

La politique d'innovation dans trois pays européens : le cas de la biotechnologie

Biotechnologies

➔ Depuis plus de vingt ans, tous les grands pays européens ont placé la biotechnologie à la tête de leurs programmes politiques en matière d'innovation. Les trois principaux pays (France, Royaume-Uni et Allemagne) détiennent 80 % du potentiel biotechnologique en Europe. Comment ont-ils géré leur politique dans ce domaine et quels résultats ont-ils obtenus ? Un projet financé par la Commission européenne a tenté de le découvrir en évaluant, sur la période 1994 à 2001, le développement de la base de connaissance, les activités relatives aux brevets, les mesures de transfert de technologie, la politique réglementaire, les moyens de promotions industrielles et l'opinion publique. En utilisant également des données extraites d'autres sources, l'auteur présente une image dynamique de la politique de chaque pays et son évolution jusqu'en 2003.

Bernhard ZECHENDORF¹
Article traduit de l'anglais

▣ ÉTUDE COMPARATIVE DANS TROIS PAYS

L'innovation est désormais largement reconnue comme un objectif sur lequel les politiques publiques concentrent leurs efforts pour stimuler l'avancement général des connaissances. Ces politiques visent à promouvoir son utilisation dans le développement de nouveaux produits qui pourraient à leur tour stimuler la croissance économique et accroître la compétitivité des entreprises. Cependant, une politique explicite en matière d'innovation n'est apparue qu'en 1980 aux États-Unis avec deux lois destinées à encourager l'innovation. Les principaux pays européens ont rapidement suivi l'exemple américain en mettant en place des mesures similaires. Une politique d'innovation performante vise, au niveau national, à l'avancement général des connaissances, à la protection des avancées technologiques par les brevets, à la diffusion des connaissances du monde académique vers le secteur industriel qui élabore et commercialise de nouveaux produits. Une telle politique organise un environnement juridique et social adapté.

NOTE

1. Bernhard Zechendorf a fondé et dirige le service de documentation des sciences de la vie à la direction générale de la recherche de la Commission européenne. Il est l'auteur d'une série d'articles dans divers domaines des biotechnologies et le rédacteur de « Inventory » [20]. Les opinions exprimées dans cet article sont de la responsabilité de l'auteur. Ce texte est basé sur un article intitulé « Biotechnology policy in European countries : an assessment », publié dans le Journal of Commercial Biotechnology, vol. 10, 4 juin 2004, p. 340-351.

Très tôt, la biotechnologie a été un des secteurs prioritaires des politiques de l'innovation. En Allemagne, la fédération de l'industrie chimique (DECHEMA) publie dès 1974 un document stratégique [1]. En 1980, Jean-Claude Pelissolo propose en France, la « mission pour la biotechnologie » [2] et un groupe de travail britannique présidé par Alfred Spinks présente un rapport marquant [3]. Ces trois documents soulignent la nécessité d'une stratégie coordonnée et concertée visant à stimuler le développement des biotechnologies au niveau national. Dans un premier temps, les gouvernements ont consacré des montants relativement modestes à la recherche fondamentale et au développement des biotechnologies. En 1980, l'Allemagne a alloué 70 millions de DM (35 millions d'ECU) au travers du « *Leistungsplan 04* » [4]. La France a dépensé 36 millions d'ECU en 1982 [4]. En 1981-1982, le Royaume-Uni a déboursé 28,8 millions de livres (environ 45 millions d'ECU) par le biais de trois conseils de recherche [5]. Vingt ans plus tard, le financement public est le suivant : en Allemagne en 2003, 703 millions d'euros du ministère de la Recherche et 357 millions d'euros de grandes institutions travaillant dans le domaine de la recherche (non compris les fonds importants versés par les *Länder*) [6] ; en 2002, la France consacre 2,45 milliards d'euros aux sciences de la vie, dont 38 millions d'euros aux biotechnologies [7] ; le Royaume-Uni dépense 259,1 millions de livres (415 millions d'euros) en 2003-2004, par l'intermédiaire du seul *Biotechnology and Biological Sciences Research Council* (BBSRC) [8]. Ces chiffres n'incluent ni le coût des infrastructures, ni les salaires des chercheurs de la fonction publique. S'y ajoutent les fonds régionaux et les contributions de fondations, qui atteignent au Royaume-Uni jusqu'à 17 % des dépenses publiques totales consacrées à la R&D (recherche et développement) biotechnologique. La multiplication des sommes, par vingt ou par trente dans le cas de l'Allemagne, démontre l'intérêt élevé et continu témoigné par les trois pays aux sciences de la vie en général et aux biotechnologies en particulier.

Les politiques nationales ont naturellement évolué ces vingt dernières années. Les efforts se sont initialement concentrés sur le développement des nouvelles technologies et le soutien aux biotechnologies. Ensuite seulement est apparue l'importance de la nécessité de protéger la propriété intellectuelle par le dépôt de bre-

kets. Les chercheurs universitaires sont traditionnellement plus concernés par la publication de résultats que par la protection des inventions. De manière générale, ils n'ont pas beaucoup été incités à déposer des brevets, non seulement au Royaume-Uni où la *British Technology Group* se chargeait des applications concrètes des brevets mais, également, en France et en Allemagne, où les brevets appartenaient à l'université. Les professeurs allemands pouvaient toutefois conserver la propriété intellectuelle de leurs inventions lorsque l'université ne souhaitait pas le faire. Par conséquent, 79 % des brevets biotechnologiques enregistrés en 1994 provenaient du monde industriel, 12 % des instituts de recherche et seulement 8,7 % des chercheurs individuels [9]. Même si la situation juridique a aujourd'hui changé, la propension à déposer des brevets n'a pas beaucoup progressé ; les universités ne sont en effet pas toujours en mesure de conseiller les chercheurs sur les questions de propriété intellectuelle.

Toutefois, le succès de ces politiques n'a pas été à la hauteur des attentes. Cet échec s'explique par un transfert insuffisant des nouvelles technologies et des acquisitions de connaissances vers le tissu économique. Au niveau européen, une structure juridique commune pour les biotechnologies a été décidée en 1990 mais elle n'a été que lentement introduite dans la législation de certains pays membres. Les pays européens comptaient toujours peu d'entreprises de biotechnologie (en 1995, il y en avait 75 en Allemagne; 75 en France et 140 au Royaume-Uni) [10], alors que les États-Unis avaient déjà franchi le seuil des 1 000 entreprises. Des faiblesses ont été identifiées dans l'apport de capitaux et dans la formation à la gestion des chercheurs. En Allemagne, qui ne possédait pas de place financière consacrée aux biotechnologies, le gouvernement fédéral a décidé de favoriser la création de capital-risque grâce aux fonds d'amorçage [11, 12]. La France a également pris une mesure similaire [13]. De plus, des « bio-incubateurs » ont été constitués afin de soutenir la création de jeunes entreprises. Jusqu'en 2002, ces politiques publiques se sont traduites par l'augmentation du nombre de sociétés travaillant dans ce secteur : 360 en Allemagne, 240 en France et 330 au Royaume-Uni [14]. Cependant, le faible nombre d'entreprises faisant appel à l'épargne publique témoigne d'une certaine faiblesse ; en 2002, on en comptait 46 au Royaume-Uni, mais 13 en Allemagne et 6 en France [14].

