

# **DIFFUSION DES BIOTECHNOLOGIES AU CANADA :**

## **RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE SUR L'UTILISATION DE LA BIOTECHNOLOGIE PAR LES INDUSTRIES CANADIENNES - 1996**

Février 1999

**Anthony Arundel**

**MERIT\***

Rapport préparé dans le cadre du Projet de remaniement des sciences et de la technologie de Statistique  
Canada

**88F0017MPB No. 6**

---

\* Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology, Maastricht, Pays-Bas



## **PROJET DE SYSTÈME D'INFORMATION POUR LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE**

L'objectif de ce projet est de développer des indicateurs d'activités utiles réunis ensemble dans un cadre conceptuel permettant de dresser un portrait cohérent de la science et de la technologie au Canada.

Pour l'atteinte de cet objectif, des mesures statistiques sont développées pour cinq domaines-clef: les systèmes d'innovation, l'innovation, les activités S-T gouvernementales, l'industrie et les ressources humaines, incluant l'emploi et l'éducation supérieure. Le travail est effectué à Statistique Canada, en collaboration avec Industrie Canada et un réseau de sous-traitants.

Avant l'avènement de ce projet, le programme de mesure des activités en S-T était limité à l'investissement monétaire et en ressources humaines pour la recherche et le développement (R-D). Ces mesures étaient complétées par les activités scientifiques connexes (ASC) des gouvernements tels les enquêtes et les tests routiniers. Ces mesures proposaient une vision limitée et potentiellement erronée de la science et de la technologie au Canada. Cette vision devait être complétée par d'autres mesures.

L'innovation rend les firmes compétitives. D'autres travaux devront être fait pour comprendre les caractéristiques des firmes qui sont, ou ne sont pas, innovatrices, plus particulièrement dans le secteur des services puisqu'il domine l'économie canadienne. La capacité d'innover réside dans les personnes. Des mesures sont développées sur les caractéristiques de ces personnes dans les industries qui sont chef de file des activités scientifiques et technologiques. Dans ces mêmes industries, des mesures sur la création et la perte d'emploi sont entreprises pour comprendre en partie les impacts du changement technologique.

Le gouvernement fédéral est l'acteur principal en science et technologie par son investissement de plus de cinq milliards de dollars chaque année. Antérieurement, il était possible de déterminer combien le gouvernement fédéral dépense et où il le fait. Le rapport, "Activités scientifiques fédérales" (Catalogue 88-204), publié en 1997, montre les objectifs socio-économiques des dépenses en S-T. En plus de fournir les bases d'un débat public sur les priorités de dépenses du Gouvernement, toute cette information servira à mettre en contexte les rapports des différents ministères et agences sur les indicateurs de performance ciblés en fonction des résultats au niveau de chacun des projets.

À la fin du Projet en 1998-99, il y aura suffisamment d'information en place pour décrire le Système canadien d'innovation et montrer le rôle qu'y joue le gouvernement fédéral. De plus, seront en place de nouveaux indicateurs qui fourniront un portrait plus complet et réaliste des activités en science et en technologie au Canada.

## **PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS**

### **Projet de remaniement des sciences et de la technologie**

Directeur Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

### **Projet de système d'information pour les sciences et la technologie**

Chef, Développement des indicateurs

Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chef, Recherche et analyse

Michael Bordt (613-951-8585)

Chef, Programme d'intégration des données

Daood Hamdani (613-951-3490)

Agent d'élaboration de projets

Antoine Rose (613-951-9919)

### **Section des sciences et de la technologie**

Chef intérimaire, secteur privé

Don O'Grady (613-951-9923)

Chef, secteur publique

Bert Plaus (613-951-6347)

Agent supérieur de projet

Janet Thompson (613-951-2580)

**Télécopieur: (613-951-9920)**

### **Documents de recherche**

Les Documents de recherche publient des travaux relatifs aux questions liées à la science et la technologie. Tous les documents sont sujets à un contrôle interne. Les opinions exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement partagées par Statistique Canada.

## Table des matières

PROJET DE SYSTÈME D'INFORMATION POUR LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE .....	i
PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS .....	ii
Table des matières.....	iii
Sommaire .....	v
1. Introduction.....	1
2. Enquête et méthodologie.....	3
3. Utilisation des biotechnologies .....	9
4. Utilisation des différentes biotechnologies .....	17
5. Stade d'utilisation des différentes biotechnologies.....	22
6. Projets futurs en vue de l'utilisation des biotechnologies.....	28
7. Obstacles à l'acquisition et à la mise en œuvre des biotechnologies.....	32
8. Investissement dans l'équipement et les logiciels liés aux biotechnologies .....	43
9. Avantages réels et perçus de la biotechnologie.....	47
10. Sources internes et externes d'information.....	55
11. Conclusions.....	69
Glossaire .....	73
Annexe A : Tableaux Complémentaires .....	77
Annexe B : Conception du questionnaire.....	89
Pour commander des publications cataloguées.....	91



## Sommaire

La biotechnologie est généralement perçue comme une nouvelle technologie qui se répand de plus en plus et qui offre des applications réelles ou potentielles dans un grand nombre de secteurs. Or, si la biotechnologie est aussi répandue qu'on le prétend, celle-ci devrait commencer à se retrouver dans les procédés de production, les produits ou les systèmes de lutte antipollution des entreprises. *L'Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes - 1996* examine la diffusion des biotechnologies dans un nombre limité de secteurs des ressources naturelles et de secteurs manufacturiers qui offrent des applications potentielles ou reconnues pour la biotechnologie. Dans le cadre de cette enquête, les répondants devaient indiquer l'utilisation faite par leur entreprise de 22 biotechnologies choisies avec soin, allant de la technique de l'ADN recombinant aux méthodes classiques et traditionnelles de reproduction végétale et animale. Ces biotechnologies ont été regroupées en trois catégories, comme suit : huit technologies de sélection et de modification, cinq technologies environnementales et neuf technologies liées à la culture et/ou l'utilisation de matériel biologique.

Le questionnaire d'enquête a été envoyé à toutes les entreprises du Canada ayant réalisé des ventes de plus de cinq millions de dollars en 1995 et appartenant à l'un des 17 secteurs industriels choisis. Pour la plupart des analyses, ces 17 secteurs ont été regroupés en huit secteurs plus larges, quatre appartenant aux ressources naturelles (mines, extraction du pétrole brut, raffinage du pétrole et bois, pâtes et papiers) et quatre secteurs manufacturiers (alimentation, produits pharmaceutiques, produits chimiques non pharmaceutiques et autres secteurs manufacturiers). Des réponses ont été obtenues de 2 010 entreprises, soit 88 % de l'échantillon initial. Les questions sur les investissements, les avantages et les sources d'information n'ont été posées qu'aux 271 entreprises faisant usage d'une ou de plusieurs biotechnologies (utilisateurs de biotechnologies).

L'intérêt de cette enquête réside dans la couverture qui a été faite de l'application des biotechnologies par les moyennes et grandes entreprises. Elle est particulièrement utile pour évaluer la diffusion des applications environnementales.

### Caractéristiques de base des entreprises qui utilisent les biotechnologies

Au total, 14 % des firmes répondantes utilisent au moins une biotechnologie, les deux variables prédictives les plus importantes de cette utilisation étant la taille de l'entreprise et le secteur industriel auquel elle appartient. Le pourcentage d'utilisateurs augmente ainsi avec la taille des entreprises, de 8 % des entreprises de moins de 50 employés à 44 % des entreprises comptant plus de 1 000 employés. L'utilisation des biotechnologies est par ailleurs concentrée dans quelques-uns seulement des 17 secteurs étudiés. Deux de ces secteurs, soit celui de l'alimentation et celui du papier-Des produits connexes, regroupent en effet 52 % des entreprises utilisatrices de biotechnologies, alors que les huit secteurs représentent 95 % de toutes les entreprises utilisatrices de biotechnologies. Si l'on examine les résultats ventilés entre les huit secteurs, on constate que le pourcentage des entreprises utilisatrices varie de 2 % dans les autres secteurs manufacturiers à 31 % pour les entreprises pharmaceutiques. Les utilisateurs de biotechnologies ont également un niveau de compétence technique supérieur aux non-utilisateurs; en moyenne, 17 % contre 13 % de leurs employés sont des diplômés universitaires, 72 % des utilisateurs contre 52 % des non-utilisateurs effectuent de la R-D et 55 % contre 21 % participent à des alliances pour l'exécution de R-D.

## Utilisation de biotechnologies particulières

Le secteur de l'alimentation et le secteur pharmaceutique dominent au plan de l'utilisation des technologies de sélection et de modification et des technologies liées à la culture et à l'utilisation de matériel biologique, ces deux secteurs regroupant 81 % des utilisateurs des technologies de sélection et de modification. Les biotechnologies environnementales, par comparaison, sont plus largement diffusées, bien que les entreprises des secteurs des ressources naturelles dominent à ce chapitre. Ainsi, environ 25 % de toutes les entreprises de ces secteurs utilisent une biotechnologie environnementale, contre seulement 6 % des entreprises du secteur de l'alimentation et 6 % des entreprises de produits chimiques non pharmaceutiques.

## Stade d'utilisation de biotechnologies particulières

Dans le questionnaire, les utilisateurs de biotechnologies devaient indiquer le stade d'utilisation pour chacune des biotechnologies en usage. Quatre choix de réponses étaient offerts : recherche, composante du procédé de production, composante du produit vendu ou système anti-pollution. Les trois derniers stades correspondent tous à des applications. Les entreprises utilisant une ou plusieurs technologies de sélection et de modification sont les moins susceptibles d'avoir atteint un stade d'application, seulement 66 % d'entre elles déclarant au moins une application, alors que la proportion atteint 96 % chez les entreprises utilisatrices de biotechnologies environnementales et 83 % pour les utilisateurs de technologies liées à la culture ou l'utilisation de matériel biologique.

Aucune différence notable ne ressort, quant au nombre moyen d'années d'utilisation selon la taille de l'entreprise. Il existe en revanche des différences appréciables d'un secteur à un autre, le nombre d'années d'utilisation variant en moyenne de 17 ans dans le secteur de l'alimentation à 2,8 ans dans le secteur minier.

## Projets futurs relatifs à l'utilisation des biotechnologies

Très peu d'entreprises ont l'intention d'adopter des biotechnologies d'ici les deux prochaines années. Pour l'ensemble des utilisateurs et non-utilisateurs réunis, seulement 12 ont dit avoir l'intention d'adopter une technologie de sélection et de modification, tandis que 40 prévoient adopter une technologie environnementale et 29, une technologie liée à la culture et à l'utilisation de matériel biologique. Si l'on ajoute à ces résultats les entreprises qui ont invoqué le coût trop élevé des biotechnologies pour en justifier la non-utilisation, les biotechnologies environnementales deviennent alors celles qui présentent le plus d'attrait pour l'avenir, 67 entreprises (3 % du total) devenant ainsi des utilisateurs potentiels.

La majorité de ces utilisateurs potentiels utilise déjà une biotechnologie et prévoit en adopter une autre, différente de celle qu'ils utilisent présentement. Cependant, la plupart des biotechnologies prévues ou envisagées appartiennent à la même catégorie que celles déjà en usage et la probabilité d'utilisation d'une biotechnologie d'une catégorie différente est très faible.

## Obstacles à l'acquisition et à la mise en œuvre des biotechnologies

Les utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies devaient ensuite coter l'importance de 19 obstacles à l'acquisition des biotechnologies. Les réponses obtenues des non-utilisateurs font



ressortir des problèmes liés au manque d'information sur les biotechnologies et au manque de biotechnologies applicables commercialement. Dans le cas des utilisateurs, les principaux obstacles ont trait au coût élevé de l'équipement (cité par 43 %), à la réglementation ou aux normes gouvernementales (38 %), au manque de justification financière (35 %), au développement insuffisant des biotechnologies (33 %) et au manque de fonds propres (30 %). Comme on peut le constater, quatre de ces facteurs sont liés au coût relatif de la biotechnologie par comparaison au coût des autres solutions qui s'offrent. Les trois obstacles liés à la disponibilité de main-d'œuvre compétente ont été cités à une fréquence nettement moindre, soit par moins de 21 % des entreprises. Enfin, seulement 19 % ont invoqué un marché insuffisant pour le produit, ce qui laisse croire que l'usage des biotechnologies augmentera à mesure que les coûts d'acquisition diminueront.

Les utilisateurs de biotechnologies devaient également indiquer si chacun des neuf facteurs énumérés avait eu une «incidence particulière» sur la mise en œuvre des biotechnologies dans chacune des trois catégories. La réponse la plus fréquente a été «aucun obstacle» à la mise en œuvre (citée par 44 %), suivie des contraintes réglementaires (29 %). Les trois autres obstacles les plus souvent cités sont liés à la disponibilité des compétences : besoin de conseils et d'information (27 %), formation (27 %) et existence de personnel compétent (27 %). L'importance de ces différents obstacles varie très peu, d'un secteur à un autre, si ce n'est qu'un pourcentage plus élevé d'entreprises minières (46 %) et d'entreprises pharmaceutiques (56 %) ont invoqué le manque de personnel compétent.

En général, les entreprises des secteurs des ressources naturelles sont davantage préoccupées par la réglementation que celles des secteurs manufacturiers, exception faite des petites entreprises pharmaceutiques. Comme les premières sont de grands utilisateurs des technologies environnementales, ces résultats laissent croire que la réglementation pourrait nuire à la diffusion des biotechnologies environnementales. De leur côté, les entreprises du secteur de l'alimentation et les grandes entreprises pharmaceutiques sont beaucoup moins préoccupées par la réglementation que les entreprises des autres secteurs.

### Investissement dans l'équipement et les logiciels liés aux biotechnologies

Seulement 12 % des utilisateurs de biotechnologies n'ont fait aucun investissement en biotechnologies, en 1996. Parmi les autres, plus de 60 % y ont investi moins de 100 000 \$. Ces données permettent d'établir une estimation *brute* des investissements moyens par employé. C'est dans le secteur pharmaceutique que ces investissements sont les plus élevés, à plus de 4 000 \$, et dans le secteur minier qu'ils sont les plus faibles, à moins de 200 \$ par employé. Dans les secteurs des ressources naturelles, c'est le secteur du bois et des pâtes et papiers qui domine, avec un investissement moyen de 1 600 \$ par employé. Dans plusieurs secteurs d'exploitation des ressources naturelles, l'absence de biotechnologies environnementales rentables est le facteur le plus plausible pour expliquer le faible niveau d'investissement.

Les investissements moyens par employé dans les biotechnologies environnementales varient peu en fonction de la taille des entreprises. En revanche, les investissements moyens dans les technologies de sélection et de modification et dans les technologies liées à la culture et à l'utilisation de matériel biologique sont beaucoup plus élevés dans les entreprises de moins de 50 employés, où ils totalisent plus de 19 000 \$ par employé, comparativement à moins de 5 000 \$ dans les firmes de 50 employés ou plus. Ces résultats font bien ressortir l'importance des petites entreprises dans le développement des biotechnologies les plus avancées.

## Avantages des biotechnologies

Dans le cadre de l'enquête, les répondants devaient indiquer quels avantages, parmi une liste de 15 avantages potentiels, avaient résulté de l'utilisation des biotechnologies par leur entreprise. Parmi les entreprises utilisatrices de biotechnologies environnementales, 72 % ont indiqué une réduction des dommages causés à l'environnement. Ces biotechnologies semblent en outre générer d'importants avantages secondaires en termes de réduction des coûts ou d'amélioration de la productivité : ainsi 45 % des entreprises ayant indiqué une réduction des dommages causés à l'environnement ont également indiqué une baisse des coûts et 36 % ont déclaré une augmentation de la qualité ou de la productivité.

En ce qui a trait aux technologies de sélection et de modification et aux technologies liées à la culture et à l'utilisation de matériel biologique, l'avantage le plus répandu concerne l'amélioration de la qualité, mentionné par plus de 43 % des utilisateurs des deux groupes. Viennent ensuite divers avantages liés à une efficacité accrue, invoqués par une proportion variant de 25 % à 37 % des utilisateurs.

Parallèlement, toutefois, un pourcentage élevé d'utilisateurs des trois catégories de biotechnologies ont déclaré que l'utilisation des biotechnologies augmentait leurs besoins en main-d'œuvre qualifiée et en capitaux. Sur l'ensemble des entreprises, 27 % ont indiqué une augmentation des besoins en main-d'œuvre qualifiée contre seulement 5 % qui ont indiqué une baisse, et 23 % ont déclaré des besoins plus élevés en immobilisations, contre 12 % qui ont indiqué des besoins moindres.

L'avantage négatif représenté par le choix de réponse «aucune amélioration» a été mentionné surtout par des entreprises du secteur pharmaceutique ou celui de l'alimentation (26 % et 22 % respectivement), ce qui porte à croire que les biotechnologies sont plus risquées et de nature plus expérimentale dans ces deux secteurs.

## Sources internes et externes d'information

L'exécution de travaux de R-D par l'entreprise est le facteur le plus déterminant de l'utilisation des huit sources internes d'information sur la biotechnologie. Les exécutants de R-D sont ainsi plus susceptibles de citer la recherche, le développement expérimental, la conception, l'ingénierie de production et le siège social comme d'importantes sources internes d'information. La taille de l'entreprise et le secteur d'activité influent très peu sur l'utilisation de ces sources d'information.

Du côté des sources externes d'information, les plus souvent citées, parmi les 14 choix proposés, sont les publications, suivies des experts-conseils et des entreprises de services, des fournisseurs, des foires commerciales et colloques et des universités. Par ailleurs, les sources d'information sont très similaires chez les utilisateurs de technologies de sélection et de modification et de technologies de culture ou d'utilisation de matériel biologique. Elles diffèrent toutefois chez les utilisateurs de biotechnologies environnementales, dont la majorité (58 %) consulte principalement les firmes d'experts-conseils et les entreprises de services – deux sources utilisées par moins de 34 % des utilisateurs des deux autres catégories de technologies. Enfin, le nombre de sources externes consultées est beaucoup plus élevé parmi les exécutants de R-D que chez les entreprises qui ne font pas de R-D.

Dans l'ensemble, 49 % des entreprises ont indiqué au moins un des quatre organismes publics parmi les suivants : universités, organismes provinciaux de recherche, programmes fédéraux

d'information et organismes fédéraux de recherche. Deux de ces sources financées par l'État, à savoir les organismes provinciaux de recherche et les programmes fédéraux d'information, ont toutefois été citées peu souvent, quoique leur usage soit réparti également entre les différentes entreprises sans égard à la taille ou au secteur d'activité. Ce sont les entreprises des Prairies (31 %) qui consultent le plus souvent les organismes provinciaux de recherche, lesquels sont en revanche peu sollicités par les entreprises de la Colombie-Britannique et de l'Ontario. Aucune différence n'a été observée quant à l'utilisation des trois autres sources financées par l'État, d'une région à une autre. Les entreprises qui font de la R-D et qui utilisent un certain nombre de biotechnologies sont proportionnellement les plus nombreuses à citer les universités comme source d'information, lesquelles constituent également une source de biotechnologies de pointe. Enfin, la taille de l'entreprise n'a aucun effet sur l'utilisation de quelque source d'information publique que ce soit, sauf dans le domaine environnemental où les grandes entreprises ont davantage tendance à consulter les universités.

## Conclusions

La diffusion des biotechnologies au Canada reste limitée et les taux d'adoption potentielle dans un avenir rapproché sont relativement faibles, s'établissant à un faible pourcentage chaque année. Cependant, ce n'est ni la réglementation (sauf dans les secteurs primaires), ni le coût élevé du matériel lié aux biotechnologies, qui font surtout obstacle à la diffusion des biotechnologie, mais plutôt les besoins en compétences techniques et scientifiques, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise, le manque d'information sur les biotechnologies chez les non-utilisateurs et, peut-être surtout, le manque d'applications viables au plan commercial.



## 1. Introduction

La biotechnologie est généralement perçue comme une nouvelle technologie qui se répand de plus en plus et qui offre des applications réelles ou potentielles dans un grand nombre de secteurs, au nombre desquels figurent les secteurs des produits pharmaceutiques, des produits chimiques, des mines, de la foresterie, des pêches, de l'agriculture et de la transformation des aliments. Au sens large, la biotechnologie inclut un éventail de techniques ayant trait à l'ADN recombinant, à la fusion cellulaire, au clonage de cellules végétales et animales, aux anticorps monoclonaux, à la culture tissulaire et à la bio-ingénierie. Cette définition du Conseil des sciences du Canada est celle qui a été utilisée pour l'Enquête sur la recherche et développement de 1996, qui a conclu que 348 entreprises canadiennes avaient effectué des travaux de R-D en biotechnologie en 1995<sup>1</sup>.

La plupart des études économiques sur la biotechnologie s'intéressent aux entreprises qui travaillent à la découverte et à la mise au point de nouvelles biotechnologies, en particulier liées au génie génétique<sup>2</sup>. Cependant, si les biotechnologies sont aussi répandues qu'on le prétend, nous devrions commencer à en voir les applications dans les procédés de production, les produits ou les systèmes anti-pollution des entreprises. L'*Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes*, sur laquelle porte essentiellement le présent rapport, diffère des recherches antérieures qui ont été menées au Canada et à l'étranger, en ce qu'elle porte sur la diffusion des biotechnologies dans un nombre limité de secteurs des ressources naturelles et de secteurs manufacturiers dans lesquels les biotechnologies ont des applications reconnues ou potentielles.

Cependant, pour faire une évaluation précise de la diffusion des biotechnologies, il importe au préalable de définir avec soin ce qu'on entend par biotechnologie. Il ne suffit pas de demander aux entreprises si elles utilisent des «biotechnologies», car il existe deux définitions largement répandues de la biotechnologie. La première, plus restreinte, limite la biotechnologie à l'usage des techniques du génie génétique pour la mise au point de nouvelles variétés végétales, animales ou microbiennes. L'intérêt et l'enthousiasme récents à l'égard des biotechnologies s'expliquent par les nombreuses possibilités qu'offrent le génie génétique, dont les applications remontent au début des années 70, ainsi que d'autres découvertes plus récentes, comme la fusion cellulaire, la culture tissulaire et les anticorps monoclonaux.

Pour diverses raisons, l'interprétation actuelle du terme «biotechnologie» a été élargie, après la découverte du génie génétique, pour inclure la sélection végétale et les procédés biologiques

---

<sup>1</sup> Voir Statistique Canada, novembre 1997 : Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne, 1995; Statistique des sciences, n° 88-001-XPB au catalogue.

<sup>2</sup> À titre d'exemple, les divers rapports produits par la firme Ernst et Young fournissent des estimations annuelles du nombre d'entreprises en Amérique du nord et en Europe qui font de la R-D en biotechnologie. D'autres recherches sur les biotechnologies, par exemple les récentes études sur les secteurs de la biotechnologie en Europe, s'intéressent aux entreprises de R-D et à celles qui se consacrent aux biotechnologies (Senker J (éd), *Biotechnology and Competitive Advantage: Europe's Firms and the US Challenge*, Edward Elgar, 1998).

comme le brassage ou la fermentation industrielle de base<sup>3</sup>. Il s'agit dans ces derniers cas de technologies qui ont évolué au fil des ans et dont certaines existent depuis des centaines, voire des milliers, d'années; cette dernière définition fait contraste avec l'impression répandue selon laquelle la biotechnologie est un secteur de pointe qui se caractérise par de nombreuses applications entièrement nouvelles.

Nous avons donc deux définitions courantes, mais contradictoires, de la biotechnologie, la première faisant référence à un groupe de technologies récentes comme le génie génétique, alors que la deuxième inclut un vaste éventail de technologies à la fois traditionnelles et modernes. Dans l'*Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes - 1996*, ce problème d'ordre définitionnel a été évité, en proposant une liste de 22 biotechnologies bien définies, allant de l'ADN recombinant aux techniques classiques et traditionnelles de reproduction végétale et animale. Les répondants devaient également préciser le stade d'utilisation de chaque biotechnologie, parmi les quatre suivants : recherche, composante du procédé de production, composante du produit vendu ou système anti-pollution.

Nous présentons dans ce rapport une vue d'ensemble des résultats de cette enquête canadienne sur l'utilisation des biotechnologies. Nous avons tenté, dans la mesure du possible, de rédiger chaque chapitre de manière à ce que le lecteur n'ait pas à consulter les autres chapitres pour comprendre. Il est toutefois un chapitre qui fait exception et c'est le chapitre 2 qui traite de la méthodologie de l'enquête et qui doit être lu pour être en mesure de comprendre parfaitement les autres chapitres. De plus, afin que chaque chapitre soit le plus succinct possible, des résultats complémentaires sont présentés à l'annexe A, laquelle est précédée d'un glossaire des définitions utilisées.

Les chapitres 3 et 4, de même que certaines sections des chapitres 6 et 7, traitent de l'utilisation et de l'adoption des biotechnologies, ainsi que des obstacles à leur adoption. Les données qui y sont présentées incluent les résultats pour 1 739 entreprises qui n'utilisent aucune biotechnologie. Dans les autres chapitres, les résultats présentés se limitent aux 271 entreprises utilisant une ou plusieurs des 22 biotechnologies énumérées dans le questionnaire.

---

<sup>3</sup> La confusion au sujet de la définition de biotechnologie est en grande partie due à l'opposition publique à l'égard de l'utilisation du génie génétique, qui s'est manifestée durant les années 70 et 80. Les tenants des nouvelles biotechnologies ont alors tenté d'apaiser les inquiétudes du public, en insistant sur les similitudes entre les biotechnologies modernes et les techniques familières comme les techniques de reproduction classiques. Ils ont également tenté de contrer l'opposition à l'utilisation des organismes obtenus par génie génétique en modifiant la désignation de ces organismes et en proposant une appellation suscitant moins de crainte, celle d'organismes *modifiés génétiquement*. Pour obtenir un bilan de la controverse qu'a suscitée au fil des ans l'utilisation des nouvelles biotechnologies, ainsi que des effets de cette controverse sur la définition même de la biotechnologie, voir Hubbard, R., Ward E. *Exploding the Gene Myth*, Beacon Press, Boston, 1993; Krimsky S., *Genetic Alchemy: The Social History of the Recombinant DNA Controversy*, MIT Press, Cambridge, 1982.

## 2. Enquête et méthodologie

L'Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes - 1996 a été réalisée auprès de toutes les entreprises du Canada qui répondaient aux deux critères suivants :

- Ventes annuelles supérieures à cinq millions de dollars canadiens, en 1995.
- Le principal secteur d'activité de l'entreprise figure dans l'un des 17 secteurs industriels choisis et définis selon le code à deux chiffres de la CTI. Ces secteurs ont été choisis parce qu'ils représentaient, croyait-on, les utilisateurs les plus probables des biotechnologies. Les secteurs retenus et leur code de classification sont indiqués au tableau 2.1.

En raison de ces deux critères de sélection, l'enquête *sous-estime* le nombre d'entreprises des secteurs pharmaceutique et agricole qui utilisent des biotechnologies, en particulier pour la recherche, et ce pour trois raisons. Premièrement, un grand nombre d'entreprises utilisatrices de biotechnologies dans ces deux secteurs sont des petites entreprises dont les ventes annuelles totalisent moins de cinq millions de dollars. Deuxièmement, les services agricoles et pharmaceutiques ne sont pas couverts par l'enquête, ce qui a pour effet d'exclure les entreprises qui participent à la mise au point de produits issus de la biotechnologie, mais qui ne font que vendre des services de recherche à d'autres entreprises ou qui n'ont pas encore mis un nouveau produit sur le marché. Ce dernier point est particulièrement important, car la majorité des entreprises canadiennes qui utilisent des biotechnologies pharmaceutiques n'ont pas encore commercialisé de produit<sup>4</sup>. Troisièmement, deux secteurs regroupant des entreprises de sélection végétale ont été exclus de l'enquête<sup>5</sup>.

L'intérêt de l'enquête réside dans le fait qu'elle porte sur l'utilisation des biotechnologies par les moyennes et grandes entreprises, davantage que sur les activités de recherche. Cette enquête est particulièrement utile pour juger de la diffusion des applications environnementales dans les secteurs des ressources naturelles, ainsi que par sa couverture du secteur de la transformation des aliments et des moyennes et grandes entreprises de produits chimiques.

**Tableau 2.1 Secteurs visés par l'Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes - 1996**

Secteur	CTI	Secteur	CTI	Secteur	CTI
Pêche	3	Tabac	12	Imprimerie et édition	28
Services forestiers	5	Cuir	17	Fabrication des produits métalliques	30
Mines	6	Textiles de première transformation	18	Produits raffinés du pétrole et du charbon	36
Pétrole brut et gaz	7	Produits textiles	19	Industries chimiques	37
Aliments	10	Bois	25	Autres	39
Boissons	11	Papier et produits connexes	27		

<sup>4</sup> Groupe de travail sur la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie, *Santé et Industries de la santé*, 16 décembre 1997.

<sup>5</sup> Il s'agit des secteurs 016 (spécialités horticoles) et 0239. De plus, l'enquête ne porte pas sur les services offerts au secteur du pétrole et minéraux (09), mais il est peu probable que ceci influe fortement sur les résultats, car les principaux secteurs du pétrole et des mines sont inclus.

Comme il ressort clairement du tableau 2.1, un grand nombre de secteurs manufacturiers ne sont pas couverts par l'enquête; c'est le cas notamment des secteurs du matériel de transport, de l'équipement électronique et des télécommunications et de la machinerie. Ces secteurs ont été exclus car rien n'indiquait qu'ils sont de grands utilisateurs de biotechnologies, une hypothèse d'autant plus plausible lorsqu'on constate le très faible taux de diffusion des biotechnologies dans bon nombre des secteurs manufacturiers couverts par l'enquête (voir chapitre 3).

## 2.1. Taux de réponse à l'enquête

Le questionnaire d'enquête sur la diffusion des biotechnologies a été envoyé à 3 397 établissements des 2 298 entreprises qui répondaient aux deux critères de sélection. Cependant, les résultats ne peuvent être analysés par établissement, car bon nombre des entreprises comptant de multiples établissements ont rempli un questionnaire représentatif de l'ensemble de l'entreprise. Les résultats pour les entreprises à établissements multiples ont donc été agrégés, au niveau de l'entreprise. Des réponses ont été obtenues pour 2 010 entreprises, soit 88 % de l'échantillon initial.

## 2.2. Analyse des données

Tous les résultats dans ce rapport s'appuient sur les données au niveau de l'entreprise<sup>6</sup>. La plupart des analyses présentent à la fois les résultats basés sur le nombre d'entreprises et ceux pondérés par le nombre d'employés. Chacune de ces deux méthodes a des avantages, qui sont décrits ci-après.

## 2.3. Nombre d'entreprises

Le nombre ou le pourcentage d'entreprises qui utilisent une biotechnologie particulière, en particulier dans le cas des entreprises à établissement unique, permettent d'évaluer la diffusion des compétences biotechnologiques, si l'on présume que chaque entreprise doit avoir au moins un employé qui est familier avec la technologie. On pourrait par exemple déterminer le pourcentage d'entreprises dans le secteur du bois, qui ont adopté une ou plusieurs biotechnologies environnementales. Bon nombre des politiques mises de l'avant, par exemple les programmes visant à informer les entreprises sur les technologies disponibles, s'appuient sur de telles données quantitatives pour cerner/Définir la population-cible. Les résultats basés sur les données quantitatives portent sur l'ensemble des 2 010 entreprises.

## 2.4. Pondération basée sur le nombre d'employés

La taille des entreprises varie considérablement. Ceci signifie qu'une poignée de très grandes entreprises peuvent générer la presque totalité de la production d'un secteur. En pareils cas, le pourcentage des entreprises qui utilisent une biotechnologie particulière peut être trompeur, si la plupart des utilisateurs sont de très petites entreprises qui ne représentent qu'un très faible

---

<sup>6</sup> Une comparaison entre les résultats basés sur les données pour les établissements et les entreprises et ceux ayant trait uniquement aux entreprises révèle peu de différences notables, ce qui s'explique du fait qu'environ 96 % des entreprises comptent seulement un ou deux établissements.



pourcentage de la production du secteur. Ceci peut être particulièrement trompeur pour l'évaluation de l'utilisation des technologies environnementales, car les avantages potentiels d'une technologie de production moins polluante seront beaucoup plus grands si cette technologie est adoptée par deux entreprises représentant 50 % de l'ensemble de la production du secteur que si elle l'est par dix entreprises qui ne représentent que 5 % de la production.

Les résultats pondérés en fonction du nombre d'employés correspondent au pourcentage de tous les employés dans les entreprises qui utilisent une biotechnologie donnée par rapport au nombre total d'employés dans l'ensemble des entreprises qui ont répondu à l'enquête. Supposons par exemple qu'il y a 100 firmes participantes dans le secteur de l'alimentation, avec au total 100 000 employés, et que cinq de ces entreprises – qui ensemble comptent 20 000 employés — utilisent une biotechnologie particulière. Le résultat pondéré en fonction du nombre d'employés serait alors de 20 %, ce taux représentant le pourcentage de tous les employés du secteur qui travaillent pour des entreprises qui utilisent la biotechnologie en question<sup>7</sup>. Ce pourcentage est quatre fois supérieur au pourcentage d'utilisateurs de la biotechnologie.

L'utilisation des résultats pondérés par le nombre d'employés comporte toutefois un inconvénient potentiel. Cette méthode présume en effet qu'il existe une corrélation directe entre le nombre d'employés dans une entreprise et la caractéristique à l'étude, en l'occurrence l'utilisation d'une biotechnologie particulière. Or il se peut qu'une entreprise à établissements multiples n'utilise cette biotechnologie que dans un de ses établissements - lequel pourrait même être le plus petit de ses établissements. En général, les résultats pondérés par le nombre d'employés ont tendance à introduire un biais par excès dans l'usage véritable d'une biotechnologie. Afin de limiter l'étendue de ce biais, 12 entreprises comptant 10 établissements ou plus ont été exclues des résultats pondérés par le nombre d'employés; ces entreprises sont toutefois incluses dans les résultats par entreprise.

## 2.5. Analyses de régression

Comme nous le verrons au chapitre 3, un grand nombre de facteurs influent sur l'utilisation des biotechnologies. Dans certains cas, il peut être difficile de déterminer lequel, parmi une série de facteurs, exerce un effet véritable et lequel est confondu par un autre facteur. Les analyses de régression sont donc utilisées, lorsque cela est approprié, pour neutraliser l'effet de plusieurs facteurs différents sur une variable d'intérêt. Un grand nombre de ces variables sont basées sur des réponses de type «oui» ou «non». Dans le cadre de l'enquête, les entreprises devaient indiquer si elles faisaient usage des 13 sources externes d'information sur les biotechnologies. L'analyse de régression logistique est la technique statistique qui convient lorsque seuls deux résultats sont possibles pour la variable dépendante.

---

<sup>7</sup> Les résultats ne sont pas corrigés en fonction des différences dans les taux de non-réponse. Il y a tout lieu de croire cependant que le biais imputable à des taux de réponse différents est acceptable, compte tenu des taux de réponse généralement élevés.

Cependant, l'utilisation des techniques de régression pour analyser les données de l'enquête sur les biotechnologies comporte une lacune importante. Toutes les régressions supposent en effet qu'il existe une relation de cause à effet évidente entre les facteurs (ou variables indépendantes) et le résultat (variable dépendante). Il faut donc que les variables indépendantes interviennent *avant* le résultat. Cependant, l'enquête ne recueille que des données transversales, ce qui signifie que les facteurs ayant une incidence et le résultat sont mesurés en même temps. Pour interpréter les résultats de la régression, il faut présumer que nos estimations des variables indépendantes sont demeurées relativement constantes et ont pu avoir une incidence sur le résultat à l'étude.

## 2.6. Définition du secteur industriel

Le secteur d'activité de l'entreprise a un effet déterminant sur l'usage des biotechnologies. C'est pourquoi les résultats ont été calculés par secteur, pour bon nombre d'analyses. Ceci n'est toutefois pas sans créer de problèmes, car le nombre de cas est souvent insuffisant pour obtenir des résultats significatifs ou pour respecter les exigences en matière de confidentialité. Pour résoudre ce problème, les secteurs définis selon le code à deux chiffres ont été réunis en groupes menant des activités similaires, à une exception près. Les entreprises pharmaceutiques ont ainsi été classées séparément des autres entreprises de produits chimiques.

Deux niveaux d'agrégation ont été utilisés à cette fin : le premier est basé sur huit secteurs et le deuxième, sur deux secteurs. Les secteurs inclus à chaque niveau d'agrégation sont indiqués au tableau 2.2. L'agrégation des secteurs a été faite à la lumière des résultats d'une analyse préliminaire des profils d'utilisation des biotechnologies, afin de s'assurer que seuls des secteurs ayant des profils d'utilisation similaires sont combinés.

**Tableau 2.2 Définition du secteur d'activité**

Niveau à deux chiffres de la CTI	Agrégation en huit secteurs	Agrégation en deux secteurs
Pêche		
Aliments	1. Alimentation	
Boissons		
Tabac		
Produits pharmaceutiques	2. Produits pharmaceutiques	
Produits chimiques non pharmaceutiques	3. Produits chimiques non pharmaceutiques	1. Manufacturier
Textiles de première transformation		
Produits textiles		
Cuir		
Fabrication des produits métalliques	4. Autres	
Imprimerie et édition		
Autres		
Mines	5. Mines	
Pétrole brut et gaz	6. Pétrole brut	
Produits raffinés du pétrole et du charbon	7. Pétrole raffiné	2. Ressources
Services forestiers		
Bois	8. Bois, pâtes et papiers	
Papier et produits connexes		

## 2.7. Définition de la biotechnologie

Les 22 biotechnologies ont été regroupées en plusieurs catégories représentant des technologies similaires. Trois catégories ont été utilisées dans le questionnaire. Bon nombre des questions de l'enquête, notamment celles sur les investissements et sur les obstacles à l'adoption d'une biotechnologie, portent sur l'ensemble des biotechnologies utilisées dans chacune des trois catégories, ce qui réduit considérablement la capacité de regrouper les biotechnologies en différentes classifications. Les trois catégories utilisées pour le questionnaire sont définies ci-après :

- *Sélection et/ou modification de matériel biologique* : Cette catégorie inclut huit biotechnologies utilisées en génie génétique et dans le domaine pharmaceutique.
- *Biotechnologies environnementales* : Inclut cinq biotechnologies utilisées pour éliminer les composés nocifs des solides, des liquides ou des gaz. Il s'agit généralement de technologies environnementales appliquées au point de rejet.
- *Culture et/ou utilisation de matériel biologique* : Inclut neuf biotechnologies utilisées dans diverses applications, dont l'agriculture, les procédés industriels et les technologies de protection de l'environnement (par opposition aux technologies au point de rejet)<sup>8</sup>.

