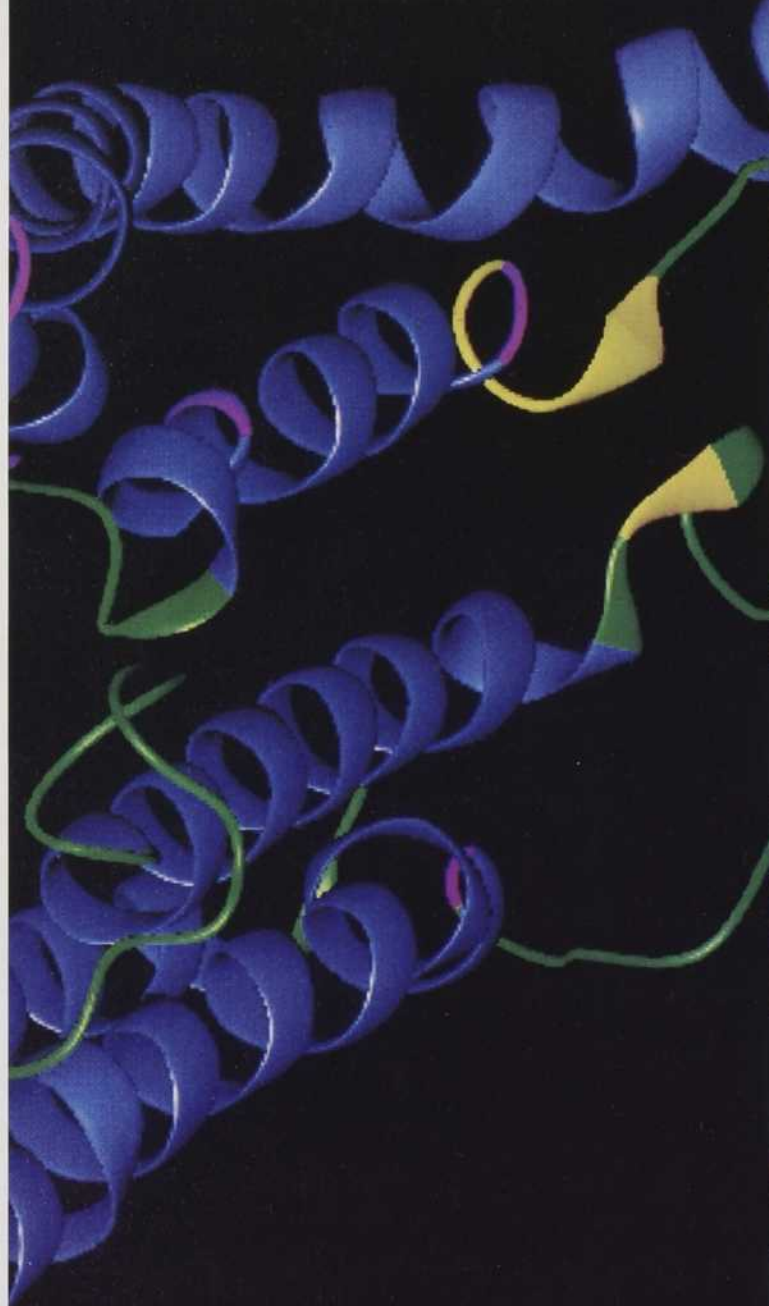
Montréal Ottawa Québec
Toronto Londres

**SWABEY
OGILVY RENAULT**

AGENTS DE BREVETS
ET DE MARQUES DE COMMERCE

Montréal Ottawa Toronto

Investir dans la recherche fondamentale au Québec



Le Centre de Recherche Astra Montréal se spécialise dans la recherche de nouveaux médicaments contre la douleur qui ne créent pas de dépendance.

Astra est l'une des plus importantes sociétés pharmaceutiques innovatrices au monde. Son expertise couvre aussi le développement de médicaments pour traiter les maladies gastro-intestinales, cardiovasculaires et respiratoires.

ASTRA
Astra Canada

7171, rue Frédérick-Banting, Saint-Laurent
(Québec) H4S 1Z9

*Centre de Recherche Astra Montréal
Le premier centre de recherche d'Astra
situé à l'extérieur de l'Europe.*

santé

LE FIEF DES BIOTECHNOLOGIES

PAR VALÉRIE BORDE

Trois mots résument les grands enjeux de la médecine moderne : prévention, diagnostic et guérison, le tout à un coût acceptable pour la société. En permettant de produire des vaccins plus efficaces contre un grand nombre de maladies, en améliorant considérablement les méthodes de diagnostic et en proposant de nouvelles avenues thérapeutiques, les chercheurs des biotechnologies et les compagnies qui transforment leurs découvertes en des produits commercialisables ont littéralement bouleversé le secteur de la santé au cours des 20 dernières années.

Les progrès accomplis, phénoménaux, sont dus en grande partie au développement de la biologie moléculaire, qui permet aux scientifiques de mieux comprendre les maladies et les réactions biochimiques affectant les molécules de notre organisme. « Au Canada, environ 80 entreprises développent des médicaments issus des biotechnologies, et une cinquantaine conçoivent des outils de diagnostic », rappelle Hélène Forest, responsable des bio-industries à Industrie Canada.

Au Québec, ce secteur peut compter sur d'importantes infrastructures scientifiques, notamment à l'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal et dans les universités. De plus, la présence d'autres centres de recherche pharmaceutique, comme ceux de Merck Frosst, Bio-Méga et Astra, contribue également à l'essor du secteur.

« Signe des temps, les compagnies étrangères, comme la firme néerlandaise Gist-Brocades/Bio-Intermediair ou l'américaine Seragen, sont de plus en plus nombreuses à s'installer au Québec », constate Marie-Odile Martin, porte-parole de l'Institut de recherche en biotechnologie.

La création de BioChem Pharma (voir le texte encadré) en 1986 a marqué une étape importante dans la naissance de l'industrie biopharmaceutique québécoise. D'autres scientifiques ont suivi, et leurs initiatives ont été fortement stimulées par la mise sur pied de plusieurs fonds de capital de risque, dont certains exclusivement consacrés aux biotechnologies.

CAPITAL DE RISQUE ET INCUBATION

« Depuis sa création en 1990, le fonds Biocapital a investi 60 millions de dollars dans une vingtaine d'entreprises en démarrage », indique son président, Normand Balthazar. La plupart des entreprises soutenues sont dans le domaine de la santé, comme Haemacure, qui a conçu une colle biologique pour la guérison des plaies, ou BCM, qui a mis au point un procédé de fermentation pour produire le paclitaxel, un médicament contre le cancer du sein jusque-là extrait de l'écorce des ifs.

Les entreprises de biotechnologie peuvent aussi compter sur les nouveaux services offerts par le Centre québécois d'innovation en biotechnologies (CQIB), qui a ouvert ses portes en mai 1996 à Laval. Deux des trois compagnies qui s'y sont installées

œuvrent dans le domaine de la santé : Quantum Biotechnologies conçoit et fabrique des outils de biologie moléculaire tels que des enzymes de restriction ou des systèmes d'expression (voir le texte encadré), tandis que Cirion est spécialisée dans le diagnostic en endocrinologie.

« Nous pouvons accueillir jusqu'à 12 entreprises à la fois, pendant leur période de démarrage », rappelle Normand De Montigny, directeur général du CQIB. Vingt-deux dossiers sont actuellement à l'étude. Les grands centres de



recherche publics jouent aussi ce rôle d'incubateurs. Ainsi, l'Institut de recherche en biotechnologie accueillera cet automne l'unité de production de composés destinés à des tests cliniques en conditions cGMP de la compagnie Gist-Brocades/Bio-Intermediair. Algène Biotechnologies, qui se consacre à la découverte des gènes liés au développement des maladies

d'Alzheimer et de Parkinson et de la schizophrénie, s'installera aussi sous peu à l'IRB (voir l'encadré page 25).

« Nous recevons chaque mois des propositions d'entreprises canadiennes et étrangères qui souhaitent s'installer chez nous, preuve que Montréal est bien devenue une plaque tournante des biotechnologies », affirme Michel Desrochers, directeur de l'Institut de recherche en biotechnologie.

La compagnie Research Triangle Pharmaceuticals, de Caroline du Nord, qui a mis au point une technique de solubilisation des médicaments dans l'eau les rendant plus efficaces, a choisi en avril dernier de déménager toutes ses installations de recherche à Montréal. Gary Pace, président de la compagnie, explique cette décision par la qualité de la main-d'œuvre, l'environnement académique et un climat d'investissement favorable.

Modified Koger/Science Photo Library/Publishphoto



Un macrophage (globule blanc) s'attaquant aux bactéries et aux déchets cellulaires

MULTIPLICATION DES VACCINS

Pour se défendre contre les agressions, le corps humain dispose d'une arme efficace : les anticorps. Ces molécules sont littéralement nos gardes du corps, puisqu'elles sont capables d'identifier avec une précision extrême n'importe quel organisme étranger (bactérie, virus, substance chimique, cellules greffées d'un autre être vivant...) ou encore des cellules non conformes, cancéreuses par exemple. En se fixant à ces divers

antigènes, les anticorps tirent la sonnette d'alarme et engendrent une réponse immunitaire qui nous permet de lutter.

Grâce aux biotechnologies, on peut aujourd'hui mieux exploiter les extraordinaires propriétés de ces anticorps et les utiliser efficacement pour prévenir ou détecter des maladies. Selon une étude du Canadian Marketing Group, d'Ottawa, les

MOLÉCULES OU FAMILLES DE MOLÉCULES ET SERVICES - STADE DE DÉVELOPPEMENT PAR SOUS-SECTEUR D'ACTIVITÉS


	DÉV.	PRÉ-CLIN.	I	II	III	PROD.	TOTAL
MÉDICAMENTS	20	12	4	0	3	10	49
OUTILS DIAGNOSTIQUES	18	1	3		6	15	43
SERVICES SPÉCIALISÉS	7					8	15
BIOMATÉRIAUX - GÉNIE TISSULAIRE	4	1	1		1		7
TOTAL	49	14	8	0	10	33	113

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

Décision

D é c i s i o n : M o n t r é a l

D é c i s i o n



L'Office de développement économique
Au service des investisseurs

Vous envisagez d'ouvrir un centre de R-D, une unité de production ou un bureau de représentation dans la région de Montréal?

Laissez-nous vous aider comme nous l'avons fait l'année dernière avec Quintiles, Methylgene, Ivax Corp., Galderma, RTP Pharma et beaucoup d'autres.

L'équipe de l'Office de développement économique vous offre un service rapide et personnalisé. Tous les efforts sont mis de l'avant pour trouver des réponses précises à vos questions et garantir le succès de vos projets.

COMMUNAUTÉ
URBAINE
DE MONTRÉAL



N'hésitez pas à communiquer avec nous

Communauté urbaine de Montréal,
Office de développement économique
1002, rue Sherbrooke ouest, Bureau 2400,
Montréal (Québec) CANADA H3A 3L6

TÉL. : (514) 280-4242

FAX : (514) 280-4266

<http://www.cum.qc.ca/investmontreal>

RÉPARTITION RÉGIONALE DES BIO-INDUSTRIES
(SANTÉ) DU QUÉBEC SELON L'ÂGE, 1997

RÉGION	MOINS DE 5 ANS	DE 5 À 10 ANS	PLUS DE 10 ANS	TOTAL
GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL	13	9	8	30
RÉGION DE QUÉBEC	5	3		8
AUTRES RÉGIONS	1			1
TOTAL	19	12	8	39

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

produits à base d'anticorps monoclonaux (AMC), c'est-à-dire spécifiques d'une pathologie particulière, représenteront un marché d'environ 5,2 milliards de dollars en Amérique du Nord en l'an 2000.

Conçus grâce à une meilleure connaissance des AMC correspondant à diverses maladies, les nouveaux vaccins « biotechnologiques » sont plus efficaces que les vaccins traditionnels. Ils offrent souvent une durée de protection accrue tout en ayant des effets secondaires moindres. Les vaccins classiques, contre la diphtérie ou la tuberculose par exemple, sont constitués de micro-organismes tués ou atténués. Dans les vaccins « biotechnologiques », la substance injectée n'est plus le micro-organisme entier, mais seulement un cocktail de molécules extraites de celui-ci, souvent des protéines, tout aussi capables de provoquer l'apparition d'anticorps.

« Ces vaccins fournissent ainsi à l'organisme une information plus précise, qui lui permet de sécréter juste ce qu'il faut d'anticorps pour se prémunir efficacement contre la maladie, et amoindrisent les risques d'effets secondaires lors de l'injection », explique le Dr Bernard Brodeur, du Centre de recherche en vaccinologie de l'Université Laval. Son équipe a découvert une protéine qui pourrait servir de vaccin contre tous les types de méningite. Elle s'est associée avec IAF BioVac, filiale de BioChem Pharma, qui s'occupera de produire la nouvelle protéine recombinante une fois les essais terminés. D'ici quelques

Foie de souris régénéré - Des chercheurs de l'Université Laval ont réussi à régénérer par thérapie génique le foie d'une souris chez laquelle ils avaient préalablement provoqué une déficience en fumarylacétoacétate hydrolase. Cette déficience est responsable chez l'humain d'une très grave maladie du foie, la tyrosinémie, particulièrement fréquente dans la région du Saguenay—Lac-Saint-Jean où son incidence est la plus élevée au monde avec 1 cas sur 1 846 naissances.

Des réactifs en croissance - Avec le développement très rapide des biotechnologies, le marché des réactifs de laboratoire pour la biologie moléculaire affiche une croissance de plus de 10 % par an. Créée en 1995, Quantum Biotechnologies, de Montréal, commercialise 55 produits (enzymes, système d'expression d'adénovirus...) sous des licences acquises auprès de grands organismes de recherche au Canada et à l'étranger.

*« L'homme se découvre
quand il se mesure avec
l'obstacle. Mais, pour
l'atteindre, il lui faut
un outil. »*

*Antoine de Saint-Exupéry
Terre des Hommes*



Société Algène
Biotechnologies Inc.
se spécialise dans la
découverte de gènes
causals et de gènes
protecteurs de différentes
maladies humaines.
Nous espérons mettre à
profit ces connaissances
pour le développement
de produits diagnostiques
et thérapeutiques
plus efficaces.



ALGÈNE
BIOTECHNOLOGIES

Société Algène Biotechnologies Inc.
8475, avenue Christophe-Colomb, bureau 1000
Montréal (Québec) H2M 2N9
Téléphone: (514) 850-2400
Télécopieur: (514) 850-2424

LE MODÈLE BIOCHEM PHARMA

BioChem Pharma a été fondée en 1986 par trois chercheurs québécois, les docteurs Bernard Belleau, Francesco Bellini et Gervais Dionne. Avec 1 000 employés et un chiffre d'affaires de 120 millions de dollars en 1996 (187 millions en 1995), BioChem Pharma est aujourd'hui la plus importante société biopharmaceutique canadienne.

Ses activités se divisent en trois secteurs : les produits thérapeutiques (BioChem Thérapeutique), les vaccins (IAF BioVac) et les produits diagnostiques (BioChem ImmunoSystèmes).

- BioChem Thérapeutique se concentre sur les composés anticancer, les antiviraux, le contrôle de la douleur et les antithrombotiques. Seul le 3TC/Epivir (lamivudine) a atteint le stade de la commercialisation. Cette molécule fait également l'objet d'essais cliniques pour le traitement de l'hépatite B chronique, ce qui aboutira probablement à la création de son prochain produit. BioChem est associée à Glaxo Wellcome depuis 1990 pour le développement de ces deux médicaments.
- IAF BioVac conçoit, produit et vend des vaccins contre des maladies comme la grippe, la diphtérie, le tétanos et la tuberculose.
- BioChem ImmunoSystèmes produit des outils de diagnostic et des réactifs en immunologie, endocrinologie, hématologie ainsi que pour le traitement des maladies infectieuses et des allergies. Elle possède des usines dans neuf pays, en Amérique du Nord, en Europe et en Asie.

mois, IAF BioVac inaugurera d'ailleurs une nouvelle unité de production au coût de 44 millions de dollars à Québec.

« Grâce au génie génétique, on peut même s'affranchir complètement du micro-organisme toxique pour la production du vaccin en greffant le gène responsable de la sécrétion de la protéine "vaccinante" à une autre bactérie à la fois plus inoffensive et plus productive, comme *E. Coli* », précise le chercheur. De tels vaccins, dits recombinants, sont aujourd'hui utilisés contre l'hépatite B ou la fièvre aphteuse. Et les scientifiques traquent aussi de nombreux autres antigènes pour améliorer les vaccins existants ou en inventer de nouveaux. On pense bien sûr à des maladies virales ou bactériennes comme le sida, l'hépatite C ou l'herpès, mais également aux cancers, les tumeurs malignes provoquant elles aussi une réponse immunitaire.

RAPIDITÉ DES DIAGNOSTICS

En 1975, Kohler et Milstein, deux chercheurs britanniques, découvrent comment multiplier des anticorps dans des tubes à essais en fusionnant des lymphocytes avec des cellules cancéreuses capables de se multiplier à l'infini. La cellule issue de ce croisement, l'hybridome, ouvre ainsi la porte à l'utilisation « industrielle » des AMC pour détecter des maladies.