L'efficacité de la R&D industrielle peut être considérablement accrue grâce à un transfert de technologie plus efficace et à la coopération public/privé. Dans cette optique, les trois pays étudiés ont appuyé la création de pôles d'entreprises dans la proximité d'universités technologiques de haut niveau telles que Cambridge, Oxford et Londres en Angleterre, les « biopôles » de Paris, Lyon et Nice en France, ou les *Bio-Regionen* de Heidelberg/Mannheim, Munich, Berlin et Cologne/Düsseldorf en Allemagne (pour ne mentionner que les exemples les plus importants). La génomique étant un domaine-clé dans l'évolution future des biotechnologies, la concentration de savoir-faire et d'équipement dans certains groupements d'entreprises a en outre été encouragée. Ainsi, la France a fondé sept génopôles dotés de 75 millions d'euros depuis 2002 [15], l'Allemagne a créé le *National Genome Research Network* en lui allouant 175 millions d'euros sur 2002-2004 [16] et le Royaume-Uni a fondé depuis 2002 un réseau de centres se consacrant à la recherche génétique [17].

Les réticences de l'opinion publique sont considérées comme la cause des difficultés politiques actuelles en matière de biotechnologies agroalimentaires. En fait, l'optimisme constaté en 1991 (lors du premier sondage européen servant de baromètre) a reculé dans deux pays : en matière d'approbation des biotechnologies, la France a glissé de la quatrième à la cinquième place en 2002, le Royaume-Uni est passé de la sixième place à la quatorzième, alors que les Allemands (de l'Ouest) déjà pessimistes restent à la quinzième place, juste devant le Luxembourg. Les trois pays ont une opinion publique assez bien informée, même s'ils se placent respectivement aux sixième (Royaume-Uni), septième (France) et huitième (Allemagne) places en termes de connaissance. Il y a cependant une différence dans la capacité à participer à un débat public : les Français sont très engagés (quatrième rang), les Britanniques le sont assez (septième rang), alors que les Allemands, loin derrière, se situent juste à la moyenne européenne [18, 19].

□ ÉVALUATION NATIONALE : L'ÉTUDE EPOHITE

Ces trois pays européens concentrent 80 % des dépenses de la R&D publique en matière de biotech-

nologie en Europe. Comment comparer leurs politiques dans ce domaine ? Une équipe de chercheurs de divers pays européens a tenté de répondre à cette question en lançant le projet EPOHITE (Efficacité des politiques d'innovation dans la haute technologie), financé par la Commission européenne. Les participants ont fondé leur travail sur les résultats d'un projet antérieur intitulé « Inventory of public R&D biotechnology programmes in Europe », auquel la plupart d'entre eux avaient déjà participé. Il consiste en une collecte et une analyse de toutes les données disponibles relatives aux politiques publiques de R&D dans ce secteur, effectuée entre 1994 et 1998 dans quatorze pays membres et en Islande, Norvège et Suisse [20]. En analysant le rôle des divers acteurs et l'utilisation des instruments politiques, l'équipe EPOHITE a tenté d'évaluer, dans chacun des quatorze pays membres, l'efficacité de la politique nationale d'innovation en relation avec la biotechnologie. Elle a étendu la portée de ce projet en incluant les données plus récentes collectées en 2001. L'équipe a principalement pris en considération les politiques spécifiques, élaborées pour renforcer la base de connaissance, soutenir la commercialisation et favoriser le débat public dans le domaine des biotechnologies. Elle a aussi analysé les politiques horizontales non spécifiques favorisant le développement et l'application des technologies innovantes. Une attention particulière a été apportée à l'harmonisation des réglementations concernées afin d'écartier les mesures contre-productives dans les pays aux règles plus rigoureuses. Enfin, la disponibilité du capital financier dans les secteurs à croissance élevée a été prise en compte comme facteur décisif de développement industriel [21].

Les résultats d'EPOHITE ont permis de regrouper les quatorze pays, selon leur performance, dans les quatre catégories suivantes :

- la première catégorie est composée des pays les plus performants : le Danemark, la Suède et la Finlande. Ces pays possèdent une longue tradition de collaboration entre le monde académique et le monde industriel, la volonté d'allouer au secteur des biotechnologies un financement suffisant, une réputation d'excellence scientifique et un soutien direct de l'industrie par l'allocation de crédits et de prêts ;

- la deuxième catégorie qui comprend deux grands pays, le Royaume-Uni et l'Allemagne, et deux petits,

la Belgique et les Pays-Bas, montre une assez forte hétérogénéité. En dehors des Pays-Bas, ces pays ont des budgets relativement importants, comparés à ceux des pays obtenant les meilleures performances. Toutefois, ils disposent de moins de sources de R&D dans tous les domaines. Ils ont mis en place des instruments destinés à favoriser le processus complet d'innovation. Ainsi, l'Allemagne et la Belgique apportent un fort soutien aux petites et moyennes entreprises (PME) dans le secteur des biotechnologies ;

– la troisième catégorie comprend des pays aux performances intermédiaires, qui se caractérisent aussi par la diversité de leurs structures : Autriche, France et Irlande. L'Irlande est entrée tardivement dans la compétition, mais avec un certain succès. La position de la France, derrière les deux autres pays traditionnellement importants économiquement que sont l'Allemagne et le Royaume-Uni, montre que l'organisation de la recherche dans le secteur public et les universités importe plus que le seul niveau des budgets alloués à la recherche. Pour tous les pays de ce groupe, le transfert de technologie et la commercialisation sont des priorités, l'Irlande attirant surtout des multinationales ;

– enfin, le quatrième groupe réunit les nations aux plus faibles performances : Grèce, Italie, Portugal et Espagne. Elles se caractérisent par de petits budgets alloués aux biotechnologies, des instruments politiques insuffisants, un manque de soutien à la commercialisation des résultats scientifiques issus de la recherche publique et un faible recours aux réglementations spécifiques, comme la protection de la propriété intellectuelle.