Une autre classification des biotechnologies est également utilisée dans le présent rapport, celle-ci étant basée à la fois sur les connaissances actuelles concernant l'utilisation des biotechnologies et sur les analyses préliminaires des types d'entreprises qui utilisent des biotechnologies particulières. Cette autre classification se définit comme suit :

- *Génie génétique* : Cette catégorie inclut cinq technologies utilisées en génie génétique ou en association avec le génie génétique : ADN recombinant, synthèse de peptides, sonde d'ADN, thérapie génique et amplification de l'ADN. Ces cinq technologies sont incluses dans la catégorie «sélection et/ou modification de matériel biologique».
- *Biotechnologie agricole* : Inclut cinq technologies utilisées en agriculture : culture tissulaire, embryogenèse somatique, biopesticides, reproduction traditionnelle/classique et microbio-inoculants. Ces cinq technologies apparaissent dans le questionnaire sous la catégorie «culture et/ou utilisation de matériel biologique».
- *Procédé* : Inclut deux technologies utilisées pour la production industrielle, soit les procédés biologiques et la biodétection. Toutes deux apparaissent sous «culture et/ou utilisation de matériel biologique». Bien que cette catégorie ne renferme que deux biotechnologies, des analyses préliminaires montrent qu'elles diffèrent nettement des autres groupes, notamment des technologies environnementales.

---

<sup>8</sup> Les technologies au point de rejet ont pour but d'éliminer la pollution, après sa production. C'est le cas par exemple des épurateurs utilisés pour éliminer le dioxyde de soufre des cheminées des fonderies ou des centrales au charbon. À l'inverse, les technologies de protection de l'environnement visent à prévenir la pollution, avant qu'elle ne se produise. Mentionnons par exemple l'utilisation de micro-organismes plutôt que de produits chimiques nocifs pour blanchir la pâte de bois (Tils C., Sorup P. *Biotechnology as a cleaner technology in pulp and paper*, IPTS Report, 16 juillet 1997).

Cette dernière classification n'inclut *pas* toutes les 22 biotechnologies citées dans l'enquête. Trois technologies utilisées principalement par le secteur pharmaceutique en sont exclues, soit : anticorps/antigènes, élaboration rationnelle de substances thérapeutiques et anticorps monoclonal; en sont également exclues deux biotechnologies de protection de l'environnement qui sont utilisées par huit firmes, la lixiviation biologique et le blanchiment biologique.

D'autres systèmes de classification sont également plausibles et aussi valides. Les biotechnologies pourraient ainsi être réparties en technologies de première, deuxième et troisième générations correspondant à peu près au développement historique de ces technologies ou encore le système de classification pourrait être basé sur la capacité d'utiliser le matériel génétique.

## 2.8. Confidentialité

Certains résultats basés sur les chiffres quantitatifs ne sont pas indiqués, pour respecter les exigences en matière de confidentialité, de la *Loi sur la statistique*. Ces données sont représentées dans les tableaux et les figures par le symbole «X». Les résultats pondérés en fonction du nombre d'employés pour l'ensemble des groupes sont toujours indiqués, lorsque cela est approprié. Cependant, le nombre total d'employés n'est jamais indiqué pour préserver la confidentialité des résultats pondérés.

## 2.9. Évaluation du questionnaire

L'*Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie* a été menée au moyen d'un questionnaire novateur et expérimental qui n'avait encore jamais été utilisé. Durant les analyses qui ont suivi, plusieurs façons d'améliorer le questionnaire sur l'utilisation de la biotechnologie ont été proposées. Les conclusions de ces analyses sont présentées à l'annexe B.

## 2.10. Comparaison avec d'autres rapports

D'autres rapports basés sur les résultats de l'*Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes* sont disponibles ou en voie de préparation. Dans certains cas, les chiffres indiqués dans le présent rapport peuvent différer légèrement de ceux indiqués dans d'autres rapports. Cependant, ces écarts sont faibles et ne modifient pas de façon substantielle les résultats. Ces écarts sont le résultat de changements mineurs qui ont été apportés à l'ensemble de données depuis que les analyses effectuées pour la rédaction du présent rapport ont été complétées, à la fin de février 1998, ainsi que des différences dans les critères d'inclusion et d'exclusion s'appliquant aux analyses particulières.

### 3. Utilisation des biotechnologies

Il est une question fondamentale qui intéresse à la fois les gouvernements et l'industrie et c'est de savoir qui utilise les biotechnologies, "qui" faisant ici référence aux caractéristiques des entreprises, par exemple leur taille, leur secteur d'activité ou leur niveau de compétence technique. Le fait de bien comprendre le type d'entreprises qui utilisent les biotechnologies peut en effet faciliter la conception des programmes gouvernementaux visant à communiquer l'information appropriée aux entreprises qui utilisent et n'utilisent pas les biotechnologies. Les gestionnaires des entreprises peuvent également utiliser cette information pour prévoir la taille future du marché ou pour élaborer leurs stratégies de mise en marché.

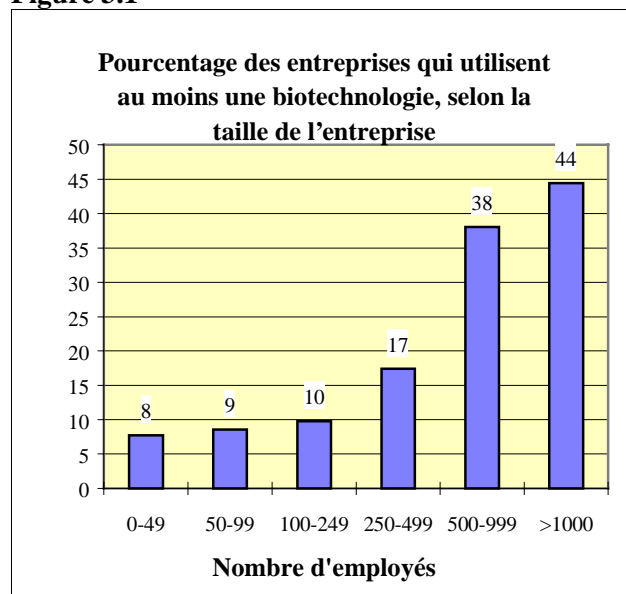
Nous examinons dans ce chapitre certains des facteurs qui sont liés à l'utilisation d'une ou de plusieurs des 22 biotechnologies incluses dans le questionnaire de l'enquête. Une firme est dite "utilisatrice de biotechnologie" si elle utilise au moins une de ces technologies; à l'opposé, le "non-utilisateur" est l'entreprise qui ne fait usage d'aucune technologie. Au total, 13 % des 2 010 entreprises qui ont répondu au questionnaire utilisent au moins une biotechnologie.

Pour toutes les firmes répondantes, des informations ont été recueillies sur sept caractéristiques pouvant être liées à l'usage des biotechnologies, à savoir : la taille de l'entreprise, mesurée par le nombre d'employés; le secteur d'activité; le pourcentage des ventes totales résultant des exportations; le niveau d'avancement des technologies de production utilisées par l'entreprise; le pourcentage de tous les employés titulaires d'un diplôme universitaire; l'exécution ou non de R-D<sup>9</sup> par l'entreprise et la participation à des alliances pour la R-D. Ces trois derniers facteurs témoignent du niveau de compétence technique de l'entreprise.

#### 3.1. Taille des entreprises

La figure 3.1 montre que le pourcentage des entreprises qui utilisent au moins une des 22 biotechnologies énumérées dans le questionnaire augmente parallèlement à la taille de l'entreprise, de 8 % des entreprises de moins de 50 employés à 44 % de celles comptant plus de 1 000 employés. Par ailleurs, le pourcentage des entreprises utilisatrices de biotechnologies demeure relativement stable jusqu'au seuil des 250 employés, après quoi il augmente rapidement dans les deux tranches de taille suivantes. Suit ensuite une faible augmentation, de la deuxième à la première (maximale) tranche de taille.

Figure 3.1



<sup>9</sup> Les résultats sur la taille de l'entreprise, l'exécution de R-D et les exportations sont résumés au tableau A-1 de l'annexe A.

**Tableau 3.1 Répartition des 271 firmes utilisatrices de biotechnologies, selon le secteur**

Secteur	Nombre de firmes utilisatrices	% des 271 firmes utilisatrices	% des employés utilisateurs
Papier et produits connexes	48	18	33
Aliments	92	34	22
Boissons	23	8	12
Mines	13	5	7
Produits raffinés du pétrole et du charbon	11	4	7
Pétrole brut et gaz	33	12	7
Produits pharmaceutiques	19	7	5
Autres produits chimiques	18	7	4
Imprimerie et édition	x	-	1
Textiles de première transformation	x	-	1
Bois	x	-	1
Services forestiers	x	-	--
Produits textiles	x	-	--
Fabrication des produits métalliques	x	-	--
Autre	4	2	--
Pêche	x	-	--
Tabac	-	-	-
Cuir	-	-	-
<i>Total</i>	<i>271</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

x : Confidentiel en vertu des dispositions de la Loi sur la statistique relatives au secret.

- : Néant ou zéro.

-- : Nombres infimes.

### 3.2. Secteur industriel

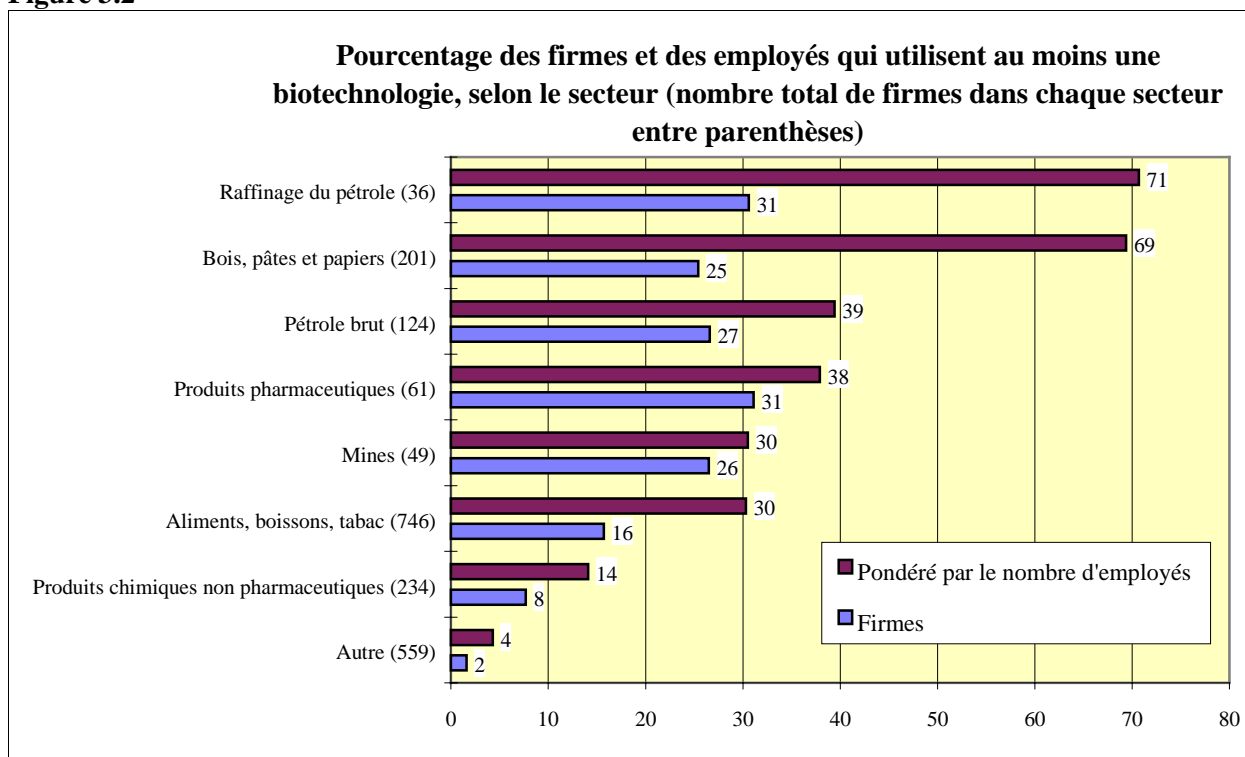
Deux aspects du secteur d'activité de l'entreprise retiennent ici l'attention : il s'agit de la répartition des utilisateurs de biotechnologies *entre* les différents secteurs et du pourcentage des firmes et des employés qui utilisent des biotechnologies, *dans* chaque secteur. Le premier illustre dans quels secteurs les biotechnologies sont les plus répandues, tandis que le deuxième témoigne de l'intensité d'utilisation dans chaque secteur.

Le tableau 3.1 indique la répartition, entre les secteurs, des 271 entreprises qui utilisent des biotechnologies. Les secteurs y sont énumérés par ordre décroissant, en fonction du pourcentage d'employés dans les entreprises qui utilisent des biotechnologies. On remarquera que l'usage des biotechnologies est concentré dans quelques secteurs seulement, définis ici selon la classification à deux chiffres de la CTI. Deux des 18 secteurs, soit ceux des aliments et du papier et produits connexes, regroupent 52 % des entreprises qui utilisent des biotechnologies et 56 % de l'emploi total dans les firmes utilisatrices. Les huit premiers secteurs représentent 95 % des entreprises et 97 % des employés.

Les résultats au tableau 3.1 montrent que, dans plus de la moitié des secteurs, très peu de firmes utilisent des biotechnologies. Les entreprises utilisatrices dans chaque secteur ont donc été regroupées en huit secteurs et ces résultats (pondérés par le nombre d'employés) sont illustrés à la figure 3.2<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Le tableau A-2 de l'annexe A indique les pourcentages d'entreprises et d'employés qui utilisent des biotechnologies, selon la classification à deux chiffres de la CTI.

**Figure 3.2**



Dans les quatre secteurs d'exploitation des ressources, le pourcentage des entreprises qui utilisent des biotechnologies se compare, celui-ci variant de 26 % pour les entreprises minières à 31 % pour les raffineries de pétrole. Par contre, l'écart est beaucoup plus grand dans les secteurs manufacturiers, où le pourcentage des entreprises utilisatrices varie d'un creux de 2 % dans les "autres" secteurs manufacturiers à un sommet de 31 % pour les entreprises pharmaceutiques. Il convient par ailleurs de noter que le taux d'utilisation n'est que de 8 % pour les entreprises de produits chimiques non pharmaceutiques, alors qu'il atteint 31 % dans les entreprises pharmaceutiques.

Dans les secteurs des ressources naturelles, les résultats pondérés par le nombre d'employés affichent un écart beaucoup plus grand. Ainsi, environ 70 % des employés dans les raffineries de pétrole et le secteur du bois et des pâtes et papiers travaillent dans une entreprise qui utilise des biotechnologies, alors que la proportion n'est que de 39 % dans le secteur du pétrole brut et de 30 % pour les entreprises minières. De même, dans le secteur de l'alimentation, le pourcentage des employés qui travaillent dans une firme utilisatrice de biotechnologies est deux fois plus élevé que le pourcentage d'entreprises qui utilisent des biotechnologies.

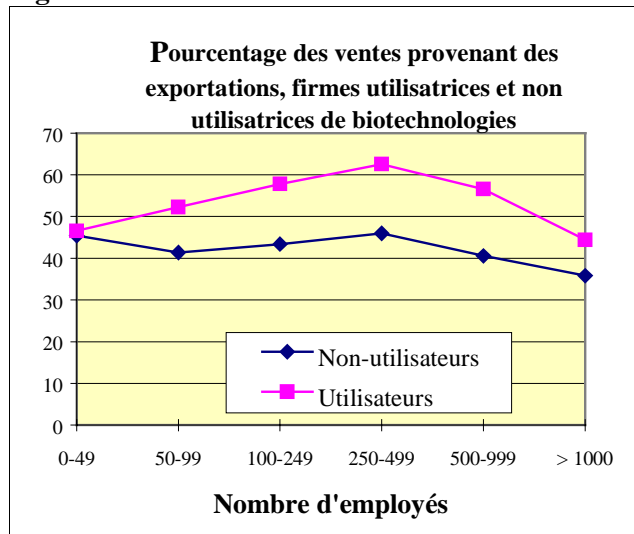
Les différences entre secteurs, quant au pourcentage d'entreprises qui utilisent des biotechnologies, ne sont pas dues à la plus grande taille des entreprises dans les secteurs à haut taux d'utilisation. En effet, dans chacun des huit secteurs, les utilisateurs de biotechnologies comptent davantage d'employés que les non-utilisateurs. Il y a toutefois un cas particulier qui retient l'attention. Ainsi, le nombre plus élevé d'employés dans les firmes utilisatrices de biotechnologies du secteur pharmaceutique (513 contre 380) est imputable à un très petit nombre de très grandes firmes utilisatrices. Cependant, un examen plus attentif de la répartition des

entreprises pharmaceutiques selon la taille indique que 74 % des utilisateurs de biotechnologies comptent moins de 100 employés, comparativement à seulement 26 % des non-utilisateurs<sup>11</sup>. Cette situation tient sans doute à l'importance des jeunes entreprises dans le développement des applications pharmaceutiques de la biotechnologie.

### 3.3. Exportations

Pour les utilisateurs de biotechnologies, les exportations représentent un pourcentage plus élevé des ventes totales, la proportion étant de 52 % comparativement à 43 % pour les non-utilisateurs. Il faut préciser toutefois que les résultats basés sur les exportations ne sont pas aussi fiables que ceux établis en fonction de la taille de l'entreprise, car la majorité des entreprises (65 %) n'a pas répondu à la question de l'enquête sur les exportations. Par ailleurs, la plus grande différence entre utilisateurs et non-utilisateurs, quant à la part que représentent les exportations, se situe parmi les entreprises de taille moyenne, comme l'illustre la figure 3.3. Dans les deux groupes (utilisateurs et non-utilisateurs), ce sont également les moyennes entreprises pour qui le pourcentage des ventes provenant des exportations est le plus élevé.

Figure 3.3



### 3.4. Niveau d'avancement des technologies de production

Toutes les entreprises interrogées devaient comparer leurs technologies de production à "celles de leurs plus grands concurrents, au Canada et à l'étranger". Cinq choix de réponse étaient proposés : beaucoup moins avancée, moins avancée, à peu près équivalente, plus avancée, beaucoup plus avancée. Aucune différence n'a été observée entre utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies, quant au niveau autodéclaré des technologies de production, que ce soit par rapport à d'autres entreprises du Canada ou à l'étranger. Ces données sont indiquées au tableau 3.2. Ainsi, environ 60 % des entreprises, autant utilisateurs que non-utilisateurs de biotechnologies, ont indiqué que leurs technologies de production étaient "à peu près équivalentes" à celles de leurs concurrents au Canada et à l'étranger.

<sup>11</sup> Le tableau A-3, à l'annexe A, présente la taille moyenne des utilisateurs et des non-utilisateurs de biotechnologies, selon le secteur.



**Tableau 3.2 Niveau autodéclaré d'avancement des technologies de production pour les firmes utilisatrices et non utilisatrices de biotechnologies**

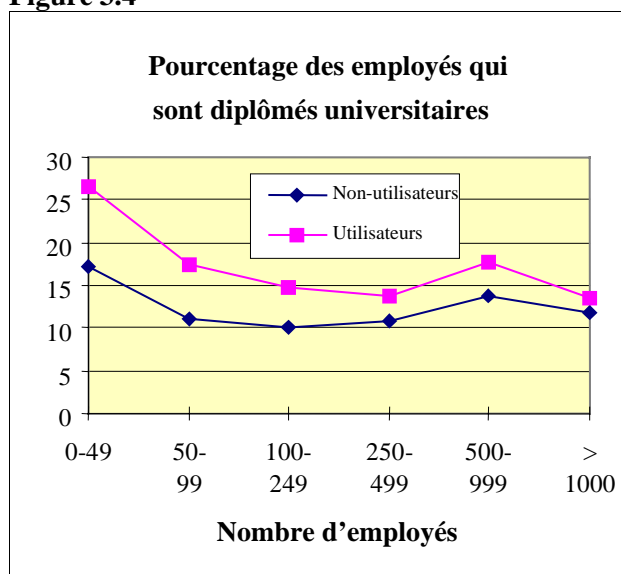
Par comparaison avec :	Autres producteurs canadiens		Producteurs étrangers	
	Non-utilisateurs	Utilisateurs	Non-utilisateurs	Utilisateurs
Beaucoup moins avancée	1	2	2	4
Moins avancée	7	10	12	12
Même niveau	59	55	61	58
Plus avancée	25	28	21	21
Beaucoup plus avancée	7	5	4	6
	100 %	100 %	100 %	100 %
Nombre de firmes répondantes	1450	258	1391	250
Valeur de P ( $\chi^2$ ) (non-utilisateurs contre utilisateurs)	0,29		0,20	

Dans chacun des huit secteurs, aucune différence ne ressort entre utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies, quant au niveau d'avancement des technologies de production par rapport à celles de leurs concurrents canadiens (résultats non présentés). Le domaine pharmaceutique fait toutefois exception, la distribution des réponses des utilisateurs étant beaucoup plus uniforme que la distribution pour les non-utilisateurs. Un pourcentage nettement inférieur d'entreprises pharmaceutiques utilisatrices de biotechnologies ont ainsi déclaré que leurs technologies de production sont "à peu près équivalentes" (28 % comparativement à 65 % pour les non-utilisateurs), alors que davantage d'utilisateurs ont indiqué que leurs technologies sont plus ou beaucoup plus avancées que celles de leurs concurrents canadiens (56 % contre 30 %) ou moins avancées (17 % contre 5 %).

### 3.5. Niveau de scolarité

Les pourcentages d'employés titulaires d'un diplôme d'études collégiales sont similaires, que les firmes utilisent ou non des biotechnologies, ceux-ci s'établissant respectivement à 11 % et 10 %. En revanche, un pourcentage beaucoup plus élevé d'employés des firmes utilisatrices ont fait des études universitaires, les proportions étant ici de 17 % contre 13 % pour les non-utilisateurs. Les résultats pondérés par le nombre d'employés suivent les mêmes profils, sauf que l'écart est un peu plus faible parmi les titulaires d'un diplôme collégial (10 % contre 9 %), alors qu'il est plus grand chez les diplômés universitaires (13 % contre 11 %). Comme l'illustre la figure 3.4, les utilisateurs de biotechnologies comptent un pourcentage supérieur à la moyenne de diplômés universitaires, quelle que soit leur tranche de taille; c'est dans les petites entreprises de moins de 50 employés que ce pourcentage est le plus élevé, puis il diminue avec la taille de l'entreprise<sup>12</sup>.

**Figure 3.4**



<sup>12</sup> Le tableau A-4 de l'annexe A présente les résultats détaillés pour les diplômés universitaires, les titulaires d'un diplôme collégial et les deux réunis.

Si l'on examine maintenant les résultats par secteur, on constate que le pourcentage de diplômés universitaires chez les utilisateurs de biotechnologies varie de 8 % de tous les employés dans le secteur du bois et du papier à 37 % dans le secteur pharmaceutique. Dans la plupart des secteurs, le pourcentage de diplômés collégiaux ou universitaires est plus élevé chez les utilisateurs que chez les non-utilisateurs. Font exception le secteur du bois et du papier, où les non-utilisateurs comptent davantage de diplômés universitaires, et le secteur pharmaceutique où 37 % des employés ont fait des études universitaires, que l'entreprise utilise ou non des biotechnologies<sup>13</sup>.

### 3.6. Exécution de R-D

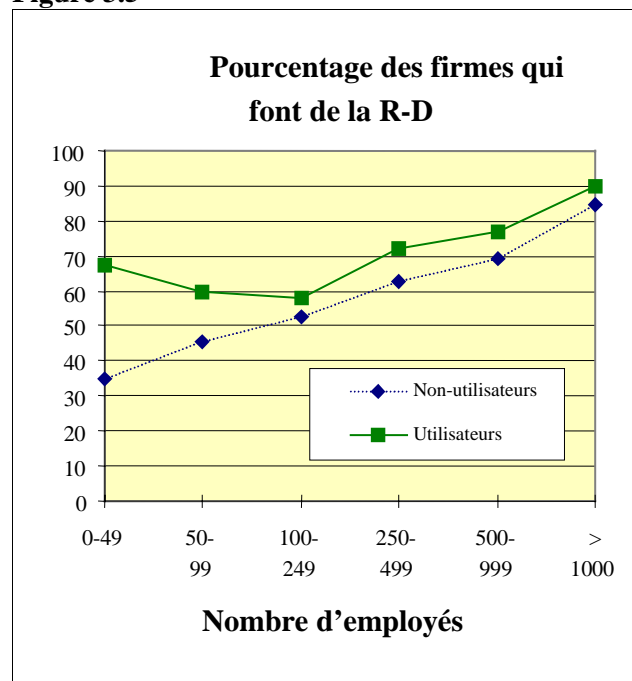
Dans l'ensemble, 72 % des utilisateurs de biotechnologies font de la R-D, comparativement à 52 % des non-utilisateurs. La figure 3.5 indique le pourcentage des utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies qui font de la R-D, selon la taille de l'entreprise. On remarquera qu'il n'existe qu'une faible différence entre le pourcentage d'utilisateurs et de non-utilisateurs qui font de la R-D dans la plupart des tranches de taille, sauf dans les entreprises de moins de 100 employés où les utilisateurs sont beaucoup plus nombreux à faire de la R-D que les non-utilisateurs.

### 3.7. Alliances de R-D

Les firmes qui font de la R-D devaient indiquer si elles avaient conclu des alliances en vue de l'exécution de travaux de R-D. En 1996, plus de deux fois plus d'utilisateurs de biotechnologies que de non-utilisateurs participaient à une alliance de R-D, les proportions étant de 55 % contre 21 %<sup>14</sup>.

Les firmes ayant conclu une alliance devaient également préciser le type et le pays d'origine de leurs partenaires. Ces résultats sont indiqués au tableau 3.3.

Figure 3.5



<sup>13</sup> Cette absence de différence dans le secteur pharmaceutique ne tient plus lorsqu'on utilise les moyennes par entreprise, la moyenne pour les utilisateurs de biotechnologies étant de 48 % comparativement à 33 % pour les non-utilisateurs. Ceci s'explique par un pourcentage élevé de diplômés universitaires dans les petites entreprises pharmaceutiques. Le tableau A-5 à l'annexe A indique les pourcentages d'employés diplômés par firme dans chaque secteur et le tableau A-6 présente les mêmes résultats, cette fois-ci pondérés par le nombre d'employés.

<sup>14</sup> Exclut six non-utilisateurs qui ont déclaré avoir participé à des alliances de R-D, mais qui n'ont coché aucune des neuf catégories de partenaires de R-D.

Un pourcentage nettement plus élevé d'utilisateurs que de non-utilisateurs, qui participent à des alliances de R-D, ont conclu une alliance avec des concurrents, des services d'experts-conseils, des laboratoires gouvernementaux, des universités et des instituts de recherche du Canada.

**Tableau 3.3 Pourcentage des utilisateurs et des non-utilisateurs de biotechnologies participant à des alliances de R-D et ayant conclu des alliances avec chacun des partenaires suivants, au Canada et à l'étranger**

Partenaire	Canada		À l'étranger	
	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur
Concurrents	9	18	4	10
Fournisseurs	39	36	19	21
Clients	25	20	15	17
Experts-conseils	28	45	9	18
Autres entreprises du groupe	20	24	16	24
Autres entreprises	11	12	7	9
Laboratoires gouvernementaux	16	43	2	4
Universités	30	62	6	13
Instituts de recherche	23	47	8	12

Les résultats pour chaque type d'alliance excluent les entreprises qui n'ont pas répondu à la question. Les différences statistiquement significatives entre utilisateurs et non-utilisateurs ( $p < 0,05$ ) sont indiquées en **caractère gras**.

Les non-utilisateurs, quant à eux, sont proportionnellement plus nombreux à avoir conclu des alliances avec des fournisseurs et des clients, quoique l'écart ne soit pas statistiquement significatif. Comme tous les répondants à cette question devaient participer à au moins une alliance de R-D, le pourcentage plus élevé de différents types d'alliances parmi les utilisateurs s'explique par un nombre d'alliances en moyenne plus élevé chez les utilisateurs que les non-utilisateurs.

Autant chez les non-utilisateurs que les utilisateurs, les alliances avec des partenaires au Canada sont plus fréquentes que celles faisant intervenir des partenaires à l'étranger. À titre d'exemple, 47 % des utilisateurs de biotechnologies ayant conclu une alliance pour l'exécution de R-D ont conclu cette alliance avec un institut de recherche au Canada, comparativement à 12 % avec un institut de recherche à l'étranger. "Autres entreprises du groupe" est le seul partenaire qui fait exception, 24 % des utilisateurs de biotechnologies ayant créé des alliances de R-D avec des entreprises situées au Canada et à l'étranger<sup>15</sup>.

### 3.8. Conclusions

Les deux plus importants indicateurs de l'utilisation des biotechnologies par une entreprise sont la taille de l'entreprise (mesurée par le nombre d'employés) et son secteur d'activité. L'effet de la taille est prévisible, les grandes entreprises étant plus susceptibles que les petites à participer à un éventail d'activités, dont certaines peuvent nécessiter l'utilisation des biotechnologies. Il importe toutefois d'interpréter ce résultat avec prudence, car le questionnaire ne précise pas l'importance qui est accordée à la biotechnologie dans la stratégie commerciale de l'entreprise et il est possible que la biotechnologie ne représente qu'un faible volet des activités commerciales de certains grands utilisateurs de biotechnologies. Par ailleurs, la concentration des biotechnologies dans un petit nombre de secteurs reflète l'éventail des applications possibles de ces technologies, lesquelles se retrouvent surtout dans les secteurs de la transformation des aliments et des produits

<sup>15</sup> Le chapitre 10 traite plus en détails des alliances entre utilisateurs de biotechnologies.

chimiques, ainsi que dans le domaine environnemental. Les types de biotechnologies en usage sont examinés plus en détail au chapitre 4.

Les résultats pour deux des trois indicateurs de la compétence technique, soit le niveau de scolarité et l'exécution de R-D, montrent que c'est dans les petites entreprises de moins de 100 employés que l'écart est le plus grand entre utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies, les premiers étant beaucoup plus susceptibles d'exécuter de la R-D et de compter une forte proportion de diplômés universitaires parmi leurs employés. Dans les entreprises plus grandes, un pourcentage légèrement plus élevé d'utilisateurs que de non-utilisateurs exécutent de la R-D et la proportion de diplômés universitaires y est également plus élevée. Enfin, les résultats concernant les alliances montrent qu'un pourcentage plus élevé d'utilisateurs que de non-utilisateurs participent à des alliances de R-D et que le nombre moyen d'alliances différentes est lui aussi supérieur.

Ces résultats portent fortement à croire que l'utilisation des biotechnologies requiert un niveau de compétence technique supérieur à la moyenne. Cette conclusion est cependant contradictoire avec celle voulant qu'il n'y a aucune différence entre le niveau d'avancement des technologies de production des utilisateurs et des non-utilisateurs de biotechnologies. Au moins deux phénomènes peuvent expliquer cette contradiction. Premièrement, il se peut que les biotechnologies offrent une solution de rechange aux méthodes actuelles, sans toutefois procurer d'avantages techniques immédiats, un phénomène davantage plausible dans les secteurs où la biotechnologie constitue une option relativement nouvelle. Autre possibilité connexe, les utilisateurs n'ont peut-être pas encore pleinement intégré les biotechnologies à leurs procédés de production. Deuxièmement, il se peut que les non-utilisateurs donnent une évaluation inexacte de leur situation comparative, en particulier s'ils ne connaissent pas les avantages que procurent les biotechnologies.

## 4. Utilisation des différentes biotechnologies

Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, le terme «biotechnologie» est une appellation quelque peu fautive. Il existe en fait un vaste éventail de biotechnologies, qui vont des techniques du génie génétique les plus récentes et les plus avancées aux techniques de sélection végétale et de transformation biologique qui existent toutes deux depuis longtemps. L'élaboration d'une politique gouvernementale visant à favoriser l'utilisation et le développement des biotechnologies exige une parfaite compréhension des divers types de biotechnologie en usage. Cette information peut également aider les entreprises utilisatrices de biotechnologies à estimer la taille et la structure de leur marché actuel.

Le questionnaire de l'enquête sur l'utilisation de la biotechnologie portait sur 22 biotechnologies différentes regroupées en trois catégories réunissant des technologies similaires, soit huit technologies utilisées pour la sélection et la modification de matériel biologique, cinq technologies environnementales et neuf technologies utilisées pour la culture et/ou l'utilisation de matériel biologique. Une entreprise est dite utilisatrice d'une catégorie particulière de technologies si elle utilise une ou plusieurs des technologies qui en font partie. À titre d'exemple, une entreprise fait partie des utilisateurs de biotechnologies environnementales si elle déclare utiliser au moins une des cinq technologies environnementales citées. La définition de chaque biotechnologie du questionnaire est indiquée dans le glossaire.

Les 22 biotechnologies ont également été regroupées, pour fins d'analyse, en trois autres catégories définies comme suit. Une entreprise est classée parmi les utilisateurs de techniques de *génie génétique* si elle utilise au moins une des cinq technologies liées au génie génétique ou utilisées en association au génie génétique. De même, elle est classée parmi les utilisateurs de biotechnologies *agricoles* si elle utilise au moins une des cinq technologies appliquées à l'agriculture; enfin, elle figure parmi les utilisateurs de *procédés biotechnologiques* si elle fait usage d'une des deux technologies servant à la production industrielle. Les deux dernières catégories (procédé et biotechnologie agricole) sont en fait un sous-ensemble des neuf technologies de «culture et/ou d'utilisation de matériel biologique», alors que la catégorie «génie génétique» est un sous-ensemble des huit technologies de «sélection et modification». Vous trouverez au chapitre 2 une description plus complète des trois catégories de biotechnologies qui figurent dans le questionnaire, ainsi que de ces trois catégories additionnelles.

### 4.1. Utilisation des biotechnologies selon le secteur

Le tableau 4.1 présente les résultats pondérés par le nombre d'employés sur l'utilisation de chacune des 22 biotechnologies, dans les huit secteurs. Pour faciliter la lecture, les résultats ont été légèrement ombragés lorsque la proportion des entreprises utilisatrices (pondérée par le nombre d'employés) se situe entre 10 % et 25 %; les cases plus ombragées indiquent que cette proportion est supérieure à 25 %. Plusieurs profils d'utilisation évidents ressortent de ce tableau<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Nous utilisons les résultats pondérés de préférence aux données calculées par entreprise, car les exigences en matière de confidentialité limitent la quantité de données qui peuvent être affichées au niveau de l'entreprise. Il est à noter toutefois que les résultats au niveau de l'entreprise sont très similaires aux résultats pondérés. Les premiers sont indiqués (lorsque ceci ne contrevient pas aux exigences en matière de confidentialité) au tableau A-7 de l'annexe A.

**Tableau 4.1 Pourcentages (pondérés par le nombre d'employés) des entreprises utilisatrices des 22 biotechnologies, dans les huit secteurs<sup>1</sup>**

	Secteurs des ressources naturelles				Secteurs manufacturiers			
	M	PB	RP	BPP	AI	P	CNP	A
Nombre de firmes répondantes	49	124	36	201	746	61	234	559
Biotechnologies de sélection et modification								
ADN recombinant	-	-	-	--	8	14	1	--
Anticorps/antigènes	-	-	-	-	5	15	--	--
Synthèse de peptides	-	-	-	-	--	14	--	--
Élaboration rationnelle de substances thérapeutiques	-	-	-	-	--	13	--	--
Anticorps monoclonal	-	-	-	-	2	15	1	--
Sonde d'ADN	-	-	-	-	7	14	2	--
Thérapie génique	-	-	-	-	-	-	--	-
Amplification de l'ADN	-	-	-	-	7	14	--	--
Biotechnologies environnementales								
Biovalorisation	9	12	48	26	11	--	2	-
Biodégradation accélérée	25	39	64	52	10	-	11	2
Bioréacteurs	16	-	53	40	9	--	3	-
Phytoréstauration	15	14	26	3	--	-	-	-
Épuration biologique des gaz	-	5	48	-	--	-	2	-
Technologies de culture et/ou utilisation de matériel biologique								
Culture tissulaire	-	-	-	1	6	15	2	--
Embryogenèse somatique	-	-	-	-	--	--	1	-
Biopesticides	-	-	-	7	1	8	1	-
Reproduction traditionnelle/ classique	3	-	-	3	8	4	1	-
Procédé biologique	-	-	28	1	15	15	--	--
Biodétection	3	-	-	1	11	28	1	--
Blanchiment biologique	-	-	-	1	--	-	-	-
Lixiviation biologique	14	-	-	-	-	-	-	2
Microbio-inoculants	-	2	-	1	1	--	1	-

<sup>1</sup>: Exclut 12 entreprises comptant dix établissements et plus. M : mines, PB : pétrole brut; RP : raffinage du pétrole; BPP : bois, pâtes et papiers; AI : aliments, boissons et tabac; P : produits pharmaceutiques; CPN : produits chimiques non pharmaceutiques; A : autres secteurs manufacturiers.