Aujourd'hui, des dizaines de trousse de diagnostic rapide basées sur l'emploi de ces molécules sont à l'essai. Plusieurs sont déjà vendues dans les pharmacies ou utilisées par les laboratoires d'analyse pour le dépistage du sida, des infections urinaires, des maladies inflammatoires, du cancer de la prostate, sans oublier les tests de grossesse... De nombreux autres sont en développement qui devraient aider à détecter de manière très précoce les antigènes liés à diverses tumeurs. Ainsi, à

Coopers
& Lybrand

Laliberté
Lanctôt

Conseillers d'affaires
pour les industries
de hautes technologies

Montréal : John Ball

Tél. : (514) 876-1500

Téloc. : (514) 876-1502

Québec : Gilles Couture

Tél. : (418) 522-7001

Téloc. : (418) 522-5663

Site web : www.ca.coopers.com



Institut de recherche en biotechnologie

Québec, la compagnie Diagnostics conçoit des tests pour identifier les cancers de la vessie, du sein, du col de l'utérus et de la prostate. Ils permettront de les dépister beaucoup plus tôt qu'aujourd'hui, ce qui donnera aux patients de bien meilleures chances de guérison.

D'autres techniques de diagnostic sont issues des progrès accomplis dans l'isolement des gènes et la chimie de l'ADN. En effet, la connaissance de l'ADN des micro-organismes pathogènes permet de concevoir des marqueurs (ou sondes)

Étude des cellules eucaryotes à l'IRB

moléculaires pouvant détecter des maladies infectieuses : aujourd'hui, des marqueurs existent pour la plupart des micro-organismes qui s'attaquent couramment à l'être humain, mais leur sensibilité et leur prix de revient doivent encore être améliorés avant qu'ils ne puissent être utilisés quotidiennement par les laboratoires d'analyses microbiologiques.

Le gigantesque programme international de recherche sur le génome humain, qui vise à caractériser de manière exhaustive chacun de nos 50 000 à 100 000 gènes, a aussi conduit à la mise au point de marqueurs utilisables pour dépister des maladies génétiques.

Traquer les mauvais gènes - En analysant le génome de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, les chercheurs de la compagnie Algène ont identifié deux gènes en cause dans cette terrible maladie neurodégénérative. Ces gènes, qu'on dit « candidats », serviront aux compagnies pharmaceutiques à mettre au point de toutes nouvelles thérapies.

Molécule sous observation - La compagnie AEterna, de Québec, a lancé deux études cliniques sur une molécule, le Neovastat, capable d'empêcher la formation de nouveaux vaisseaux sanguins, qui complique des maladies comme certains cancers, le psoriasis, l'arthrite ainsi que des maladies dermatologiques et oculaires. Les études sur des animaux ont montré que ce produit peut bloquer la croissance des tumeurs des cancers du sein, du foie, de l'ovaire et de la prostate.

Dépistage du Chlamydia - Les infections à Chlamydia représentent les maladies sexuellement transmissibles les plus courantes sur la planète. Quelque 89 millions de nouveaux cas sont déclarés chaque année. Pour faciliter leur dépistage, Immunova a mis au point une trousse de diagnostic rapide et simple d'utilisation basée sur la technologie des anticorps monoclonaux. La compagnie travaille également sur un vaccin contre cette maladie.

Quelques heures après **la découverte d'une molécule prometteuse,**
nous ajoutons des chercheurs à l'équipe affectée au projet
qui devait **mener au 3TC^{MD}**

Le 3TC^{MD} de BioChem Pharma représente aujourd'hui la pierre angulaire de la thérapie associative du traitement du VIH. Chez nous, les bonnes idées font du chemin : c'est la meilleure façon de transformer les fruits de la recherche en produit.

La recherche innovatrice axée sur des besoins médicaux significatifs est notre mission scientifique. Notre vision d'entreprise s'appuie sur la découverte et le développement de nouveaux produits pour la prévention, le dépistage et le traitement des maladies humaines.

Depuis notre siège social au Canada, BioChem Pharma est devenue l'une des plus importantes entreprises biopharmaceutiques au monde. Notre portefeuille de produits potentiels constitue une source de croissance prometteuse dans nos trois secteurs d'activités : thérapeutique, vaccins et diagnostic.



BIOCHEM PHARMA

THERAPEUTIQUE - VACCINS - DIAGNOSTIC

INTERNET : <http://www.biochem-pharma.com>

Reconnu

comme centre modèle par
le Fonds de la recherche
en santé du Québec.

le Centre de recherche de l'Hôpital Douglas

est le plus important
établissement en recherche
en maladie mentale au
Québec et au Canada.

Le Centre donne priorité
à sept axes de recherche :

- l'alcoolisme et les abus de drogues
- la dépression et les troubles affectifs
- la psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent
- la recherche et l'évaluation des services de santé mentale
- la schizophrénie
- les troubles de l'alimentation
- le vieillissement, la démence et la maladie d'Alzheimer.

NOTRE EXPERTISE

- Évaluation de l'implantation de services innovateurs
- Recherche sur les politiques en santé mentale
- Analyses coûts-bénéfices des programmes et services en santé mentale
- Études cliniques de phase III et IV
- Définition et mise en place d'indicateurs de résultats
- Études sur la satisfaction des clientèles
- Élaboration et validation de méthodologies et d'instruments de mesure
- Formation sur des logiciels d'analyse qualitative
- Neuropsychopharmacologie
- Diagnostic neuropathologique du cerveau
- Techniques d'autoradiographie *in vivo/ex vivo*
- Essais radioimmunologiques et par RT-PCR
- Neuropsychologie cognitive
- Biologie moléculaire des neurosciences
- Cultures neuronales et gliales
- Neuropsychologie comportementale

NOS RESSOURCES

- La plus importante Banque de cerveaux au Canada avec plus de 1000 cerveaux de donneurs atteints ou non de maladies mentales
- Une unité de recherche clinique de 14 lits
- Le Centre McGill d'études sur le vieillissement sur le site
- Le Centre McGill de recherche sur la schizophrénie sur le site
- L'Unité des troubles de l'alimentation, le seul programme ultra-spécialisé du genre au Québec
- Groupe de participants aux études sur le vieillissement normal : études neuropsychologiques et endocrinologiques
- Groupe de participants à la recherche sur l'alcoolisme
- Animalerie accréditée par le Conseil canadien sur les soins d'animaux
- Divers modèles de rats et de souris transgéniques et cohorte de rats âgés
- Laboratoire d'électro-encéphalogramme
- Laboratoire de chronobiologie
- Laboratoire en neuropsychopharmacologie clinique
- Système d'analyse d'images pour quantification de radioactivité et mRNA
- Cryostats pour autoradiographie *ex vivo*

CENTRE DE RECHERCHE DE L'HÔPITAL DOUGLAS

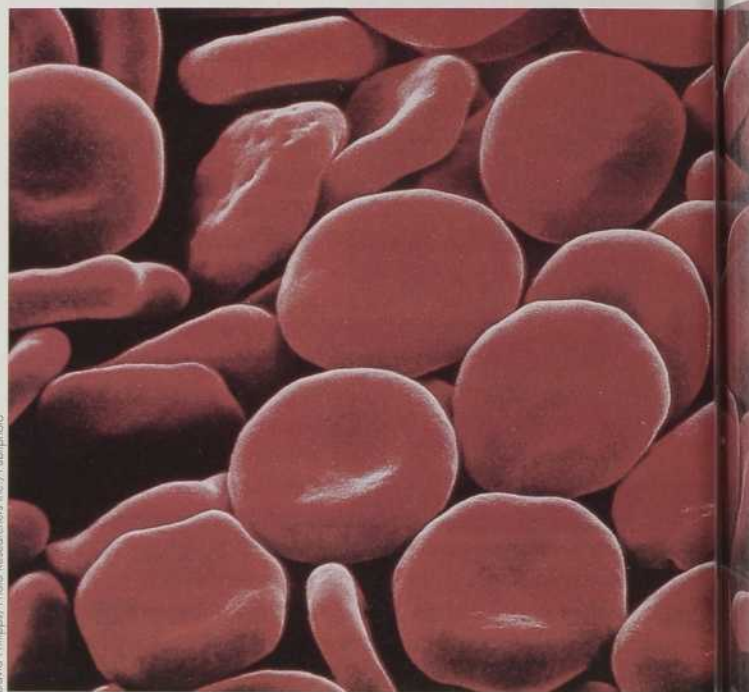
6875, boul. Lasalle
Verdun (Québec) H4H 1R3

TÉLÉPHONE :
(514) 762-3048

TÉLÉCOPIEUR :
(514) 762-3033

COURRIER ÉLECTRONIQUE :
cavnit@douglas.mcgill.ca

SITE W3 :
www.mcgill.ca/douglas



David Phillips/Photo Researchers Inc./Pictaphoto

Examen micrographique de globules rouges

MÉDICAMENTS PLUS EFFICACES

L'industrie pharmaceutique a été la première à exploiter l'extraordinaire potentiel des biotechnologies. D'abord, pour fabriquer des médicaments. Par exemple, de nombreux antibiotiques sont depuis longtemps produits par des bactéries. C'est toutefois l'insuline, utilisée dans le traitement de certains diabètes, qui fut la première molécule produite industriellement par un micro-organisme modifié génétiquement, en 1982.

Le génie génétique permet en effet d'inclure dans le génome de bactéries, de levures, voire d'animaux, des gènes responsables de la production d'une molécule d'intérêt thérapeutique pour les transformer en véritables usines à médicaments. Les micro-organismes modifiés produisent ainsi en grande quantité des substances semblables à celles fabriquées par le corps humain, comme l'érythropoïétine, une hormone normalement produite par les reins stimulant la production de globules rouges (utilisée pour traiter les patients sous hémodialyse), des interférons et interleukines, utiles au traitement de maladies virales et de cancers, ou encore le facteur VIII, essentiel à la coagulation, absent chez la plupart des hémophiles. En faisant produire ces molécules par des bactéries, on s'assure un approvisionnement régulier et de qualité, et les problèmes de contamination, notamment pour les produits extraits du sang, sont éliminés.

« Les biotechnologies ont aussi radicalement changé la façon de concevoir de nouveaux médicaments », soutient Michel Desrochers. Les anticorps monoclonaux aident les chercheurs à mieux comprendre le mode d'action d'une maladie et à identifier de nouvelles cibles pour leurs remèdes, tandis que les recherches sur le génome humain leur fournissent la clé indispensable à l'étude des nombreuses maladies dans lesquelles intervient la mutation d'un gène.

Depuis 1992, la compagnie BioSignal, de Montréal, achète des fragments d'ADN à des laboratoires de recherche universitaires, puis, en les amplifiant, reconstruit les récepteurs situés à la surface des cellules humaines. Ses clients sont des compagnies pharmaceutiques européennes et américaines, qui utilisent ces récepteurs pour tester à moindre coût des milliers de molécules susceptibles de devenir de nouveaux médicaments.



Pour tester de nouvelles substances, notamment des médicaments contre le cancer, les scientifiques peuvent s'appuyer sur des animaux de laboratoire dont le génome a été modifié de manière à ce qu'ils développent la maladie étudiée. D'autres animaux transgéniques peuvent aussi produire des tissus « humanisés » que les chercheurs espèrent greffer ensuite à l'homme sans risque de rejet.

Grâce aux nouveaux outils de la biologie moléculaire tels que l'amplification génétique ou le séquençage automatique de l'ADN, les chercheurs ont pu progresser beaucoup plus rapidement dans la compréhension des multiples changements biochimiques liés à une maladie. Les connaissances acquises se transforment ensuite en médicaments ou en tests de détection quand les biotechnologies livrent leurs promesses.

« Après des années de recherche, plusieurs entreprises québécoises du secteur de la santé ont récemment atteint l'étape de la commercialisation », note Hélène Forest, d'Industrie Canada. Le 3TC/Epivir, mis au point par

BioChem Pharma et utilisé dans la tri-thérapie contre le VIH, a été commercialisé à la fin de 1995 aux États-Unis et au Canada, puis en 1996 en Europe et dans d'autres pays. Des compagnies ont fait leur entrée sur le marché boursier, dont Haemacure, Algène et Diagnocure.

VERS L'IMMUNOTHÉRAPIE GÉNIQUE

L'essor des recherches sur le génome humain a permis de préciser le rôle des anomalies génétiques dans l'apparition d'une multitude de pathologies, dont la plupart des maladies dévastatrices telles que les cancers, les maladies cardio-vasculaires, la maladie d'Alzheimer... En septembre 1990, une jeune fille atteinte d'une déficience en adénosine-désaminase bénéficiait aux États-Unis de la première thérapie génique. Ce nouveau type d'opération, qui consiste à remplacer un gène déficient, a bien entendu suscité un immense espoir. Et les progrès ont été fulgurants.

Tissus humains reconstitués - Le laboratoire d'organogénèse expérimentale de l'Université Laval a mis au point une technique de culture de cellules qui permet de recréer *in vitro* une surface suffisante d'épiderme pour recouvrir le corps d'une personne brûlée à 95 %, et ce sans risque de rejet, puisque cette nouvelle peau est reconstruite à partir des propres cellules du patient.

Pionnier discret - André de Villers, pdg de Thera-technologies, est parfaitement représentatif de la race des nouveaux chercheurs et médecins entrepreneurs qui se sont lancés à l'assaut des biotechnologies au cours des dernières années. Deuxième entreprise à s'inscrire en Bourse en 1993, après Biochem Pharma (1987) et avant le boom de 1996, la firme de Montréal apparaît comme un pionnier qui sait miser sur la recherche universitaire. De 1989 à 1993, le docteur de Villers a réussi à financer une soixantaine de projets, dont plusieurs ont mené à la création d'une entreprise.

QUANTUM

BIOTECHNOLOGIES INC.

Votre partenaire pour des produits innovateurs et de qualité en Biologie Moléculaire

Quantum Biotechnologies se donne pour mission de développer de nouveaux produits de recherche pour les marchés de la Biologie Moléculaire ainsi que les études sur le génome humain et le génie génétique.

Voici notre boîte à outils moléculaire pour des innovations à votre service

- **Adeno-Quest™**, système d'expression d'Adénovirus humain et service à façon
Le meilleur système homologue d'expression de gènes humains.
- **BacTen™**, système d'expression et service à façon
Promoteur p10 offrant un niveau deux fois plus élevés de protéines recombinantes.
- **AFPs™**, Protéines AutoFluorescentes, Bleue et Verte pour de brillants résultats
Outils idéaux pour le marquage et la détection multiple sur du matériel fixé ou vivant.
- **QuanTox™** et **QuanToxBlunt™**, vecteurs de sélection positive pGATA sans bruit de fond
Technologie rapide permettant l'obtention de vos clones sans criblage.
- **Quanta-Enzymes™**
*Plus de 100 enzymes de restriction et de modification de qualité génomique.
4 polymérases thermostables à applications variées.
Quantazyme ylg™, une β -1,3-glucanase très spécifique.*
- **Outils génomiques pour l'amplification, le marquage et l'hybridation**
- **Synthèse de Peptides à façon**

Appelez-nous dès maintenant pour obtenir notre liste de prix

1801, de Maisonneuve Ouest,
Montréal (Québec) Canada H3H 1J9
Tél.: 514-935-2200 ou 888-DNA-KITS
Fax: 514-935-7541 ou 888-688-3785
Internet: <http://www.qbi.com>
E-mail: info@qbi.com

Cependant, la centaine de traitements entrepris depuis 1990 dans le monde ont encore donné peu de résultats. Au point que l'année dernière, les National Institutes of Health des États-Unis ont dû réviser les protocoles d'essai et admettre qu'au cours des cinq années précédentes, la thérapie génique avait fait l'objet d'un battage médiatique que ses résultats ne justifiaient pas.

Car le génome de l'être humain n'est pas facile à domestiquer. La difficulté se situe à plusieurs niveaux. D'abord, pour introduire le gène réparateur dans l'organisme, les chercheurs doivent utiliser des « vecteurs ». Actuellement, ces vecteurs sont soit des virus, soit des liposomes. Aucun d'entre eux n'est encore capable d'acheminer le gène au cœur du génome du pa-



Un cytogénéticien examine la structure de chromosomes humains

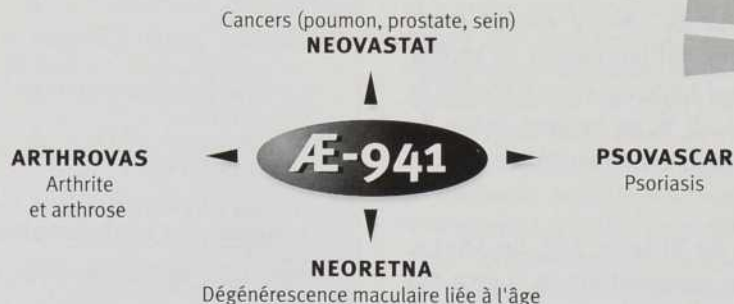
Lutte contre la montre - Les trousseaux que développe Infection Diagnostic, de Sainte-Foy, peuvent détecter en une heure les infections bactériennes les plus courantes, dont les pneumonies, sixième cause de mortalité au Canada. Les tests actuels demandent 48 à 72 heures et, pendant ce temps, les médecins administrent généralement à leurs patients des antibiotiques à large spectre, une pratique en grande partie responsable de l'émergence de nouvelles bactéries résistantes aux antibiotiques.

tient. Ensuite, une fois le gène inséré, il faut encore qu'il s'exprime, c'est-à-dire qu'il joue effectivement son rôle en induisant la production d'une protéine. Là aussi, on manque encore de connaissances pour savoir comment stimuler un gène et maintenir ou supprimer son expression en jouant sur les promoteurs, c'est-à-dire les zones de l'ADN régulatrices des gènes.

Les chercheurs croient de plus en plus que les premières thérapies géniques efficaces ne permettront pas d'éliminer de manière permanente des gènes défectueux, mais plutôt de remplacer temporairement certains gènes pour renforcer les réactions immunitaires de l'organisme, notamment pour lutter contre certains cancers.

