

PER
J-69
CON
Suppl. 1
1.397707



bio

TECHNOLOGIES

Québec **Science**

LES
GRANDS
DOSSIERS

UNE RÉVOLUTION DANS NOTRE VIE

SANTÉ • ENVIRONNEMENT
AGRICULTURE • RECHERCHE
ÉCONOMIE • IMPACTS

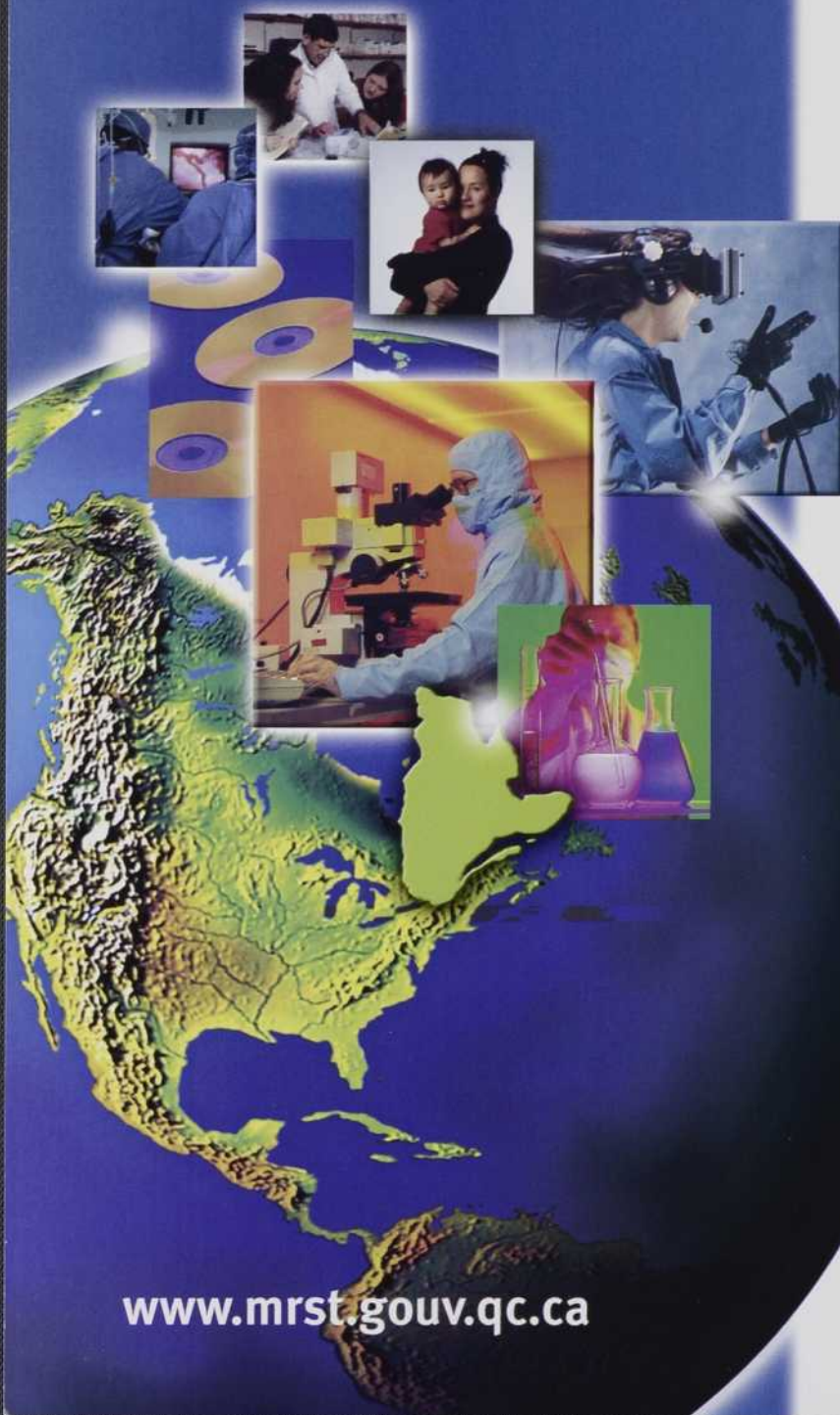
4,35 \$



www.CyberSciences.com

Savoir
changer
le monde

L'innovation
en
entreprise,
une stratégie
gagnante



www.mrst.gouv.qc.ca

Québec 

Ministère de la
Recherche, de la Science
et de la Technologie

bio TECHNOLOGIES

UNE RÉVOLUTION DANS NOTRE VIE

Québec
Science

LES BIOTECHNOLOGIES

Direction : Michel Gauquelin

Coordination de la rédaction : Jeanne Morazain

Rédaction : Anouk Gingras, Jeanne Morazain

Graphisme : NormandBastien.com

Pelliculage électronique et

impression : Interweb

Distribution en kiosques :

Messageries Dynamiques

Publicité : Carole Martin

Tél. : (514) 843-6888

Télec. : (514) 843-4897

cmartin@QuebecScience.qc.ca

Diffusion et promotion : Hélène Côté

Adjointe administrative : Nicole Lévesque

Publié par

La Revue Québec Science

3430, rue Saint-Denis, bureau 300

Montréal (Québec) H2X 3L3

Tél. : (514) 843-6888

Télec. (514) 843-4897

courrier@QuebecScience.qc.ca



CÉGEP de Jonquière

Supplément au magazine *Québec Science*

© La Revue Québec Science.

Tous droits réservés. Dépôt légal : Bibliothèque

nationale du Québec, Bibliothèque nationale du

Canada, 1^{er} trimestre 2001, 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**

www.CyberSciences.com
**La science et la technologie
sur Internet**

Sur le coup, le séquençage du génome humain, annoncé en février 2001, a été perçu comme un véritable aboutissement. Il y avait de bonnes raisons de saluer ainsi cette réalisation exceptionnelle. Ce n'est pas tous les jours, en effet, qu'on réussit un travail aussi gigantesque, que se mobilisent des équipes de chercheurs un peu partout dans le monde, que des intérêts privés sont également dans la course. En plus, on a largement devancé l'échéance prévue! Il n'y a pas de doute, il s'agit d'une étape historique.

Pour les scientifiques, la suite est encore plus passionnante. Car ces nouvelles connaissances ouvrent la porte – il faudra tout de même être patient – à des progrès importants en matière de diagnostic, de prévention, de traitement des maladies. Pour le monde des biotechnologies, le séquençage du génome humain est donc une étape clé qui, pour le domaine de la santé humaine, aura des conséquences de tout premier ordre. Cet événement, aussi important soit-il, ne doit toutefois pas reléguer dans l'ombre l'essor et le dynamisme remarquables d'autres secteurs dans lesquels on a recours aux biotechnologies.

Avec ce Grand dossier sur les biotechnologies, Québec Science fait le point sur tous les progrès réalisés tant dans l'avancement de nos connaissances fondamentales – le séquençage du génome en étant le plus illustre exemple – que dans les multiples applications pour des domaines aussi variés que l'agriculture et l'alimentation, l'environnement, la santé. Ces champs d'intervention sont névralgiques pour notre planète, et l'espèce humaine en particulier. Il est donc tout à fait normal que la population, bien que constatant les avantages de nouveaux procédés et produits, pose des questions sur les risques inhérents et souhaite avoir des réponses.

Fidèle à sa mission de vulgarisation, Québec Science apporte donc, dans ce dossier, les faits qui permettront à chacun de mieux connaître et de mieux comprendre pour, en fin de compte, se forger une opinion éclairée.

Michel Gauquelin

RÉALISÉ AVEC LE SUPPORT DES ORGANISMES PARTENAIRES SUIVANTS :

Québec

Ministère de la
Recherche, de la Science
et de la Technologie



SGF

Société générale
de financement de Québec



Conseil national de recherches
Canada

National Research Council
Canada

Institut de recherche
en biotechnologie

Biotechnology Research
Institute

LAVAL...

La ville des biotechnologies au Québec!

Le Parc scientifique et de haute technologie : la plus forte concentration d'entreprises de biotechnologie au Québec



- L'INRS-Institut Armand-Frappier
(microbiologie, biotechnologie, santé humaine)
- Le Centre de biologie expérimentale
- Le Centre québécois d'innovation en biotechnologie (CQIB)

Pour nous rejoindre :

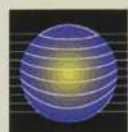
1555, boul. Chomedey, bureau 100, Laval (Québec) H7V 3Z1

Téléphone : (450) 978-5959

Télécopieur : (450) 978-5970

Internet : www.lavaltechnopole.qc.ca

Courriel : info@lavaltechnopole.qc.ca



**LAVAL
TECHNOPOLE**

UNE RÉGION D'ENTREPRISES DE QUALITÉ MONDIALE

SOMMAIRE

6 L'univers des biotechnologies

LES FRONTIÈRES TOMBENT

Une invasion inéluctable qui est due à la convergence de disciplines en plein essor et qui provoque de plus en plus de questions parmi la population.



8 Biotechnologies

LES SCIENCES DE LA VIE

Le génie génétique évolue à une vitesse vertigineuse, s'alliant à des disciplines telles que la microbiologie, la biochimie, la biologie moléculaire, l'informatique. Thérapie génique, production d'OGM et clonage ont la vedette.

14 Économie

LA COURSE AU CAPITAL

Le Québec maintient une position enviable dans le monde des biotechnologies mais la concurrence est vive. La capital de risque va surtout à la santé tandis qu'on manque de personnel qualifié en recherche et en gestion.



22 Santé

LES PROMESSES DU GÉNOME HUMAIN

Les biotechnologies jouent un rôle de premier plan en santé. Grâce au récent séquençage du génome humain, une nouvelle ère s'ouvre. Des percées majeures se profilent déjà sur les fronts de la vaccination, du diagnostic et du traitement.



31 Agroalimentaire

UNE EFFERVESCENCE TOUS AZIMUTS

Amélioration des espèces, hausse des rendements, transformation des aliments sont autant de champs d'intervention spectaculaires des biotechnologies.



Sans oublier leur contribution à la santé des aliments et les questions des consommateurs.

37 Environnement

LE SECOND SOUFFLE

Produits et procédés biotechnologiques sont plus que jamais appelés à connaître une belle croissance car nous voulons des usines avec zéro impacts, une production agricole propre, des produits biodégradables, ou encore la valorisation des forêts et de la biomasse.



41 Nouveaux horizons

À LA RECHERCHE DU MIEUX-ÊTRE

À ne pas confondre avec les OGM, les aliments fonctionnels, les nutraceutiques et les cosméceutiques connaissent un développement exceptionnel grâce aux efforts des chercheurs, des compagnies pharmaceutiques et des industries agroalimentaires.



46 Enjeux

LA DÉBAT PUBLIC EST LANCÉ

Avec le clonage humain à portée de main et la controverse grandissante sur les organismes génétiquement modifiés, une réflexion en profondeur est amorcée. Elle devrait déboucher sur un véritable débat public alimenté par des études et une information indépendantes.

LES BIOTECHNOLOGIES SUR INTERNET

Le grand dossier « Les biotechnologies, une révolution dans notre vie » est disponible sur Internet à :

www.CyberSciences.com/biotech

Une version en langue anglaise est également offerte à :

www.CyberSciences.com/biotech/en

L'univers des biotechnologies

LES FRONTIÈRES TOMBENT

PAR JEANNE MORAZAIN

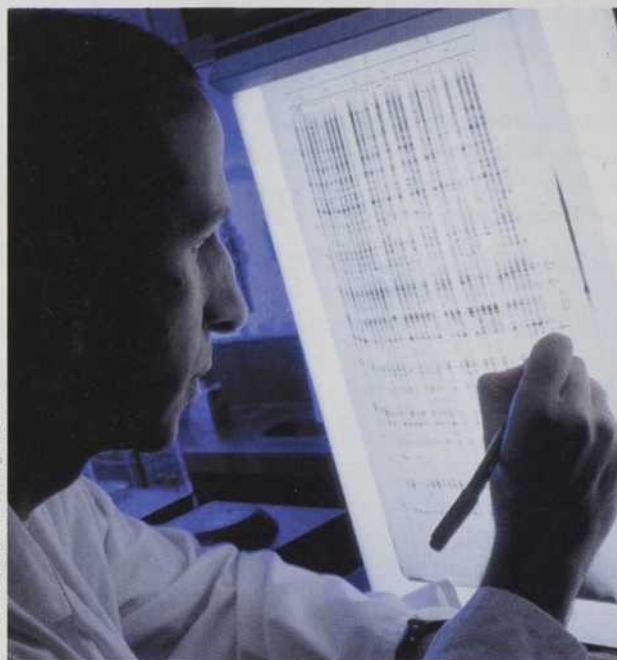
L'année 2000 passera à l'histoire comme étant celle du séquençage du génome humain. Carte génétique de l'espèce en mains, les chercheurs doivent maintenant s'attaquer à la tâche de déterminer les protéines pour lesquelles chaque gène code, d'établir les relations entre elles, d'identifier les signaux qu'utilise notre corps pour ordonner aux cellules de croître, de se différencier, de muter ou de mourir. Cette tâche gigantesque complétée, dans dix à vingt ans sinon plus, ils seront sans doute en mesure d'activer nos propres systèmes internes de défense, de réparation et de régénération.

Le séquençage du génome humain et des autres génomes décodés ou en voie de l'être est le point de départ de mille et une pistes qui nous permettront de mieux diagnostiquer, traiter et prévenir la maladie. Ces pistes conduisent au cœur de la biotechnologie ou mieux des biotechnologies, c'est-à-dire de l'ensemble des technologies qui ont en commun l'utilisation de molécules vivantes.

Les molécules interagissent de façon très spécifique. Il est donc possible de planifier des interventions sur mesure, aux résultats prévisibles. C'est là toute la force des biotechnologies : elles permettent de cibler des problèmes précis et de limiter les effets secondaires ou indésirables.

Les biotechnologies révolutionnent bien plus que l'industrie pharmaceutique. Les secteurs de l'agroalimentaire, de l'environnement, des cosmétiques seront aussi profondément bouleversés sans compter que de nombreux procédés dans toutes les industries abandonnent la voie chimique pour adopter la voie enzymatique.

Progressivement, les barrières sectorielles s'estompent. Aliments et produits cosmétiques acquièrent des propriétés jusqu'ici réservées aux seuls médicaments, donnant naissance à de nouvelles disciplines telles que la nutraceutique et la cosméceutique. Une même plate-forme technologique a des applications dans plusieurs secteurs à la fois. L'ampleur et la complexité des données génomiques et protéomiques à traiter sont à l'origine d'une nouvelle science, la bioinformatique.



Institut de recherche en biotechnologie et CNRC

La convergence ira plus loin encore. La rencontre de la biologie moléculaire et de l'électronique débouche sur l'électronique moléculaire et les ordinateurs biologiques. Un mariage entre les biotechnologies et les nanotechnologies se profile également, qui révolutionnerait toutes nos façons de faire.

L'abolition des frontières sectorielles, technologiques et disciplinaires a des répercussions sur le terrain. Les mêmes multinationales sont actives sur plusieurs fronts. Les firmes de biotechnologies vendent des licences d'exploitation des technologies qu'elles mettent au point à plusieurs sociétés et s'engagent parallèlement avec divers partenaires. Les géants de l'informatique montent à bord.

IBM a une filiale IBM Life Sciences

qui multiplie les alliances avec des sociétés biotechnologiques intéressées aux protéines humaines.

L'invasion des biotechnologies semble inéluctable. Difficile toutefois de ne pas voir les nuages noirs sur l'horizon. La population est inquiète. Elle craint les excès. Elle s'interroge. Quel est l'impact de ces manipulations du vivant sur la santé, l'environnement, la société? Elle se méfie des déclarations rassurantes des entreprises comme de celle des gouvernements. Elle refuse de se laisser entraîner dans des avenues à sens unique.

Faisant écho à ces préoccupations, les gouvernements se tournent vers les experts. Le gouvernement canadien a demandé à la Société Royale du Canada de se pencher sur l'acceptabilité des biotechnologies alimentaires. Le rapport rendu public le 5 février 2001 recommande la prudence en attendant la production d'évaluations rigoureuses faites par des évaluateurs et des chercheurs indépendants, dans un contexte de transparence. Ces recommandations valent pour l'ensemble des biotechnologies. De son côté, la Politique québécoise de la science et de l'innovation, déposée en début d'année 2001, prône la mise sur pied d'un réseau international en bioéthique pour favoriser la réflexion et l'échange.

Les débats entourant les biotechnologies ne font que commencer. Espérons qu'ils se poursuivront dans un contexte serein où les faits, une fois cautionnés par des autorités au-dessus de tout soupçon, l'emporteront sur l'émotion. ●

UN CATALYSEUR

POUR LE TRANSFERT DES RÉSULTATS DE RECHERCHE

Le Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB) est un centre de liaison et de transfert qui a pour mission de stimuler et d'accélérer l'exploitation industrielle et commerciale des résultats de recherche, par le partenariat et le travail en réseau, par le soutien à l'innovation et par le développement d'entreprises technologiques. Le CQVB œuvre dans plusieurs domaines de la biotechnologie : bioénergie, bioassainissement, bioproduits, biocides, biosoins et bioalimentaire.

Le CQVB a accompagné, dès le prédémarrage, plus d'une trentaine d'entreprises technologiques qui misent sur le transfert des compétences des universités québécoises et des centres de recherche gouvernementaux. En voici quelques exemples :

Fractionner pour mettre en valeur

En 1992, le professeur Esteban Chornet de l'Université de Sherbrooke fondait une entreprise basée sur les résultats de ses recherches et de son équipe. Kemestrie inc. est aujourd'hui une entreprise publique qui développe et commercialise ses technologies et son savoir-faire dans le domaine du fractionnement de la biomasse et des macromolécules naturelles.

Transformer le lisier en or

En partie grâce à l'application d'une technologie issue de l'École polytechnique et de l'achat de licences étrangères, la compagnie Envirogain inc. est une entreprise privée qui a comme mission première de développer, commercialiser et implanter des technologies et des solutions intégrées de traitement à la ferme des lisiers et de valorisation agronomique pour tous les types d'effluents tels que les boues agricoles, industrielles et municipales.

Une enzyme pour éliminer le CO₂

Une entreprise dérivée d'une firme de génie-conseil et de chercheurs de l'Université Laval, CO₂ Solution inc., développe et commercialise des équipements visant le recyclage et la valorisation du gaz carbonique (CO₂), l'un des plus importants gaz à effet de serre, phénomène en grande partie responsable du réchauffement de la planète. Elle développe un prototype expérimental de bioréacteur enzymatique pour le traitement du CO₂ en applications industrielles et commerciales.

La luzerne comme usine vivante

Medicago inc. fait de la moléculture. Son objectif : transformer la luzerne en usine à molécules pour produire des éléments bioactifs utiles pour la santé humaine, la nutrition et la santé animales, les nutraceutiques, les cosméceutiques et les enzymes de transformation (biomatériaux, recyclage). Louis P. Vézina, son directeur scientifique, travaillait auparavant pour Agriculture et Agroalimentaire Canada, dont Medicago a obtenu une importante licence exclusive.

Un anticorps pour gérer les troupeaux

Solution Recherche inc. fut fondée en 1995 par M. Paul Rouillier, un diplômé du 3^e cycle de l'Université Laval. Sa mission est de développer, manufacturer et exploiter de nouvelles technologies d'analyses diagnostiques dans le secteur de la reproduction. Elle commercialise une trousse de diagnostic pour les ruminants, en particulier les bovins (DG29), qui permet de confirmer la gestation à partir du 29^e jour après l'insémination.

Emballer avec du lait

BioEnvelop Technologies inc. est une entreprise publique qui conçoit, fabrique et distribue des solutions d'enrobage et des pellicules d'emballage biodégradables, à partir de protéines laitières sous-utilisées en se basant sur une biotechnologie brevetée par l'INRS-IAF. Ses produits d'enrobage et d'emballage biodégradables s'adressent principalement au secteur de l'alimentation.

Pour plus d'information :

CQVB

Édifice Le Delta II
2875, boul. Laurier
Bureau 620
Sainte-Foy (Québec)
G1V 2M2

- ☎ (418) 657-3853
- ☎ (418) 657-7934
- ✉ cqvb@cqvb.qc.ca
- 🌐 www.cqvb.qc.ca



partenaire de la bio•innovation



les **bio**technologies

PAR ANOUK GINGRAS

Depuis la découverte révolutionnaire de la structure générale de l'ADN en 1953, le génie génétique – qui permet de modifier les organismes vivants en altérant leurs gènes – évolue à une vitesse vertigineuse, s'alliant au passage à de nombreuses autres disciplines telles que la microbiologie, la biochimie, la génétique, la biologie moléculaire, l'informatique. Sans ces alliances, la biotechnologie qui, comme son nom l'indique est le mariage entre la science des êtres vivants – la biologie – et un ensemble de techniques nouvelles, ne serait pas ce qu'elle est devenue aujourd'hui.

VOYAGE AU CŒUR DE L'INFINIMENT PETIT

Les micro-organismes n'ont pas pour seule fonction de nous rendre malades! Ils sont aussi très utiles devenant, ici, un agent de fermentation, là, un producteur d'antibiotiques ou de vaccins, ou même un agent de dépollution. La microbiologie étudie ces minuscules êtres vivants que sont les bactéries, les virus, les protozoaires et les champignons microscopiques. Son objectif : apprendre à les contrôler, à annihiler leurs effets négatifs pour exploiter au maximum leur potentiel bénéfique. La microbiologie collabore avec la biochimie pour comprendre les processus chimiques des organismes vivants, les grands comme les petits, et avec la génétique pour déterminer leur identité par le décodage de leur ADN.

Les êtres vivants sont formés de cellules qui, elles, se composent de molécules. La biologie moléculaire analyse cet univers de l'infiniment petit et plus particulièrement l'ADN ou acide désoxyribonucléique, sans aucun doute l'une des molécules les plus importantes chez les êtres vivants. Toutes les cellules vivantes abritent

des molécules d'ADN. Seuls quelques virus, dont le matériel génétique renferme uniquement de l'acide ribonucléique (ARN), font exception. Les cellules humaines comme celles de la majorité des êtres vivants contiennent à la fois de l'ADN et de l'ARN.