Cases légèrement ombragées : > 10 % à 24,9 %; cases fortement ombragées : > 25 %.

À une légère exception près, aucune des huit technologies de sélection et de modification n'est utilisée par les entreprises des quatre secteurs des ressources naturelles, l'exception étant une certaine utilisation dans le secteur du bois et des pâtes et papiers (BPP). Les secteurs de l'alimentation (AI) et des produits pharmaceutiques (P) sont les principaux utilisateurs de ces huit technologies.

Ce sont les biotechnologies environnementales qui affichent le plus haut taux de pénétration. De plus, les plus grands utilisateurs de ces biotechnologies se retrouvent dans les secteurs des ressources naturelles, qui utilisent principalement des techniques de biodégradation accélérée pour décomposer des substances dangereuses. Le taux d'utilisation de cette technologie varie ainsi de 25 % dans le secteur minier (M) à un sommet de 64 % dans le secteur du raffinage du pétrole (RP), lequel est également un grand utilisateur des autres biotechnologies environnementales.

Les taux d'utilisation des biotechnologies environnementales diminuent sensiblement dans les secteurs manufacturiers. Le plus grand utilisateur de ces technologies est le secteur de l'alimentation (AI), dont le taux maximal n'est cependant que de 11 % (biovalorisation). Enfin, dans le secteur pharmaceutique et les «autres» secteurs manufacturiers, le taux d'utilisation pour l'ensemble des technologies environnementales est inférieur à 2 %.

Le dernier groupe, qui réunit les neuf technologies liées à la culture et/ou l'utilisation de matériel biologique, est rarement utilisé dans les secteurs des ressources naturelles, à l'exception des

procédés biologiques dans le secteur du raffinage du pétrole et de la lixiviation biologique dans celui des mines. Ces technologies sont surtout utilisées dans le secteur de l'alimentation et le secteur pharmaceutique.

Le secteur des ressources naturelles qui utilise le plus large éventail de biotechnologies différentes est celui du bois et des pâtes et papiers. Dans les secteurs manufacturiers, ce sont les secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques qui sont les utilisateurs les plus diversifiés. Le secteur des produits chimiques non pharmaceutiques (CNP) et les «autres» secteurs manufacturiers (A) font quant à eux peu usage des biotechnologies, à l'exception de la technique de biodégradation accélérée qui est utilisée par le secteur des produits chimiques non pharmaceutiques.

#### 4.2. Utilisation des biotechnologies selon la catégorie

Le tableau 4.2 indique le pourcentage des entreprises et des employés qui utilisent au moins une biotechnologie dans chacune des quatre catégories de biotechnologies : génie génétique, biotechnologies environnementales, biotechnologies agricoles et procédés. On remarquera, par exemple, que 24 % des 49 entreprises minières utilisent au moins une des cinq biotechnologies environnementales.

**Tableau 4.2 Utilisation d'une biotechnologie dans chacune des quatre catégories de biotechnologies, selon le secteur : Pourcentages par entreprise et pondérés selon le nombre d'employés<sup>1</sup>**

	Secteurs des ressources naturelles				Secteurs manufacturiers			
	M	PB	RP	BPP	AI	P	CNP	A
Nombre de firmes répondantes	49	124	36	201	746	61	234	559
Génie génétique								
Firmes	-	-	-	x	2	12	x	x
Employés	-	-	-	--	11	14	3	--
Environnementales								
Firmes	24	27	28	24	6	x	6	x
Employés	30	39	70	68	18	--	12	2
Agricoles								
Firmes	x	x	-	3	4	26	2	1
Employés	3	2	-	10	8	24	2	--
Procédé								
Firmes	x	-	x	x	9	21	2	x
Employés	3	-	28	2	21	30	1	--

<sup>1</sup>: Exclut 12 firmes comptant dix établissements et plus. M : mines, PB : pétrole brut, RP : raffinage de pétrole, BPP : bois, pâtes et papiers, AI : aliments, boissons et tabac, P : produits pharmaceutiques, CNP : produits chimiques non pharmaceutiques, A : autres secteurs manufacturiers. x : confidentiel en vertu des dispositions de la Loi sur la statistique relatives au secret.

Définition des catégories de biotechnologies : **Génie génétique** : utilise au moins une des techniques suivantes : ADN recombinant, synthèse de peptides, sonde d'ADN, thérapie génique ou amplification de l'ADN. **Biotechnologies environnementales** : utilise au moins une des biotechnologies suivantes : biovalorisation, biodégradation accélérée, bioréacteurs, phytorestauration et épuration biologique des gaz. **Biotechnologies agricoles** : utilise au moins une des biotechnologies suivantes : culture tissulaire, embryogenèse somatique, biopesticides, reproduction traditionnelle/classique et microbio-inoculants. **Procédé** : utilise au moins une des deux techniques, procédé biologique ou biodétection.

Les profils d'utilisation par secteur sont très similaires à ceux décrits précédemment au tableau 4.1; le tableau 4.2 offre cependant une image plus précise de l'utilisation des techniques liées au génie génétique et à l'agriculture. Les techniques de génie génétique ne sont utilisées que par un

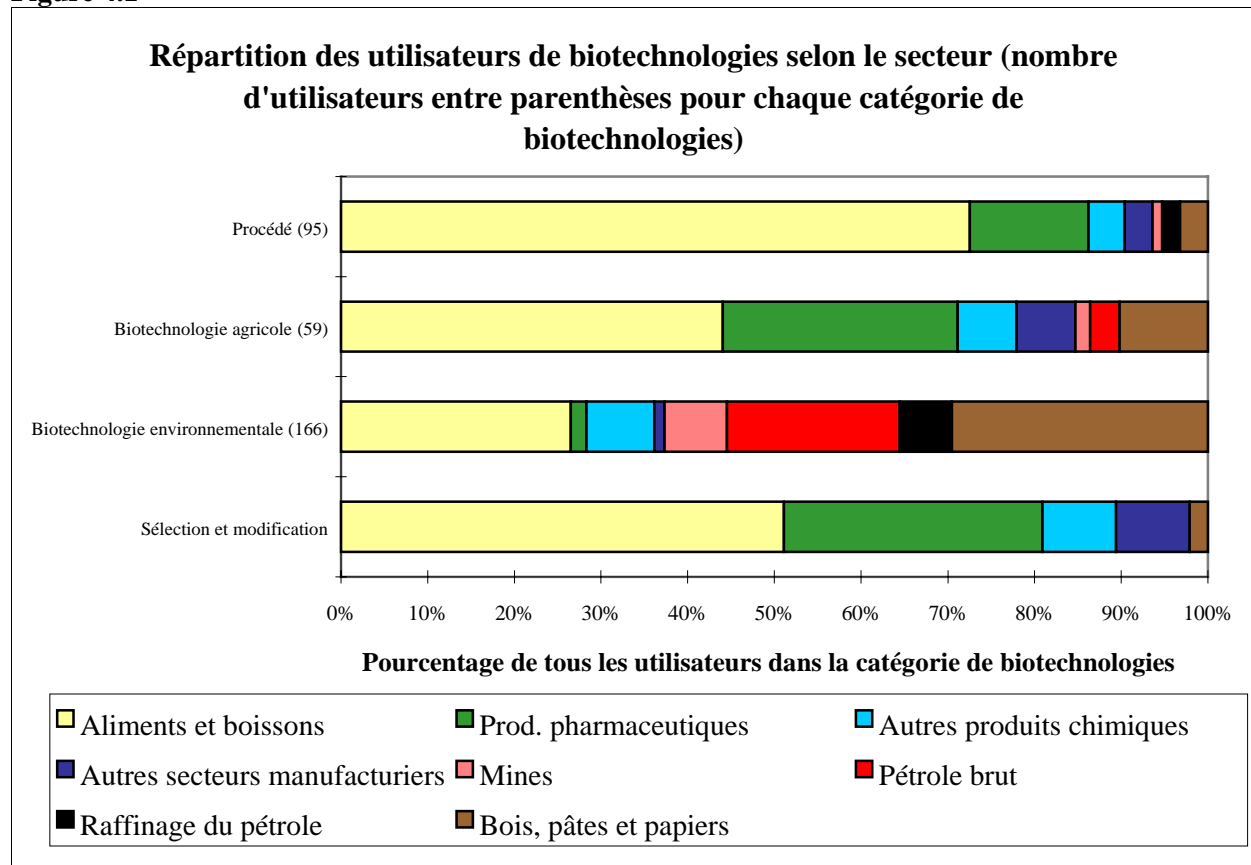
petit nombre d'entreprises, pour la plupart appartenant au secteur pharmaceutique, dont la proportion n'atteint toutefois que 12 %. Les applications liées à l'agriculture et aux procédés industriels sont elles aussi largement limitées, cette fois-ci aux secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques.

#### 4.3. Répartition des utilisateurs de biotechnologies selon le secteur

Les tableaux 4.1 et 4.2 qui précèdent indiquent le pourcentage des entreprises ou des employés, dans un secteur donné, qui utilisent chaque type de biotechnologie. Une évaluation de la répartition, par secteur, de tous les utilisateurs dans une catégorie précise de biotechnologies permet de mieux évaluer où se trouvent les compétences en biotechnologie (voir figure 4.1). (Dans chaque rangée, la somme des entreprises ventilées par secteur pour chaque catégorie de biotechnologies totalise 100 %). Nous utilisons ici la catégorie qui regroupe les huit technologies de sélection et modification, plutôt que les cinq technologies de génie génétique, pour des raisons de confidentialité. La répartition des utilisateurs de ces deux catégories est toutefois très similaire.

Les résultats illustrés à la figure 4.1 sont similaires à ceux présentés aux tableaux 4.1 et 4.2. Ainsi, les secteurs des produits pharmaceutiques et de l'alimentation dominent, en ce qui a trait à l'utilisation des technologies liées aux procédés, à l'agriculture et au génie génétique. Ces deux secteurs représentent en effet 86 % de l'ensemble des entreprises qui utilisent des applications liées aux procédés, 71 % des utilisateurs d'applications agricoles et 81 % des utilisateurs des

**Figure 4.1**





technologies de sélection et modification. Les principales différences se situent au niveau de l'utilisation des biotechnologies environnementales. Comme l'indique le tableau 4.2, seulement 6 % des entreprises alimentaires utilisent des technologies environnementales; malgré tout, ces entreprises représentent 26 % des utilisateurs de ces technologies (voir figure 4.1).

Voir le tableau 4.2 pour une description des trois premières catégories de biotechnologies.

#### 4.4. Conclusions

Les secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques dominent, pour ce qui est de l'utilisation des biotechnologies de sélection et modification et des technologies liées à la culture et/ou l'utilisation de matériel biologique. Cette affirmation reste valide, que l'analyse porte sur le pourcentage d'entreprises ou d'employés dans chaque secteur qui utilisent ces technologies ou sur le pourcentage de tous les utilisateurs pertinents dans ces deux secteurs. En revanche, les biotechnologies environnementales sont utilisées par un éventail beaucoup plus varié d'utilisateurs, bien que cet usage soit beaucoup plus répandu dans les quatre secteurs des ressources naturelles que dans les secteurs manufacturiers. Les entreprises de produits chimiques non pharmaceutiques et les «autres» secteurs manufacturiers affichent pour leur part les plus faibles taux d'utilisation, et ce pour l'ensemble des biotechnologies.

## 5. Stade d'utilisation des différentes biotechnologies

La mise au point de technologies est le fruit d'un long processus interactif qui se caractérise par l'apport continu d'améliorations en réponse à l'expérience acquise ou aux nouvelles demandes. Durant ses premières phases de développement, la technologie est utilisée presque entièrement à des fins de recherche; par la suite, la technologie éprouvée peut devenir un article commercial qui peut être acheté et intégré sur-le-champ au système de production ou de lutte antipollution déjà en place. Cette dernière catégorie inclut par exemple les nouveaux équipements et composantes informatiques et les capteurs.

Une étape importante dans le développement d'une technologie est celle qui consiste à passer de l'étape de la recherche et du développement à celle de l'application pratique. L'absence d'applications, ou du moins d'applications commerciales rentables, peut constituer un obstacle majeur à l'adoption d'une nouvelle technologie. L'enquête a cherché à fournir des réponses partielles à ces questions, en demandant aux 271 entreprises qui utilisent une ou plusieurs biotechnologies de préciser le stade d'utilisation atteint pour chaque biotechnologie. Quatre choix de réponse étaient proposés : recherche, composante du procédé de production, composante du produit vendu ou système anti-pollution. Les trois dernières options représentent toutes des applications de la biotechnologie.

La question sur le stade d'utilisation comporte deux limites majeures qui doivent être bien comprises. Premièrement, on ne peut utiliser les résultats pour déterminer le pourcentage des entreprises actives dans la recherche en biotechnologie, car une entreprise qui, à la fois, fait de la recherche sur les biotechnologies et en utilise au stade de l'application est classée dans ce dernier stade. Deuxièmement, nous ne savons pas si une entreprise au stade de l'application mène actuellement ou a déjà mené des recherches sur les biotechnologies. Ces deux limites reflètent le fait que le questionnaire porte davantage sur l'*application* et la diffusion des biotechnologies que sur la recherche et le développement.

La figure 5.1 indique le pourcentage d'utilisateurs de chaque biotechnologie, selon chacun des quatre stades d'utilisation<sup>17</sup>. Le stade le plus fréquent pour les biotechnologies de sélection et modification est celui de la recherche. Seules les entreprises utilisant les techniques basées sur les anticorps/antigènes ou les anticorps monoclonaux sont pour la plupart à un stade d'application, qu'il s'agisse de l'intégration au procédé de production ou au produit fini. Aucune des huit technologies dans cette catégorie n'est utilisée comme moyen de lutte contre la pollution.

Dans le cas par contre des biotechnologies environnementales, le stade d'utilisation le plus fréquent est celui de la lutte antipollution, le pourcentage des entreprises utilisant chacune des biotechnologies à cette fin variant d'environ 62 %, dans le cas de la biovalorisation et de l'épuration biologique des gaz, à 82 % pour la biodégradation accélérée. Pour leur part, les technologies liées à la culture et la modification sont celles qui affichent les stades d'utilisation les plus diversifiés, bien que l'intégration au procédé de production en soit l'utilisation la plus répandue.

Très peu d'entreprises interrogées dans le cadre de cette enquête vendent des biotechnologies comme composantes d'un produit, et les biotechnologies les plus souvent intégrées aux produits

---

<sup>17</sup> Voir le tableau A-8 de l'annexe A pour tous les détails sur le pourcentage d'entreprises, à chaque stade d'utilisation, pour chaque biotechnologie.

vendus sont : anticorps/antigènes (37 %), anticorps monoclonal (38 %), biopesticides (42 %) et microbio-inoculants (33 %).

## 5.1. Recherche ou applications

Comme nous l'avons indiqué précédemment, il existe un point de partage majeur entre les quatre stades d'utilisation, lequel point se situe entre l'étape de la recherche et les trois autres stades qui tous requièrent l'application ou la commercialisation de la biotechnologie. La figure 5.2 indique le pourcentage d'entreprises qui sont à l'étape de la recherche seulement, à l'étape de la recherche pour une biotechnologie et de l'application pour une autre ou qui sont seulement à un des trois stades d'application, selon chaque catégorie de biotechnologies.

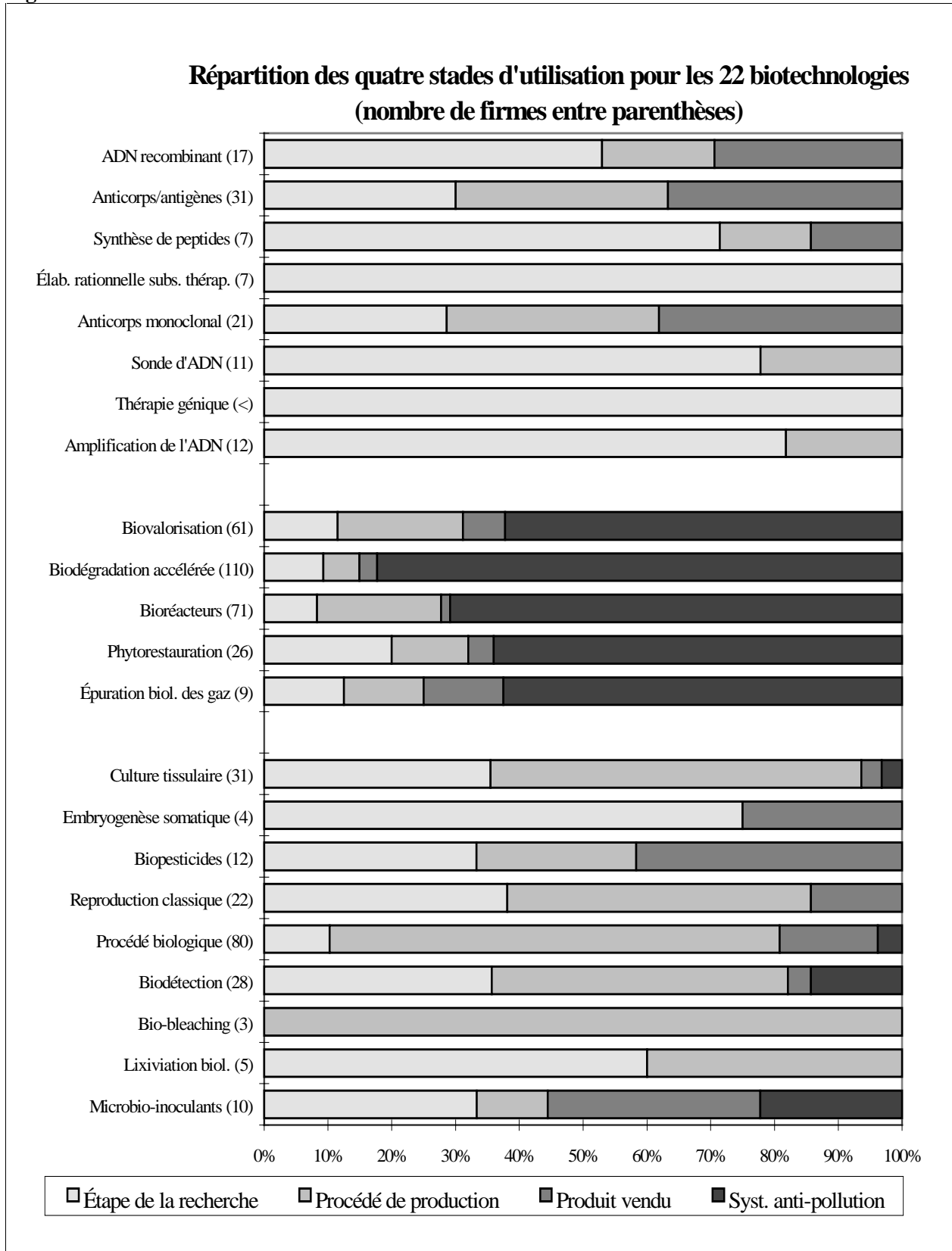
Les firmes utilisant des technologies de sélection et modification sont les moins susceptibles d'être au stade d'application, 34 % d'entre elles étant à l'étape de la recherche seulement et 11 % au stade de la recherche et de l'application. À l'inverse, seulement 6,0 % des entreprises utilisant des biotechnologies environnementales le font au stade de la recherche et seulement 7 % combinent recherche et applications. Enfin, les entreprises qui utilisent des technologies liées à la culture et à l'utilisation de matériel biologique et qui sont à l'étape de la recherche se situent entre les deux, 17 % d'entre elles étant au stade de la recherche seulement et 7 % combinant les deux.

**Tableau 5.1 Nombre moyen d'années d'utilisation de certaines biotechnologies**

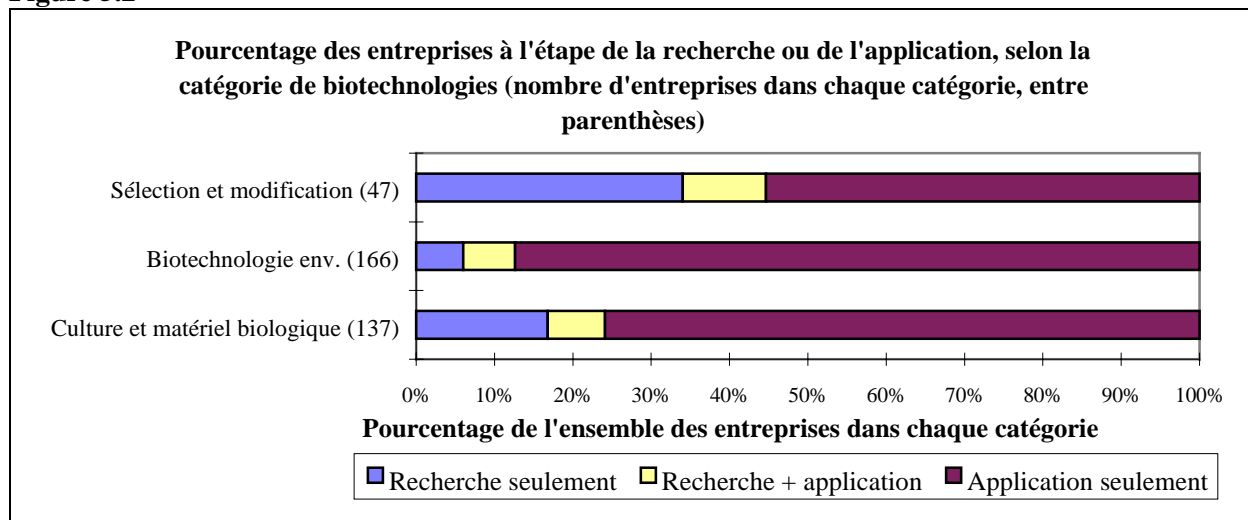
Technologie	Nombre d'utilisateurs <sup>1</sup>	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
<b>Sélection et modification</b>					
ADN recombinant	15	1	15	5	4
Anticorps	29	1	30	10	8
Synthèse de peptides	7	-	20	8	8
Élaboration rationnelle de subs. Thérapeutiques	5	3	29	13	11
Anticorps monoclonal	18	1	20	7	5
Sonde d'ADN	8	3	15	7	4
Thérapie génique	<	-	-	-	-
Amplification de l'ADN	9	3	15	6	4
<b>Environnementale</b>					
Biovalorisation	50	1	30	10	8
Biodégradation accélérée	97	1	40	9	9
Bioréacteurs	68	1	75	10	13
Phytorestauration	21	-	50	12	14
Épuration biologique des gaz	6	1	32	8	12
<b>Culture et utilisation</b>					
Culture tissulaire	26	1	30	9	8
Embryogenèse somatique	4	1	3	2	1
Biopesticides	10	1	12	4	3
Reproduction classique	18	2	20	10	6
Procédé biologique	70	1	99	30	30
Biodétection	25	1	35	7	9
Blanchiment biologique	5	3	11	6	4
Lixiviation biologique	4	1	11	6	5
Microbio-inoculants	8	3	39	11	12

<sup>1</sup>: Exclut les firmes qui n'ont pas répondu à la question sur le nombre d'années d'utilisation de chaque technologie.

**Figure 5.1**



**Figure 5.2**



La ventilation par secteur des entreprises ayant atteint un stade d'application pour une ou plusieurs biotechnologies s'établit comme suit : 62 % dans le secteur minier, 94 % dans le secteur du pétrole brut, 100 % dans le secteur du pétrole raffiné, 94 % pour les entreprises du bois et des pâtes et papiers, 92 % dans le secteur de l'alimentation, 90 % dans le domaine pharmaceutique, 83 % dans le secteur des autres produits chimiques et 78 % pour les autres secteurs manufacturiers. Le nombre d'entreprises dans chaque secteur est trop faible pour pouvoir ventiler le pourcentage d'entreprises selon la catégorie de biotechnologies. Une analyse a donc été faite pour les deux grands secteurs agrégés, soit celui des ressources naturelles et le secteur manufacturier, et cette analyse indique que le taux d'application est supérieur à 80 % dans les deux cas pour toutes les catégories de technologies, à l'exception du génie génétique. Seulement 65 % des industries manufacturières qui utilisent ces technologies ont en effet atteint le stade d'au moins une application. Ce résultat est en accord avec les données présentées à la figure 5.2.

## 5.2. Nombre moyen d'années d'utilisation

Ces différences dans le pourcentage des entreprises encore à l'étape de la recherche sont liées en partie au nombre moyen d'années d'utilisation de chaque biotechnologie. Les biotechnologies de sélection et de modification, par exemple, sont beaucoup plus récentes que bon nombre des autres biotechnologies (voir tableau 5.1). Le nombre maximal d'années d'utilisation pour les biotechnologies de sélection et de modification varie ainsi de 3 à 30 ans, alors qu'il fluctue entre 30 et 75 ans pour les biotechnologies environnementales et de 3 à 99 ans pour celles liées à la culture et à l'utilisation de matériel biologique.

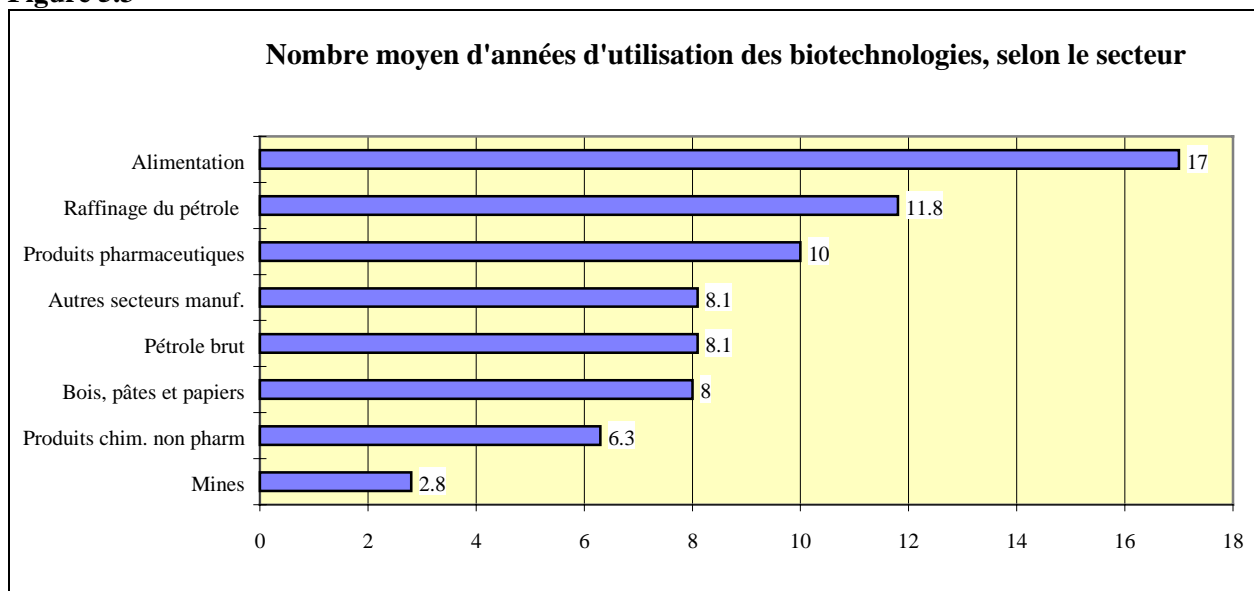
Les cinq techniques de génie génétique sont les plus récentes, leur nombre moyen d'années d'utilisation variant de 4,8 ans pour l'ADN recombinant à 6,4 ans pour la synthèse de peptides. Les techniques basées sur les anticorps et les anticorps monoclonaux sont utilisées depuis plus longtemps, les moyennes étant respectivement de 10,1 et 7,3 ans. Ceci explique en partie le pourcentage relativement élevé d'entreprises qui utilisent ces deux technologies et qui vendent des produits qui en sont dérivés.

Les techniques du génie génétique sont, dans l'ensemble, plus récentes que la plupart des autres technologies, à l'exception de l'embryogenèse somatique dont la moyenne d'utilisation n'est que

de deux ans. Le faible nombre d'années d'utilisation obtenu ici pour les techniques classiques de reproduction, dont le maximum est de 20 ans, est dû probablement au fait que la plupart des entreprises de sélection végétale et animale ont été exclues de l'enquête.

Les analyses basées sur le nombre moyen d'années d'utilisation des biotechnologies par entreprise n'ont révélé aucune différence significative selon la taille de l'entreprise<sup>18</sup>. En revanche, le nombre moyen d'années d'utilisation varie de façon significative d'un secteur à un autre, comme l'illustre la figure 5.3. Ainsi, les firmes des secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques sont celles pour qui le nombre moyen d'années d'utilisation des biotechnologies est le plus élevé, alors que les entreprises minières sont des utilisateurs relativement récents, avec une moyenne de seulement 2,8 ans.

**Figure 5.3**



### 5.3. Conclusions

Un stade principal d'utilisation ressort pour chacune des trois catégories de biotechnologies. Il s'agit de l'étape de la recherche pour les technologies de sélection et modification, de la lutte antipollution pour les technologies environnementales et de l'intégration au procédé de production pour les technologies de culture et d'utilisation du matériel biologique. Pour très peu d'entreprises, les biotechnologies constituent une composante du produit vendu; ceci s'explique

<sup>18</sup> Ces résultats peuvent être confondus avec le nombre d'années d'existence de l'entreprise. Malheureusement, nous ne possédons aucune donnée sur la date d'établissement, ni aucune autre méthode pour déterminer l'âge de l'entreprise. À la place, nous utilisons la taille de l'entreprise comme valeur approximative de son âge. Le nombre moyen d'années d'utilisation pour chaque entreprise est déterminé à partir de la moyenne pour l'ensemble des biotechnologies utilisées par l'entreprise, ou seulement pour les biotechnologies appartenant à une catégorie précise, selon le cas. Des analyses de corrélation entre la taille moyenne de l'entreprise et le nombre moyen d'années d'utilisation se sont révélées non significatives pour toutes les entreprises, tout comme les corrélations portant uniquement sur les entreprises actives dans des catégories précises de technologies.

en partie par le type d'entreprises interrogées pour l'enquête, dont ont été exclues les entreprises de fabrication d'équipement. Or plusieurs technologies environnementales, notamment les bioréacteurs, pourraient être fabriquées par de telles entreprises et vendues aux grandes entreprises d'exploitation des ressources naturelles. Malgré tout, le fait que l'application la plus répandue soit l'intégration au procédé de production ou au système de lutte antipollution fait ressortir le fait que la biotechnologie est essentiellement une technologie axée sur les procédés, utilisée principalement comme composante du procédé de production en place. Ceci peut créer des problèmes en ce qui a trait à la diffusion future, car les entreprises ont souvent la possibilité d'utiliser d'autres méthodes de production ou de lutte antipollution.

## 6. Projets futurs en vue de l'utilisation des biotechnologies

Nous avons présenté, aux chapitres 3 et 4, les pourcentages d'entreprises qui utilisent actuellement des biotechnologies. Une autre question d'intérêt est de savoir combien d'entreprises ont l'intention d'utiliser des biotechnologies dans un avenir rapproché. La réponse à cette question est utile pour estimer l'incidence économique et sociale future des biotechnologies, ainsi que pour évaluer l'étendue du marché des biotechnologies à court terme.

Toutes les firmes qui n'utilisaient pas une biotechnologie particulière, incluant les non-utilisateurs et les entreprises utilisant une biotechnologie différente, devaient indiquer si elles avaient l'intention d'utiliser la technologie en question d'ici les deux prochaines années. Dans la négative, elles devaient préciser si c'était parce qu'il n'y avait aucune application pour la technologie ou parce que celle-ci n'était pas rentable. Les résultats à ces deux questions fournissent deux mesures distinctes de l'adoption future des biotechnologies. La première indique le pourcentage d'entreprises prévoyant adopter la technologie dans les deux prochaines années. La deuxième mesure inclut les entreprises qui n'ont pas l'intention d'adopter une biotechnologie parce qu'elle est trop coûteuse. Ces dernières entreprises forment un autre groupe d'utilisateurs éventuels, car elles pourraient décider d'adopter la technologie si son coût diminuait ou si le rapport avantages-coûts augmentait. Nous avons donc regroupé les firmes prévoyant adopter une biotechnologie particulière au cours des deux prochaines années et celles ayant répondu que la biotechnologie était trop coûteuse et, ensemble, celles-ci forment le groupe des utilisateurs *potentiels*.

Très peu d'entreprises ont dit prévoir adopter de nouvelles biotechnologies d'ici deux ans ou figurent parmi les utilisateurs potentiels. Les résultats obtenus pour les trois catégories de biotechnologies citées dans le questionnaire, ainsi que pour la catégorie des techniques de génie génétique les plus avancées (sous-ensemble des technologies de sélection et de modification), sont indiqués au tableau 6.1<sup>19</sup>.

**Tableau 6.1 Projets futurs d'adoption des biotechnologies**

Catégorie de biotechnologie	D'ici deux ans		Ensemble des utilisateurs potentiels <sup>1</sup>	
	Utilisateurs actuels <sup>2</sup>	Non-utilisateurs <sup>3</sup>	Ensemble des firmes <sup>4</sup>	Pondérés par le nombre d'employés
Sélection et modification	8 (3 %)	4 (0,2 %)	19 (1 %)	0,4 %
Génie génétique	6 (2 %)	x	15 (1 %)	0,3 %
Biotechnologie environnementale	22 (8 %)	18 (1 %)	67 (3 %)	11 %
Culture et utilisation de matériel biologique	18 (7 %)	11 (0,6 %)	45 (2 %)	5 %

<sup>1</sup>: Firmes ayant l'intention d'adopter une biotechnologie d'ici deux ans, plus firmes indiquant que la technologie coûte trop cher.

<sup>2</sup>: Utilisateur actuel s'entend d'une firme qui utilise n'importe laquelle des 22 biotechnologies à l'étude. Le pourcentage représente la proportion des 271 utilisateurs actuels d'au moins une biotechnologie qui prévoient en adopter au moins une autre dans la même catégorie.

<sup>3</sup>: Le pourcentage indique la proportion des 1 739 firmes qui n'utilisaient aucune biotechnologie au moment de l'enquête, mais qui prévoient en adopter au moins une dans cette catégorie.

<sup>4</sup>: Pourcentage des utilisateurs potentiels sur les 2 010 firmes répondantes.

<sup>19</sup> Les résultats pour chacune des 22 biotechnologies sont présentés au tableau A-10 de l'annexe A.



La majorité des entreprises qui prévoient adopter une biotechnologie d'ici deux ans utilisent déjà au moins une autre biotechnologie. À titre d'exemple, 3 % des utilisateurs actuels d'au moins une biotechnologie ont l'intention d'adopter une biotechnologie de sélection et de modification d'ici deux ans, alors que la proportion n'est que de 0,2 % parmi les non-utilisateurs. Le fait d'inclure, parmi les utilisateurs potentiels, les entreprises qui estiment que le coût des biotechnologies est actuellement trop élevé a pour effet d'augmenter la proportion des utilisateurs potentiels, laquelle passe à 55 % pour les technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique à 88 % pour les techniques du génie génétique. Cependant, le pourcentage des utilisateurs potentiels par rapport à l'ensemble des firmes répondantes demeure faible, variant de 0,7 % pour les techniques de génie génétique à 3 % pour les biotechnologies environnementales. Les résultats pondérés par le nombre d'employés donnent un pourcentage maximal de 11 % pour les technologies environnementales.

### 6.1. Diffusion d'une catégorie de biotechnologie à une autre

Une autre question intéressante est de savoir si l'utilisation d'une biotechnologie augmente la capacité des entreprises d'utiliser ou d'adopter une biotechnologie d'une autre catégorie. Une telle situation est possible si l'expérience acquise et les avantages que confère la biotechnologie augmentent la capacité et l'intérêt d'une entreprise d'adopter une autre biotechnologie. Pour ce type d'analyses, les technologies doivent être regroupées par compétences connexes. Les résultats sont présentés ici pour trois catégories de technologies, regroupées comme suit : cinq techniques de génie génétique, cinq technologies environnementales et cinq technologies agricoles<sup>20</sup>.

Le tableau 6.2 indique le pourcentage des entreprises qui utilisent actuellement une biotechnologie dans chacune de ces trois catégories et qui en utilisent également dans une des deux autres catégories. La majorité des 24 firmes qui utilisent des techniques de génie génétique en utilise également dans au moins une des deux autres catégories, seulement quatre entreprises (17 %) n'utilisant aucune technologie des deux autres catégories. Ce résultat n'a rien d'étonnant, car le génie génétique est une compétence fondamentale. À l'opposé, seulement 5 % des 166 firmes utilisatrices de biotechnologies environnementales utilisent également des techniques de génie génétique, alors que 145 (87 %) n'utilisent aucune technologie dans l'une ou l'autre des deux autres catégories. Ces résultats laissent croire qu'il y a peu de mouvement, des technologies environnementales à celles du génie génétique, alors qu'à l'inverse les entreprises qui utilisent le génie génétique sont également capables d'adopter d'autres technologies.

**Tableau 6.2 Firmes utilisant des technologies dans plus d'une catégorie**

	Pourcentage des firmes qui utilisent une ou plusieurs technologies en :				
	N	Génie gén	Environnement	Agriculture	Aucun des deux
Génie génétique	24	-	38	71	17
Environnement	166	5	-	11	87
Agriculture	59	29	30	-	51

<sup>20</sup> Les cinq techniques de génie génétique sont l'ADN recombinant, la synthèse de peptides, les sondes d'ADN, la thérapie génique et l'amplification de l'ADN. Les cinq technologies environnementales sont la biovalorisation, la biodégradation accélérée, l'utilisation de bioréacteurs, la phytorestauration et l'épuration biologique des gaz. Enfin, les cinq technologies agricoles sont la culture tissulaire, l'embryogenèse somatique, les biopesticides, les techniques de reproduction traditionnelle/classique et les microbio-inoculants.