Une analyse approfondie des résultats d'EPOHITE débouche sur les conclusions et les recommandations suivantes :

- les instruments politiques pour l'allocation de fonds sont cruciaux, plus que les gros budgets ;
- la réussite s'appuie sur une base de connaissance compétitive et renouvelée ;
- des instruments efficaces en matière de transfert de technologie sont indispensables ;
- les diverses politiques doivent être coordonnées efficacement afin d'intervenir sur tous les aspects du processus d'innovation.

FRANCE : CONTRE-PERFORMANCE MARQUÉE

Comparée à ses principaux concurrents, la France est entrée dans l'ère de la biotechnologie avec de réels handicaps. Le socle constitué par l'industrie pharmaceutique et chimique était beaucoup plus faible qu'au Royaume-Uni et en Allemagne, dont les industries chimiques et pharmaceutiques sont de niveau mondial. La structure centralisée de la recherche publique ne favorisait pas une adaptation rapide. En outre, le manque d'intérêt des chercheurs en matière d'utilisations potentielles, de même que la propriété institutionnelle des brevets des inventions financées par l'argent public, ont débouché sur une diminution du nombre de brevets enregistrés, alors que le nombre de publications scientifiques augmentait. Le signal politique initial a été de lancer un éventail complet de programmes de toutes tailles à effet limité. En plus des programmes nationaux, les établissements publics participant à la recherche, tels que le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), ont financé de manière conséquente divers projets en matière de biotechnologies.

La nécessité d'accélérer la commercialisation des produits s'est traduite dans le programme unique BioAvenir, s'étendant de 1992 à 1997 et drainant 230 millions d'ECU de financement public. La plus grande partie de ces fonds a été allouée au département R&D de Rhône-Poulenc [22]. Cependant, l'impact de ce programme n'a pas été jugé suffisant et la concentration sur une grande entreprise a été dénoncée comme étant contre-productive.

En 1997, le ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie a annoncé le recentrage de la politique d'innovation sur les petites et moyennes entreprises en tant que génératrices de savoir et d'emplois [23]. Les PME se trouvaient au centre d'un nouveau concept : les « biopôles », groupes d'entreprises à forte densité de recherche et d'instituts publics de recherche, se concentrant chacun sur un secteur différent des sciences de la vie. Dans le rapport de l'Académie des sciences, publié en juillet 1999, la génomique a

été reconnue comme compétence-clé pour assurer la compétitivité en matière de biotechnologie [24]. Un Programme National Génomique spécifique (1999-2002, financé à hauteur de 67,5 millions d'euros en 2001) a été appliqué par le Consortium national de recherche en génomique [15]. C'est cette structure, proche de celle d'une fondation, qui coordonne les entités nationales clés et les génopôles créés avant la fin de l'année 2003 dans sept régions [25]. La France possède alors probablement le seul authentique parc biotechnologique à Évry, incluant la plate-forme du Génoscope [26].

L'approche française, de nature descendante, a attiré de nombreuses critiques mais a été saluée par une étude d'évaluation réalisée en 2002 pour le gouvernement français, par l'Organisation européenne de biologie moléculaire (EMBO). Ce rapport assez enthousiaste confirme l'efficacité du programme français, qui génère rapidement du savoir et le transfère vers des applications pratiques, même si la charge administrative est pesante, l'achat d'équipement difficile et le personnel qualifié découragé par des contrats à court terme [27].

Suite à la publication du rapport Guillaume en 1998, la loi du 12 juillet 1999 sur l'innovation et la recherche [28] et la décision prise en 1999 de créer des incubateurs [22] ont stimulé la création d'un éventail de *start-up*, alors que l'investissement et la main-d'œuvre qualifiée étaient toujours insuffisants. Sur les vingt-neuf incubateurs en activité, environ dix travaillent dans le domaine de la biotechnologie, mais seulement deux s'y consacrent exclusivement, les « bio-incubateurs » *Eurasanté* (Lille) et *Paris Biotech*. Depuis 1995, l'industrie des biotechnologies s'est rapidement développée grâce notamment à l'aide de l'Agence nationale de valorisation de la recherche (ANVAR), agence de transfert de technologie, dont les subventions ont augmenté : de 5,5 millions d'euros en 1996, elles atteignent 23 millions d'euros en 2002. Afin de maintenir la croissance et de surmonter la crise financière dans le secteur des biotechnologies, la France a lancé le plan *Biotech 2002*, en fournissant 60 millions d'euros de fonds d'amorçage à des *start-up*² (environ un tiers des fonds a été alloué à des entreprises de biotechnologie)

et 90 millions d'euros de garanties d'emprunts bancaires, uniquement dédiés aux biotechnologies [29]. Naturellement, la France s'est tournée vers l'exploration des ressources naturelles du pays en se focalisant sur les utilisations agroalimentaires. Cette orientation est actuellement devenue assez vulnérable en raison de l'attitude critique de l'opinion publique. Un renforcement de l'orientation vers la médecine et la médecine vétérinaire (diagnostique et thérapeutique) pourrait sans doute aider à éviter un repli.

Dans son rapport d'évaluation publié en 2002 [30], Noëlle Lenoir conclut que les efforts français dans le financement de la recherche sont dans l'ensemble faibles (2,2 % du PNB) et insuffisants, surtout dans les sciences de la vie (3,3 fois moins par habitant qu'aux États-Unis). En outre, le personnel de la recherche vieillit, l'attractivité des sciences diminue de façon générale et les étudiants post-doctorants préfèrent aller aux États-Unis, où les conditions de travail sont meilleures. Noëlle Lenoir souligne également des points forts : la formation scientifique est de haut niveau, certains laboratoires ont une renommée mondiale, la qualité du système de santé est reconnue par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

L'opinion publique, à l'origine favorable aux biotechnologies, s'est dégradée suite à la découverte d'un envoi de maïs génétiquement modifié des États-Unis à la France, qui avait été passé sous silence, même si cela n'était pas à proprement parler illégal. Cet événement a fortement encouragé les opposants aux biotechnologies et a obligé le gouvernement à prendre une position prudente sur les aliments génétiquement modifiés. C'est apparemment un sujet sensible dans un pays fier de sa tradition de qualité dans le domaine alimentaire.