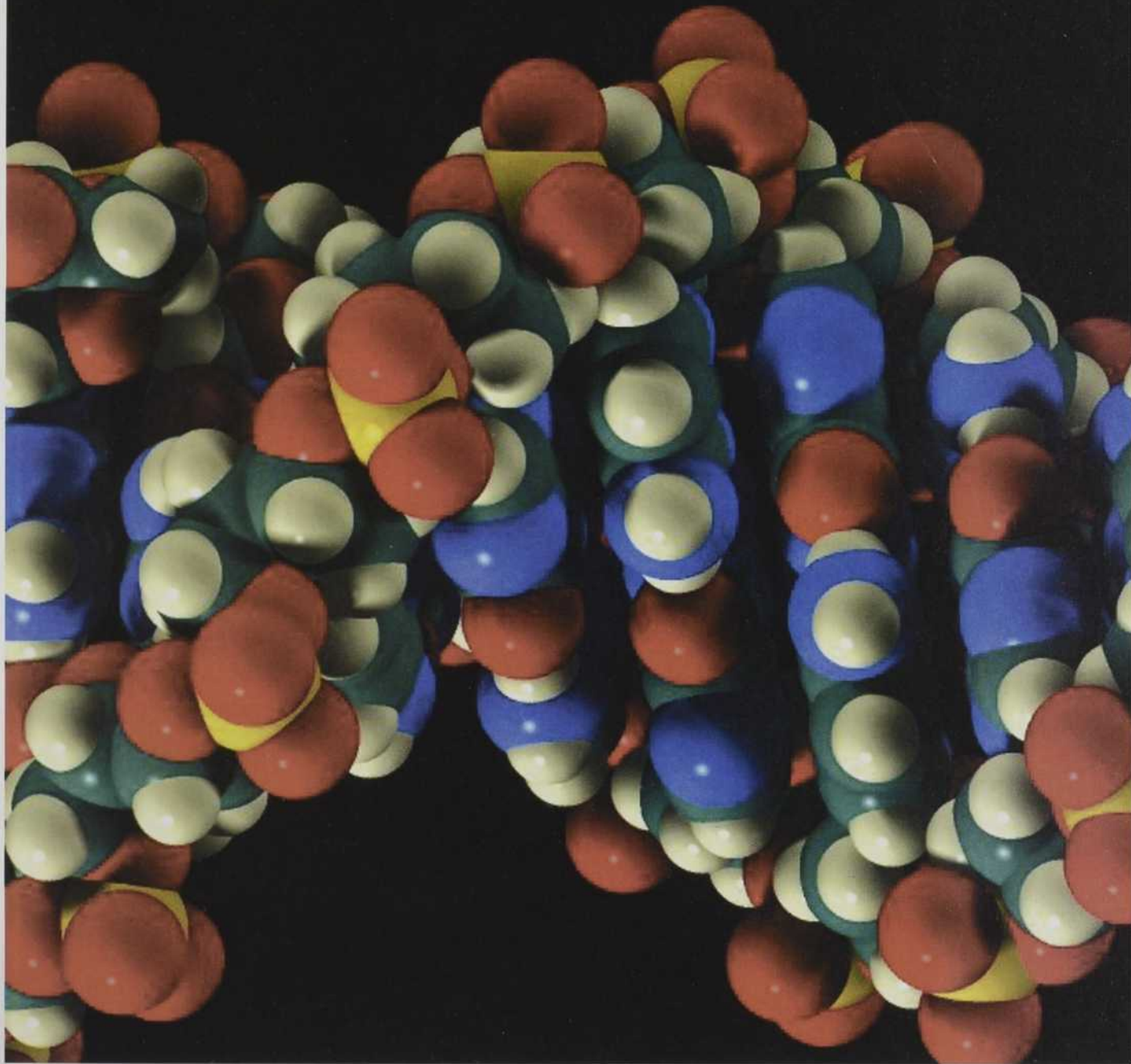
Construit de deux brins complémentaires réunis en une structure spiralée nommée *double hélice*, l'ADN représente en quelque sorte la carte d'identité de la cellule. La chaîne d'ADN obéit à un code de quatre lettres, A, T, G et C, pour adénine, thymine, guanine et cytosine, les quatre bases de l'ADN. L'ordre des lettres – AGAATCGATCGATTCT par exemple – traduit l'information nécessaire à la construction de la cellule. Cette séquence

ne représente toutefois qu'une infime partie de l'ADN d'une cellule qui, chez l'humain, contient 3,1 milliards de paires de bases (elles viennent par paire à cause de la double hélice). Le séquençage d'un génome, qu'il soit humain, animal ou bactérien, consiste justement à établir l'ordre de ces bases.

La génétique, c'est bien sûr l'étude des gènes, ces segments sur la chaîne d'ADN qui définissent un individu. D'une certaine façon, ils forment les « mots » de la longue phrase composée des lettres A, T, G et C de l'ADN. Ils renferment l'information essentielle à la fabrication des protéines, chaque gène détenant le code pour la fabrication de protéines. Le séquençage du génome humain a mis au



DOE Human Genome Program/www.ornl.gov/Hgms



Modélisation 3D de la double hélice de l'ADN. À gauche, photo microscopique de chromosomes.

jour environ 30 000 gènes chez l'humain. C'est beaucoup moins que ce qui était estimé par les scientifiques.

Bien que chacune des cellules d'un organisme possède l'ensemble des gènes qui définissent cet organisme, seule une infime partie de ces gènes entre en activité dans une cellule donnée. Par exemple, une cellule de l'œil exprimera les gènes conférant sa couleur à l'iris, alors que certains des gènes actifs du globule rouge engendreront les protéines de transport de l'oxygène dans le sang. Lorsque l'ADN contient un gène actif défectueux, la protéine exprimée sera anormale, voire absente, entraînant des maladies génétiques.

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.

Malgré l'annonce faite en grandes pompes, le 26 juin 2000, du séquençage complet du génome humain, des années en avance sur toutes les prévisions, il reste encore beaucoup à accomplir. Puisque l'ordre des bases de l'ADN humain est aujourd'hui établi, il importe maintenant d'identifier les différents gènes qui le composent et de déterminer leur fonction. Une nouvelle science prend donc le relais de la génomique: la protéomique, qui déterminera le rôle de chacune des protéines produites par chacun des gènes. Il faudra plusieurs années, des dizaines peut-être, pour percer tous les mystères des protéines humaines.

Le génome humain n'est pas le premier à avoir été séquencé. Avant lui, plusieurs organismes ont vu leur séquence d'ADN mise à nu et notamment des bactéries :

LES BIOTECHNOLOGIES : DE A À Z

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

ARN : acide ribonucléique. L'ARN est l'exécutant de l'ADN. C'est lui qui décode puis suit les instructions contenues dans l'ADN, soit de réguler la synthèse de protéines. Il n'est formé que d'un des deux barreaux de l'ADN.

ADN recombinant : molécule d'ADN obtenue par recombinaison de fragments d'origines différentes.

Agrobacterium : bactérie naturelle souvent utilisée pour transférer des gènes dans les plantes.

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

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

Bases (ou nucléotides) : constituantes des « barreaux » de « l'échelle » d'ADN. Il existe quatre types de nucléotides : l'adénine (A), la thymine (T), la guanine (G) et la cytosine (C). L'ordre dans lequel ces milliers de lettres sont agencées constitue un gène, qui a une fonction précise dans la cellule.

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).

Carte génétique : représentation graphique de la position des gènes sur un chromosome.

Cellule souche : cellule non spécialisée. Un message chimique amène ces cellules à se transformer en cellules du foie, des yeux, du sang, de la peau, ou en toute autre cellule bien définie qui compose un être vivant.

Chromosome : unité du génome portant un grand nombre de gènes, située dans le noyau cellulaire. Chaque chromosome est constitué d'une très longue molécule d'ADN et d'une masse équivalente de protéines. Les 46 chromosomes de la cellule sont des bâtonnets répartis en 23 paires. Ils sont visibles seulement pendant la division cellulaire.

Clonage : méthode de multiplication cellulaire *in vitro* permettant d'arriver à des copies exactes de la cellule sélectionnée. À partir du noyau d'une seule cellule, on peut cloner un être vivant complet.

Cytoplasme : sorte de gelée qui entoure le noyau des cellules.

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 : segment d'ADN comprenant l'information nécessaire à la production de protéines.

Génie génétique : ensemble des techniques permettant de modifier le bagage héréditaire d'une cellule par la manipulation de gènes *in vitro*.

Génome : ensemble des gènes.

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

Microinjection : technique, exécutée sous microscope, permettant d'injecter, à l'aide d'une aiguille très fine, du matériel génétique ou un autre composé à l'intérieur d'une cellule.

OGM : organisme génétiquement modifié par manipulation d'ADN.

Oncogène : se dit des gènes essentiels à la vie, mais mortels lorsqu'ils subissent une mutation. La cellule en contient plus d'une centaine. Les oncogènes peuvent bouleverser l'activité de la cellule, qui se multipliera ensuite anormalement et causera un cancer.

Protéine : grosse molécule formée 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, 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).

Thérapie génique : insertion directe d'un gène normal dans des cellules pour corriger une anomalie.

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

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.

Hæmophilus influenzae, responsable d'otites et de méningites, *Vibrio cholerae*, cause du choléra, *Mycobacterium tuberculosis*, agent de la tuberculose et *Saccharomyces cerevisiae*, levure du pain, de la bière et du vin. Le premier animal dont le génome a été complètement séquencé est un ver microscopique, *Cænorhabditis elegans*. La mouche *Drosophila melanogaster*, utilisée abondamment en génétique, avait aussi révélé pratiquement tous ses secrets. Bien sûr, le génome de tous ces petits êtres est moins complexe que celui de l'humain, donc physiquement moins long et plus rapide à décoder.

LES OUTILS DE LA BIOTECHNOLOGIE

Les chercheurs disposent de plusieurs outils pour effectuer cette tâche fastidieuse de décodage de génomes. La technique de base consiste à utiliser des enzymes de restriction, produites par certaines bactéries. Une fois isolées, ces enzymes, sorte de ciseaux à ADN, découpent



Institut de recherche en biotechnologie et CNRS

l'ADN en plusieurs segments, se chevauchant en plusieurs endroits. Chacun des morceaux d'ADN est ensuite séquencé base par base, puis réassemblé en utilisant comme référence les chevauchements. Ce réassemblage requiert de puissants ordinateurs : le traitement d'une telle quantité de données par des humains serait interminable !

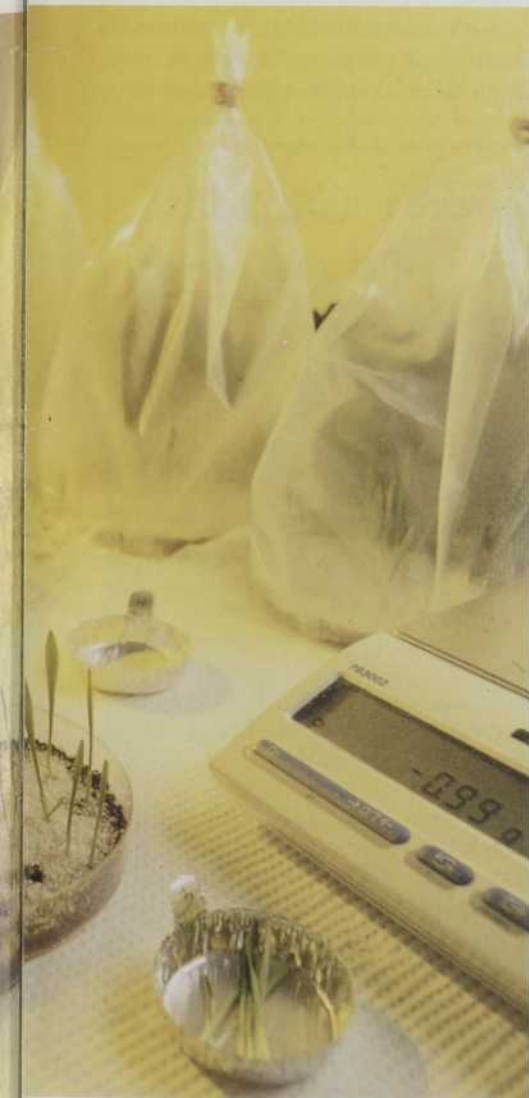
Autres outils indispensables à l'élaboration des cartes génétiques, les marqueurs génétiques fournissent des *points de repère* sur l'ADN. Ces repères sont les petites variations que l'on observe dans l'ADN lorsqu'on compare entre eux les individus d'une même espèce. Pour localiser ces marqueurs, les généticiens analysent l'ADN d'individus provenant d'une même famille, la plus grande et la plus complète possible. Du fait de l'hérédité, certaines variations génétiques se retrouvent chez tous les membres de cette famille. Dans une autre famille, ce sont d'autres variations qui seraient repérées.

Les techniques de localisation de ces marqueurs génétiques font appel à un

procédé découvert à la fin des années 1980, la réaction de polymérisation en chaîne (PCR), qui a révolutionné la biologie moléculaire (voir capsule).

Depuis le premier séquençage d'un organisme vivant indépendant en 1995 (*Haemophilus influenzae*), les outils ont été perfectionnés. Ainsi, l'Institute for Genomic Research (TIGR) des États-Unis a mis au point une technique qui cible uniquement les gènes et laisse de côté les bases qui ne font pas partie d'un gène. Le séquençage du génome s'en trouve accéléré.

Les premiers efforts de thérapie génique datent d'une dizaine d'années déjà. Cette approche repose sur l'identification du ou des gènes associés à chacune des maladies et propose de remplacer le « mauvais gène » par le gène normal. L'ADN « guérisseur » est inséré dans un vecteur, le plus souvent un virus dont le matériel génétique a été modifié. Une fois injecté au patient, ce vecteur se charge d'introduire l'ADN à l'intérieur des cellules ciblées. Séduisante dans son principe, cette approche n'est pas si simple dans la pratique. En effet, l'ADN



TÉLÉCOMMUNICATIONS // AÉROSPATIALE // BIOTECHNOLOGIE ET PHARMACEUTIQUE

TECHNOPARC SAINT-LAURENT

Montréal
métropolitain

UNE ADRESSE DE PRESTIGE
UN LIEU DE SAVOIR-FAIRE

Le plus important complexe canadien dédié à la R&D, il connaît actuellement la croissance la plus rapide en Amérique du Nord.

Stratégiquement situé au cœur de l'île de Montréal, à proximité de l'aéroport international, du centre-ville, de 4 universités et de 450 centres de recherche.

Communauté d'affaires qui privilégie les entreprises dans des domaines de pointe: aérospatiale, télécommunications, biotechnologie et pharmaceutique.

**...parce que
l'avenir
est ici!**

Que vous préférerez être propriétaire ou locataire, nous vous offrons des infrastructures ultramodernes en harmonie avec un cadre naturel enchanteur.

Informez-vous au sujet de nos projets clés en main.

514-956-2525

LES PARTENAIRES FINANCIERS DU TECHNOPARC SAINT-LAURENT

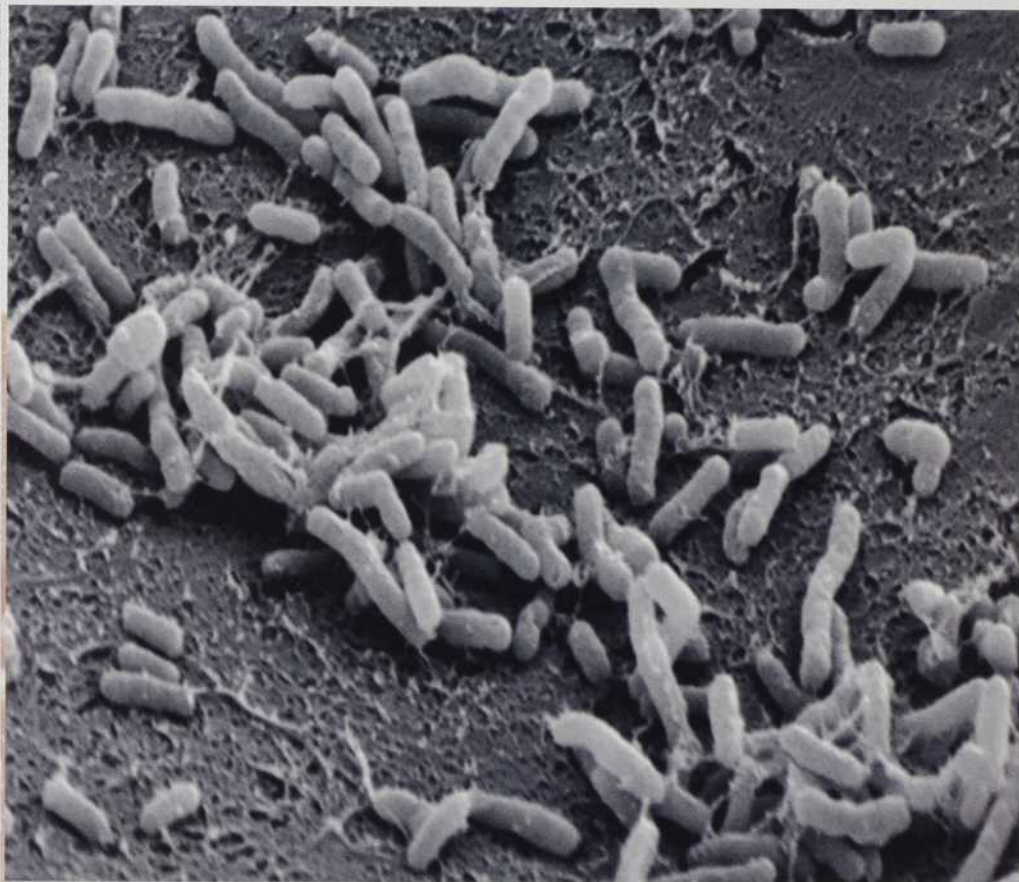
Desjardins Assurance vie Desjardins-Laurentienne Fiducie de par Technoparc de Océ

SOLIM La Caisse de Retraite d'Hydro-Québec PAR UNE FIDUCIE 27616900 QUÉBEC INC.

AWE AstraZeneca AMGEN NETWORKS BIO-NOVA InTellivax

MethylGene mindready Neurechem Inc. NORTEL NETWORKS THALES Theratechnologies

WWW.TECHNOPARC.COM // INFO@TECHNOPARC.COM



Shirley Owens, Microbe Zoo Project, Comm Tech Lab, Michigan State University

Agrobacterium, une bactérie habituée à percer, pour son propre compte, la membrane de cellulose très solide qui entoure les cellules végétales.

guérisseur ne s'insère pas toujours à l'endroit voulu et, quand il le fait, le nouveau gène n'exprime pas nécessairement la protéine pour laquelle il code.

LA PRODUCTION D'OGM

Les généticiens ont appris au fil du temps à intervenir dès le stade embryonnaire et à produire des organismes génétiquement modifiés (OGM). La technique varie selon que l'organisme à altérer est de nature animale, végétale ou bactérienne.

Chez les animaux, on procède généralement par microinjection : le nouvel ADN est inséré dans une cellule embryonnaire à l'aide d'une fine aiguille, sous la lentille du microscope. Des enzymes se chargent de couper l'ADN au bon endroit de façon à permettre l'insertion. La microinjection pourrait remplacer peu à peu les méthodes de transgénèse classique de production d'animaux transgénétiques car il est plus simple de cloner un animal dont les gènes ont déjà été modifiés.

Avec les plantes, deux techniques sont utilisées. La première fait appel à *Agrobacterium*, une bactérie habituée à percer, pour son propre compte, la membrane de cellulose très solide qui entoure

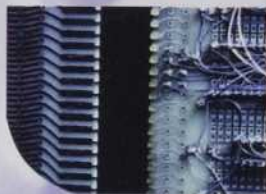


Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

Canada

Faites équipe... et savourez votre réussite!



Le CRSNG favorise l'établissement de partenariats entre les universités et les entreprises.



Êtes-vous en quête de résultats de recherche qui présentent un potentiel commercial?



Le Programme de partenariats technologiques (PPT) vise à aider les petites et moyennes entreprises à faire équipe avec des chercheurs universitaires en vue de transformer une idée nouvelle ou une innovation en un succès commercial.



Destinées tant aux entreprises en démarrage qu'aux entreprises établies, les subventions accordées dans le cadre de ce programme peuvent couvrir jusqu'à la moitié du coût total d'un projet.



Pour en connaître davantage sur le PPT, consultez le site Web du CRSNG à l'adresse www.crsng.ca.



Investir dans les gens, la découverte et l'innovation

les cellules végétales. Dans un premier temps, les chercheurs remplacent les agents pathogènes d'*Agrobacterium* par des segments d'ADN qui donneront à la plante les propriétés souhaitées. Ensuite, ils introduisent la bactérie dans la cellule de la plante où elle se propagera en lui transmettant le nouveau gène.

La deuxième technique est celle du canon à particules qu'on appelle aussi technique biolistique. De minuscules particules métalliques enrobées des gènes voulus bombardent littéralement les cellules afin de pénétrer à l'intérieur de la cellule et de lui transmettre le caractère recherché.

Enfin, chez les bactéries, les chercheurs utilisent les plasmides, de petits segments circulaires naturels d'ADN. Indépendants de l'ADN principal, ces segments peuvent être facilement retirés de la cellule, puis modifiés par addition d'un nouveau gène avant d'être réinsérés.

LE CLONAGE

Le clonage de la brebis Dolly en 1997, par des chercheurs de l'Institut Roslin en Écosse, a eu l'effet d'une bombe. Pour la première fois, un mammifère était cloné à partir d'une cellule adulte. Dans le cas de



Dolly, la cellule provenait du pis de la brebis dont elle est maintenant la réplique exacte. Par des impulsions électriques, cette cellule mammaire a été incitée à se fusionner avec une cellule reproductrice. Cette deuxième cellule, un ovule non fécondé issu d'une autre brebis adulte, avait préalablement été vidée de son propre ADN. Les cellules fusionnées ont formé une cellule totipotente, c'est-à-dire non spécialisée et prête à se diviser pour former un organisme complet.

Les cellules souches volent peu à peu la vedette à la fusion de cellules, parce qu'on sait maintenant les cultiver en laboratoire sans qu'elles perdent leur caractère totipotent. Durant les sept premiers jours de sa vie, l'embryon humain est composé exclusivement de cellules souches, toutes identiques. Ce n'est que par la suite que les cellules se spécialisent et deviennent des cellules du foie, de l'estomac, des yeux, de la peau, du sang, etc. Depuis 1999, des chercheurs ont découvert des cellules souches non embryonnaires dans la moelle osseuse, la rétine, le foie, le cerveau, la peau. Les chercheurs tentent maintenant de programmer ces cellules spécialisées afin qu'elles se différencient selon ce qu'ils souhaitent.

La biotechnologie est en grande partie redevable à la génétique de ses succès récents. Le séquençage du génome humain inaugure une nouvelle ère dans la recherche pharmaceutique. Des médicaments plus efficaces peuvent désormais être envisagés, puisque la connaissance du génome humain offre la possibilité de cibler le ou les quelques gènes directement associés à une maladie. L'ère des découvertes « au hasard », par essais et erreurs, sera bientôt révolue. ●

Des ressources **agir** de l'espace pour **grandir**



*Un incontournable de la technorégion
de la Capitale nationale*

Une adresse de prestige



PARC TECHNOLOGIQUE
DU QUÉBEC MÉTROPOLITAIN

www.parctechno.qc.ca

Téléphone : 418.650.2210
Télécopieur : 418.650.2209

2750, rue Einstein, bureau 390
Sainte-Foy (Québec) G1P 4R1

Nos partenaires :

Canada

Canada

Ville de Sainte-Foy



Québec
Bureau de la
Capitale Nationale



économie

PAR JEANNE MORAZAIN

LA COURSE AU CAPITAL

L'année 2000 s'est terminée sur une triste note : le joyau des firmes biotechnologiques québécoises, BioChem Pharma, a été vendu à la société britannique Shire Pharmaceuticals. La transaction a suscité étonnement, incompréhension et amertume. On s'attendait davantage à une acquisition de la part de BioChem, non à sa fusion avec une entreprise oeuvrant dans des avenues de recherche aussi différentes et avec laquelle la synergie paraît peu évidente. L'aide gouvernementale dont a profité BioChem Pharma lors de sa création en 1986 rend la pilule encore plus amère.

Ce qui est fait, est fait. L'événement s'inscrit dans une vague mondiale de fusions et d'acquisitions qui modifie constamment le profil de l'industrie biopharmaceutique. En janvier 2000, Glaxo Wellcome fusionnait avec SmithKline Beecham. La nouvelle entité se hissait ainsi au premier rang mondial de l'industrie avec des investissements annuels en recherche et développement (R&D) de 4 milliards de dollars américains. Trois semaines plus tard, la fusion de Pfizer et de Warner Lambert la refoulait au deuxième rang. Le budget annuel de R&D du nouveau leader est de 4,5 milliards.