Pour évaluer le potentiel d'adoption d'une biotechnologie appartenant à une catégorie différente de la catégorie d'utilisation actuelle, l'analyse doit se limiter aux entreprises présentes uniquement dans une des trois catégories. Il ne faut pas, par exemple, qu'un utilisateur de technologie agricole utilise également une technique de génie génétique ou une technologie environnementale. Selon ces critères, quatre firmes sont admissibles en ce qui a trait au génie génétique, 145 pour l'analyse des technologies environnementales et 30 pour les technologies agricoles. Les résultats de cette analyse sont présentés au tableau 6.3 pour les deux méthodes d'estimation de l'utilisation future, c'est-à-dire pour les firmes qui prévoient utiliser une autre technologie d'ici deux ans et celles qui figurent parmi les utilisateurs potentiels. Comme aucune des quatre firmes en génie génétique ne prévoient utiliser une technologie appartenant à l'une des deux autres catégories, ces firmes sont exclues du tableau 6.3.

Les résultats montrent que très peu d'entreprises prévoient adopter une biotechnologie d'une

**Tableau 6.3 Adoption prévue et potentielle des biotechnologies**

Utilisation actuelle	N	Utilisation prévue		
		Génie génétique	Environnement	Agriculture
<i>Utilisation prévue d'ici deux ans</i>				
Biotechnologie env.	145	x	17 (12 %)	x
Biotechnologie agricole	30	3 (10 %)	3 (10 %)	3 (10 %)
<i>Utilisateurs potentiels (d'ici deux ans, plus coût trop élevé)</i>				
Biotechnologie env.	145	x	28 (19 %)	6 (4 %)
Biotechnologie agricole	30	3 (10 %)	4 (13 %)	3 (10 %)

autre catégorie d'ici deux ans. La plupart des utilisations prévues sont mentionnées par des utilisateurs actuels de biotechnologies environnementales qui prévoient adopter une autre technologie environnementale. Ainsi, 17 firmes qui utilisent présentement une biotechnologie environnementale, soit 12 % des utilisateurs actuels, prévoient utiliser une autre technologie environnementale d'ici deux ans. Des profils similaires ressortent en ce qui a trait aux utilisateurs potentiels. Les utilisateurs actuels de biotechnologies environnementales adopteront fort probablement une autre biotechnologie environnementale (19 %), alors que très peu entrevoient la possibilité d'utiliser une technique de génie génétique ou une biotechnologie agricole.

Ces résultats montrent que ces trois catégories de technologies sont bien distinctes et qu'il est peu probable que les firmes qui utilisent actuellement une biotechnologie en adoptent une autre d'une catégorie différente.

## 6.2. Conclusions

Les résultats sur la diffusion des biotechnologies sont basés sur les conditions qui existent dans les moyennes et grandes entreprises et excluent un grand nombre d'entreprises du domaine pharmaceutique ou du secteur agricole primaire. Ces conclusions devraient néanmoins brosser un tableau assez exact du potentiel de diffusion des biotechnologies à court terme dans les secteurs des ressources naturelles, le secteur des produits alimentaires et le secteur des produits chimiques non pharmaceutiques au Canada.

Le potentiel de diffusion à court terme auprès des non-utilisateurs est très limité, seulement 18 non-utilisateurs ayant l'intention d'adopter une biotechnologie environnementale d'ici les deux prochaines années et 11 seulement prévoient adopter une technologie de culture et/ou d'utilisation de matériel biologique durant la même période. Les résultats pondérés par le nombre

d'employés, pour les utilisateurs et non-utilisateurs réunis, montrent que les biotechnologies environnementales sont celles qui offrent le plus grand potentiel d'adoption future, lorsqu'on inclut les firmes qui trouvent actuellement trop élevé le coût des biotechnologies. Cependant, même dans un tel cas, seulement 11 % des firmes (résultats pondérés par le nombre d'employés) apparaissent comme des utilisateurs potentiels. De même, 2 % seulement de toutes les entreprises (5 % après pondération par le nombre d'employés) figurent parmi les utilisateurs potentiels des technologies de culture et/ou d'utilisation de matériel biologique en usage dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture.

Ces faibles estimations, bien qu'à court terme, de la diffusion future des biotechnologies tranchent nettement avec certaines estimations récentes selon lesquelles la diffusion des biotechnologies pourrait se faire rapidement, en particulier dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture<sup>21</sup>. La différence entre les faibles taux de diffusion indiqués ici et les estimations optimistes provenant d'autres études n'est pas due à différents scénarios quant à la baisse du coût des biotechnologies par rapport aux solutions de remplacement. Les estimations indiquées précédemment en regard des utilisateurs potentiels incluent l'ensemble des firmes ayant déclaré que la technologie est «trop coûteuse». Le principal obstacle à l'adoption future est le pourcentage élevé d'entreprises qui ont déclaré qu'il n'y avait «aucune application».

La majorité des utilisateurs potentiels se retrouve parmi les utilisateurs actuels, qui prévoient adopter une biotechnologie différente de celle actuellement en usage. Par ailleurs, la plupart des technologies prévues ou envisagées appartiennent vraisemblablement à la même catégorie que celle déjà en usage, le taux d'adoption de technologies d'une catégorie différente étant très faible.

Deux facteurs complémentaires peuvent expliquer ces résultats. Le premier est que la diffusion des biotechnologies, à court terme, n'est pas limitée principalement par le coût élevé – bien que cela soit un facteur – mais plutôt par l'éventail limité des applications commerciales rentables. Vu sous cet angle, l'enthousiasme répandu pour les biotechnologies pourrait dépasser la réalité (du moins en dehors du secteur pharmaceutique). Pour pallier le manque d'applications, il faudra mener davantage de recherches fondamentales et appliquées pour élargir l'éventail des utilisations commercialement rentables des biotechnologies<sup>22</sup>. Une autre explication a trait au manque d'information : il est possible que bon nombre d'entreprises, en particulier parmi les non-utilisateurs, ne connaissent pas les applications potentielles des biotechnologies dans leur entreprise, une explication que vient corroborer en partie les résultats présentés au tableau 6.1. Ainsi, le pourcentage d'entreprises qui prévoient adopter une biotechnologie est beaucoup plus élevé parmi les utilisateurs que les non-utilisateurs, ce qui pourrait s'expliquer du fait que les utilisateurs apprécient mieux les avantages et les applications potentielles des biotechnologies.

---

<sup>21</sup> À titre d'exemple, un rapport préparé pour le compte de EuropaBio estimait récemment que la croissance soutenue dans l'utilisation des biotechnologies aurait pour effet de quadrupler, ou presque, la valeur des biotechnologies utilisées par le secteur agro-alimentaire en Europe, laquelle valeur passerait de 40 milliards ECU en 1995 à 150 milliards en 2005 (Burke JF, Thomas SM. Agriculture is biotechnology's future in Europe, *Nature Biotechnology* 15:695-696, août 1997).

<sup>22</sup> Plusieurs rapports du Groupe de travail sur la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie abordent cette question de la pénurie d'applications appropriées. Prenons l'exemple de la technique de biooxydation qui est utilisée pour récupérer les minéraux dans les mines. Les applications actuelles de cette technologie sont surtout adaptées à des climats chauds, d'où la nécessité de mener des recherches pour mettre au point des biotechnologies commercialement rentables pouvant être utilisées dans le climat froid du Canada.

## 7. Obstacles à l'acquisition et à la mise en œuvre des biotechnologies

Une question qui revêt un grand intérêt en regard de l'élaboration des politiques vise à déterminer les facteurs qui font obstacle à l'acquisition et à la mise en œuvre des biotechnologies et à en mesurer l'importance. Plusieurs obstacles potentiels au développement et à l'utilisation des biotechnologies peuvent faire l'objet d'une intervention de la part des gouvernements, que l'on pense par exemple à la disponibilité de techniciens et de scientifiques qualifiés, à la réglementation gouvernementale ou encore aux services d'information scientifique et technique. Les politiques gouvernementales peuvent également aider à aplanir d'autres obstacles potentiels, comme l'absence de marché ou de fonds propres, en prévoyant par exemple la mise en œuvre de programmes d'information publique ou des encouragements fiscaux.

Durant l'enquête sur l'utilisation de la biotechnologie, les entreprises devaient évaluer l'importance de 19 obstacles à l'acquisition de biotechnologies, lesquels ont été regroupés en quatre catégories, comme suit : problèmes de coûts, disponibilité des facteurs de production, problèmes organisationnels et autres problèmes. Les firmes utilisatrices de biotechnologies devaient également indiquer si neuf facteurs distincts, auxquels s'ajoutait une catégorie "autre", nuisaient à la mise en œuvre des procédés biotechnologiques. Elles pouvaient également répondre "aucun obstacle".

### 7.1. Obstacles à l'acquisition de biotechnologies

En réponse à la question sur les obstacles, les répondants pouvaient, soit indiquer que l'obstacle "ne s'applique pas", soit coter l'importance de l'obstacle en question selon une échelle de cinq points : négligeable, plutôt négligeable, modérément important, très important et primordial. Les répondants pouvaient également indiquer qu'il n'y avait aucun obstacle ou encore qu'il y avait d'"autres" obstacles non mentionnés dans la question. Cependant, très peu d'entreprises ont coché ces deux derniers choix de réponse, de sorte que ces résultats ne sont pas présentés<sup>23</sup>.

### 7.2. Non-utilisateurs

Les résultats à cette question sont difficiles à interpréter pour les firmes qui n'utilisent pas de biotechnologie. Entre 94 % et 96 % des non-utilisateurs ont coché "ne s'applique pas" pour chacun des 19 obstacles<sup>24</sup>. Deux interprétations peuvent expliquer ce résultat. La première est que, pour la grande majorité des non-utilisateurs, aucune des 22 biotechnologies indiquées n'était pertinente. Cette interprétation est corroborée par le fait que seulement 2 % des non-utilisateurs qui ont répondu aux questions sur les obstacles figurent également parmi les utilisateurs potentiels d'une biotechnologie, selon la définition présentée au chapitre 6. La deuxième

---

<sup>23</sup> Seulement 3 % des 2 010 firmes ont indiqué une réponse autre que "ne s'applique pas" à la catégorie "autre", alors que moins de 0,2 % ont répondu qu'il n'y avait aucun obstacle.

<sup>24</sup> De plus, 39 non-utilisateurs et 12 utilisateurs n'ont répondu à aucune des 21 questions sur les obstacles. Ces firmes sont exclues de toutes les analyses.

explication est que bon nombre des non-utilisateurs n'ont pas trouvé la question très pertinente et n'ont donc pas pris le temps d'y répondre<sup>25</sup>.

Nous poursuivons ici en présumant que la première explication a une certaine validité, ce qui nous permet d'évaluer les obstacles parmi les non-utilisateurs qui ont donné une réponse autre que "ne s'applique pas" à chaque question. L'importance accordée à chaque obstacle par ces entreprises refléterait les conditions parmi les non-utilisateurs qui sont au courant d'une application de la biotechnologie dans leur secteur<sup>26</sup>. Les résultats sont présentés à la figure 7.1. L'échelle d'importance a été regroupée en trois niveaux : "pas important" (négligeable et plutôt négligeable), "modérément important" et "très important" (très important et primordial). Le nombre de réponses valides par obstacle varie de 71 à 103<sup>27</sup>.

Les obstacles à la figure 7.1 sont présentés par ordre décroissant, en fonction du pourcentage de répondants valides ayant indiqué que ce facteur est très important. Ce pourcentage est supérieur à 50 % pour quatre obstacles, soit : manque de justification financière, manque de renseignements sur les marchés éventuels, marché insuffisant pour le produit et développement insuffisant de la biotechnologie. Tous ces obstacles laissent sous-entendre un problème lié à un manque d'information ou à un manque de biotechnologies applicables dans le commerce. Aucun de ces quatre facteurs n'a trait au coût des investissements ou encore à l'acquisition de capital de risque, bien que le cinquième facteur en importance soit le manque de fonds propres pour la mise en œuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques. Les obstacles les moins importants concernent les problèmes organisationnels au sein de l'entreprise; moins de 21 % des répondants ont indiqué que les trois obstacles de cette catégorie étaient très importants.

Plusieurs facteurs qui suscitent beaucoup d'intérêt au plan de l'élaboration des politiques, y compris la pénurie de main-d'œuvre qualifiée de même que les normes et la réglementation gouvernementales, se situent dans la moyenne quant à leur importance. Il serait intéressant de ventiler les résultats par secteur, car il est probable que la perception des entreprises pharmaceutiques et alimentaires concernant les obstacles diffère de celle des entreprises d'exploitation des ressources naturelles. Malheureusement, les réponses ne sont pas assez nombreuses pour fournir des résultats significatifs par secteur ou domaine d'activité. De plus, la validité de tels résultats serait douteuse, car ce sont les entreprises ayant acquis une certaine expérience dans l'utilisation d'une biotechnologie qui sont les mieux en mesure d'évaluer les compétences requises ou l'incidence de la réglementation. Aussi allons-nous examiner les résultats pour les entreprises faisant usage d'au moins une biotechnologie.

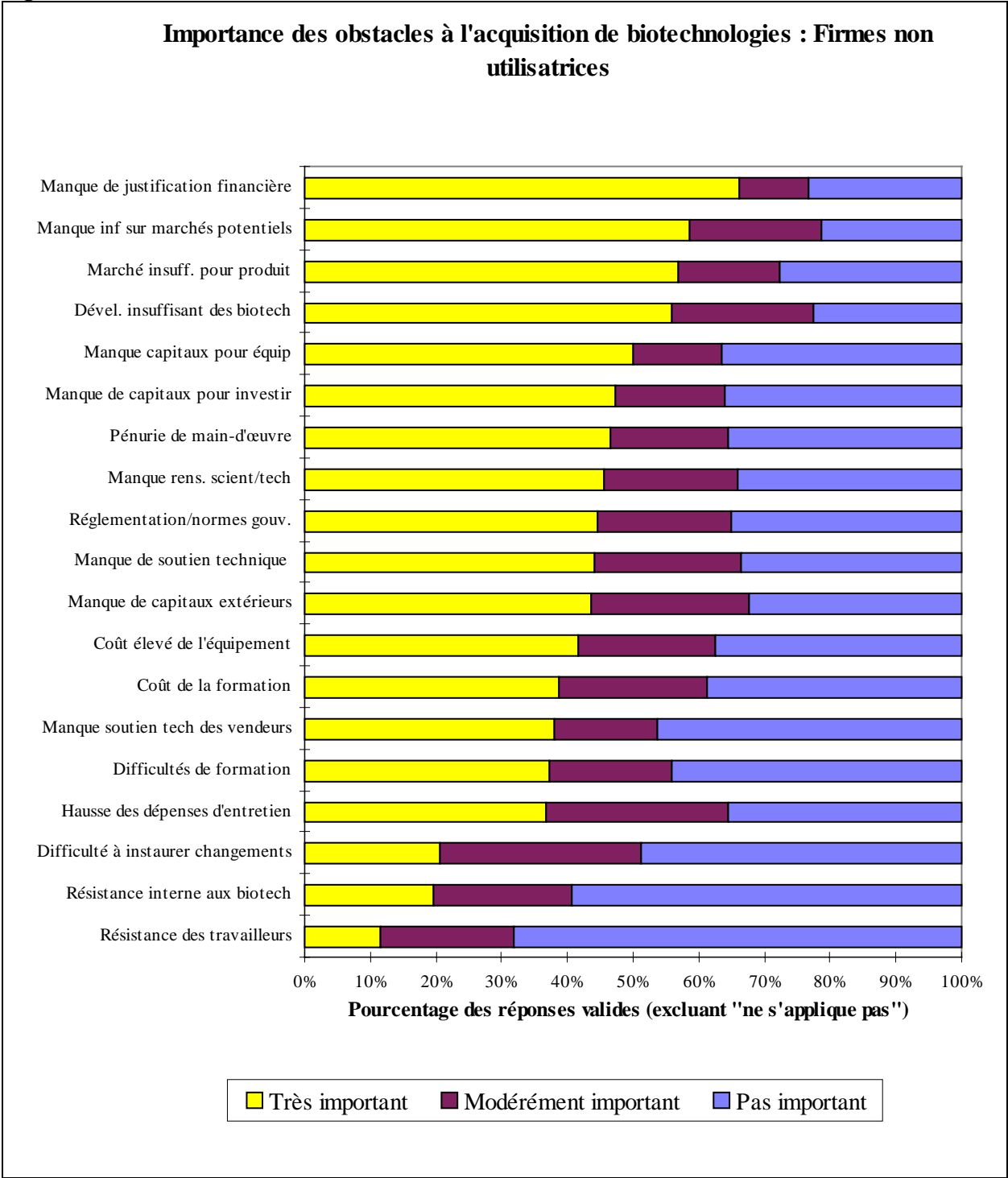
---

<sup>25</sup> Certaines données viennent appuyer cette explication. Ainsi, le pourcentage de réponses "ne s'applique pas" est plus élevé que prévu, étant donné les taux d'utilisation comparativement élevés de plus de 25 % pour les entreprises des secteurs du raffinage du pétrole, du bois et des pâtes et papiers, du pétrole brut, des produits pharmaceutiques et des mines, ce qui porte à croire que les biotechnologies présentent un intérêt dans ces secteurs.

<sup>26</sup> Une autre possibilité est de limiter l'analyse aux entreprises non utilisatrices qui ont répondu à la question et qui figurent également parmi les utilisateurs potentiels d'au moins une technologie, tel que défini au chapitre 6. Ces résultats ne sont toutefois pas très utiles, car seulement 41 non-utilisateurs font partie de ce groupe. Le pourcentage moyen de réponses "ne s'applique pas" aux 19 obstacles, pour ce groupe de non-utilisateurs, est de 52 %.

<sup>27</sup> Voir le tableau A-10 de l'annexe A pour plus de détails.

Figure 7.1



### 7.3. Importance des obstacles pour les entreprises utilisatrices de biotechnologies

L'interprétation des résultats aux questions sur les obstacles est plus complexe dans le cas des utilisateurs que des non-utilisateurs. Dans ce dernier groupe, la question fait référence à l'importance des obstacles en vue de l'acquisition de toute biotechnologie. Pour les utilisateurs de biotechnologies, toutefois, cette question peut être interprétée de deux façons différentes : en fonction de l'effet de chaque obstacle sur l'acquisition d'une technologie déjà adoptée ou encore de son effet sur l'acquisition d'une technologie que la firme n'a pas (ou pas encore) adoptée. Il n'est pas possible de déterminer, à partir des résultats du questionnaire, quelle interprétation a été retenue. On ne peut que présumer que les résultats pour les utilisateurs sont basés sur une certaine expérience de l'acquisition, bien qu'il s'agisse alors d'un jugement rétrospectif de la part des entreprises qui interprètent la question comme faisant référence aux biotechnologies déjà acquises.

Une première comparaison a été faite entre la répartition des réponses du petit nombre de non-utilisateurs et d'utilisateurs qui n'ont pas répondu "ne s'applique pas" à chaque question. Pour 14 des 19 obstacles, les utilisateurs ont été proportionnellement beaucoup *moins* nombreux que les non-utilisateurs à trouver l'obstacle important. Par ailleurs, le pourcentage de réponses "très important" parmi les non-utilisateurs a été plus de deux fois supérieur au pourcentage enregistré chez les utilisateurs, pour 11 des obstacles examinés. À titre d'exemple, 47 % des non-utilisateurs ont indiqué que la pénurie de main-d'œuvre compétente constituait un obstacle très important à l'acquisition de biotechnologies, contre seulement 13 % des utilisateurs. Ces résultats laissent croire que l'absence générale d'expérience avec la biotechnologie, davantage que tout obstacle en particulier, constitue une des principales barrières à l'acquisition par les firmes qui n'utilisent pas déjà de biotechnologies<sup>28</sup>.

Le tableau 7.1 présente les résultats pour chaque obstacle, pour 259 utilisateurs ayant répondu à au moins une des 19 questions. Ces résultats ne peuvent se comparer directement à ceux de la figure 7.1 pour les non-utilisateurs, car les méthodes d'agrégation diffèrent. Le tableau pour les utilisateurs inclut les réponses "ne s'applique pas" et deux autres catégories définies comme suit : les réponses "négligeable" et "plutôt négligeable" ont été réunies dans une même catégorie "pas important", et les réponses "modérément important, très important et primordial" ont été regroupées dans la catégorie "important".

---

<sup>28</sup> La comparaison s'appuie sur les trois catégories indiquées à la figure 7.1 (très important, modérément important et pas important). Les résultats quant au pourcentage de réponses "très important" pour les non-utilisateurs et les utilisateurs et la valeur de p (basée sur la distribution entre les trois catégories) s'établissent comme suit : coûts élevés (42, 44, 0,6); manque de fonds propres (50, 40, 0,182); manque de justification financière (66, 36, 0,000); coût de la formation (39, 8, 0,000); augmentation des dépenses d'entretien (37, 8, 0,000); marché insuffisant pour le produit (57, 27, 0,000); réglementation gouvernementale (45, 39, 0,289); manque de fonds propres pour la mise en œuvre de biotechnologies (47, 30, 0,048); manque de capitaux extérieurs (44, 18, 0,001); pénurie de main-d'œuvre compétente (47, 13, 0,000); difficulté à assurer la formation (37, 8, 0,000); difficultés à instaurer des changements dans l'organisation (20, 12, 0,054); résistance interne (20, 11, 0,068); résistance des travailleurs (12, 4, 0,018); manque de renseignements scientifiques et techniques (46, 21, 0,000); manque de soutien technique (44, 16, 0,000); manque de soutien technique de la part des vendeurs (38, 16, 0,000); développement insuffisant des biotechnologies (56, 32, 0,000) et manque de renseignements sur les marchés éventuels (58, 240, 0,000).

Les cinq obstacles qui obtiennent les pourcentages les plus élevés de réponses “important” sont : coût élevé de l’équipement (43 %), réglementation et normes gouvernementales (38 %), manque de justification financière (35 %), développement insuffisant des biotechnologies (33 %) et manque de fonds propres pour la mise en œuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques (30 %). Quatre de ces facteurs ont trait au coût d’acquisition du nouvel équipement résultant de la biotechnologie. Il est difficile de justifier l’adoption d’une biotechnologie lorsque les coûts de l’équipement sont élevés et qu’il existe déjà une autre méthode, alors qu’un développement plus poussé de la technologie en réduirait les coûts en améliorant la fiabilité de la technologie et grâce aux facteurs d’échelle. Le pourcentage relativement faible d’entreprises qui invoquent l’insuffisance du marché pour le produit (19 %) laisse croire que l’utilisation de la biotechnologie augmentera dans ces entreprises à mesure que les coûts d’acquisition diminueront.

Trois obstacles liés aux compétences de la main-d’œuvre (pénurie de main-d’œuvre compétente, coût de la formation et difficulté à assurer la formation) sont jugés moins importants que les facteurs liés aux coûts. En effet, moins de 21 % des répondants ont indiqué que les facteurs liés aux compétences constituaient un obstacle important. Par ailleurs, le manque d’information semble plus important que la pénurie de main-d’œuvre qualifiée, comme en témoigne le fait que plus de 20 % des répondants ont jugé importants le manque de renseignements sur les marchés éventuels (22 %), le manque de soutien technique (23 %) et le manque de renseignements scientifiques et techniques (27 %). Enfin, les obstacles d’ordre organisationnel sont les moins susceptibles de nuire à l’acquisition de biotechnologies.

L’effet de la taille de l’entreprise, mesurée par le nombre d’employés, sur l’“importance” de chaque obstacle a été évalué par une analyse des tendances linéaires au moyen de six tranches de taille<sup>29</sup>. Le pourcentage des entreprises jugeant un obstacle important *diminue* en fonction de la

**Tableau 7.1 Importance des obstacles à l’adoption des biotechnologies pour 259 firmes utilisatrices**

Obstacle	Ne s’applique		
	pas	Pas important	Important
<b>Problèmes de coûts</b>			
Coût élevé de l’équipement	42	14	43
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques	52	18	30
Manque de justification financière	47	18	35
Coût de la formation	50	31	20
Augmentation des dépenses d’entretien	49	27	23
Marché insuffisant pour le produit	63	18	19
Réglementation et normes gouvernementales	45	17	38
<b>Disponibilité des facteurs de production</b>			
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de biotechnologies	53	21	26
Manque de capitaux extérieurs pour la mise en œuvre de biotechnologies	59	22	19
Pénurie de main-d’œuvre compétente	48	32	21
Difficulté à assurer la formation	50	32	19
<b>Problèmes organisationnels</b>			
Difficultés à instaurer des changements dans l’organisation	50	33	18
Résistance interne aux biotechnologies	49	38	13
Résistance des travailleurs	49	43	8
<b>Autres problèmes</b>			
Manque de renseignements scientifiques et techniques	41	32	27
Manque de soutien technique (consultations, essais)	44	32	23
Manque de soutien technique de la part des vendeurs	46	33	21
Développement insuffisant des biotechnologies	44	23	32
Manque de renseignements sur les marchés éventuels	59	19	22

Nota : Le total des rangées correspond à 100 %.

<sup>29</sup> Les six tranches de taille sont : 0 à 49 employés, 50 à 99 employés, 100 à 249 employés, 250 à 499 employés, 500 à 999 employés et plus de 1 000 employés.



taille de l'entreprise pour cinq obstacles à l'étude, dont quatre sont d'ordre financier : manque de fonds propres pour la mise en oeuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques, coût de la formation, manque de fonds propres pour la mise en oeuvre de biotechnologies et manque de capitaux extérieurs pour la mise en oeuvre de biotechnologies. L'insuffisance du marché pour le produit est le cinquième facteur dont l'importance diminue avec la taille de l'entreprise. Seul un obstacle gagne en importance à mesure que la taille de l'entreprise augmente : il s'agit de la résistance interne aux biotechnologies. Pour tous les autres obstacles, y compris la réglementation gouvernementale, la pénurie de main-d'oeuvre compétente et le manque de diverses sources d'information, l'importance ne varie pas en fonction de la taille de l'entreprise.

#### 7.4. Différences dans l'importance des obstacles, selon le secteur

Le nombre de répondants parmi les utilisateurs de biotechnologies est suffisamment élevé pour étudier les différences par secteur. Le tableau 7.2 indique le pourcentage des entreprises dans chacun des huit secteurs ayant déclaré un obstacle important. Les obstacles les plus importants dans chaque secteur, sur la base d'une évaluation des résultats calculés au niveau de l'entreprise et pondérés par le nombre d'employés<sup>30</sup>, sont résumés ci-après.

**Mines :** L'obstacle le plus souvent cité par les entreprises minières est le manque de biotechnologies appropriées, suivi du manque d'information et de la pénurie de main-d'oeuvre compétente. Ces obstacles sont liés à l'offre de biotechnologies appropriées. Les résultats pondérés par le nombre d'employés font également ressortir l'importance du manque de justification financière, ce qui laisse croire que les biotechnologies disponibles ne sont pas concurrentielles avec les solutions de rechange qui existent. La réglementation est un autre obstacle souvent invoqué.

**Pétrole brut et raffiné :** Ces deux secteurs ont été regroupés à cause de la similitude des résultats obtenus. La réglementation gouvernementale constitue, pour ces secteurs, le principal obstacle, suivi du coût élevé de l'équipement et du développement insuffisant des biotechnologies. Tous les autres obstacles sont relativement peu importants, tant à l'intérieur de ces deux secteurs que comparativement aux autres. Par ailleurs, les biotechnologies utilisées par les entreprises de ces deux secteurs se limitent presque entièrement au domaine environnemental, ce qui laisse sous-entendre que les préoccupations à l'égard de la réglementation concernent principalement la réglementation environnementale.

**Bois, pâtes et papiers :** Les obstacles les plus importants dans ce secteur sont le coût élevé de l'équipement, le manque de justification financière et le développement insuffisant des biotechnologies; les frais d'entretien et le manque de fonds propres pour la mise en oeuvre de biotechnologies constituent, quant à eux, une source de préoccupation modérée. Ces résultats laissent croire que les biotechnologies ne sont pas encore pleinement concurrentielles avec les solutions de rechange, lorsqu'on tient compte du coût élevé de remplacement des immobilisations actuelles. La réglementation et le manque d'information figurent également au nombre des obstacles modérément importants, tandis que la situation du marché et la pénurie de main-d'oeuvre ne sont qu'un problème mineur.

**Alimentation :** Le coût élevé de l'équipement est l'obstacle le plus souvent cité par le secteur de l'alimentation, que l'on examine les résultats par entreprise ou ceux pondérés en fonction du

---

<sup>30</sup> Les résultats équivalents pondérés par le nombre d'employés sont indiqués au tableau A-11 de l'annexe A.

**Tableau 7.2 Pourcentage d'utilisateurs par secteur qui considèrent chaque obstacle comme important<sup>1</sup> (nombre maximal de firmes répondantes par secteur, entre parenthèses)**

	M (12)	PB (33)	RP (9)	BPP (48)	Al (111)	P (19)	CNP (18)	A (8)
<b>Problèmes de coûts</b>								
Coût élevé de l'équipement	33	33	33	54	44	42	33	62
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de nouvelles acquisitions								
biotechnologiques	8	12	11	38	34	37	17	62
Manque de justification financière	25	21	33	53	35	21	39	25
Coût de la formation	8	12	-	23	19	42	11	38
Aug. des dépenses d'entretien	17	24	11	36	20	32	6	38
Marché insuffisant pour le produit	-	12	-	11	23	21	44	12
Réglementation/normes gouv.	42	46	44	36	34	47	39	38
<b>Disponibilité des facteurs de production</b>								
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de biotechnologies	-	12	-	34	29	37	17	62
Manque de capitaux ext. pour la mise en œuvre de biotechnologies	8	12	-	17	19	32	17	62
Pénurie de main-d'œuvre compétente	42	12	11	19	16	42	28	38
Difficulté à assurer la formation	33	12	11	13	19	37	17	25
<b>Problèmes organisationnels</b>								
Difficulté à instaurer des changements dans l'organisation	-	12	11	17	20	26	22	12
Résistance interne aux biotechnologies	-	6	11	13	15	5	22	25
Résistance des travailleurs	-	3	3	13	10	10	-	-
<b>Autres problèmes</b>								
Manque d'information scient. et tech.	58	24	22	38	22	21	28	12
Manque de soutien technique	33	19	-	34	22	26	17	12
Manque de soutien tech. de la part des vendeurs	17	18	11	30	21	32	11	12
Dév. insuffisant des biotechnologies	75	30	33	43	25	32	39	12
Manque de renseignements sur les marchés éventuels	8,3	15,2	0,0	17,4	24	35	33	50

<sup>1</sup>: Inclut les entreprises qui ont répondu "ne s'applique pas". Importance regroupe les réponses "modérément important", "très important" et "primordial". M : mines, PB : pétrole brut, RP : raffinage du pétrole, BPP : bois, pâtes et papiers, Al : aliments, boissons et tabac, P : produits pharmaceutiques, CNP : produits chimiques non pharmaceutiques, A : autres secteurs manufacturiers.

nombre d'employés. Les autres obstacles importants sont le manque de justification financière et le manque de fonds propres, pour les entreprises plus petites. Étonnamment, la réglementation est citée moins souvent par ce secteur que par tout autre secteur, selon les résultats au niveau de l'entreprise, et cet obstacle paraît également relativement peu important dans les résultats pondérés par le nombre d'employés. Par contre, l'inquiétude suscitée par la résistance interne aux biotechnologies est relativement plus fréquente dans les entreprises de ce secteur; ce résultat pourrait s'expliquer par une attitude plus traditionnelle à l'égard de la production alimentaire, bien que ceci ne se reflète pas par un niveau élevé de préoccupation face aux marchés.

**Produits pharmaceutiques :** Une grande différence existe ici, entre les résultats par entreprise et ceux pondérés par le nombre d'employés. Cette différence s'explique par l'écart marqué qui existe entre les préoccupations du pourcentage élevé de petites entreprises pharmaceutiques et la faible proportion des très grandes entreprises. Il s'ensuit que les résultats au niveau de l'entreprise reflètent les conditions au sein des petites entreprises pharmaceutiques, alors que les résultats pondérés par le nombre d'employés représentent les grandes entreprises, lesquelles s'inquiètent peu de la plupart des obstacles, presque toutes les valeurs étant inférieures à 10 %. Les seuls obstacles importants pour ces dernières sont le manque de soutien technique de la part des vendeurs et le manque de renseignements sur les marchés éventuels. À l'opposé, les petites entreprises pharmaceutiques affichent le niveau de préoccupation le plus élevé de tous les

secteurs. Ce niveau élevé de préoccupation vaut par ailleurs pour presque tous les obstacles, à l'exception du manque de justification financière. Ces résultats sont peut-être attribuables à une plus grande sensibilisation de ces entreprises aux problèmes qui existent, car celles-ci dépendent fortement du développement de nouveaux produits compétitifs, issus de la biotechnologie. La réglementation suscite également plus d'inquiétude chez les petites entreprises pharmaceutiques que dans tous les autres secteurs; il faut noter toutefois que ce niveau de préoccupation n'est pas beaucoup plus élevé que celui observé dans les secteurs des mines, du pétrole brut et du raffinage du pétrole. Les grandes entreprises pharmaceutiques sont quant à elles beaucoup moins préoccupées par la réglementation.

**Produits chimiques non pharmaceutiques :** Ce secteur affiche lui aussi la division observée entre les grandes et les petites entreprises pharmaceutiques, quoique dans une moindre mesure. La réglementation et le développement insuffisant des biotechnologies sont deux obstacles qui suscitent un niveau modéré d'inquiétude, que l'on utilise les résultats basés sur les entreprises ou ceux pondérés par le nombre d'employés. Ce secteur est également celui où le pourcentage d'entreprises préoccupées par les marchés est le plus élevé.

**Autres secteurs manufacturiers :** Les résultats pour ces secteurs sont peu fiables, parce que moins de 2 % des entreprises de ce secteur utilisent des biotechnologies et qu'il y a eu très peu de répondants à la question sur les obstacles. Aucune conclusion n'a donc été tirée au sujet des obstacles pour ces entreprises.

## 7.5. Obstacles à la mise en œuvre des procédés biotechnologiques

Les utilisateurs des biotechnologies devaient préciser si l'un ou l'autre des neuf facteurs indiqués avait eu une "incidence particulière" sur la mise en œuvre de procédés biotechnologiques. Cette question incluait elle aussi les rubriques "autre" et "aucun obstacle" (figurant au bas de la liste). Deux différences notables ressortent entre cette question et celle sur les obstacles à l'acquisition de biotechnologies. Premièrement, le répondant ne pouvait indiquer ici que si le facteur en question avait eu une "incidence particulière" comme obstacle, alors qu'à la question sur les obstacles à l'acquisition, ceux-ci étaient cotés selon une échelle d'importance. Deuxièmement, le répondant devait indiquer une réponse distincte pour chacune des trois catégories de technologies, sélection et/ou modification de matériel biologique, culture et/ou utilisation de matériel biologique et biotechnologies environnementales.

Les résultats présentés ci-après pour chacune des trois catégories portent uniquement sur les entreprises utilisant au moins une technologie dans la catégorie en question<sup>31</sup>. Les résultats sont également indiqués pour l'utilisation de toute biotechnologie, d'après les réponses positives à la présence d'un obstacle dans une ou plusieurs des trois catégories de biotechnologies.

Les résultats par entreprise sont présentés à la figure 7.2, pour chacune des trois catégories et pour les trois catégories réunies<sup>32</sup>. Les résultats sont classés par ordre, en fonction du pourcentage d'entreprises ayant indiqué chaque obstacle pour l'une ou l'autre des trois catégories de biotechnologies.

---

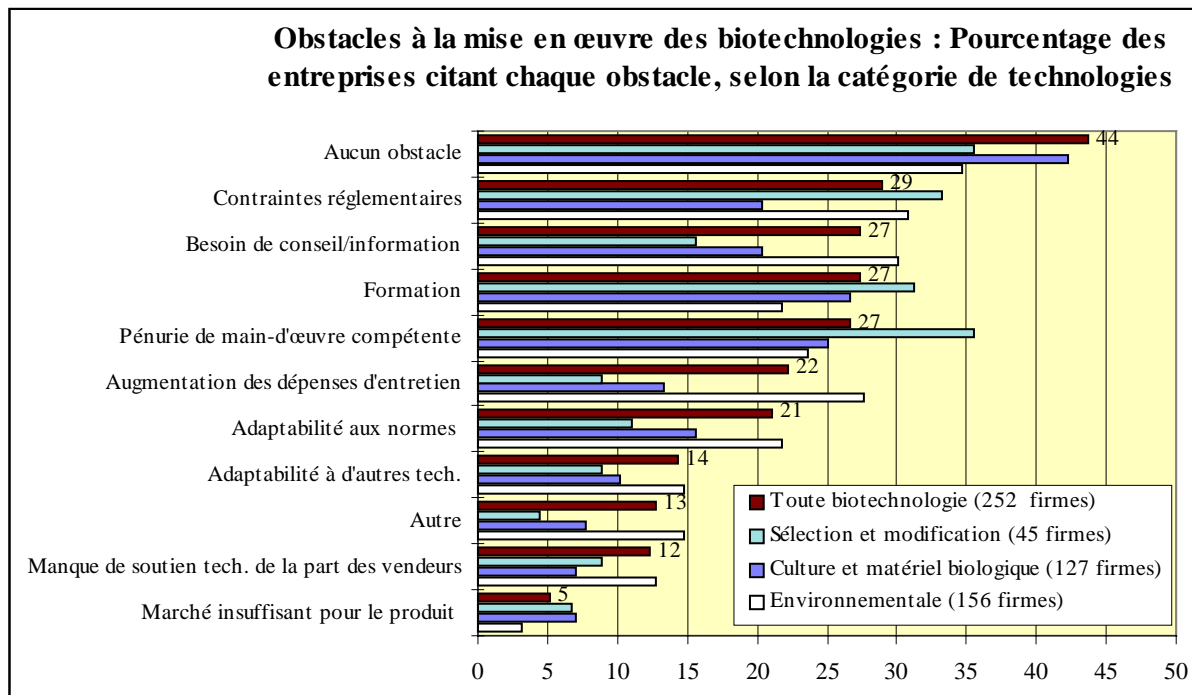
<sup>31</sup> Dix-neuf firmes utilisatrices sont exclues de tous les résultats, parce qu'elles n'ont répondu à aucune question; il reste donc des réponses valides pour un maximum de 252 firmes.