Évaluation EPOHITE

La France a réussi à créer de nouvelles entreprises et à soutenir la croissance industrielle, même si le nombre de sociétés par habitant reste faible (environ trois par million, à comparer par exemple à plus de dix-huit par million en Suède). Elle a perdu du terrain dans les publications scientifiques (130 par million d'habitants) et les brevets, surtout dans les secteurs de la génomique où elle rattrape actuellement son retard. Les brevets sont attribués aux organismes de recherche,

NOTE

2. Jeune entreprise innovante et dynamique, à croissance rapide.

ce qui encourage peu les chercheurs à être actifs en la matière. S'agissant de la base de connaissance, la France a seulement atteint 7,34 (9^e rang), alors qu'elle est mieux placée en ce qui concerne la dépense par habitant pour la R&D en biotechnologies : 35,9 ECU par million d'habitants sur la période allant de 1994 à 1998 (5^e rang). Comme les pays du Sud, la France a obtenu une note faible en matière de politiques horizontales et verticales. La politique publique est perçue comme complexe, redondante et assez inefficace, compte tenu de la multiplicité des niveaux d'intervention et de la modestie des financements, face à un nombre important de contraintes. Les carrières scientifiques ne sont pas assez attractives pour assurer une croissance durable de la base de connaissance. Même si la France dispose du troisième budget en matière de R&D biotechnologique en Europe (2,115 millions d'ECU en 1994-1998) et d'un fort engagement public, ce pays est un acteur relativement faible et qui doit affronter bon nombre de problèmes. Les défis à relever sont les suivants : accélérer la croissance de la recherche universitaire et consolider les entreprises disposant d'un potentiel de croissance durable [21].

□ LE ROYAUME-UNI : TOUJOURS EN TÊTE

S'appuyant sur une industrie chimique et pharmaceutique forte ainsi que sur une excellente base scientifique, le Royaume-Uni est entré tôt dans l'ère des biotechnologies. Ce changement s'est opéré assez aisément, en raison d'une tradition économique britannique libérale, comparée aux structures plus bureaucratiques de ses principaux concurrents du continent. Néanmoins, ce pays est freiné par les réticences des chercheurs universitaires envers le monde des affaires. Le gouvernement britannique a ainsi eu pour tâche principale de surmonter la dichotomie entre l'industrie et le monde académique afin de stimuler le transfert de technologie.

Dans cet esprit, les conseils de recherche ont conjointement lancé en 1988 les programmes *LINK* visant à promouvoir les partenariats entre l'industrie et la base de recherche, grâce à des projets à long terme de recherche appliquée. Depuis cette date, environ quinze

programmes *LINK* ont été mis en place afin d'encourager la R&D dans divers domaines des sciences de la vie. D'autres programmes encouragent les entreprises commerciales, tels le *Teaching Company Scheme*, le *Biotechnology Means Business*, géré par le ministère du Commerce et de l'Industrie (DTI), et le programme *Bio-Wise*. Également établi par le DTI, ce dernier a pour objectif d'améliorer la compétitivité britannique et d'aider l'industrie biotechnologique à exploiter les marchés se développant au Royaume-Uni et à l'étranger [31]. Renforcer la compétitivité industrielle était la principale raison du lancement du *Biotechnology and Biological Sciences Research Council* (BBSRC) en 1999. Le BBSRC soutient également la recherche et la formation dans le domaine des systèmes biologiques. Le gouvernement ayant reconnu que le goulot d'étranglement de la production est un obstacle à la croissance future de l'industrie biotechnologique, a lancé en 1999 l'initiative « Production pour la biotechnologie », qui essayait de résoudre ce problème en aidant les PME à renforcer leur potentiel de production [31]. La coopération des entreprises engagées dans les nouveaux domaines biotechnologiques s'est traduite par la création de « clubs » : plates-formes technologiques se concentrant sur des sujets spécifiques.

Un dispositif notable est le « groupement » d'entreprises de biotechnologie et d'instituts de recherche, dans des lieux sélectionnés sur le critère de l'excellence scientifique, tels que Cambridge (170 entreprises), Londres et Oxford. Une fois que le groupement atteint une masse critique d'entreprises et de personnel de recherche, l'échange de connaissances est facilité. Des réseaux se forment, l'infrastructure s'adapte, les services assistant les entreprises se développent et les convergences technologiques débouchent sur de nouvelles innovations. Ce schéma est basé sur des principes identiques à ceux des « biopôles » français et des *Bio-Regionen* allemands, même si l'on ne considère pas qu'un tel groupement d'entreprises devrait être présent dans chaque région du Royaume-Uni [32]. Depuis 2001, les groupements d'entreprises et les incubateurs

NOTE

3. Spin-off : structure créée au sein d'une grande entreprise qui prend son autonomie juridique, le plus souvent sous la forme d'une filiale voire d'une entreprise indépendante dans laquelle l'entreprise d'origine n'a qu'une participation.

reçoivent annuellement une aide s'élevant à 50 millions de livres, issue des fonds régionaux d'innovation [33]. Le succès des « bio-incubateurs » s'est traduit par l'augmentation des entreprises essaimées (*spin-off*)³ : 70 entreprises en 2000, 203 en 2001 et 248 en 2002 [34]. Le gouvernement britannique a reconnu en 2002 l'importance, dans la génomique, d'une approche basée sur la coopération, en finançant un réseau de centres de recherche sur la génétique : six *Genetics Knowledge Parks* (parcs de connaissance spécialisés dans ce domaine) basés dans différentes régions, renforçant ainsi le potentiel des groupements déjà existants [17]. Le transfert technologique et les questions de commercialisation sont prioritaires mais l'entretien de la base de connaissance n'a pas pour autant été négligé : l'un des trois programmes inter-conseils fondés en 2001 recouvre la post-génomique, en incluant le secteur prometteur de la protéomique (financé par 246 millions de livres entre 2001 et 2006) et un programme de recherche sur les cellules-souches récemment agréé (40 millions de livres de 2003 à 2006) [35].

Les résultats du démarrage hâtif et des mesures politiques appropriées sont patents. Actuellement, le Royaume-Uni possède les entreprises de biotechnologie les plus grandes et les plus rentables d'Europe (environ 400 en 2003, employant plus de 18 700 personnes), le plus grand nombre d'entreprises publiques (43), la place financière la plus forte (Londres), le meilleur environnement pour la recherche (180 publications sur les biotechnologies par million d'habitants en 2000, c'est-à-dire le 6^e rang en Europe, mais toujours devant la France et l'Allemagne) et occupe le deuxième rang pour le financement de la R&D (2 572 millions d'ECU entre 1994 et 1998 [21]). Sont à mettre au compte de ce pays 49 % des nouveaux produits en projet dans les entreprises publiques européennes et 62 % de ceux à un stade plus avancé de développement [36] et aussi, il est vrai, la plupart des produits sur le marché [37].

Il lui reste néanmoins quelques problèmes à régler : le désintérêt des jeunes pour les carrières dans les sciences de la vie, le taux relativement élevé de fuite des cerveaux vers l'Amérique du Nord (même si c'est un point controversé), la vulnérabilité envers le marché financier international (le secteur britannique a généré 1,84 milliard de livres en 1999-2000 mais beaucoup moins par la suite [14]) et les manques à gagner attendus durant la phase de consolidation, dans laquelle le

Royaume-Uni est maintenant entré, plusieurs années après les États-Unis mais avant le reste de l'Europe. Certaines difficultés subsistent, pour attirer en montants suffisants des investissements vers les entreprises de biotechnologie. L'association anglaise des bio-industries (BIA) a proposé des mesures similaires à celles appliquées en Allemagne pour obtenir des fonds de l'État sous forme de prêts non garantis à faible intérêt, ce qui pourrait doubler ou tripler le montant réel de l'investissement en capital-risque [38].