LES BIOTECHNOLOGIES À LA RESCOUSSE DU PHARMACEUTIQUE

Dans son rapport 2000 sur l'industrie biotechnologique aux États-Unis, Ernst & Young associe ces méga-transactions à la crise de productivité que connaissent les compagnies pharmaceutiques. Ces dernières commercialisent actuellement un nouveau médicament tous les 27 mois. En fait, il leur faudrait en lancer deux sinon trois par année pour s'assurer une croissance annuelle supérieure à dix pour cent, compte tenu des coûts de développement d'un médicament qui avoisinent les 400 millions de dollars américains.

Les biotechnologies apparaissent de plus en plus comme la planche de salut des compagnies pharmaceutiques avec leur promesse d'une nouvelle classe de médicaments à base de molécules humaines (gènes, protéines ou anticorps) capables de régénérer les tissus endommagés par l'âge, la maladie ou un traumatisme. Déjà, une part importante des 26 milliards de dollars américains que dépensent annuellement en R&D les compagnies pharmaceutiques sert à commanditer les recherches des firmes de biotechnologie.

Il faut s'attendre à voir se multiplier les alliances, voire les fusions, entre les compagnies pharmaceutiques et les sociétés de biotechnologie. « Cette convergence était prévisible, affirme Claude Bismuth de chez Ernst & Young à Montréal. Les compagnies pharmaceutiques ont besoin d'augmenter leur pipeline de produits avant l'expiration de leurs brevets. Grâce aux économies d'échelle et au renouvellement de leurs revenus, elles pourront soutenir leurs efforts de R&D. »

De leur côté, les firmes de biotechnologie attendent de plus en plus longtemps avant de s'adjoindre des partenaires et, lorsqu'elles le font, elles conservent davantage de droits ou accordent des licences non exclusives sur les technologies qu'elles ont mises au point.

Il faut dire que les sociétés biotechnologiques, celles du domaine pharmaceutique à tout le moins, ont le vent dans les voiles sur les marchés boursiers. Aux États-Unis, au cours du premier semestre 2000, 19 compagnies se sont inscrites à la Bourse pour la première fois. Globalement, elles ont recueillies 2,2 milliards de dollars américains pour une récolte moyenne par entreprise de 114 millions. Les compagnies établies ont aussi bien fait : Genentech a obtenu 2,1 milliards et Celera, 983 millions.



À une échelle infiniment moindre, les firmes de biotechnologie québécoises ont profité de cet engouement. Plusieurs ont réussi leur premier appel public à l'épargne. Nexia et Cryocath ont recueilli chacune 40 millions, Neurochem 30 millions, ConjuChem et Glyco Design, 25 millions. De son côté, Caprion Pharmaceuticals a battu des records avec un financement privé de 52,5 millions.

DÉMARRAGES DIFFICILES

L'inscription en Bourse arrive relativement tard dans la vie d'une entreprise de biotechnologie. La plupart de ces sociétés éprouvent de sérieuses difficultés à financer leur démarrage et leur R&D initiale. « Bien qu'elles aient les mêmes dépenses, nos firmes de biotechnologie vont chercher entre 2 et 5 millions lors d'une première ronde de financement sur le marché du capital de risque contre 12 à 15 millions pour leurs rivales américaines », constate Perry Niro, directeur général de Bio Québec, l'association québécoise des bio-industries.

tut de recherche en biotechnologie (IRB), Michel Desrochers, partage cette inquiétude. « L'absence de financement à long terme et la sous-capitalisation, en plus d'entraîner une perte énorme d'énergie, font de nos entreprises biotechnologiques des proies faciles, explique-t-il. Faute de soutien, on vend trop tôt les résultats de la recherche de sorte que notre capital intellectuel et humain, la propriété de ce que nous avons bâti, nous échappe. »

Bernard Coupal, président de T2C2Bio, un fonds de capital de risque spécialisé dans le démarrage d'entreprises, se dit prêt à « accompagner les entreprises plus longtemps pour les amener à un niveau

mencer », Perry Niro suggère d'instaurer, pour les investissements en biotechnologie, un régime fiscal incitatif comparable à celui des actions accréditives dans le secteur des ressources.

DES POINTS SENSIBLES

Les secteurs de l'agroalimentaire et de l'environnement auraient bien besoin de tels coups de pouce. La santé accapare actuellement 95 % du capital de risque, estime Bernard Coupal. C'est dire les difficultés que rencontrent les entreprises biotechnologiques des autres secteurs. La controverse entourant les organismes génétiquement modifiés risque de faire fuir encore davantage les capitaux.

Serge Hébert, directeur général de BioAgral, un organisme promoteur de la technopole agroalimentaire de Saint-Hyacinthe, n'hésite pas à parler de crise et même, de moratoire : « On nage en pleine confusion. On mélange tout : la maladie de la vache folle, les organismes génétiquement modifiés, les profits des multinationales. On ne fait confiance ni aux politiciens, ni aux scientifiques jugés trop dépendants des multinationales. Peut-être est-ce le temps de prendre une pause, d'attendre d'avoir des résultats scientifiques acceptables ? »

Les investisseurs sont très sensibles à l'environnement dans lequel évoluent les firmes qu'ils songent à financer. L'industrie déplore le climat permanent d'incertitude entourant l'application des droits sur les brevets. Élément de réponse, la Politique québécoise de la science et de la technologie, dévoilée au début de 2001, propose d'harmoniser les politiques de propriété intellectuelle des universités et des établissements qui leur sont affiliés, tout en balisant mieux cette propriété dans le secteur gouvernemental.

L'industrie se plaint également de la lenteur du processus d'approbation des médicaments, l'un des plus longs au monde, et des délais d'inscription des médicaments sur les listes de remboursement des provinces une fois qu'ils sont approuvés (jusqu'à deux ans).

Pour sa part, Michel Desrochers dénonce les effets dévastateurs des luttes au déficit sur le financement des universités et des centres de recherches. « Les équipements des laboratoires universitaires sont désuets; les fonds de recherche manquent. Par exemple, l'IRB doit compter sur ses seuls revenus pour assurer sa croissance, son budget de base ayant diminué depuis 1993, alors que les biotechnologies explosent », explique-t-il.



Le capital disponible est surtout institutionnel, le capital de risque privé se faisant rare. Frileux, les fonds institutionnels n'offrent pas de garanties à long terme, une situation qui inquiète Claude Bismuth : « Les gestionnaires passent leur temps à faire des représentations auprès des marchés financiers au lieu de gérer l'entreprise afin de tirer le maximum de chaque dollar investi. »

Le président-directeur général de l'Insti-

plus intéressant pour les investisseurs ». Il croit, par ailleurs, que les entreprises biotechnologiques doivent chercher à créer de la valeur le plus rapidement possible en concluant des alliances stratégiques avec de grands groupes. « La valeur, c'est le premier argument pour convaincre les investisseurs », précise-t-il.

Pour empêcher que nos entreprises ne soient condamnées « à toujours recom-



UN BASSIN D'EMPLOIS EN CROISSANCE

Secteur émergent en pleine expansion, les bio-industries ont de plus en plus besoin de main-d'oeuvre qualifiée. Le secteur biopharmaceutique connaît la croissance la plus forte et la plus rapide. Au cours des années 1990, les emplois ont augmenté de 25 %. La production agrobiologique vient au deuxième rang, suivie de l'enzymologie industrielle (bio-procédés), de l'aquiculture et de la foresterie. Plus de la moitié des emplois sont associés à des activités de R&D. De nombreux postes exigent à la fois des connaissances scientifiques ou techniques et des compétences en gestion.

Les entreprises biotechnologiques sont jeunes, dynamiques, petites et dépendent du capital de risque qu'elles peuvent aller chercher. Les personnes qui y travaillent doivent faire preuve d'initiative et avoir une grande capacité d'adaptation. Le milieu exige aussi des compétences relationnelles pour pouvoir travailler en équipe et dans un cadre multidisciplinaire.

DEMANDE DE DIPLÔMÉS, SECTEUR BIOTECHNOLOGIES

DIPLÔME UNIVERSITAIRE	<ul style="list-style-type: none"> • biologie : cellulaire, moléculaire, végétale, animale • biochimie • biophysique • génie : chimique, alimentaire, biomédical, industriel, génétique • immunologie 	<ul style="list-style-type: none"> • diététique • médecine vétérinaire • physique • science et technologie des aliments • pharmacie • bio-informatique • bioéthique
DIPLÔME COLLÉGIAL/TECHNIQUE	<ul style="list-style-type: none"> • technicien/technologue en chimie • technicien/technologue en biologie • directeur de l'approvisionnement en eau • directeur de la lutte contre la pollution de l'eau • inspecteur de la santé publique et de l'environnement • technicien de laboratoire 	
DIPLÔME D'ÉTUDES SECONDAIRES OU MOINS	<ul style="list-style-type: none"> • emplois non-spécialisés 	

SOURCE : Développement des Ressources Humaines Canada.

Une nouvelle discipline revêt une importance de plus en plus stratégique, la bioinformatique qui regroupe l'ensemble des technologies déployées pour le développement et le traitement de l'information biologique, particulièrement abondante par suite des percées de la génomique et de la protéomique.

La compétitivité de l'industrie biopharmaceutique dépend des progrès de la bioinformatique. Il reste beaucoup à faire. Le Conseil de la science et de la technologie du Québec a publié en janvier 2001 un avis dans lequel il résume ainsi la situation actuelle : « une demande de compétences très forte et qui est appelée à s'accroître encore de façon phénoménale partout dans le monde, mais une offre de formation encore insuffisante qu'il faut de toute urgence organiser et financer ».

Cinq types d'entreprises sont à la recherche de bio-informaticiens : les pourvoyeurs de technologie (*hardware*), les fournisseurs d'instruments d'analyse (*software*), de bases de données, de connaissances (*knowledge providers*) et les entreprises de génomique.

PLUS D'EMPLOIS QUE DE CANDIDATS

Par ailleurs, la pénurie de détenteurs de doctorats et de post-doctorats laisse de nombreux postes non comblés et freine la croissance des entreprises. La demande de l'industrie augmente également plus vite que les cohortes de diplômés de la maîtrise, du baccalauréat ou du DEC en sciences ou technologie. Des difficultés de recrutement se dessinent là aussi.

Enfin, plus l'industrie biotechnologique acquiert de la maturité, plus le manque de gestionnaires qualifiés se fait sentir. « Il faut des compétences particulières pour s'adapter à la dynamique complexe d'une firme de biotechnologie, pour saisir et exploiter au maximum toutes les occasions d'affaires qui découlent de la recherche et de l'innovation, affirme Paul Beaulieu, directeur général de la Chaire en gestion des bio-industries de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM). Il faut avoir des capacités managériales en finance, en gestion de la propriété intellectuelle et de la réglementation, en gestion des alliances et partenariats, en commercialisation et marketing à l'échelle internationale. Il faut aussi être en mesure d'encadrer la recherche et un personnel scientifique hautement qualifié, ce qui exige de solides connaissances scientifiques et technologiques. »

Le Québec est en voie de corriger cette lacune. Les gestionnaires spécialisés qui acceptent de venir au Québec ont droit à un congé fiscal de cinq ans. De son côté, la Chaire en gestion des bio-industries de l'UQÀM prépare la relève en offrant, depuis janvier 2001, un MBA en gestion des bio-industries. « C'est la première maîtrise au monde de ce type, souligne Paul Beaulieu, et 85 % des candidats qui se sont présentés détenaient déjà un doctorat en sciences. »

LES FORCES DU QUÉBEC

Le Québec, Montréal en tête, s'est taillé une place enviable sur le marché mondial des biotechnologies. La métropole occupe le 8^e rang en Amérique du Nord pour le nombre d'emplois dans le secteur biopharmaceutique. Sur une base per capita, Montréal se situe au 3^e rang, derrière Philadelphie et New York, et au même niveau que Boston et San Francisco.

D'autres villes se sont taillées des niches. Québec est en voie de devenir la « cité des nutraceutiques » avec la création récente de l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels. Sherbrooke

REPOUSSER LES LIMITES DU SAVOIR

Vous rêvez de technologies nouvelles, de R-D ou d'innovation pour votre entreprise? La nouvelle économie, celle du savoir, est l'horizon sur lequel vous avez les yeux fixés? Vous voyez loin? C'est bien là un signe que vous avez le sens des affaires. Les affaires de demain.

ET LES BONS OUTILS POUR LE FAIRE

Investissement Québec veut faire route avec vous. Notre éventail d'incitatifs financiers, adaptés à votre situation, peut donner des ailes à vos idées et vous aider à garantir le financement des projets novateurs. Car les affaires de demain se préparent dès aujourd'hui.



LE SENS
DES AFFAIRES

Québec 

Investissement Québec est une société d'État au service des investisseurs. Unique en son genre, elle dispose des outils permettant à la fois de favoriser le développement d'entreprises québécoises de toute taille et d'attirer les investissements étrangers.

Montréal: (514) 873-4375 Québec: (418) 643-5172 Régions: 1 800 461-2433 iq@invest-quebec.com www.invest-quebec.com

	PETITES		MOYENNES		GRANDES		TOTAL	
	97	99	97	99	97	99	97	99
NOMBRE D'ENTREPRISES	204	269	43	51	35	40	282	361
REVENUS TIRÉS DE LA BIOTECHNOLOGIE	231 \$	249 \$	183 \$	295 \$	721 \$	1 404 \$	1 135 \$	1 948 \$
R&D EN BIOTECHNOLOGIE	192 \$	256 \$	153 \$	106 \$	240 \$	471 \$	585 \$	833 \$
EMPLOIS	4 155	ND	2 678	ND	4 890	ND	11 723	ND

SOURCE : Statistique Canada, 12 février 2001

(Données financières en millions de dollars)

LES BIOTECHNOLOGIES EN CHIFFRES

Selon Statistique Canada, il y avait 361 entreprises de biotechnologie au Canada en 1999, soit 79 de plus qu'en 1997. Un peu plus de 40 % d'entre elles oeuvraient dans le domaine de la santé. Suivent les secteurs agroalimentaire (25 %) et environnemental (10%). Les trois quarts de ces entreprises comptaient moins de 50 employés. Preuve de la maturité de l'industrie, les revenus ont presque doublé en deux ans.

L'Ontario, avec 111 entreprises, a rattrapé le Québec qui en comptait 109. Par contre, les revenus ont augmenté beaucoup plus rapidement au Québec. De 1998 à 1999, ils ont crû de 26,7 % au Québec et de 3,4 % en Ontario. Notons aussi que les compagnies québécoises consacraient plus d'argent à la R&D, 337 millions contre 222 millions, et prévoyaient doubler leurs investissements d'ici 2002.

La Chaire en gestion des bio-industries de l'UQAM a terminé en décembre 2000 un inventaire complet des entreprises québécoises ayant des activités d'innovation et industrielles basées sur les sciences et les technologies du vivant. Elle a dénombré 239 entreprises et 60 unités de recherche ou organismes de soutien, soit deux fois plus que Statistique Canada un an plus tôt.

« Nous avons découvert un univers plus sophistiqué et comptant plus d'entreprises que prévu, commente Paul Beaulieu, le directeur général de la Chaire. C'est une industrie dynamique et jeune. La moitié des joueurs existent depuis moins de 8 ans et 70 % des entreprises emploient moins de 50 employés. »

Les entreprises répertoriées sont actives dans cinq grands domaines : la santé (dans une proportion de 60 %), la nutrition, la reproduction (comprenant la reproduction tissulaire et d'organes), les services spécialisés (imagerie génétique, marqueurs moléculaires et essais cliniques notamment), les outils technologiques (biopuces, logiciels, plates-formes, etc.).

ENTREPRISES QUÉBÉCOISES DE BIOTECHNOLOGIE

DOMAINE	SEGMENTS				TOTAL
	HUMAIN	ANIMAL	VÉGÉTAL	ÉCOSYSTEME	
SANTÉ	145	5	3	24	177
NUTRITION	28	6	3		37
REPRODUCTION	3	4	3		10
TECHNOLOGIE-OUTIL	1	2	1	1	5
SERVICE					10
TOTAL	177	17	10	25	

SOURCE DES DONNÉES : Chaire en gestion des bio-industries, UQAM, 2001

mise sur son Institut de pharmacologie. Rimouski entend exploiter la biomasse marine. Saint-Hyacinthe se définit comme la cité de la biotechnologie alimentaire, une vocation renforcée par le nouvel Institut de biotechnologie vétérinaire et alimentaire.

Le Québec possède toujours les atouts qui lui ont permis de devenir un joueur majeur. Son solide réseau universitaire et de centres de recherche représente un bassin de chercheurs qualifiés. Montréal abrite à elle seule quatre universités et plusieurs centres de recherche dont l'Institut de recherche en biotechnologie du Conseil national de recherches du Canada. Plus de 800 personnes y travaillent : les 300 employés de l'Institut, plus les 500 personnes embauchées par les 17 entreprises hébergées.

L'industrie trouve également au Québec une main-d'œuvre scolarisée et plusieurs organismes de valorisation de la recherche (voir encadré). Surtout, elle bénéficie d'incitatifs fiscaux parmi les plus généreux. Enfin, le capital de risque institutionnel demeure abondant non seulement à Montréal mais également en régions depuis la mise sur pied de fonds régionaux.

GARE À LA CONCURRENCE

Ces forces seront-elles un rempart suffisant contre la concurrence ? Il faudra faire vite et corriger les faiblesses observées car la compétition est menaçante.

En 1999, l'Ontario a drainé 46 % du capital de risque investi au Canada, soit 1,26 milliard de dollars, grâce à des investissements américains. Le Québec a

glissé au deuxième rang avec une cueillette de 727 millions (27 %). En 1998, la part du Québec était de 38 % avec des investissements de 630 millions contre 531 millions pour sa voisine.

Importante à l'échelle du Québec, la bio-industrie québécoise apparaît bien petite à côté de celle des États-Unis qui dispose d'une capitalisation boursière énorme. De son côté, l'Europe progresse à la vitesse grand V. Pas moins de 173 nouvelles compagnies ont vu le jour en 1999. L'Europe a maintenant dépassé les États-Unis pour ce qui est du nombre total d'entreprises : 1 351 contre 1 273. Les revenus, bien qu'en hausse, demeurent toutefois très inférieurs. L'Allemagne affiche la plus forte concentration de bio-industries.

DES SPÉCIALISTES À VOTRE SERVICE

Vous êtes une petite ou moyenne entreprise et vous cherchez des conseils éclairés pour réaliser un projet d'innovation lié à la technologie? Les conseillers du Réseau canadien de technologie (RCT) vous aideront à trouver des réponses rapides et des ressources appropriées, gratuitement et en toute confidentialité.

Un travail d'équipe

En formant équipe avec les conseillers du RCT, vous bénéficiez de leurs connaissances et compétences dans plusieurs domaines et champs d'activités :

- la gestion de la technologie
- les stratégies de marketing
- le financement de projets
- le développement de produits et de marchés et bien d'autres encore!

Les conseillers du RCT œuvrent au sein d'organismes tels que les associations professionnelles, les universités, les collèges, les centres de recherche et les centres de services des différents paliers gouvernementaux. Parmi ses membres, le RCT regroupe également des fournisseurs de services issus des secteurs publics et privés.

Pour rejoindre un conseiller du RCT,
contactez le Réseau des fournisseurs
du service Info entrepreneurs :

Montréal : (514) 496-4636

Région de Québec : (418) 649-4636

Ailleurs au Québec : 1 800 322-4636

Notre site Internet : <http://rct.cnrc.ca>

Faites
équipe
avec le RCT!

Le RCT est une initiative du CNRC et de ses partenaires publics et privés.

CNRC · NRC



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada

DU LABORATOIRE AU CONSOMMATEUR

L'essor de la bio-industrie repose en grande partie sur la commercialisation de ce qui se passe dans les laboratoires. De nombreux organismes et associations ont pour mission de faciliter ce passage crucial. En voici quelques-uns.

L'**Institut de recherche en biotechnologie (IRB)** conclut des partenariats de recherche avec les entreprises et met ses installations à leur disposition. Les ententes touchent trois grands secteurs : les biotechnologies pharmaceutique et environnementale ainsi que les bioprocédés.

Le **Centre de recherche et de développement des aliments d'Agriculture Canada** à Saint-Hyacinthe (CRDA) rend des services similaires aux entreprises de l'agroalimentaire. Le CRDA est le plus grand centre de recherche sur les aliments transformés au Canada.

Le **Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB)** s'intéresse à la valorisation de la biomasse à des fins environnementales ou de santé. Il a entrepris la mise sur pied du Réseau Bio-Innovation qui vise à stimuler sa mise en valeur dans les régions.

Le **Centre québécois d'innovation en biotechnologie (CQIB)** est le premier incubateur d'affaires spécialisé en biotechnologie. Huit entreprises y font présentement leurs premiers pas vers la commercialisation.

Enviro-Accès soutient l'avancement des technologies environnementales en offrant aux entreprises des services professionnels aux différentes étapes de la commercialisation de leur technologie.

Valorisation-Recherche Québec a le mandat de créer et d'appuyer des sociétés de valorisation des résultats de la recherche universitaire. Quatre sociétés sont au travail ou en voie de formation.

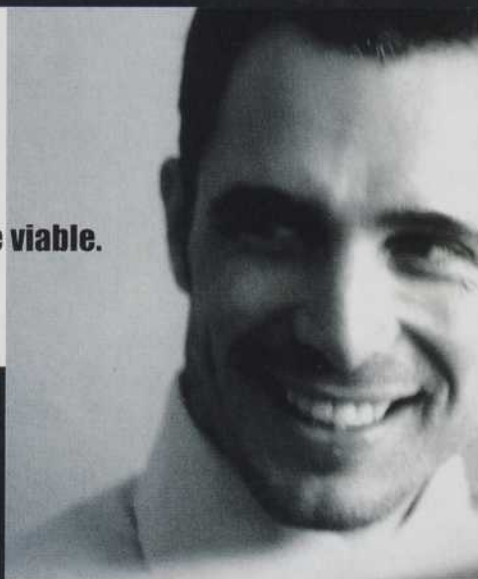
Enfin, deux cégeps ont des centres de transfert biotechnologique : **TransBIOTech** relève du cégep Lévis-Lauzon et **Cintech AA**, dédié à l'agroalimentaire, de celui de Saint-Hyacinthe.

Pour se maintenir dans le peloton de tête, la bio-industrie québécoise a besoin d'un soutien constant, autant public que privé. Il lui faut trouver une façon de financer son développement, de la découverte à la commercialisation. C'est, selon Paul Beaulieu, l'un des grands défis de l'industrie. « Ce n'est pas avec 35 employés qu'on peut vendre à travers le monde ! poursuit-il. Il nous faut donc soutenir la croissance et la capacité des entreprises jusqu'à ce qu'elles prennent leur place sur leurs marchés, ce qui inclut la commercialisation et la fabrication sur une grande échelle de leurs produits. »

Michel Desrochers souhaite une relance, un retour à la « vision première qui était de faire des biotechnologies le fer de lance de la nouvelle économie ». Perry Niro va plus loin et invite le gouvernement à se doter d'une véritable politique de développement, « une politique avec des objectifs quantifiés – création d'un nombre donné d'entreprises d'ici cinq ans, injection de tant de dollars de capitalisation, etc. – assortie d'un plan de match pour les atteindre ». ●

Ma recherche était valable... il fallait en faire une entreprise viable.