<sup>32</sup> Le tableau A-12 de l'annexe A présente les résultats au niveau de l'entreprise et ceux pondérés par le nombre d'employés.

Dans la plupart des conditions, les résultats par entreprise sont préférables à ceux pondérés par le nombre d'employés comme mesure des problèmes liés à la mise en œuvre, car les problèmes sont similaires quelle que soit la taille de l'entreprise ou le nombre d'établissements qu'elle possède. Il est toutefois une exception possible à cette hypothèse, si le degré de difficulté augmente avec l'échelle de production. Le cas échéant, le pourcentage d'entreprises qui indiquent des difficultés devrait augmenter en fonction de la taille moyenne des entreprises. Cependant, l'analyse des tendances linéaires pour chacun des 11 obstacles, dans chacune des trois catégories de technologies, révèle que la taille de l'entreprise n'a eu aucune incidence sur la mise en œuvre des technologies de sélection et modification ou celles liées à la culture et l'utilisation de matériel biologique. Dans le cas toutefois des biotechnologies environnementales, le pourcentage d'entreprises qui ont indiqué des difficultés dues à la formation, au besoin de conseils et d'information et aux contraintes réglementaires augmente avec la taille des entreprises. Les deux premiers facteurs laissent sous-entendre des problèmes liés aux compétences requises pour la mise en œuvre des biotechnologies à grande échelle. Le dernier problème, celui lié aux contraintes réglementaires, pourrait refléter les différences entre le type d'activités menées par les petits et les grands utilisateurs de biotechnologies environnementales.

La figure 7.2 montre que la réponse la plus fréquente est "aucun obstacle" à la mise en œuvre, celle-ci ayant été citée par 44 % des entreprises dans au moins une des trois catégories de technologies et par 33 % ou plus des entreprises dans chacune des catégories. Les contraintes

Figure 7.2



réglementaires constituent l'obstacle le plus fréquent, suivies de trois facteurs liés à la disponibilité de main-d'œuvre qualifiée, soit : besoins de conseils et d'information, formation et disponibilité de personnel compétent. La prévalence de chaque difficulté est similaire d'une catégorie de technologie à une autre; la catégorie "culture et/ou utilisation de matériel biologique" occupe la position intermédiaire, le coefficient de corrélation ( $R^2$ ) ayant une valeur de 0,74 par rapport aux technologies de sélection et modification et de 0,85 par rapport aux technologies environnementales. Les différences entre les catégories "sélection et modification" et "environnementales" sont beaucoup plus grandes, la valeur de  $R^2$  étant de 0,41. Enfin, les

différences les plus manifestes entre les trois catégories se situent au niveau des besoins en conseils et des coûts d'entretien élevés, lesquels sont beaucoup plus présents chez les utilisateurs de technologies environnementales.

## 7.6. Différences par secteur

Les différences par secteur ont été comparées en fonction de la prévalence d'une difficulté dans une catégorie de biotechnologies donnée. Très peu de différences significatives ressortent des comparaisons entre les huit secteurs ou entre les deux secteurs principaux (ressources naturelles et manufacturiers). La seule différence notable entre les huit secteurs se situe au niveau de la disponibilité de personnel compétent, un obstacle invoqué par 46 % des entreprises minières et 56 % des entreprises pharmaceutiques, mais par seulement 7 % de celles du secteur du pétrole brut et 10 % des entreprises de raffinage du pétrole<sup>33</sup>. Les comparaisons entre l'ensemble des secteurs des ressources naturelles et l'ensemble des secteurs manufacturiers indiquent pour leur part qu'un pourcentage nettement plus élevé des premières invoquent les contraintes réglementaires, les proportions s'établissant respectivement à 38 % contre 23 % pour les secteurs manufacturiers.

## 7.7. Conclusions

Les résultats sur les obstacles auxquels sont confrontées les entreprises qui n'utilisent pas de biotechnologies sont limités. Cependant, trois éléments d'information mettent en cause principalement le manque d'information sur les biotechnologies et le manque d'applications. Premièrement, le très haut pourcentage de non-utilisateurs qui ont indiqué la réponse "ne s'applique pas" laisse croire, soit que les non-utilisateurs n'avaient pas suffisamment de connaissances sur les biotechnologies, soit que la biotechnologie n'a pas d'application dans leur entreprise. Deuxièmement, les non-utilisateurs qui ont répondu à la question sur les obstacles ont insisté sur les facteurs liés au manque d'information ou d'applications commerciales appropriées. Troisièmement, un pourcentage beaucoup plus élevé de non-utilisateurs que d'utilisateurs ont qualifié les obstacles de "très importants", ce qui porte à croire qu'un manque d'expérience pratique de la biotechnologie augmente le niveau de préoccupation quant aux obstacles potentiels à l'acquisition.

Pour les utilisateurs, les principaux obstacles à l'acquisition de biotechnologies sont reliés aux coûts, ce qui permet de supposer que l'utilisation des biotechnologies augmentera à mesure que les coûts diminueront en réponse aux travaux de développement qui se poursuivront sur ces technologies. Les préoccupations relatives aux coûts s'estompent également à mesure que la taille de l'entreprise augmente. Pour leur part, les facteurs liés aux compétences et à la formation ne semblent pas constituer un obstacle majeur, si ce n'est pour les petites entreprises pharmaceutiques. Les obstacles les plus importants pour les entreprises des secteurs des ressources naturelles ont trait au manque de biotechnologies rentables et appropriées, une conclusion que vient corroborer le pourcentage relativement élevé d'utilisateurs de biotechnologies environnementales qui invoquent l'augmentation des dépenses d'entretien comme obstacle à la mise en œuvre des biotechnologies.

---

<sup>33</sup> Voir le tableau A-13 de l'annexe A pour plus de détails sur les différences par secteur pour toute catégorie de biotechnologies.

Les résultats sur l'importance de la réglementation -- bien qu'ils présentent toujours un grand intérêt en regard des politiques gouvernementales -- sont reconnus pour être difficiles à interpréter. Ceci tient au fait que la réglementation peut avoir un effet contraire : elle peut ainsi favoriser l'adoption d'une technologie ou y nuire; cependant, les répondants à l'enquête donnent souvent des réponses négatives, peut-être instinctivement, aux questions sur la réglementation. Malheureusement, la question sur la réglementation n'est pas suffisamment détaillée pour fournir de bons résultats sur l'importance de la réglementation comme obstacle à l'acquisition ou à la mise en oeuvre. Il est néanmoins possible de tirer deux conclusions principales.

En premier lieu, les entreprises des secteurs des ressources naturelles voient davantage la réglementation comme un obstacle à l'acquisition et à la mise en oeuvre de biotechnologies que celles des secteurs manufacturiers, à l'exception des petites entreprises pharmaceutiques. Or comme les premières sont de grands utilisateurs de biotechnologies environnementales, ceci signifie que la réglementation environnementale constitue un obstacle à l'utilisation de ces biotechnologies. Le problème qui se pose ici est qu'on ne peut déterminer clairement si l'évaluation négative de la réglementation vient de la réglementation environnementale proprement dite ou si cette réglementation nuit vraiment à l'utilisation des biotechnologies.

En deuxième lieu, les entreprises alimentaires et les grandes entreprises pharmaceutiques sont beaucoup moins préoccupées par la réglementation que les firmes des autres secteurs, ce qui devrait atténuer les craintes voulant qu'une réglementation rigoureuse dans ces secteurs nuit à l'utilisation des biotechnologies. Une explication possible est que les entreprises dans ces deux secteurs considèrent la réglementation comme un volet essentiel de leurs activités.

## 8. Investissement dans l'équipement et les logiciels liés aux biotechnologies

Les résultats concernant les obstacles à l'acquisition de biotechnologies, qui ont été présentés au chapitre 7, indiquent que le coût élevé de l'équipement est un obstacle majeur pour les entreprises qui utilisent déjà des biotechnologies, mais qu'il représente un obstacle moindre pour les non-utilisateurs. Des coûts d'investissement élevés constituent par ailleurs une source de préoccupation en regard de l'élaboration des politiques, car ces coûts peuvent nuire à l'entrée des nouvelles entreprises ou bloquer la diffusion de technologies bénéfiques.

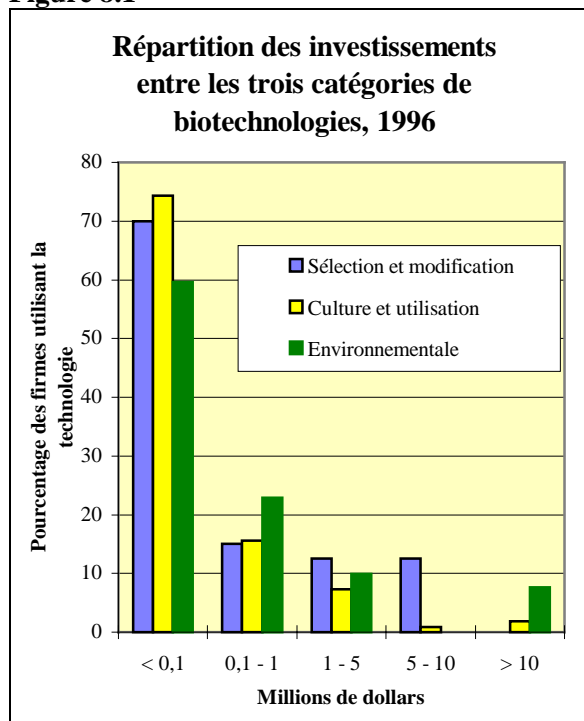
Le questionnaire d'enquête a permis d'établir des estimations sommaires sur les investissements dans l'équipement et les logiciels liés aux biotechnologies, pendant un an, dans les trois catégories de technologies étudiées soit : technologies de sélection et modification, technologies environnementales et culture et/ou utilisation de matériel biologique. Ces résultats brossent un tableau instantané des sommes investies dans différents secteurs, selon la technologie. Bien qu'elles indiquent certaines tendances, ces données ne permettent pas de faire un examen approfondi de l'effet des coûts d'investissement sur l'acquisition de biotechnologies, car les données ne sont disponibles que pour un an. Or pour brosser un tableau complet des coûts d'investissement, il faut des données sur les investissements cumulatifs pendant plusieurs années.

Chaque firme qui a utilisé une ou plusieurs biotechnologies devait estimer le montant des sommes investies en 1996 dans les trois catégories principales de technologies. Six choix de réponse étaient proposés : moins de 100 000 \$, de 100 000 \$ à 1 million de dollars, de 1 à 5 millions, de 5 à 10 millions, plus de 10 millions de dollars et «sans objet». La dernière option était destinée aux entreprises qui n'utilisaient pas la catégorie de technologies en question. On présume que les entreprises utilisant une technologie particulière, mais ayant indiqué «sans objet», n'ont investi aucune somme dans les technologies en 1996<sup>34</sup>.

### 8.1. Répartition des investissements selon la catégorie de technologies

La figure 8.1 illustre la répartition des investissements dans chaque catégorie de biotechnologies; ces données se limitent aux 225 firmes qui ont investi un certain montant, soit 40 entreprises dans des technologies de sélection et modification, 109 dans des technologies liées à la culture et l'utilisation de matériel biologique et 131 dans des technologies environnementales. Plus de 60 % des entreprises ont investi moins de 100 000 \$ dans chaque catégorie et très peu ont investi plus de 10 millions de dollars. Les technologies environnementales

Figure 8.1



<sup>34</sup> Seize firmes n'ont répondu à aucune question et ont été exclues de l'analyse; nous avons donc des résultats utilisables pour 255 utilisateurs de biotechnologies.

sont celles qui recueillent les plus forts investissements.

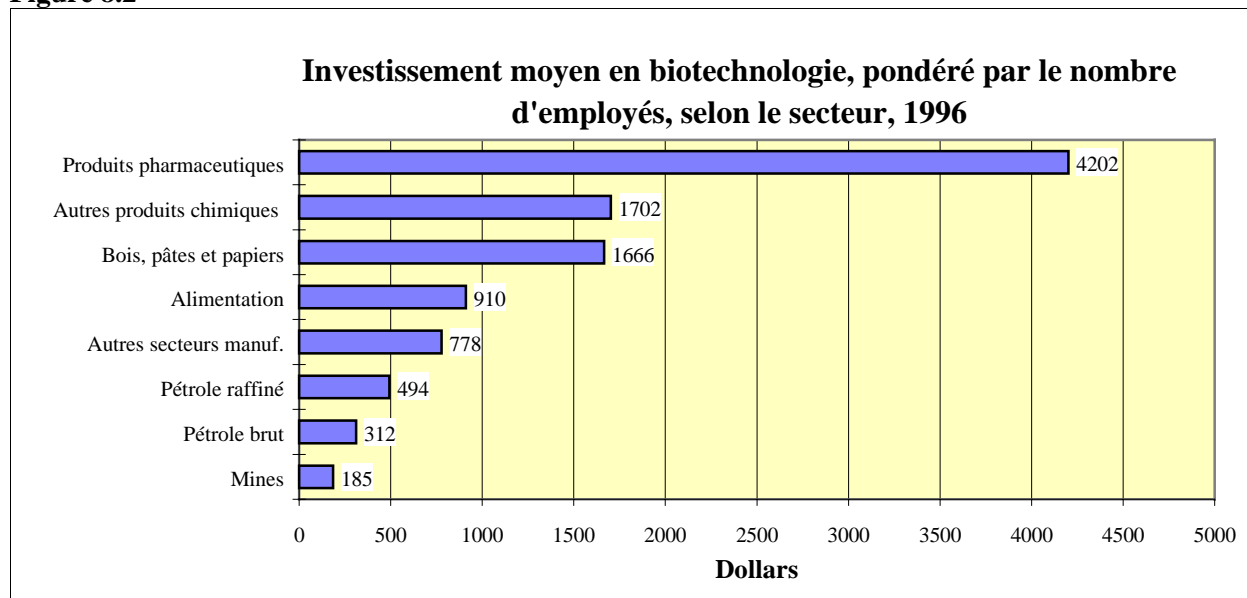
Seulement 12 % des entreprises n'ont fait aucun investissement en biotechnologie, en 1996, et la presque totalité d'entre elles (28 sur 30) n'étaient actives que dans une des trois catégories de biotechnologies. La majorité des entreprises (69 %) a investi dans une seule catégorie de biotechnologies, 17 % ont investi dans deux catégories et 2 % dans les trois catégories. Ces pourcentages sont légèrement inférieurs aux pourcentages d'entreprises utilisant une, deux ou trois catégories de biotechnologies (qui sont respectivement de 74 %, 22 % et 4 %).

## 8.2. Investissement moyen par secteur

Le point milieu de chaque niveau d'investissement a été utilisé pour calculer les investissements moyens faits par les entreprises dans chaque secteur<sup>35</sup>. Pour les 46 entreprises actives dans deux ou trois catégories, nous avons utilisé la somme des investissements dans les trois catégories. L'investissement moyen par employé dans chaque secteur, en 1996, est illustré à la figure 8.2.

L'investissement moyen par employé dans le secteur pharmaceutique (4 202 \$) est plus de deux fois supérieur aux sommes enregistrées dans tout autre secteur. À l'autre extrémité, c'est dans les trois secteurs des ressources naturelles (raffinage du pétrole, pétrole brut et mines) que le niveau d'investissement moyen par employé est le plus faible. De tous les secteurs des ressources naturelles, c'est celui du bois et des pâtes et papiers qui affiche le niveau d'investissement le plus élevé.

**Figure 8.2**



<sup>35</sup> Les réponses «sans objet» correspondent à des investissements nuls (zéro), alors que les investissements de plus de 10 millions de dollars ont été fixés à 10 millions. Dans ce dernier cas, il y aura sous-estimation des moyennes dans les secteurs où les gros investissements sont fréquents.



**Tableau 8.1 Investissement moyen en biotechnologie, par entreprise et pondéré par le nombre d'employés, selon le secteur, en 1996 (en milliers de dollars canadiens)**

Secteur	N	Moyenne par entreprise	Pondéré par employé <sup>1</sup>
Mines	12	229	291
Pétrole brut	31	120	175
Raffinage du pétrole	11	1 581	1 712
Bois, pâtes et papiers	48	2 318	2 097
Alimentation	111	616	832
Produits pharmaceutiques	17	1 891	3 342
Produits chimiques non pharmaceutiques	17	720	611
Autres secteurs manufacturiers	8	431	1 106

<sup>1</sup>: Exclut les entreprises qui comptent 10 établissements et plus.

### 8.3. Les coûts d'investissement font-ils obstacle à l'acquisition de biotechnologies?

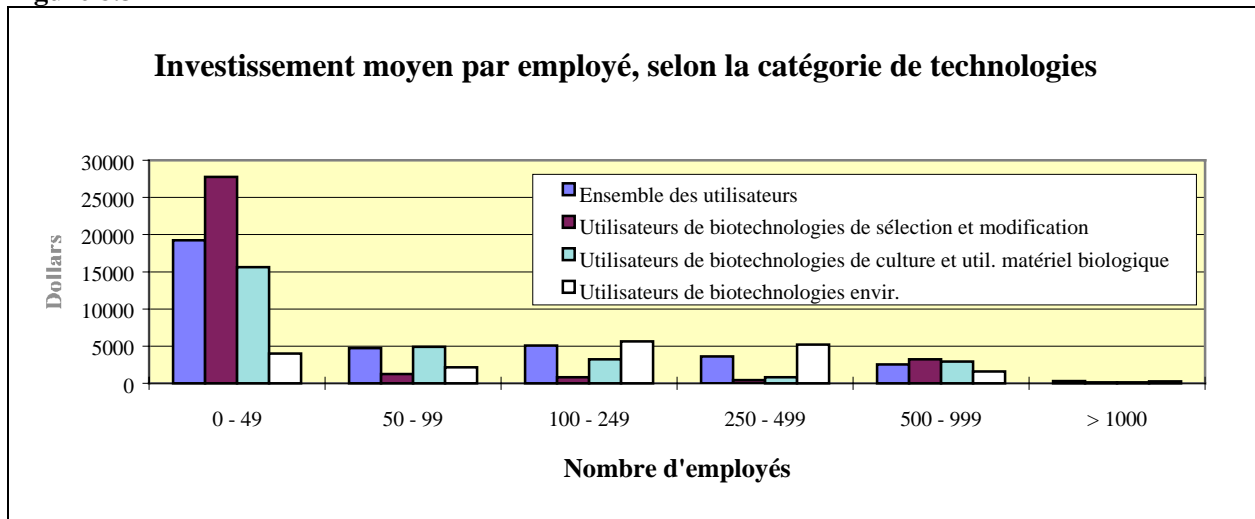
Il existe une corrélation faible, voire *négative*, entre le pourcentage (pondéré par le nombre d'employés) d'entreprises dans chaque secteur qui considèrent que le coût élevé du matériel biotechnologique est un obstacle important à l'acquisition de biotechnologies et les investissements moyens pondérés par le nombre d'employés en 1996. Ainsi, un pourcentage plus élevé d'entreprises à faibles niveaux d'investissement ont indiqué que le coût élevé de l'équipement représentait un obstacle important. À titre d'exemple, seulement 4 % des entreprises (résultats pondérés par le nombre d'employés) du secteur pharmaceutique, lequel affiche pourtant le niveau d'investissement moyen par employé le plus élevé, considèrent que le coût de l'équipement constitue un obstacle important, comparativement à 90 % des entreprises du raffinage du pétrole dont les investissements moyens se situent à environ 500 \$. De plus, les investissements moyens par entreprise dans certains secteurs primaires sont relativement faibles, comme l'indique le tableau 8.1. C'est ainsi dans le secteur du pétrole brut et celui des mines que les investissements moyens sont les plus faibles. Ces résultats laissent croire que le coût élevé de l'équipement ne constitue pas, en soi, un obstacle important à l'investissement en biotechnologie. Le manque de biotechnologies environnementales rentables offre une explication plus plausible du faible niveau d'investissement dans le secteur des mines et celui du pétrole brut.

### 8.4. Investissement moyen selon la taille de l'entreprise et la catégorie de technologies

La figure 8.3 illustre les investissements moyens, pondérés par le nombre d'employé, selon six tranches de taille. Les résultats sont indiqués pour l'ensemble des utilisateurs de biotechnologies et pour les utilisateurs dans chacune des catégories de technologies<sup>36</sup>. Cette figure fait clairement ressortir la différence entre les profils d'investissement des entreprises utilisant des biotechnologies environnementales et ceux des entreprises présentes dans les deux autres catégories de technologies. On constate ainsi que les investissements moyens par employé dans les biotechnologies environnementales demeurent relativement uniformes dans toutes les tranches de taille, à l'exception des entreprises de plus de 1 000 employés où l'investissement moyen diminue à 268 \$. Par contre, les niveaux d'investissement moyen par employé dans les biotechnologies de sélection et modification et les technologies liées à la culture et l'utilisation de

<sup>36</sup> Voir le tableau A-14 de l'annexe A pour obtenir les résultats complets. L'investissement moyen par catégorie de technologies exclut les investissements faits par une entreprise dans une catégorie différente.

Figure 8.3



matériel biologique sont beaucoup plus élevés dans les petites entreprises et cet effet se remarque surtout pour les biotechnologies de sélection et de modification, lesquelles incluent le génie génétique. Ces résultats font ressortir l'importance des petites entreprises dans le développement des biotechnologies de pointe.

## 8.5. Conclusions

En 1996, la majorité des entreprises utilisatrices de biotechnologies a investi moins de 100 000 \$ dans l'équipement et les logiciels liés aux biotechnologies. Bien que ce montant ne soit pas très élevé, les entreprises les plus petites ont investi beaucoup plus par employé que les grandes entreprises, en particulier dans les biotechnologies non environnementales. Ce facteur ne semble pas pour autant faire obstacle à l'entrée, car l'importance du coût élevé de l'équipement comme obstacle à l'utilisation des biotechnologies diminue à mesure que le montant réel des investissements augmente. Ceci s'explique du fait que le secteur d'activité influe fortement sur les profils d'investissement, les niveaux d'investissement par employé ou entreprise étant constamment plus élevés dans le secteur pharmaceutique et celui du bois et des pâtes et papiers, alors qu'ils sont faibles dans le secteur des mines et du pétrole brut. Il est probable que le caractère approprié du niveau d'investissement (trop élevé ou non) dépend davantage de la rentabilité de la technologie que de son coût absolu. Ces résultats laissent également croire que les investissements en biotechnologie dans le secteur minier et celui du pétrole brut accusent du retard, compte tenu notamment du potentiel élevé des biotechnologies environnementales dans ces secteurs<sup>37</sup>. Notre capacité d'utiliser les résultats pour déterminer si les investissements sont suffisants est toutefois fortement limitée par l'absence de données comparables pour d'autres pays et l'absence de données sur plus d'un an.

<sup>37</sup> Il existe un vaste éventail d'applications pour les biotechnologies dans les secteurs des mines et de l'extraction de l'énergie, que l'on pense à la lixiviation biologique ou à la biooxydation des minerais, à l'amélioration de la qualité du pétrole brut, ainsi qu'à la biodégradation accélérée et à la phytorestauration pour la gestion de l'environnement. Voir à ce sujet le rapport sur les secteurs des mines et de l'énergie du Groupe de travail sur la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie, novembre 1997.

## 9. Avantages réels et perçus de la biotechnologie

Quels facteurs influent sur la décision d'utiliser les biotechnologies? Une fois les biotechnologies adoptées, quels avantages celles-ci procurent-elles aux entreprises qui les utilisent? Dans une série de questions de l'enquête, le répondant devait indiquer si chacun des huit facteurs énumérés, auxquels s'ajoutait une catégorie «autre», avait eu une incidence positive sur la décision d'adopter une biotechnologie. Dans une deuxième série de questions, le répondant devait indiquer si l'utilisation de biotechnologies par l'entreprise avait généré l'un ou l'autre des 15 avantages cités, auxquels s'ajoutaient là aussi une catégories «autre» et une catégorie «aucune amélioration». Pour ces deux séries de questions, une réponse distincte était demandée pour chacune des trois catégories de biotechnologies. Le fait de mieux comprendre les avantages des biotechnologies est utile, à la fois pour l'élaboration des politiques visant à favoriser l'utilisation des biotechnologies et pour les entreprises qui envisagent leur adoption.

C'est surtout la deuxième série de questions, celle portant sur les résultats de la biotechnologie, qui présente un intérêt au plan de l'élaboration des politiques. La première question sur les facteurs ayant influencé la décision d'utiliser une biotechnologie est ambiguë; elle peut en effet faire référence aux attentes qu'avait l'entreprise avant d'adopter la technologie ou aux facteurs qui motivent l'entreprise à en continuer l'utilisation<sup>38</sup>. Dans un cas comme dans l'autre, la perception des avantages réels risque d'avoir une incidence plus grande sur les attentes futures. Les résultats de la deuxième question, eux, sont davantage liés à la diffusion future de la biotechnologie; aussi retiennent-ils davantage notre attention dans ce qui suit.

### 9.1. Influences sur la décision d'utiliser des biotechnologies

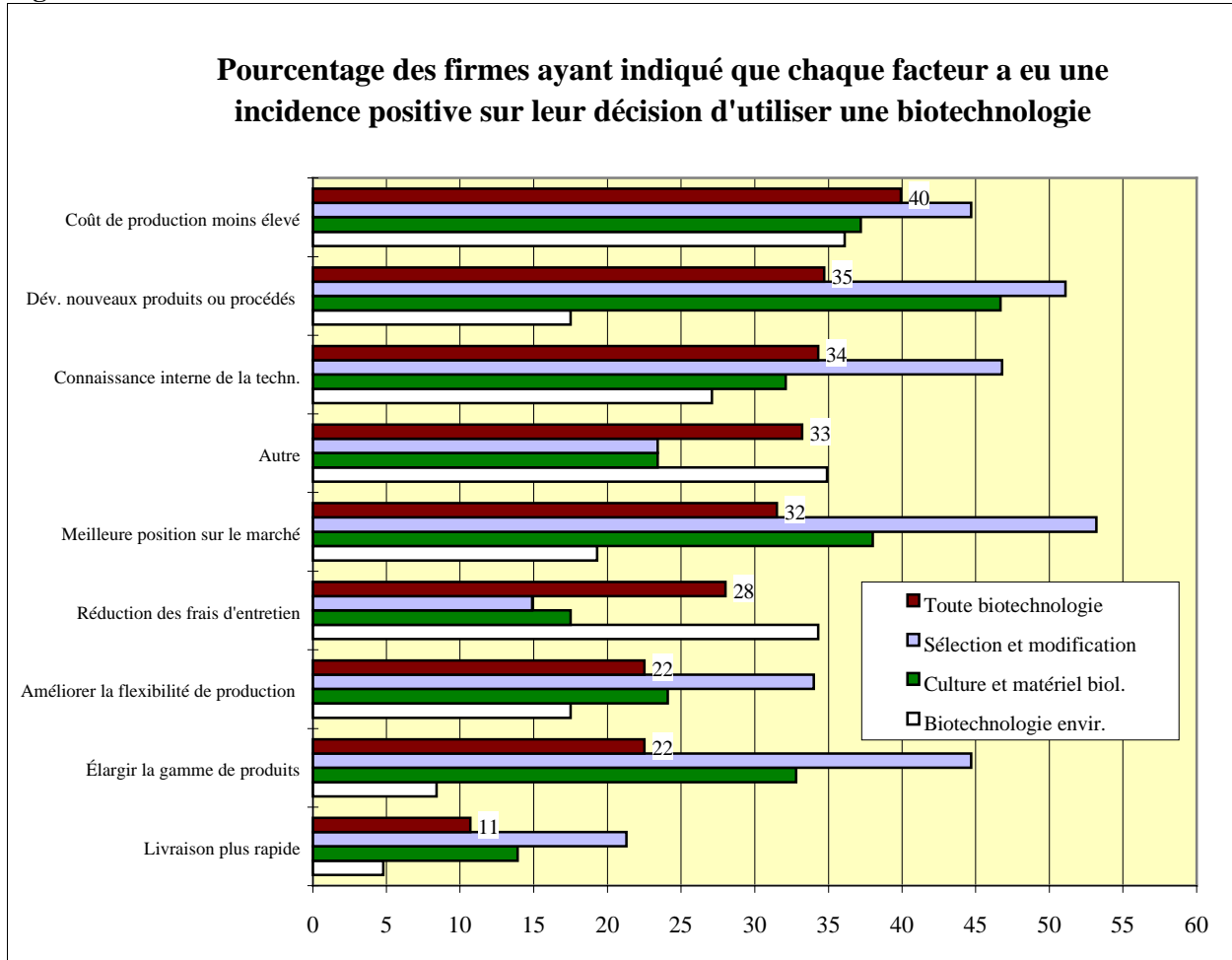
La figure 9.1 indique le pourcentage d'entreprises pour qui chacun des neuf facteurs a influencé leur décision d'utiliser des biotechnologies<sup>39</sup>. Les résultats sont indiqués séparément pour chacune des trois catégories de biotechnologies et pour les trois réunies. À titre d'exemple, un facteur est considéré comme ayant influencé la décision à l'égard de «toute biotechnologie» si ce facteur est intervenu dans la décision prise à l'égard d'au moins une des trois catégories distinctes. Cependant, les résultats pour chaque catégorie portent uniquement sur les entreprises qui utilisent au moins une technologie dans cette catégorie.

---

<sup>38</sup> Un des problèmes qui se posent avec la question sur la décision d'adopter une biotechnologie vient de ce que les résultats actuels peuvent influencer l'interprétation basée sur les conditions antérieures. À titre d'exemple, une firme qui a réussi à réduire sensiblement ses coûts de production grâce à une biotechnologie introduite il y a dix ans pourrait répondre que la «réduction des coûts de production» a influencé sa décision d'utiliser la biotechnologie. De plus, comme nous l'avons vu au tableau 5.1, un grand nombre de biotechnologies sont en usage depuis 10 à 30 ans; il est donc possible que le répondant ne connaisse pas les raisons qui l'ont amené au départ à utiliser la technologie ou ne s'en souvienne plus. L'effet du nombre d'années d'utilisation de la technologie a été vérifié en divisant l'ensemble des utilisateurs d'une technologie donnée dans une des trois catégories, entre 1) les entreprises ayant utilisé n'importe quelle technologie de la catégorie pendant plus de cinq ans et 2) celles n'en ayant utilisé aucune pendant plus de cinq ans; nous avons ensuite comparé la fréquence des entreprises dans chaque groupe ayant indiqué «oui» à chacune des 27 questions sur les décisions d'adopter une technologie. Quatre différences statistiquement significatives ont été observées, dont deux ont trait à la «connaissance interne de la technologie», laquelle a été citée plus souvent par les entreprises qui utilisaient des biotechnologies depuis plus de cinq ans. Pour la majorité des questions, les fréquences varient très peu. Ces résultats indiquent que les conclusions (à une exception près) ne sont pas biaisées par la durée d'utilisation de la biotechnologie.

<sup>39</sup> Voir le tableau A-15 de l'annexe A pour plus de détails.

**Figure 9.1**



Les trois facteurs les plus souvent cités sont la réduction des coûts de production, le développement de nouveaux produits ou procédés et la connaissance interne de la technologie. Très peu d'entreprises ont décidé d'utiliser une technologie en croyant que celle-ci pourrait accélérer la livraison.

Comme l'illustre la figure 9.1, l'importance que revêt chaque facteur varie considérablement d'une catégorie de technologies à une autre. Premièrement, les entreprises qui utilisent des technologies de sélection et modification sont celles pour qui le plus grand nombre de facteurs interviennent dans leur décision, comme en témoignent les fréquences supérieures à la moyenne pour bon nombre de ces facteurs. Un pourcentage élevé de ces entreprises sont également influencées par des facteurs reliés aux marchés, par exemple l'amélioration de leur situation commerciale, la diversification de leur gamme de produits et le développement de nouveaux produits et procédés. En revanche, les fréquences pour les utilisateurs de technologies environnementales sont beaucoup plus faibles, et ce pour la plupart des facteurs. Les facteurs les plus souvent cités pour ces entreprises sont la réduction des coûts de production, la réduction des coûts d'entretien et la catégorie «autre», tous trois étant cités par environ 35 % de ces entreprises. La catégorie «autre» pouvait être choisie pour indiquer une raison environnementale, car cette

catégorie de réponse ne figurait pas dans les neuf facteurs indiqués. Tous les autres facteurs, à l'exception de la connaissance interne de la technologie, ont été cités par moins de 20 % des utilisateurs de biotechnologies environnementales.

Enfin, les résultats pour les utilisateurs des techniques liées à culture et l'utilisation de matériel biologique se situent entre les deux autres catégories, le développement de nouveaux produits ou procédés étant ici le principal facteur.

## 9.2. Avantages liés à l'utilisation des biotechnologies

La deuxième question porte sur les résultats de l'utilisation des biotechnologies dans chacune des trois catégories. Quinze choix de réponses sont proposés, en plus d'une catégorie «autre» et d'une catégorie «aucune amélioration». Parmi ces 15 choix, 13 représentent des avantages, que l'on pense par exemple à la réduction des besoins en main-d'œuvre ou à l'augmentation du taux d'utilisation du matériel, alors que deux peuvent être perçus comme des inconvénients car ils sont susceptibles d'accroître les coûts. Il s'agit de l'augmentation du niveau de compétence nécessaire et de l'augmentation des besoins en capitaux. Les résultats pour les entreprises sont présentés à la figure 9.2 pour chaque catégorie de biotechnologie, ainsi que pour les trois catégories réunies sous «toute biotechnologie»<sup>40</sup>. Un astérisque indique les résultats qui ne sont pas des avantages.

Les résultats pour les technologies de sélection et modification et les technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique sont très similaires, le coefficient de corrélation étant élevé ( $R^2 = 0,77$ ). Par contre, les résultats pour les technologies environnementales diffèrent sensiblement<sup>41</sup>. Fait peu étonnant, la réduction des dommages causés à l'environnement est le résultat le plus fréquemment indiqué par les utilisateurs de biotechnologies environnementales, celui-ci étant mentionné par 72 % des utilisateurs. Tous les autres avantages ont été cités beaucoup moins souvent par les utilisateurs de biotechnologies environnementales, le deuxième étant la réduction de la consommation d'énergie, avec seulement 18 % des entreprises.

Le principal avantage pour les utilisateurs des deux autres catégories de technologies est une amélioration de la qualité des produits, lequel est cité par 50 % des utilisateurs des technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique et par 44 % des utilisateurs des technologies de sélection et modification. Vient ensuite un groupe de résultats témoignant d'une efficacité accrue, à savoir l'amélioration de la productivité, une plus grande souplesse de production et une réduction du taux de rejet, mentionnés dans des proportions variant entre 37 % et 25 % de l'ensemble des entreprises. Tous les autres avantages ont été indiqués par moins de 20 % des entreprises.

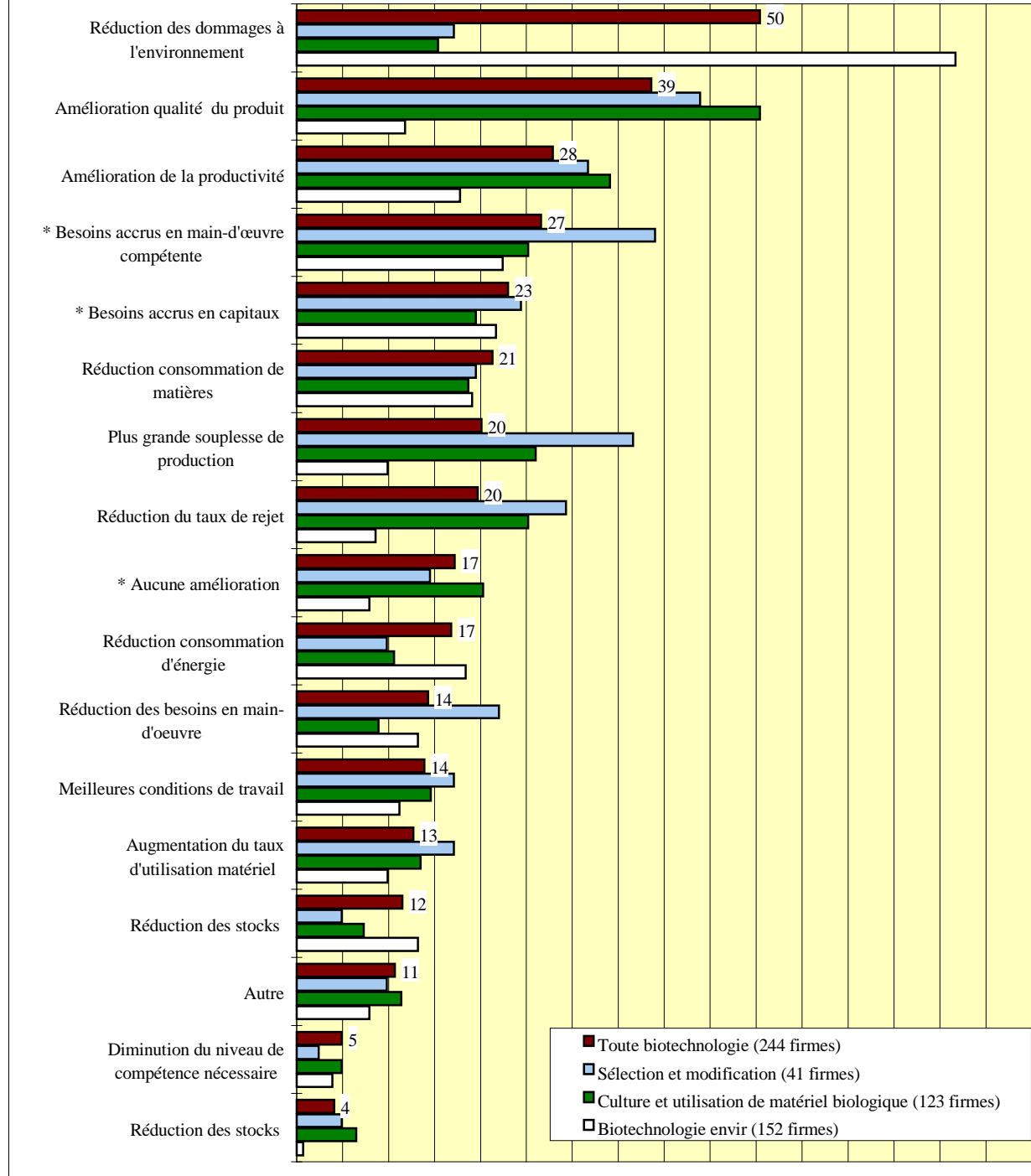
---

<sup>40</sup> Voir le tableau A-16 de l'annexe A pour obtenir les résultats complets.

<sup>41</sup> Les corrélations sont basées sur les résultats aux 17 questions illustrées à la figure 9.1. Les coefficients entre les résultats liés aux biotechnologies environnementales et chacune des deux autres catégories sont de 0,0 lorsque le facteur «réduction des dommages causés à l'environnement» est inclus et il n'est que légèrement supérieur, avec des coefficients  $R^2$  de 0,09 et 0,20, lorsque ce résultat est exclu de la corrélation.

**Figure 9.2**

**Résultats de l'utilisation des biotechnologies : Pourcentage des firmes déclarant chaque résultat, selon la catégorie de technologies**



Davantage d'utilisateurs dans les trois catégories estiment que l'usage des biotechnologies augmente, et non réduit, les besoins en main-d'œuvre qualifiée et en capitaux. Pour l'ensemble des firmes réunies, 27 % ont déclaré une augmentation du niveau de compétence nécessaire, contre 5 % qui ont indiqué une diminution, et 23 % ont indiqué une augmentation des besoins en capitaux, comparativement à 12 % qui ont déclaré une baisse. C'est par ailleurs chez les utilisateurs des technologies de sélection et de modification que le besoin en personnel compétent est le plus élevé (39 %), ce groupe incluant les biotechnologies les plus perfectionnées en développement. Les exécutants de R-D dans chaque catégorie ont également indiqué des besoins élevés en main-d'œuvre qualifiée<sup>42</sup>.

### 9.3. Avantages des biotechnologies environnementales

Dans bon nombre de domaines environnementaux, l'innovation vise la mise au point de techniques de production écologiques qui à la fois sont moins dommageables pour l'environnement *et* qui réduisent les coûts en diminuant la quantité ou les coûts des facteurs utilisés. L'incidence de l'utilisation des biotechnologies environnementales a été examinée plus à fond, afin de déterminer le pourcentage des firmes qui profitent d'une réduction de leurs coûts grâce à l'utilisation de ces technologies. On suppose ici qu'il y a réduction des coûts si l'utilisateur déclare au moins un des résultats suivants : diminution des coûts de main-d'œuvre, réduction de la consommation de matières, réduction de la consommation d'énergie ou réduction du taux de rejet du produit. L'utilisation des technologies environnementales peut également procurer des avantages sous forme d'une amélioration de la productivité (grâce à une augmentation du taux d'utilisation du matériel) ou de la qualité du produit.

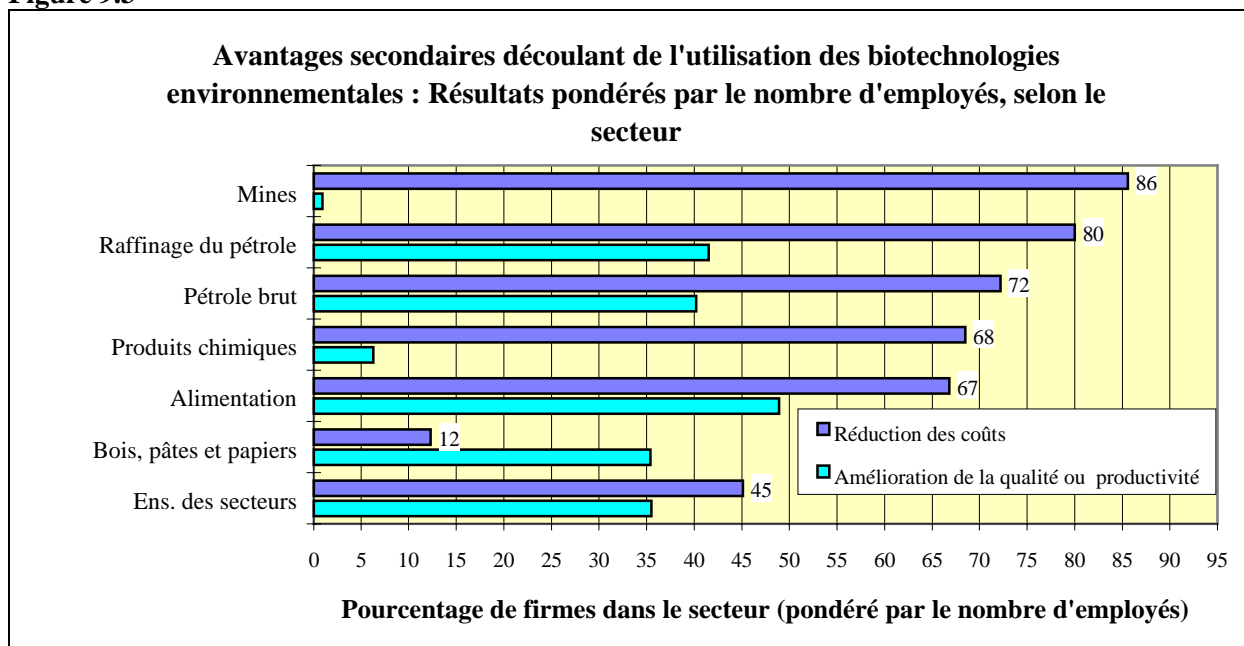
La figure 9.3 illustre les résultats pondérés par le nombre d'employés pour les six secteurs, résultats qui portent uniquement sur les 109 firmes ayant déclaré une réduction des dommages causés à l'environnement découlant de l'utilisation des biotechnologies environnementales. Aucune entreprise pharmaceutique ne figure dans ce groupe; de même, les entreprises des «autres secteurs manufacturiers» sont trop peu nombreuses pour qu'il soit possible de fournir des résultats distincts pour ce secteur<sup>43</sup>. Pour l'ensemble des secteurs combinés, le pourcentage des firmes ayant déclaré des coûts de production moins élevés grâce à l'utilisation des biotechnologies environnementales est de 45 %, et 36 % ont également indiqué une amélioration de la qualité ou de la productivité. Fait inattendu, la réduction des coûts est plus présente dans le secteur minier (qui enregistre un des plus bas taux d'utilisation des technologies environnementales), alors qu'elle est la plus faible dans le secteur du bois et des pâtes et papiers (pourtant un des plus grands utilisateurs).

---

<sup>42</sup> L'écart, en pourcentage, entre les exécutants de R-D et les non-exécutants de R-D qui ont déclaré une augmentation des besoins en main-d'œuvre compétente est statistiquement significatif pour les trois catégories de technologies. Aucun autre résultat ne présente ainsi un écart cohérent entre exécutants et non-exécutants de R-D.

<sup>43</sup> Voir le tableau A-17 de l'annexe A pour obtenir tous les résultats, y compris ceux par entreprise.

**Figure 9.3**



Dans tous les secteurs, à l'exception de ce dernier, beaucoup plus d'entreprises déclarent des avantages secondaires liés à la réduction des coûts plutôt qu'à l'amélioration de la qualité ou de la productivité. Ces résultats montrent que les biotechnologies environnementales procurent des avantages secondaires appréciables pour les entreprises, en particulier en matière de réduction des coûts.

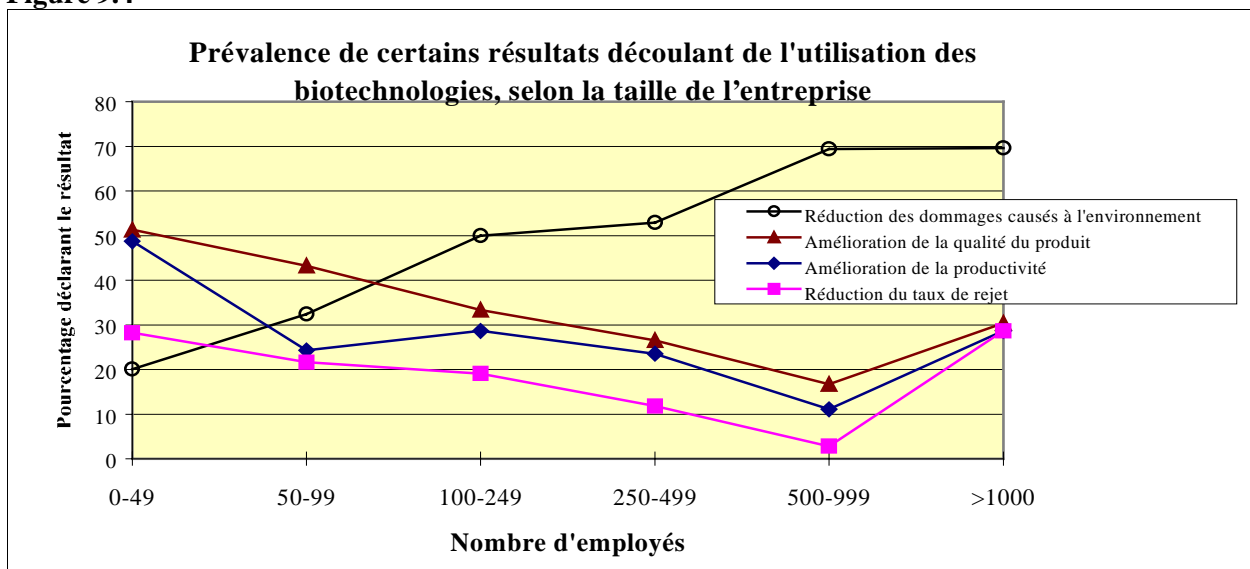
#### 9.4. Différences dans la prévalence des résultats, selon la taille de l'entreprise

La prévalence de chaque résultat découlant de l'utilisation de l'une ou l'autre des trois catégories de biotechnologies a été déterminée pour chacune des six tranches de taille. Le but de cet exercice était de déterminer si certains résultats sont plus fréquents dans les petites, moyennes ou grandes entreprises. Des différences statistiquement significatives par tranche de taille ont été observées pour quatre résultats liés à l'utilisation des biotechnologies, à savoir l'amélioration de la productivité, la réduction du taux de rejet du produit, l'amélioration de la qualité du produit et la réduction des dommages causés à l'environnement. Ces résultats sont présentés à la figure 9.4.

La fréquence à laquelle les firmes déclarent une réduction des dommages causés à l'environnement grâce à l'utilisation des biotechnologies présente une tendance linéaire hautement significative, la prévalence de ce résultat augmentant en fonction de la taille de l'entreprise. À l'inverse, la prévalence des trois autres tendances, dont deux sont liées aux produits, diminue avec la taille de l'entreprise, exception faite des entreprises les plus grandes. Tous ces résultats sont dus en partie aux différences intersectorielles. Les taux élevés parmi les petites entreprises sont imputables aux petites entreprises de biotechnologies qui participent activement à la mise au point de nouveaux produits, alors que la tendance illustrant la réduction



Figure 9.4



des dommages causés à l'environnement reflète l'usage accru de ces biotechnologies par les grandes entreprises du secteur des ressources naturelles<sup>44</sup>.

#### 9.5. Différences selon le secteur

Le pourcentage d'entreprises dans chaque secteur ayant déclaré chaque résultat découlant de l'utilisation de l'une des trois catégories de biotechnologies suit de près les profils illustrés à la figure 9.2<sup>45</sup>, un phénomène qui s'explique par la prédominance des secteurs des ressources naturelles dans l'utilisation des technologies environnementales et des secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques dans les deux autres catégories de biotechnologies. Le seul résultat intéressant qui ne peut être déduit de la figure 9.2 est celui qui concerne l'«absence d'amélioration». Ce résultat a en effet été indiqué surtout par des entreprises des secteurs pharmaceutique et alimentaire (26 % et 22 % respectivement). Ce dernier résultat ne peut être attribué aux entreprises encore à l'étape de la recherche, car 90 % des entreprises pharmaceutiques et alimentaires qui ont déclaré «aucune amélioration» sont au stade de l'application pour au moins une biotechnologie. Ceci porte à croire que les biotechnologies sont plus risquées et plus expérimentales dans ces deux secteurs qu'elles ne le sont dans les autres secteurs.

<sup>44</sup> Les résultats concernant l'amélioration de la productivité s'expliquent par la prévalence élevée de ce résultat dans les entreprises des secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques; ceux portant sur le taux de rejet sont imputables en partie aux entreprises alimentaires tandis que ceux liés à la qualité du produit s'appliquent à la fois aux entreprises alimentaires et pharmaceutiques; enfin, la réduction des dommages causés à l'environnement s'observe parmi les entreprises des secteurs d'exploitation des ressources naturelles, en particulier celles du secteur du bois et des pâtes et papiers.

<sup>45</sup> Les résultats par secteur sont présentés au tableau A-18 de l'annexe A.

## 9.6. Conclusions

Les biotechnologies génèrent des avantages similaires pour les utilisateurs des technologies de sélection et modification et des technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique. Dans les deux cas, les avantages les plus souvent cités ont trait aux caractéristiques du produit, par exemple la qualité, la souplesse de production et la réduction du taux de rejet. La réduction des dommages causés à l'environnement est l'avantage principal associé aux biotechnologies environnementales. En outre, près de la moitié des entreprises qui utilisent des biotechnologies environnementales ont également déclaré une réduction des coûts résultant d'une diminution de la consommation d'énergie ou d'autres facteurs. Parallèlement, près du quart des firmes ont indiqué que les biotechnologies augmentaient leurs besoins en main-d'œuvre qualifiée et en capitaux; précisons toutefois que ce dernier résultat s'observe principalement dans le secteur pharmaceutique. Les besoins accrus en main-d'œuvre compétente pourraient notamment constituer un obstacle à la diffusion des technologies, en particulier pour les firmes du secteur du bois et des pâtes et papiers et celui des mines. Ces deux secteurs enregistrent en effet des pourcentages inférieurs à la moyenne pour ce qui est des employés ayant fait des études postsecondaires, en plus d'afficher un pourcentage supérieur à la moyenne d'entreprises qui croient que l'utilisation des biotechnologies accroît la demande en main-d'œuvre qualifiée.

## 10. Sources internes et externes d'information

Les entreprises peuvent se renseigner sur l'utilisation des biotechnologies auprès de sources internes, par exemple leur service de recherche ou d'ingénierie de production, ou auprès de sources externes comme les programmes fédéraux de recherche ou les universités. Les répondants à l'enquête devaient indiquer lesquelles, parmi sept sources internes et treize sources externes d'information, constituent des sources «principales» d'information en vue de l'adoption de biotechnologies ou de matériel biotechnologique. Une rubrique «Autre» était également prévue aux deux questions, de même que la rubrique «Aucun apport externe important» pour les sources externes d'information.

L'aspect le plus intéressant concernant l'utilisation des sources internes d'information a trait à la complexité technologique et au stade de développement de la technologie. Ainsi, l'adoption de technologies développées et éprouvées devrait nécessiter un niveau de compétence moindre que l'adoption de technologies complexes faisant l'objet de vastes travaux de développement. Dans le premier cas, le personnel d'exploitation ou les ingénieurs de production devraient figurer parmi les principales sources d'information consultées, alors que le personnel affecté à la recherche et au développement expérimental serait sans doute plus sollicité pour l'adoption de biotechnologies complexes. Les sources internes qualifiées d'importantes donnent donc une indication du niveau d'avancement de la biotechnologie et indiquent dans quelle mesure celle-ci est devenue un produit «commercial», pouvant facilement être intégré au système de production, aux produits ou aux systèmes anti-pollution déjà en place.

Les politiques gouvernementales influent probablement davantage sur les sources externes d'information, d'où l'intérêt que ces dernières présentent au plan de l'élaboration des politiques. À titre d'exemple, la valeur des universités comme source d'information peut dépendre directement des fonds qui sont alloués par le gouvernement aux recherches sur les biotechnologies ou aux programmes visant à favoriser le transfert des connaissances, du secteur public au secteur privé.

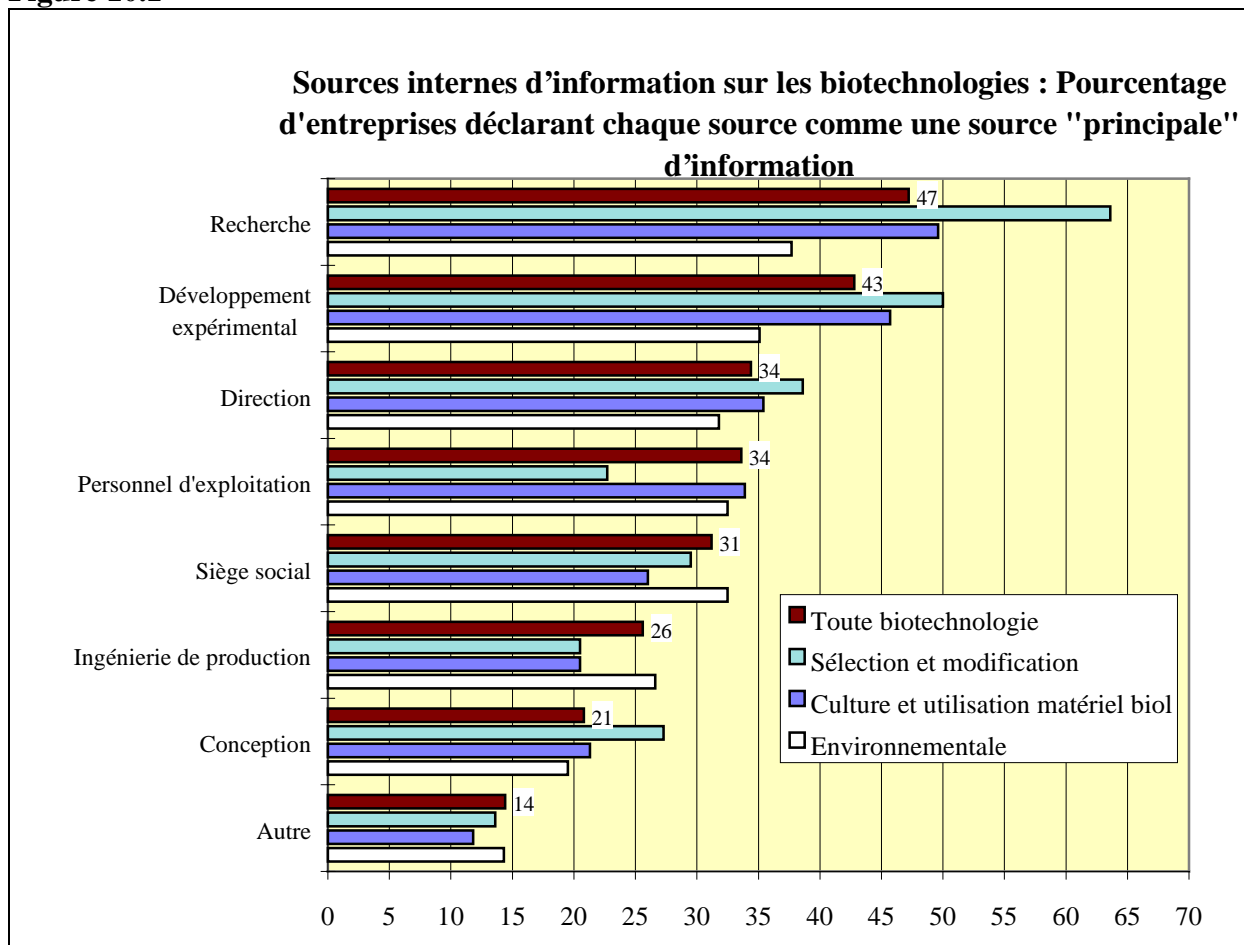
### 10.1. Sources internes d'information

La figure 10.1 indique le pourcentage de firmes dans chaque catégorie de technologies ayant indiqué qu'une source interne constituait une «principale source d'information» pour l'adoption de biotechnologies ou l'acquisition de matériel biotechnologique<sup>46</sup>. Le premier groupe, «toute biotechnologie», équivaut à une réponse affirmative, si la firme utilise la source en question pour n'importe laquelle des trois catégories de biotechnologies. Les résultats pour «toute biotechnologie» montrent que les sources les plus souvent utilisées ont rapport aux deux composantes de la firme qui participent le plus activement au développement d'une technologie, c'est-à-dire le personnel affecté à la recherche et au développement expérimental. Par contre, le personnel d'exploitation et les ingénieurs de production, qui tous deux devraient participer plus activement à la mise en oeuvre des technologies déjà développées, sont cités moins souvent.

---

<sup>46</sup> Consulter le tableau A-19, à l'annexe A, pour obtenir les résultats complets; 21 firmes n'ont répondu à aucune des 24 questions de ce groupe et ont donc été exclues de toutes les analyses. Les résultats présentés dans ce chapitre s'appliquent uniquement au niveau des entreprises et n'ont pas été pondérés en fonction du nombre d'employés, car l'effet des sources externes d'information sur l'adoption des technologies s'exerce au niveau des entreprises. Cependant, l'effet de la taille est examiné directement, vu son incidence potentielle sur l'utilisation des sources internes et externes.

**Figure 10.1**



Les résultats pour les catégories particulières de technologies diffèrent cependant de ce profil général. Ainsi, l'adoption des technologies de sélection et modification de pointe dépend surtout de la recherche et du développement expérimental, deux sources citées respectivement par 64 % et 50 % des firmes utilisant ces technologies. À l'opposé, seulement 20 % de ces firmes citent l'ingénierie de production et 23 % seulement, le personnel d'exploitation. Les résultats pour les technologies de culture et/ou d'utilisation de matériel biologique sont similaires; en revanche, la recherche et le développement expérimental sont cités par moins de firmes qui utilisent des biotechnologies environnementales (38 % et 35 %, respectivement), bien que ces deux sources demeurent plus utilisées que toute autre source. Chez ces utilisateurs de technologies environnementales, l'écart (en pourcentage) est en outre beaucoup moins grand entre les firmes qui consultent ces deux sources et celles qui ont recours aux ingénieurs de production ou au personnel d'exploitation qu'il ne l'est chez les utilisateurs des deux autres catégories de technologies.

D'autres analyses ont été effectuées pour examiner l'effet de quatre facteurs distincts sur l'utilisation de chacune des sources internes d'information; ces facteurs sont la taille de l'entreprise, le secteur d'activité, l'exécution ou non de R-D et la proportion des effectifs

titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire<sup>47</sup>. Comme aucun de ces facteurs n'a eu d'incidence sur la probabilité que l'entreprise coche la réponse «autre», ce choix de réponse ne figure pas dans la discussion qui suit<sup>48</sup>.

L'exécution ou non de R-D est le facteur qui, à lui seul, influe le plus sur l'utilisation de sources internes, un pourcentage nettement plus élevé d'exécutants de R-D que de non-exécutants indiquant la recherche (59 % contre 19 %) et le développement expérimental (54 % contre 17 %) au nombre des principales sources d'information à l'interne<sup>49</sup>. Ce résultat n'a rien de surprenant, étant donné que les exécutants de R-D sont beaucoup plus susceptibles d'avoir des employés actifs dans ces domaines. Cependant, les entreprises qui font de la R-D sont également plus susceptibles de citer la conception, l'ingénierie de production et le siège social parmi les sources internes importantes. Le pourcentage d'employés titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire accroît la probabilité que la firme classe la recherche, la conception et l'ingénierie de production parmi les principales sources d'information, probablement du fait que ces activités requièrent du personnel qualifié. Les résultats pour la R-D et les compétences de la main-d'œuvre indiquent que l'adoption de biotechnologies exige un haut niveau de compétence interne.

Comme nous l'avons indiqué dans les chapitres qui précèdent, la taille de l'entreprise, telle que mesurée par le nombre d'employés, a une incidence significative sur un éventail de stratégies mises en œuvre par l'entreprise, mais non sur l'utilisation des sources internes d'information. Elle n'influe ainsi nullement sur la probabilité qu'une firme cite la recherche, le développement expérimental, la conception, l'ingénierie de production ou le personnel d'exploitation comme source interne d'information. En revanche, la probabilité que le siège social constitue une source principale d'information augmente en fonction du nombre d'employés – un résultat prévisible compte tenu du fait que les grandes entreprises sont plus susceptibles d'avoir un siège social distinct – alors que l'importance de la direction *diminue* avec le nombre d'employés. Ce dernier résultat pourrait s'expliquer par le rôle central qui incombe à la direction dans le développement technologique des petites entreprises de haute technologie.

Enfin, le secteur d'activité n'exerce aucun effet indépendant sur l'utilisation des sources internes d'information, quelle qu'elle soit, et les différences intersectorielles s'expliquent plutôt par les facteurs précités. À titre d'exemple, un pourcentage plus élevé d'entreprises pharmaceutiques citent la recherche, mais ceci est dû entièrement au très fort pourcentage d'entreprises pharmaceutiques qui font de la R-D.

Le rôle primordial de la R-D se voit à la différence qui existe entre le nombre moyen de sources internes citées par les firmes exécutant de R-D et celles qui n'en font pas, comme l'illustre la

---

<sup>47</sup> Ces analyses sont basées à la fois sur des comparaisons simples et sur la régression logistique pour tenir compte simultanément de l'effet de plusieurs variables. Tous les résultats présentés ici sont significatifs dans une régression logistique, pour tout groupe de biotechnologies. Les régressions incluent des variables pour le logarithme du nombre d'employés, l'exécution ou non de R-D et le pourcentage d'employés titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire, ainsi que des variables fictives pour sept des huit secteurs, le secteur pharmaceutique servant ici de groupe de référence. Tous les modèles de régression logistique sont ajustés aux données, à l'exception du modèle pour «autre source interne».

<sup>48</sup> La catégorie «autre» semble être citée de façon aléatoire et aucun profil distinct ne ressort quant à son utilisation dans un vaste éventail d'analyses descriptives et de régressions logistiques.

<sup>49</sup> Résultats pour le groupe «toute biotechnologie». Les différences sont statistiquement significatives ( $p < 0,001$ ).

**Figure 10.2**

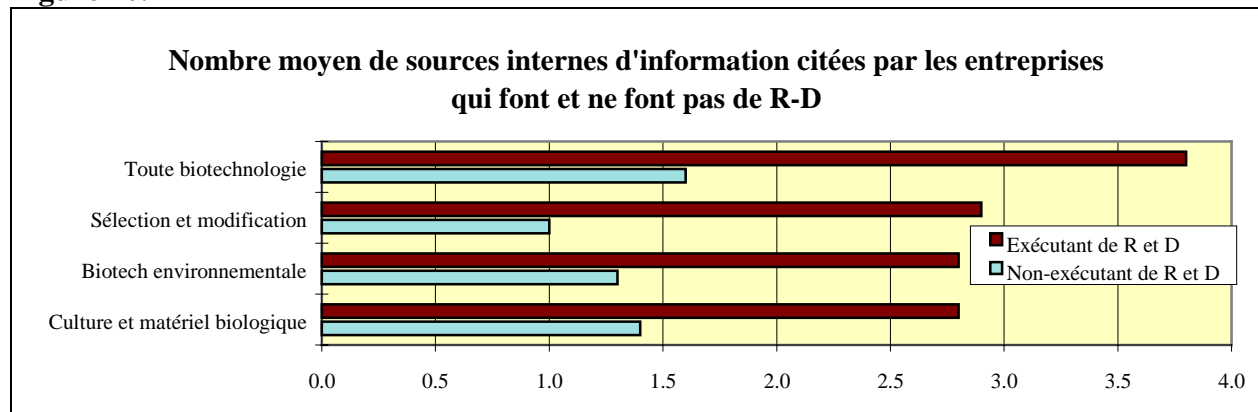


figure 10.2. Ainsi, pour toutes les catégories de technologies, les premières citent beaucoup plus de sources internes que les firmes qui ne font pas de R-D.

## 10.2. Stade d'utilisation des biotechnologies

Les principales sources internes d'information peuvent varier en fonction du stade d'utilisation des biotechnologies. Les entreprises qui en sont encore à l'étape de la recherche, par exemple, peuvent dépendre davantage de la recherche et du développement expérimental que celles qui appliquent les biotechnologies à leurs procédés de production, produits ou systèmes anti-pollution. Il y a tout lieu de croire par ailleurs que ce dernier groupe d'entreprises, en particulier, devraient dépendre davantage du personnel d'exploitation et des ingénieurs de production *si* ces technologies sont normalisées. Cependant, le stade d'utilisation des biotechnologies n'a eu aucun effet sur les sources internes d'information utilisées<sup>50</sup>, à une exception près. Ainsi, les firmes qui ont atteint le stade d'application sont moins susceptibles de faire appel aux chercheurs comme source interne d'information que celles encore à l'étape de la recherche pour au moins une biotechnologie.

Ces résultats laissent croire que la biotechnologie n'a pas encore évolué au point de devenir un produit «commercial» pouvant facilement être mis en œuvre par les entreprises. Cette conclusion vaut également pour les biotechnologies environnementales, bien que les firmes qui les utilisent dépendent moins du personnel affecté à la recherche et au développement expérimental que les utilisateurs des technologies de sélection and modification.

<sup>50</sup> Cette conclusion s'appuie sur une série d'analyses de régression logistique. La première série inclut une variable fictive représentant 198 firmes au stade de l'application pour les biotechnologies par comparaison aux 52 firmes encore à l'étape de la recherche pour au moins une biotechnologie. La deuxième série compare 96 firmes utilisant uniquement des technologies de lutte contre la pollution à 154 firmes qui sont au stade de la recherche ou qui utilisent la biotechnologie pour une application différente. Ces variables sont basées sur les réponses obtenues aux questions B1 sur le stade d'utilisation. Les autres variables incluses dans les analyses de régression sont la taille de l'entreprise, le nombre de biotechnologies utilisées, l'exécution ou non de R-D, le pourcentage d'employés titulaires d'un diplôme universitaire ou collégial et le secteur d'activité de la firme.

### 10.3. Sources externes d'information

Deux questions retiennent principalement l'attention, en ce qui a trait aux sources externes d'information. La première est similaire à celle qui concerne les sources internes et a trait à la complexité technique des biotechnologies. De façon plus précise, y a-t-il des données qui permettent de croire que les biotechnologies environnementales sont plus simples à adopter que les biotechnologies de sélection et de modification ou encore de culture et/ou d'utilisation de matériel biologique plus avancées? La deuxième question est la suivante : Les entreprises considèrent-elles que les sources publiques d'information sont utiles?

La figure 10.3 indique le pourcentage d'entreprises dans chaque catégorie de technologies ayant indiqué une source externe comme une source «principale d'information» pour l'adoption de biotechnologies ou de matériel biotechnologique<sup>51</sup>. Les publications constituent ici la source la plus souvent citée, suivies des experts-conseils et des entreprises de services, des fournisseurs, des foires commerciales et colloques et des universités. Ces cinq sources englobent les trois sources externes les plus souvent citées pour chacune des trois catégories de technologies.

Il existe une étroite corrélation entre la distribution des résultats pour les technologies de sélection et modification et les technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique, la valeur de  $R^2$  étant ici de 0,85. Ceci indique que les entreprises qui utilisent ces deux catégories de technologies ont recours à des sources externes d'information similaires<sup>52</sup>. Par contre, les firmes utilisatrices des biotechnologies environnementales sont plus susceptibles d'utiliser des sources externes différentes, comme en témoignent les valeurs plus faibles de  $R^2$  (valeur de 0,53, lorsque la corrélation est entre les biotechnologies environnementales et les technologies de sélection et modification et de 0,62 entre les biotechnologies environnementales et les technologies de culture et d'utilisation de matériel biologique). L'écart le plus grand se remarque dans l'utilisation des experts-conseils et des entreprises de services, cités par 58 % des firmes utilisatrices de biotechnologies environnementales, contre seulement 34 % des firmes utilisant l'une des deux autres catégories de technologies. Enfin, les foires commerciales et les colloques, les universités et les coentreprises sont eux aussi cités moins souvent par les utilisateurs de biotechnologies environnementales que par les utilisateurs des deux autres catégories de technologies.

### 10.4. Nombre de sources principales (externes) d'information

Le nombre moyen de sources externes citées a été déterminé pour chaque catégorie de technologies. Aucune différence significative quant à la moyenne par secteur n'a été observée, à l'exception d'un nombre nettement plus élevé de sources mentionnées par les entreprises pharmaceutiques. Par ailleurs, la taille de l'entreprise n'a eu aucune incidence, sauf chez les utilisateurs de biotechnologies environnementales, pour qui le nombre de sources augmente avec la taille. Comme dans le cas des sources internes d'information, l'exécution ou non de R-D est le facteur qui a la plus grande incidence sur le nombre de sources externes. Ainsi, les firmes qui font de la R-D ont déclaré un pourcentage nettement plus élevé de sources externes d'information que celles qui ne font pas de R-D, comme l'illustre la figure 10.4.

---

<sup>51</sup> Consulter le tableau A-20, à l'annexe A, pour obtenir les résultats complets; 18 firmes n'ont répondu à aucune des 45 questions de ce groupe et sont donc exclues de tous les résultats.

<sup>52</sup> Les résultats pour  $R^2$  ne sont présentés qu'à titre d'information, car les deux groupes d'entreprises ne sont pas indépendants l'un de l'autre. Bon nombre d'entreprises utilisent en effet les deux catégories de technologies.

**Figure 10.3**

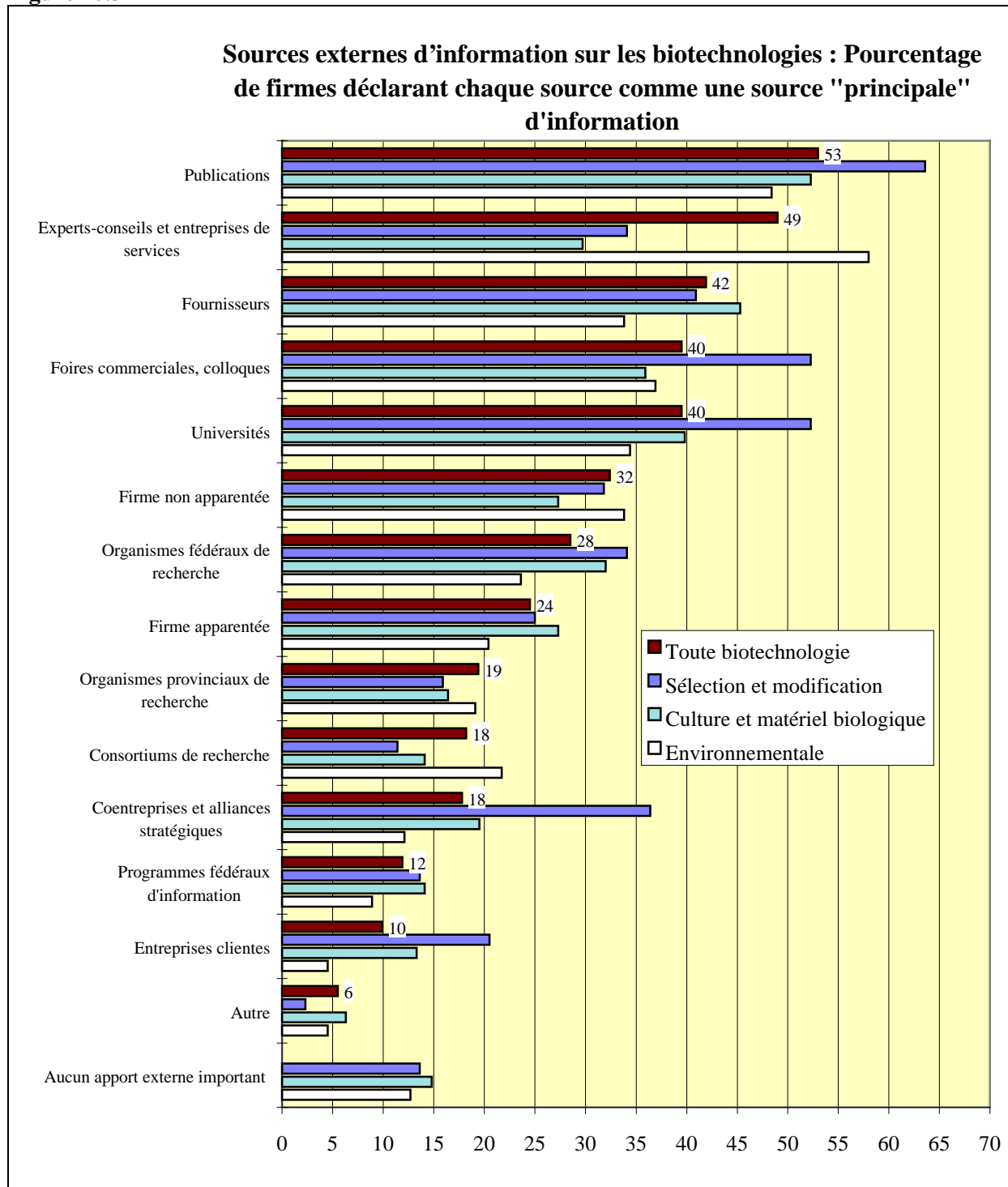
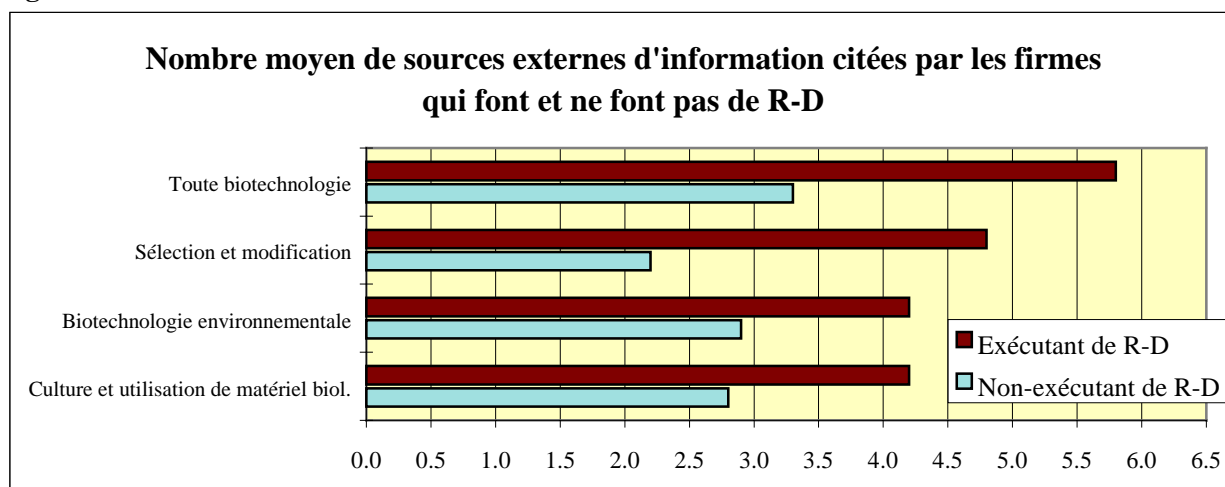




Figure 10.4



### 10.5. Différences selon le secteur

Seules quelques différences par secteur ressortent, quant aux sources externes d'information consultées. Ainsi, les consortiums de recherche et les experts-conseils sont davantage utilisés par les firmes du secteur des ressources naturelles que par celles du secteur manufacturier, 28 % des premières utilisant les consortiums de recherche, contre 11 % des entreprises manufacturières, tandis que 69 % des premières font appel à des experts-conseils contre 36 % des entreprises manufacturières. Ces résultats indiquent que les premières ont besoin de sources externes qui leur apportent une assistance technique pratique pour la mise en œuvre des biotechnologies. À l'inverse, les entreprises clientes sont citées plus souvent par des firmes du secteur manufacturier, les proportions étant ici de 15 % contre 2 %. Ces derniers résultats témoignent de la possibilité plus grande qui existe dans le secteur manufacturier de mettre au point des produits adaptés aux clients, tandis que le secteur des ressources naturelles produit habituellement des produits standard. Des résultats similaires selon le secteur ressortent des analyses au niveau des huit secteurs. Le seul autre résultat digne de mention est celui basé sur une comparaison entre les huit secteurs, qui indique que 50 % des entreprises pharmaceutiques citent les coentreprises, comparativement à une moyenne de 14 % pour tous les autres secteurs .