Les spécialistes estiment que cette « immunothérapie » génique pourrait être au point d'ici à cinq ans, mais que 10 à 20 ans nous sépareront encore de la thérapie génique destinée à corriger les maladies héréditaires. Un laps de temps qui ne sera pas trop long pour bien définir ce qu'il sera, sur les plans éthique et économique, acceptable de dépister et de guérir... ●

Leader mondial des thérapies antiangiogéniques



Æterna a entrepris un programme de développement clinique diversifié visant la mise au point d'une nouvelle génération de traitements pouvant contrôler une vingtaine de maladies, dont le cancer.

Grâce au fort potentiel de ses produits, Æterna a établi à ce jour des alliances stratégiques avec des chefs de file de leur domaine : Estée Lauder pour ses produits cosmétiques, Alcon Laboratories en ophtalmologie et Rhône-Mérieux en arthrite vétérinaire.



Pour plus d'information
(418) 527-8525

agroalimentaire

PLUS, MIEUX, MOINS CHER

PAR JEANNE MORAZAIN

La population du globe atteindra 10 milliards en l'an 2030. « Les agriculteurs devront alors produire en une seule année l'équivalent de ce qu'ils ont produit depuis les débuts de l'agriculture », peut-on lire dans le bulletin d'Ag-West Biotech, un important Centre de recherche de Saskatoon. Or, la révolution technologique de l'après-guerre ayant maintenant produit tous ses effets, les gains de productivité sont de plus en plus modestes. Pour nourrir la planète, l'industrie alimentaire de la production et de la transformation doit réussir une nouvelle révolution, biotechnologique celle-là, qui stimulera la croissance des plantes et des animaux, accroîtra les rendements, réduira les pertes, modifiera les procédés.

Les biotechnologies agroalimentaires s'enracinent dans une longue tradition. Ce n'est pas d'aujourd'hui que les cultivateurs croisent les espèces végétales pour obtenir des cultivars aux caractéristiques particulières ou que les éleveurs sélectionnent les animaux reproducteurs aptes à transmettre le meilleur de la race. Depuis longtemps déjà, fertilisants et pesticides servent à augmenter la productivité des cultures; et les vaccins, à enrayer les maladies au sein des troupeaux. Le recours à des organismes vivants dans la fabrication des aliments n'a rien de nouveau non plus : le pain, le yogourt, le vin et le fromage doivent leur existence et leur personnalité à diverses cultures, levures et ferments.

Les chercheurs des laboratoires de biotechnologie font la même chose à l'aide des nouveaux moyens mis à leur disposition par la science. Certes, les interventions sur les plantes et les animaux empruntent des voies de plus en plus sophistiquées et se déploient sur un nombre grandissant de fronts. L'objectif demeure néanmoins le même : produire plus, mieux, à meilleur coût, en limitant les risques environnementaux.

LES PROUESSES GÉNÉTIQUES

Quel consommateur ne rêve d'acheter à long terme d'année des fruits aussi savoureux que s'ils étaient fraîchement cueillis? Ce rêve est devenu réalité en 1994 avec la commercialisation de la tomate californienne FlavrSavr, dont le gène responsable du ramollissement des chairs a été corrigé.

Depuis le début de la décennie, le génie génétique multiplie les prouesses : des pommes de terre qui tuent leur bête noire, le doryphore, ou qui absorbent moins de gras lorsqu'elles sont transformées en frites ou en croustilles; du canola (Canada Oil), une variété de colza canadienne, qui produit une gamme d'huiles différentes; des gras qui ne font pas engraisser; des plantes résistantes à la sécheresse, au gel et à certains herbicides; des racines qui sécrètent des substances mortelles pour leurs voisines indésirables.

Les animaux sur mesure sont aussi au menu. La souris de Harvard — le premier animal *additionné* de gènes humains à avoir été breveté — a été conçue pour servir la recherche sur le cancer. L'industrie porcine cherche à délester des porcs adultes de leurs androgènes afin d'obtenir une viande plus maigre, non

altérée par les odeurs sexuelles que dégagent les animaux mâles non castrés.

Chez les vaches, la glande mammaire est le principal centre d'intérêt. L'insertion et l'expression de divers gènes dans les séquences actives de cette glande modifient la composition naturelle du lait. Bientôt, l'industrie fromagère utilisera un lait très concentré en caséine kappa pour obtenir des rendements supérieurs, les nourrissons boiront du lait enrichi de lactoférine, une protéine humaine riche en fer, et les personnes non tolérantes au lactose pourront acheter du lait à teneur réduite en sucre naturel. Les poissons sont aussi



L'EXPLOIT DOLLY

En février 1997, une bombe secouait le monde scientifique. Le magazine *Nature* faisait état du clonage réussi d'un mammifère adulte. Un exploit jusque-là considéré comme une impossibilité scientifique.

Les chercheurs de l'Institut Roslin, en Écosse, dirigés par Ian Wilmut, ont créé Dolly en prélevant des cellules sur le pis d'une brebis adulte enceinte. Ils les ont mises dans un milieu de culture faible en nutriments pendant une semaine. Le cycle de division cellulaire s'est arrêté. Les cellules sont tombées dans un état somnolent proche de l'hibernation profonde.

Pendant ce temps, les chercheurs ont prélevé sur une autre brebis adulte une cellule reproductrice non fécondée qu'ils ont vidée de son noyau d'ADN tout en conservant le cytoplasme. Ils ont ensuite placé côte à côte les cellules traitées des deux brebis. Une première impulsion électrique a provoqué la fusion des deux cellules. Une deuxième a déclenché le processus de division cellulaire. Au bout de six jours, l'embryon ainsi créé a été implanté dans l'utérus d'une brebis porteuse. C'est ainsi qu'est née Dolly, l'exact portrait génétique de sa mère biologique, la brebis enceinte qui a fourni une cellule de son pis.



PHOTO: J. EVELSON / SCIENTIA PHOTO LIBRARY / PHOTODISC

Le docteur embryologiste Ian Wilmut, le « père » de Dolly

Qu'une cellule non reproductrice ait pu redevenir totipotente, c'est-à-dire capable de se développer en un organisme entier, voilà la première surprise. On croyait en effet que seules les cellules embryonnaires reproductrices non différenciées étaient totipotentes. L'expérience écossaise montre que ce n'est peut-être pas le cas. Toutefois, pour mesurer la valeur réelle de l'exploit, il faudrait connaître le stade de différenciation atteint par la cellule prélevée sur le pis de la brebis mère. Et cela, on ne le sait pas, de l'aveu même du père scientifique de Dolly, Ian Wilmut.

Autre surprise, Dolly n'a pas de père biologique. Le mâle ne serait donc pas indispensable à la reproduction?

Clones de fruits - À Saint-Étienne-des-Grès, en Mauricie, Phytoclone produit chaque année par micropropagation jusqu'à un million de clones de petits fruits et de plantes ornementales et aquatiques. Les deux agronomes qui dirigent l'entreprise offrent aussi divers services — dépistage des insectes et des maladies, épuration des plantes par thermothérapie, suivi de culture, etc. — à une vingtaine de serriculteurs. Ceux-ci sont regroupés dans un club de production, le Phytoclub, par l'intermédiaire duquel ils réalisent de la R-D et effectuent des transferts de technologie.

Marqueurs moléculaires - La compagnie DNA Landmarks, de Saint-Jean-sur-Richelieu, utilise des marqueurs moléculaires pour dresser la carte génétique de certaines espèces végétales. Elle relève la position chromosomale de leurs caractères agronomiques importants et clone les gènes qui les codent. DNA Landmarks conçoit également des systèmes diagnostiques. Ici, les marqueurs servent à identifier les gènes à l'origine des pathologies et à détecter leur présence avant qu'ils ne fassent des ravages.

des sujets de choix pour les biotechnologistes, car la plupart des espèces pondent une grande quantité d'œufs qui sont fécondés hors de la femelle. Les gènes qui codent chez les poissons des eaux arctiques la résistance au froid font l'objet d'études. Une fois transférées dans le bagage génétique d'une plante, ces protéines antigèle que sont les glycopeptides allongent la saison de culture. De plus, comme ces protéines ont aussi la propriété d'empêcher la recristallisation, la conservation des aliments congelés exigera des températures moins basses, ce qui diminuera d'autant les coûts d'entreposage.

Enfin, les résidus de la transformation des espèces animales et végétales marines contiennent en abondance plusieurs enzymes qu'il serait rentable d'isoler et de caractériser pour les utiliser ensuite à des fins nutritionnelles ou thérapeutiques. Le potentiel de la mer est encore largement inexploité. « Le gros de la recherche porte seulement sur une meilleure connaissance des différentes espèces et sur le développement de milieux de croissance optimaux, reconnaît Céline Audet, chercheuse à l'INRS-Océanographie. Toutefois, la tendance à utiliser des outils génétiques s'affirme. »

L'AMÉLIORATION DES ESPÈCES

Le nombre de fermes diminue, mais la production demeure stable. Ainsi, avec moins de vaches laitières, le Québec met en marché autant de lait. La productivité accrue des troupeaux est en grande partie imputable à des techniques de reproduction biotechnologiques comme la suroovulation par stimulation hormonale des vaches les plus performantes. Une fois fécondées, les vaches que l'on a stimulées développent, au lieu d'un seul, une moyenne de vingt embryons, lesquels sont ensuite transférés dans une vache porteuse.

On obtient également des rejetons de qualité supérieure par division embryonnaire. Dans ce cas-ci, l'embryon est séparé en deux dès qu'il compte quatre ou huit cellules. Lorsque les nouveaux embryons atteignent le même stade, ils sont redivisés. Cette méthode permet d'obtenir huit clones, qui deviendront autant de vaches d'élite.



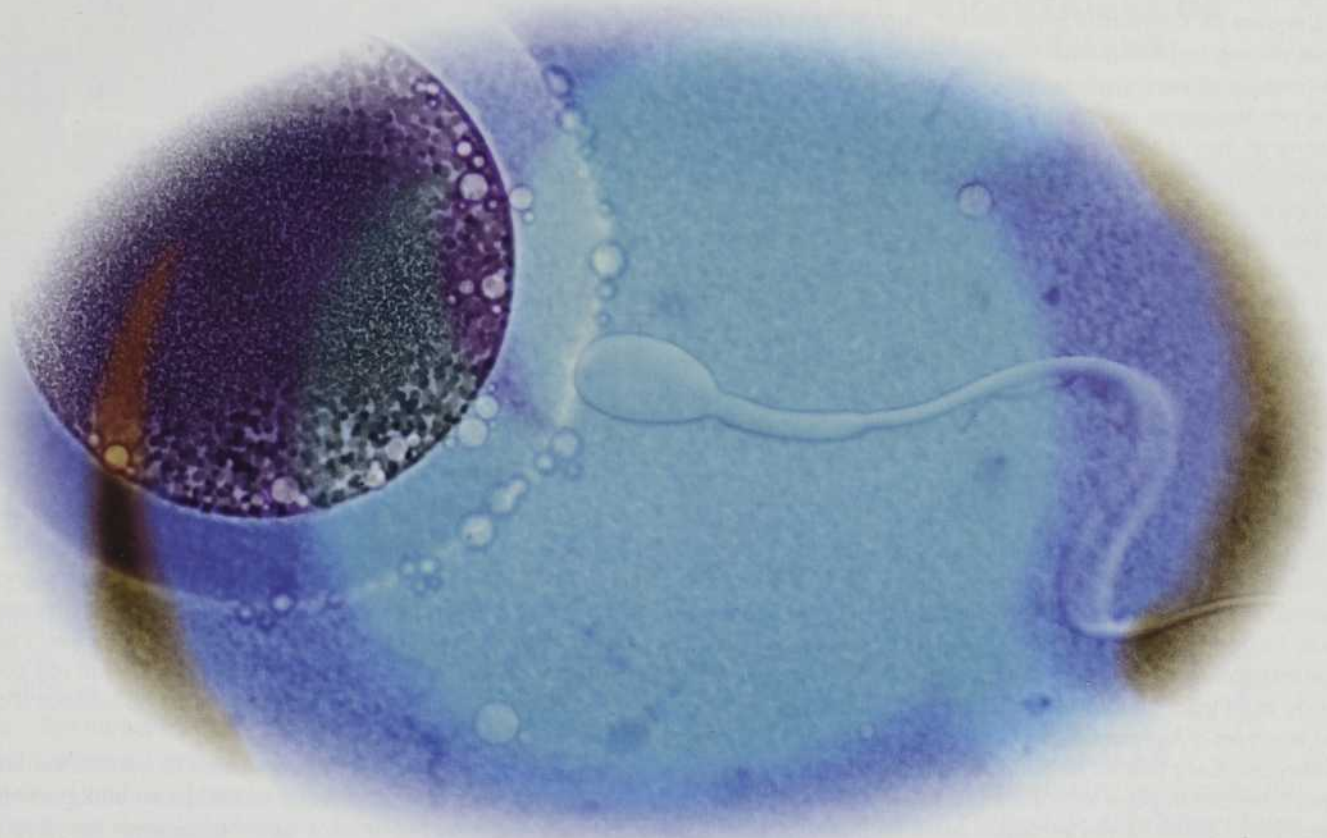
STARBUCK

CHOISIR LE BON PARTENAIRE ÇA COMPTE

L'intégration des activités du Centre d'insémination artificielle du Québec (CIAQ) inc. à SOQUIA lui a permis d'acquérir une réputation d'excellence et de leader dans le domaine de la génétique bovine à l'échelle internationale.

SOQUIA est au cœur de l'industrie du capital de risque depuis plus de quinze ans. Ses modes d'intervention, le financement par capital-actions et le prêt d'actionnaire, contribuent à renforcer les assises financières des entreprises agroalimentaires québécoises et leur permettent de jouir d'une plus grande autonomie. SOQUIA accorde également son support sur le plan de la gestion et de l'expertise technique.

Pour vos projets de fusion, d'acquisition, d'expansion de marché ou de développement de nouvelles technologies, faites appel à SOQUIA. Car choisir le bon partenaire, ça compte.



SOQUIA

PARTENAIRE CAPITAL

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE D'INITIATIVES AGRO-ALIMENTAIRES
1275, chemin Sainte-Foy, bureau 284, Québec (Québec)

Terreaux stimulants - Premier Tech, de Rivière-du-Loup, a mis au point en collaboration avec différents chercheurs universitaires un substrat de culture contenant une espèce très polyvalente de champignon endomycorhizien. La commercialisation de ce produit, sous le nom de Mycorise, constitue une première. Le champignon microscopique s'associe aux racines de la plante et, comme c'est un stimulant naturel de croissance, le végétal en tire avantage. Effet secondaire non négligeable, la plante résiste mieux aux organismes pathogènes racinaires. Premier Tech espère introduire sous peu des bactéries dans ses substrats de culture, plus particulièrement des rhizobactéries, qui colonisent le système racinaire et réduisent la prolifération d'organismes pathogènes. Le but est le même : favoriser la croissance de la plante et l'aider à lutter contre ses ennemis.

Au Centre de recherche en biologie de la reproduction de l'Université Laval, les chercheurs ont déposé une demande de brevet pour une technologie qui prolonge la survie des spermatozoïdes des taureaux reproducteurs. « Lors d'une insémination artificielle, la quantité de sperme est mille fois moins grande que dans des conditions naturelles, explique Marc-André Sirard, le directeur du Centre. Les chances de fécondation des ovules sont multipliées lorsque les spermatozoïdes vivent plus longtemps. »

L'équipe de l'Université Laval détient déjà un brevet américain sur une technologie qui accroît le taux de réussite des insertions de nouveaux gènes dans les embryons. « Notre approche par séquences homologuées, affirme Marc-André Sirard, donne un taux d'insertion de 35 %. Avec les autres méthodes, seulement un embryon sur 500 devenait effectivement porteur du gène introduit. »

Des marqueurs d'ADN sont utilisés pour détecter les gènes déficients ou non désirables et écarter de la ligne de reproduction les animaux qui en sont porteurs. L'industrie porcine, notamment, fait appel à cette technologie. « Elle a ainsi pu réduire, dit André Broes, directeur général du Centre de développement du porc, l'incidence du Syndrome de sensibilité au stress et le nombre de bêtes dont la viande laisse à désirer parce qu'elle est pâle, flasque, imbibée d'eau et qu'elle durcit lors de l'abattage. Ces deux tares sont causées par un même gène qui a été identifié et dont on peut maintenant enrayer la transmission. »

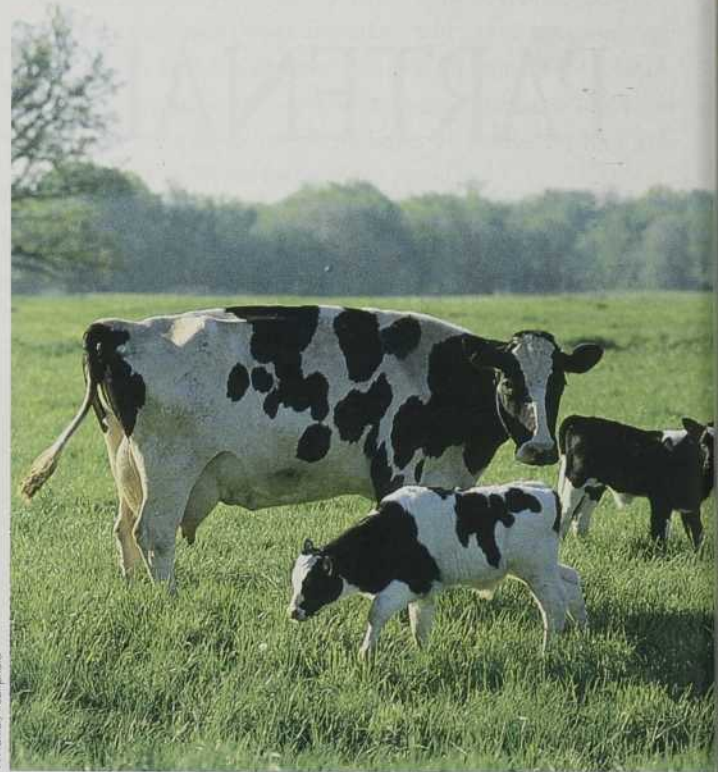
La reproduction animale sélective, dont l'efficacité revêt une grande importance pour les éleveurs, passe par la détermination du sexe des embryons. Pour des raisons d'ordre économique, l'industrie laitière est *féministe* alors que celle du bœuf de consommation, où les poids lourds ont un prix, est *machiste*. Jusqu'ici, il fallait recourir à une biopsie cellulaire pour effectuer les analyses d'ADN nécessaires à l'identification du sexe des embryons. Cela prenait du temps et entraînait des pertes. La voie biotechnologique est rapide et non invasive : des anticorps décèlent la présence des protéines sexuelles mâles ou femelles à la surface des cellules de l'embryon.

La reproduction végétale dépend elle aussi de plus en plus des biotechnologies. On utilise surtout deux techniques. La multiplication par micropropagation s'effectue en deux étapes : on prélève le méristème de la plante — un petit bourgeon qui renferme le génome entier de la plante —, puis on le place dans

un milieu de culture aseptique contenant des nutriments et des hormones de croissance. La deuxième, l'embryogenèse somatique, se pratique à partir de boutures ou de microspores. L'utilisation de microspores permet d'obtenir rapidement des clones à partir de l'ADN d'une seule plante de qualité supérieure. Autre avantage, on peut induire des mutations génétiques de façon plus simple, plus rapide et plus économique en effectuant les manipulations lorsque les microspores sont en culture, avant même que les embryons ne commencent à se former.

L'OPTIMISATION DE LA PRODUCTION

Une fois nés, les animaux et les plantes conçus en laboratoire sont loin d'en avoir terminé avec les biotechnologies. Celles-ci les suivent toute leur vie et les font atteindre leur niveau de développement optimal. Ici, ce sont des micro-organismes, amis ou ennemis, qui font presque tout le travail.



Y. Hamel / Publiblio

La productivité accrue des troupeaux de vaches laitières est en grande partie imputable à des techniques de reproduction biotechnologiques.

La nature fournit naturellement aux plantes l'azote et le phosphate essentiels à leur croissance. Les biofertilisants mettent à contribution des bactéries, microbes, levures et champignons, qui vivent déjà en symbiose avec une plante, pour augmenter la teneur en azote ou en phosphore des sols et faciliter l'absorption de ces nutriments. La biofertilisation se fait soit par inoculation, soit par amendement du sol ou du substrat d'enracinement.

André Fortin a effectué de nombreuses recherches sur les endomycorhiziens pour l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal. « Ces champignons vivent en symbiose avec les racines pour nourrir la plante, la protéger contre certaines maladies et la rendre plus résistante à la sécheresse. Or, nos techniques agricoles limitent la prolifération de ces alliés naturels, quand elles ne les détruisent pas. »

André Fortin a conçu une méthode pour cultiver *in vitro*, en milieu aseptique, les endomycorhiziens, méthode qu'a adaptée

RÉPARTITION RÉGIONALE DES BIO-INDUSTRIES
(AGRO, ALIMENTAIRE, FORESTIERIE) DU QUÉBEC SELON L'ÂGE, 1997

RÉGION	MOINS DE 5 ANS	DE 5 À 10 ANS	PLUS DE 10 ANS	TOTAL
GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL	2	2	8	12
RÉGION DE QUÉBEC	1	2	1	4
AUTRES RÉGIONS	0	0	1	1
TOTAL	3	4	10	17

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

Premier Tech, de Rivière-du-Loup, pour mettre en marché des substrats de culture qui en contiennent. Le groupe de recherche BIOPRO de l'École Polytechnique de Montréal, tente maintenant de produire des endomycorhiziens en bioréacteur, sur une grande échelle. « Nous y arrivons, mais à un coût qui ne permet pas à Premier Tech de l'appliquer, reconnaît Daniel Normandin, responsable du projet. Pour réduire les coûts, nous devons mieux comprendre les échanges génétiques entre les champignons et le système racinaire de la plante. »

Les champignons parasites ne sont pas tous bienvenus. Avec une équipe de l'Université Laval cette fois, Premier Tech travaille à un biofongicide à base de chitosane. Le chitosane a la faculté d'inhiber la croissance de plusieurs champignons pathogènes. De plus, il provoque de très puissantes réactions de défense chez la plante, ce qui a pour effet de la rendre résistante, comme le ferait un vaccin. « Le chitosane, précise Serge Gagné, directeur de la recherche biotechnologique chez Premier Tech, est un dérivé de la chitine, très abondante dans les résidus de crevettes et les carapaces de crustacés. Cela ajoute à notre intérêt, puisque cette matière première est très abondante dans l'est du Québec. »

Les biotechnologistes transforment certains micro-organismes en bioherbicides. Ici, on utilise des microbes dont les gènes s'attaquent aux défenses immunitaires d'une plante particulière pour fabriquer des produits qui provoquent des maladies fatales chez les mauvaises herbes sans nuire aux plantes que l'on souhaite cultiver.

La lutte contre les insectes se déplace aussi sur le terrain biotechnologique. Les biotechnologistes reproduisent en grande

Enzyme recombinante - Le Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Hyacinthe a effectué la recherche; Zymtec, une compagnie réunissant des chercheurs du CRDA et des gens d'affaires, commercialisera le produit : l'aminopeptidase, une enzyme recombinante qui élimine l'amertume des peptides et les transforme en acides aminés. L'aminopeptidase est d'abord clonée dans une bactérie, en fermenteur. Une fois extraite de la bactérie, elle est placée dans un milieu d'accueil adapté à l'usage particulier auquel elle est destinée. Zymtec propose ce nouveau bioingrédient à l'industrie fromagère pour accélérer la maturation des fromages. Autre marché prometteur : celui des fabricants de protéines végétales à base de soja.

BIOAGRAL INC.

*Les biotechnologies au service
de l'industrie agroalimentaire*

MISSION

Favoriser le développement et la commercialisation de produits agroalimentaires issus des procédés biotechnologiques

OBJECTIFS

- Initier et coordonner des projets structurants
-
- Encourager l'émergence d'entreprises biotechnologiques
-
- Rechercher de nouveaux investissements et de nouvelles alliances stratégiques
-
- Cueillir, analyser et diffuser des informations stratégiques
-
- Faciliter l'accès au capital de risque
-
- Favoriser la synergie entre les divers intervenants de la bio-industrie agroalimentaire

AXES PRIORITAIRES DE DÉVELOPPEMENT

Biotechnologies • Ingrédients • Nutraceutiques
Produits fonctionnels • Santé animale

LES RESSOURCES DE LA TECHNOPOLE

Bioagral fait partie des ressources spécialisées de la technopole

- 130 entreprises spécialisées en agroalimentaire
- 20 groupes de recherche de pointe
- 11 centres de recherche gouvernementale et universitaire
- 200 chercheurs de grande réputation
- 8 000 emplois spécialisés en agroalimentaire

SAINT-HYACINTHE

TECHNOPOLE

AGROALIMENTAIRE

*Le savoir-faire agroalimentaire au service du
développement de l'industrie agroalimentaire*

780, avenue de l'Hôtel-de-Ville
Saint-Hyacinthe (Québec) Canada J2S 5B2
Téléphone : (514) 773-4232 Télécopieur : (514) 773-6767
Internet : www.st-hyacinthetechnopole.qc.ca
E-mail : cdei@st-hyacinthetechnopole.qc.ca

quantité des bactéries, champignons ou virus nocifs pour certains insectes, mais inoffensifs pour les autres espèces, créant ainsi des insecticides naturels destinés à l'arrosage des récoltes.

La plante elle-même peut devenir une manufacture d'insecticide. Plusieurs plantes ont été programmées pour produire du *Bacillus thuringiensis* — le Bt pour les intimes — l'un des bioinsecticides les plus répandus. Elles peuvent enfin être rendues génétiquement résistantes à certains insectes, comme la pomme de terre qui ne craint plus le doryphore.

Les biotechnologies servent également bien les vétérinaires, à qui elles fournissent à meilleur prix des vaccins plus efficaces, mieux ciblés, plus sûrs. On fabrique aussi à partir de cellules génétiquement modifiées des anticorps monoclonaux. Par ailleurs, l'injection de substances recombinées se répand. Les buts poursuivis sont très divers : stimuler la croissance, augmenter la production laitière, obtenir une viande plus tendre et plus maigre, bloquer ou stimuler les fonctions reproductrices, faciliter la digestion.

LA TRANSFORMATION DES ALIMENTS

Après le secteur de la production, les biotechnologies ont envahi celui de la transformation. Une grande partie des aliments que consomment animaux et humains sont transformés par divers agents : ferments, colorants, édulcorants, etc. Lorsqu'ils sont biologiques ou biotechnologiques, ces catalyseurs ont sur ceux d'origine chimique l'avantage d'avoir une action plus spécifique, de donner des produits naturels de qualité supérieure et constante, d'accroître la productivité des procédés de fabrication et de les rendre moins énergivores.

Les enzymes jouent un rôle central dans le développement des bioprocédés industriels. « Elles accélèrent le processus de transformation sans provoquer d'activité secondaire, ou très peu, de sorte que le produit n'est pas dénaturé : le cheddar goûte le cheddar », assure François Cormier, du Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) à Saint-Hyacinthe.

Plus une enzyme est pure, mieux elle travaille. Le génie génétique cherche constamment à mettre au point des catalyseurs biotechnologiques très concentrés et hyperperformants. La création d'enzymes recombinantes est l'une des méthodes utilisées pour obtenir des niveaux de pureté élevés : on clone des gènes qui codent pour une enzyme ou une protéine, puis on les jumelle à un promoteur qui leur permet de se surexprimer.

Détection virale - Une petite entreprise de Saint-Hyacinthe fondée par des chercheurs de l'École de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal a réussi à augmenter considérablement la sensibilité et la spécificité de la technique ELISA. Résultat : Diagnostics Biovet propose aux producteurs des trousse diagnostiques faciles d'utilisation pour la détection des plus importants virus à l'origine des maladies porcines et bovines.

« Dans un avenir proche, la grande majorité des enzymes des bioprocédés seront des enzymes recombinantes, croit François Cormier. Il est difficile de savoir combien sont déjà sur le marché. Le plus souvent, les fabricants indiquent d'où proviennent les enzymes sans préciser comment elles ont été obtenues. » Sans doute sont-ils incités à la prudence par la résistance des consommateurs, révélée notamment par le débat entourant la somatotropine bovine recombinante, une hormone qui stimule la production laitière des vaches.

L'évolution est très rapide. La première enzyme recombinante, la chymosine, a été approuvée il y a six ans à peine. La chymosine est le principal constituant de la présure que produit l'estomac du veau. Elle a la propriété de faire cailler le lait. Les chercheurs ont réussi à isoler et à cloner le gène responsable de la synthèse de la chymosine et l'ont introduit dans une bactérie. Placée dans un bioréacteur, cette bactérie se multiplie et donne des quantités industrielles de chymosine.



Agriculture et Agroalimentaire Canada

Travail de recherche dans un laboratoire du Centre de recherche et de développement sur les aliments de Saint-Hyacinthe

DES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Aujourd'hui, 60 % des producteurs de fromage se servent de chymosine recombinante. On les comprend : son utilisation a fait chuter de moitié les coûts de production et ils n'ont plus à craindre une pénurie de matière première.

« Le lait est une véritable mine d'or lorsqu'il est fragmenté, soutient Serge Huppé, responsable du Réseau de veille stratégique bioalimentaire. L'isolation de ses composantes — lactose, sels, caséine, gras — et leurs possibles recombinaisons génétiques ouvrent de multiples perspectives. Compte tenu de l'importance de l'industrie laitière québécoise, les projets de recherche abondent dans les laboratoires universitaires et industriels. »

Le Centre de recherche en sciences et technologie du lait de l'Université Laval (STELA) a acquis selon Paul Paquin, l'un des chercheurs, « une expertise reconnue en matière d'isolement et de fractionnement des sous-produits du lait dans le but de les valoriser dans l'industrie alimentaire ». Les chercheurs du Centre de recherche en biologie de la reproduction ont de leur côté développé des gènes qui, une fois exprimés au niveau de

Levures œnologiques - La fermentation du célèbre champagne Moët et Chandon est tributaire d'une souche de levure sortie tout droit des fermenteurs de Lallemand, à Montréal. En collaboration avec l'Université McGill et l'Institut de recherche en biotechnologie, Lallemand a développé une technique permettant de doubler le caractère par lequel une levure s'impose. Grâce à cette technique brevetée, la levure agit en effet plus rapidement et plus complètement.

la glande mammaire, augmentent la concentration de caséine kappa, et donc le rendement fromager du lait.

Les industries du vin et de la bière reposent essentiellement sur la fermentation. « Le type de fermentation dépend de la souche de levure utilisée, dit Jacques Goulet, chercheur à l'Université Laval et directeur scientifique chez Lallemand, un des leaders mondiaux de la production de levures œnologiques. La souche de levure exalte ce qui fait la spécificité d'un cépage et confère sa personnalité à un vin. » Le génie génétique permet d'isoler, de caractériser, d'identifier les souches propres à chaque vigne. Lallemand a conçu un mode d'analyse rapide des empreintes génétiques de l'ADN des levures. Chaque souche est reproduite à grande échelle et séchée avant d'être acheminée aux producteurs. « Ils peuvent ainsi compter, poursuit Jacques Goulet, sur des souches parfaites qui sont l'exacte copie génétique de la souche que produit naturellement le raisin dont ils utilisent le jus. »

Les huiles et les graisses entrent dans la composition d'un grand nombre d'aliments. Elles ont mauvaise réputation à cause du lien entre une alimentation riche en lipides et les maladies cardiovasculaires ou l'obésité, deux fléaux nord-américains. Toutes les pistes sont explorées pour modifier leur composition en y intégrant des acides gras moins dommageables à la santé.

LA PROTECTION DU CONSOMMATEUR

L'industrie alimentaire dispose grâce aux biotechnologies de tests de détection des toxines et des bactéries pathogènes présentes dans les aliments, comme la salmonelle et le listéria. Les pouvoirs publics s'en servent de leur côté pour exercer une surveillance, faire la chasse aux additifs interdits et repérer l'usage illégal des hormones de croissance.

Plusieurs tests biotechnologiques sont basés sur le fait que les antigènes qui menacent l'organisme provoquent l'apparition d'anticorps spécifiques qui leur correspondent comme une clé à sa serrure. Ils sont identifiés par l'acronyme ELISA. D'autres tests utilisent des marqueurs d'ADN. Ces derniers sont parfois amplifiés par la technologie du PCR (Polymerase Chain Reaction), qui permet de déceler même les très faibles contaminations.

Les tests biotechnologiques ont de grandes qualités : ils sont rapides, peu coûteux, faciles à utiliser et fiables. On peut se les procurer dans des trousseaux pour utilisation sur les lieux où l'on produit, transforme ou vend des aliments. La protection des consommateurs n'en est que mieux assurée.

Ce survol ne laisse aucun doute : les biotechnologies forment de plus en plus de maillons dans la chaîne alimentaire. Et ce n'est qu'un début : les scientifiques, qui commencent à peine leur cartographie du vivant, maîtrisent de mieux en mieux les techniques d'intervention et imaginent chaque jour de nouvelles cibles. ●

L'INCUBATEUR DES BIOTECHNOLOGIES

Le Centre québécois d'innovation en biotechnologie (CQIB) offre aux chercheurs-entrepreneurs des services et des installations propices au démarrage des nouvelles entreprises dans le secteur des biotechnologies.

- Laboratoires
- Appareils scientifiques
- Bureaux
- Encadrement d'affaires
- Réseaux scientifiques et d'affaires

Situé dans le Parc scientifique et de Haute technologie de Laval



PARC SCIENTIFIQUE
ET DE
HAUTE TECHNOLOGIE DE
LAVAL



CQIB
Centre québécois d'innovation
en biotechnologie

230, Bernard-Belleau, suite 110, Laval (Québec) Canada H7V 4A9
Tél.: (514) 688-8377 • Fax: (514) 688-8528
Internet : www.cqib.org courrier électronique : CQIB@total.net



La biotechnologie forestière au Service canadien des forêts

Les réseaux de science et technologie (S-T) du Service canadien des forêts (SCF) visent à promouvoir la collaboration entre les chercheurs des établissements du SCF, l'ensemble de la communauté scientifique et les groupes d'intervenants. La recherche en biotechnologie forestière s'effectue dans le cadre de deux réseaux de S-T : le réseau sur

les méthodes de lutte contre les ravageurs, dirigé à partir du Centre de foresterie des Grands Lacs situé à Sault Ste. Marie, Ontario, et le réseau sur la biotechnologie des arbres et la génétique de pointe, dirigé à partir du Centre de foresterie des Laurentides situé à Sainte-Foy, Québec.



Le réseau sur les méthodes de lutte contre les ravageurs vise à

promouvoir le développement de méthodes écologiquement acceptables de répression des ravageurs forestiers et à participer aux efforts de gestion intégrée des ravageurs et de développement durable des forêts.

Le réseau sur la biotechnologie des arbres et la génétique de pointe vise à

générer de nouvelles connaissances et technologies s'appliquant à l'amélioration de la qualité, de la productivité et de la santé des arbres et à les utiliser conformément à de sains principes écologiques et génétiques.