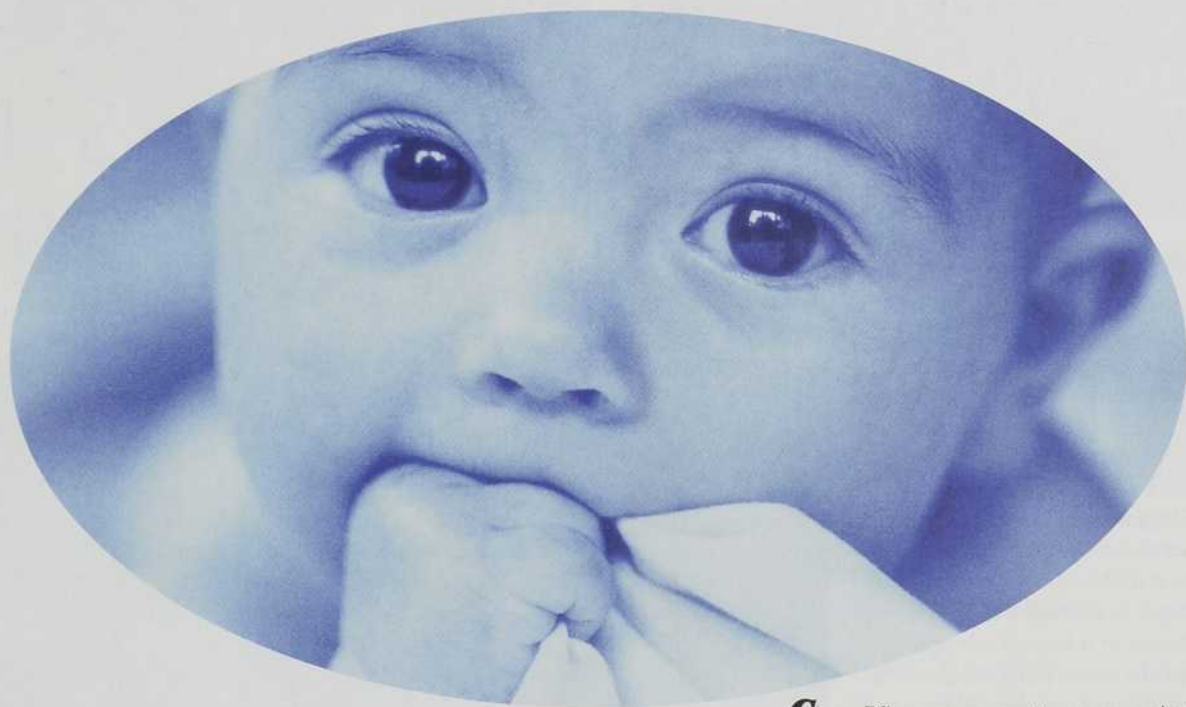
«Quand ces gens-là te disent «oui», tu peux être sûr de ta réussite. En 48h, ils disent si le projet les intéresse ou pas. Ils prennent en charge les études de marché... et à partir de là ils s'occupent du plan d'affaires et du financement, aident à établir le positionnement stratégique, à préciser des axes de développement, évaluent la future entreprise... Appuyé à tout moment par des conseils avisés d'experts, tu vas te retrouver au centre d'un impressionnant réseau de scientifiques et de gens d'affaires. C'est comme ça que *mon* projet est devenu *mon* entreprise.»



Inno-centre

Les expertises le réseau **le financement (514) 987-9550**

Les yeux grand ouverts sur les miracles de demain



Chez Pfizer, nous mettons au point
les médicaments de l'avenir.
Nous nous donnons corps et âme
à nos recherches afin de découvrir
les remèdes miracles du XXI^e siècle.
Un jour, nous l'espérons vivement,
le cancer n'existera plus que dans les livres
d'histoire, et la maladie d'Alzheimer, qui
dérobe la mémoire, deviendra chose du passé.
Chez Pfizer, nous entrevoyons l'avenir
en étant convaincus que seule
notre passion est incurable.

©1999, Pfizer Canada Inc.
Kirkland (Québec) H9J 2M5



Les compagnies de recherche
pharmaceutique du Canada



Notre passion, la vie

www.pfizer.ca

LES PROMESSES DU GÉNOME HUMAIN

PAR ANOUK GINGRAS

La biotechnologie évolue main dans la main avec la pharmacologie tant et si bien qu'elles sont souvent confondues. Ce sont pourtant deux sciences bien distinctes. Alors que la biotechnologie s'intéresse à l'utilité des êtres vivants les uns pour les autres en cherchant à mieux les comprendre, la pharmacologie se consacre à l'étude des médicaments et à leur développement. Comme de nombreux médicaments voient le jour grâce à une meilleure connaissance des micro-organismes et à l'étude de l'ADN, biotechnologie et pharmacologie ne peuvent plus se passer l'une de l'autre.

Les découvertes dans lesquelles les biotechnologies ont joué un rôle de premier plan ne se comptent plus, particulièrement en santé. Le séquençage du génome humain laisse présager que le meilleur est à venir et que les biotechnologies feront franchir de grands pas à la lutte contre les maladies. Des percées majeures se profilent déjà sur les fronts de la vaccination, du diagnostic et du traitement.

LA VACCINATION

L'une des plus vieilles utilisations des micro-organismes dans le domaine de la santé est la vaccination dont Louis Pasteur a été le grand promoteur. Le principe est simple : lorsqu'un organisme entre en contact avec un virus ou une bactérie rendus inoffensifs par certains traitements, il produit des anticorps qui le protégeront s'il est de nouveau en présence de ce micro-organisme actif. La vaccination à grande échelle a considérablement réduit l'incidence de plusieurs maladies infectieuses. Quelques-unes, comme la variole, ont même été éradiquées. Malheureusement, tandis que de



Institut de recherche en biotechnologie et CNRC



L'ADN d'*Escheria coli*

nouveaux virus attaquent régulièrement, d'autres se montrent intraitables.

La recherche actuelle en vaccinologie se concentre sur les vaccins dits recombinants. On les appelle ainsi parce qu'ils contiennent une protéine recombinante, appartenant au micro-organisme respon-

sable de la maladie, mais produite artificiellement à l'aide d'une autre bactérie. Cette bactérie porteuse, inoffensive pour l'humain, possède un ADN trafiqué lui permettant de générer la protéine artificielle comme si elle lui appartenait. Cette protéine est ensuite isolée, puis insérée dans le vaccin.

À l'Unité de recherche en vaccinologie de l'Université Laval, l'équipe du chercheur Denis Martin a mis au point un vaccin contre la méningite bactérienne. « Les vaccins contre la méningite actuellement sur le marché protègent contre quelques types de méningites seulement alors que le nôtre sera efficace contre les douze formes de méningite connues, associées à la bactérie *Neisseria meningitidis* », précise Denis Martin. Pour produire la protéine de surface qui entre



dans la composition de ce nouveau vaccin, l'équipe de l'Université Laval a choisi comme vecteur l'ADN d'*E. coli*, une bactérie présente normalement dans notre flore intestinale et souvent utilisée pour la production de protéines recombinantes.

Ce vaccin à méningocoque n'est pas près d'être commercialisé, nous dit Denis Martin : « Il nous faut encore déterminer la meilleure façon de présenter la protéine utilisée chez l'humain et nous assurer que le vaccin ne présente aucun danger pour la majorité des personnes susceptibles de contracter la maladie, c'est-à-dire les enfants de moins de deux ans et les adolescents. Suivant les règles, nous ne pourrions conclure à son efficacité et à sa sécurité qu'après l'avoir administré à au moins 30 000 sujets, probablement en Afrique ou en Amérique du Sud, là où la méningite sévit. »

L'équipe dirigée par Denis Martin travaille aussi sur des vaccins contre la pneumonie et les infections à *Pseudomonas*, une bactérie qui s'attaque principalement aux patients affaiblis des hôpitaux et notamment, aux grands brûlés.

LE DIAGNOSTIC PRÉCOCE

À défaut de pouvoir prévenir toutes les infections, sachons reconnaître le plus rapidement possible avec quel micro-organisme l'organisme croise le fer afin de prescrire aussitôt le traite-

Lumière sur le cancer – Le composé vedette de Theratechnologies, le TH 9402, est utilisé pour traiter, par photodynamique, le cancer de la moelle osseuse. Lorsqu'un échantillon de moelle osseuse malade entre en contact avec le TH 9402, un agent photosensible se fixe aux cellules cancéreuses. L'échantillon est ensuite exposé à une source lumineuse qui détruit les cellules cancéreuses liées au TH 9402, et seulement elles. L'échantillon ainsi « épuré » est alors réinjecté dans la moelle osseuse du patient.

PLUS QUE DES RECHERCHES. *Des solutions.*



L'Institut national de la recherche scientifique (INRS), un réseau de centres de recherche thématique, s'affiche à la fois comme un leader scientifique et un partenaire actif de l'industrie biotechnologique et biopharmaceutique québécoise.

Grâce à ses activités de recherche et de formation, l'INRS contribue non seulement à l'avancement des connaissances mais aussi à leur mise en application au profit de la société. Son action couvre des domaines cruciaux pour l'avenir :

- Biodégradation des polluants d'origine industrielle, agricole et municipale
- Valorisation des biomasses et procédés d'assainissement
- Décontamination d'effluents et de sols pollués à l'aide de bioprocédés
- Lutte biologique contre les insectes nuisibles
- Développement de biocatalyseurs à des fins industrielles
- Développement de vaccins de nouvelle génération, de thérapies antivirales et de techniques diagnostiques
- Élaboration de traitements contre le cancer et les maladies inflammatoires
- Mesure de la compatibilité tissulaire et mise au point de méthodes pour les greffes d'organes
- Mise au point de procédés d'emballage et d'enrobage biodégradables



Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique

La science en ACTION pour un monde en ÉVOLUTION

INRS-Eau	(418) 654-2524 www.inrs-eau.quebec.ca
INRS-Institut Armand-Frappier Microbiologie et Biotechnologie	(450) 687-5010 www.inrs-iaf-microbiotech.quebec.ca
INRS-Institut Armand-Frappier Santé humaine	(450) 687-5010 www.inrs-iaf-sante.quebec.ca

ment adéquat. Actuellement, il faut patienter trois jours avant de savoir si l'infection est causée par un virus (75 % des cas) ou une bactérie. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de traiter une affection virale avec des antibiotiques, les médecins ne prennent pas de risques et prescrivent un antibiotique à large spectre qui anéantit tout sur son passage.

Cette pratique serait la principale responsable de la résistance aux antibiotiques que développent les micro-organismes. Les bactéries qui survivent à cet antibiotique de type *Terminator*



Modélisation 3D d'une protéine.

Génome Canada - Le Canada est monté sur le bateau un peu tard. Il tente maintenant de rattraper le temps. Créé en février 2000 et doté d'un budget de 160 millions de dollars, Génome Canada donne aux chercheurs canadiens des moyens pour faire face à la compétition internationale en génétique. Génome Québec de son côté dispose d'une somme de 10 millions qui sert à épauler les efforts des centres de recherches québécois.

Du requin contre le cancer - La compagnie Aeterna, de Québec, développe depuis 1991 un médicament anticancer de plus en plus connu : le Neovastat. Isolé du cartilage de requin, cet inhibiteur d'angiogénèse bloque l'apparition de vaisseaux sanguins autour de la tumeur. Affamée, celle-ci perd lentement de la force et pourra être éliminée plus tard par d'autres moyens. Le Neovastat pour le traitement du cancer du rein et du poumon a atteint le stade des essais cliniques de phase III, dernière étape avant la commercialisation du produit.

sont forcément les plus résistantes de l'espèce. Lorsqu'elles se multiplient, les antibiotiques sont de nouveau tenus en échec.

Quelques superbactéries font présentement des ravages. Les hôpitaux craignent par dessus tout les entérocoques résistants à la vancomycine, longtemps considérée comme l'antibiotique de dernier recours pour combattre une infection bactérienne tenace.

Pour enrayer la surconsommation d'antibiotiques, le Centre de recherche en infectiologie de Québec (CRI), que dirige Michel Bergeron, élabore des outils permettant de diagnostiquer plusieurs infections en tout au plus une heure.

Un des tests mis au point par le CRI et commercialisé par Infectio-Diagnostic démasque rapidement le streptocoque du groupe B, une bactérie présente naturellement dans notre flore bactérienne et qui ne cause habituellement aucun problème. Elle représente toutefois un risque pour le nouveau-né lorsqu'elle se trouve dans le vagin de la mère, lors de l'accouchement. Le nouveau test recherche l'empreinte génétique de la bactérie dans un échantillon prélevé sur la patiente. Cette recherche comporte trois étapes. Tout d'abord, la mise à nu de l'ADN des bactéries. Ensuite, la mise en contact avec des segments d'ADN qui se fixeront uniquement à ceux du streptocoque du groupe B. Enfin, l'introduction d'une substance fluorescente qui, elle aussi, se fixera à l'ADN du streptocoque. Si la mère enceinte est porteuse de la bactérie, la solution devient fluorescente. Les médecins lui donneront alors un antibiotique avant qu'elle ne contamine son enfant.

LA RECHERCHE DE NOUVEAUX MÉDICAMENTS

À quoi serviront nos connaissances toutes fraîches sur l'ordre des quatre lettres (A, T, G, C) qui composent notre chaîne d'ADN ? À beaucoup de choses si on se fie à l'intense activité qui règne dans les laboratoires du monde entier en vue d'identifier les gènes, plus particulièrement ceux responsables des maladies génétiques, et surtout de trouver de nouveaux médicaments le plus vite possible.

Les médicaments agissent sur les protéines qu'expriment nos gènes. La recherche commence donc par l'établissement d'une relation entre une maladie, un gène et une protéine. La méthode d'essais et erreurs utilisée jusqu'à maintenant ne s'est pas révélée très productive : les médicaments présentement disponibles ciblent environ 500 des quelques milliers de protéines produites par nos gènes. Le séquençage du génome humain fournit aux multinationales de l'industrie pharmaceutique les moyens d'établir beaucoup plus rapidement une relation entre les maladies pour lesquelles elles cherchent un médicament et les couples gène-protéine associés à ces maladies. En fait, il change complètement les processus d'élaboration des nouveaux médicaments.

À la recherche de récepteurs communs à plusieurs cancers dans le but de trouver un médicament anticancer unique, la compagnie américaine Millenium Pharmaceuticals a réussi en trois mois à obtenir des résultats qu'elle aurait auparavant mis une dizaine d'années à atteindre. Voici comment.

Dans un premier temps, des séquences d'ADN appartenant aux récepteurs de cellules cancéreuses ont été sélectionnées puis comparées au contenu de la base de données qui répertorie les segments d'ADN correspondant aux 30 000 gènes du génome. Résultat de cette première opération : 7 000 gènes possèdent un fragment d'une des séquences d'ADN associées aux récepteurs des cellules cancéreuses. Voilà qui réduit d'un coup le champ exploratoire de 30 000 à 7 000 gènes.

FRSQ Québec



Fonds de la
recherche en santé
du Québec

Le Fonds de la recherche en santé du Québec (FRSQ) joue un rôle majeur dans le financement d'équipes, de centres et de réseaux de recherche reconnus à travers le monde. Il offre des bourses aux étudiants et aux chercheurs les plus méritants et contribue à former et à retenir au Québec nos meilleurs cerveaux.

LA RECHERCHE: UN RÉSEAU EN SANTÉ

Le FRSQ soutient:

- 19 centres de recherche
- 15 réseaux
 - Adaptation-réadaptation
 - Cancer
 - Éthique clinique
 - Géro-geriatrie
 - Médecine génétique appliquée
 - Neurosciences
 - Santé bucco-dentaire
 - Santé cardiovasculaire
 - Santé de la vision
 - Santé environnementale
 - Santé et développement de l'enfant
 - Santé mentale
 - Santé respiratoire
 - SIDA et maladies infectieuses
 - Utilisation des médicaments

Le réseau de la recherche en santé compte plus de 2000 chercheurs dans le secteur public.

Visitez notre site web pour découvrir leurs activités

<http://www.frsq.gouv.qc.ca>





Réseaux de centres d'excellence du Canada

De puissants partenariats pour le nouveau millénaire

Le RCE a pour mission de mobiliser les chercheurs canadiens des milieux universitaire, privé et public en vue du développement de l'économie nationale et de l'amélioration de la qualité de vie des Canadiens.

C'est une initiative du gouvernement fédéral administrée conjointement par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC) et le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH), en partenariat avec Industrie Canada.

Les réseaux de santé et biotechnologie :

Réseau canadien pour l'élaboration de vaccins et d'immunothérapies contre le cancer et les maladies virales chroniques (CANVAC) www.canvac.qc.ca

Réseau canadien d'arthrite (RCA) www.arthritis.ca/can

Réseau canadien contre les accidents cérébro-vasculaires (RCACV) www.canadianstrokenetwork.ca

Réseau canadien de recherche sur les bactérioses (RCRB) www.cbdn.ca

Réseau canadien sur les maladies génétiques (RCMG) www.cgdn.generes.ca

Réseau de centres d'excellence en génie protéique www.pence.ualberta.ca

RELAIS -Réseau de liaison et d'application de l'information sur la santé <http://healnet.mcmaster.ca/nce/>

Réseau en aquaculture (AquaNet) www.aquanet.mun.ca

Réseau pour les études thérapeutiques et génétiques des cellules souches www.rce.gc.ca



Réseaux de centres d'excellence du Canada

350, rue Albert, Ottawa (Ontario) K1A 1H5

Téléphone : 613.995.6010 • Télécopieur : 613.992.7356

Courriel : info@rce.gc.ca

www.rce.gc.ca

L'étape suivante consiste à retracer dans ces 7 000 gènes ceux qui sont actifs dans les cellules cancéreuses. La tâche est confiée à un ordinateur-robot. Il dépose, sur des plaques, à un endroit précis, de petites gouttelettes contenant les segments d'ADN des 7 000 gènes. De la grosseur d'un timbre-poste, chaque plaque ou « puce d'ADN » supporte jusqu'à 1 000 échantillons d'ADN. Les puces sont ensuite plongées dans des solutions contenant de l'ADN soit de tissus humains sains, soit de tissus provenant de tumeurs. Des marqueurs enregistrent les niveaux de réactivité. En comparant la puce d'ADN de tissus sains à celle de cellules cancéreuses, il est possible d'identifier les récepteurs actifs dans tous les cancers. Le nombre de gènes suspects tombe à 200.

C'est encore trop pour entreprendre la création de nouveaux médicaments. Les chercheurs de chez Millenium ont donc prélevé des cellules de cancer du sein chez deux douzaines de patientes. Avec l'aide de la puce d'ADN, ils ont identifié, pour l'ensemble de la population, les récepteurs qui sont le plus souvent présents dans les cellules du cancer du sein et constaté que certains se retrouvaient chez plus de 80 % des patientes.

Les chercheurs doivent maintenant trouver un composé pour modifier l'activité des protéines cibles identifiées, par exemple un anticorps monoclonal qui attaquerait directement les récepteurs, ou un marqueur porté par la protéine qui inciterait le système immunitaire à détruire la cellule à laquelle il est jumelé.

FAIRE PEAU NEUVE

François Auger, du Laboratoire d'organogénèse expérimentale (LOEX) de Québec jouit d'une réputation internationale. Ses travaux sur la culture in vitro de la peau à partir de cellules prélevées directement sur le patient ont révolutionné les recherches sur les greffes. Depuis, l'équipe du LOEX a fait pousser des vaisseaux sanguins, des ligaments et des cornées.



François Auger et Lucie Germain. En cartouche : une prothèse vasculaire.

La technique pour faire croître la peau s'est beaucoup raffinée avec le temps. Les chercheurs tentent maintenant d'ajouter un derme à cette peau afin qu'elle s'apparente davantage à la peau naturelle. « Cette peau "bilamellaire" s'est révélée un excellent biopanement qui facilite la guérison des plaies vives et des ulcères, affirme le François Auger. Nous voulons maintenant l'appliquer aux grands brûlés que nous traitons déjà avec notre peau à une seule couche. » L'équipe du LOEX tente également d'ajouter à sa peau artificielle un système de petits vaisseaux sanguins, ce qui assurerait une meilleure fixation de la peau sur le corps du patient.

La pharmacogénétique, qui associe l'efficacité d'un médicament à une variation génétique, n'a pas fini de révolutionner la pharmacologie. Les médicaments agiront directement sur les cellules malades ou, mieux, sur les causes du problème. D'autres s'attaqueront aux mécanismes de développement de la maladie. Des médicaments sur mesure adaptés à notre ADN personnel seront mis en marché. Non seulement seront-ils plus efficaces, mais leurs effets secondaires seront réduits sinon éliminés.

Puisque nous connaissons nos prédispositions génétiques, pourquoi attendre d'être atteint ? La médecine s'orientera progressivement vers le traitement du risque et la prévention. Nous prendrons des médicaments qui diminueront la susceptibilité de nos gènes à certaines maladies, consommerons des aliments aux propriétés préventives, quitte à améliorer génétiquement plantes et animaux.

LA THÉRAPIE GÉNIQUE

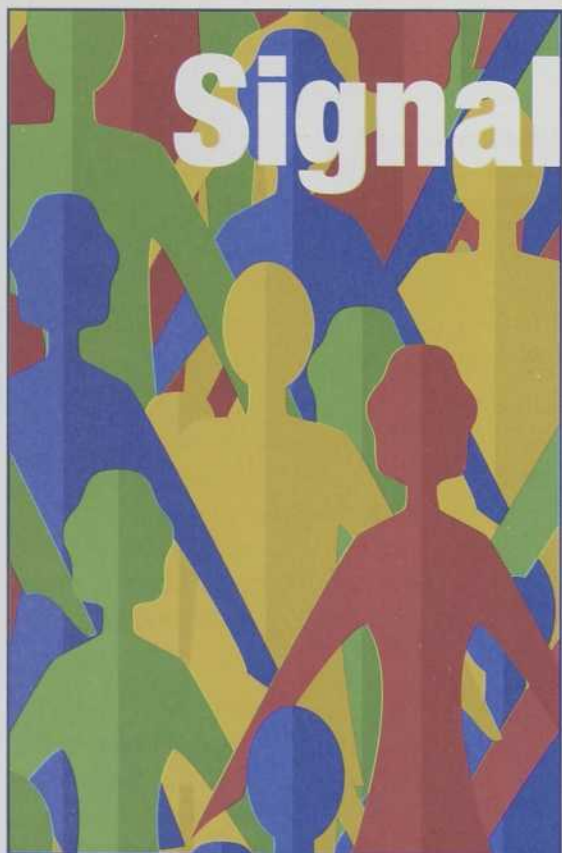
Et si on s'attaquait à la source du mal plutôt que de recourir aux médicaments ? C'est le pari que font les promoteurs de la thérapie génique. La possibilité de combattre la maladie par des interventions sur le matériel génétique des individus a d'abord suscité de l'enthousiasme avant de perdre des plumes à la suite d'incidents tragiques comme la mort d'un jeune homme de 18 ans, en septembre 1999, aux États-Unis. Ce dernier a succombé à une forte réaction de son système immunitaire à la thérapie génique elle-même. En France, la sortie de leur bulle aseptisée de deux jeunes enfants atteints de Scid (*Severe combined immunodeficiency*) auxquels on avait injecté un gène réparateur ravivera-t-elle l'espoir ?

Souris obèses cherchent bloqueurs de récepteur orphelin

— L'entreprise SignalGene, de Montréal, s'intéresse à plusieurs maladies dont l'obésité. Elle utilise des souris obèses pour étudier des récepteurs dits orphelins parce qu'on ne sait pas encore à quoi ils s'attachent. Lorsque les chercheurs de SignalGene ont réussi à bloquer ces récepteurs chez les souris, ils ont noté une réduction importante des tissus adipeux ainsi que des modifications du métabolisme de certaines graisses.



Fontaine de jouvence — Deux chercheurs de l'Université de Sherbrooke ont mis à profit leurs connaissances pour fonder Télégène. Cette entreprise se consacre à l'étude des télomères, des structures situées à l'extrémité des chromosomes et qui semblent jouer un rôle important dans les processus du vieillissement : lorsque le télomère se dégrade, le chromosome le fait aussi. En ciblant directement les télomères, Télégène espère créer des médicaments anti-vieillessement.