### 10.6. Régression logistique

Une série d'analyses de régression logistique est utilisée pour étudier l'effet de cinq caractéristiques de l'entreprise sur l'utilisation des sources externes d'information. Les cinq caractéristiques choisies sont le secteur d'activité, la taille de l'entreprise (logarithme du nombre d'employés), l'exécution ou non de R-D par la firme, le pourcentage d'employés de la firme titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire et la diversité des biotechnologies utilisées. Cette dernière caractéristique correspond au nombre total de biotechnologies utilisées, sur les 22 proposées.

**Tableau 10.1 Résumé des principaux résultats de la régression logistique pour les sources externes d'information<sup>1</sup> (\* = p < 0,10, \*\* = p < 0,05)**

Source	Biotechnologie de sélection et modification, culture et matériel biologique <sup>2</sup>				Biotechnologie environnementale <sup>3</sup>				Toute biotechnologie <sup>4</sup>			
	Taille de la firme	Fait de la R-D	Diversité de biotech	% main-d'oeuvre qualifiée	Taille de la firme	Fait de la R-D	Diversité de biotech	% main-d'oeuvre qualifiée	Taille de la firme	Fait de la R-D	Diversité de biotech	% main-d'oeuvre qualifiée
<b>Organismes publics</b>												
Toute source publique <sup>5</sup>		1,31**	0,23**			0,75*				1,20**	0,37**	
Universités		0,98*	0,33**		0,49*	1,03**	0,20*			1,37**	0,47**	
Org féd de recherche		1,05*	0,33**							0,95**	0,42**	
<b>Liens avec d'autres firmes</b>												
Autre firme			0,31**			1,04**		- 2,93**		0,95**	0,30**	
Fournisseurs											0,19*	
Consortiums de recherche	-1,08**	1,53*	0,25*		0,93**			2,40**				
Experts-conseils					0,84**				0,35*		0,21**	0,31**
Coentreprises		1,72**	0,30**							1,11**	0,32*	
<b>Information publique</b>												
Publications	-0,65**		0,32**								0,38*	1,56*
Foires comm./colloques	-0,69**	0,87*	0,18*								0,25**	

1: Les résultats ne sont indiqués que si la régression répond à trois critères : la régression améliore sensiblement ( $p < 0,05$ ) la valeur de  $\chi^2$  dans le modèle, le pourcentage combiné des réponses correctement classées est supérieur à 60 % et le pourcentage des réponses classées correctement dans les catégories «non» et «oui» est supérieur dans chaque cas à 20 %. Les résultats pour six sources externes sources qui ne répondaient pas à ces critères ont été exclus du tableau; ces sources sont : firmes apparentées, organismes provinciaux de recherche, programmes fédéraux d'information, entreprises clientes, «aucun apport externe important» et «autre».

2 : Se limite aux firmes qui utilisent au moins une des 17 technologies de sélection et/ou modification ou de culture et/ou utilisation de matériel biologique. Inclut des variables fictives pour les quatre groupes de secteurs (les résultats par secteur ne sont pas présentés ici).

3 : Se limite aux firmes qui utilisent au moins une des cinq biotechnologies environnementales. Inclut une variable fictive qui établit une distinction entre les secteurs des ressources naturelles et les secteurs manufacturiers.

4 : Inclut toutes les firmes qui utilisent au moins une des 22 biotechnologies. Inclut des variables fictives pour sept secteurs plus un secteur de référence.

5 : La firme a indiqué au moins une des quatre sources d'information financées par l'État (organismes fédéraux de recherche, universités, organismes provinciaux de recherche ou programmes fédéraux d'information) comme étant une source principale d'information.

**Taille de la firme** : mesurée par le logarithme du nombre d'employés. **Fait de la R-D** : Firme exécute de la R-D sur une base régulière. **Diversité de la biotechnologie** : Nombre de biotechnologies différentes utilisées par l'entreprise. **% de main-d'oeuvre qualifiée** : Pourcentage de tous les employés titulaires d'un diplôme collégial ou universitaire.

Le tableau 10.1 résume les principales conclusions pour quatre de ces caractéristiques. Les résultats basés sur le secteur d'activité ne sont pas présentés car, comme nous l'avons indiqué précédemment, cette caractéristique influe rarement sur l'utilisation des sources externes d'information<sup>53</sup>. Nous présentons les résultats pour trois séries de régression : les technologies de sélection et modification ont été combinées aux technologies liées à la culture et l'utilisation de matériel biologique, car les sources externes consultées sont très similaires dans les deux cas. Les résultats de la régression sont également présentés en regard de l'utilisation des biotechnologies environnementales et de toute biotechnologie.

Les résultats dans ce tableau sont divisés en trois groupes, comme suit : sources d'information financées par l'État, comme les universités et les organismes fédéraux de recherche, liens avec d'autres firmes et autre information publique (par exemple les publications). Le premier groupe (sources financées par l'État) inclut également un résultat sommaire qui est positif si la firme utilise au moins une des quatre sources d'information publiques (universités, organismes fédéraux de recherche, organismes provinciaux de recherche et programmes fédéraux d'information). Six sources externes ne figurent pas au tableau 10.1, parce qu'aucune des variables examinées n'influe sur l'utilisation de ces sources; il s'agit des firmes apparentées, des organismes provinciaux de recherche, des programmes fédéraux d'information, des entreprises clientes, de la catégorie «aucun apport externe important» et de la catégorie «autre».

Quelques règles simples suffisent à comprendre les résultats présentés au tableau 10.1. Un coefficient positif indique que les firmes qui présentent la caractéristique étudiée sont plus susceptibles d'utiliser la source d'information que celles non visées par la caractéristique. Le premier coefficient (1,31), par exemple, indiqué dans le coin supérieur gauche, signifie que les firmes qui exécutent de la R-D sont plus susceptibles que celles qui n'en font pas d'utiliser une source d'information publique. Inversement, le coefficient négatif de 1,08 entre la taille des entreprises et l'utilisation des consortiums de recherche signifie que les grandes entreprises sont *moins* susceptibles que les petites d'utiliser ces consortiums.

Il est également possible de comparer les coefficients d'une même colonne, mais les coefficients ne peuvent être comparés d'une rangée à une autre. À la première colonne, le coefficient le plus élevé (1,72) est celui qui établit un lien entre «Fait de la R-D» et les coentreprises, alors qu'il est le plus faible pour les foires commerciales et colloques. Ces résultats indiquent qu'il existe un plus grand écart (en pourcentage) entre les exécutants et les non-exécutants de R-D qui utilisent les coentreprises comme source d'information, qu'entre ceux qui utilisent les foires commerciales et les colloques.

Les principaux résultats qui ressortent du tableau 10.1 sont expliqués ci-après.

**Exécution de R-D et diversité des biotechnologies utilisées :** Les deux caractéristiques qui influent le plus sur l'utilisation des sources externes d'information sont l'exécution ou non de R et D par l'entreprise et le nombre de biotechnologies utilisées, deux caractéristiques qui témoignent par ailleurs de la complexité des biotechnologies en usage. L'indicateur de diversité est également significatif pour un plus grand nombre de sources que ne l'est l'exécution de R-D, ce qui tient probablement au fait que les sources d'information diffèrent selon la biotechnologie.

---

<sup>53</sup> Le nombre de secteurs inclus dans les analyses de régression varie, en raison du très faible nombre d'entreprises dans certains secteurs. À titre d'exemple, très peu d'entreprises manufacturières utilisent des technologies environnementales. Pour cette raison, le secteur d'activité est représenté par une variable qui établit une distinction seulement entre les secteurs manufacturiers et ceux des ressources naturelles. En revanche, sept variables fictives représentant les secteurs (en plus de la catégorie de référence) sont incluses dans les analyses de régression pour «toute» biotechnologie.

**Organismes publics** : Deux sources publiques, soit les organismes provinciaux de recherche et les programmes fédéraux d'information, ne figurent pas au tableau 10.1, parce qu'aucune des caractéristiques de l'entreprise n'influe sur leur utilisation, après neutralisation de l'effet de toutes les autres variables. Ceci signifie que ces deux programmes fournissent de l'information à un vaste éventail de firmes ce qui, en retour, pourrait être une caractéristique souhaitable ou pourrait au contraire indiquer que ces programmes conviennent mal à des besoins particuliers. Cette dernière explication semble plus plausible, étant donné que ces programmes sont peu cités. En effet, seulement 19 % des firmes ont déclaré utiliser les organismes provinciaux de recherche et 12 % seulement, les programmes fédéraux d'information.

Les principaux utilisateurs des universités et des organismes fédéraux de recherche sont les entreprises qui font de la R-D et qui utilisent un certain nombre de biotechnologies différentes. La taille de la firme n'a aucun effet sur l'utilisation des sources publiques d'information, sauf dans le cas des biotechnologies environnementales où les firmes plus grandes sont plus susceptibles que les petites d'obtenir leur information des universités.

**Utilisateurs de biotechnologies environnementales** : La taille de l'entreprise et les compétences de la main-d'œuvre influent beaucoup plus sur l'utilisation des sources externes d'information par les entreprises utilisatrices de biotechnologies environnementales que par les utilisateurs des deux autres catégories de biotechnologies. Les grandes entreprises utilisatrices de biotechnologies environnementales sont ainsi plus susceptibles que les petites de citer les universités, les consortiums de recherche et les services d'experts-conseils. Par contre, les firmes qui font de la R-D mais qui comptent une faible proportion de main-d'œuvre qualifiée citent davantage les autres firmes, alors que les entreprises ayant un fort pourcentage d'employés qualifiés citent davantage les consortiums de recherche. Les résultats concernant l'utilisation d'autres entreprises montrent qu'un faible niveau de compétence interne oblige les entreprises à se tourner vers d'autres pour obtenir de l'aide, alors que la participation à des consortiums de recherche exige un niveau appréciable de compétence interne.

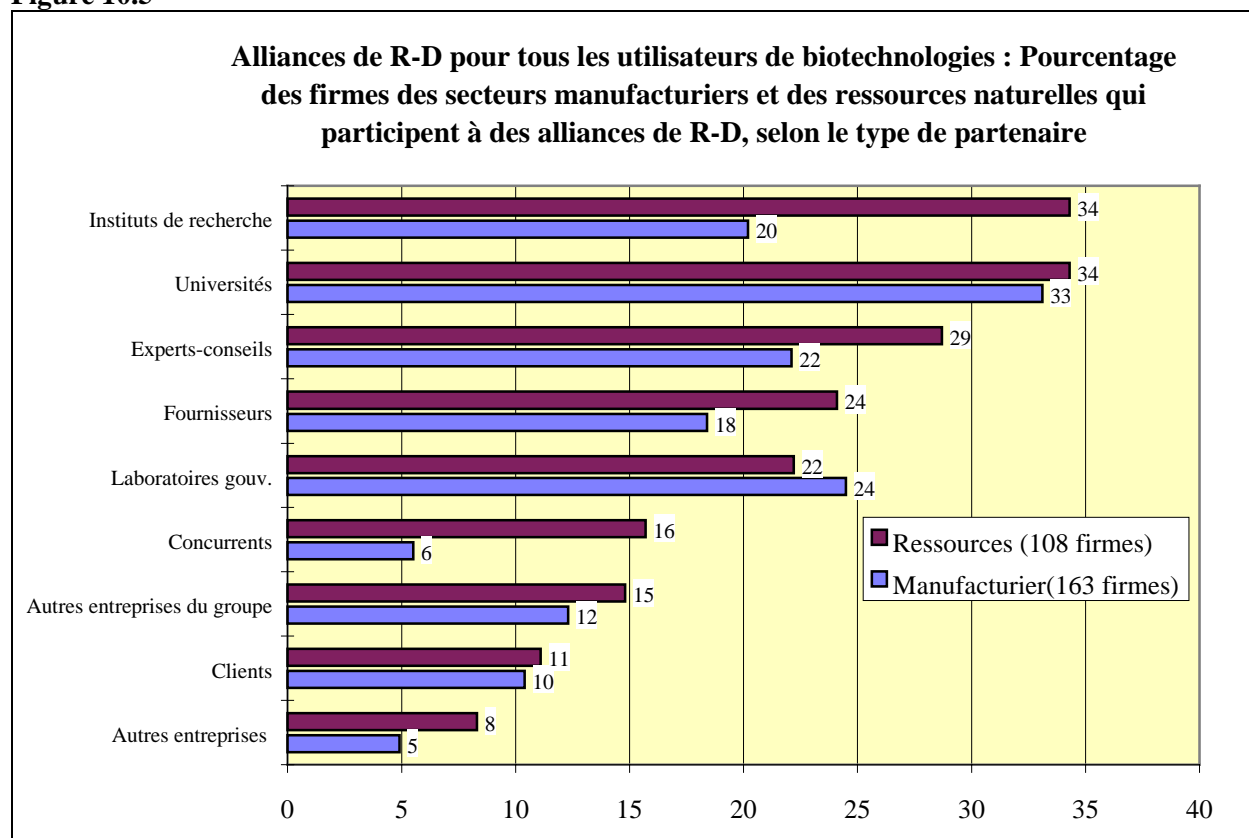
Certains indices indiquent que, dans l'ensemble, les besoins des petites entreprises en matière de biotechnologies environnementales ne sont pas satisfaits. En effet, les universités, qui constituent une source de biotechnologies de pointe, sont principalement utilisées par les grandes entreprises qui font de la R-D. De plus, les grandes entreprises sont beaucoup plus susceptibles que les petites de faire appel à des services d'experts-conseils, lesquels incluent les entreprises de services. C'est là un point particulièrement important, compte tenu du fait que les services d'experts-conseils et les entreprises de services constituent la source d'information la plus largement citée par les utilisateurs de biotechnologies environnementales, avec une proportion de 58 % des firmes utilisatrices.

## 10.7. Alliances de R-D

Les alliances pour l'exécution de R-D peuvent constituer une source utile d'information sur les nouvelles technologies. Malheureusement, la question de l'enquête ne permet pas de préciser dans quel but ces alliances ont été conclues. Les résultats obtenus renseignent donc davantage sur les compétences technologiques de l'entreprise que sur son utilisation des alliances comme moyen d'obtenir de l'information sur les biotechnologies. Comme nous l'avons vu précédemment au tableau 3.3, la plupart des alliances font intervenir des partenaires canadiens, principalement des universités.

La figure 10.5 illustre la prévalence des alliances parmi les utilisateurs de biotechnologies des secteurs des ressources naturelles et des secteurs manufacturiers. Les résultats indiqués correspondent à la moyenne pour l'ensemble des firmes du secteur; on présume ici que les firmes

**Figure 10.5**



qui ne font pas de R-D n'ont conclu aucune alliance pour l'exécution de R-D. La seule différence significative entre les taux d'alliances pour la R-D se situe au niveau des alliances conclues avec les instituts de recherche et les concurrents, lesquelles sont plus fréquentes dans les secteurs des ressources naturelles<sup>54</sup>.

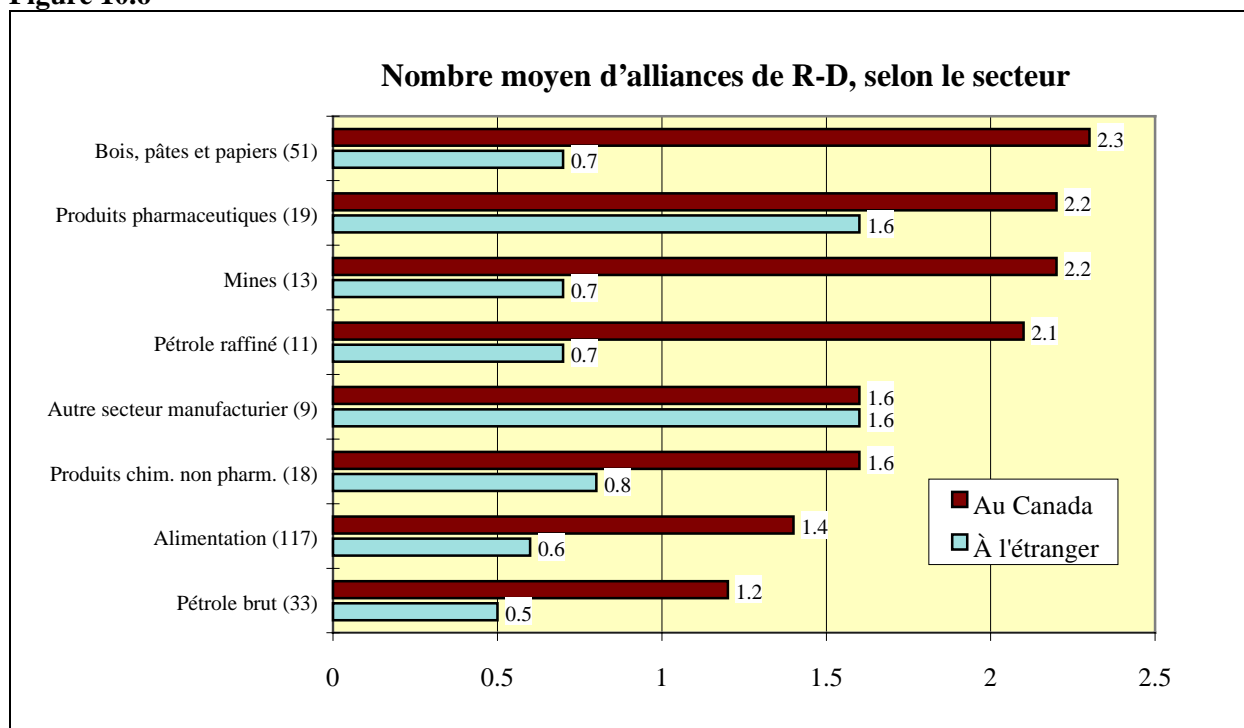
La figure 10.6 indique le nombre moyen d'alliances de R-D au Canada et à l'étranger, dans chacun des huit secteurs, en présumant ici encore que les entreprises qui ne font pas de R-D ne participent pas à des alliances de R-D. Les résultats montrent clairement que les alliances conclues le sont principalement avec des partenaires canadiens, plutôt qu'étrangers. Fait étonnant, le secteur pharmaceutique ne compte pas plus d'alliances au Canada que la plupart des secteurs des ressources naturelles, un secteur qui pourtant affiche un nombre supérieur à la moyenne d'alliances avec des partenaires de l'étranger.

## 10.8. Conclusions

Les analyses sur les sources internes et externes d'information montrent que l'adoption de biotechnologies requiert des compétences internes appréciables, ainsi que l'accès à des sources extérieures de connaissances avancées, comme les universités. De toute évidence, la biotechnologie n'est pas une technologie « commerciale » qui peut facilement être intégrée au système de production, aux produits ou aux systèmes anti-pollution d'une entreprise. Certaines

<sup>54</sup> Les analyses pour les huit secteurs ne révèlent également qu'une seule différence statistiquement significative entre les taux d'alliance par secteur avec les instituts de recherche et les concurrents. Le seul autre résultat d'intérêt est celui qui indique que 63 % des entreprises pharmaceutiques participent à une alliance avec des universités canadiennes, comparativement à une proportion moyenne de 31 % pour tous les autres secteurs.

**Figure 10.6**



données laissent croire que, de toutes les technologies, les biotechnologies environnementales sont celles qui se rapprochent le plus du stade de normalisation quoique, là encore, les firmes doivent faire appel à la fois à des compétences internes et à des sources externes, un phénomène mis notamment en évidence par le pourcentage élevé de firmes environnementales qui font appel à des services d'experts-conseils extérieurs. Les entreprises des secteurs des ressources naturelles participent également très activement à des alliances de R-D avec des partenaires canadiens. Enfin, moins de 15 % des firmes ont déclaré, pour chaque catégorie de technologies, n'avoir besoin d'«aucun apport externe important».

Les universités sont les partenaires les plus prisés pour les alliances de R-D et elles sont aussi la source d'information la plus souvent citée parmi les quatre organismes publics. Cette dernière constatation vaut pour les trois catégories de technologies, les huit secteurs et les cinq régions. En moyenne, 49 % des firmes ont cité au moins un des quatre organismes publics, ces organismes venant ainsi au deuxième rang, derrière les publications (citées par 53 % des firmes). Les universités et les organismes fédéraux de recherche sont des sources plus susceptibles d'être consultées par les entreprises qui font de la R-D et qui utilisent un certain nombre de biotechnologies. Pour leur part, les organismes provinciaux de recherche et les programmes fédéraux d'information sont utilisés par beaucoup moins d'entreprises, bien que tous les types d'entreprises y fassent appel. L'écart le plus appréciable se situe au niveau du pourcentage élevé d'entreprises d'exploitation des ressources naturelles dans les Prairies qui font appel aux organismes provinciaux de recherche.

La taille de l'entreprise n'a aucun effet sur l'utilisation des sources d'information publiques, sauf dans le cas des utilisateurs de technologies environnementales où les grandes entreprises sont plus susceptibles d'utiliser ces sources. Dans les autres cas, les petites entreprises ne semblent pas désavantagées quant à leur capacité d'avoir accès à des sources publiques.

Ces résultats montrent que les organismes financés par l'État constituent une source d'information précieuse en vue de l'adoption de biotechnologies, en particulier pour les firmes

qui possèdent un niveau de compétence interne suffisant pour utiliser ces technologies. Par contre, aucune source publique ne se démarque parmi les firmes dont les compétences internes sont insuffisantes, ce qui semble indiquer une lacune dans la diffusion de l'information. Précisons toutefois que l'information de base ou les services techniques n'ont sans doute d'utilité pour les firmes que lorsque la biotechnologie atteint un niveau plus élevé de normalisation.





## 11. Conclusions

Les biotechnologies les plus avancées au plan technologique sont utilisées par très peu d'entreprises en dehors du secteur pharmaceutique et, même dans ce secteur, moins de 15 % des entreprises, après pondération en fonction du nombre d'employés, utilisent une technologie du génie génétique. C'est dans la catégorie des biotechnologies environnementales que le taux de diffusion est le plus élevé, notamment dans les secteurs des ressources naturelles, où au moins 25 % des firmes (pourcentage pondéré par le nombre d'employés) utilisent la biodégradation accélérée pour décomposer ou dégrader des substances dangereuses.

L'estimation la plus optimiste sur l'adoption future englobe les firmes qui prévoient adopter une biotechnologie d'ici deux ans et celles ayant déclaré que la biotechnologie n'est «pas rentable». Nous obtenons alors des hausses estimées de 0,7 %, pour ce qui est du nombre de firmes qui prévoient utiliser une technologie du génie génétique, de 2 % pour l'utilisation des technologies de culture et/ou utilisation de matériel biologique et de 3 % pour l'utilisation des technologies environnementales. Après pondération des résultats en fonction du nombre d'employés, ces taux augmentent respectivement à 0,3 %, 5 % et 11 %. Plus de la moitié de ces hausses, toutefois, sont attribuables à des firmes qui utilisent déjà au moins une biotechnologie.

Ces taux d'adoption relativement faibles, qui sont de l'ordre de quelques points de pourcentage par année, indiquent que l'utilisation de la biotechnologie au Canada n'en est encore qu'à ses débuts ce qui, en retour, soulève la question suivante. Quels sont les facteurs qui nuisent à une augmentation plus rapide de l'adoption des biotechnologies?

Les résultats de bon nombre des analyses présentées dans les chapitres qui précèdent, tant pour les utilisateurs que les non-utilisateurs de biotechnologies, imputent la lenteur de la diffusion des biotechnologies à quelques causes majeures. Cependant, il importe d'abord de préciser les facteurs qui n'entrent *pas* en cause.

La réglementation gouvernementale, exception faite des secteurs des ressources naturelles, n'est pas un facteur déterminant et, même dans ces secteurs, son importance est mise en doute car c'est justement dans ces secteurs que les biotechnologies sont les plus répandues. La réglementation est ainsi rarement citée par les firmes du secteur de l'alimentation comme faisant obstacle à l'adoption des biotechnologies, bien que ce secteur soit fortement réglementé pour des raisons de santé publique. Par contre, les petites entreprises pharmaceutiques se disent préoccupées par la réglementation, tandis que les grandes sociétés pharmaceutiques n'y voient pas de problème.

De même, le coût élevé des biotechnologies n'est pas perçu comme un obstacle à la diffusion des biotechnologies auprès des nouveaux utilisateurs, bien que ce soit une inquiétude pour les firmes utilisatrices. Le coût est une notion relative - ainsi, ce n'est pas tant le coût absolu d'une technologie qui pose problème, mais plutôt les coûts relatifs aux avantages ou encore les coûts de la nouvelle technologie en comparaison de ceux des solutions qui existent déjà. À l'extérieur du secteur de la santé, la biotechnologie est principalement un procédé qui permet de remplacer les technologies existantes; le coût relatif de la biotechnologie par rapport au coût des autres solutions existantes revêt donc ici une importance primordiale, davantage que son coût absolu.

L'effet de la taille de l'entreprise est complexe. En effet, même si le taux d'adoption augmente avec la taille des entreprises, ce phénomène est en partie attribuable au pourcentage élevé de grandes entreprises dans les secteurs des ressources naturelles, où les biotechnologies sont les plus répandues. Parmi les utilisateurs de biotechnologies, la taille de l'entreprise n'influe qu'occasionnellement sur l'utilisation des biotechnologies. Dans bien des cas, par exemple en ce qui a trait à l'accès à des sources externes d'information, une large taille ne semble procurer aucun avantage. Par conséquent, la taille de la firme ne semble faire obstacle à l'adoption de

biotechnologies que jusqu'à un seuil donné et, lorsque celui-ci est franchi, la taille n'influe alors que peu sur la capacité d'utiliser des biotechnologies.

Les résultats de la présente étude semblent attribuer à trois facteurs la lenteur de la diffusion des biotechnologies, autant chez les utilisateurs actuels que chez les non-utilisateurs. Il s'agit du besoin de renseignements techniques et scientifiques, du manque d'information et du manque de biotechnologies commercialement viables.

**Compétences** : L'utilisation des biotechnologies requiert un niveau de compétence technique interne relativement élevé. En général, les firmes qui utilisent des biotechnologies sont plus susceptibles que les non-utilisateurs de faire de la R-D, de participer à des alliances de R-D et d'avoir un pourcentage plus élevé d'employés titulaires d'un diplôme universitaire. Les résultats obtenus auprès des utilisateurs confirment l'importance des compétences, en particulier pour l'utilisation des biotechnologies de sélection et de modification. À titre d'exemple, cinq fois plus d'utilisateurs indiquent que l'usage des biotechnologies *augmente*, et non réduit, les besoins en main-d'œuvre compétente. À titre de comparaison, seulement deux fois plus d'utilisateurs indiquent une augmentation des besoins en capitaux. L'importance des connaissances scientifiques et techniques se remarque également par le pourcentage élevé de firmes qui ont cité leur propre personnel affecté à la recherche et au développement expérimental parmi les sources importantes d'information pour l'acquisition de biotechnologies. Ceci vaut pour les trois catégories de biotechnologies, y compris les biotechnologies environnementales. Les utilisateurs de biotechnologies environnementales ont un niveau de compétence interne moindre et sont donc plus susceptibles de faire appel à des experts-conseils de l'extérieur pour obtenir l'information requise; cependant, un pourcentage plus élevé de diplômés universitaires parmi les employés augmente la probabilité que les utilisateurs de technologies environnementales puissent avoir accès à des sources externes d'information.

Ces résultats font ressortir le fait que les biotechnologies, y compris celles ayant des applications environnementales, sont loin d'avoir atteint le stade de produit «commercial» pouvant facilement être mis en œuvre. Les firmes ont en effet besoin d'un niveau appréciable de compétence interne, en plus de pouvoir accéder à des sources externes de compétence, pour pouvoir utiliser des biotechnologies.

**Manque d'information** : Plus de 90 % des non-utilisateurs ont indiqué la réponse «ne s'applique pas» aux questions sur les obstacles à l'adoption des biotechnologies, ce qui donne fortement à croire que les non-utilisateurs n'ont pas suffisamment d'information sur les biotechnologies pour être en mesure de porter un jugement éclairé sur les raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas de biotechnologies. Les non-utilisateurs qui ont répondu à ces questions ont insisté sur des facteurs liés au manque d'information ou au manque d'applications commerciales appropriées. Dans le cas des utilisateurs de biotechnologies, les résultats montrent que l'expérience acquise avec les biotechnologies, laquelle augmente sensiblement la somme d'information sur les biotechnologies que possède l'entreprise, aplanit les obstacles à l'adoption. Les utilisateurs de biotechnologies, par exemple, sont *moins* susceptibles que les non-utilisateurs de juger importants la plupart des obstacles à l'acquisition des biotechnologies. En outre, un pourcentage beaucoup plus élevé d'utilisateurs que de non-utilisateurs prévoient utiliser une nouvelle biotechnologie, ce qui indique que l'expérience est utile, même si la majorité des usages prévus relèvent du même domaine de compétence. La manque d'information disponible auprès des sources externes constitue également un obstacle à la mise en œuvre des biotechnologies environnementales par les grandes entreprises. Les sources externes de conseils et d'information ont donc un rôle important à jouer, pour encourager les firmes à adopter des biotechnologies environnementales.

**Manque de biotechnologies commercialement viables** : L'absence d'applications commercialement viables est une autre cause fondamentale de la diffusion limitée des biotechnologies. Les biotechnologies, en dehors du secteur pharmaceutique, consistent essentiellement en des innovations qui touchent les procédés. Elles visent à remplacer une méthode de production en place ou un produit intermédiaire. Or les firmes n'accepteront d'introduire une biotechnologie pour remplacer leurs procédés de production actuels ou leurs gammes de produits que si cette technologie procure des avantages certains, en termes de coûts ou de qualité du produit.

De façon générale, aucune différence n'a été observée entre utilisateurs et non-utilisateurs quant au niveau d'avancement des technologies de production. Ceci laisse croire que l'amélioration des techniques de production que procure la biotechnologie est mineure *et* qu'il existe des solutions de rechange concurrentielles. En outre, le nombre limité de non-utilisateurs qui ont répondu aux questions sur les obstacles à l'acquisition de biotechnologies laisse croire fortement à un manque d'applications commerciales. Ces problèmes sont également mentionnés par les firmes qui utilisent des biotechnologies. Enfin, les utilisateurs de biotechnologies environnementales ont fréquemment cité l'«augmentation des dépenses d'entretien» et d'autres facteurs liés à un manque de biotechnologies rentables.

### 11.1. Rôle du gouvernement

La majeure partie des discussions sur le rôle des politiques gouvernementales relatives aux biotechnologies, tant au Canada qu'à l'étranger, font ressortir les conséquences négatives de la réglementation ou le manque de réglementation. Cet argument s'explique sans doute par le rôle très visible des entreprises pharmaceutiques dans ce débat, un secteur où la réglementation joue un rôle crucial. Les résultats de l'enquête indiquent toutefois que la réglementation ne constitue en fait qu'un problème mineur, en partie du fait que la plupart des usages potentiels ne concernent pas le secteur pharmaceutique. De toute évidence, d'autres études devront être faites pour déterminer pourquoi les utilisateurs de technologies environnementales citent la réglementation comme un obstacle à l'utilisation des biotechnologies; en général, toutefois, l'obsession face à la réglementation n'est pas justifiée. Les décideurs devraient plutôt s'intéresser davantage à deux autres domaines où l'intervention gouvernementale pourrait avoir des résultats bénéfiques; il s'agit des programmes visant à appuyer le développement d'applications commercialement viables et de programmes pour améliorer l'information communiquée aux non-utilisateurs.

Les résultats de l'enquête montrent que la biotechnologie est encore une jeune technologie, qui offre un nombre insuffisant d'applications commercialement viables. Bon nombre des applications potentielles, définies dans les rapports du Groupe de travail sur la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie, s'appliquent aux conditions uniques qui existent dans les secteurs des ressources naturelles au Canada, ce qui limite la possibilité d'attendre qu'une technologie viable soit mise au point ailleurs. En outre, les résultats sur les alliances de R-D et sur l'utilisation de sources externes d'information font ressortir le besoin en compétences au Canada, un pourcentage élevé de répondants faisant appel aux organismes de recherche publics du Canada ou participant à des alliances de R-D avec des universités du Canada. Il convient ici de souligner qu'environ cinq fois plus d'utilisateurs de biotechnologies qui participent à des alliances de R-D ont conclu de telles alliances avec des universités canadiennes plutôt qu'étrangères, les proportions s'établissant respectivement à 62 % contre 13 %. La seule exception est dans le secteur pharmaceutique, où les entreprises n'ont aucune difficulté à participer à des alliances de R-D avec des universités ou d'autres groupes à l'extérieur du Canada.

Les programmes d'information peuvent aussi aider à pallier le manque de connaissances sur les avantages de la biotechnologie, en particulier auprès des non-utilisateurs. On pourrait par

exemple favoriser la diffusion des biotechnologies en publicisant le fait que l'adoption des biotechnologies environnementales pour lutter contre la pollution n'entraîne pas toujours une hausse des coûts : 45 % des firmes ayant déclaré une réduction de la pollution attribuable à l'utilisation de biotechnologies environnementales ont également indiqué une réduction de leurs coûts. Les recherches devront bien sûr se poursuivre afin que cette proportion atteigne 100 %.

Enfin, certains résultats de l'enquête mettent en évidence les domaines où il conviendrait d'affecter des fonds de recherche. Bon nombre des avantages des biotechnologies, en termes d'amélioration de la qualité du produit ou de la productivité ou de réduction du taux de rejet, ne profitent qu'aux très petites ou aux très grandes entreprises et les besoins des moyennes entreprises ne sont pas satisfaits.

## Glossaire

**ADN recombinant** Procédé utilisé pour combiner des segments d'ADN en dehors de la cellule.

**Anticorps/antigènes** Protéines produites par l'organisme en réponse à l'introduction de molécules étrangères appelées antigènes.

**Anticorps monoclonal** Anticorps hautement spécifique, dérivé d'une lignée cellulaire, qui ne reconnaît qu'un seul antigène spécifique complémentaire.

**Blanchiment biologique** Utilisation de micro-organismes pour blanchir la pâte à papier.

**Biodégradation accélérée** Utilisation de micro-organismes naturels ou génétiquement modifiés pour décomposer ou dégrader des substances dangereuses en substances moins dangereuses ou non toxiques.

**Biodétection** Utilisation d'une molécule biologique, par exemple une enzyme ou un anticorps, couplée à un transducteur en vue de détecter de faibles concentrations de substances, telles que les sucres et les protéines dans les liquides organiques, les polluants dans l'eau, etc.

**Biopesticide** Lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles au moyen de microbes ou de bactéries naturels.

**Bioréacteurs** Enceinte dans laquelle des micro-organismes sont maintenus en vie dans des conditions contrôlées en vue de créer ou de détruire des composés particuliers.

**Biotechnologie agricole** Utilisation d'au moins une des cinq biotechnologies ayant des applications principalement agricoles : culture tissulaire, embryogenèse somatique, biopesticide, reproduction traditionnelle/classique et microbio-inoculants.

**Biotechnologie environnementale** Groupe de cinq biotechnologies utilisées pour lutter contre la pollution : biovalorisation, biodégradation accélérée, bioréacteurs, phytorestauration et épuration biologique des gaz.

**Biovalorisation** Procédé qui consiste à augmenter l'efficacité de la population microbienne naturelle, afin d'augmenter la concentration ou l'accumulation de composés particuliers, généralement en ajoutant des nutriments, de l'oxygène ou de l'eau.

**Catégorie de technologies** Domaine de l'activité biotechnologique auquel participe l'entreprise. Trois catégories sont proposées ici : sélection et modification, biotechnologies environnementales et culture et/ou utilisation de matériel biologique. Pour plusieurs des questions, le répondant devait indiquer une réponse pour chacune des trois catégories.

**Culture et/ou utilisation de matériel biologique** Groupe de neuf biotechnologies ayant diverses applications en agriculture et dans l'industrie : culture tissulaire, embryogenèse somatique, biopesticide, reproduction classique/traditionnelle, procédé biologique, biodétection, blanchiment biologique, lixiviation biologique et microbio-inoculants.

**Culture tissulaire** Multiplication ou croissance, dans un milieu nutritif, en laboratoire, de cellules prélevées sur un organisme.

**Élaboration rationnelle de substances thérapeutiques** Analyse de la structure des sites actifs des enzymes et des récepteurs, afin de concevoir des molécules synthétiques à action pharmacologique qui s'adaptent aux structures analysées.

**Embryogenèse somatique** Multiplication de lignées de plantes et d'arbres génétiquement souhaitables, par des méthodes de culture tissulaire.

**Épuration biologique des gaz** Utilisation de micro-organismes pour décomposer ou dégrader les substances dangereuses présentes dans un flux gazeux, en substances moins dangereuses ou non toxiques.

**Génie génétique** Utilisation d'au moins une des biotechnologies qui doivent être ou qui sont souvent utilisées en association avec la technique de l'ADN recombinant : ADN recombinant, synthèse de peptides, sondes d'ADN, thérapie génique et amplification de l'ADN.

**Lixiviation biologique** Utilisation de micro-organismes pour la lixiviation des métaux à partir du minerai.

**Microbio-inoculants** Utilisation d'inoculants bactériens d'origine naturelle pour favoriser la croissance végétale.

**Non-utilisateur** Firme qui n'utilise aucune des 22 biotechnologies citées dans le questionnaire.

**Procédé biologique** Étapes de production qui incluent la fermentation, la récupération et la purification.

**Procédé biotechnologique** Utilisation d'au moins une des deux biotechnologies souvent utilisées dans les procédés industriels : procédé biologique et biodétection.

**Reproduction classique/ traditionnelle** Amélioration génétique des animaux ou des plantes par la reproduction d'individus sélectionnés.

**Secteur des ressources naturelles** Secteur dont l'activité principale est liée à l'un des quatre secteurs suivants : mines, extraction du pétrole brut, raffinage du pétrole ou bois, pâtes et papiers.

**Secteur manufacturier** Secteur dont l'activité principale est liée à l'un des quatre secteurs suivants : alimentation, produits pharmaceutiques, produits chimiques non pharmaceutiques ou autre secteur manufacturier.

**Sélection et modification** Groupe de huit biotechnologies basées sur le génie génétique ou ayant des applications pharmaceutiques : ADN recombinant, anticorps/antigènes, synthèse de peptides, élaboration rationnelle de substances thérapeutiques, anticorps monoclonal, sonde d'ADN, thérapie génique et amplification de l'ADN.

**Sonde d'ADN** Section d'ADN de structure ou de fonction connue, marquée au moyen d'un isotope radioactif, d'un colorant ou d'une enzyme, de sorte qu'on puisse l'utiliser pour déceler la présence de séquences nucléotidiques particulières dans une autre molécule d'ADN.

**Stade d'utilisation** Stade le plus avancé dans l'utilisation d'une biotechnologie. Quatre choix sont proposés : recherche, composante du procédé de production, composante du produit vendu ou système anti-pollution. Les répondants ne peuvent choisir qu'une option qui représente le mieux leur utilisation de la technologie.

**Synthèse de peptides** Procédé qui consiste à lier deux ou plusieurs acides aminés par une liaison peptidique.

**Thérapie génique** Remplacement d'un gène défectueux dans un organisme atteint d'une maladie génétique.

**Utilisateur de biotechnologie** Firme qui utilise au moins une des 22 biotechnologies énumérées dans le questionnaire.





## Annexe A : Tableaux Complémentaires

Nota : Le symbole «x» est utilisé lorsque les résultats ne peuvent être indiqués en raison des exigences en matière de confidentialité de la *Loi sur la statistique*.

**Tableau A-1 Utilisation des biotechnologies, exécution de R-D et exportations, selon la taille de l'entreprise**

Nombre d'employés	N	Pourcentage des firmes qui utilisent des biotechnologies	Pourcentage des firmes qui font de la R-D <sup>1</sup>		Pourcentage des ventes provenant des exportations <sup>2</sup>	
			Non-utilisateur de biotechnologie	Utilisateur de biotech.	Non-utilisateur de biotech.	Utilisateur de biotech.
0 – 50	600	8	35	67	45	47
50 – 99	488	9	45	60	41	52
100 – 249	468	10	53	58	43	58
250 – 499	213	17	63	72	46	63
500 – 999	108	38	69	77	41	57
> 1 000	133	44	85	90	36	44
<i>Total</i>	<i>2 010</i>	<i>14</i>	<i>52</i>	<i>72</i>	<i>43</i>	<i>52</i>

<sup>1</sup>: Basé sur 1 838 firmes (exclut 172 firmes qui n'ont pas répondu à la question sur la R-D).

<sup>2</sup>: Basé sur 720 firmes (exclut 1 290 firmes qui n'ont pas répondu à la question sur les exportations).

**Tableau A-2 Pourcentage des entreprises et des employés qui utilisent au moins une biotechnologie, selon le secteur (défini selon la classification à deux chiffres de la CTI)**

Secteur	CTI	N	N	% des entreprises dans le secteur qui utilisent des biotechnologies	% des employés dans les entreprises utilisatrices
Pêche	3	4	x	-	20
Services forestiers	5	6	x	-	39
Mines	6	49	13	26	30
Pétrole brut et gaz	7	124	33	27	39
Aliments	10	678	92	14	23
Boissons	11	56	23	41	80
Tabac	12	8	-	-	-
Cuir	17	10	-	-	-
Textiles de première transformation	18	67	x	-	11
Produits textiles	19	63	x	-	5
Bois	25	47	x	-	20
Papier et produits connexes	27	148	48	32	75
Imprimerie et édition	28	208	x	-	4
Fabrication des produits métalliques	30	18	x	-	8
Produits raffinés du pétrole et du charbon	36	36	11	31	71
Produits pharmaceutiques	374	61	19	31	14
Autres produits chimiques	37	234	18	8	--
Autres	39	193	4	2	38
<i>Total</i>		<i>2 010</i>	<i>271</i>		

**Tableau A-3 Nombre moyen d'employés parmi les utilisateurs et les non-utilisateurs de biotechnologies, selon le secteur**

Secteur	Non-utilisateur		Utilisateur de biotechnologie	
	N	Nombre moyen d'employés	N	Nombre moyen d'employés
Mines	36	975	13	1 185
Pétrole brut	91	239	33	458
Raffinage du pétrole	25	249	11	2 129
Bois et papiers	150	214	51	1 455
Aliments, boissons et tabac	629	266	117	1 444
Produits pharmaceutiques	42	380	19	513
Autres produits chimiques	216	207	18	560
Autres	550	193	9	506
<i>Total</i>	<i>1 739</i>	<i>247</i>	<i>271</i>	<i>1 186</i>

Nota : La différence entre utilisateurs et non-utilisateurs de biotechnologies quant à la taille de l'entreprise est statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) pour tous les secteurs sauf ceux des mines, du pétrole brut et des produits pharmaceutiques.

**Tableau A-4 Pourcentage d'employés qui possèdent un diplôme universitaire ou collégial, selon la taille de l'entreprise**

Nombre d'employés	N	Diplômés universitaires		Diplômés collégiaux		Les deux	
		Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur
> 50	600	17	26	13	13	30	39
50 – 99	488	11	17	10	8	21	26
100 – 249	468	10	15	9	13	19	28
250 – 499	213	11	14	8	10	19	24
500 – 1 000	108	14	18	10	11	23	29
> 1 000	133	12	14	10	10	22	24

**Tableau A-5 Pourcentage d'employés qui possèdent un diplôme universitaire ou collégial, selon le secteur (résultats par entreprise)**

Secteur	Diplômés universitaires		Diplômés collégiaux		Les deux	
	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur
Mines	20	16	9	8	30	23
Pétrole brut	33	34	14	15	46	49
Pétrole raffiné	15	13	18	12	33	26
Bois et papier	8	8	8	10	17	18
Alimentation	8	10	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
Produits chimiques	17	22	12	15	29	37
Produits pharmaceutiques	<b>33</b>	<b>48</b>	15	12	48	60
Autres	13	32	13	11	<b>25</b>	<b>43</b>
<i>Total</i>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>28</b>

Nota : Les résultats en caractère **gras** indiquent des différences statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ).

**Tableau A-6 Pourcentage d'employés possédant un diplôme universitaire ou collégial, selon le secteur (résultats pondérés par le nombre d'employés)**

Secteur	Diplômés universitaires		Diplômés collégiaux		Les deux	
	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur	Non-utilisateur	Utilisateur
Mines	7	17	4	8	11	25
Pétrole brut	25	33	13	17	38	50
Pétrole raffiné		16		12		28
Bois et papier	10	8	8	9	18	17
Alimentation	6	10	7	9	13	19
Produits chimiques		16		12		29
Produits pharmaceutiques						
Autres	37	37	15	12	52	49
<i>Total</i>	<i>11</i>	<i>13</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>23</i>

**Tableau A-7 Utilisation des 22 biotechnologies : Pourcentage des firmes répondantes utilisant chaque biotechnologie, selon le secteur**

Biotechnologie	Secteurs des ressources naturelles				Secteurs manufacturiers			
	Mines	Pétrole brut	Raffinage du pétrole	Bois, pâtes et papiers	Aliments, boissons et tabac	Produits pharm.	Produits chimiques non pharm.	Autres
ADN recombinant	-	-	-	x	1	12	x	x
Anticorps/antigènes	-	-	-	-	2	23	x	x
Synthèse de peptides	-	-	-	-	x	7	x	-
Élaboration rationnelle de substances thérapeutiques	-	-	-	-	x	x	x	x
Anticorps monoclonal	-	-	-	-	1	18	x	x
Sonde d'ADN	-	-	-	-	1	x	x	x
Thérapie génique	-	-	-	-	-	-	x	-
Amplification de l'ADN	-	-	-	-	1	7	x	x
Biovalorisation	x	10	X	11	2	x	x	-
Biodégradation accélérée	18	25	17	15	3	-	5	x
Bioréacteurs	10	x	19	15	3	x	2	x
Phytorestauration	10	9	X	2	x	-	x	-
Épuration biologique des gaz	-	x	X	-	x	-	x	-
Culture tissulaire	-	-	-	x	2	20	x	1
Embryogenèse somatique	-	-	-	-	x	x	x	-
Biopesticides	-	-	-	x	1	x	x	-
Reproduction traditionnelle/classique	x	-	-	x	2	x	x	-
Procédé biologique	-	-	X	x	8	20	x	x
Biodétection	x	-	-	x	2	10	x	x
Blanchiment biologique	-	-	-	x	x	-	-	-
Lixiviation biologique	8	-	-	-	-	-	-	x
Microbio-inoculants	-	x	-	x	1	x	x	-

X : Confidentiel en vertu des dispositions de la Loi sur la statistique relatives au secret.

**Tableau A-8 Stade d'utilisation des 22 biotechnologies**

	Firmes	Pourcentage des firmes qui utilisent la biotechnologie pour :			
		Étape de la recherche	Composante du procédé de production	Composante du produit vendu	Système anti-pollution
<b>Technologies de sélection et modification</b>					
ADN recombinant	17	53	18	29	-
Anticorps/antigènes	31	30	33	37	-
Synthèse de peptides	7	71	14	14	-
Élaboration rationnelle de substances thérapeutiques	7	100	-	-	-
Anticorps monoclonal	21	29	33	38	-
Sonde d'ADN	11	78	22	-	-
Thérapie génique	<	100	-	-	-
Amplification de l'ADN	12	82	18	-	-
<b>Biotechnologies environnementales</b>					
Biovalorisation	61	12	20	7	62
Biodégradation accélérée	110	9	6	3	82
Bioréacteurs	71	8	19	1	71
Phytoréstauration	26	20	12	4	64
Épuration biologique des gaz	9	12	12	12	62
<b>Culture et utilisation de matériel biologique</b>					
Culture tissulaire	31	36	58	3	3
Embryogenèse somatique	4	75	-	25	-
Biopesticides	12	33	25	42	-
Reproduction classique	22	38	48	14	-
Procédé biologique	80	10	70	15	4
Biodétection	28	36	46	4	14
Blanchiment biologique	3	-	100	-	-
Lixiviation biologique	5	60	40	-	-
Microbio-inoculants	10	33	11	33	22

**Tableau A-9 Plans futurs en vue de l'utilisation de biotechnologies**

Catégorie de biotechnologies	D'ici deux ans		Ensemble des utilisateurs potentiels <sup>1</sup>	
	Utilisateur actuel <sup>2</sup>	Non-utilisateur	Ensemble des entreprises <sup>3</sup>	Pondéré par le nombre d'employés
<b>Sélection et modification</b>				
ADN recombinant	-	X	5	-
Anticorps/antigènes	x	X	4	--
Synthèse de peptides	x	X	4	-
Élaboration rationnelle de substances thérapeutiques	x	X	3	-
Anticorps monoclonal	3	X	7	--
Sonde d'ADN	x	-	7	--
Thérapie génique	x	-	5	--
Amplification de l'ADN	3	X	8	--
<b>Biotechnologies environnementales</b>				
Biovalorisation	4	X	13	1
Biodégradation accélérée	9	10	27	4
Bioréacteurs	8	6	32	4
Phytorestauration	4	X	14	4
Épuration biologique des gaz	<	X	19	2
<b>Culture et utilisation de matériel biologique</b>				
Culture tissulaire	3	X	9	--
Embryogenèse somatique	4	X	9	1
Biopesticides	x	4	13	1
Reproduction classique	x	X	4	--
Procédé biologique	3	5	14	1
Biodétection	3	9	16	1
Blanchiment biologique	x	X	11	2
Lixiviation biologique	x	X	7	1
Microbio-inoculants	4	X	8	--

<sup>1</sup>: Firmes ayant l'intention d'adopter des biotechnologies d'ici deux ans, plus firmes déclarant que les technologies coûtent trop cher.

<sup>2</sup>: Utilisateur actuel s'entend d'une firme qui utilise une des 22 biotechnologies mentionnées.

<sup>3</sup>: Pourcentage d'utilisateurs potentiels, sur les 2 010 firmes répondantes.

**Tableau A-10 Importance des obstacles à l'adoption des biotechnologies pour les entreprises non utilisatrices : Ventilation des réponses en pourcentage du nombre total (N). (Le total des rangées correspond à 100 %)**

Obstacle	N <sup>1</sup>	Pas important	Modérément important	Très important
<b>Problème de coûts</b>				
Coût élevé de l'équipement	96	38	21	42
Manque de fonds pour la mise en oeuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques	82	37	13	50
Manque de justification financière	86	23	10	66
Coût de la formation	80	39	22	39
Augmentation des dépenses d'entretien	76	36	28	37
Marché insuffisant pour le produit	72	28	15	57
Réglementation et normes gouvernementales	74	35	20	45
<b>Disponibilité des intrants</b>				
Manque de fonds propres pour la mise en oeuvre de biotechnologies	72	36	17	47
Manque de capitaux extérieurs pour la mise en oeuvre de biotechnologies	71	32	24	44
Pénurie de main-d'œuvre compétente	73	36	18	47
Difficulté à assurer la formation	75	44	19	37
<b>Problèmes organisationnels</b>				
Difficulté à instaurer des changements dans l'organisation	78	49	31	20
Résistance interne aux biotechnologies	71	59	21	20
Résistance des travailleurs	69	68	20	12
<b>Autres problèmes</b>				
Manque de renseignements scientifiques et techniques	103	34	20	46
Manque de soutien technique (consultations, essais)	95	34	22	44
Manque de soutien technique de la part des vendeurs	84	46	16	38
Développement insuffisant des biotechnologies	93	23	22	56
Manque de renseignements sur les marchés éventuels	89	21	20	58

<sup>1</sup>: Nombre de réponses obtenues des non-utilisateurs ayant répondu autre chose que «ne s'applique pas».

**Tableau A-11 Pourcentage pondéré par le nombre d'employés des entreprises utilisatrices qui jugent chaque obstacle important<sup>1</sup>, selon le secteur (nombre de firmes par secteur entre parenthèses)**

	M	PB	RP	BPP	AI	P	CNP	A
<b>Problème de coûts</b>								
Coût élevé de l'équipement	31	38	90	54	46	4	14	42
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de nouvelles acquisitions biotechnologiques	22	16	32	46	14	3	1	42
Manque de justification financière	53	22	90	62	34	2	22	40
Coût de la formation	2	8	-	31	4	3	8	10
Augmentation des dépenses d'entretien	24	33	19	51	10	3	1	10
Marché insuffisant pour le produit	-	16	-	9	23	1	17	1
Réglementation/normes gov.	54	68	90	46	41	13	31	3
<b>Disponibilité des intrants</b>								
Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de biotechnologies	-	16	-	30	13	3	1	42
Manque de capitaux extérieurs pour la mise en œuvre de biotechnologies	21	14	-	14	5	2	8	42
Pénurie de main-d'oeuvre compétente	45	19	1	28	5	3	13	46
Difficulté à assurer la formation	39	15	40	27	5	3	12	8
<b>Problèmes organisationnels</b>								
Difficulté à instaurer des changements dans l'organisation	-	15	40	14	8	3	22	38
Résistance interne aux biotechnologies	-	10	40	13	34	1	22	46
Résistance des travailleurs	-	1	-	26	2	1	-	-
<b>Autres problèmes</b>								
Manque de rens. scient. et tech.	54	21	32	28	17	2	14	7
Manque de soutien technique	39	13	-	36	16	2	12	--
Manque de soutien tech. de la part des vendeurs	23	11	32	30	18	64	--	--
Développement insuffisant des biotechnologies	58	38	90	36	34	2	32	--
Manque de renseignements sur les marchés éventuels	2	20	-	16	15	41	6	9

<sup>1</sup>: Inclut les firmes ayant répondu «ne s'applique pas». Importance englobe les réponses «modérément important», «très important» et «primordial». Exclut les 12 firmes comptant 10 établissements ou plus. M : mines, PB : pétrole brut, RP : raffinage du pétrole, BPP : bois, pâtes et papiers, AI : aliments, boissons et tabac, P : produits pharmaceutiques, NPC: produits chimiques non pharmaceutiques, A : autres secteurs manufacturiers.

**Tableau A-12 Pourcentage des entreprises, selon la catégorie de biotechnologies, ayant déclaré un obstacle à la mise en œuvre d'un procédé biotechnologique**

	Toute biotechnologie		Sélection et modification		Culture et utilisation de matériel biologique		Biotech. environnementale	
	Firmes	Pondéré par nombre d'employés	Firmes	Pondéré par nombre d'employés	Firmes	Pondéré par nombre d'employés	Firmes	Pondéré par nombre d'employés
<i>Nombre d'entreprises</i>	252		45		127		156	
Formation	27	25	31	16	27	2	22	27
Existence de personnel compétent	27	4	36	--	25	7	24	3
Adaptabilité à d'autres tech.	14	35	9	31	10	21	15	32
Adaptabilité aux normes	21	43	11	21	16	18	22	46
Besoin de conseil/info	27	45	16	36	20	25	30	43
Augmentation des dépenses d'entretien	22	35	9	1	13	25	28	40
Marché insuffisant pour le produit	5	49	7	18	7	34	3	42
Manque de soutien tech. de la part des vendeurs	12	39	9	47	7	3	13	41
Contraintes réglementaires	29	17	33	1	20	6	31	19
Autre	13	22	x	38	8	6	15	24
Aucun obstacle	44	54	36	36	42	57	35	41

**Tableau A-13 Pourcentage des entreprises ayant déclaré chaque obstacle à la mise en œuvre de procédés biotechnologiques dans l'une des trois catégories de biotechnologies, selon le secteur**

	M	PB	RP	BPP	AI	P	CNP	A	p <sup>1</sup>
<i>Nombre d'entreprises</i>	11	30	10	50	108	18	18	7	
Formation	46	13	x	32	25	44	33	x	--
Existence de personnel compétent	46	x	x	28	25	56	39	x	--
Adaptabilité à d'autres tech.	36	17	x	12	14	x	17	x	1
Adaptabilité aux normes	27	20	30	30	18	x	22	x	1
Besoin de conseil/information	55	27	x	34	25	17	28	x	--
Augmentation des dépenses d'entretien	x	13	x	32	24	17	17	-	--
Marché insuffisant pour le produit	x	-	-	-	6	x	11	x	--
Manque de soutien tech. de la part des vendeurs	x	x	-	12	16	x	22	x	--
Contraintes réglementaires	36	50	40	30	20	33	28	x	--
Autre	36	13	x	20	9	-	17	-	7
Aucun obstacle (au moins une catégorie)	36	40	60	44	48	33	33	x	1
Aucun obstacle (trois catégories)	x	30	40	34	37	33	22	x	1

I : valeur de p pour une analyse de la variance des différences par secteur.

M : mines, PB : pétrole brut, RP : raffinage du pétrole, BPP : bois, pâtes et papiers, AI : aliments, boissons et tabac, P : produits pharmaceutiques, CNP : produits chimiques non pharmaceutiques, A : autres secteurs manufacturiers.



**Tableau A-14 Moyenne des investissements en biotechnologie en 1996, pondérée par le nombre d'employés, selon la taille de la firme et la catégorie de technologies (en dollars canadiens)**

Nombre d'employés	Ensemble des utilisateurs	Utilisateurs de technologies de sélection et modification	Utilisateurs de biotechnologies de culture et utilisation de matériel biologique	
			Utilisateurs de biotechnologies de culture et utilisation de matériel biologique	Utilisateurs de biotechnologies environnementales
0 - 49	19 257	27 778	15 612	4 010
50 - 99	4 746	1 269	4 927	2 136
100 - 249	5 089	835	3 221	5 633
250 - 499	3 599	433	832	5 210
500 - 999	2 546	3 232	2 912	1 581
> 1 000	308	142	123	268

**Tableau A-15 Pourcentage des entreprises ayant indiqué que chaque facteur a eu une incidence positive sur leur décision d'utiliser une biotechnologie, selon la catégorie de biotechnologies**

	Toute Biotechnologie	Sélection et modification	Culture et utilisation de matériel biol.	Biotech. environnementale
Livraison plus rapide	11	21	14	5
Élargir la gamme de produits	22	45	33	8
Améliorer la flexibilité de production	22	34	24	18
Réduire les frais d'entretien	28	15	18	34
Meilleure position sur le marché	32	53	38	19
Autre	33	23	23	35
Connaissance interne de la technologie	34	47	32	27
Développement de nouveaux produits ou procédés	35	51	47	18
Coût de production moins élevé	40	45	37	36

**Tableau A-16 Résultats de l'utilisation des biotechnologies : Pourcentage des entreprises ayant déclaré chaque résultat découlant de l'utilisation des biotechnologies, selon la catégorie de technologies**

	Toute biotechnologie	Sélection et modification	Culture et utilisation de matériel biol.	Biotechnologie environnementale
<i>Nombre d'entreprises</i>	244	41	234	152
Réduction des stocks	4	X	6	x
Diminution du niveau de compétence nécessaire	5	X	5	4
Autre	11	10	11	8
Réduction des dépenses en immobilisations	12	X	7	13
Augmentation du taux d'utilisation du matériel	13	17	14	10
Meilleures conditions de travail	14	17	15	11
Réduction des besoins de main-d'œuvre	14	22	9	13
Réduction de la consommation d'énergie	17	10	11	18
* Aucune amélioration	17	14	20	8
Réduction du taux de rejet	20	29	25	9
Plus grande souplesse de production	20	37	26	10
Réduction de la consommation de matières	21	20	19	19
* Besoins accrus en capitaux	23	24	20	22
* Besoins accrus en main-d'œuvre compétente	27	39	25	22
Amélioration de la productivité	28	32	34	18
Amélioration de la qualité du produit	39	44	50	12
Réduction des dommages à l'environnement	50	17	15	72

Ne représente pas une amélioration.

**Tableau A-17 Avantages secondaires découlant de l'adoption des biotechnologies environnementales**

	N	Réduction des coûts <sup>1</sup>		Amélioration de la productivité ou de la qualité <sup>2</sup>		Les deux	
		Firmes	Pondéré par nombre d'employés	Firmes	Pondéré par nombre d'employés	Firmes	Pondéré par nombre d'employés
Mines	7	57	86	X	1	43	72
Pétrole brut	20	65	72	20	40	65	58
Raffinage du pétrole	4	x	80	X	42	x	78
Bois, pâtes et papiers	42	12	12	26	35	40	80
Alimentation	25	24	67	36	49	75	68
Produits chimiques	10	40	68	X	6	71	36
<i>Total<sup>3</sup></i>	<i>109</i>	<i>32</i>	<i>45</i>	<i>25</i>	<i>36</i>	<i>44</i>	<i>87</i>

1 : Réponse positive à l'un des résultats suivants : réduction des besoins de main-d'œuvre, réduction de la consommation de matières, réduction de la consommation d'énergie, réduction du taux de rejet du produit.

2 : Réponse positive à l'un des résultats suivants : amélioration de la productivité, amélioration de la qualité du produit, augmentation du taux d'utilisation du matériel.

3 : Inclut une firme d'un «autre secteur manufacturier».

**Tableau A-18 Pourcentage des entreprises ayant déclaré chaque résultat découlant de l'utilisation d'une biotechnologie, selon le secteur**

	M	PB	RP	BPP	Al	P	CNP	A	p <sup>1</sup>
<i>Nombre d'entreprises</i>	11	29	10	47	105	18	17	7	
Amélioration de la productivité	x	28	x	11	37	39	18	x	0,046
Réduction des besoins de main-d'œuvre	27	31	x	X	12	17	x	x	0,078
Réduction de la consommation de matières	36	24	40	11	23	17	24	x	0,381
Réduction de la consommation d'énergie	27	34	x	X	16	x	29	-	0,023
Réduction du taux de rejet	x	x	30	X	34	x	x	x	0,001
Amélioration de la qualité du produit	x	x	x	15	54	39	18	43	0,001
Plus grande souplesse de production	-	-	x	15	27	39	18	43	0,004
Meilleures conditions de travail	x	-	x	13	15	28	18	x	0,295
Réduction des dommages env.	64	69	40	92	33	x	65	x	0,001
Diminution du niveau de compétence	-	14	x	X	5	-	x	-	0,326
Réduction des dépenses en immobilisations	x	34	x	X	8	-	24	x	0,001
* Besoins accrus en main-d'œuvre compétente	27	x	x	38	24	56	18	x	0,01
* Besoins accrus en capitaux	x	-	x	43	19	50	x	43	0,001
Augmentation du taux d'utilisation du matériel	-	x	-	17	13	28	x	x	0,096
Réduction des stocks	-	x	-	X	7	-	-	x	0,489
Autre	x	x	10	X	9	x	24	x	0,423
* Aucune amélioration	x	10	x	X	26	22	x	x	0,068

I : valeur de p pour une analyse de la variance des différences selon le secteur.

M : mines, PB : pétrole brut, RP : raffinage du pétrole, BPP : bois, pâtes et papiers, Al : aliments, boissons et tabac, P : produits pharmaceutiques, CNP : produits chimiques non pharmaceutiques, A : autres secteurs manufacturiers.

**Tableau A-19 Sources internes d'information : Pourcentage des entreprises ayant déclaré chaque source comme étant une source «principale» d'information pour l'adoption de biotechnologies ou de matériel biotechnologique**

	Toute biotechnologie	Sélection et modification	Culture et utilisation de matériel biol.	Biotechnologie env.
<i>Nombre d'entreprises</i>	250	44	127	154
Recherche	47	64	50	38
Développement expérimental	43	50	46	35
Conception	21	27	21	20
Ingénierie de production	26	20	20	27
Personnel d'exploitation	34	23	34	32
Direction	34	39	35	32
Siège social	31	30	26	32
Autre	14	14	12	14

**Tableau A-20 Sources externes d'information : Pourcentage des entreprises ayant déclaré chaque source comme étant une source «principale» d'information pour l'adoption de biotechnologies ou de matériel biotechnologique**

	Toute biotechnologie	Sélection et modification	Culture et utilisation de matériel biol.	Biotechnologie env.
<i>Nombre d'entreprises</i>	253	44	128	157
Firme apparentée	24	25	27	20
Firme non apparentée	32	32	27	34
Organismes fédéraux de recherche	28	34	32	24
Universités	40	52	40	34
Organismes provinciaux de recherche	19	16	16	19
Programmes fédéraux d'information	12	14	14	9
Consortiums de recherche	18	11	14	22
Experts-conseils et entreprises de services		34	30	58
Coentreprises et alliances stratégiques	18	36	20	12
Publications	53	64	52	48
Foires commerciales, colloques	40	52	36	37
Entreprises clientes	10	20	13	4
Fournisseurs	42	41	45	34
Aucun apport externe important	- <sup>1</sup>	14	15	13
Autre	6	X	6	4

<sup>1</sup>: Non pertinent pour l'ensemble des trois catégories de biotechnologies

## Annexe B : Conception du questionnaire

### Question sur le nombre d'employés affectés aux biotechnologies

Les résultats à cette question ne peuvent être utilisés, en raison des erreurs dans les réponses :

- Certaines entreprises n'utilisant aucune biotechnologie (soit 3 % des non-utilisateurs) ont pourtant déclaré avoir des employés affectés aux biotechnologies.
- Des entreprises utilisatrices de biotechnologies (41 % des utilisateurs) ont indiqué n'avoir aucun employé affecté aux biotechnologies.

Trois causes possibles peuvent expliquer ces erreurs :

- Dans l'esprit des répondants, il se peut que la définition de biotechnologie diffère de celle correspondant aux 22 options énumérées à la Question B1. Cette erreur a pu survenir du fait que les répondants devaient indiquer le nombre d'employés affectés aux biotechnologies avant d'avoir pris connaissance de la liste des 22 biotechnologies. Les résultats obtenus pour les utilisateurs laissent croire que les entreprises les plus susceptibles d'utiliser des biotechnologies environnementales ont été proportionnellement moins nombreuses à déclarer des employés affectés aux biotechnologies. À titre d'exemple, seulement 26 % des utilisateurs du secteur pharmaceutique ont déclaré n'avoir aucun employé affecté aux biotechnologies, alors que la proportion atteint 69 % parmi les entreprises minières.
- Les répondants ne connaissaient pas la réponse. Il peut être très difficile d'estimer le pourcentage d'employés «affectés» aux biotechnologies, en particulier dans les entreprises où les biotechnologies sont utilisées dans de nombreux domaines différents.
- Certaines firmes peuvent utiliser des biotechnologies sans qu'aucun employé n'y soit affecté. Cette dernière explication semble toutefois peu plausible.

### Question C4 concernant les obstacles

Le facteur «aucun obstacle» (C4.21) ne convient pas à l'échelle d'importance proposée et ceci peut expliquer les réponses obtenues à cette question.

### Utilisation des trois catégories de biotechnologies

Pour six questions, le répondant devait fournir une réponse pour chacune des trois catégories de biotechnologies, à savoir : sélection et/ou modification de matériel biologique, culture et/ou utilisation de matériel biologique et biotechnologies environnementales. Cette ventilation a eu pour effet d'accroître le fardeau de réponse, ainsi que la complexité de l'analyse. Nous proposons d'éliminer cette ventilation à l'avenir, laquelle est de surcroît inutile du fait, premièrement, que

plus de 70 % des entreprises n'utilisent qu'une catégorie de technologies et, deuxièmement, que l'utilisation dans chaque catégorie est dominée par des entreprises concentrées dans quelques secteurs clairement définis et qu'il y a peu de chevauchement. À titre d'exemple, la presque totalité des utilisateurs des technologies de sélection et/ou de modification et de culture et/ou d'utilisation de matériel biologique appartiennent aux secteurs alimentaire ou pharmaceutique, alors que les utilisateurs des biotechnologies environnementales se retrouvent en presque totalité dans les secteurs des ressources naturelles. Cela signifie que des résultats similaires pourraient être obtenus en utilisant le secteur d'activité de l'entreprise.

## **Pour commander des publications cataloguées**

On peut se procurer la présente publication et les autres publications auprès des agents autorisés régionaux des librairies de quartier et des bureaux régionaux de Statistique Canada. On peut aussi les commander par la poste en s'adressant à:

Statistique Canada  
Division des opérations et de l'intégration  
Gestion de la circulation  
120, avenue Parkdale  
Ottawa, Ontario  
K1A 0T6  
1(613)951-7277  
Commandes (sans frais partout au Canada): 1-800-267-6677  
Numéro du télécopieur: 1-(613)-951-1584  
Toronto : Carte de crédit seulement (416)973-8018

## **PUBLICATIONS AU CATALOGUE**

### **Publications statistiques**

- 88-202-XPB Recherche et développement industriels, Perspective 1997 (avec des estimations provisoires pour 1996 et des dépenses réelles pour 1995)
- 88-204-XPB Activités scientifiques fédérales, 1997-1998 (annuel)
- 88-001-XPB Statistiques des sciences (mensuel)

### Volume 21

- No. 1 Activités scientifiques et technologiques (S-T) des administrations provinciales, 1987-1988 à 1995-1996
- No. 2 L'effet du pays de contrôle sur l'exécution de la recherche et du développement (R-D) industrielle au Canada, 1993
- No. 3 Les organismes provinciaux de recherche, 1995
- No. 4 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1997-1998
- No. 5 Recherche et développement industriels de 1993 à 1997
- No. 6 La recherche et le développement (R-D) au titre des logiciels dans l'industrie canadienne, 1995
- No. 7 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1995-1996

- No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1986 à 1997<sup>e</sup> et dans les provinces, 1986 à 1995
- No. 9 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996
- No. 10 Ressources humaines affectées à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1986 à 1995
- No. 11 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne en 1995
- No. 12 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) pour la protection de l'environnement dans l'industrie canadienne, 1995
- No. 13 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1996

#### Volume 22

- No. 1 Les organismes provinciaux de recherche, 1996
- No. 2 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1998-1999
- No. 3 Personnel de l'administration fédérale affecté aux activités scientifiques et technologiques (S-T), 1989-1990 à 1998-1999<sup>e</sup>
- No. 4 Activités scientifiques en biotechnologie selon certains ministères fédéraux et organismes, 1997-1998
- No. 5 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1987 à 1998<sup>e</sup> et dans les provinces, 1987 à 1996
- No. 6 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1996-1997
- No. 7 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1996-1997
- No. 8 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1997



## DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1997

Ces documents de travail sont disponibles à la Section des sciences et de la technologie.

Veillez contacter:

Section des sciences et de la technologie  
Projet de remaniement des sciences et de la technologie  
Statistique Canada  
Ottawa, Ontario  
K1A 0T6  
Tél: (613) 951-6347

- ST-97-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1994-1995, Février 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-03 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales, 1989-90 à 1995-96, Mars 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-04 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1987-1988 à 1996-1997<sup>c</sup>, Mars 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-05 Transferts de fonds aux fins de la recherche et du développement industriels dans l'industrie canadienne, 1993, Mars 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-06 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996, Août 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-07 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1986 à 1987 et selon la province, 1986 à 1995, Août 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-08 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1988-89 à 1997-1998<sup>e</sup>, Juillet 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-09 La fiscalité de la recherche et du développement au Canada : Comparaison interprovinciale, Septembre 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-10 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1987-1988 à 1995-1996, Octobre 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-11 Commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur : Une étude de faisabilité, Octobre 1997  
Prix : 75,00 \$

- ST-97-12      Données démographiques sur les entreprises en tant qu'indicateurs de l'activité novatrice, Octobre 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-13      Méthodologie des estimations relatives au personnel en R-D de l'enseignement supérieur, Novembre 1997  
Prix : 75,00 \$
- ST-97-14      Estimations des ressources humaines affectées à la recherche et au développement au Canada, 1979-1995, Novembre 1997  
Prix : 75,00 \$

#### **DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998**

- ST-98-01      Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998
- ST-98-02      Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998
- ST-98-03      Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998
- ST-98-04      Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998
- ST-98-05      Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne – 1996, Mars 1998
- ST-98-06      Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada : Comparaisons des provinces, Mars 1998
- ST-98-07      Paiements de l'administration fédérale dans les industries, 1992-1993, 1994-1995, 1995-1996, Septembre 1998
- ST-98-08      L'analyse bibliométrique de la recherche scientifique et technologique : Guide méthodologique d'utilisation et d'interprétation, Septembre 1998
- ST-98-09      Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1989-1990 à 1998-1999<sup>e</sup>, Septembre 1998
- ST-98-10      Les flux de connaissances au Canada tels que mesurés par la bibliométrie, Octobre 1998
- ST-98-11      Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1987 à 1998<sup>e</sup> et selon la province, 1987 à 1996, Octobre 1998
- ST-98-12      Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1996-1997, Novembre 1998

#### **DOCUMENTS DE RECHERCHE – 1996 ET 1997**

- No. 1            L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoît Godin, août 1996
- No. 2            Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996

- No. 3 Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur : l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996
- No. 4 Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997
- No. 5 La technologie et la croissance économique : Survol de la littérature, par Petr Hanel et Jorge Niosi, avril 1998