Pour plus de renseignements sur la biotechnologie forestière au SCF, s'adresser à :

Ariane Plourde
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Tél. : (418) 648-3335
Télé. : (418) 648-5849

Errol Caldwell
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
1219, rue Queen Est, C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 5M7
Tél. : (705) 949-9461
Télé. : (705) 759-5700

Site Web : <http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/>



Ressources naturelles
Canada

Service canadien
des forêts

Natural Resources
Canada

Canadian Forest
Service

Canada

environnement

LA NOUVELLE ARME DE LA DÉPOLLUTION

PAR VALÉRIE BORDE

Au Québec, une quarantaine d'entreprises mettent au point et commercialisent des biotechnologies liées à la protection de l'environnement. Les biotechnologies constituent le cœur de l'activité d'à peu près la moitié d'entre elles.

Détenues en quasi-totalité par des Québécois, elles emploient quelque 300 personnes. Ce secteur d'application des biotechnologies a progressé très rapidement au cours des dernières années, mais depuis quelques mois le rythme s'est essouffé car le marché est de plus en plus saturé.

Peu habituées au capital de risque, les bio-industries environnementales se sont bâties grâce à leurs fonds propres et exploitent souvent des technologies mises au point dans les universités québécoises. Le Centre québécois de valorisation de la biomasse et des biotechnologies, un organisme paragouvernemental installé à Québec depuis 10 ans, joue un rôle central dans ce transfert de technologie.

TRAITEMENT DES EAUX USÉES

« C'est dans le traitement des eaux usées que la capacité qu'ont les micro-organismes d'éliminer les polluants a commencé à être utilisée de manière industrielle », raconte Guy Mercier, chercheur à l'INRS-

Eau. Depuis le lancement par le gouvernement québécois du Programme d'Assainissement des Eaux en 1978, plus de 250 stations d'épuration ont été construites. Toutes utilisent dans leur procédé une phase de traitement biologique. « Aujourd'hui, dans les grandes installations, on cherche à accroître l'efficacité des micro-organismes lorsqu'on doit faire face à un déversement accidentel dans le réseau d'égouts ou à une brusque hausse des quantités d'eaux usées à traiter », explique Guy Mercier.

Les petites municipalités qui ne disposent pas encore d'installations de traitement s'intéressent aux systèmes biologiques simples et peu coûteux, faisant notamment appel à des étangs aérés, des marécages artificiels ou des biofiltres. Après trois années d'essais et six de recherche, la société Premier Tech, de Rivière-du-Loup, a lancé l'an dernier un système original d'épuration des eaux usées provenant des fosses septiques. Le sys-

tème Ecoflo utilise un lit de tourbe qui élimine 99 % des coliformes fécaux, 89 % des matières en suspension et 95 % des polluants organiques présents dans l'eau traitée par une fosse septique. « Toute la difficulté a consisté à développer une formu-

lation de tourbe adéquate, possédant des propriétés physiques et chimiques bien particulières », précise Jean Bélanger, président de Premier Tech.

Au cours des dernières années, les bio-industries environnementales se sont intéressées aux effluents produits par le secteur industriel, pour lequel elles ont mis au point des mélanges de micro-organismes « sur mesure », adaptés aux spécificités des effluents de chaque usine. « L'industrie papetière à elle seule a dépensé environ un milliard de dollars au cours des dernières



années pour se doter de systèmes de traitements secondaires des effluents qui font généralement appel à un procédé biologique », rappelle André Duchesne, président de l'Association des industries forestières du Québec.

VALORISATION DES BOUES

La gestion des énormes quantités de boues produites par les stations d'épuration constitue une nouvelle problématique. Les dépotoirs n'ont plus les capacités suffisantes pour recevoir ces boues. On cherche donc à les valoriser. Des chercheurs de l'INRS-Eau à Sainte-Foy ont mis au point un procédé de récupération des métaux lourds dans les boues d'épuration produites par le traitement des effluents de l'industrie sidérurgique, procédé qui permet de solubiliser une grande partie du cuivre, du manganèse, du cadmium et du zinc présents.

MIEUX GÉRER NOS RESSOURCES NATURELLES

La gestion des ressources naturelles commence à tirer profit des atouts offerts par les biotechnologies. Ainsi, dans le secteur forestier, les chercheurs ont depuis une quinzaine d'années intégré les techniques de biologie moléculaire et génétique qui avaient surtout été développées dans le domaine de la santé. Même si les premières applications sur le terrain démarrent à peine, les biotechnologies présentent un potentiel de développement très important en foresterie.

Deux biopesticides (la bactérie *Bacillus thuringiensis* et un champignon endomycorhizien) directement issus de ces recherches sont aujourd'hui commercialisés. Plusieurs autres sont au stade du développement, comme un virus capable de s'attaquer à la tordeuse du bourgeon de l'épinette, et des mycofongicides, champignons microscopiques non pathogènes qui s'attaquent à des champignons nuisibles. Des chercheurs d'Hydro-Québec et du ministère des Ressources naturelles ont aussi isolé un champignon microscopique, le *Chodrostereum purpureum*, capable d'empêcher la végétation de pousser sous les lignes électriques sans pour autant nuire à la forêt environnante.

MARQUEURS GÉNÉTIQUES

Les marqueurs génétiques font l'objet de nombreuses recherches et ils se tailleront sans aucun doute une place de choix dans la gestion forestière de demain. Utilisés pour déterminer avec certitude l'appartenance d'un individu à une espèce, ils permettront par exemple de mieux identifier les agents pathogènes responsables de la dégradation d'une forêt et d'orienter la lutte en connaissance de cause, et de reconnaître rapidement un arbre ou un lichen appartenant à une espèce vulnérable ou menacée. Les marqueurs génétiques développés par les scientifiques du Centre de recherche en biologie forestière (CRBF) de l'Université Laval permettent de distinguer sans ambiguïté épinettes rouges et noires, ce qui était impossible à l'œil nu.

« Ces marqueurs ont en outre permis de démontrer que les populations d'épinettes rouges de nos forêts sont génétiquement appauvries et donc vulnérables », explique Jean Bousquet, directeur du CRBF. Les biologistes recherchent également des marqueurs génétiques associés aux caractères qualitatifs des arbres, tels que la densité du bois ou le taux de sucre produit par un érable. Ces marqueurs permettront par exemple d'identifier les arbres les moins intéressants d'un point de vue commercial et de les éliminer en priorité lors de coupes d'éclaircie. Les recherches en embryogenèse somatique, qui autorise la multiplication *in vitro* d'arbres sélectionnés, serviront aussi à mieux maîtriser les différentes variétés replantées dans nos forêts et à gérer plus finement la biodiversité des plantations.

On songe aussi à transformer ces boues en compost. Mais encore faut-il s'assurer que ce compost sera exempt de germes pathogènes ou de produits toxiques... Pour cela, plusieurs entreprises de biotechnologies développent actuellement des méthodes de mesure de la qualité des composts utilisant des micro-organismes comme indicateurs de toxicité ou de rendement de compostage. « Généralement, les biotechnologies permettent d'optimiser des composts fabriqués à partir de matières variées, telles que des déchets domestiques ou de la biomasse, précise Jean-Maurice Plourde, du CQVB. Dans le domaine du compostage, les entreprises cherchent surtout à appliquer le savoir-faire qu'elles ont acquis au cours des dernières années et consacrent peu d'efforts à la recherche et au développement. »



Les biotechnologies environnementales s'intéressent au lisier de porc, un déchet particulièrement encombrant et impopulaire

RÉHABILITATION DES SOLS

Les entreprises des biotechnologies environnementales s'intéressent aussi au lisier de porc, un autre déchet devenu particulièrement encombrant et impopulaire. Le problème des sols contaminés, lui, n'est pas récent, même si l'on commence seulement à s'en préoccuper. Depuis des décennies, des complexes industriels ont en effet généré des volumes considérables de résidus toxiques qui ont contaminé le sol, et dans bien des cas les eaux souterraines. La réhabilitation de ces sols pollués est devenue une priorité au Québec, où le ministère de l'Environnement et de la Faune a mis en place l'une des réglementations les plus sévères au monde.

Industriels et universitaires se sont attelés à la tâche et ont développé plusieurs techniques de décontamination faisant appel à des procédés thermiques, physico-chimiques ou biologiques. Les traitements peuvent s'effectuer *in situ* ou, après excavation, sur le site même ou dans un centre de traitement spécialisé. Les procédés biologiques, moins coûteux que les traitements thermiques et plus simples à mettre en œuvre que les méthodes physico-chimiques, connaissent un succès croissant. Cependant, ils ne peuvent être mis à profit si le sol est trop gravement pollué, notamment par des métaux lourds.

RÉPARTITION RÉGIONALE DES BIO-INDUSTRIES (ENVIRONNEMENT) DU QUÉBEC SELON L'ÂGE, 1997

RÉGION	MOINS DE 5 ANS	DE 5 À 10 ANS	PLUS DE 10 ANS	TOTAL
GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL	2	2	4	8
RÉGION DE QUÉBEC	0	1	2	3
AUTRES RÉGIONS	0	1	3	4
TOTAL	2	4	9	15

SOURCE : PORTRAIT DE L'INDUSTRIE 1997, DIRECTION DES INDUSTRIES DE LA SANTÉ, MICST

« Au cours des cinq dernières années, le coût de la biodécontamination des sols a été divisé par deux, pour passer à moins de 50 dollars la tonne », dit Réjean Samson, directeur de la chaire CRSNG de recherche industrielle sur les bioprocédés d'assainissement des sites de l'École Polytechnique. Créée en janvier 1996, cette chaire réunit six partenaires industriels — Analex, Hydro-Québec, Alcan, Les Industries Browning Ferris, Petro-Canada et SNC-Lavalin — et un centre de transfert, le CQVB. Au niveau mondial, on s'attend à une progression annuelle de 5 % à 10 % dans ce secteur.

EXPORTATION DES TECHNOLOGIES

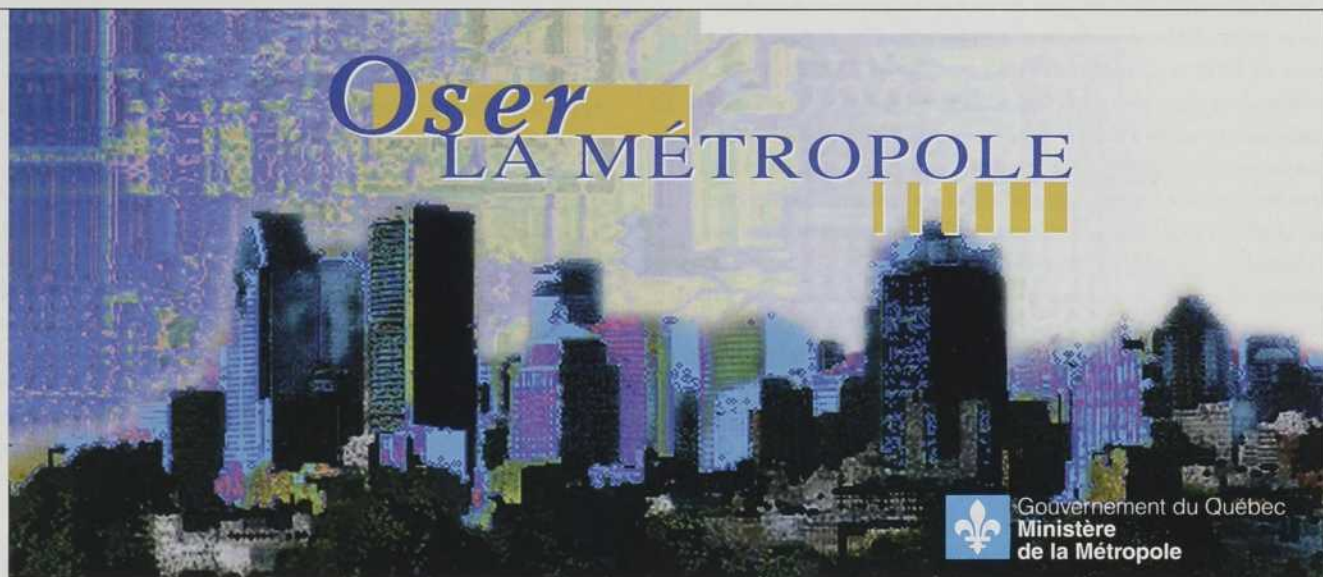
Avec plusieurs compagnies comme Biogénie, Serrener ou ADS, et une vingtaine de centres de traitement spécialisés, le Québec est en excellente position sur l'échiquier mondial. « À tel point que le marché pour la décontamination des sols pollués par des hydrocarbures y frise la saturation », remarque Denis Morissette, de

Biogénie. Cette compagnie basée à Québec est l'une des pionnières du secteur. La décontamination du terrain d'une ancienne cokerie aujourd'hui propriété d'Hydro-Québec, représentant près de 100 000 tonnes de déchets à nettoyer, figure parmi ses réalisations les plus marquantes. Au menu des micro-organismes : naphthalène, hydrocarbures aromatiques polycycliques et autres produits organiques... Coût de l'opération : 11 millions \$.

Quadruple tâche - Traiter l'eau, le sol, l'air et les déchets urbains, telle est la quadruple tâche que s'est engagé à accomplir le centre de traitement de la compagnie Les Services Environnementaux AES, à Laterrière. Pour l'instant, le centre traite des eaux usées et des sols contaminés par des usines de la région, ainsi que l'air ambiant de ses installations. Il composte aussi divers déchets. AES devrait bientôt exploiter un bâtiment de biodégradation accélérée des déchets urbains, où biogaz et eaux de lixiviation seront récupérés.

Poissons économiques - La compagnie Aquabiotech, de Coaticook, a mis au point un procédé qui permet d'épurer et de recycler 99 % de l'eau d'une pisciculture grâce à un filtre biologique. Il est maintenant possible d'élever les poissons avec environ un millième de l'eau requise dans une pisciculture traditionnelle.

Enzymes blanchisseuses - Le groupe de recherche sur les streptomycètes de l'Institut Armand Frappier développe actuellement un procédé de bioblanchiment des pâtes basé sur des micro-organismes modifiés capables de produire des quantités très importantes d'enzymes « blanchisseuses », les hémicellulases.



C'est en relevant ensemble les défis
de la **nouvelle économie** et du **développement social**
et en faisant mieux connaître les **atouts majeurs** de

Montréal

et sa région, que nous remettons notre métropole
dans le circuit des grandes villes du monde.

www.metropole.gouv.qc.ca

TRANSFORMATION ET RESTAURATION

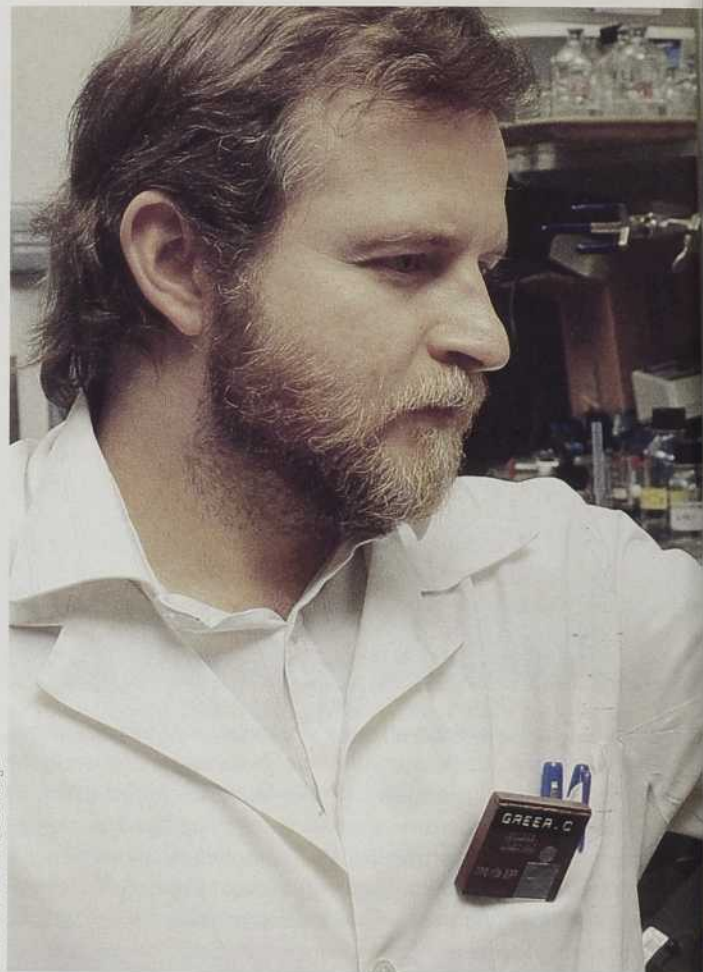
Entre 1985 et 1990, le secteur minier n'avait qu'un mot à la bouche : la « brique d'or verte ». On pensait à l'époque qu'il allait être possible de produire un grand nombre de métaux en utilisant des bactéries pour transformer le minerai. Mais la difficulté de mettre au point des procédés réellement efficaces et rentables a découragé la majeure partie des compagnies, surtout dans certaines régions du monde comme le Québec, où le climat rigoureux a tendance à freiner, voire à bloquer complètement, l'action des bactéries. Aujourd'hui, seules quelques applications ont atteint le stade industriel. La plus importante est indéniablement la production de cuivre par biolixiviation, puisque 15 % du total mondial sont traités de cette manière, surtout aux États-Unis et en Europe. Les gisements québécois de cuivre se prêtent mal à ce traitement, car le cuivre y est mélangé à d'autres métaux qui gênent le procédé.

En revanche, le Québec est en train de se construire une excellente réputation au niveau mondial pour la restauration des sites de stockage de résidus miniers. Il faut dire que la province compte près de 150 parcs à résidus sur son territoire, concentrés surtout dans les régions de l'Abitibi et de l'Estrie, et que 56 d'entre eux, dont 45 inactifs, font face à des problèmes de drainage acide : au fil des ans, les bactéries naturellement présentes dans ces résidus dégradent les oxydes métalliques présents et produisent de l'acide sulfurique qui contamine le sol et les eaux souterraines, voire les eaux de surface environnantes. Ce drainage acide peut être supprimé en bloquant le métabolisme des bactéries, par exemple en les enterrant pour les « étouffer ».

Un gigantesque programme de recherche pancanadien, baptisé NEDEM et doté d'un budget de 18 millions de dollars, a été lancé en 1992 pour tenter de résoudre ce problème. Plusieurs laboratoires des universités Laval, de Sherbrooke, d'Abitibi-Témiscamingue, de l'INRS-Eau et de l'École Polytechnique, ainsi que les grandes compagnies minières, y participent et cherchent actuellement des moyens plus efficaces de bloquer l'action de ces bactéries et de prévoir le risque de drainage acide d'un parc à résidus avant même que celui-ci ne se produise. Les quatre millions de tonnes de résidus de la mine Solbec Cupra, près de Stratford, en Estrie, ont été recouvertes d'une couche de chaux agricole et noyées sous un lac artificiel pour enrayer le drainage acide, autrement inévitable.

« Depuis son inondation il y a trois ans, le lac n'affiche aucun signe de dégradation », précise Roger Guay, de l'Université Laval, qui a été chargé d'assurer le suivi microbiologique de l'opération. Selon Louis Bienvenu, du ministère des Ressources naturelles du Québec, le programme NEDEM a permis au Canada de prendre une avance confortable en matière de gestion du drainage minier acide.

Pour faire face à la morosité du marché intérieur, les entreprises du secteur se tournent vers les États-Unis et l'Europe, particulièrement demandeuse de technologies. Par exemple, la firme Serrener, de Sherbrooke, a été la seule entreprise nord-américaine retenue par la compagnie Gaz de France pour participer à une gigantesque corvée de nettoyage des multiples sites contaminés que la compagnie possède dans l'Hexagone. « Pour pouvoir exporter leurs technologies, les firmes de ce secteur doivent s'allier avec des entreprises étrangères qui connaissent tou-



Institut de recherche en biotechnologie

Travaux de recherche au laboratoire de microbiologie environnementale de l'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal

tes les subtilités du marché et de la réglementation locale », estime Jean-Maurice Plourde, du CQVB.

Pour traiter les sols plus gravement contaminés, les industriels comptent sur le développement de nouvelles souches microbiennes, capables de s'attaquer aux contaminants les plus récalcitrants, ainsi que sur la mise au point de procédés mixtes biologiques et physico-chimiques. « De plus, la contamination de la nappe phréatique qui accompagne parfois celle du terrain oblige les industriels à adopter une stratégie globale pour mettre en œuvre leurs technologies », dit Jean-Maurice Plourde. « Et on s'intéresse de plus en plus à l'atténuation naturelle de la contamination dans un terrain laissé à lui-même, ce qui oblige les chercheurs à mettre au point de nouvelles techniques d'analyse écotoxicologique et de gestion du risque », ajoute Réjean Samson.

FILTRATION DES ÉMISSIONS GAZEUSES

Après avoir exploité avec succès les bioprocédés pour nettoyer l'eau, puis le sol, l'industrie se tourne tout naturellement vers le traitement des émissions gazeuses, d'autant plus que les réglementations en vigueur viennent d'être resserrées aux États-Unis, avec la mise en place du « Clean Air Act », et que le Québec ne devrait pas tarder à emboîter le pas. Pour l'instant, l'utilisation de filtres biologiques et de biolaveurs est encore marginale au Québec. Mais diverses entreprises, des porcheries, des usines alimentaires, des ateliers de peinture, souhaitent le développement rapide de technologies de captage des odeurs et des composés organiques volatils, car elles seront probablement les premières touchées par les nouvelles réglementations.



En réponse à cette demande, la plupart des entreprises de biotechnologies environnementales ont mis sur pied des programmes de recherche et développement offensifs, en collaboration avec diverses équipes universitaires, et l'on s'attend à voir apparaître sur le marché une multitude de nouveaux procédés au cours des prochaines années. Le filtre BioSov, qui a été mis au point par l'équipe de Michèle Jeitz, professeure au département de génie chimique de l'Université de Sherbrooke, sera peut-être l'un d'entre eux. Il permet d'éliminer 95 % des solvants organiques volatils qui se retrouvent dans l'air des entreprises telles que les ateliers de peinture.

OUTILS DE PRÉDILECTION

Dans la décennie à venir, les biotechnologies seront également mises à contribution pour mieux gérer les sites d'enfouissement des déchets domestiques. Après un tri préliminaire

des ordures ménagères, on envisage de les composter en les ensemençant avec les micro-organismes appropriés, de traiter l'eau s'écoulant du dépotoir dans des étangs aérés, de récupérer le biogaz produit... et de supprimer les odeurs résultant de toutes ces opérations avec des biofiltres!

Les biotechnologies seront sans doute des outils de prédilection pour gérer notre environnement selon les principes du développement durable. Plusieurs équipes de recherche travaillent à la mise au point de multiples biotests écotoxicologiques, qui permettront par exemple d'évaluer précisément le niveau de contamination d'un site ou de détecter la présence de produits résiduels toxiques pouvant être générés par un procédé industriel. Véritables outils de gestion du risque, ces bio-indicateurs constituent l'une des voies de développement les plus importantes pour les biotechnologies environnementales. ●

Ciel biotechnologique - Agriculture et Agroalimentaire Canada a mis la clé dans la porte de sa ferme expérimentale de l'Assomption, près de Montréal. La Ville de l'Assomption l'a acquise en vue d'y installer le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL). Celui-ci accueille en priorité des centres de recherche et des entreprises œuvrant dans l'horticulture et la biotechnologie végétale. Il sert d'incubateur à des entreprises en démarrage et permet au ministère de poursuivre certains de ses programmes. Le CIEL offre à ses locataires des laboratoires intérieurs bien équipés, en plus d'un immense laboratoire extérieur de 160 acres pour l'étude des sols.

Pour une formation en

BIOTECHNOLOGIES

- Nous sommes des pionniers au Québec en matière de formation collégiale en biotechnologies.
- Nous sommes le seul collège de l'Est du Québec à détenir l'expertise technique complète en ce domaine.
- Nous avons des laboratoires et des équipements de haute technologie.
- Nous avons développé des liens solides avec l'industrie.
- Nous avons formé plus de 200 technologues au cours des dernières années.



205, Mgr Bourget, Lévis
(Québec) G6V 6Z9
(418) 833-5110

CÉGEP DE LÉVIS-LAUZON

UN GRAND COLLÈGE

Saint-Laurent ville de haute technologie

Saint-Laurent c'est ...

- **L'aérospatiale**
Bombardier Canadair
CAE Électronique
Compagnie Marconi Canada
- **Le pharmaceutique**
Wyeth-Ayerst Canada
Bristol-Myers Squibb Canada
Laboratoires Abbott
- **Les télécommunications**
Nortel
SR Telecom
Technologies Eicon
- **Les logiciels**
Alis Technologies
Speedware Corporation
Saturn Solutions

Saint-Laurent c'est aussi... un parc technologique

La recherche et développement
s'effectue au **TECHNOPARC** :

- Site stratégique de 2,8 millions de m²
(30 millions de pi²)
- Environnement privilégié,
conçu pour les chercheurs
- Flexibilité d'occupation (location ou acquisition)
- Rapidité d'exécution pour clé-en-main
- Possibilité d'expansion

Rejoignez des occupants prestigieux :

- Centre de recherche ASTRA - Montréal
- ART Aérospatiale Recherches et Technologies
- MethylGene Inc.
- Neurochem Inc.
- Sextant Avionique Canada Inc.



Technoparc

7190, rue Frederick-Banting, Bureau 200
Saint-Laurent, Québec, Canada H4S 2A1
Tél. : 514-956-2521 fax. : 514-956-2529



Saint-Laurent

Ville de Saint-Laurent
Service de développement économique
710, rue Saint-Germain, Saint-Laurent, Québec, Canada H4L 3R5
Tél. : 514-855-5757 fax. : 514-855-5739



enjeux sociaux et éthiques

ESPOIRS ET CRAINTES

PAR JEANNE MORAZAIN

L'âge biotechnologique s'amorce avec un cortège de promesses séduisantes. L'émerveillement devant ce que les chercheurs « font faire » à la nature et les bénéfices qu'en tire la société s'accompagne d'une inquiétude diffuse, car l'aventure n'est pas sans risques. Ceux-ci sont d'autant plus grands que d'énormes intérêts sont en jeu et que la lutte pour s'approprier les retombées économiques des découvertes est féroce. Or, il y a encore beaucoup de flou dans la façon dont les sociétés gèrent ces risques.

Les procédés biotechnologiques de décontamination et de traitement des résidus ainsi que le remplacement des fertilisants et des insecticides chimiques par des produits plus naturels permettent d'envisager un meilleur avenir écologique.

Ces perspectives encourageantes ne suffisent pas à calmer toutes les inquiétudes. Réunis dans les forums les plus divers — l'Institut canadien des biotechnologies (IBC), le Centre de recherche pour le développement international (CRDI), le National Agricultural Biotechnology

Council des États-Unis (NABC), la Human Genome Organization (HUGO) et l'UNESCO pour n'en nommer que quelques-uns —, les experts se questionnent sur les impacts réels des biotechnologies et sur les problèmes éthiques et sociaux soulevés par leur utilisation.

Rien n'est encore acquis. Le recours aux biotechnologies ne se traduira pas nécessairement

par une meilleure distribution des ressources et la satisfaction des besoins alimentaires des populations affamées. Les gains obtenus pourraient l'être au seul profit des grands producteurs et des multinationales de l'alimentation et du médicament, par conséquent au détriment des petits producteurs et des pays en développement. Une telle concentration accentuerait les inégalités actuelles et provoquerait de profonds bouleversements sociaux.

Les effets secondaires à long terme de l'introduction dans les organismes vivants de multiples virus, bactéries et enzymes,

aussi naturels soient-ils, sont encore inconnus, de même que les effets d'un usage massif de biotoxines et de l'introduction d'espèces génétiquement modifiées dans les écosystèmes.

La concentration de la production et la sélection intensive des espèces constituent une menace à la biodiversité, tout comme la course pour cueillir le matériel génétique de la flore sauvage encore riche des pays en développement afin de

Premières encourageantes - La multinationale du médicament Merck Frosst a conclu au début des années 90 une entente avec l'Institut national de la biodiversité du Costa Rica. Cette entente prévoit le paiement d'une somme de plus de 1 million \$ US pour le prélèvement d'un certain nombre d'échantillons de plantes, de champignons et d'autres matières organiques afin de pouvoir évaluer leur potentiel thérapeutique pour les humains. Si l'analyse par Merck Frosst devait déboucher sur la commercialisation de produits, des redevances seraient aussi versées à l'Institut. Au début de 1997, l'entente a été renouvelée jusqu'à la fin de 1998 aux mêmes conditions.

Une deuxième société s'est engagée dans cette voie. Shaman Pharmaceuticals a signé avec des collectivités d'Amérique latine des contrats en vertu desquels elle consent à leur remettre des redevances pour les plantes médicinales qu'elles fournissent et qui contribuent à la fabrication de certains produits.



DE NOMBREUSES INTERROGATIONS

Les biotechnologies suscitent l'espoir d'améliorer la qualité de vie future de l'humanité. Les interventions génétiques ainsi que la mise au point et la production massive de médicaments plus efficaces fournissent des armes puissantes à la lutte contre la maladie. La résistance accrue des espèces végétales et animales, les rendements supérieurs des cultures et des élevages, la productivité des procédés de transformation et une meilleure conservation des aliments feront progressivement reculer la faim dans le monde.

DES BREVETS SUR LA VIE

Les inventeurs voient leur clairvoyance et leur persévérance récompensées par un brevet. Celui-ci leur est accordé lorsque le produit ou le procédé conçu répond aux critères qui définissent les inventions, à savoir : la nouveauté, l'utilité et le caractère créatif — l'invention représente un progrès réel qui n'aurait probablement pas été réalisé sans leur créativité. Les découvertes, les simples identifications de quelque chose qui existe déjà dans la nature, sont par le fait même exclues. L'étendue de la protection accordée est proportionnelle au degré de créativité.

Le système des brevets a été instauré en 1883 par la Convention de Paris, à laquelle 99 pays adhèrent aujourd'hui. Les plantes relèvent d'un système de protection particulier régi par la convention de Protection des obtentions végétales (POV), signée depuis 1961 par 20 pays, dont le Canada et les États-Unis. Pour être protégée, une variété doit être nouvelle, distincte, uniforme et stable. Aucun pays en développement n'a encore signé cette convention.

Peut-on obtenir la propriété intellectuelle d'un organisme vivant autre qu'un hybride de plante? La question a été posée en 1980 à la Cour suprême des États-Unis, qui y a répondu par l'affirmative. La notion de brevetabilité du vivant était née. Le 12 avril 1988, des chercheurs de Harvard ont franchi un pas de plus en faisant breveter une souris transgénique sur laquelle ils avaient transféré des gènes humains. Aujourd'hui, l'idée que tout ce qui est créé de main d'homme est brevetable est bien ancrée aux États-Unis. Le Japon et la Suisse ont évolué dans le même sens.

Ailleurs, on se montre moins gourmand. Tout n'est pas nécessairement brevetable. Les gènes en tant que tels peuvent être exclus. On peut aussi refuser d'octroyer un brevet si cela est contraire à l'ordre public et à la moralité. Pour certaines cultures enfin, il est tout simplement inconcevable d'accorder un droit de propriété sur le vivant. Le Canada émet des brevets sur des micro-organismes depuis 1982, mais pas sur les animaux ou les végétaux. La souris de Harvard s'est donc vu refuser un brevet canadien, une décision que les Américains ont portée en appel.

Les systèmes de brevets n'ont pas été conçus pour s'appliquer à des organismes vivants. D'où la nécessité de revoir toute l'approche. L'UNESCO a entrepris de le faire et a chargé un comité international de rédiger une Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de la personne. Bartha Maria Knoppers fait partie de ce comité. « Le texte que nous proposons stipule que le génome humain est une composante fondamentale du patrimoine commun de l'humanité. Par conséquent, il ne peut devenir la propriété de quiconque, qu'il s'agisse d'un État, d'une personne ou d'une entreprise. Nous avons tous le droit de bénéficier des progrès de la biologie et de la génétique pourvu qu'ils ne se fassent pas au détriment de la dignité et des droits de la personne. »

Les enjeux commerciaux sont tels qu'une course effrénée au brevet est engagée. Elle s'annonce sans limites. À preuve, une petite entreprise américaine a déposé en 1994 une demande de brevet pour 40 000 gènes et fragments d'ADN. Une autre a obtenu des droits couvrant le processus qui consiste à prélever les cellules d'un patient, à modifier ce bagage génétique et à le réintroduire chez le malade.

Dans un article qu'il signe dans la revue de l'Institut de recherche en politiques publiques (mai 1996), Robert Portman, un avocat de Washington, soutient que des brevets qui accordent des monopoles aussi larges pour des périodes pouvant aller jusqu'à 20 ans compromettent les progrès de la médecine au détriment de la santé de la population. « L'évaluation précoce et la dissémination rapide des innovations technologiques améliorent la qualité des soins de même que le niveau de santé et de bien-être de l'ensemble de la société. La prolifération des brevets sur les procédures médicales menace cette longue tradition. »

soutenir la production d'aliments, de médicaments et de produits environnementaux issus des biotechnologies. L'émergence de nouveaux problèmes environnementaux est donc loin d'être exclue.

L'intervention de la science dans les processus fondamentaux de la vie par l'entremise des biotechnologies pourrait avoir pour effet pervers « d'uniformiser

les caractéristiques génétiques des plantes et des animaux, car elle ne retiendrait que celles qui sont économiquement rentables. (...) Il faut éviter de soumettre le patrimoine génétique, héritage commun de l'humanité, aux seules lois du marché et accentuer ainsi une conception anthropocentrique de notre univers qui, justement, est à la base des problèmes envi-



Centre de recherche et de développement sur les aliments/Agriculture et Agroalimentaire Canada

Les réactions du public à l'égard des biotechnologies sont souvent émotives

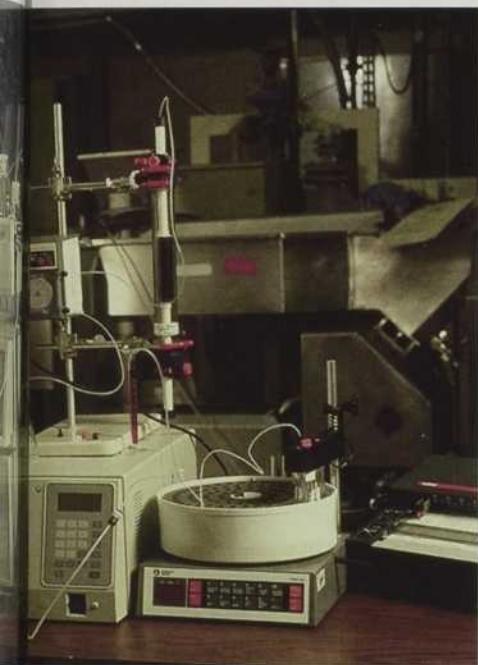
ronnementaux que l'on connaît aujourd'hui. » Cette mise en garde est celle de Thérèse Leroux, biochimiste et avocate du Centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal, dans un article du numéro de mai 1996 de la revue de l'Institut de recherche en politiques publiques.

DES ATTITUDES ÉMOTIVES

Les consommateurs sont loin d'être rassurés. « Les dernières décennies nous ont appris, croit Thomas Hoban, sociologue de l'Université de Caroline du Nord, que la science et la technologie peuvent être à l'origine de certains problèmes, que ce soit directement ou par l'intermédiaire de l'activité humaine. Nous sommes inquiets de la présence de produits chimiques dans notre environnement ou dans nos aliments, présence que nous percevons comme ayant un lien avec certains dangers pour la santé humaine, comme le cancer. »

Les réactions du public à l'égard des biotechnologies sont très souvent émotives, comme le révélait en 1993 un vaste sondage réalisé par le Centre de recherches Decima pour le compte de l'Institut canadien des biotechnologies. Depuis, des études commandées par Agriculture et Agroalimentaire Canada portant sur la réceptivité des consommateurs à des produits particuliers ont corroboré ces résultats.

Plus les biotechnologies affectent directement les personnes, plus elles provoquent d'appréhensions. Alors que, de façon générale, la population juge plutôt



acceptables les modifications génétiques effectuées sur des plantes, elle reçoit plus difficilement celles pratiquées sur les animaux et surtout les transferts génétiques interspécies. Des personnes qui se disent prêtes à acheter des fruits et légu-

mes se conservant plus longtemps se montrent réticentes en apprenant que c'est l'insertion d'un gène de poisson qui augmente la résistance au gel de certains produits.

Les affirmations des fabricants quant à l'innocuité et à la valeur nutritive des aliments génétiquement modifiés ne convainquent pas. Certains consommateurs se demandent même si ces produits ne pourraient pas être allergènes du fait des mutations qu'ils ont subies. Il est cependant difficile de prévoir comment l'opinion publique évoluera à mesure que les médicaments et les aliments biotechnologiques passeront des laboratoires à la pharmacie et à la cuisine familiale.

Les greffes d'organes prélevés sur des animaux laissent tout aussi perplexe et on ne peut pas dire que le bien-fondé des manipulations génétiques fasse l'unanimité. La création récente de la brebis clonée Dolly a ravivé les craintes et relancé le débat sur l'opportunité d'interdire le clonage humain. L'homme a-t-il le droit de « se prendre pour Dieu »? Voilà pour une partie de la population la véritable question.

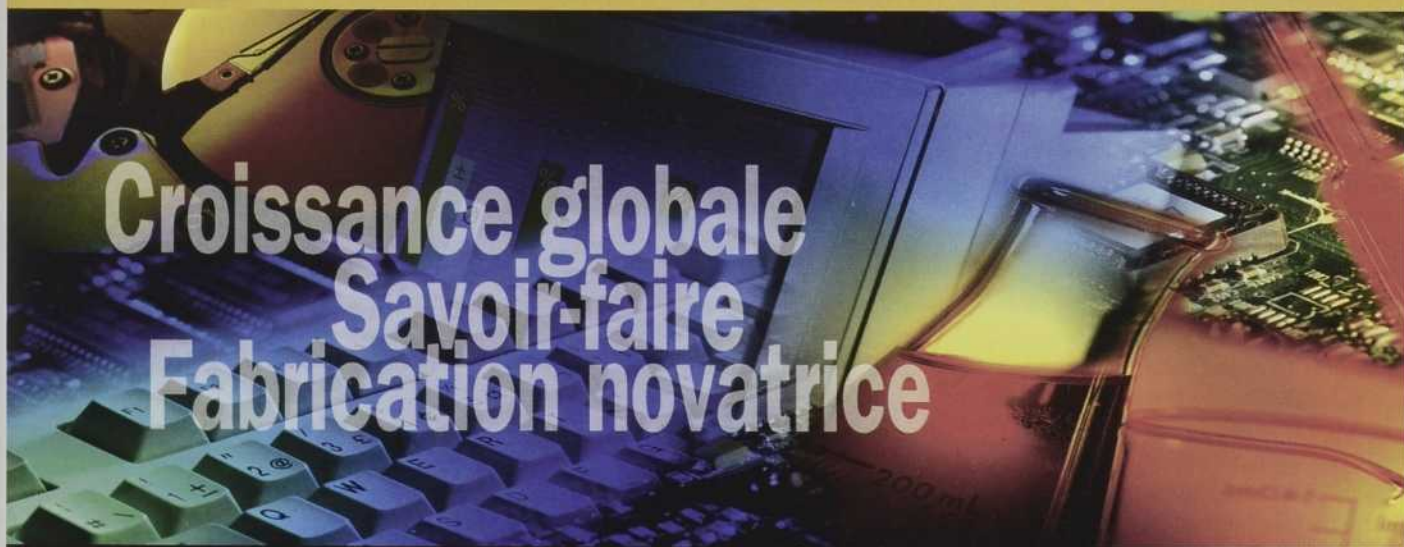
Les positions individuelles dépendent largement des convictions religieuses et des croyances de chacun à propos de la nature ou du rôle de la science et de la technologie. Comme en matière d'euthanasie ou de tests de détection prénatals, il est difficile de tracer la frontière entre ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas.

LES VÉRITABLES ENJEUX

De puissantes forces économiques conçoivent une commercialisation des biotechnologies qui passe par la privatisation du vivant. Les équipes de recherche et les multinationales se battent pour obtenir des droits exclusifs sur un test de prédisposition, un animal transgénique ou un morceau d'ADN.

Cette approche mercantile accentue les conséquences socialement dangereuses évoquées : renforcement de l'oligarchie des grands producteurs, menace à la survie des petits producteurs, accroissement de l'écart entre pays riches et pays pauvres, érosion de la biodiversité. De plus, elle heurte de front les convictions de plusieurs groupes. Les uns y voient une violation des droits humains; les autres, le

LA FORCE DU CONSEIL DANS LA NOUVELLE ÉCONOMIE



**Croissance globale
Savoir-faire
Fabrication novatrice**

L'évolution des marchés va de pair avec celle des technologies. Des découvertes scientifiques et technologiques entraînent régulièrement l'émergence de nouveaux secteurs d'activités, en d'autres termes, des micromarchés ultra-spécialisés. Chaque micromarché répond à des règles de commercialisation et de gestion aux subtilités particulières. Connaître et maîtriser ces règles relève d'un habile équilibre entre l'expérience et l'intuition des virages à venir. Une telle expertise est la force première de notre équipe.

Raymond Chabot Martin Paré

LA FORCE DU CONSEIL

pillage d'un héritage commun qui ne peut appartenir à quiconque ni être soumis aux seules lois du marché.

L'argument le plus souvent avancé à l'appui du recours au brevet est la stimulation de la recherche. Or la tendance actuelle dans l'octroi des brevets (voir le texte encadré) pourrait bien provoquer l'effet contraire. « Une des premières victimes de la protection de la propriété intellectuelle, écrivent Brian Belcher et Geoffrey Hawtin dans un rapport publié par le CRDI, est la libre circulation de l'information scientifique. (...) Si l'on cherche à obtenir un brevet, la première chose à faire est de garder le secret. Un brevet ne peut être accordé si l'information que l'on veut faire breveter est déjà du domaine public. » Par ailleurs, il faut craindre que la commercialisation à outrance favorise la recherche appliquée au détriment de la recherche fondamentale, un cul-de-sac évident à long terme.

Les discussions commerciales autour de la propriété du vivant et des brevets détournent l'attention de plusieurs enjeux éthiques pourtant fondamentaux, croit Bartha Maria Knoppers, du Centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal. « Le problème à mon avis n'est plus la brevetabilité du vivant. Les règles qui déterminent ce qui peut faire l'objet d'un brevet sont bien établies. Il faut maintenant s'inquiéter de la source de l'ADN et des limites éthiques de son utilisation. Les manipulations génétiques sur les humains sont-elles acceptables? Doit-on accepter que l'homme devienne une ressource génétique au même titre que les autres vivants? L'humain devrait-il être régi comme toutes les espèces par la convention de Rio sur la biodiversité? Selon quels principes et quelles normes doit-on encadrer la science? »

L'épisode Dolly redonne une brûlante actualité à ces questions. Les scientifiques, ici comme ailleurs, sont partagés sur l'interdiction du clonage humain, selon un article paru en mai 1997 dans la revue *Interface*. Bartha Maria Knoppers est de ceux qui penchent pour l'interdiction. « Je ne vois aucune utilité humanitaire, médicale ou scientifique louable au clonage des êtres humains, d'autant plus que nous pouvons maintenant obtenir des tissus de remplacement à partir de cellules et produire des organes animaux compatibles pour les greffes. Les raisons invoquées en faveur du clonage sont, à mon avis, narcissiques, égoïstes, mercantiles et contraires au respect de la dignité



La science progresse à une vitesse folle...

et des droits humains, dont celui du maintien de l'intégrité individuelle. »

L'éthicienne souhaite que l'interdiction que s'approprient à décréter les pays développés et les grandes organisations internationales porte sur les résultats et non sur les techniques, car elles évoluent trop rapidement. « Il faut indiquer clairement ce que l'on veut interdire, soit la création délibérée d'êtres humains identiques par manipulation génétique. » Les États et les organisations internationales ont-ils les moyens de faire respecter une éventuelle interdiction? Il est permis d'en douter. Il y aura toujours un endroit où le clonage humain ne sera pas illégal et où iront les compagnies offrant de tels services. (Il en existe déjà au moins une qui se fait connaître sur l'Internet.)

Ces questions concernant la pratique scientifique ne sont pas les seules à poser. Il faut aussi s'interroger sur les risques de stigmatisation des populations

selon leur profil génétique, de même que sur l'utilisation des tests génétiques et de leurs possibles impacts discriminatoires en matière d'emploi, d'assurance, d'accès aux soins de santé, etc. En corollaire émergent d'autres interrogations aussi essentielles, relatives au consentement des individus, aux compensations à verser ou à ne pas verser, à la confidentialité des dossiers, à l'accès aux données, à l'utilisation des déchets humains.

FAIRE PREUVE DE VISION

Un large débat s'impose afin de bien cerner tous ces enjeux, de fixer des balises, d'établir des mécanismes de régulation, d'encadrer la commercialisation des activités biotechnologiques. Au Canada et au Québec, l'opinion publique n'est pas encore cristallisée. Le contexte est donc favorable à la discussion après diffusion d'une information complète, éclairée, bien vulgarisée.

À l'échelle mondiale, les discussions doivent se faire en dehors des négociations commerciales comme celles du GATT. Cette dissociation est nécessaire si l'on veut réduire le risque de voir les intérêts immédiats de quelques-uns occulter les intérêts à long terme des collectivités, du Nord comme du Sud.

Dolly l'a rappelé avec éclat, la science progresse à une vitesse folle. D'où la nécessité de placer les biotechnologies sous haute surveillance et de poursuivre un débat ouvert et prospectif. Les chercheurs et l'industrie ont la responsabilité de prévoir les risques afin de les écarter ou, à défaut, de permettre qu'on les gère efficacement. Les consommateurs et les pouvoirs publics ont le devoir de se renseigner et d'être vigilants.

Les pièges sont nombreux, les défis énormes. À tous les niveaux, la société devra faire preuve de vision. ●

Les dix commandements - Le Comité sur les enjeux éthiques, légaux et sociaux de HUGO (Human Genome Organization), présidé par Bartha Maria Knoppers, est guidé par quatre grandes idées : la conviction que le génome humain fait partie intégrante de l'héritage commun de l'humanité; le respect des droits de la personne; le respect des valeurs et traditions, de la culture et de l'intégrité des participants à une recherche; le maintien de la dignité humaine et de la liberté. « Il y a des absolus en matière de dignité humaine et de droits de la personne qui ne souffrent aucune transgression », commente l'avocate.

La déclaration de principe qui en résulte s'articule autour de 10 axes essentiels : la compétence des chercheurs, une communication franche et vulgarisée, la consultation des participants avant et pendant la recherche, leur consentement et le respect de leurs choix, la confidentialité des dossiers, une juste compensation, une collaboration qui assure la circulation de l'information, le contrôle des conflits d'intérêts, la continuité de la réflexion.

les **bio**technologies

UN VOYAGE AU BOUT DE LA VIE

Où que l'on regarde, une tendance éclipsé toutes les autres : les gènes ont la cote chez les scientifiques comme chez les bailleurs de fonds, dans les médias comme dans les forums politiques. Les gènes sont identifiés, caractérisés, insérés, exprimés, dédoublés, clonés...

Bien que tout le monde emprunte la même direction, il n'y a pas embouteillage. Le champ exploratoire est vaste et l'exploration commence à peine. La carte biotechnologique ressemble à l'univers avec ses myriades d'étoiles et de corps célestes. Qui peut dire quand l'homme aura fait le tour de toutes les galaxies? Il en va de même pour les gènes : nul ne connaît l'ampleur du voyage qui s'amorce au cœur de l'humain.

UNE CONVERGENCE INÉLUCTABLE

Si la tâche est immense, les perspectives le sont tout autant. L'intervention génétique entend corriger et améliorer la nature en modifiant le code qui régit le fonctionnement des êtres vivants. Une telle entreprise, si elle réussit, modèlera un homme nouveau et créera une société régénérée où la famine et la maladie auront été vaincues, où l'environnement aura repris ses droits. Utopie ou espoir réalisable? Bien malin qui pourrait trancher. Quoi qu'il en soit, l'aventure comporte suffisamment de promesses de gains pour canaliser énormément d'énergies et de capitaux.

Les grandes multinationales de l'agroalimentaire et du pharmaceutique sont aux premières loges. Elles s'allient d'ailleurs de plus en plus. Ainsi a-t-on vu au cours des dernières années la géante américaine de l'agrochimie Monsanto s'associer avec Novartis, né de la fusion de deux grands de l'industrie du médicament Sandoz et Ciba. Leur concurrente Rhône-Poulenc a de son côté conclu une entente de partenariat avec Limagrain. Et les exemples sont nombreux.

Cette convergence est en voie d'abolir les distinctions entre les trois grands secteurs traditionnels de l'agroalimentaire, du pharmaceutique et de l'environnement pour faire place à une seule grande industrie, l'industrie biotechnologique. Une tendance illustrée par les efforts particuliers des nouveaux maîtres mondiaux dans deux domaines : les nutraceutiques et l'agriculture moléculaire.

DES ALIMENTS MÉDICAMENTEUX

Une nouvelle gamme de produits, à la fois aliment et médicament, a fait son apparition, les nutraceutiques, réputés pour avoir une action préventive ou curative. Déjà disponibles sur les marchés européen et asiatique, ils sont encore peu présents au Canada : la réglementation interdit toute mention de leurs effets thérapeutiques, ce qui freine leur explosion.

Les nutraceutiques ont toutefois le pied dans la porte de la cuisine. Des boissons isotoniques pour sportifs arrivent déjà des États-Unis et des yogourts au casei actif sont proposés dans tous les supermarchés de France. La réglementation qui devrait être adoptée sous peu ouvrira la voie à de nouveaux produits : des pâtes alimentaires qui régularisent la pression sanguine et le taux de cholestérol ou des chocolats vitaminés contenant de la cercholine pour améliorer la concentration et la mémoire.

Ainsi, après la vague des produits allégés en gras, en sucre ou en sel, il faut s'attendre à voir déferler une vague de produits enrichis de fer, de calcium, de protéines, de fibres, de bifidobactéries, de levures, etc. à une fin préventive ou thérapeutique.

Les nutraceutiques ne sont pas tous issus des biotechnologies, loin de là. Ceux qui le sont se répartissent en deux grandes familles : les probiotiques, aux propriétés immuno-stimulantes parce qu'ils agissent sur la flore intestinale

et le système immunitaire; et les peptides obtenus par hydrolyse enzymatique, dont chacun a des effets spécifiques. On trouve dans cette deuxième famille quelques polysaccharides, qui sont un produit de fermentation comme les probiotiques (le zanthame par exemple).

Le STELA de l'Université Laval est très actif dans ce domaine. Les chercheurs analysent les composantes du lait jusqu'au niveau moléculaire afin de connaître la gamme complète de leurs propriétés. « Nous espérons ainsi identifier des constituants ali-



mentaires qui pourront être utilisés comme additifs nutraceutiques dans d'autres aliments », explique Paul Paquin, chercheur.

Les chercheurs du STELA ont déjà identifié un peptide qui pourrait avoir un effet analgésique apparenté à celui de la morphine. Cette découverte confirme l'hypothèse voulant que la décomposition des protéines du lait par les enzymes de certaines bactéries lactiques favorise la libération de peptides bioactifs susceptibles de provoquer des réponses physiologiques. De tels peptides pourraient par exemple stimuler le système immunitaire, calmer le système nerveux, diminuer l'hypertension artérielle ou activer le processus de digestion.

Les animaux ont aussi leurs probiotiques. Ils agissent, comme chez l'homme, sur le microbiome intestinal et le système immunitaire. Les producteurs ne s'en plaignent pas, car un taux élevé de conversion des aliments donne des animaux plus lourds et en meilleure santé.

La compagnie Lallemand, qui ne fait pas que dans le vin, devrait voir sous peu deux de ses levures spécialisées, Levucell SB et SC, être homologuées par la Communauté européenne. Une telle homologation, qui exige que l'on fasse la preuve des effets bénéfiques du produit sur la santé animale, procurerait à Lallemand un réel avantage concurrentiel à l'échelle mondiale.

DES USINES NATURELLES

Plusieurs plantes biosynthétisent des éléments qui ont une valeur pour les industries pharmaceutique, alimentaire ou environnementale. L'agriculture dite moléculaire veut les transformer en de véritables usines en augmentant cette capacité naturelle par des recombinaisons génétiques.

Le canola a donné naissance à un éventail impressionnant de variétés génétiquement modifiées, chacune ayant sa production. Une variété produit de l'interleukin (un stimulant du système immunitaire); une autre, de l'hirudine (un anti-coagulant); une troisième, du laurate (un ingrédient entrant dans la composition des détergents); une autre enfin, un combustible diesel.

La pervenche de Madagascar fabrique naturellement de la vinblastine, une substance utile dans la lutte contre le cancer. Une équipe de chercheurs de l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal recueille des données sur la chaîne d'acides aminés responsable de sa fabrication et cherche à comprendre les contrôles de la plante. « Notre intervention pourrait permettre, dit Vincenzo DeLuca, soit d'augmenter la production de vinblastine, soit d'obtenir un produit modifié auquel on conserverait ses propriétés antinéoplasiques tout en diminuant ses effets secondaires sur les cellules normales,

Blanc d'œuf bactéricide - Biozymes, une petite firme de Québec, a développé une technologie pour extraire le contenu en lysozyme du blanc d'œuf sans affecter la qualité de ce dernier. Le lysozyme est un bactéricide que l'industrie alimentaire peut utiliser en remplacement d'agents de conservation réputés cancérigènes, comme les nitrites et les nitrates, ou pour préserver la qualité des laits formulés et des fromages.

Tabac santé - Les producteurs de tabac et les manufacturiers de cigarettes ont peut-être un avenir, après tout. Des recherches visent en effet à faire produire de l'hémoglobine aux plants de tabac, une molécule d'intérêt pharmacologique.

effets dont les manifestations sont notamment la perte des cheveux et les nausées. »

Le chercheur est convaincu que, grâce à cette exploration des voies métaboliques de fabrication des produits naturels, l'industrie sera dans moins de 30 ans en mesure de modifier à volonté la composition chimique des végétaux à des fins nutritionnelles, thérapeutiques ou préventives. « Nous pourrions augmenter la valeur nutritive de certains aliments, diminuer leur teneur en produits chimiques antinutritifs, accroître la production de composantes particulières comme la vinblastine, le taxol, la morphine ou certains antioxydants. »

Le raifort vaut aussi son pesant d'or depuis que des bioprocédés permettent d'en extraire de la peroxydase très pure, une enzyme utilisée dans les analyses de laboratoire pour mesurer les taux de glucose et de cholestérol du sang. Deux kilos de peroxydase se vendent 150 000 \$.



Photo: P. Plailley/Eurelios/Science Photo Library/Publishing

À peine née, Dolly était déjà supplantée par Polly, une brebis porteuse d'un gène humain

Les plantes et les bactéries qui produisent de la cellulose, de l'amidon ou de la lignine fourniront la matière première pour fabriquer des bioplastiques comestibles et biodégradables qui révolutionneront l'industrie de l'emballage et des contenants alimentaires. Daniel Normandin, de BIOPRO, croit cependant qu'ils s'imposeront d'abord dans les domaines pharmaceutique et médical : « Dans le secteur alimentaire, ni l'industrie, ni les gouvernements, ni les consommateurs ne semblent prêts à en payer le prix. »

DES ANIMAUX HUMAINS

Il n'y a pas que les végétaux qui seront mis à contribution. Par exemple, les poules sont appelées à pondre des œufs sur commande. Des transferts de gènes effectués par des chercheurs de l'Université de Guelph ont déjà permis d'obtenir des œufs riches en lysozyme, dont on se sert comme agent de conservation alimentaire.

Les vaches sont également dans la mire des chercheurs. Le pis de la vache devrait connaître une intéressante carrière comme bioréacteur naturel, vu sa capacité de produire en quantité et à faible prix des protéines purifiées, stériles, ne présentant pas de risques de contamination. « Nous étudions les mécanismes sous-jacents à l'expression des gènes de la glande mammaire, pré-

Lait bactériel - Il a toute l'apparence d'un yogourt, mais ce n'en est pas un. Il s'agit en fait d'un lait fermenté qui contient des cultures bactériennes lactiques (*Lb. acidophilus* et *Lb. casei*). Celles-ci confèrent au Bio-K Plus des propriétés thérapeutiques : il favorise l'absorption des nutriments, aide la digestion et le transit intestinal, renforce le système immunitaire, contribue à la réduction du cholestérol sanguin. «Les essais cliniques en cours tendent à démontrer, dit Monique Roy, porte-parole de la compagnie, que le Bio-K Plus modifie positivement le ratio entre le bon et le mauvais cholestérols sans provoquer d'effets secondaires.» Bio K Plus est fabriqué à Laval selon un procédé qui, intégrant des technologies laitières et pharmaceutiques, isole la bactérie acidophile. Lancé à l'été 1996, il devrait sous peu être approuvé par la FDA américaine.

Requin anticancéreux - Le cartilage de requin a la réputation de prévenir le cancer. Les Laboratoires Aeterna ont mis en marché, sous le nom de CarTCell, un produit alimentaire liquide qui en contient. L'entreprise biotechnologique de Québec obtient aussi par fractionnement cellulaire les extraits liquides de protéines et de peptides qui composent la gamme des suppléments nutritionnels Natcell.

cise Denis Petitclerc, un biologiste expert en lactation au Centre de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville. Nous pourrions ensuite modifier la séquence des gènes ou insérer d'autres gènes de façon à influencer la production laitière de la vache et à obtenir des molécules d'intérêt pour les compagnies alimentaires ou pharmaceutiques. »

Verrons-nous bientôt des troupeaux spécialisés dans la lutte contre certaines maladies humaines? L'équipe scientifique qui a créé Dolly vient de réussir une autre première qui rend cette éventualité plus proche qu'on ne l'imagine. En combinant la technique du clonage d'embryon et celle de la transgénie, les chercheurs de l'Institut Roslin, en Écosse, ont créé Polly, une brebis porteuse d'un gène humain ayant un intérêt thérapeutique. Si cette brebis transgénique transmet le gène humain reçu à ses descendants lorsqu'elle se reproduira, l'agriculture moléculaire aura franchi un autre grand pas.

À L'ORÉE DE LA BIO-ÉCONOMIE

Des aliments médicamenteux (nutraceutiques) aux usines naturelles (agriculture moléculaire), les biotechnologies concrétisent aujourd'hui les anticipations les plus farfelues de la science-fiction d'hier. Et demain, les progrès scientifiques en cours en laissent déjà entrevoir de nouveaux et nombreux autres. La bio-économie prend racine solidement dans l'ombre de l'info-économie. Elle devrait bénéficier d'une poussée de croissance au tournant du siècle et atteindre sa phase de maturité d'ici deux ou trois décennies.

« Au moment où nous entrerons véritablement dans la bio-économie, a écrit le futurologue américain Stan Davis dans son livre *Vision 2020*, nous aurons réalisé l'union de la génétique et de l'informatique. Cette union nous conduira dans deux directions différentes : l'une biologique, plus profondément à l'intérieur de nous-mêmes, l'autre chimique, bien plus loin dans le temps et l'espace. » ●



Université du Québec

Institut Armand-Frappier

UN INSTITUT DE RECHERCHE ET DE FORMATION EN SANTÉ AU SERVICE DE LA COMMUNAUTÉ UN PARTENAIRE DE PRESTIGE ET EFFICACE POUR LES BIO-INDUSTRIES

Site web : <http://www.iaf.quebec.ca>

Créé en 1938 par le Dr Armand Frappier et situé à Laval, l'Institut (IAF) est à la fine pointe de la recherche, du développement et de la formation de chercheurs en immunologie, microbiologie appliquée, virologie et les biotechnologies connexes, telles qu'appliquées à la santé humaine, animale et environnementale.

RECHERCHE

Les chercheurs de l'Institut étudient notamment sur les thèmes suivants:

- l'interaction entre les agents responsables de maladies infectieuses et leurs hôtes;
- les facteurs d'immunité dans la défense contre les maladies infectieuses;
- l'utilisation des microorganismes pour la production de molécules biologiquement actives;
- l'assainissement de l'environnement;
- le développement de vaccins de nouvelle génération;
- le cancer : étiologie, surveillance, immunité et diagnostic.

De plus, l'Institut maintient trois services à la collectivité :

- nous assurons le typage de tissus en vue d'établir la compatibilité entre donneurs et patients en attente de greffe d'organe;
- nous offrons des services d'expert-conseils et d'analyses microbiologiques et toxicologiques;
- nous rendons accessible à la communauté scientifique et à l'industrie pharmaceutique, chimique et biotechnologique, une expertise accréditée (AAALAC) dans l'utilisation des animaux de laboratoire pour tester des produits servant à la lutte aux microorganismes infectieux et au traitement du cancer ainsi que des installations ultramodernes d'hébergement et de confinement de niveau II et III.

Pour information s'adresser au directeur du soutien à la recherche et au transfert technologique au 686-5365; fax 686-5501.

FORMATION

L'Institut offre aux étudiants qui se destinent à la recherche ou dans les bio-industries, les programmes suivants :

- un programme de maîtrise en virologie et immunologie;
- un programme conjoint de doctorat en virologie et immunologie avec l'Université de Montréal;
- un programme de maîtrise en microbiologie appliquée;
- un programme conjoint de doctorat en biologie avec l'Université du Québec à Montréal.

De plus, l'Institut accueille des stagiaires postdoctoraux ainsi que des étudiants libres en recherche. Pour plus d'information, s'adresser par téléphone au (514) 687-5010, poste 4233 ou par courrier électronique Ginette.Boulanger@IAF.UQUEBEC.CA.

Voir Fondation Armand-Frappier sur notre site web.

**Aux grands
cerveaux...
les grands
moyens!**

La Société
INNOVATECH
du sud du Québec a

40 millions \$ à investir dans
l'ingéniosité des entreprises
actives chez nous.

Entre les aspirations des
entrepreneurs et la réalité,
il n'y a souvent qu'un problème
de financement. C'est à cette
étape cruciale que Innovatech
intervient.

Innovatech a été créée pour
soutenir financièrement les
entreprises ayant des projets
d'innovation technologique.
Elle gère un fonds de
40 millions \$ à investir dans
des entreprises, naissantes ou
matures, susceptibles de
contribuer à la croissance
économique du sud du Québec.

Laissez-nous vous en dire
plus long.

**Innovatech,
la croissance
par l'innovation!**



M. Jacques Simoneau, ing., Ph.D.
Président-directeur général
Société Innovatech du sud du Québec
455, rue King Ouest, bureau 305
Sherbrooke (Québec)
J1H 6E9
Tél. : (819) 820-3305
Télé. : (819) 820-3320
<http://www.isq.qc.ca>
e-mail : j.simoneau@isq.qc.ca

POUR EN SAVOIR PLUS

Sites Internet

- **Bioweb** : magazine canadien de l'industrie des biotechnologies
<http://www.bioweb.org/>
- **Contact Canada** : site sur l'état des biotechnologies au Canada
<http://Biotech.ContactCanada.com>
- **Cybersciences** : site Internet de Québec Science, comprenant un grand dossier en français sur les biotechnologies
<http://www.cybersciences.com>
- **Dictionnaire des biotechnologies** : dictionnaire anglais comprenant 6 300 mots courants en sciences de la vie :
<http://biotech.chem.indiana.edu/search/dict-search.html>
- **Info Biotech Canada** : site très complet de références et de liens sur les biotechnologies au Canada et ailleurs
http://www.ibr.nrc.ca/ibr/index_f.html

Documents écrits

- **Biotechnologies, principes et méthodes**
Édition Doin, 1992
- **Les Biotechnologies**
Collection Que Sais-Je, numéro 2127
- **Biotech Québec 1997**
Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie
- **La Bio-Industrie au Québec, 1996**
Répertoire, Industrie Canada,
- **Canadian Biotech '97**
Ernst & Young

CONTACTS UTILES

- **Agriculture et Agroalimentaire Canada**
930, avenue Carling, bur. 761
Ottawa (Ontario) K1A 0C5
Tél. : (613) 759-7834
- **Association québécoise des bio-industries**
1555, boulevard Chomedey Ouest,
bureau 100, Laval (Québec) H7V 3Z1
Tél. : (514) 978-5973;
télé. : (514) 978-5970
- **Bureau fédéral de développement régional (Québec)**
800, Place Victoria, bur. 3800
C.P. 247, Montréal (Québec) H4Z 1E8
Tél. : (514) 283-6412;
télé. : (514) 283-3302
www.bfdrg-fordq.gc.ca
- **Centre de recherche et de développement sur les aliments**
3600, boulevard Casavant Ouest
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 8E3
Tél. : (514) 773-1105;
télé. : (514) 773-8461
- **Centre québécois de valorisation de la biomasse et des biotechnologies**
2875, boulevard Laurier, bureau 620
Sainte-Foy (Québec) G1P 4C7
Tél. : (418) 657-3853;
télé. : (514) 657-7934
- **Centre québécois d'innovation en biotechnologie**
230, Bernard Belleau, bureau 110
Laval (Québec) H7V 4A9
Tél. : (514) 688-8377;
télé. : (514) 688-8528
- **Enviro-accès**
855 Pépin, bur. 310
Sherbrooke (Québec) J1L 2P8
Tél. : (819) 823-2230;
télé. : (819) 823-6632
www.enviroaccess.ca
- **Industrie Canada**
Région du Québec
5, Place Ville-Marie, bureau 700
Montréal (Québec) H3B 2G2
Tél. : (514) 283-8813;
télé. : (514) 283-8916
- **Institut canadien de biotechnologie**
130, rue Albert, bur. 420
Ottawa (Ontario) K1P 5G4
Tél. : (613) 563-8849;
télé. : (613) 563-8850
www.biotech.ca/
- **Institut de recherche en biotechnologie**
6100, avenue Royalmont
Montréal (Québec) H4P 2R2
Tél. : (514) 496-6250;
télé. : (514) 496-5007
- **Laval Technopole**
1555, Chomedey, suite 100
Laval (Québec) H7V 3Z1
Tél. : (514) 978-5959;
télé. : (514) 978-5970
- **Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec**
Direction régionale Montérégie
3230, rue Sicotte
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 7B2
Tél. : (514) 778-6530;
télé. : (514) 778-6540
- **Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie**
Direction des industries de la santé
770, rue Sherbrooke
Montréal (Québec) H3A 1G1
Tél. : (514) 982-3030;
télé. : (514) 864-3755
www.micst.qc.ca
- **Parc technologique de Québec**
2750, rue Einstein, Bur. 390
Ste-Foy (Québec) G1P 4R1
Tél. : (418) 655-2210;
télé. : (418) 650-2209
- **Pharma Vision Québec**
550, rue Sherbrooke Ouest, bur. 1950
Montréal (Québec) H3A 1B9
Tél. : (514) 844-2228;
télé. : (514) 844-7721
- **Ressources naturelles Canada**
Service canadien des forêts
580, rue Booth, 7^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 947-9039;
Télé. : (613) 947-9035
<http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/>
- **SOQUIA - Société québécoise d'initiatives agro-alimentaires**
1275, Chemin Ste-Foy, bur. 284
Québec (Québec) G1S 4S5
Tél. : (418) 643-2238;
télé. : (418) 643-2553
- **Saint-Hyacinthe technopole agroalimentaire**
780, avenue de l'Hôtel-de-Ville
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 5B2
Tél. : (514) 773-4232;
télé. : (514) 773-6767



LAVAL

La technopole du Grand Montréal

Le **BIO**PÔLE

Le BIOPÔLE, l'un des grands axes d'excellence de l'économie de Laval, se déploie principalement autour de l'Institut Armand-Frappier et dans le Parc scientifique et de haute technologie de Laval. C'est au coeur du BIOPÔLE que nous retrouvons la plus grande concentration d'activités reliées à l'industrie de la santé. Des entreprises ont choisi Laval pour créer une masse critique imposante dans les biotechnologies au Québec. On y retrouve les grands chefs de file du domaine et un environnement institutionnel qui favorise la recherche, le développement des produits et leur commercialisation.

Le BIOPÔLE compte plus de 52 entreprises et institutions hautement spécialisées qui servent de soutien au développement des biotechnologies au Québec. Le BIOPÔLE de Laval accueille aussi le Centre de Biologie Expérimentale et le Centre Québécois d'Innovation en Biotechnologie, incubateur dédié au démarrage d'entreprises de ce secteur.

Le BIOPÔLE est un véritable réseau de chercheurs, de centres de recherche universitaires et privés, qui favorise l'encadrement scientifique industriel et le développement de l'une des meilleures expertises au monde.



**LAVAL
TECHNOPOLE**
UNE RÉGION D'ENTREPRISES DE QUALITÉ MONDIALE

1555, boulevard Chomedey
Bureau 100
Laval (Québec)
H7V 3Z1 CANADA
Téléphone : (514) 978-5959
Télécopieur : (514) 978-5970
INTERNET :
<http://www.lavaltechnopole.qc.ca>
COURRIER ÉLECTRONIQUE :
info@lavaltechnopole.qc.ca

LAVAL TECHNOPOLE COMPTE
5 PÔLES D'EXCELLENCE :

BIOPÔLE
AGROPÔLE
INFOPÔLE
AÉROPÔLE
PÔLE INDUSTRIEL





CE QUE NOUS AVONS EN VUE

C'est précisément de choisir les meilleurs traitements possibles, de dépister les maladies génétiques, de concevoir des ordinateurs ultra-rapides, de construire des ponts et des immeubles plus durables, de gérer judicieusement nos forêts, de faciliter l'apprentissage n'importe où, n'importe quand.

Dans le cadre de la stratégie fédérale en sciences et en technologie, nos universités, hôpitaux, instituts de recherche, gouvernements et industries unissent leurs efforts au sein des Réseaux de centres d'excellence afin d'accélérer l'avancement des connaissances et de les appliquer au mieux-être de notre société.



LES RÉSEAUX
DE CENTRES
D'EXCELLENCE

La recherche à valeur ajoutée

Conseil de recherches en sciences naturelles
et en génie
Conseil de recherches en sciences humaines
Conseil de recherches médicales
Industrie Canada

<http://www.nce.gc.ca>

Canada