SignalGene

SE DISTINGUE EN

GÉNOMIQUE

SignalGene est une compagnie de biotechnologie issue de la génomique qui développe des technologies de pointe et oriente ses programmes de recherche vers la découverte de marqueurs génétiques, l'identification et la validation de cibles, la génomique fonctionnelle et la conception de médicaments. SignalGene offre l'accès à sa plate-forme technologique intégrée par le biais de partenariats stratégiques.

Les programmes en cours chez SignalGene ciblent la maladie d'Alzheimer, le cancer du sein, le psoriasis, l'ostéoporose et l'obésité.



8475 av. Christophe-Colomb, bureau 1000, Montréal, Québec H2M 2N9, CANADA

Téléphone: (514) 850-2400 - Télécopieur: (514) 850-2424

Internet: www.signalgene.com - Courriel: info@signalgene.com

La biotechnologie à l'Université de Sherbrooke :

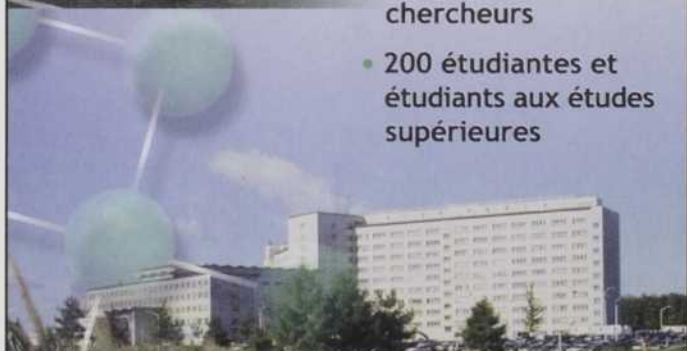
tout un monde
de connaissances!



De la molécule à l'humain



- 3 facultés : médecine, sciences et génie
- 375 professeurs-chercheurs
- 200 étudiantes et étudiants aux études supérieures



- 67 brevets déposés ou délivrés
- plusieurs inventions à l'origine de la création d'entreprises
- l'Institut de pharmacologie de Sherbrooke
- le Centre de recherche clinique



www.UdeS.ca/recherche
(819) 821-7555



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Pour le Dr Jacques Galipeau, hématologue et chercheur en thérapie génique à l'Hôpital général juif de Montréal, qui explore la possibilité d'utiliser des virus génétiquement modifiés pour guérir des rats du cancer du cerveau, les problèmes que connaît la thérapie génique sont assimilables à des erreurs de jeunesse. « Les essais préliminaires des nouveaux traitements se font toujours chez les plus malades dont c'est souvent le dernier recours, explique-t-il. Des quelque 380 projets de recherche en thérapie génique en cours à travers le monde, la majorité vise à remédier à des cas de cancer avancés et incurables. »

L'optimisme de Jacques Galipeau est tempéré par le manque de ressources des chercheurs d'ici. Il déplore l'absence d'un organisme de soutien comme le National Health Institute qui, aux États-Unis, évalue les projets et fournit gratuitement les infrastructures si un projet est jugé prometteur. Cela explique qu'il se fait peu de recherche en thérapie génique au Québec et au Canada.

Il n'en demeure pas moins que le rêve d'éradiquer la maladie en remplaçant ou corrigeant les gènes défectueux paraît plus réaliste pour les maladies qui dépendent d'un seul gène que pour les autres, bien que ces dernières soient nettement plus nombreuses.

LA SANTÉ PAR LES ANIMAUX TRANSGÉNIQUES

Les animaux transgéniques pourraient prendre une place considérable en santé au cours des prochaines décennies. Déjà, ils servent de modèles pour l'étude de maladies humaines. Le porc, qui partage plusieurs caractéristiques avec l'homme, est un sujet de choix. Au Centre de recherche en reproduction animale de l'Université Laval, l'ADN de certains porcs a été modifié pour qu'ils soient atteints de la maladie d'Alzheimer. L'étude de leurs cerveaux à différents stades permettra aux chercheurs de mieux comprendre l'évolution de la maladie.

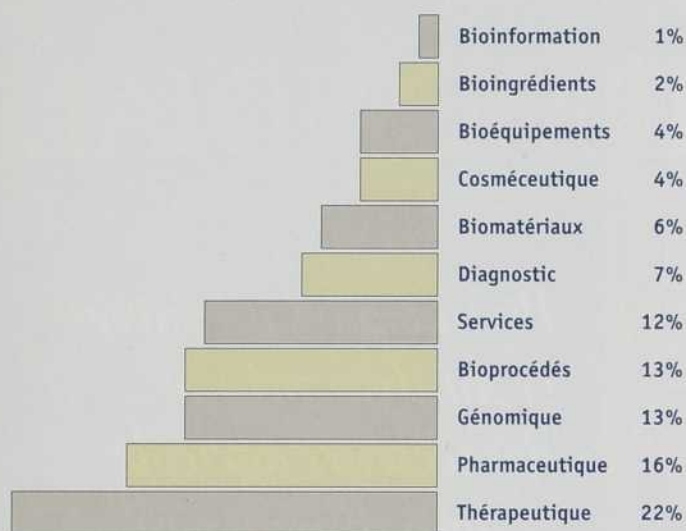
Appareil à médicaments – L'Institut de pharmacologie de l'Université de Sherbrooke s'est doté d'un spectromètre à résonance magnétique nucléaire (RMN), un appareil qui fournit une image précise des molécules. Il servira à modéliser les protéines défectueuses responsables des maladies ce qui aidera à trouver la substance idéale capable d'agir sur cette protéine en s'y fixant parfaitement.

Vaincre les ulcères d'estomac – Axcan Pharma s'apprête à lancer le Gastrostat, une plaquette comprenant les trois ingrédients nécessaires pour anéantir la bactérie *Helicobacter pylori*, en grande partie responsable des ulcères gastro-intestinaux. Il ne manque plus que l'approbation de Santé Canada et de la FDA américaine. Axcan Pharma s'efforcera ensuite de réunir les trois ingrédients du Gastrostat dans une même capsule.

Comprendre l'Alzheimer – La compagnie Neurochem s'intéresse à la bêta-amyloïde, une substance qui pourrait être impliquée dans la maladie d'Alzheimer. En s'agglutinant en plaques sur les cellules du cerveau, elle causerait l'inflammation puis la mort de ces dernières. Une étude récente publiée dans le Journal of Neurosciences démontre l'action de la bêta-amyloïde dans l'Alzheimer. Neurochem est sur une bonne piste.

RÉPARTITION DES ENTREPRISES DES BIO-INDUSTRIES QUÉBÉCOISES DE LA SANTÉ HUMAINE PAR SOUS-SECTEURS

En % du nombre des entreprises recensées



SOURCE : Chaire en gestion des bio-industries, UQAM, 2001

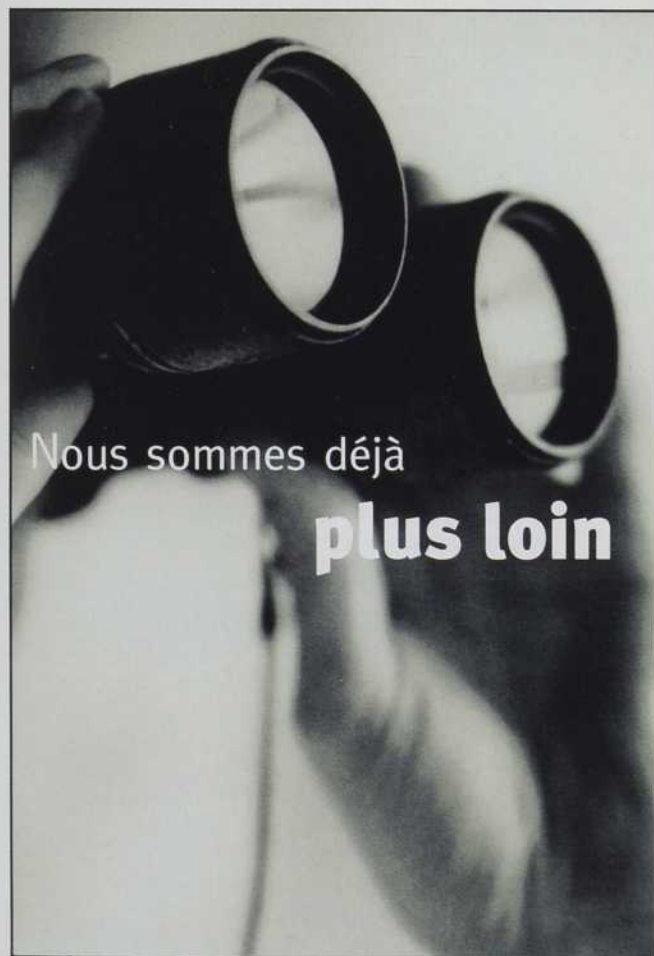
À l'Institut de recherche clinique de Montréal (IRCM), le virus du sida est inoculé à des souris. « La souris se révèle un meilleur modèle que prévu, soutient Paul Jolicoeur. Grâce à ses services, nous avons découvert des problèmes cardio-vasculaires jamais identifiés auparavant. Ces problèmes pourraient être reliés en partie à la thérapie anti-HIV administrée aux patients, mais aussi au virus lui-même. C'est complètement nouveau ! La souris

transgénique va maintenant nous aider à comprendre pourquoi le HIV, qui s'en prend surtout au système immunitaire, affecte aussi le système cardio-vasculaire. »

Bientôt, des vaches, des brebis, des chèvres et des porcs transgéniques se mettront vraisemblablement à fabriquer des médicaments sur une grande échelle. Le porc pourrait aussi devenir un fournisseur d'organes de transplantation ce qui mettrait fin aux graves pénuries actuelles. Les difficultés associées aux xéno greffes sont loin d'être aplanies cependant. Outre la résistance du public, la question du rejet demeure préoccupante. Surtout, la preuve n'a pas encore été faite que la transmission de virus animaux à l'homme est impossible.

Une autre voie se dessine pour régler ces problèmes, celle du clonage thérapeutique d'organes à partir de ses propres cellules. Au début de l'an 2000, deux équipes ont dévoilé des résultats. La première, américaine, était parvenue à transformer des cellules-souches de souris en sperme; la seconde, japonaise, avait fait pousser des yeux et des oreilles de grenouilles à partir de cellules embryonnaires. Ces réussites de laboratoire ont vite fait de raviver le rêve de remplacer à volonté les organes malades ou vieillissants par des clones tout neufs.

Poussée par la génétique et la biotechnologie, la recherche pharmaceutique a franchi des pas de géant. Néanmoins, nous sommes encore loin d'avoir dompté la maladie. Cancer, Parkinson, Alzheimer continueront de frapper durement. Nous ne sommes pas à l'abri non plus des épidémies et des attaques de virus terrifiants comme Ebola. Toutefois, les efforts déployés et la puissance des outils informatiques créent une accélération qui permet d'espérer gagner, sinon la guerre, du moins d'importantes batailles. ●



Nous sommes déjà
plus loin

Après le génome humain, les facteurs de transcription

Geneka y travaille depuis 5 ans.

À nos 30 000 gènes se rattachent 10 fois plus de protéines qui contrôlent la vie. Quels sont les rôles de ces dernières dans la transmission de la maladie ?

GENEKA Biotechnologie inc., chef de file mondial dans ce secteur, commercialise des produits destinés à la caractérisation des facteurs de transcription et à la découverte de nouvelles avenues thérapeutiques.



GENEKA
BIOTECHNOLOGIE INC.

www.geneka.com

EXCELLENCE SUR LA SCÈNE MONDIALE

Agriculture et Agroalimentaire Canada est pleinement engagé dans l'ère nouvelle des sciences de la vie - un monde d'opportunités pour l'agriculture et l'agroalimentaire.

Résultats

- des aliments sains et savoureux
- des produits à haute valeur ajoutée
- des pratiques qui protègent mieux l'environnement
- de nouveaux marchés, dans les domaines agricole, alimentaire, nutraceutique, pharmaceutique, médical, cosmétique, énergétique, etc...

De concert avec l'industrie, nos équipes de recherche développent le savoir et les technologies nécessaires pour assurer une meilleure qualité de vie aux Canadiens.

Par le Programme de partage des frais pour l'investissement (PPFI) en R&D, Agriculture et Agroalimentaire Canada contribue aux réalisations de ses collaborateurs.

*Prenez part au succès
et au dynamisme
des secteurs agricole
et agroalimentaire
canadiens.*

Pour en savoir plus sur les occasions de collaboration avec Agriculture et Agroalimentaire Canada, visitez nos sites Internet.

La direction générale de la recherche :
Dix-neuf (19) Centres de recherches au Canada
www.agr.ca/res_f.phtml

Quatre (4) Centres de recherches et développement sont situés au Québec !

- Sainte-Foy
... sur les sols et les grandes cultures
Gilles Rousselle, Ph.D., Directeur
Tél. : (418) 657-7980 poste 202
<http://res.agr.ca/stfoy/>
- Saint-Jean-sur-Richelieu
... en horticulture
Denis Demars, Ph.D., Directeur
Tél. : (450) 346-4494 poste 110
- Lennoxville
... sur le bovin laitier et le porc
Jacques Surprenant, Ph.D., M.A.P., Directeur
Tél. : (819) 565-9174 poste 101
- Saint-Hyacinthe
... sur les aliments
Angèle St-Yves, agr., ing., Directeure
Tél. : (450) 773-1105
<http://res.agr.ca/sthya/>



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

agroalimentaire

UNE EFFERVESCENCE TOUS AZIMUTS

PAR JEANNE MORAZAIN

L'équation est de plus en plus difficile à résoudre : la population du globe augmente – elle vient de franchir le cap des six milliards – pendant que les surfaces réservées à l'agriculture et à l'élevage diminuent, et que l'on produit moins *per capita* qu'il y a dix ans. Comment arrivera-t-on à nourrir tout ce monde ? En diminuant la consommation des pays riches ? Cela ne suffirait pas. Il nous faut aussi chercher à tirer le maximum des terres arables, des pâturages et des espèces animales ou végétales.

La recherche de la productivité a été et demeure le moteur de l'évolution agricole. Appuyés par les agronomes et les équipementiers, éleveurs et cultivateurs ont fait bondir les rendements depuis deux siècles, du moins pour les grandes cultures et dans les pays industrialisés. Il faut s'attendre à un nouveau bond. Les biotechnologies offrent un potentiel tel qu'elles pourraient, croient certains, régler définitivement le problème de la faim dans le monde.

Sous leur allure de nouveauté, les outils biotechnologiques cachent des racines profondes. Le recours à des organismes vivants (bactéries, levures, ferments) pour transformer en aliments plantes et animaux remonte à la nuit des temps. Depuis belle lurette aussi, l'homme utilise des fertilisants et des pesticides et s'en remet aux vaccins et antibiotiques pour avoir un cheptel en santé. Ce n'est pas d'aujourd'hui non plus qu'il intervient dans l'évolution des espèces animales et végétales en sélectionnant les meilleurs spécimens, en pratiquant des croisements, en recourant à la fécondation artificielle.

Ce qui est nouveau, c'est ce que permettent la biologie moléculaire, la génétique et les biotechnologies réunies : une connaissance intime des organismes vivants et la capacité d'intervenir à l'échelle de la cellule, avec une précision chirurgicale.

L'AMÉLIORATION DES ESPÈCES

L'accroissement de la productivité animale repose en grande partie déjà sur l'efficacité de techniques de reproduction biotechnologiques. Ainsi, des vaches superperformantes engendrent, grâce à la suroovulation par stimulation hormonale, non plus un seul mais une vingtaine d'embryons. Des vaches d'élite



Muriel Subirade, de l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, propose l'encapsulation des molécules à partir de matériaux à base de protéines alimentaires.

sont clonées par divisions embryonnaires successives. L'identification du sexe des embryons s'effectue biotechnologiquement à l'aide d'anticorps qui décèlent la présence de protéines sexuelles mâles ou femelles à la surface des cellules de l'embryon.

L'amélioration de l'espèce exige aussi que l'on écarte de la ligne de reproduction les animaux porteurs de gènes déficients ou non désirables. Des marqueurs d'ADN servent à la détection de ces gènes.

Le clonage existait bien avant la naissance de *Dolly*. L'exploit, dans ce cas, réside dans l'utilisation de cellules adultes non reproductrices déjà spécialisées. Qu'elles aient pu redevenir totipotentes et se développer en un organisme entier a surpris. Plusieurs autres clones d'adultes sont nés depuis, dont une copie conforme du célèbre taureau reproducteur québécois Starbuck. (voir encadré p.35)

Les modifications génétiques et la transgénèse servent également à doter certaines espèces ou lignées de caractéristiques particulières à valeur ajoutée. Soucieuse de commercialiser une viande plus maigre, l'industrie porcine cherche à délester les porcs adultes de leurs androgènes. De son côté, l'industrie laitière espère mettre en marché des laits spécialisés en modifiant



Un fermenteur du Centre de recherche et de développement des aliments de Saint-Hyacinthe.

la composition naturelle du lait par l'insertion et l'expression de divers gènes dans les séquences actives de la glande mammaire.

En agriculture, les hausses de rendement passent par l'amélioration génétique des cultivars. La biotechnologie propose de remplacer les cultivars traditionnels, obtenus par croisement, par des cultivars transgéniques enrichis d'une séquence d'ADN provenant d'un autre organisme. Une multitude de caractères peuvent, de cette façon, être transférés dans le bagage génétique des différentes cultures.

La pomme de terre est attaquée par de nombreux virus et par un insecte ravageur, le Doryphore ou *bibite à patate*. Des transferts de gènes ont permis de créer des souches résistantes à ces différents ennemis. Et que dire de cette pomme de terre « intelligente » dotée du gène fluorescent d'une méduse et qui brille lorsqu'elle manque d'eau. Sont aussi sorties des laboratoires plusieurs plantes programmées pour produire du *Bacillus thuringiensis*, un bio-insecticide, des tomates au mûrissement

GÉNOMIQUE VÉGÉTALE

Le séquençage du génome humain a volé la vedette à d'autres réalisations génomiques comme le décodage du génome de l'*Arabidopsis* (Plante à moutarde) auquel l'édition du 14 décembre 2000 de la revue *Nature* consacre six articles. Pour les spécialistes des végétaux, l'événement est majeur puisque l'*Arabidopsis* leur sert de rat de laboratoire depuis une vingtaine d'années.

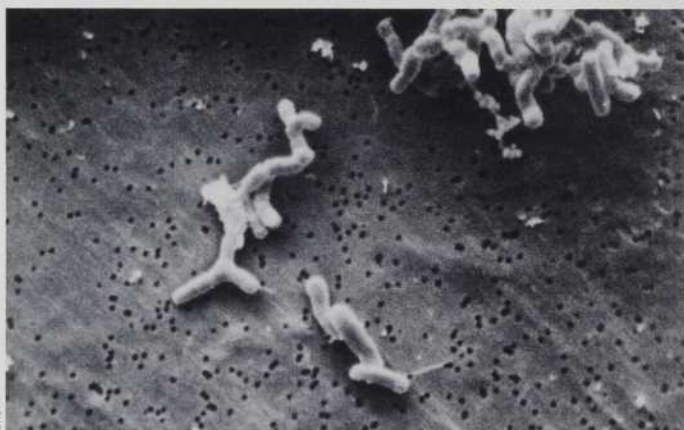
L'*Arabidopsis* étonne avec ses 25 500 gènes. C'est deux fois plus que chez la mouche à fruit (13 600) et à peu près autant que chez l'homme (environ 30 000). Plus surprenant encore, la plante compte moins de 15 000 gènes différents, les autres étant des doublons sans qu'on sache trop pourquoi. Ces doublons sont plus anciens que l'*Arabidopsis* elle-même de sorte que plusieurs espèces ont des gènes communs avec cette plante.

Connaître le fonctionnement de l'*Arabidopsis* aidera à comprendre le comportement de nombreuses autres plantes, y compris les plus utilisées en agriculture. De plus, une centaine de ses gènes seraient reliés de près aux gènes de maladies humaines telles que la surdité héréditaire, la cécité et les cancers.

ralenti, des variétés de canola (colza canadien) qui produisent chacune une huile différente,

Jusqu'à maintenant, Santé Canada a approuvé 42 types de modifications sur des plantes destinées à la consommation. Plusieurs aliments génétiquement modifiés sont donc en vente au Canada dont le fromage, le maïs, les fèves soya, le colza-canola, les tomates, les pommes de terre, les courges, les melons, les betteraves à sucre, le lait, le lin cultivé et... le tabac. Les surfaces occupées par des cultivars transgéniques augmentent rapidement. En 2000, elles représentaient 50 % des superficies consacrées au soya et 25 % de celles cultivées en maïs. L'avancée est encore plus spectaculaire pour le canola : les terres ensemencées de canola sont transgéniques à plus de 80 %.¹

Les chercheurs sont sur plusieurs autres pistes, celles par exemple de gras qui ne font pas engraisser, de lait sans lactose pour les personnes allergiques, de plantes résistantes à la sécheresse, au sel et à certains herbicides ou dont les racines sécrètent des substances mortelles pour leurs voisins indésirables.



De plus en plus, les consommateurs recherchent des produits lactés fermentés contenant des bifido bactéries afin d'équilibrer leur flore intestinale.

Les poissons des eaux arctiques possèdent un gène de résistance au froid que d'aucuns rêvent de transférer dans le bagage génétique des plantes des pays nordiques de façon à allonger la saison de culture.

L'idée de transformer certains végétaux en « plantes vaccins » fait aussi son chemin. Il suffirait, par exemple, d'intégrer à un bananier ou à un plant de riz le gène responsable de la production de l'antigène caractéristique du virus de l'hépatite B ou de la bactérie à l'origine du choléra pour offrir aux populations menacées une protection contre ces maladies. Chaque fois qu'une personne mangerait une banane ou du riz, son système immunitaire serait exposé à l'antigène et développerait des anticorps.

LES MICRO-ORGANISMES AU TRAVAIL

L'optimisation de la production agricole présuppose que plantes et animaux se rendent à maturité et atteignent leur plein développement. Cela peut se faire en modifiant la génétique de l'espèce pour la rendre plus performante sous tous les climats ou plus résistante aux prédateurs et agents pathogènes. Les agriculteurs et les éleveurs peuvent aussi compter sur une multitude de micro-organismes qui agissent sur l'environnement ou servent à la fabrication d'armes biologiques.

¹ Sources : Agence canadienne d'inspection des aliments et *Revue Relations*, septembre 2000, Dossier spécial *Le vivant aux enchères*.

Les plantes vivent en symbiose avec des bactéries, des microbes, des levures, des champignons. La biofertilisation se sert de ces associés naturels pour augmenter la présence des nutriments dans le sol et faciliter leur absorption. La biofertilisation se fait soit par inoculation, soit par amendement du sol ou du substrat d'enracinement.

Des microbes dont les gènes s'attaquent aux défenses immunitaires d'une plante particulière servent de base à des produits qui provoquent des maladies fatales chez les mauvaises herbes sans nuire aux plantes que l'on souhaite cultiver. Rien n'empêche non plus de transformer des micro-organismes en bioinsecticides.

La nature se charge parfois d'indiquer la voie à suivre. Les scientifiques ont découvert qu'attaquées par des insectes, les feuilles des plants de fèves de Lima relâchent une substance chimique qui attire les ennemis des attaquants tout en alertant les plants du voisinage du danger. Des recherches sont en cours pour reproduire cette substance en laboratoire.