Un problème supplémentaire est apparu avec l'introduction des aliments génétiquement modifiés sur le marché. Malgré un début prometteur, l'opinion publique britannique a changé d'avis et, dans le prolongement du scandale de l'encéphalite spongiforme bovine (ESB), elle s'est massivement opposée aux cultures d'organismes génétiquement modifiés (OGM), même si l'opposition réelle peut être difficile à distinguer des efforts entrepris par certaines organisations non gouvernementales (ONG) pour mener des campagnes de premier plan. En outre, les défenseurs des droits des animaux, traditionnellement puissants, retardent la recherche industrielle. Selon Julian Marr, le nombre de scientifiques spécialisés dans les semences agricoles, employés par l'industrie, a diminué de plus de 60 % ces vingt dernières années et surtout depuis 1999. De plus, en trois ans, quatre grandes entreprises ont fermé leurs installations dédiées à la recherche dans ce domaine [39]. Un rapport du BIGT (*Bioscience Innovation and Growth Team*) [40] partage ces inquiétudes face à l'effet de « siphon » des États-Unis et recommande des mesures politiques.

Évaluation EPOHITE

Le Royaume-Uni reste le premier pays dans le secteur pharmaceutique et les biotechnologies. Cette nation réussit, de plus, à encourager efficacement des collaborations entre les universités et l'industrie ainsi que la commercialisation, comme en témoigne une augmentation constante des activités commerciales sur la période allant de 1995 à 2000. Le financement de projet rencontre certaines difficultés parce que la structure de financement par le biais d'une agence rend plus compliquée la coordination. Le recrutement de personnel est quelquefois difficile en raison des bas salaires, du

manque de structure de carrières et de l'image négative de la science auprès du public. Même si les programmes de collaboration sont largement utilisés, les petites entreprises doivent investir une somme de travail et de temps déraisonnable pour, en fin de compte, ne gagner que trop peu d'argent. Les différences entre les systèmes juridiques et de « brevetage » européen et américain se sont avérées être un problème important, le marché américain revêtant une importance particulière pour les entreprises britanniques. En outre, l'hostilité du public envers certains aspects des biotechnologies (utilisation des animaux, cultures et aliments OGM) constitue un frein pour certaines recherches et activités de production. La dépendance envers les marchés boursiers est également cruciale : sur la période de 1995 à 2000, les modifications des lignes directrices de la bourse de Londres en matière d'émission publique ont été plus importantes pour l'industrie que les aides du gouvernement [21].

□ ALLEMAGNE : RATTRAPE SON RETARD

Même si l'Allemagne est traditionnellement bien placée en recherche fondamentale et appliquée, et possède une industrie chimique et pharmaceutique de renommée internationale, elle est entrée avec difficulté dans l'ère des biotechnologies. Les grandes entreprises ont témoigné un intérêt limité dans ces technologies prometteuses mais non éprouvées. Les quelques entreprises de petite taille fondées très tôt ont toutes disparu en raison du manque de soutien public et de sources de capitaux. Le gouvernement fédéral a lancé une longue série de programmes en matière de biotechnologie, qui se sont progressivement adaptés aux besoins émergents des parties intéressées. Ces programmes restent toutefois centrés sur la recherche. En Allemagne, la R&D en biotechnologie s'est donc développée principalement dans les grandes entreprises, les centres de recherche publics et les laboratoires universitaires. En 1995, seulement 75 sociétés travaillaient dans ce domaine [10]. Profondément ancrés dans la séparation traditionnelle entre la culture universitaire et celle du monde des affaires, les chercheurs académiques fuyaient les risques et n'étaient en aucune

façon intéressés par l'application de leurs découvertes dans le développement de produits. Cette situation a débouché, comme au Royaume-Uni, sur un paradoxe : les découvertes potentiellement importantes étaient plus facilement développées à l'étranger que dans le pays d'origine [41]. Les concepts des *start-up* et d'*essaimage* étaient complètement inconnus en Allemagne. Bien qu'il ait été créé en 1975, le premier fonds de capital-risque ne prenait pas en compte les perspectives de la biotechnologie [42]. Au début des années 80, l'Allemagne détenait 20 % des brevets biotechnologiques mondiaux, se plaçant ainsi en deuxième position derrière les États-Unis. Elle a cependant perdu cette place en raison de problèmes financiers et politiques, pour finalement ne détenir que 12 % des brevets au milieu des années 90⁴ [43].

Le rôle-clé dans la gestion de la R&D en biotechnologie a été joué par le *Bundesministerium für Forschung und Technologie* (ministère fédéral de la Recherche et de la Technologie, BMFT) et, plus récemment, par son successeur le *Bundesministerium für Bildung und Forschung* (ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche, BMBF), où se concentrent désormais tous les efforts fédéraux de promotion de la R&D en biotechnologie. Cette approche est assez efficace, comparée aux responsabilités éparpillées des agences françaises et britanniques. Les programmes les plus récents étaient, ou sont encore, les suivants : *Biofuture* (financement de jeunes scientifiques), *Biochance* (soutien de la recherche préconcurrentielle), *BioProfile* (constitution par les régions de profils locaux uniques de compétences dans un domaine particulier), *Biotechnologie 2000* (financement d'un vaste éventail de projets), GABI (recherche sur le génome des plantes) [44] et le *National Genome Research Network* (voir ci-dessous). Entre 1994 et 1998, l'Allemagne a consacré au total 3 021 millions d'ECU pour la R&D publique en biotechnologie. C'était alors la somme la plus élevée en Europe [21].

L'Allemagne considère la génomique comme un domaine-clé dans beaucoup de secteurs biotechnologiques et elle a décidé de la soutenir grâce à des mesures particulières. Comme cela avait été annoncé en 2001, seize universités, plusieurs instituts *Max Planck*

NOTE

4. En 1999-2000, l'Allemagne détenait 33 % de tous les brevets européens en matière de biotechnologies [21].

et quatre centres de recherche nationaux participent au *National Genome Research Network*, qui a reçu 175 millions de dollars (145 millions d'euros) entre 2002 et 2004 [16]. Cependant ces fonds provenaient de la vente d'une entreprise publique de télécommunications et, en raison de coupes budgétaires, le gouvernement pourrait rencontrer des difficultés à maintenir le réseau sous sa forme actuelle.

L'investissement régional est très fort du fait de la tradition fédéraliste de l'Allemagne. Les *Länder* soutiennent financièrement les universités et contribuent largement aux budgets des grands centres de recherche (tels que les instituts *Max Planck* et *Fraunhofer*, et la société *Leibniz*). Il est donc compréhensible que l'Allemagne ait choisi un plan d'action au niveau régional, le programme *BioRegio*, qui a créé des conditions favorables à la concurrence entre divers projets de coopération, regroupant l'administration, l'industrie et les acteurs de la finance. À la suite de cela, le transfert de biotechnologies a été encouragé dans dix-sept régions (ne correspondant pas aux *Länder*), conduisant au nombre total de *start-up* et d'entreprises le plus élevé d'Europe, à des efforts renouvelés de recherche et à la conception d'un nombre considérable de nouveaux produits en cours d'élaboration. La valeur réelle du plan d'action ne transparaît pas tellement dans l'augmentation du nombre d'entreprises mais plutôt dans le renforcement de la prise de conscience au-delà du secteur de la biotechnologie [45].

Néanmoins, un problème crucial reste encore à régler : malgré les efforts considérables entrepris dans le passé, les investissements restent insuffisants. Entre 1994 et 2002, le *Technologie-Beteiligungsgesellschaft* (TBG) a alloué au total 372,8 millions d'euros [46], sous forme de capitaux d'amorçage, à 170 entreprises en se basant sur un seul critère : avoir bénéficié de capital-risque en provenance d'une autre source. Le TBG applique maintenant des règles plus strictes envers les demandeurs d'aide et les capital-risqueurs disposent de moindres capacités. Aussi les prévisions sont-elles maintenant assez pessimistes pour de nombreuses entreprises trop petites et sous-financées, alors que

l'outil de financement alternatif, *Neuer Markt*, lancé en 1997 et utilisé par la plupart des entreprises publiques allemandes, a dû être abandonné en 2003.

En octobre 2003, le *Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit* (ministère fédéral de l'Économie et du Travail, BMWA) a reconnu la nécessité de stimuler les PME et a annoncé la création d'un fonds de 500 millions d'euros investi dans le capital-risque, tandis que le ministère fédéral de l'Éducation et de la recherche (BMBF) consacrerait 100 millions d'euros issus des revenus fiscaux à son programme *BioChancePLUS* pour cofinancer les projets des PME en matière de R&D [11, 12]. L'Allemagne compte néanmoins actuellement environ 360 entreprises biotechnologiques, dont vingt ont été nationalisées. Ces sociétés emploient 13 400 personnes (7 % de moins qu'en 2001) et ont un chiffre d'affaires combiné d'environ un milliard d'euros [47]. Entre 1997 et 2001, les entreprises allemandes ont réussi à obtenir pour six produits l'agrément de l'Agence européenne pour l'évaluation des médicaments (EMA), ce qui représente 30 % de tous les médicaments biotechnologiques agréés dans l'Union européenne [21].

En 1979, ont été proposées des règles de sécurité calquées sur les règles américaines, mais qui n'ont pas été adoptées par le ministère fédéral de la Recherche et de la Technologie (BMFT). Ce dernier a préféré opter pour un autocontrôle effectué par des experts et des représentants de l'industrie et du monde du travail. Cette approche est caractéristique d'un état « corporatiste » [42]. À la fin des années 80, sous la pression de manifestations de groupes d'opposition devant le Parlement, le gouvernement a été obligé de définir un cadre législatif peu réaliste en matière de génie génétique. Ces textes ont été vivement critiqués par l'industrie des biotechnologies, qui a fait pression pour obtenir une révision en profondeur des règles critiquées. Même la « *Gentechnikgesetz* » (loi sur le génie génétique) révisée en 1992 s'est avérée être la plus stricte d'Europe, à l'exception peut-être de la loi danoise, et elle a considérablement entravé le développement de produits⁵. La difficulté d'application des récentes directives de l'Union européenne montre que le climat politique n'a pas du tout évolué en Allemagne. L'opinion publique allemande a été fortement influencée par les groupes d'opposition, par la couverture médiatique partisane et par la peur de « manipulations génétiques » trouvant leur source dans les activités eugéniques conduites sous le régime fasciste.

NOTE

5. En 1993, les États-Unis avaient 130 produits biotechnologiques à but thérapeutique en cours d'élaboration et le Japon 80. L'Allemagne avait seulement quatre produits en essais cliniques [48].

L'Allemagne doit cependant prendre conscience du fait que l'industrie biotechnologique n'est ni le remède miracle permettant de diminuer massivement le chômage et de redynamiser l'économie qui tourne au ralenti, ni la catastrophe imminente dépeinte par des groupes d'opposition puissants. En outre, le pays doit faire face à un manque considérable de main-d'œuvre qualifiée et à l'attraction de l'énorme potentiel biotechnologique des États-Unis. L'Allemagne est cependant toujours loin de la phase de consolidation qui mettra à mal la plupart des *start-up* sous-capitalisées. Néanmoins, cette nation a réalisé des progrès considérables ces dix dernières années et va entrer dans la phase de maturité avec une forte base scientifique et une confiance renforcée.

Évaluation EPOHITE

Le secteur allemand des biotechnologies a bénéficié des mécanismes soutenant le secteur de la santé, de la croissance progressive des fonds publics destinés aux biotechnologies et de la formation du réseau des acteurs concernés par le développement des biotechnologies. La concentration sur les instruments de transfert de technologie et sur la disponibilité du capital financier a produit les résultats attendus. Même si le public apporte en général son soutien aux biotechnologies, les conditions relatives aux entreprises apparaissent trop réglementées. L'Allemagne n'a réalisé qu'une performance moyenne en matière de base de connaissance (7^e place), avec parallèlement un taux de croissance de 50 % en matière de publication, inférieur à la moyenne européenne (58 %), mais un taux de citation supérieur à la moyenne européenne. Les résultats indiquent un décalage entre l'évolution de la base de connaissance et les activités de commercialisation, l'Allemagne étant l'acteur industriel le plus fort en termes de nombre d'entreprises et de capital-risque collecté (au moins jusqu'en 2001). Aussi, malgré l'efficacité prouvée des instruments politiques mis en œuvre afin de stimuler la formation de réseaux et la commercialisation des résultats scientifiques, la performance modérée du système en matière de création de connaissance et la forte dépendance de certains acteurs industriels envers le capital-risque investi remettent-elles en question la possibilité de maintenir à long terme les activités industrielles [21].



CONCLUSION : UN RÉEL DÉVELOPPEMENT DES BIOTECHNOLOGIES DANS LES TROIS PAYS

Bien que s'appuyant sur des conditions préalables et des infrastructures de recherche différentes, ces trois pays ont choisi de développer leurs potentiels biotechnologiques et ont atteint des résultats similaires. Néanmoins, l'étude EPOHITE et les analyses comparatives réalisées sur vingt ans montrent des différences considérables dans le degré de performance. Ni les disparités dans le nombre d'entreprises, ni les différences dans l'apport de capital n'ont d'importance et même les approches politiques différentes, profondément ancrées dans les modes de gouvernement traditionnels, ne sont pas décisives. Le résultat le plus important des diverses études souligne que la biotechnologie est maintenant prise au sérieux par les mondes industriel et financier et les gouvernements des différents pays. Ces acteurs souhaitent coopérer de la meilleure façon possible, afin d'amener ce secteur important à maturité et d'en faire un domaine pleinement concurrentiel dans un monde où il va bientôt falloir compter avec d'autres concurrents que les États-Unis. Par conséquent, il n'y a ni perdant ni gagnant dans la course européenne, assez limitée en matière de biotechnologie : il n'y a que des concurrents forts, devant surmonter divers handicaps, notamment par la coopération internationale au niveau européen. Le résumé qui suit n'est donc pas un classement mais une liste de forces et de faiblesses, donnée à titre indicatif.

La France fait preuve de faiblesses dans le maintien de sa base de connaissance et surtout dans la protection des inventions universitaires par des brevets, qui est insuffisante. Même si les dépenses publiques pour la R&D en biotechnologie sont élevées, les problèmes administratifs et le manque de coordination entre les agences diminuent l'efficacité des investissements. La France a néanmoins réussi à créer un nombre important de PME et de pôles technologiques disposant d'infrastructures incubatrices.

Ayant démarré à un niveau déjà élevé d'innovation, le Royaume-Uni reste encore en première position en termes de qualité de la base de connaissance, de dépôts de brevets, de transfert de technologie et de gestion des affaires. Cependant, la politique de dépense publique assez inefficace, l'attraction limitée des capitaux privés et le manque de main-d'œuvre qualifiée ralentissent le développement industriel.

S'appuyant depuis longtemps sur ses industries chimiques et pharmaceutiques solides mais peu intéressées par les biotechnologies, l'Allemagne a dû rattraper son retard en assurant la promotion de sa base de connaissance, en permettant aux chercheurs universitaires de demander des brevets. Pour atteindre des résultats intéressants, ce pays a également dû stimuler le transfert de technologie en utilisant des programmes ingénieux. Malgré son succès quantitatif, la majeure partie de l'industrie biotechnologique allemande est comparativement faible et sous-financée. En outre, son évolution est menacée par la tendance traditionnelle à appliquer rigoureusement les lois. L'opinion publique allemande a rapidement pris conscience des risques potentiels des biotechnologies et a contribué au ralentissement du développement

de ce domaine durant les années 80. Dans le même temps, les opinions publiques française et britannique sont passées d'une appréciation positive de la technologie au scepticisme à l'égard des biotechnologies, ce qui bloque actuellement la commercialisation des cultures et des aliments OGM. Au Royaume-Uni, ce mouvement est renforcé par les activités de groupes puissants défendant les droits des animaux et empêchant certains projets de recherches biomédicales d'être menés à bien.

En n'utilisant pas pleinement son potentiel et en semblant avoir toujours un retard à combler, la France peut être considérée comme le moins efficace des trois pays. Le Royaume-Uni est le meilleur, mais ses performances ralentissent quelque peu. L'Allemagne, enfin, apparaît comme un concurrent venant de loin, disposant de fortes capacités et visant la première place en Europe. ■

| Indicateurs de base de connaissance utilisés pour le classement des performances | | | | | | | | |
|--|--|-----------|-----------------------------------|-----------|--|--------------------|--|-----------|
| | Publications Biotech par million d'habitants | | Citations par publication Biotech | | Proportion de publications de recherche fondamentale en Biotech par nombre total de publications Biotech | | Indicateur synthétique de base de connaissance | |
| | 1995-1996 | 1999-2000 | 1995-1996 | 1999-2000 | 1995-1996 | 1999-2000 | 1995-1996 | 1999-2000 |
| Autriche | 6,78 | 7,03 | 7,78 | 8,5 | 6,32 | 7,41 | 6,96 | 7,65 |
| Belgique | 7,92 | 8,49 | 8,62 | 7,44 | 7,94 | 7,28 | 8,16 | 7,74 |
| Danemark | 11,49 | 11,83 | 6,95 | 8,26 | 6,76 | 7,39 | 8,4 | 9,16 |
| Finlande | 11,5 | 11,1 | 8,3 | 7,65 | 7,03 | 7,21 | 8,94 | 8,65 |
| France | 6,34 | 6,01 | 6,74 | 7,36 | 8,36 | 8,64 | 7,15 | 7,34 |
| Allemagne | 5,66 | 5,77 | 7,59 | 7,64 | 8,56 | 8,11 | 7,27 | 7,17 |
| Grèce | 1,92 | 2,42 | 5,67 | 4,59 | 5,74 | 4,99 | 4,44 | 4 |
| Irlande | 5,06 | 5,48 | 6,02 | 7,62 | 4,45 | 5,45 | 5,17 | 6,18 |
| Italie | 4,02 | 4,08 | 7,03 | 6,49 | 6,16 | 6,58 | 5,74 | 5,7 |
| Pays-Bas | 11,58 | 9,85 | 7,8 | 7,9 | 7,86 | 6,31 | 9,08 | 8,02 |
| Portugal | 1,33 | 1,87 | 5,59 | 5,25 | 7,51 | 7,92 | 4,81 | 5 |
| Espagne | 3,54 | 4,04 | 4,73 | 5,59 | 7,96 | 7,73 | 5,41 | 5,8 |
| Suède | 14,31 | 13,83 | 8,05 | 7,24 | 7,13 | 7,21 | 9,83 | 9,43 |
| Royaume-Uni | 8,55 | 8,22 | 9,14 | 8,47 | 8,23 | 7,76 | 8,64 | 8,15 |
| | | | | | | Médiane européenne | 7,14 | 7,19 |

Source : Efficiency of innovation polycies in high technolgy sectors in Europe (EPOHITE) 2003.

- [1] **DECHEMA** (1976), *„Biotechnologie: eine Studie über Forschung und Entwicklung - Möglichkeiten, Aufgaben und Schwerpunkte der Förderung“*, ausgearbeitet im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie. 3rd ed., Deutsche Ges. f. Chem. Apparatewesen, Frankfurt/M.
- [2] **Pelissolo, J.-C.** (1980), *„La biotechnologie, demain?“*, Rapport à Monsieur le Premier ministre, Secrétariat d'état à la recherche, Paris.
- [3] **Spinks, A.** (1980), *„Biotechnology“*, Report of a joint working party, HMSO, London.
- [4] **European Commission** (1983), *„Plan by objective, by M.F. Cantley“* (XII-37/83/EN).
- [5] **Yoxen, E. J.** (1984), 'Assessing progress with biotechnology', in Gibbons, M. et al., *„Science and technology policy in the 1980s and beyond“*, Longman, London.
- [6] **Wess, L.** (2002), *„Germany to increase biotech funding“*, *Biocentury*, 24/6/02, p.A14.
- [7] **Pezet, A.** (2001), 'Budget 2002: priorité aux sciences de la vie', *Biotech.info*, 107, pp.1-2.
- [8] www.bbsrc.ac.uk/about/stats/Welcome.html
- [9] **Friedl, C.** (1995), 'Biotechnologie sucht Patentlösung', *VDI Nachrichten*, 29/9/95.
- [10] **Ernst & Young** (1995), *„Biotech 95: second annual Ernst & Young report on the European biotechnology industry“*, Ernst & Young
- [11] **Wess, L.** (2003), 'More tax money for biotech', *Biocentury*, 27/10/03, p.A13.
- [12] **Sheridan, C.** (2003), 'Germany biotech gets second chance', *Nature Biotech.*, vol. 21, pp.1414-15.
- [13] **anon.** (1998) 'French launch research initiative', *Scrip*, 2336, p.3.
- [14] **Ernst & Young** (2003), *„The European biotechnology report 2003: endurance“*, Ernst & Young.
- [15] **Haiech, J.** (2003) *„The French genomic programme and the National Network of Genopoles“*, Consortium National de Recherche en Génomique, Paris.
- [16] **Koenig, R.** (2001), 'A big boost for post-genome research', *Science*, vol.292, pp.29-30.
- [17] **anon.** (2002), *„UK funds genetic research parks“*, *Scrip*, 2715, p.3.
- [18] **INRA(Europe)** (1991), *„Opinions of Europeans on biotechnology in 1991“*, Report undertaken on behalf of the DG Science, Research and Development of the Commission of the EC, CUBE, Brussels.
- [19] **Gaskell, G., Allum, N., and Stares, S.** (2003), *„Europeans and biotechnology in 2002“*, Eurobarometer 58.0, Report to the EC DG for Research, 2nd ed., European Commission, Brussels.
- [20] **Enzing, C. M. et al.** (1999-2000), *„Inventory of public biotechnology R&D programmes in Europe“*, Vol. 1-3, European Communities, Luxembourg. (EUR 18886).
- [21] **Reiss, T. et al.** (2003), *„Efficiency of innovation policies in high technology sectors in Europe (EPOHITE)“*, Vol. 1-2, European Communities, Luxembourg. (EUR 20922).
- [22] **Monsan, P.** (2000), 'Twenty years of biotech in France', *Biofutur*, spec. issue, pp.27-31.
- [23] **McLeod, Z.** (1997), 'French government drops BioAvenir to kick-start small biotech', *Scrip*, 2289, p.3.
- [24] **McCabe, H.** (1999), 'France losing genome race, says report', *Nature*, vol.400, p.199.
- [25] **Haiëch, J.** (2003), 'Le programme Génomique: interface entre les secteurs académique et privé', *Biofutur*, 232, pp.50-53.
- [26] **Debril, A., and Perrier, J.-J.** (2000), 'Evry, ou la génomique à la française', *Biofutur*, 201, pp.16-19.
- [27] **EMBO** (2003) *„Review of the French Genopole system“*, European Molecular Biotechnology Organisation, Heidelberg.
- [28] **Chopplet, M.** (2001), 'Biotechnology and the bio-industry in France at the dawn of a new millennium', in *BioCommerce Data's biotechnology company compendium 2001/2: Europe*, BioCommerce Data, Slough.
- [29] **Hodgson, J.** (2001), 'French loan arranger seeks biotech posse' *Nature Biotech.*, vol. 19, p.1089.
- [30] **Lenoir, N.**, (2002), *„Relever le défi des biotechnologies“*, Rapport au Ministre Laurent Fabius, Paris.
- [31] **Sime, J.** (1999), 'Sustaining the growth of UK biotechnology', *Nature Biotech.*, vol. 17 p.442-43.
- [32] **Sainsbury of Turville, Lord** (1999), *„Biotechnology clusters“*, Minister for Science, London.
- [33] **anon.** (2000), *„UK proposals on innovation fail industry?“*, *Scrip*, 2567, p.5.
- [34] **Sainsbury of Turville, Lord** (2003), 'Royaume-Uni: maturité et ouverture', *Biofutur*, 236, pp.21-24.
- [35] **anon.** (2002), *„UK puts cash into stem cells, energy, and rural issues“*, Research Europe, 19/12/02, p.6.
- [36] **anon.** (2003), *„New UK group to boost biotech“*, *Scrip*, 2836, p.5.
- [37] **Sainsbury of Turville, Lord** (2003), 'Comment: The UK Government's strategic approach to the biotechnology industry', *Journal Commercial Biotech.*, vol. 9,3, pp.189-91.
- [38] **Hodgson, J.** (2001), 'UK keen to mimic German venture scheme', *Nature Biotech.*, vol. 19, p.495.
- [39] **Sample, I., and Meikle, J.** (2003), 'Brain drain threatens GM crop research', *The Guardian*, 25/9/03.
- [40] **anon.** (2003), 'Will UK biotech survive? The BIGT report', *Scrip*, 2904, p.6.

À lire

- [41] **Morris, R. W., and Schlüter, U.** (1989), *'The transfer of biotechnology in the Federal Republic of Germany'*, Bundesmin. f. Forschung u. Technologie, Bonn.
- [42] **Jasanoff, S.** (1985), 'Technological innovation in a corporatist state: the case of biotechnology in the Federal Republic of Germany', *Research Policy*, vol. 14, pp.23-38.
- [43] **Edgington, S. M.** (1995), 'Germany: a dominant force by the year 2000?', *Bio/technology*, vol. 13, pp.752-56.
- [44] **Freitag, J.** (2002), 'GABI - the German plant genome research program', *The Parliament*, 30/9/02, p.42.
- [45] **Schropp, C. G., and Conrad, J.**, (2001), 'Biotechnology in Germany - five years after BioRegio', *Gen.Eng.News*, vol. 21, no 16, pp.6+31+66+70.
- [46] **Wess, L.** (2002), 'Germany's shakeout', *Biocentury*, 21/10/02, pp.A1-A6.
- [47] **Wierzbicki, J.** (2003), 'La traversée du désert des entreprises allemandes', *Biofutur*, 236, pp.18-20.
- [48] **Kircher, M.** (1993), 'Zur Situation allgemeiner und angewandter Gentechnik in Deutschland', *BioEngineering*, vol. 9,2, pp.15-17.