Les biotechnologies servent également bien les vétérinaires, auxquels 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

Peu de produits agricoles se consomment frais et, encore moins, conservent leur fraîcheur au-delà de quelques jours. Il faut donc les traiter. De multiples ferments, colorants, édulcorants et autres catalyseurs sont associés aux processus de transformation et de conservation des aliments. Des catalyseurs chimiques ont remplacé les catalyseurs biologiques dans nombre de procédés. Sommes-nous prêts pour les catalyseurs biotechnologiques ?

Les transformateurs hésitent à recourir aux biotechnologies devant les craintes des consommateurs envers les OGM, répond Christian Toupin, directeur adjoint du Centre de recherche et de développement des aliments de Saint-Hyacinthe. « L'industrie de la transformation est en attente. Pour le moment, elle préfère renoncer aux possibilités des biotechnologies plutôt que de risquer de mettre en péril ses marchés. Tant que la réglementation ne sera pas claire et que les consommateurs résisteront, les transformateurs ne bougeront pas. »

Jumelage prometteur – La construction de l'Institut de biotechnologie vétérinaire et alimentaire (IBVA) de Saint-Hyacinthe commence au printemps 2001. Ce nouvel institut officialise la collaboration entre la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal et le Centre de recherche et de développement des aliments. On y effectuera de la recherche fondamentale et appliquée, notamment sur l'encapsulation de produits biotechnologiques (vaccins, médicaments, hormones, nutraceutiques, vitamines, etc.).

Juste à côté, la Faculté de médecine vétérinaire accueille ATGenome, un consortium privé-public doté de locaux et d'équipement à la fine pointe, qui espère se tailler une niche dans le domaine de la génomique et de la protéomique animales.

Les biotechnologies au service du secteur bioalimentaire

Les nouveaux développements dans le domaine de la biotechnologie nous ont permis de découvrir des façons de procurer aux aliments de nouvelles propriétés pouvant avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Ces nouvelles technologies peuvent aussi permettre aux aliments de mieux se conserver ou d'être produits de façon plus écologique.

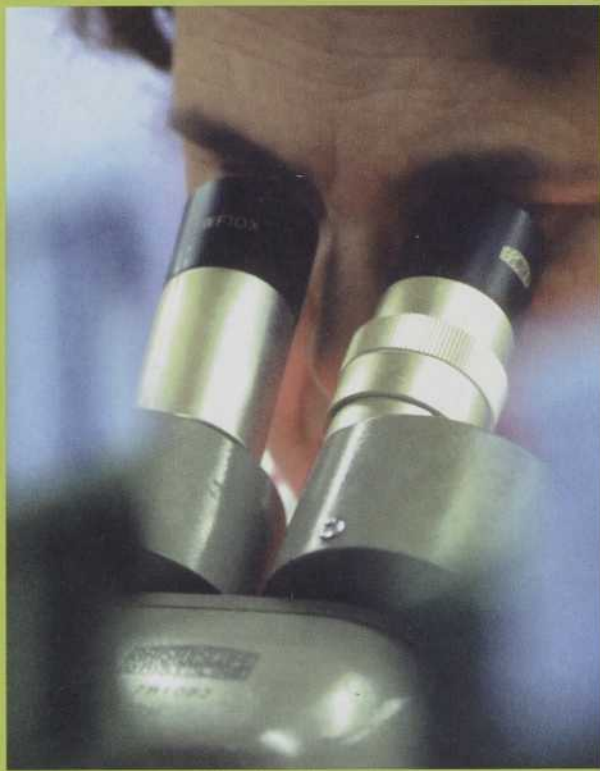
Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, soucieux de la santé des consommatrices et consommateurs, suit avec intérêt les applications de la science au secteur de l'alimentation.

Il s'assure que l'ensemble des produits alimentaires répondent à leurs attentes et respectent les standards de qualité et d'innocuité lesquels font aujourd'hui la réputation des produits québécois.



Québec

Ministère de
l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation



Québec Science

Chef de file de
l'information scientifique



Le magazine Québec Science

CYBERSCIENCES
La science et la technologie pour tous

www.cybersciences.com

www.cybersciences-junior.org



Abonnement au magazine : (514) 875-4444

Cette prudence les prive du potentiel du génie génétique et ils le savent. Les enzymes recombinantes accélèrent le processus de transformation des aliments sans dénaturer le produit. Elles affichent des niveaux de pureté élevés et travaillent mieux.

Les fromagers, par exemple, sont conscients qu'ils pourraient mieux contrôler le phénomène de fermentation s'ils utilisaient davantage de micro-organismes modifiés génétiquement. Pour le moment, la grande majorité des producteurs se contente d'utiliser la chymosine recombinante pour faire cailler le lait. On les comprend : leurs coûts de production ont diminué de moitié et ils ne craignent plus les pénuries de matière première depuis qu'ils ont abandonné la chymosine naturelle produite par l'estomac du veau.

C'est à l'Université Laval, au Centre de recherche en sciences et technologie du lait (STELA) que l'on retrouve la plus importante équipe de recherche au Canada dans le domaine des sciences et technologies laitières. Le STELA est la tête d'un réseau pancanadien sur la fermentation des bactéries lactiques. Ses recherches sur la fragmentation des protéines du lactosérum et sur le fractionnement des matières grasses en unités à plus faible teneur en cholestérol font autorité. La collaboration avec une autre équipe de l'Université Laval, celle du Centre de recherche en biologie de la reproduction, a permis de développer des gènes qui, une fois exprimés au niveau de la glande mammaire, augmentent la concentration de caséine kappa, et donc le rendement fromager du lait.

Bio Lacto, une petite entreprise de l'Estrie, capitalise sur les bactéries lactiques et produit des légumes biologiques non pasteurisés, ne contenant pas d'agents de conservation. Ses choux, carottes, betteraves, radis, oignons et têtes de violons, au goût acidulé, se conservent des mois, sinon des années. Parce que la flore lactique demeure vivante, ces légumes fermentés facilitent la digestion et renforcent le système immunitaire. Bio Lacto exporte non seulement ses légumes, mais aussi ses ferments.

Super saumon – Une société terre-neuvienne espère commercialiser d'ici deux ans un saumon transgénique auquel on a micro-injecté un gène qui active l'expression de l'hormone de croissance. Le saumon AquAdvantage se développe très rapidement ce qui, de l'avis du président d'AF/Protein, Garth Fletcher, réduira d'un an le cycle de production. Ce super saumon n'est pas encore approuvé par Santé Canada mais pourrait l'être dans deux ans, espère Garth Fletcher. Pendant ce temps, AF/Protein tente d'accroître la résistance d'autres saumons au froid ou à des maladies bactériennes en leur insérant des gènes de poissons résistants.

Soya Québec – L'une des entreprises canadiennes les plus engagées dans la recherche sur le soya, Semences Prograin, se cache à Saint-Césaire en Montérégie. Afin de combattre la sclérotinia, la principale maladie du soya, Prograin a conclu un partenariat de trois ans avec François Belzile, chercheur de l'Université Laval. « Nous sommes à la recherche des marqueurs moléculaires qui nous permettront d'identifier les gènes responsables de la maladie et de trouver dans nos populations de soya, des plants naturellement résistants », explique Éric Gagnon, le chargé de projet chez Prograin.

STARBUCK EST MORT, VIVE STARBUCK II !

Starbuck, le roi des taureaux reproducteurs - il a engendré plus de 200 000 vaches laitières de première qualité et 100 taureaux - est décédé en août 1998. Avant sa mort, on avait prélevé et congelé un petit morceau de sa peau que Lawrence Smith, de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, a récupéré pour cloner le célèbre animal.



Vilceu Bordignon, de l'équipe du docteur Smith et le jeune Starbuck II.

Le docteur Smith a fait son doctorat sous la direction de Ian Wilmut et contribué à la mise au point de la technique de transfert nucléaire qui a servi à cloner Dolly. Il s'est servi de la même technique pour cloner Starbuck, mais

en l'améliorant. Il a élaboré un milieu de culture sur mesure selon une recette de son cru et pris soin de protéger les cellules des embryons des radicaux libres.

Starbuck II a fait ses premiers pas dix minutes après sa naissance sous l'œil admiratif des chercheurs du Centre d'insémination artificielle du Québec, d'Alliance Boviteq, responsable des transferts d'embryons, et de la Faculté de médecine vétérinaire.

« Cette niche est en voie de devenir notre activité la plus lucrative », confie Gary Caldwell, son fondateur.

Deux chercheurs du CRDA ont contribué à cette réussite. Claude Champagne a développé des ferments lactiques à haut rendement tandis que Louise Deschêne, pour sa part, a mis au point l'emballage de plastique contenant de la vitamine E qui servira à ensacher les légumes dès que le volume rendra l'opération rentable.

Claude Champagne est un spécialiste des cellules immobilisées et de l'encapsulation. Les cellules immobilisées sont des billes de gel agglutinées (pensez au tapioca) dans lesquelles on emprisonne des bactéries et d'autres micro-organismes. Ces dernières ne peuvent sortir de leur prison de gel. Par contre, d'autres éléments, comme les sucres, peuvent y entrer.

On se sert de cellules immobilisées pour accélérer la fermentation. Claude Champagne explique : « On met dès le début du processus le nombre requis de levures par millilitre de sorte que la fermentation se produit rapidement. Les levures sont placées dans des cellules immobilisées qui peuvent être récupérées ce qui rend le procédé rentable ». Lorsqu'il est nécessaire de bloquer tout échange avec l'environnement avant d'atteindre la cible visée, les bactéries et micro-organismes sont encapsulés, c'est-à-dire enfermés dans une coque étanche jusqu'à destination.

Les industries du vin, de la bière, du pain reposent en grande partie sur l'utilisation de levures et de ferments. La biotechnologie trouve là un terrain fertile. Des recherches de pointe sont menées dans les laboratoires de Lallemant, un leader mondial de la production de levures, dont des levures œnologiques qui donnent leur personnalité aux plus grands crus.

LEADER MONDIAL EN
BIOTECHNOLOGIE AGRICOLE
ET ENVIRONNEMENTALE

Bio-informatique
Biotechnologie
environnementale
Salubrité
des aliments
Diagnostic
moléculaire
Nutraceutiques
Qualité de l'eau

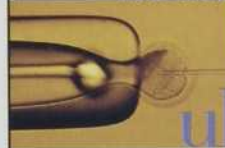
L'Université
McGill
Macdonald



Partenariats
de recherche en
biotechnologie

Le réseau de recherche en productivité végétale joue le rôle de catalyseur en favorisant la collaboration entre les partenaires universitaires, industriel et public en soutenant la recherche pluridisciplinaire portant sur la photosynthèse, le stress abiotique et biotique, la signalisation moléculaire et la productivité des plantes.
<http://productivi-t.mcgill.ca>

Installations



d'enseignement
et de recherche

ultra modernes

Programmes de
1^{er}, 2^e, et 3^e cycles



Nous préparons des diplômés pour le secteur des biotechnologies.

Nous offrons en outre un certificat d'études supérieures en biotechnologie. Ce programme de courte durée est axé sur les secteurs pharmaceutique et agro-alimentaire, la salubrité de l'environnement et d'autres secteurs des biotechnologies.
<http://biotechnology.mcgill.ca>

McGill
MACDONALD

www.mcgill.ca/macdonald

BIOAGRAL

**Société québécoise
de capital-réseau,
partenaire de la bio-
industrie agroalimentaire**

Service d'alliances stratégiques
internationales (SASI) en bio-agroalimentaire
(accueil et organisation de missions économiques,
recherche de partenariat)

Mise en réseau de Technopoles agroalimentaires
(Canada, France, Brésil, etc.)

Repérage d'information stratégique sur internet
(formation pour entreprises et institutions)

Développement d'infrastructures
technologiques et industrielles
(Zoopôle de Granby)

Bioagral

800, avenue Sainte-Anne, bureau 400
Saint-Hyacinthe (Québec) Canada J2S 5G7

Téléphone : (450) 250-8970

Télécopieur : (450) 250-8973

Courriel : info@bioagral.qc.ca

Internet : www.bioagral.qc.ca

Partenaire principal



Canada
Développement économique Canada
Canada Economic Development

Canada



BIO med411 Inc.

CLD Haute-Yamaska
Coopérative locale de développement



Moniteur de recherche en biotechnologie et CRMC

LA SÉCURITÉ AVANT TOUT

Compte tenu des craintes de la population à l'égard des OGM, bien des avancées biotechnologiques relatives à la culture des plantes, à l'élevage des animaux et à la transformation des aliments attendront dans les laboratoires. Par contre, selon Christian Toupin, les biotechnologies s'imposeront rapidement là où elles servent à dépister la toxicité, à évaluer l'innocuité et à valider les processus de transformation de ce que nous buvons ou mangeons. Car, bien qu'ils réclament des aliments le moins traités possible, les consommateurs ne lésinent pas lorsqu'il s'agit de leur sécurité. Et encore moins, depuis l'intoxication à la bactérie *E.coli* de la population de Walkerton, en Ontario.

La biologie moléculaire et le génie génétique auront plusieurs usages : la détection et l'identification rapides des micro-organismes à l'origine des contaminations; le repérage des micro-organismes pathogènes et le suivi, à l'aide de marqueurs, de leur destruction durant la transformation des aliments; l'élimination à la source, dans les élevages mêmes, des flores potentiellement pathogènes. Le dépistage des pathogènes se fera de plus en plus en temps réel, sur les lieux où l'on produit, transforme ou vend des aliments, à l'aide de trousseaux peu coûteux, faciles d'utilisation et surtout, fiables.

Les chercheurs de la technopole agro-alimentaire du Québec se préparent à répondre à la demande. « Avec le CRDA, la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal et l'Agence d'inspection des aliments, Saint-Hyacinthe dispose d'une masse critique de chercheurs, souligne Christian Toupin. Ils ont uni leur force de façon à obtenir plus rapidement des résultats significatifs. » ●

L'autre ADN – Des plantes transgéniques non menaçantes pour l'environnement, est-ce possible? Peut-être, si les gènes étrangers, au lieu d'être insérés dans l'ADN du noyau de la plante, sont insérés dans l'ADN des chloroplastes, ces organites uniques aux cellules végétales responsables de la photosynthèse. L'ADN des chloroplastes ne peut pas être transféré à d'autres plantes, la reproduction des plantes se faisant par le pollen qui ne contient que l'ADN du noyau. Ainsi, lorsque seul l'ADN du chloroplaste est modifié, les risques de contamination sont réduits à néant.

environnement

LE SECOND SOUFFLE

PAR JEANNE MORAZAIN



Après avoir massivement investi dans la dépollution des rivières et du Saint-Laurent, l'épuration des eaux de consommation, le traitement des eaux usées et des rejets industriels, les gouvernements ont relégué l'environnement au second plan. Sous les pressions conjuguées de la mondialisation et du libéralisme économique, ils ont réduit leurs dépenses, retiré les préoccupations environnementales de leurs priorités et assoupli les réglementations.

Sans mesures incitatives, les entreprises sont moins portées à investir dans des solutions environnementales, d'autant plus qu'elles peinent pour sortir de la récession du début de la décennie.

Le vent est en train de tourner, croit Jean Shoiry, président fondateur de GSI Environnement de Sherbrooke : « Ce vent favorable est encore léger mais on le sent. L'environnement revient dans l'actualité. Les gouvernements ont des provisions budgétaires pour agir dans les domaines qu'ils jugent prioritaires. Le secteur privé est en meilleure santé et se rend compte qu'un bon bilan vert est une excellente carte de visite sur les marchés internationaux. Enfin, la population est davantage sensibilisée. »

Plusieurs événements récents se sont chargés de réveiller les consciences. Qui peut rester insensible devant les marées noires qui frappent les côtes françaises ou l'archipel des Galapagos? Les produits génétiquement modifiés inquiètent les consomma-

teurs. Ceux-ci craignent que l'introduction de canola, de maïs ou de soya transgéniques contamine les autres espèces végétales, affecte la biodiversité et, à long terme, leur santé. Ils se demandent si la preuve est faite que les biofertilisants, bioherbicides, biofongicides et bioinsecticides sont inoffensifs pour tout ce qui n'est pas leur cible spécifique.

LES SECTEURS PROMETTEURS

Néanmoins, le marché des produits biologiques devrait poursuivre sa croissance alors que celui des procédés prendra une très forte expansion. « Les entreprises sont prêtes à envisager le remplacement des procédés chimiques par des procédés plus écologiques qui leur procureront une rentabilité accrue et un avantage compétitif dans seulement cinq ou six ans, croit Jean-Maurice Plourde, président-directeur général du Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB). Toutefois, les solutions proposées devront concurrencer efficacement les grandes productions chimiques à tous points de vue : coût, rendement, constance des résultats, consommation énergétique, etc. »

De cette perspective de développement durable, émergent trois tendances selon Adrien Pilon, président du Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation des sites (CEMRS) et directeur du secteur de la biotechnologie environnementale à l'Institut



de recherche en biotechnologie (IRB) : « Les entreprises sont invitées à réduire, voire supprimer leurs rejets industriels. Le biodégradable s'impose. La valorisation des résidus industriels apparaît également comme une voie d'avenir. »

ZÉRO REJETS

L'usine de rêve de tout écologiste ne contamine pas le sol et ne rejette aucun polluant, ni dans l'air, ni dans l'eau. C'est le pari qu'entend relever Tembec dans toutes ses installations à travers le monde. « Notre programme Impact Zéro nous oblige à gérer selon une approche globale intégrée et une nouvelle culture, affirme Jacques Rocray, vice-président Environnement de la papetière de Témiscaming. L'idée est de récupérer le plus possible à l'interne et de valoriser tout ce qui peut l'être de façon à ce que nos opérations aient un impact négligeable sur l'environnement. »

Le défi est particulièrement grand à Témiscaming où la multinationale québécoise possède quatre usines. Déjà, plusieurs améliorations ont été apportées: l'oxygène remplace le chlore lors de la délignification; le traitement des effluents s'effectue en anaérobic et les biogaz dégagés sont utilisés à la place de combustible fossile; divers ingrédients sont extraits des liqueurs de cuisson et vendus; la chaudière à biomasse où l'on brûle les écorces produit la vapeur nécessaire à la fabrication en plus de servir à la production d'électricité. Enfin, Tembec implantera d'ici 2005 de nouveaux procédés de mise en pâte dans son usine de cellulose à usages spéciaux. « Nous visons la valorisation de 98 % de la matière première qui entre dans chaque usine, affirme Jacques Rocray. Avec son programme Impact Zéro, Tembec est dix ans en avance. »



L'ÈRE DU BIODÉGRADABLE

Une nouvelle règle d'or est en voie de s'imposer : celle du tout biodégradable. Cela vaut pour les produits de consommation, les rejets industriels non éliminés ou récupérés à l'usine, les armes des agriculteurs contre les mauvaises herbes, les insectes ou les maladies.

Dans leurs laboratoires, les chercheurs de l'IRB tentent depuis dix ans de comprendre les mécanismes de dégradation des polluants. Les outils biotechnologiques leur permettent de diagnostiquer l'activité microbienne. Adrien Pilon explique : « Nous cherchons à identifier les gènes des bactéries qui sont activés par les polluants durant la dégradation et mesurons l'activité enzymatique des bactéries. »

À l'INRS-Institut Armand-Frappier, des chercheurs de plusieurs disciplines, réunis au sein de l'équipe de microbiologie et biotechnologie, étudient la biodégradation des polluants environnementaux d'origine agricole et industrielle. Les emballages biodégradables sont aussi au menu.

Fausse promesse – Malgré les prétentions des promoteurs, le recours aux cultures transgéniques ne semble pas avoir réduit l'utilisation des pesticides et herbicides, les ventes d'herbicides ayant augmenté au Canada depuis 1995. Le contraire eût été surprenant disent les opposants : les mêmes groupes industriels vendent les semences transgéniques et les herbicides.

Guerre au trou de beigne – Les centres-villes sont aux prises avec des terrains contaminés par une longue activité industrielle. Le programme Revisol aide financièrement les municipalités à assainir ces sites pour qu'ils puissent servir à l'habitation. Une façon de lutter contre l'étalement urbain qui menace les terres agricoles et entraîne des coûts environnementaux élevés.

Bioenvelop commercialise une biomembrane, biodégradable et comestible sortie de leurs laboratoires. Vaporisée sur les aliments, elle les protège et prolonge leur fraîcheur. Ce biofilm, fabriqué à partir de lactosérum ou de protéines végétales, a les mêmes propriétés que les pellicules dérivées du pétrole. Des pizzas réfrigérées, des fruits et légumes qui s'oxydent facilement comme les fraises sont déjà traités de cette façon.

LA VALORISATION DE LA BIOMASSE MARINE

Certaines activités industrielles laissent des résidus importants. Flairant une bonne piste, des entrepreneurs valorisent cette abondante matière première grâce à divers bioprocédés.

Une fois dans nos assiettes, la crevette de Matane ne représente que 30 % du poids total de ce petit crustacé. Sa carapace est riche en chitosane, la forme soluble de la chitine, un ingrédient qui intéresse tout autant les industries pharmaceutique et cosmétique que l'agriculture et les industries des pâtes et papier ou du textile. Il sert à séparer des protéines, inhiber l'activité de tumeurs, contrôler le cholestérol sanguin, fabriquer de la peau artificielle ou des fils chirurgicaux biodégradables. Il entre dans la composition de crèmes hydratantes, de shampooings, de dentifrices. Il se transforme en agent antifongique ou de conservation. Il rend le papier plus résistant et sert à la



Banc de crevettes.

fabrication de textiles et de pansements. Plusieurs entreprises du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie ont fait des résidus de crevettes et de la biomasse marine leur matière première.

Depuis 1997, l'usine des Pêcheries Marinard à Rivière-au-Renard en tire un chitosane extrêmement pur commercialisé sous le nom de Kitomer. Aquaterre propose un système de compostage utilisant de la tourbe-mousse et des résidus de crevettes. La PME de Saint-Fabien produit aussi un engrais biologique à base d'algues. À Rimouski, AquaBiokem BSL récupère 95 % des résidus de crevettes et en tire cinq composés dont trois ont une grande valeur ajoutée : la poudre de caroténoïde, la poudre d'hydrolysate de protéine et la chitine. Son procédé permet d'extraire et de récupérer les cinq produits simultanément, en moins de 24 heures et au fur et à mesure de la production.

Et ce n'est qu'un début. L'Université du Québec à Rimouski et le Centre océanographique de Rimouski poursuivent plusieurs projets de recherche en vue d'exploiter commercialement l'immense potentiel de la biomasse marine.

EXPORTER SON SAVOIR-FAIRE

Durant les années fastes des grands programmes environnementaux, des entreprises québécoises ont mis au point des biotechnologies environnementales efficaces : biofiltration à base de tourbe, procédés de récupération ou de solubilisation des métaux, technologies de décontamination des sols, des eaux et de l'air, neutralisation des eaux de drainage acides de milieux miniers, développement de souches microbiennes capables de s'attaquer aux contaminants les plus récalcitrants, etc. Plusieurs de ces technologies empruntent maintenant le chemin de l'exportation.

Un succès parmi d'autres : celui de la compagnie GSI Environnement en France, en co-entreprise avec la société française Ortec. Ortec-GSI Dépollution s'est vu confier la dépollution de quelque 150 000 tonnes de sols contaminés aux hydrocarbures près du quartier parisien de la Défense. Le procédé de bio-traitement en pile utilisé a été mis au point par l'unité de R&D de GSI au Québec. Cette implantation en France a servi de tête de pont à GSI pour conquérir les marchés africains et des Caraïbes. Une co-entreprise sera bientôt formée aux États-Unis afin de pénétrer le marché au-delà de la Nouvelle-Angleterre où la PME de Sherbrooke est déjà présente.

FAIRE FLÈCHE DE TOUT BOIS

Fondée en 1992 par trois chercheurs de l'Université de Sherbrooke, Kemestrie se spécialise dans les procédés d'extraction, de séparation et de purification de molécules naturelles à partir de matières organiques, le plus souvent des résidus d'autres activités industrielles. Par exemple, elle extrait du maltol des sapins abandonnés par les coupes forestières.

Kemestrie aide les entreprises qui détiennent une technologie à l'utiliser industriellement. La multinationale Forbes Medi-tech s'est adressée à elle pour la mise à l'échelle d'un procédé d'extraction du phytostérol contenu dans les déchets des usines de pâtes et papier. Selon les essais cliniques en cours, le phytostérol, un composé naturel, réduirait de 20 à 24 % en 30 jours le taux de cholestérol sanguin.

Prolab a fait équipe avec Kemestrie pour la mise au point de procédés de récupération des acides gras de résidus industriels. Ces acides à haute valeur ajoutée seront écoulés sur les marchés internationaux des produits cosmétiques, pharmaceutiques, alimentaires, plastifiants et autres. Prolab en transformera une partie en lubrifiants de haute performance biodégradables. Une nouvelle usine est en construction à Black Lake.

LA GUERRE AU LISIER

L'industrie porcine est aux prises avec un sous-produit tellement encombrant, le lisier, qu'il freine son expansion. Envirogain croit avoir trouvé une solution qu'elle commercialise sous le nom de BIOFERTILE. Développé en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, ce système de traitement s'installe à la porcherie.

Une fois séparées, les parties liquides et solides ont chacune leurs parcours. Les premières sont dirigées vers un bioréacteur où elles subissent un traitement biologique en aérobie. Des bactéries naturellement présentes dans le lisier font le travail. Après le polissage, le liquide est soit rejeté directement au cours d'eau, soit réutilisé dans la porcherie après un dernier rinçage,

BIOMASSE ET DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

La biomasse est une ressource sous-exploitée et abondante sur tout le territoire. Sa mise en valeur contribuerait au développement régional croit le Centre québécois de valorisation des biotechnologies (CQVB) qui lance le réseau national Bio-Innovation dont le but est de sensibiliser et de mobiliser les décideurs de chacune des régions du Québec.

« Nous voulons déconcentrer l'activité biotechnologique, qui est présentement à 90 % pharmaceutique, et mieux la répartir en amenant chaque région à tirer parti sur place de sa biomasse, explique le président-directeur général du CQVB, Jean-Maurice Plourde. Le plus difficile sera sans doute d'intéresser les chercheurs et de les inciter à commercialiser en région les résultats de leurs recherches. »

Bio-Innovation s'appuie sur des réseaux régionaux. Deux sont en gestation : ceux du Saguenay-Lac-Saint-Jean et du Bas-Saint-Laurent. Les régions de l'Estrie, de Saint-Hyacinthe et de Trois-Rivières sont aussi pressenties.

LA MISE EN VALEUR DES FORÊTS

Les chercheurs du Centre de foresterie des Laurentides, la tête du Réseau sur la biotechnologie des arbres et la génétique de pointe du Service canadien des forêts, souhaitent mettre les biotechnologies au service de la conservation et d'une meilleure exploitation de la forêt. Depuis quelques années, ils cultivent des arbres transgéniques. L'Agence canadienne d'inspection des aliments vient de les autoriser à les planter dans la forêt expérimentale de Valcartier.

Les peupliers et épinettes choisis pour ces essais ont dans leur bagage génétique un gène de résistance à la tordeuse des bourgeons de l'épinette provenant de la bactérie *Bacillus thuringiensis* qui sécrète une protéine toxique pour la tordeuse. En laboratoire, les recherches se poursuivent en vue d'identifier des marqueurs génétiques associés à certaines propriétés comme la densité du bois, le taux de lignine des conifères ou le taux de sucre des érables, l'objectif ultime étant d'accentuer ou d'atténuer ces caractéristiques et de créer des arbres sur mesure pour l'industrie.

Ces manipulations génétiques auront-elles des effets néfastes sur les populations transgéniques ? Les gènes implantés se trans-



histoire d'éliminer les odeurs. Les boues solides sont déshydratées et servent de biofertilisant à la ferme. Les surplus sont transformés en granules inodores facilement exportables. Un premier centre régional de transformation entrera bientôt en activité dans Chaudière-Appalaches.

Biosor Technologies a commencé sa carrière dans le lisier. Depuis, le système conçu par le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) est devenu une technologie générique qui sert à traiter non seulement le lisier mais également les fumiers, les effluents des abattoirs et des conserveries, les lixivats, les eaux usées des petites municipalités (300 à 3 000 habitants).

Le procédé Biosor combine le traitement des effluents liquides et gazeux. Il fait appel à des micro-organismes et à des agents dépolluants. Le résidu liquide retourne dans la nature alors que le résidu solide sert d'engrais organique concentré. Une dizaine d'unités sont en opération au Québec : cinq dans des porcheries, deux dans des fermes laitières, deux dans des usines de transformation alimentaire et une dans une petite municipalité. Biosor Technologies bénéficie de deux vitrines en France et a reçu le Prix de l'innovation technologique au dernier Salon de la production agricole de la Communauté européenne (SPACE) tenu à Rennes.

mettront-ils aux populations naturelles ? Pour mesurer les risques et les impacts, les chercheurs ont besoin d'approfondir leurs connaissances en biologie moléculaire des arbres et de suivre les arbres sur une longue période. Les écologistes doutent que l'industrie forestière leur laisse le temps d'aller au bout de leur réflexion et ils s'inquiètent. ●

Vitrine originale – De son passé industriel, la zone du canal Lachine, à Montréal, a reçu en héritage des sols contaminés. Le Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation des sites (CEMRS) et l'Institut de recherche en biotechnologie (IRB), avec l'appui de la Ville de Montréal et des gouvernements fédéral et provincial, y construisent une station expérimentale. Elle servira de laboratoire et de vitrine pour éprouver et faire connaître les nouvelles technologies de décontamination. Ce sera aussi un centre d'interprétation et d'information à l'intention du grand public. Située un peu à l'ouest du marché Atwater, en bordure du canal et de la piste cyclable, cette vitrine originale ouvrira ses portes au courant de l'été ou à l'automne.

nouveaux horizons

À LA RECHERCHE DU MIEUX-ÊTRE

PAR JEANNE MORAZAIN

La biotechnologie abolit les frontières entre les secteurs traditionnels de la santé, de l'agroalimentaire et de l'environnement. Diverses forces ont favorisé cette convergence et, au premier chef, les progrès du génie génétique et de la biologie moléculaire, conjugué au fait qu'une même plate-forme biotechnologique peut avoir des applications dans plus d'un secteur. Le comportement des consommateurs a soutenu le mouvement. Soucieux de leur condition physique et préoccupés par les effets du vieillissement, ils exigent des aliments qui les garderont en santé longtemps et réclament qu'on mette tout en œuvre pour combattre la maladie.

LES ALIMENTS FONCTIONNELS ET LES NUTRACEUTIQUES

« Que les aliments servent de médicaments et que les médicaments servent d'aliments », professa Hippocrate en son temps. La multiplication des produits réputés pour avoir une action préventive, voire curative, est la concrétisation de cette maxime du plus grand médecin de l'Antiquité. Consommés sous forme d'aliments, ces produits sont qualifiés de fonctionnels. Utilisés comme ingrédients alimentaires ou sous forme de poudre ou de capsules, ils sont appelés nutraceutiques.

Les aliments fonctionnels et les nutraceutiques ne sont pas des OGM. L'intervention se situe au niveau des molécules et il n'y a aucun transfert de gènes. Ils ne sont pas tous issus des biotechnologies. 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, chaque peptide ayant des effets spécifiques. On trouve aussi dans cette deuxième famille quelques polysaccharides.



Chercheurs associés de l'INAF, Hélène Jacques et Yvan Chouinard, de l'Université Laval, effectuent des études nutritionnelles sur les protéines de poisson et les acides linoéliqués conjugués du lait.

Pour le consommateur, ces aliments santé prennent la forme de boissons isotoniques, de yogourts aux *Lactobacillus reuteri* qui combattent les diarrhées d'origine bactérienne ou virale, de céréales et de pâtes enrichies d'Omega 3 qui ont un effet bénéfique sur la santé cardiaque, de gomme à mâcher aux bleuets afin de soulager la fatigue oculaire, de chocolats vitaminés contenant de la cercholine pour améliorer la concentration et la mémoire, de soupes aux collagènes pour hydrater la peau.

Ce nouveau marché est estimé à au moins 20 milliards de dollars annuellement et il pourrait même dépasser les 80 milliards selon certains analystes. Toutefois, l'interdiction actuelle de mentionner sur les emballages et la publicité les possibles effets thérapeutiques des aliments fonctionnels et des nutraceutiques freine leur pénétration au Canada. La réglementation qui établirait des règles claires et lèverait cet interdit se fait attendre. Ce qui n'empêche

pas certains aliments fonctionnels d'être déjà sur les étagères des épicereries comme le kefir, le BioK Plus (un lait bactériel fermenté) ou les jus de la famille Oasis de la compagnie Lassonde.

Le Québec est bien en selle dans ce nouveau champ d'exploration. Malgré une forte compétition de l'Université de Guelph en Ontario, l'Université Laval a été choisie pour accueillir l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF). Sont associés à ce nouvel Institut quelque 45 chercheurs provenant des centres de recherche existants en sciences et technologie du lait, en horticulture, en reproduction animale, en nutrition humaine. Quelques chercheurs des hôpitaux universitaires (CHUL, hôpital Laval, Hôtel-Dieu de Québec) participent aussi aux travaux du nouvel institut de même qu'une vingtaine de scientifiques d'autres institutions.



Meyer-Robitaille/Université Laval

À l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, on utilise l'ultrafiltration pour mettre au point de nouveaux aliments.

« L'INAF réunit la plus importante masse critique de chercheurs dans son domaine au Canada, affirme son directeur, Paul Paquin. Il se distingue par son approche multidisciplinaire et multi-institutionnelle qui met en présence des chercheurs de spécialités différentes aux compétences complémentaires. Une fois à la même table, chacun tente, selon son expertise particulière, de répondre à la même question : que peut-on et que doit-on faire avec cette molécule ? »

L'INAF privilégie quatre grands axes de recherche : les antioxydants (les canneberges par exemple); les lipides issus des animaux et des plantes; les protéines; les probiotiques qui mettent à contribution des bactéries et des micro-organismes. « Nous favorisons une recherche exhaustive qui part de la molécule, inclut les procédés industriels et se termine avec les essais cliniques », insiste Paul Paquin.

UNE ALLIANCE STRATÉGIQUE

Les protéines du lait possèdent un fort potentiel nutraceutique. Leur décomposition par les enzymes de certaines bactéries lactiques favoriserait la libération de peptides bioactifs susceptibles de provoquer des réponses physiologiques. De tels peptides pourraient, par exemple, stimuler le système immunitaire ou activer le processus de digestion. Les chercheurs de l'Université Laval ont identifié un peptide qui aurait un effet analgésique apparenté à celui de la morphine. La compagnie Advitech Solutions de Vanier, près de Québec, commercialise un peptide anti-stress et s'apprête à lancer un peptide anti-hypertensif.

Entre affirmer qu'un aliment, une poudre ou une gélule produit tel effet et le démontrer scientifiquement, il y a une marge. La protection des consommateurs exige que cette démonstration soit faite selon des normes très strictes qui, dans le cas des nutraceutiques, se rapprochent de celles de l'industrie du médicament. Cela requiert d'énormes capitaux et une expertise en matière d'essais cliniques.

Les grandes compagnies pharmaceutiques disposent des deux. Il n'est donc pas étonnant qu'elles soient très présentes sur ce marché. Au lieu de se faire la lutte pour exploiter l'immense potentiel des nutraceutiques, les multinationales du pharmaceutique et de l'agroalimentaire se sont alliées.

Dans le cas des aliments fonctionnels, à la vérification habituelle d'innocuité, se greffe la nécessité de vérifier que l'ingrédient a bel et bien les propriétés bénéfiques alléguées. C'est ce à quoi s'emploie Edward Farnworth du CRDA de Saint-Hyacinthe. Il évalue notamment le rôle du kefir dans la prévention du cancer et étudie la composition du thé Kombucha auquel on prête d'innombrables vertus.

Un agent actif, aussi extraordinaire soit-il, n'est d'aucune utilité s'il est détruit en cours de transformation ou en cours d'absorption. Pour contourner ce dernier problème, il est encapsulé dans une coque dont il sera libéré une fois rendu là où il doit agir. Les probiotiques de Rosell-Lallemand, produits à partir de souches différentes de bactéries lactiques, sont protégés de cette façon. Ainsi, ils ne perdent par leur caractère actif au contact de l'acidité gastrique et arrivent intacts dans les intestins.

Nouvel institut, nouveau pavillon – L'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF) logera sous peu dans un pavillon ultramoderne, dédié exclusivement à la recherche, comprenant plusieurs laboratoires (biologie moléculaire de pointe (GLP), biochimie, études cliniques, transformation alimentaire), des installations adaptées à la production de plantes transgéniques, des chambres de croissance, un complexe de serres et une animalerie. On n'a pas attendu sa construction pour faire entrer de nouvelles technologies dans l'actuel laboratoire pilote. Les chercheurs peuvent déjà s'attaquer à des défis industriels de taille tels que la caractérisation des molécules actives, l'ingénierie de l'encapsulation, la pasteurisation froide, la stabilisation des produits. La multinationale suédoise Tetra Pak, qui participe à un programme de recherche sur la technologie d'emballage aseptique, a fourni des équipements d'une valeur d'un million de dollars.



Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF)



UNIVERSITÉ
LAVAL

Aujourd'hui Québec, demain le monde.

Joignez-vous au leader

en biotechnologies alimentaires



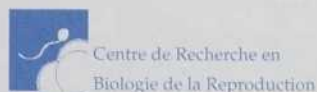
Faculté des sciences
de l'agriculture
et de l'alimentation

La Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation par ses quatre centres de recherche et son Institut réunit une centaine de professeurs-chercheurs reconnus internationalement dans les domaines suivants :

- › Développement de molécules nutraceutiques
- › Développement d'aliments-santé
- › Bactéries probiotiques
- › Préservation des propriétés bioactives
- › Développement de procédés de fermentation, de fractionnement-purification
- › Moléculture animale et végétale
- › Transgénèse animale
- › Transgénèse végétale
- › Interaction aliment-nutrition-santé
- › Étude du comportement des consommateurs
- › Analyse des stratégies d'entreprise

Profitez d'un laboratoire pilote disposant des technologies de pointe adaptées aux secteurs des nutraceutiques et des aliments fonctionnels. Ce laboratoire permet aux chercheurs, aux étudiants et aux entreprises de travailler en partenariat.

Une faculté branchée sur l'avenir et ouverte sur le monde



RENSEIGNEMENTS

Pour information sur nos programmes, nos cours de formation continue à distance et nos recherches, composez le :

418.656.3145

ou visitez notre site Internet :

www.fsaa.ulaval.ca

LES COSMÉCEUTIQUES, VOUS CONNAISSEZ ?

Les cosméceutiques sont aux cosmétiques ce que les nutraceutiques sont aux aliments : ils intègrent des ingrédients bio-actifs qui leur confèrent des propriétés thérapeutiques. Plusieurs compagnies déjà actives dans le domaine pharmaceutique sont présentes dans ce nouveau marché estimé à quatre milliards de dollars, selon Alain Lavoie, vice-président d'Atrium. « Au Canada, le marché est d'environ 300 millions. Il avoisine le milliard de dollars aux États-Unis où nous exportons 35 % de notre production. Le reste prend le chemin du Japon dans une proportion de 35 % et de l'Europe où va un autre 25 %. Le marché canadien ne représente que 5 % de nos ventes », précise-t-il.

Atrium est une filiale d'Aeterna, connue pour ses travaux sur les médicaments inhibiteurs de l'angiogenèse. Elle vend ses ingrédients bio-actifs aux grandes multinationales de l'industrie cosmétique dont Estée Lauder. L'ingrédient vedette d'Atrium est un inhibiteur des métalloprotéinases de la matrice (MMP) responsables de la dégradation de la peau et ... des rides. La production de ces produits hauts de gamme se fait dans des conditions proches de celles des médicaments, comme l'explique Alain Thibodeau, directeur des affaires scientifiques : « Le procédé préserve l'activité des molécules reconnues pour avoir un effet biologique. Le produit est épuré, embouteillé en salle blanche dans une enceinte stérile et soumis à un rigoureux contrôle de qualité. »

De son côté, Bagtech (Bioartificial Gel Technologies) a choisi de commercialiser, sous la même raison sociale, ses produits biomédicaux et cosméceutiques à base d'eau dont un hydrogel, l'Aqua-Vitale, qui revitalise la peau autour des yeux. Les maisons européennes Fabre et Gattefossé ont acheté 100 000 masques pour le contour de l'œil - livraison prévue en 2001.

La lutte que livre la génération des baby boomers au vieillissement est une bonne nouvelle pour l'industrie des cosméceutiques. Elle pourrait aussi faire la fortune des compagnies pharmaceutiques qui, comme la québécoise Theratechnologies, produisent des hormones de croissance. Des vedettes américaines jurent que l'injection régulière de somatropine synthétique, une hormone de croissance humaine, leur redonne leur jeunesse. Une fontaine de Jouvence en forme d'hormone, quoi !

DES USINES NATURELLES

Les biotechnologies transforment les animaux et les plantes en usines naturelles pourvoyeuses de médicaments et de produits écologiques. La transgénèse est au cœur de cette transformation. Grâce à leur maîtrise des techniques permettant de modifier la séquence génétique d'une espèce en y insérant un gène d'une autre espèce, les chercheurs ont créé des animaux et des plantes transgéniques capables de transmettre le gène reçu à leurs descendants. L'agriculture moléculaire venait de franchir un grand pas.

Les plantes candidates à une carrière manufacturière ne manquent pas. Les producteurs de tabac seront heureux d'apprendre que cette plante peut, après modification génétique, produire de la somatotropine humaine, une hormone de croissance. La pervenche de Madagascar biosynthétise déjà naturellement de la vinblastine, une substance utile dans la lutte contre le cancer à laquelle les chercheurs de l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal s'intéressent.

Une même plante peut servir à plusieurs productions. Tout dépend du gène transféré et des protéines qu'il exprime. Ainsi, à partir de plants de canola, on obtient de l'interleukin (un stimu-

lant du système immunitaire), de l'hirudine (un anti-coagulant), du laurate (un ingrédient entrant dans la composition des détergents) et de l'acide érucique, un élément qui entre notamment dans la fabrication de plastique super-résistant.

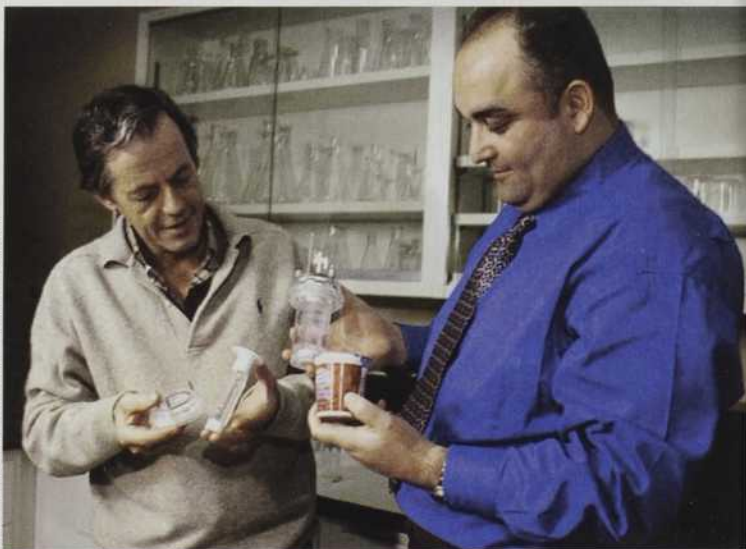
L'année 2001 sera un point tournant pour Medicago, une PME biotechnologique de Québec, mise sur pied par des chercheurs du Centre de recherche horticole de l'Université Laval. La petite compagnie entreprendra la production sur une grande échelle de molécules recombinantes de grande valeur thérapeutique telles que l'insuline, l'interféron β (bêta), l'hémoglobine, les anticorps utilisés en immunothérapie, à partir de lignées de luzerne transgéniques sélectionnées pour leur productivité.

Medicago a mis au point des plates-formes manufacturières qui peuvent servir à plusieurs applications et vient de signer un premier contrat avec Hémosol pour la production d'hémoglobine. « Nous aménagerons ce printemps dans de nouvelles installations plus appropriées à ce que nous faisons, indique Louis Vézina, co-fondateur de Medicago. Nous devons assurer le confinement de chaque production et préserver la confidentialité des brins d'ADN que nous envoient nos clients. » Si la carrière commerciale de Medicago s'avère un succès, la compagnie, qui emploie déjà 35 personnes, connaîtra une croissance qui pourrait être phénoménale.

CHÈVRE ET PORC

Les plantes ne sont pas seules sur les rangs. Des animaux usines sont en gestation un peu partout, y compris au Québec. La glande mammaire se révèle un excellent bioréacteur naturel, grâce à sa capacité de produire en quantité et à faible prix des protéines purifiées, stériles, ne présentant pas de risques de contamination. Nous ne sommes pas loin du jour où des troupeaux de vaches laitières, de brebis ou de chèvres brouteront tranquillement tout en fabriquant des composés thérapeutiques.

Jeffrey Turner a quitté l'Université McGill en 1993 pour fonder Nexia Biotechnologies. Le 9 août 1998 naissait Willow, une chèvre transgénique, porteuse d'un gène humain. L'entreprise détient un brevet sur sa méthode de culture des cellules mammaires. Nexia possède maintenant trois fermes d'élevage de chèvres à reproduction et lactation précoces BELE® (Breed Early/Lactate Early).



Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF)

Une cellule à digestion mise au point par Laurent Savoie pour simuler le système digestif est fort utile pour Ismail Fliss qui étudie les mécanismes d'action des probiotiques chez l'humain (Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels).



Marc Robitaille/Université Laval

Entouré de Pierre Castonguay et de Mariève Bureau, le chercheur Marc-André Sirard du Centre de recherche en biologie de la reproduction (Université Laval) présente les premiers porcelets éprouvettes canadiens.

Les chèvres de Nexia sont programmées pour produire des protéines pharmaceutiques. Elles sont également destinées à la production de biomatériaux dont une fibre ultra-légère à base de protéines de soie d'araignée. Cette fibre conjugue une grande élasticité et une résistance à la tension deux fois supérieure à celle de l'acier, d'où son nom de BioSteel®. Nexia veut maintenant la commercialiser pour qu'elle serve, entre autres, à la confection de vestes pare-balles et de ligatures chirurgicales. La compagnie vient de s'inscrire en Bourse et a récolté quelque 40 millions de dollars avec sa première émission d'actions.

Une équipe de chercheurs vient d'essaimer de l'Université Laval à Québec pour tenter l'aventure entrepreneuriale. TGN Biotech, la petite entreprise fondée par Marc-André Sirard et François Pothier du Centre de recherche en biologie de la reproduction, entend fabriquer, à partir des quantités énormes de liquide séminal que sécrète le porc, des protéines recombinantes pouvant servir à l'élaboration de médicaments.

Outre l'abondance de son sperme, qui pourrait donner jusqu'à 15 grammes d'une protéine humaine par éjaculation, le porc présente d'autres avantages, explique Marc-André Sirard. « Le porc se reproduit vite et atteint rapidement sa maturité sexuelle. La période de gestation est courte et une portée moyenne compte 12 porcelets. Après six mois, les porcelets sont déjà pubères. De plus, contrairement à ce qui se passe lorsqu'on utilise la glande mammaire, aucune des protéines sur-exprimées ne retourne dans le système sanguin de l'animal. »

Après avoir démontré qu'il était possible d'utiliser les glandes séminales et la prostate des animaux, les deux chercheurs ont

fait breveter leur technique ce qui leur accorde une protection de 15 ans. La préparation moléculaire des gènes qu'ils utiliseront est en cours. Suivra leur microinjection dans des embryons. Les premiers porcelets transgéniques à vocation pharmacologique de TGN Biotech devraient naître pour Noël 2001. ●

Ferme pour vaches transgéniques – La Société générale de financement (SGF) a conclu une entente exploratoire avec la société néerlandaise Pharming Group en vue d'implanter au Québec une ferme d'élevage de vaches transgéniques. Le lait produit contiendrait des protéines qui serviront à mettre au point des traitements pour guérir des plaies et diverses affections génétiques, infectieuses, inflammatoires ou traumatiques.

Collagène de poulet – La peau de poulet contient du collagène, un ingrédient très prisé par les industries pharmaceutique et cosmétique. Le Centre de recherche et de développement des aliments de Saint-Hyacinthe (CRDA) a mis au point un procédé d'extraction et de purification du collagène et il recherche un partenaire industriel. L'offre mérite considération : le collagène vaut 22 000 \$ américains le kilo pour la qualité cosmétique et 340 000 \$ pour la qualité médicale.

enjeux

LE DÉBAT PUBLIC EST LANCÉ

PAR JEANNE MORAZAIN

Clonage et OGM, ces deux mots sont omniprésents dans l'actualité, montrant combien vif est le débat entourant les interventions génétiques qui, pour les uns, sont promesses de mieux-être et, pour les autres, présages catastrophiques. La confrontation est émotive comme chaque fois que notre santé ou notre longévité sont en cause. Surtout, elle s'articule autour de considérations par trop individuelles et ignore presque totalement les dimensions collectives. Cette question, fort complexe, mériterait pourtant un véritable débat de société tellement les enjeux sociaux et éthiques qu'elle soulève sont cruciaux pour l'avenir même de l'humanité.

LES CONSOMMATEURS ÉBRANLÉS

Personne n'en doute plus, le clonage humain est à portée de main. Après les clonages réussis de souris, de brebis, de chèvres, de cochons, de bovins, de singes, il ne reste plus guère d'obstacles techniques. Les barrières politiques commencent à tomber comme le montre la récente décision de la Chambre des Lords britannique d'autoriser le clonage d'embryons humains ou celle de la Commission consultative sur la bioéthique des États-Unis de rendre admissible aux subventions de l'État la recherche sur les cellules souches embryonnaires.

Bien sûr, chaque pas dans cette direction s'accompagne d'un discours humaniste rassurant, centré sur l'élimination des maladies génétiques et la disponibilité d'organes de remplacement. Les risques pour l'espèce en cas de transmission des modifications génétiques aux générations futures sont à peine soulevés. Les bouleversements moraux et culturels qu'une telle pratique ne manquera pas de provoquer



sont occultés. Le seul risque concrètement envisagé est celui d'une possible discrimination sur la base du bagage génétique.

La controverse entourant les organismes génétiquement modifiés (OGM) ratisse un peu plus large. Outre leur impact sur la santé, leurs répercussions sur l'environnement et sur les pays en développement font partie du débat. Partisans et opposants ont des positions bien campées.

Les défenseurs des OGM sont convaincus de leur innocuité pour les humains, les animaux et l'environnement. Ils entrevoient même des effets bénéfiques sur la santé des populations. Ils se réjouissent de l'arrivée de plantes améliorées capables de lutter contre certaines maladies. Ils prévoient une augmentation des réserves alimentaires mondiales et prédisent la survie des fermes familiales.

Les opposants soutiennent tout le contraire. Pour eux, la preuve n'est pas faite que les OGM n'auront pas d'effets négatifs sur la santé humaine ou sur l'environnement. Ils redoutent la contamination des espèces naturelles et l'apparition de super-insectes en réponse à la multiplication des plantes résistantes. Ils sont persuadés que le monopole des multinationales nuira aux agriculteurs des pays en développement qui ne pourront plus utiliser d'une saison à l'autre les graines récoltées.

Bien qu'ébranlés, les consommateurs sont en général peu militants, du moins de ce côté-ci de l'Atlantique. Ils se contentent de réclamer un étiquetage identi-



L'AMORCE D'UNE RÉFLEXION

De tels propos heurtent. « Il est inacceptable de créer un autre humain pour des raisons égoïstes », tranche Maureen McTeer, auteure d'un livre récent sur les choix et enjeux au XXI^e siècle¹. Même indignation chez Bartha Maria Knoppers du Centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal : « Les raisons narcissiques, égoïstes, mercantiles sont contraires au respect de la dignité et des droits humains. »

Selon le philosophe Georges Perreault, professeur d'éthique appliquée à l'Université de Sherbrooke, la société nord-américaine ultra-libérale est responsable de cette prépondérance des considérations individualistes : « Nos sociétés ont renié complètement la notion de bien collectif. L'acceptabilité d'une chose se décide en fonction de l'individu, peu importe le coût social ou environnemental. »

Un peu partout, les gouvernements créent des comités aviseurs. Depuis le début de 1999, le Canada a un Comité consultatif canadien de la biotechnologie composé de 20 experts dont quatre viennent du Québec². Ce comité commande des études, informe et consulte la popula-

tion. Il héberge sur son site Internet un forum permanent de discussion. Cinq questions font cependant l'objet de consultations particulières (voir encadré p.50).

Le Québec a aussi un comité sur les OGM dans l'alimentation au sein duquel les associations de consommateurs détiennent trois des sept sièges.

Les opposants aux OGM se méfient des gouvernements dont ils questionnent l'indépendance par rapport aux multinationales. Ils réclament des études indépendantes et exigent entre-temps l'application du principe de précaution, c'est-à-dire un moratoire sur la dissémination des cultures transgéniques, d'ici à ce que les résultats soient connus. Inutile de dire que les promoteurs des OGM ne sont pas d'accord.

ORCHESTRER UN VÉRITABLE DÉBAT PUBLIC

Les initiatives qui donnent une voix aux consommateurs dans les discussions contribuent « à mieux équilibrer le modèle actuel, dominé par les considérations économiques, » se réjouit Maureen McTeer. Georges Perreault croit qu'il faut aussi changer la dynamique traditionnelle qui se limite, selon lui, à la synthèse de points de vue particuliers.

fiant les produits contenant des OGM.

En bout de ligne, tout se réduit à une question de droits: le droit de savoir afin de pouvoir choisir, le droit de profiter sans restriction du potentiel de la science et de la technologie. « Interdire le clonage serait priver quelqu'un de la liberté de se reproduire », voilà le type d'argument qui résume la suprématie absolue conférée aux droits individuels.

¹ McTeer, Maureen. *Vivre au XXI^e siècle : choix et enjeux*. Montréal, Libre Expression, 2000, p.142.

² Il s'agit de Pierre Coulombe, président d'Infectio-Diagnostic, de Thomas J. Hudson, directeur du Centre de génomique de Montréal et directeur adjoint du Whitehead Institute/MIT Center for Genome Research de Boston, Bartha Maria Knoppers du centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal et de René Simard, ancien recteur de l'Université de Montréal.

« Nous pourrions nous inspirer de l'expérience danoise des conférences citoyennes. Des gens ordinaires sont réunis un peu à la façon d'un jury. Ils sont libérés et payés pour lire, s'informer, interroger les experts et arriver à une opinion commune qui sera rendue publique. » Ces jurys poursuivent en quelque sorte la réflexion que chaque citoyen devrait faire. Le public s'identifie à ces intermédiaires et leur accorde de la crédibilité.

La dynamique propre à ce type de regroupement permet d'examiner la question sous toutes ses facettes. Elle fait ressortir les liens entre les valeurs des individus et leur évaluation des conséquences et des risques. Obligés d'énoncer une opinion commune, les participants en arrivent à hiérarchiser les valeurs et à légitimer la suprématie qu'ils accordent à certaines valeurs. Ainsi, le débat arrive à transcender les intérêts individuels et à s'élever au plan social, moral et éthique.

UNE EXPÉRIENCE EXEMPLAIRE

Au Québec, une douzaine d'universitaires, provenant aussi bien des sciences pures que des sciences humaines, poursuivent depuis deux ans une démarche qui rejoint le concept des conférences citoyennes. Réunis au sein du Groupe de réflexion sur les animaux transgéniques (GRAT), chercheurs en génétique et en biologie moléculaire, spécialistes en sociologie, en philosophie et en droit public échangent.

« Rien de tel pour comprendre qu'il y a plusieurs lectures possibles d'une même réalité et qu'aucune ne rend compte de toute la réalité, témoigne Georges Perreault. Malgré toutes nos différences, nous nous sommes rapprochés intellectuellement et nous avons appris à nous faire confiance mutuellement. J'ai repris confiance dans la capacité de l'université de jouer son rôle dans la société civile. » Autre retombée, inattendue celle-là, Georges Perreault donne maintenant des conférences sur les aspects sociaux et éthiques des cultures transgéniques à des producteurs de maïs et de soya !

Bien qu'il la juge exigeante, Marc-André Sirard a trouvé la démarche à ce point enrichissante qu'il participera à un deuxième groupe, issu du premier, qui étudiera cette fois les conséquences de la reprogrammation des tissus humains. « La naissance de Dolly, explique-t-il, a démontré qu'il était possible d'effacer en quelques heures quarante années de vie. Cela fait réfléchir. »



Bartha Maria Knoppers, présidente du comité d'éthique de la Human Genome Organization.

Les travaux du GRAT sont présentés dans un ouvrage sur l'acceptabilité de la transgénèse dont la sortie est prévue au congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS), en mai 2001.

LE GÉNOME, UN PATRIMOINE COLLECTIF

Les percées récentes de la génétique et de la biologie moléculaire, le séquençage du génome humain, l'avènement de la bioinformatique ont conféré à la science un immense pouvoir sur les différentes formes de vie, y compris la vie humaine. La tentation de soumettre ce pouvoir à des fins capitalistes est forte comme le montre la controverse sur la propriété intellectuelle et les brevets sur les gènes.

Le séquençage du génome humain a été mené parallèlement par des centres de recherche publics et des entreprises privées. Une banque de données commune collige les résultats et les rend accessibles à tous les chercheurs. La compagnie américaine Celera Genomics a été accusée de ne pas jouer le jeu et de garder pour elle seule des données dans le but d'en retirer des bénéfices.

L'affaire a fait tant de bruit que le Président américain et le Premier ministre britannique ont senti le besoin, dans une déclaration conjointe, de rappeler que le génome humain n'est pas brevetable et d'inviter les chercheurs du monde entier à partager et à rendre publiques toutes leurs découvertes génétiques, dans le cadre du grand projet de décodage du génome humain.

Cette intervention va dans le sens de la Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de la personne adoptée par l'ONU en 1998. Celle-ci stipule en effet que le génome humain est une composante fondamentale du patrimoine de l'humanité, qu'il ne peut devenir propriété privée et que tous les humains doivent bénéficier des progrès de la biologie et de la génétique.

LA COURSE AUX BREVETS S'INTENSIFIE

La course aux brevets n'en est pas moins effrénée. Car, si la découverte d'un gène n'est pas brevetable, les inventions dérivées le sont. En outre, quelques décisions récentes révèlent une tendance à étendre l'aire de protection des brevets.

Au début de 2000, la technique de clonage par transfert de noyaux qui a donné naissance à Dolly a été brevetée. Ce brevet britannique, qui couvre aussi tous les animaux produits avec cette technique, est au nom de la compagnie américaine Geron Biomed qui a versé 45 millions de dollars américains pour obtenir le droit de commercialiser la technologie mise au point à l'Institut Roslin.

Les cellules souches recèlent un potentiel énorme et font l'objet d'une compétition féroce. Geron – encore elle ! – détient un brevet américain sur le traitement des recherches de James Thomson, le premier à avoir fait croître en laboratoire des cellules embryonnaires humaines. De son côté, Osiris Therapeutics, une autre compagnie américaine, demande un brevet sur des cellules souches adultes qu'elle aurait identifiées.

Plus près de nous, la saga de la *souris de Harvard*, génétiquement modifiée pour développer des cancers, se poursuit. Le 3 août 2000, la Cour d'appel fédérale canadienne renversait un jugement antérieur refusant un brevet aux chercheurs de Harvard. Ce nouveau

jugement établit que toute invention résultant de l'intervention humaine, et qui est contrôlable, peut être brevetée si les critères donnant droit à un brevet sont respectés (nouveau, utilité, caractère créatif).

C'est la première fois que le Canada autorise l'octroi d'un brevet pour une forme de vie multicellulaire. Le gouvernement a demandé à la Cour Suprême la permission d'en appeler de cette décision qui ouvre la voie à des brevets pour toutes sortes d'animaux et de plantes génétiquement modifiés. Les humains sont exclus : en tant qu'êtres libres, ils ne peuvent être la propriété de quiconque.

UNE DÉCISION QUI INQUIÈTE

Le gouvernement islandais s'est fait remarquer par sa décision de donner pour dix ans à deCode Genetics, une entreprise privée, un accès exclusif à une banque de données nationale regroupant les dossiers médicaux, génétiques et généalogiques de l'Islande. Pour être exclus de la banque, les Islandais doivent en faire la demande.

DAVID CONTRE GOLIATH

La concentration des brevets aux mains d'un nombre restreint de grosses compagnies ne facilite pas la vie des chercheurs et des petites entreprises de biotechnologie, comme en témoigne Louis Gingras, co-fondateur de Medicago, un fabricant de molécules recombinantes à partir de luzerne.

« Les grandes compagnies, comme Monsanto, ont déjà breveté la plupart des technologies de base. Alors, nous devons soit acquérir des licences, soit développer notre propre technologie. Nous avons choisi de ne pas aller sous licence. Il nous a fallu un an et demi d'efforts supplémentaires pour mettre au point nos propres façons de faire. Au moins, maintenant, nous pouvons à notre tour accorder des licences et en tirer des revenus. »

BIOQUÉBEC

Le plus important
réseau d'entreprises
de biotechnologie
au Canada

www.bioquebec.com

Pharmabio
développement

Comité sectoriel de main-d'œuvre
des industries des produits
pharmaceutiques et biotechnologiques

La revanche des sarraus

Cliquez sur l'adresse suivante
pour connaître les activités à venir :
www.pharmabio.qc.ca

ADRESSES INTERNET

Agence canadienne d'inspection des aliments
www.cfia-acia.agr.ca

Industrie Canada – Passerelle de la biotechnologie
<http://strategie.gc.ca>

Comité consultatif national sur la biotechnologie
www.cbac.ca

Développement des ressources Canada
www.hrdc-drhc.gc.ca/emploiavenir
tendances générales, secteurs émergents
www.qc.hrdc-drhc.gc.ca/emploi-avenir
tendances pour le Québec

Conseil des ressources humaines en biotechnologie
www.crbh.ca

Centre de recherche en droit public
www.humgen.umontreal.ca

Association américaine des bio-industries (en anglais)
www.bio.org

Ernst & Young
<http://www.ey.com>

CONTACTS UTILES

Agriculture et Agroalimentaire Canada
930, avenue Carling, bureau 755
Ottawa (Ontario) K1A 0C5
Tél. : (613) 759-7834
www.agr.ca

Association québécoise des bio-industries (Bio Québec)
6100, avenue Royalmount
Montréal (Québec) H4P 2R2
Tél. : (514) 733-8441;
télééc. : (514) 733-8272
www.bioquebec.com

BiotechCanada
130, rue Albert, bur. 420
Ottawa (Ontario) K1P 5G4
Tél. : (613) 563-8849;
télééc. : (613) 563-8850
www.biotech.ca

Développement économique Canada
800, place Victoria, bur. 3800
C.P. 247, Montréal (Québec) H4Z 1E8
Tél. : (514) 283-6412;
télééc. : (514) 283-3302

Centre de recherche et de développement des aliments
3600, boul. Casavant Ouest
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 8E3
Tél. : (450) 773-1105;
télééc. : (450) 773-8461
<http://sci.agr.ca/crda/index.htm>

Centre québécois de valorisation des biotechnologies
2875, boul. Laurier, bur. 620
Sainte-Foy (Québec) G1P 4C7
Tél. : (418) 657-3853;
télééc. : (418) 657-7934
www.cqvb.qc.ca

Centre québécois d'innovation en biotechnologie
230, rue Bernard-Belleau, bur. 200
Laval (Québec) H7V 4A9
Tél. : (450) 688-8377;
télééc. : (450) 688-8528
www.cqib.org

Enviro-accès
85, rue Belvédère Nord, bur. 150
Sherbrooke (Québec) J1H 4A7
Tél. : (819) 823-2230;
Télééc. : (819) 823-6632
www.enviroaccess.ca

Industrie Canada
Région du Québec
5, place Ville-Marie, 7^e étage
Montréal (Québec) H3B 2G2
Tél. : (514) 496-1797;
télééc. : (514) 283-2247
www.ic.gc.ca

Institut de recherche en biotechnologie
6100, avenue Royalmount
Montréal (Québec) H4P 2R2
Tél. : (514) 496-6250;
télééc. : (514) 496-5007
www.bri.nrc.ca

Laval Technopole
1555, boul. Chomedey, bur. 100
Laval (Québec) H7V 3Z1
Tél. : (450) 978-5959;
télééc. : (450) 978-5970
www.lavaltechnopole.qc.ca

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Direction régionale Montérégie
3230, rue Sicotte
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 7B2
Tél. : (450) 778-6530;
télééc. : (450) 778-6540
www.agr.gouv.qc.ca

Ministère de l'Industrie et du Commerce
Direction des industries de la santé
770, rue Sherbrooke Ouest
Montréal (Québec) H3A 1G1
Tél. : (514) 499-6534;
télééc. : (514) 864-3755
www.mic.gouv.qc.ca

Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie
1150, chemin Saint-Louis
Sillery (Québec) G1S 4Y9
Tél. : (418) 646-1378;
télééc. : (418) 646-3877
www.mrst.gouv.qc.ca

Parc technologique de Québec
2750, rue Einstein, bur. 390
Sainte-Foy (Québec) G1P 4R1
Tél. : (418) 650-2210;
télééc. : (418) 650-2209
www.parctechno.qc.ca

Pharma Vision Québec
1290, rue Saint-Denis, bur. 2315
Montréal (Québec) H2X 3J6
Tél. : (514) 987-0429;
télééc. : (514) 987-4035
info@pharmavisionquebec.com

Ressources naturelles Canada Service canadien des forêts
580, rue Booth, 7^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 947-9039;
télééc. : (613) 947-9035
www.rmcan.gc.ca/scf/biotech

SOQUIA Société québécoise d'initiatives agro-alimentaires
1195, rue de Lavignerie
Sainte-Foy (Québec) G1V 4N3
Tél. : (418) 643-2238;
télééc. : (418) 643-4037
www.sqfaq.com

Saint-Hyacinthe Technopole agroalimentaire
800, av. Sainte-Anne, bur. 300
Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 5G7
Tél. : (450) 773-4232;
télééc. : (450) 773-6767
www.sthyacinthetechnopole.qc.ca

ON VEUT VOTRE AVIS

Le Comité consultatif canadien de la biotechnologie veut votre avis sur les cinq questions suivantes :

- le recours aux interventions nouvelles basées sur la génétique;
- la réglementation des aliments génétiquement modifiés;
- la protection et l'exploitation de la propriété intellectuelle incluant le brevetage des formes supérieures de vie;
- la protection des renseignements génétiques;
- l'intégration des questions sociales et d'éthique à la biotechnologie.

Pour participer à cette consultation en ligne, rendez vous sur le site du Comité où vous trouverez une mine de renseignements et d'études qui vous aideront à prendre position.

www.cbac.gc.ca/francais

Peut-être serez vous aussi consulté sur une autre question puisque, dans son rapport, le groupe d'experts de la Société Royale recommande que ce comité examine l'influence croissante des intérêts de l'entreprise privée et des intérêts commerciaux sur l'orientation de la recherche dans les universités et les centres de recherche publics.

Pour éviter une situation semblable au Québec, le Réseau de médecine génétique appliquée (RMGA) propose de réaliser une carte génétique publique qui réunira les données généalogiques, médicales et génétiques de 20 000 à 24 000 familles choisies de façon aléatoire. L'adhésion à cette banque serait volontaire et les données encryptées et confidentielles.

Le RMGA, dont fait partie Bartha Maria Knoppers qui est aussi présidente du comité d'éthique de la Human Genome Organization (HUGO), a adopté en mai dernier un Énoncé de principe sur la recherche en génétique humaine. Cet énoncé respecte, en les adaptant, les grands principes élaborés par HUGO, un organisme qui compte 57 pays membres. On y traite de participation informée, de consentement, de confidentialité, de professionnalisme, de commercialisation, de contribution au développement scientifique.

Cette autoréglementation professionnelle ne doit pas empêcher ceux qui doivent veiller au bien commun de prendre leurs responsabilités. « Les élus doivent s'assurer que l'encadrement éthique de la recherche soit plus indépendant des pouvoirs financiers et scientifiques et plus représentatif des valeurs de la société », écrit Jean-Noël Ringuet, professeur de philosophie au cégep de Chicoutimi.

Leur tâche ne sera pas facile dans le contexte ultra-libéral actuel. « Le libéralisme a la faculté de convertir en marchandise tout ce qui peut l'être, écrit encore Jean-Noël Ringuet. Les biotechnologies ont fait du principe de la vie, l'ADN, une nouvelle matière première susceptible d'être brevetée, transformée, commercialisée sous diverses formes³. »

Les fondements mêmes de ce que nous sommes s'en trouvent ébranlés. « Derrière les portes closes des laboratoires, au nom de la santé et du développement économique, c'est l'idée même de l'humain et de sa place dans le monde qui se trouvent ainsi mis en jeu, » soutiennent Louise Vandelac et Jean Pichette⁴.

On le voit, l'enjeu des biotechnologies est énorme. Aux yeux de plusieurs, cela justifie d'arrêter la machine, à tout le moins pour prendre le temps de réfléchir et de poser des balises le long de la route afin que le pouvoir de la science servent à tous les humains, pas seulement à quelques-uns. ●

³ *Le Devoir*, les samedi 12 et dimanche 13 août 2000.

⁴ *Relations*, septembre 2000. Dossier Le vivant aux enchères.

A U J O U R D ' H U I
L E Q U É B E C



D E M A I N
L E M O N D E

C'est votre rêve ? C'est notre mission. Agroalimentaire, santé, récréotourisme, matériel de transport, produits forestiers, mines, produits chimiques, pétrochimiques et plastiques, logistique industrielle ou haute technologie, la SGF est votre meilleure alliée pour conquérir de nouveaux marchés. Et c'est bien plus qu'une question d'argent. Les spécialistes de la SGF connaissent votre produit ou service aussi bien que vous. Ils sont à votre entière disposition et comptent sur la force d'un réseau international dont l'actif représente plus de 6,8 milliards \$ US. Besoin d'espace ? Frappez à notre porte. On vous ouvrira le monde.



Votre succès fait notre affaire

Québec 

Faites de notre recherche votre affaire

CMRC-NRC

Institut de recherche en biotechnologie

S e c t e u r s

Biotechnologie santé

Biotechnologie environnementale

Bioprocédés

6100 Royalmount, Montréal (Québec) Canada H4P 2R2
Téléphone : (514) 496-6250 Télécopieur : (514) 496-5007
Courriel : bri@nrc.ca Site internet : www.bri.nrc.ca



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada