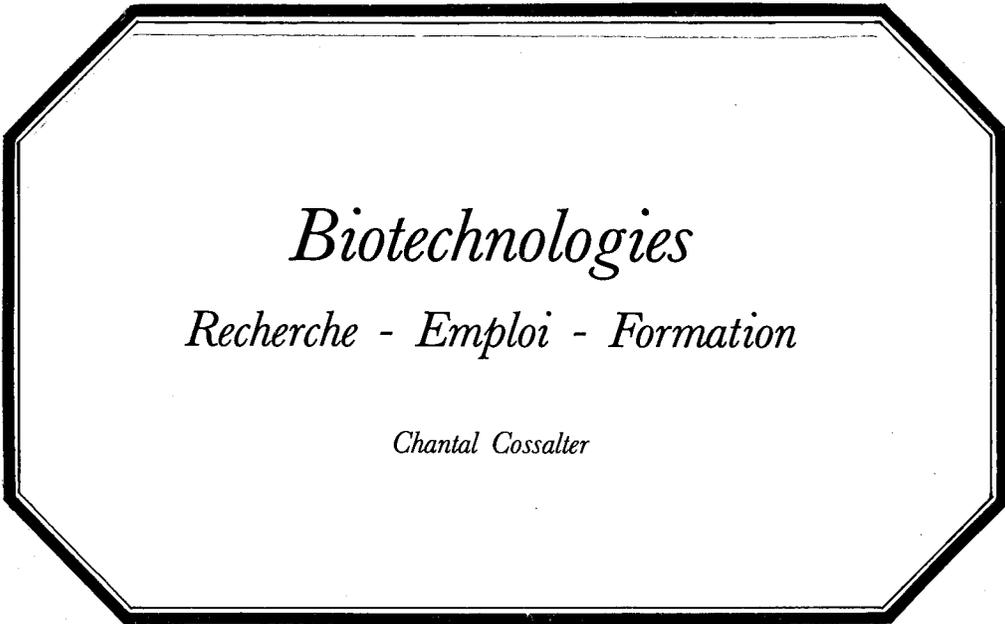

CENTRE D'ETUDES
ET DE RECHERCHES
SUR LES QUALIFICATIONS



Biotechnologies

Recherche - Emploi - Formation

Chantal Cossalter

FORMATION - QUALIFICATION - EMPLOI
COLLECTION DES ETUDES

Biotechnologies

Recherche - Emploi - Formation

Chantal Cossalter

*Cette étude a été réalisée par Chantal COSSALTER,
du département de la Qualification du Travail.*

*L'auteur tient particulièrement à remercier les
différentes personnes qui, en acceptant de la rece-
voir et de répondre à ses nombreuses questions,
ont contribué au bon déroulement de l'étude.*

Mai 1986

S O M M A I R E

1 - PRESENTATION DE L'ETUDE, SES OBJECTIFS	6
2 - PROBLEMATIQUE ET BASES THEORIQUES	6
2.1. Position du problème	6
2.2. Références et mode de représentation	8
3 - SPECIFICITE DES BIOTECHNOLOGIES	11
4 - DEMARCHE DE L'ETUDE	13
4.1. L'approche	13
4.2. Le mode d'analyse	14
5 - ORDONNANCEMENT DU RAPPORT	15

CHAPITRE I : Les biotechnologies : biosciences et bio-industries, secteurs d'application et de développement 17

1 - DEFINITIONS DE LA BIOTECHNOLOGIE	18
2 - LES BIOTECHNOLOGIES, DES BIOSCIENCES ET DES BIO-INDUSTRIES	19
2.1. Les biotechnologies : tradition et modernité	19
2.2. Les biosciences	21
2.3. Les biotechnologies diverses	22
2.4. Les bio-industries	26
3 - BIOTECHNOLOGIE ET ACTIVITE ECONOMIQUE	26
4 - SECTEURS D'APPLICATION ET DE DEVELOPPEMENT	28
4.1. Agriculture	28
4.2. Chimie	30
4.3. Agro-alimentaire	31
4.4. Energie	31
4.5. Environnement	32
4.6. Pharmacie santé	33
5 - EN CONCLUSION	34

CHAPITRE II : L'activité de recherche en entreprise 37

1 - LA MAITRISE DE L'ACTIVITE DE RECHERCHE PAR LES ENTREPRISES : INTERET DU THEME TRAITE	38
2 - DES ACTIVITES DE RECHERCHE DIFFERENTES	39
2.1. La recherche fondamentale	39
2.2. La recherche appliquée et de développement	40

3 - LA RECHERCHE : SITUATIONS DIVERSIFIEES SELON LES SECTEURS D'ACTIVITE ET LA TAILLE DES ENTREPRISES	41
3.1. Les secteurs d'activité	41
3.2. La taille de l'entreprise	45
4 - DES EVOLUTIONS DANS LA MAITRISE DE L'ACTIVITE DE RECHERCHE EN MILIEU INDUSTRIEL	46
4.1. Des activités différenciées de recherche internes à l'entreprise .	46
4.2. La circulation de l'information scientifique et technique	50
4.3. Les rapports entre le milieu industriel et la recherche publique .	55
5 - EN CONCLUSION	60

CHAPITRE III : L'EMPLOI ET LA FORMATION

63

1 - L'EMPLOI ET LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIE : COMMENT EN PARLER	64
2 - L'EMPLOI EN BIOTECHNOLOGIE	64
2.1. Remarques générales	64
2.2. Biotechnologie et technologies associées : l'exemple de l'automatisation	67
3 - LE PROBLEME DE L'EMPLOI ET DE LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIE	74
3.1. L'occasion pour l'exemple d'un dysfonctionnement	74
3.2. Les spécialités - les profils	76
4 - PERSPECTIVES D'EMPLOI ET PROSPECTIVE POUR LA FORMATION	81
4.1. A court et long terme, l'emploi	81
4.2. Et la formation	82
5 - EN CONCLUSION	84

CONCLUSION

85

1 - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETUDE	86
2 - PROBLEMES ET PERSPECTIVES	88

ANNEXE I : Dispositif d'enquête

91

ANNEXE II : Biotechnologies : situation internationale

95

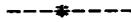
ANNEXE III : L'offre de formation et de recherche

109

BIBLIOGRAPHIE

137

INTRODUCTION



1 - PRESENTATION DE L'ETUDE : SES OBJECTIFS

Le présent rapport a pour objet de rendre compte de la "production technologique" dans un champ particulier à savoir : les biotechnologies. Dans cette étude, il s'agissait d'appréhender les relations instaurées/s'instaurant entre les principaux acteurs prenant en charge le développement et la mise en place des biotechnologies et les problèmes existants du point de vue de la mobilisation des connaissances et des compétences.

Le premier objectif de l'étude était de définir plus précisément et concrètement ce que nous nommons : la production technologique. C'est ce à quoi nous nous sommes attachés dans cette introduction.

2 - PROBLEMATIQUE ET BASES THEORIQUES

2.1. - Position du problème

2.1.1. - Mode d'approche des technologies nouvelles

Habituellement, les technologies nouvelles sont appréhendées en termes d'utilisation. Aussi par suite, sont menées les analyses de leurs implications et de leurs conséquences sur l'emploi et la formation. Cette approche s'exprime en termes de causalité simple selon un certain déterminisme technique ou de manière plus évoluée en termes de médiation selon les divers facteurs intervenant de façon imbriquée dans les formes de diffusion et d'utilisation des technologies à travers les entreprises et les situations de travail.

D'une manière ou d'une autre, la technologie est considérée en soi comme produit dont seuls les développements - transformations - diffusions en milieu industriel (ou plus largement de travail) sont pris en considération. Et ainsi, les problèmes de main-d'oeuvre du point de vue de la mobilisation des connaissances et des compétences sont posés en termes d'adaptation ou d'adaptabilité aux changements technologiques.

Selon cette approche, tout se passe alors comme si la technologie dans sa génération appartenait à un monde étranger au milieu industriel ou de travail où celle-ci ne serait que transformée, diffusée et utilisée.

2.1.2. - Approche de la présente étude

La perspective de cette étude a été autre. Nous avons essayé de nous intéresser à la production technologique non pas au sens restreint du terme (le produit technologique), mais à celui des rapports générant la technologie. Nous faisons là référence aux relations entre les différentes instances institutionnelles prenant en charge ce phénomène. Il s'agit alors tant du développement et de la mise en place des technologies que de la production et de la transmission des savoirs la concernant.

Le repérage des terrains d'enquête s'est pour cela, appuyé sur la notion de processus. En effet, par production technologique, nous entendons : le processus de recherche - conception - fabrication - commercialisation - utilisation de la technologie concernée. Ce processus se matérialise et peut être identifié dans un axe :

- **trans-institutionnel** : les différents partenaires publics et privés agissant pour une part ou en totalité dans le processus.

Exemple : unités d'enseignement et de recherche, laboratoires de recherche fondamentale et finalisée, entreprises industrielles avec recherche et/ou fabrication et/ou utilisation en biotechnologie, sociétés d'ingénierie ou de consultance.

- **trans-organisationnel** : les découpages intra-entreprises (services de recherche / fabrication / commercialisation /...).
- **trans-professionnel** : les différentes catégories de personnel mettant en oeuvre ce processus.

Ainsi en d'autres termes, cette approche par le processus tend à cerner les différents lieux et acteurs institutionnels, organisationnels et professionnels prenant en charge la production technologique.

2.2. - Références et mode de représentation

La perspective de ce travail s'insère dans les réflexions actuelles sur les rapports science- technologie - société et tout particulièrement sur l'un des termes-clés : la technologie.

La technologie apparaît comme la forme et le mode d'intégration de la science et de la production, comme le lieu de réunion de l'un et de l'autre ou de médiation de leurs rapports.

Cette définition ou cette appréciation rend compte de manière succincte d'un processus de transformation de la science comme de la production, transformation qui revêt des aspects divers au regard du problème que nous avons posé.

2.2.1. - D'une science à l'autre et d'une production à l'autre

Dans l'histoire des sciences comme de la production et l'histoire de leurs rapports, peuvent être repérés deux moments définis, l'un par la "science de la découverte", l'autre par la "science de la transformation" (1). Pour le premier de ces moments, la science et la production opèrent dans des champs séparés, les relations qu'elles peuvent entretenir sont malaisées et s'établissent selon des médiations complexes et aléatoires. L'industrie se fonde sur un "pragmatisme technique à base d'expérience et d'ingéniosité". A ce pragmatisme technique s'est substituée la production fondée sur la science, se sont développées les recherches intégrées aux systèmes de production.

(1) KARPIK L. - "Le capitalisme technologique" in Sociologie du travail, n°1. 1972.

2.2.2. - De la technique à la technologie

A cette dichotomie et à cette substitution science de la découverte et science de la transformation liée à la production, s'apparente le couple technique et technologie.

Avec la technique, on se réfère à une production qui ne fasse pas systématiquement usage de connaissances établies antérieurement. Avec la technologie, il s'agit d'une production dont les conditions théoriques sont fournies par les sciences. "La production en phase technologique est caractérisée par le fait qu'elle est idéalement subordonnée aux sciences de sorte qu'elle résulte de l'application d'un plan idéal d'activité avant que l'activité de production n'ait commencé" (1).

L'intégration de la science à la production s'opère par la technologie. La technologie signifie la traduction de connaissances et de méthodes scientifiques en termes de production.

2.2.3. - Scientification de la production et technicisation de la science

Tandis que le développement des sciences contribue de manière indispensable à celui de la production, dans et pour les recherches scientifiques doivent être conçues des techniques de précision qui leur sont tout aussi indispensables. Ainsi avec cette scientification de la production et cette technicisation de la science, "la science et la technique sont entrées dans une relation de double dépendance réciproque et se trouvent couplées dans un double processus de feed-back" (2).

(1) CICCOTTI G., CINIM., DE MARIAM., JONA-LASINIO G. - L'araignée et le tisserand. Paradigmes scientifiques et matérialisme historique. TF / Seuil 1979.

(2) HABERMAS J. - La technique et la science comme idéologie. TF / Gallimard 1973

Cette double dépendance réciproque de la science et de la technique rend compte de l'émergence d'un "système scientifique et technique" où "l'utilisation des lois de la nature repose toujours plus sur la compréhension théorique de ces lois, tandis que la recherche scientifique est devenue dépendante pour sa progression théorique d'une instrumentation et d'un appareillage compliqués" (1).

2.2.4. - La détermination de la science

Avec l'intégration de la science à la production, "le couplage de la science et de la technique devient une des principales forces productives" (2). Et émerge avec l'association de la science, de l'industrie et de la stratégie, "le triangle le plus puissant et le plus productif qu'ait jamais mis en place l'histoire". Il est le produit "de tous les multiplicateurs : l'innovation théorique, la série industrielle, la surenchère stratégique" (3).

En effet, la science dans ses développements est déterminée selon des planifications stratégiques, des décisions politiques. L'état devient un partenaire de premier ordre tout particulièrement en orientant les recherches fondamentales avec la définition et la promotion de programmes et de projets.

Avec le passage de la science de la découverte à celle de la transformation et l'intégration de la science et de la production, "la science perd son indétermination" (4).

(1) CHESNAY F. - "Réflexions sur le concept de système scientifique et technique" in Recherche et progrès technique. Economica 1979.

(2) HABERMAS J. - Op. cit.

(3) SERRES M. - La traduction, Hermès III. ED. de minuit 1974.

(4) Ibid.

2.2.5. - Production et transmission du savoir

Liées aux phénomènes évoqués précédemment, dans un même moment et un même mouvement, les conditions et les finalités de la production et de la transmission du savoir se transforment.

La production du savoir s'opère selon la logique de la technologie c'est-à-dire dans une interdépendance de la science et de la technique, dans des liaisons multiformes entre la recherche fondamentale et l'application industrielle.

La transmission du savoir par l'enseignement tend à s'opérer selon un critère de "légitimation par la performativité" (1). En effet, selon la logique à l'oeuvre dans le processus de détermination de la science, l'enseignement doit avoir pour finalité de contribuer à la meilleure performativité du système socio-économique. L'enseignement doit donc fournir les savoirs et les compétences qui sont nécessaires à celui-ci. En témoignent actuellement les orientations vers la professionnalisation dans l'enseignement supérieur et les projets d'amélioration du système par la formation permanente.

3 - SPECIFICITE DES BIOTECHNOLOGIES

Les biotechnologies dérivent de méthodes traditionnelles et empiriques qui bénéficient aujourd'hui du développement des connaissances relatives aux cellules vivantes dont l'exploitation rationnelle est désormais possible.

En fait, le terme de biotechnologie a émergé avec les possibilités de plus en plus larges de concevoir la transposition technologique systématique des découvertes et des connaissances en biologie notamment en biologie cellulaire et moléculaire, et en génétique.

(1) LYOTARD J.F. - La condition post-moderne. Rapport sur le savoir - Ed. de minuit. 1979.

Généralement quand une technologie émerge de la recherche fondamentale, de nombreuses années se sont passées pour aboutir à des applications pratiques. En effet, le plus souvent de longs délais sont nécessaires pour la mise en place d'étapes de développement, de recherche appliquée, de conception de prototypes et au stade ultime pour la fabrication et la commercialisation.

A contrario, en biotechnologie, les résultats obtenus, par exemple à partir des premières expériences de recombinaison génétique, ont été appliqués très rapidement (même si la production industrielle de substances d'intérêt économique se situe dans un avenir encore lointain).

Et le génie génétique se trouve être en position d'interface de la recherche la plus fondamentale et de possibilités d'exploitation commerciale quasi instantanées, aussi les processus et les procédures institutionnels de développement, de mise en place etc., se trouvent ainsi transformés.

Il ne s'agit pas d'une spécificité ontologique des biotechnologies qui ferait qu'elles seraient plus que d'autres propres et prêtes à ces nouveaux rapports entre la recherche fondamentale et l'exploitation industrielle. Mais il semble plutôt qu'il soit raisonnable et raisonné de dire qu'il s'agit là de l'avènement de nouveaux rapports sociaux entre les différents stades de développement des sciences et de la production. En bref, il semble que les biotechnologies apparaissent comme un cas exemplaire des phénomènes de transformations relatifs à la science et à la production, phénomènes que nous évoquions précédemment en termes d'hypothèses. C'est ainsi que le développement actuel des biotechnologies, qui suscite maints discours mass-médiatiques ainsi que maints projets étatiques, est apparu comme un terrain privilégié pour tenter d'observer et d'analyser les relations nouvelles s'instaurant entre les différents partenaires de la production technologique, au sens où nous l'entendons.

4 - DEMARCHE DE L'ETUDE

4.1. - L'approche

Cette approche a été double :

D'une part, il a fallu se livrer à un important effort de documentation tant du point de vue de l'information scientifique, technique et économique, que de celui des informations concernant les projets actuels de développement des biotechnologies, les instances les prenant en charge. Il a été aussi nécessaire de dresser un inventaire aussi complet que possible des formations afférentes au sujet traité.

D'autre part, l'étude a été poursuivie avec des observations dans différents lieux institutionnels prenant part à la production (bio) technologique.

Le repérage des terrains d'enquête s'est appuyé sur la notion de processus de production technologique (Cf. définition p. 7).

Dans ces différents lieux ou terrains d'enquête, l'étude s'est poursuivie à l'aide d'entretiens (Cf. Dispositif d'enquête - Annexe I p. 91) -.

Ce repérage selon la notion de processus ne recouvre pas ce que l'on nomme filière tout du moins selon l'acceptation suivante : "un ensemble articulé d'activités économiques intégrées, intégration consécutive à des articulations de marchés, technologies et capitaux" (1).

(1) TOLENDANO J. - "A propos des filières industrielles" in Revue d'Economie Industrielle n° 6 - 4ème trimestre 1978 -.

Certains s'interrogent même sur la pertinence de la notion de filière pour la biotechnologie, car en biotechnologie il s'agit d'un croisement de techniques à développement foisonnant, fait d'une multitude de disciplines qui s'enchevêtrent. Quant au marché, il est encore le plus souvent à créer.

4.2. - Le mode d'analyse

L'analyse des informations recueillies selon le mode évoqué précédemment et décrit en annexe a été organisé selon quelques thèmes privilégiés correspondant aux divers pans de la problématique.

D'un point de vue général nous nous sommes attachés à fournir un compte rendu de type documentaire sur les biotechnologies en tant que sciences et technologies, leur insertion dans l'économie, les secteurs d'activité concernés, les évolutions actuelles et virtuelles.

D'un point de vue plus particulier, nous avons cherché à rendre compte, d'une part, des évolutions dans la maîtrise des activités de recherche dans les entreprises à l'occasion du développement des biotechnologies, d'autre part, des problèmes d'emploi et de formation que posait ce développement technologique.

Afin de lever toute ambiguïté quant au statut de ce rapport, il faut noter que si les informations délivrées ici ont un caractère prospectif au sens où nous nous sommes attachés à repérer les émergences de phénomènes nouveaux dans l'activité de recherche ainsi qu'à recueillir des données quant aux possibles emplois en biotechnologie, par contre cette étude n'a pas été menée selon une méthode prospective. Le développement très restreint des biotechnologies dans les entreprises ne permettait pas qu'à partir de l'analyse d'une réalité limitée l'on projette les réalités futures. Dans le domaine du travail et de

l'emploi, tout particulièrement, une telle approche n'était guère possible. Dans ce domaine donc, il a fallu en rester au niveau d'un compte rendu des discours des industriels avec tous les aléas qu'il suppose (1).

5 - ORDONNANCEMENT DU RAPPORT

Le compte rendu des résultats de cette étude a été ordonné selon les thèmes d'investigation privilégiés.

Chapitre 1 - Les biotechnologies : biosciences et bio-industries, secteurs d'application et de développement. Dans ce chapitre nous nous efforçons de livrer une information de base sur les biotechnologies, leurs conditions d'émergence et de développement, et de situer cette évolution en tant qu'activité économique selon les différents secteurs d'activité.

Chapitre 2 - L'activité de recherche en entreprise. Dans ce second chapitre sont mises en relief les positions différenciées des différents secteurs d'activité concernés par le développement des biotechnologies en matière de recherche ainsi que les évolutions qui se dessinent actuellement dans la maîtrise de cette activité.

Chapitre 3 - L'emploi et la formation. Dans ce dernier chapitre nous tentons de faire le point sur les problèmes qui peuvent se poser en termes d'emploi et de formation en liaison avec le développement des biotechnologies.

(1) Pour cette raison dans la suite de ce rapport, il sera fait très expressément référence à ces discours.

Conclusion - Elles s'efforcent de dégager, à partir du cas exemplaire du développement des biotechnologies, les transformations émergentes actuellement dans les relations entre le milieu industriel et le système public de recherche et d'enseignement et les problèmes qui ne manquent pas de se poser.

Annexes

Afin d'alléger le corps principal du rapport tout un pan de l'information nécessaire à la compréhension du développement des biotechnologies et aux problèmes qu'il pose a été organisé en annexe.

Annexe I - Le dispositif d'enquête. Il s'agit là des précisions quant à la façon dont ont été réalisées les enquêtes de terrain.

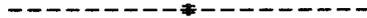
Annexe II - Biotechnologies : situation internationale. La dimension internationale du développement des biotechnologies engageait à ce que nous situions celui-ci selon différents pays ou groupes de pays en fonction des aspects tant industriels que de recherche.

Annexe III - L'offre de formation et de recherche. Il s'agit là d'un inventaire aussi exhaustif que possible des moyens actuels de formation et de recherche en matière de biotechnologie.

Bibliographie

CHAPITRE I

**LES BIOTECHNOLOGIES : BIOSCIENCES ET
BIO-INDUSTRIES, SECTEURS D'APPLICATION ET DE DEVELOPPEMENT**



1 - DEFINITIONS DE LA BIOTECHNOLOGIE

Le plus couramment, la biotechnologie est définie comme l'utilisation de cellules vivantes (micro-organismes, cellules végétales ou animales, ou parties de cellules, enzymes) à des fins industrielles ou de gestion de l'environnement.

Les biotechnologies recouvrent l'ensemble des méthodes, des techniques et des procédés permettant d'accélérer et de faciliter les bioconversions et la mise en oeuvre efficace des biocatalyseurs.

La bioconversion est une conversion chimique réalisée par des organismes vivants grâce à la catalyse des enzymes contenues dans les micro-organismes. Les bioconversions ne sont possibles qu'à l'aide de biocatalyseurs.

Un catalyseur est une substance produite par les cellules vivantes (généralement une enzyme) capable d'accélérer certaines réactions chimiques de manière spécifique.

On distingue trois types de biotechnologies :

. Les biotechnologies légères concernent les technologies d'analyse, de détection et de mesure. Elles impliquent des appareillages mettant en oeuvre des techniques autres que les techniques biologiques et notamment celles issues de la physique, de l'électronique ou de la chimie.

. Les biotechnologies lourdes s'emploient généralement dans un environnement de type industriel. Elles mettent en oeuvre des bioréacteurs couplés à des systèmes de régulation (fermenteurs, cytotculteurs). Elles facilitent les bioconversions et la mise en oeuvre des biocatalyseurs à l'échelle industrielle.

. Les biotechnologies de support permettent l'apport d'énergie, l'extraction des produits fabriqués et leur purification. Elles comprennent notamment les régulations électroniques des bioréacteurs.

Enfin, on définit les bioproductions comme les résultats de la mise en oeuvre des biotechnologies. Elles sont principalement de type :

- agro-alimentaire : substances consommables par les animaux et les êtres humains.
- agro-énergétique : conduisant à des biocombustibles gazeux, liquides ou solides, servant à actionner des machines contrôlées par l'homme.

2 - LES BIOTECHNOLOGIES, DES BIOSCIENCES ET DES BIO-INDUSTRIES

2.1. - Les biotechnologies : tradition et modernité

2.1.1. - Les biotechnologies traditionnelles

Le terme de "biotechnologie" a émergé avec les possibilités de plus en plus importantes de concevoir la transposition technologique systématique des découvertes et des connaissances en biologie.

Depuis très longtemps si ce n'est depuis toujours les hommes ont utilisé les fermentations. Dès la domestication des animaux destinés à l'alimentation et les premiers développements de l'agriculture ont été mises en oeuvre des pratiques de stockage et de transformation des produits animaux et végétaux. Les fermentations (c'est-à-dire tout processus par lequel des matières organiques - en général de nature végétale - sont transformées en produits par une action constituée de souches de micro-organismes sélectionnés) étaient alors de type empirique, engendrées par des micro-organismes, des bactéries, des levures ou des champignons non pathogènes.

Jusqu'au 19^{ème} siècle, les "biotechnologies" restent empiriques en dépit de la maîtrise acquise dans leur mise en application. Avec Pasteur il y a une transformation radicale des "biotechnologies" d'art en science appliquée, de pratique artisanale en pratique industrielle, s'ouvre alors l'ère des "biotechnologies modernes". Pasteur démontre la primauté des micro-organismes. La fermentation est connue ou reconnue comme un processus relevant du "vivant" et non de la chimie pure.

Ainsi la bio-industrie n'est pas un phénomène résolument nouveau, mais le fait essentiel est que jusqu'à présent son développement était principalement basé sur l'utilisation et la sélection des souches bactériennes pour la mise en oeuvre de fermentations industrielles.

2.1.2. - Les biotechnologies modernes

Les biotechnologies modernes résultent du développement des connaissances concernant les cellules vivantes du point de vue :

- de leur métabolisme
- de leur maîtrise croissante avec les progrès du génie génétique
- de leur manipulation et de leur économie.

Les bases fondamentales des biotechnologies modernes sont liées :

- au développement du domaine d'application de la biologie fondamentale c'est-à-dire la connaissance des êtres vivants au plan structurel et fonctionnel.
- aux progrès réalisés notamment avec la biologie moléculaire pour leur exploitation.

Ainsi les biotechnologies dérivent des fermentations et donc de méthodes traditionnelles et empiriques qui bénéficient du développement des connaissances relatives aux cellules vivantes dont l'exploitation rationnelle est désormais possible.

2.2. - Les biosciences

La biologie moderne regroupe différentes disciplines telles que : la biochimie, la biophysique, la génétique, la cytologie, l'enzymologie, la microbiologie, la biologie moléculaire et cellulaire, la physiologie, l'immunologie, l'endocrinologie, la morphogénie, l'embryologie, etc...).

Ce qui a été nommé la "révolution biologique" est marqué principalement par les développements de :

. la biologie moléculaire qui s'est concentrée sur les interactions entre les différentes molécules et macro-molécules constituant les cellules, le code génétique, la transmission de l'information génétique et les interactions entre l'acide désoxyribonucléique (ADN) et les enzymes, agents d'exécution du message héréditaire.

. la biologie cellulaire qui est l'étude des interactions et des communications biologiques. Avec la biologie cellulaire on cherche à comprendre comment les cellules communiquent entre elles dans les tissus où elles vivent, ce qu'il en est des interactions intra-cellulaires.

. la génétique résulte de la convergence de plusieurs disciplines : la biologie moléculaire, l'enzymologie, et certaines techniques issues de la physique. Il s'agit de reprogrammer les types d'interactions cellulaires mises en évidence par la biologie moléculaire et la biologie cellulaire.

Les biotechnologies ont ainsi un statut pluridisciplinaire. Elles se développent en appui et en relations principalement avec :

- la biochimie : étude des molécules et de leurs actions ;
- la microbiologie : étude des micro-organismes (bactéries, champignons, levures), sélection des souches, génétique classique, physiologie microbienne et étude du métabolisme ;
- la génétique : étude des gènes et de la modification du patrimoine génétique d'un organisme vivant pour lui donner des propriétés nouvelles ;
- l'enzymologie

. Les sciences pour l'ingénieur :

informatique, automatique,
construction d'appareillages.....

2.3. - Les biotechnologies diverses

Citons parmi les plus importantes :

. le génie biochimique

. le génie microbiologique : une souche possède ses caractéristiques propres liées à son patrimoine génétique et à ses systèmes de régulation. Il s'agit alors de la placer dans des conditions telles qu'elle puisse "s'exprimer" totalement ou du moins qu'elle puisse exprimer le maximum de ses potentialités, étant donné que l'exploitation industrielle a ses contraintes propres.

. le génie génétique : il consiste à modifier au moyen de réactions biochimiques artificielles le patrimoine génétique des bactéries afin de leur faire exécuter des tâches précises - des synthèses biochimiques par exemple - différentes de celles qu'elles accomplissent habituellement.

Le génie génétique est issu directement des progrès de la biologie moléculaire. Parmi les principaux résultats des expériences de recombinaison génétique citons :

- la connaissance de la structure et du fonctionnement des gènes eucaryotes ;
- le diagnostic prénatal par l'analyse des gènes ;
- la production de protéines ou de peptides d'intérêt biologique ;
- le développement de l'agronomie en liaison avec celui du génie génétique.

. le génie enzymatique : les enzymes sont des substances organiques produites par les cellules vivantes qui ont le pouvoir de catalyser des réactions chimiques spécifiques. Les enzymes synthétisent ou fractionnent des composés chimiques en les transformant d'un type en un autre. La transformation d'un composé requiert assez fréquemment la coopération d'un certain nombre d'enzymes. La quasi-totalité des réactions dans les organismes vivants est catalysée par des enzymes. Les enzymes sont les seuls catalyseurs biologiques existants (la bioconversion en fermenteur notamment est le résultat de réactions enzymatiques).

La spécificité des enzymes et leur aptitude à catalyser à température et pression ambiantes des réactions qui demanderaient des investissements énergétiques importants pour se dérouler spontanément, expliquent le développement récent de recherches visant à des applications analytiques et industrielles.

Les applications industrielles potentielles nombreuses des enzymes se sont trouvées considérablement limitées pendant un temps dans la pratique du fait de leur coût élevé et de leur relative instabilité.

L'utilisation industrielle des enzymes "libres" (ou instables) est concentrée sur un type de produits : les détergents. Ces enzymes sont également employées de façon marginale dans l'industrie alimentaire, du textile, du cuir et du papier.

Les diverses techniques d'immobilisation des enzymes sur les supports non poreux (gels, micro-supports ou résines) ce qui leur donne une durée de vie de plusieurs mois, voire plusieurs années, permettent :

- une nette stabilisation de l'activité catalytique ;
- la possibilité de catalyser des réactions à l'échelle industrielle avec une enzyme récupérable ;
- un fonctionnement en continu ;
- la possibilité de mieux contrôler la formation d'un produit ;
- l'ouverture de nombreuses variables ingénieriques ;

- de meilleures possibilités d'automatisation de la purification du produit sans qu'il soit besoin de procéder à des fractionnements longs et coûteux.

Ces développements en génie enzymatique (visant à l'amélioration de la productivité des enzymes) conduisent à des possibilités nouvelles d'utilisation industrielle et à un effondrement des coûts. Ainsi des possibilités telles que :

- la synthèse ou la modification de molécules à haute valeur ajoutée comme les antibiotiques, les vitamines, les stéroïdes et toutes autres molécules organiques, en pharmacie ;
- l'utilisation de leur pouvoir catalytique dans des solvants non aqueux en chimie organique par exemple ;
- la synthèse ou la modification d'arômes et de parfums dans l'industrie de l'alimentation et des cosmétiques ;
- le traitement des résidus et pesticides et de polluants dans les secteurs de l'environnement et de l'industrie agro-alimentaire.

Les développements et les innovations en matière de technologie enzymatique permettent non seulement d'utiliser des enzymes dans de meilleures conditions là où ils l'étaient déjà dans le passé mais aussi de les employer dans des domaines complètement nouveaux comme la chimie fine.

2.4. - Les bio-industries

Elles ont été créées par les développements récents de la biologie.

Il s'agit d'industries utilisant les substrats naturels (déchets agro-alimentaires, matières végétales résultant de la photo-synthèse, biomasse, bactéries, algues, champignons) afin de produire des substances biologiques (naturelles ou modifiées) soit par synthèse, soit par hémisynthèse (ou bio-conversion) soit par extraction ou purification à partir de micro-organismes.

La bio-industrie signifie également la mise en oeuvre de modèles biologiques copiant les processus du vivant dans le but d'accroître l'efficacité de certains processus industriels.

Les réactions et les processus de base mis en oeuvre par la bio-industrie se réalisent à des températures moyennes compatibles avec la vie, utilisant peu d'énergie et tirent profit des catalyseurs de grande capacité (enzymes, ions minéraux).

3 - BIOTECHNOLOGIE ET ACTIVITE ECONOMIQUE

Les biotechniques traditionnelles de fermentation concernent déjà une activité économique importante. Le perfectionnement, l'intensification et l'automatisation des biotechnologies classiques comme les fermentations microbiennes ainsi que le développement des biotechnologies modernes contribuent au développement de la bio-industrie c'est-à-dire les interventions des procédés biologiques dans l'activité industrielle.

Les biotechnologies modernes constituent un moyen pour développer des produits :

- existants, dans des conditions économiques nouvelles ;
- nouveaux, inaccessibles par des procédés autres que biologiques.

De façon traditionnelle ou de manière plus nouvelle, les biotechnologies ont comme principaux secteurs d'application :

- l'agriculture ;
- l'agro-alimentaire ;
- la chimie ;
- la pharmacie ;
- l'environnement ;
- l'énergie.

Les biotechnologies traditionnelles concernent principalement la fabrication d'aliments et de boissons fermentés. En Occident, il y a eu jusqu'à maintenant peu d'investissement pour les biotechnologies modernes dans ce domaine, à la différence du Japon (Cf. Annexe 2 - Biotechnologies : situation internationale) où sur des bases traditionnelles ont été poursuivis de grands développements en microbiologie industrielle.

Les biotechnologies modernes concernent un ensemble de secteurs d'activité susceptibles de développements nouveaux du point de vue des procédés ou des produits :

- agriculture (semences et bio-pesticides) ;
- agro-alimentaire (produits sucrants, arômes et additifs) ;

- pharmacie (antibiotiques, dérivés de l'immunologie, hormones, vitamines) ;
- énergie - matières premières (récupération) ;
- environnement (dépollution - protection).

4 - SECTEURS D'APPLICATION ET DE DEVELOPPEMENT

4.1. - Agriculture

Actuellement, les biotechnologies concernent de manière effective l'industrie des semences et des bio-pesticides avec comme objectif : l'augmentation des rendements. En effet, en agriculture, la biotechnologie n'est pas un phénomène nouveau mais de nouvelles technologies issues de la biologie moléculaire, de la culture des cellules végétales et du génie génétique devraient avoir des applications au cours des vingt prochaines années. Ces nouvelles technologies ne se substitueront pas aux anciennes, plus classiques, mais en s'y associant leur apporteront un renouveau d'efficacité.

Ces développements seraient ainsi :

. dans l'industrie des semences qui assure la création, la sélection et la multiplication des variétés végétales,

- raccourcissement du cycle normal de sélection par obtention accélérée de plantes homozygotes ;
- mélange du patrimoine génétique de deux espèces ou variétés par fusion de protoplastes ;

- introduction et expression dans les cellules végétales de gènes étrangers isolés de micro-organismes, de plantes ou d'animaux par les techniques du génie génétique ;
- extension des techniques de multiplication végétale in vitro ;

. dans l'industrie des pesticides en assurant une lutte biologique c'est-à-dire réduire les espèces nuisibles par développement de leurs ennemis.

. dans l'élevage en assurant l'amélioration des espèces animales avec :

- les vaccins ;
- le contrôle de la reproduction après la méthode d'insémination artificielle, celle du transfert d'embryon.

Un développement intéressant des biotechnologies en agriculture concerne la fixation de l'azote atmosphérique. Ceci permettrait de réduire les consommations intermédiaires de l'agriculture et ainsi les dépenses en énergie fossile. Trois voies de recherche sont envisagées pour améliorer la fixation de l'azote atmosphérique :

- amélioration de l'efficacité des symbioses existantes ;
- création de nouvelles symbioses avec les plantes autres que légumineuses ;
- fixation directe de l'azote atmosphérique par les végétaux supérieurs.

4.2. - Chimie

L'ensemble de la chimie est concernée à tous les stades de la production : fourniture de matières premières, nouvelles filières de production, amélioration des procédés existants, obtention de nouveaux produits...

Actuellement les biotechnologies sont impliquées principalement dans la production de :

- dérivés industriels de l'amidon (cosmétologie, textiles, colorants etc...) ;
- biopolymères à usage industriel (abrasifs, lubrifiants, adhésifs, traitement des boues de forage) ;
- enzymes à usage industriel (détergents).

Les biotechnologies ne semblent pouvoir se développer largement dans le secteur de l'industrie chimique que si les rapports de coût entre matières premières utilisées dans les voies de synthèse et celles des voies fermentaires se modifient.

En chimie lourde, on prévoit l'utilisation de nouvelles matières premières (matières plastiques...), la filière cellulosique (bois, déchets) pourrait remplacer partiellement la filière pétrochimique.

En chimie fine, le secteur privilégié des biotechnologies est celui des enzymes. Les enzymes sont produites par fermentation et sont destinées principalement à l'industrie des détergents (protéases) et à l'industrie alimentaire (isomérase pour la production d'isoglucose, présure pour la fromagerie, pectinase pour la clarification des jus de fruits). On prévoit la production de nouveaux produits en chimie fine tels que les produits aromatiques, cosmétiques...

4.3. - Agro-alimentaire

Les biotechnologies sont impliquées dans les secteurs traditionnels utilisant les techniques de fermentation (industries vinicoles, brassicoles, laitières,...) et dont les procédés de fabrication seront modifiés par le développement des biotechnologies modernes.

Il en est de même pour les secteurs moins traditionnels situés aux frontières de la chimie fine qui produisent des additifs au sens large (principalement alimentaires) et utilisant largement le génie biochimique, le génie microbiologique et le génie enzymatique. Telles les industries fabriquant :

- les produits dérivés de l'amidon de maïs (acides aminés, organiques) ;
- les protéines d'organismes unicellulaires destinées à l'alimentation animale ;
- les levures de distillerie ;
- les produits issus du lactosérum.

Dans ce secteur comme dans celui de la chimie, l'intérêt économique du développement des biotechnologies est lié au coût du substrat de culture des micro-organismes servant de matière première ou au coût des produits concurrents du produit final obtenu par voie biologique.

4.4. - Energie

Actuellement les biotechnologies interviennent essentiellement dans la production d'éthanol (carburant au Brésil) et dans la méthanisation.

Mais les procédés biotechnologiques ont l'avantage de répondre simultanément aux problèmes de la pollution de l'environnement (Cf. 2.5.) et à la pénurie d'hydrocarbures et de minerais. En effet, l'énergie peut être recupérée dans les installations de dépollution biologique, et les ions métalliques toxiques peuvent être extraits des eaux usées par les méthodes utilisées en bio-métallurgie.

Avec le développement des biotechnologies est prévisible la production de carburants de substitution notamment avec la fermentation acétano-butylique. Les combustibles d'origine biologique le plus souvent envisagés sont l'éthanol et à plus long terme le méthane et l'hydrogène.

Avec la crise se poursuit la recherche de nouvelles sources d'énergie telle la biomasse. Et apparait une nouvelle filière économique de type : plante énergétique \longrightarrow sucre \longrightarrow alcool-carburant.

4.5. - Environnement

Actuellement les procédés biotechnologiques répondent aux problèmes de pollution avec :

- le traitement des eaux ;
- le traitement des effluents industriels.

Le développement des biotechnologies est envisagé pour :

- la protection de l'environnement (lutte biologique (Cf. 4.1.) Agriculture) ;
- le traitement et la valorisation progressive de (presque) tous les déchets industriels ou urbains.

4.6. - Pharmacie-Santé

Actuellement les biotechnologies interviennent dans la production de plusieurs types de produits tels que :

- les antibiotiques ;
- les vitamines ;
- les stéroïdes.

Les biotechnologies vont se développer dans :

- la production d'antibiotiques et de médicaments nouveaux tels que les hormones à haute valeur ajoutée ;
- l'immuno-industrie (vaccins viraux et bactériens, hybridomes, interféron) ;
- la pharmacie par génie génétique et la production de masse des produits issus du métabolisme cellulaire ;
- la production de réactifs de diagnostic et de facteurs de coagulation.

5 - EN CONCLUSION

Les biotechnologies ne sont pas un phénomène résolument nouveau mais les évolutions récentes d'un certain nombre de sciences et de technologies ont permis un renouvellement de celles-ci et une industrialisation du phénomène.

Comme peut le faire apparaître le tableau p. 35 les biotechnologies ont émergé et se développent dans un champ très diversifié tant du point de vue des sciences d'appui, des technologies et aussi des disciplines scientifiques et techniques que de celui des secteurs d'activité et des produits.

Le caractère multiforme de ce champ pose certains problèmes pour l'approche des biotechnologies sous l'angle de l'emploi et de la formation.

En effet, selon cet aspect comment appréhender les biotechnologies ? Doit-on faire référence plus expressément aux sciences, aux technologies et aux procédés, ou bien aux activités et aux produits ? Doit-on isoler la biotechnologie en tant que discipline scientifique et technologique ou bien n'est-elle pas plutôt l'espace d'interface de diverses disciplines scientifiques et d'interactions de technologies issues du "vivant" (la biologie) mais aussi d'ailleurs (automatismes, informatique, sciences pour l'ingénieur...) ? De même peut-on identifier et définir isolément la biotechnologie en tant qu'activité ou n'est-elle pas plutôt une séquence de transformation industrielle ?

En regard de cet ensemble de questions on peut se demander ce qu'il en sera, avec les développements plus ou moins prochains des biotechnologies en véritable phénomène industriel, de la constitution d'un corps de professionnels, celui-ci sera-t-il axé plutôt sur des technologies (bio) ou sur les secteurs d'activité et d'application des biotechnologies ? Faut-il penser en

Sciences, Biotechnologies, Secteurs d'application et Produits

SCIENCES D'APPUI ET DE DEVELOPPEMENT	Secteurs d'appl. les pro- duits	AGRICULTURE	CHIMIE	AGRO-ALIMENTAIRE	ENERGIE	ENVIRONNEMENT	PHARMACIE-SANTE
	BIOTECHNOLOGIES						
Biologie moléculaire Biochimie	Génie micro- biologique	Biopesticides	Solvants Acides organiques Glycol	Acides aminés Boissons fermentées	Ethanol Bio-gaz	Bio-engrais Lutte biologique (cf. agriculture)	Antibiotiques Vitamines Steroïdes Acides aminés Alcaloïdes Nucléotides Réactifs de diagnostic
Microbiologie Enzymologie Génétiq ue	Génie enzymatique		Détergents	Fructose	Ethanol		Antibiotiques Vitamines Enzymes de diagnostic
"Sciences pour l'ingé- nieur"	Génie génétique	Semences		Boissons Produits fromagers			Hormones Vaccins Protéines Interférons

termes de corps de professionnels spécialistes des biotechnologies et/ou de leurs sciences d'appui et de plus larges catégories de professionnels "sensibilisés" à ces disciplines mais dont le travail sera beaucoup plus intégré à un ensemble de technologies dans un domaine d'activité donné. C'est là le problème qui peut être posé dès maintenant pour la perspective et la prospective du développement des formations.

PRINCIPALES SOURCES DOCUMENTAIRES

BURSTEIN C.

Les enzymes immobilisées - Document ronéoté - Université PARIS VII - 1981

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL

Les promesses de la bio-industrie. Avis et rapports du Conseil économique et social. Journal Officiel - 31 janvier 1983

DELEGATION GENERALE A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

La Biotechnologie demain ? La documentation Française - 1981

DOUZOU P. DURAND G. KOURILSKY P. SICLET G.

Les Biotechnologies PUF, collection "Que sais-je ?" - 1983

DURAND G. MONSAN P.

Les enzymes - Production et utilisations industrielles GAUTHIER VILLARS - 1982

GROS F. JACOB F. ROYER P.

Sciences de la vie et société. La Documentation Française - 1979

MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

"Biotechnologie" in Consultation technologie thème 3 - 1982

MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE L'INDUSTRIE

Extraits du programme mobilisateurs : Essor des biotechnologies - 1982

ROSNAY J de

Biotechnologies et Bio-industries - Le Seuil. La Documentation Française - 1979

Les chemins de la vie - Le Seuil - 1983

SASSON A.

Les Biotechnologies : Défis et promesses - UNESCO - 1983

THOMAS D.

Production of Biological Catalysts stabilisation and Exploitation. Commission of the European communities - 1978.

CHAPITRE II

L'ACTIVITE DE RECHERCHE EN ENTREPRISE



1 - LA MAITRISE DE L'ACTIVITE DE RECHERCHE PAR LES ENTREPRISES :
L'INTERET DU THEME TRAITÉ

L'innovation constitue un des éléments les plus importants dans la concurrence inter-entreprises. Cette concurrence et la survie des entreprises industrielles passent ainsi par leur plus ou moins grande maîtrise de l'activité de recherche.

Compte tenu de la problématique proposée, on a pu faire l'hypothèse que l'intégration de la science à la production devrait s'accompagner de la restructuration des unités de recherche industrielle et de l'instauration de nouveaux rapports entre les différentes phases de recherche concourant à la découverte ou à l'amélioration d'un produit ou d'un procédé.

Nous avons précédemment évoqué qu'avec le développement des biotechnologies on assiste (ou on devrait de plus en plus souvent assister) à des transformations profondes de ces rapports. Aussi dans la présente étude, il était intéressant de comprendre :

- ce qu'il en est, de manière générale, de la diversité des activités de recherche ou en d'autres termes, des étapes de transformation de l'activité de recherche ;
- comment se présente l'activité de recherche dans les secteurs principalement concernés par le développement des biotechnologies ;
- quelles sont les évolutions actuellement observables (ou seulement émergentes) du point de vue de la structuration et de l'organisation de la recherche en milieu industriel, dans quels ensembles de relations se développent-elles ?

2 - DES ACTIVITES DE RECHERCHE DIFFERENTES

Le terme de recherche peut prendre différents sens. On oppose souvent la recherche fondamentale et la recherche appliquée, apparentant la première aux centres de recherche universitaires par exemple et la seconde aux entreprises industrielles. Définir plus précisément l'une et l'autre permettra de comprendre, dans la suite de ce rapport, les transformations qui s'opèrent aujourd'hui dans les relations entre les différentes industries de recherche qu'elles soient universitaires ou industrielles.

2.1. - La recherche fondamentale

Celle-ci peut être définie comme un ensemble d'opérations, de constructions conceptuelles et de formulations de lois générales.

Cette recherche fournit ainsi des connaissances dites fondamentales dont l'utilisation pour des applications particulières n'apparaît pas clairement où n'apparaît pas du tout dans l'instant où sont menées les recherches. C'est néanmoins souvent en s'appuyant sur de nouvelles découvertes fondamentales qu'il devient possible d'engager de nouvelles recherches appliquées. Mais bien que les résultats des recherches fondamentales soient rapidement et largement diffusés au sein de la communauté scientifique, il s'écoule généralement un délai important entre les découvertes relevant de la recherche pure et l'utilisation de ces nouvelles connaissances pour des recherches appliquées.

L'utilisation et l'application des connaissances fondamentales ne sont pas immédiates (dans le temps, mais au sens aussi de sans intermédiaires). Elles sont au contraire médiatisées selon des rapports institutionnels, organisationnels et professionnels dans le cadre de programmes stratégiques relevant d'une part de l'Etat lorsque celui-ci a la maîtrise de la définition des activités de recherche, d'autre part des industriels.

Les activités de recherche fondamentale sont poursuivies, en France principalement dans les laboratoires de recherche publics. Un inventaire de ces laboratoires a été dressé et présenté en annexe III p. 131. Il permet de se rendre compte des potentiels de recherche et des thèmes d'activité prédominants en ce qui concerne les biotechnologies. En se référant aux extraits du Programme mobilisateur pour les biotechnologies présentées en Annexe II p.106 on pourra apprécier les axes privilégiés pour ce développement.

2.2. - La recherche appliquée et de développement

Celle-ci consiste en une série d'activités utilisant les connaissances fondamentales à des fins pratiques. En d'autres termes, elle consiste en des travaux fondés sur les connaissances scientifiques et techniques et qui ont pour objet la création ou l'amélioration de procédés et de produits.

Il s'agit là d'une activité de recherche orientée vers des applications définies par avance (on parle ainsi souvent de recherche appliquée ou dite finalisée) même si les résultats ne confirment pas toujours les attentes.

Par statut, les résultats des recherches appliquées ne sont pas diffusés ou selon une procédure de protection par un brevet. L'exploitation des résultats des recherches appliquées s'organise ainsi selon des rapports marchands. Il faut payer pour pouvoir exploiter des recherches appliquées.

La possibilité effective d'utiliser les résultats de telles recherches peut être conditionnée par l'existence ou les prémisses de certaines connaissances fondamentales complémentaires.

Ainsi on ne peut pas comprendre les rapports entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée seulement comme un processus d'amont vers l'aval mais aussi comme un processus itératif.

Les activités de recherche appliquées sont pratiquées dans certains laboratoires de recherches publics, tout particulièrement dans les centres de transfert (Cf. une documentation à ce sujet en Annexe III p.133) créés à cet effet et dans les entreprises. Dans ces dernières s'opèrent parfois des activités de recherche de type fondamental que l'on nomme de "base" au sens où la recherche non directement finalisée sur un produit ou un procédé est limitée et dirigée dans un champ relativement restreint et programmé selon des étapes de résultats en liaison avec les recherches appliquées ou finalisées. Ce que l'on nomme, souvent et plus précisément, la recherche industrielle est la transposition d'un phénomène scientifique et technique en phénomène industriel. Il s'agit là d'une extrapolation, d'un changement d'échelle.

3 - LA RECHERCHE : SITUATION DIVERSIFIEE SELON LES SECTEURS D'ACTIVITE ET LA TAILLE DES ENTREPRISES

3.1. - Les secteurs d'activité

La situation et l'importance des activités de recherche sont très différentes selon les principaux secteurs d'activité concernés par l'introduction ou le développement des biotechnologies à savoir : les industries chimiques et pharmaceutiques, les industries agro-alimentaires. Nous avons vu précédemment Cf. chapitre II - I qu'en effet, pour l'instant ce sont surtout les industries de fermentations qui privilégient le développement des biotechnologies.

En agriculture par exemple où le génie génétique semblait être le fer de lance des biotechnologies, un retard relatif a été pris dans ses applications qui tient semble-t-il au fait que le génie microbien est beaucoup mieux connu que le génie végétal. D'autre part se remarque, là, le manque en recherche privée et la faiblesse des relais avec la recherche publique.

Pour l'industrie chimique, en chimie fine, comme autre exemple, la généralisation des techniques de fermentation pour des produits chimiques fins à usage autre que pharmaceutique ou alimentaire bien que prévue et possible est encore à mettre à l'épreuve et dans ce domaine reste à vérifier la compétitivité des biotechnologies par rapport aux synthèses organiques classiques.

En fait, ainsi actuellement, dans le cadre de cette étude, les observations les plus intéressantes n'ont pu être faites que dans les industries pharmaceutiques et agro-alimentaires, c'est là en effet où nous avons pu constater des évolutions probantes dans la maîtrise des activités de recherche comme dans les solutions apportées du point de vue des compétences au développement des biotechnologies (sur ce dernier point Cf. chapitre III p. 63).

Pourtant les secteurs de la pharmacie et de l'agro-alimentaire sont très différents l'un de l'autre selon de multiples aspects. Dans l'immédiat pour celui qui nous occupe, à savoir la recherche, ces deux secteurs se positionnent très diversement. En effet, d'un point de vue général, tous domaines de recherche confondus, ces dits secteurs s'engagent en recherche selon des volumes financiers très disparates.

Ainsi tandis que l'industrie pharmaceutique alloue aux environs de 15 % de son chiffre d'affaires en budget de recherche, l'industrie agro-alimentaire ne dépense elle que 0,3 %.

Selon ce seul indicateur - pas toujours fiable car il est difficile de savoir exactement ce que recouvre un budget de recherche -, ces deux secteurs apparaissent dans des situations très opposées par rapport à l'activité de recherche. Tandis que l'industrie pharmaceutique présente un important potentiel financier, matériel et humain en recherche, l'agro-alimentaire offre une quasi-pauvreté en la matière avec un budget de recherche

qui apparaît être l'un des plus faibles des secteurs dans leur ensemble. Mais cette différence peut s'expliquer à maints égards et notamment par rapport à leur identité ou vocation essentielle pourrait-on dire.

En effet ce qui paraît essentiel à l'industrie pharmaceutique, c'est la recherche de nouveaux produits. Ceci est pour elle une question de survie. Pour les industries pharmaceutiques leur avenir, c'est-à-dire la poursuite de la recherche thérapeutique, passe par la recherche fondamentale et tout particulièrement en biologie fondamentale.

Bien que l'industrie ne fasse généralement pas de recherche fondamentale, il y a des domaines tels que la recherche thérapeutique où la recherche appliquée doit rester au plus près de la recherche fondamentale. En effet, en biologie par exemple, seule celle-ci peut permettre :

- de comprendre les mécanismes de fonctionnement des cellules et des organes ;
- d'intervenir au niveau des causes et non seulement à celui des effets ;
- d'agir sélectivement afin d'éviter les effets secondaires.

Ainsi l'industrie pharmaceutique se trouve par définition en position de résoudre des problèmes jusqu'alors non résolus par la recherche, entendons par là : la recherche dite fondamentale et extérieure au milieu industriel.

A contrario, pour l'instant et le plus souvent, l'industrie agro-alimentaire ne se pose pas la question de résoudre des problèmes non résolus par la recherche. Elle n'est pas ainsi une industrie de recherche. Forte de ses pratiques traditionnelles elle est venue à exécuter industriellement des tâches ancestrales.

L'industrie agro-alimentaire a quatre problèmes principaux à résoudre :

- une meilleure connaissance de ses matières premières ;
- le paramétrage, la modélisation et l'automatisation de ses processus de fabrication qui relèvent d'une action ou d'une réaction biologique ;
- le contrôle de la qualité de ses produits, leur durée de vie lors de la distribution ;
- la conception de nouveaux produits.

Outre sa "non-vocation" pour la recherche pour des raisons financières (des marges brutes faibles, de l'ordre de 13,5 % de la valeur ajoutée du produit final) les industries agro-alimentaires ne peuvent consacrer une part importante pour la recherche.

Mais si dans leur ensemble les entreprises agro-alimentaires font peu ou pas du tout de recherche, les plus grosses entreprises de ce secteur y consacrent une part importante. Le secteur des industries agro-alimentaires est, en effet, très hétérogène en matière tant de produits que de fabrication et surtout de taille avec une multitude de très petites entreprises.

Les biotechnologies pourraient contribuer à transformer radicalement l'industrie agro-alimentaire. En effet, si l'industrie agro-alimentaire est un secteur où les marges sont réduites c'est-à-dire un secteur financièrement faible, c'est aussi un secteur où sont manipulés de très importants volumes, beaucoup plus importants que dans l'industrie pharmaceutique. Aussi une amélioration même faible des marges obtenue à l'aide de procédés issus des biotechnologies, aurait un impact très important sur les résultats financiers.

Ainsi s'expliquent les efforts de recherche en la matière qui ont pu être constatés lors de cette étude. Pour terminer ce parallèle entre les secteurs de l'agro-alimentaire et de la pharmacie, il faut rappeler très clairement que bien que l'industrie pharmaceutique ait, par son identité, vocation à la recherche, le développement des nouvelles biotechnologies y est subordonné à la preuve de l'existence d'une valeur ajoutée incontestable pour les produits existants et de l'efficacité thérapeutique pour les produits nouveaux.

3.2. - La taille de l'entreprise

Pour l'essentiel, les observations probantes pour les questions qui nous occupaient dans cette étude n'ont pu se faire que dans des grandes entreprises. Par contre nous avons pu appréhender les problèmes qui se posaient aux petites et moyennes entreprises en matière de développement des biotechnologies par les informations recueillies auprès soit des grandes entreprises entretenant des relations avec de plus petites qu'elles ; soit des cabinets d'étude et de conseil spécialisés ou non dans les biotechnologies pour qui les petites entreprises apparaissent comme un terrain privilégié.

Terrain privilégié en effet pour les activités de conseil et d'étude car le développement des biotechnologies appliquées aux procédés comme aux produits nécessite d'importantes capacités de recherche en moyens humains et matériels dont ne disposent pas ces entreprises.

Aussi celles-ci doivent-elles pour participer au développement des biotechnologies soit se mouvoir dans l'orbite des grandes entreprises qui ont d'importantes capacités de recherche avec les risques de dépendance que ceci engendre, soit faire appel à des organismes de recherche extérieurs avec les difficultés en termes de dialogue et de confiance entre partenaires très différents, avec les problèmes de confidentialité et de sécurité quant aux projets industriels.

En dépit de l'existence de quelques centres de recherche de transfert (vers l'industrie) spécialisés en biotechnologies (Cf. inventaire Annexe III p. 133), il y a peu d'organismes de développement en biotechnologie pour faire le lien entre la recherche fondamentale et même appliquée, et l'entreprise, pour promouvoir les biotechnologies sur les sites industriels.

Les quelques organismes de développement qui tentent de proposer aux chefs de petites entreprises des procédés biotechnologiques se heurtent parfois aux refus de ces derniers d'investir en recherche pour faire les produits du futur. "D'une certaine façon, c'est difficile d'apporter aux gens des solutions aux problèmes qu'ils n'ont pas" nous-a-t-on dit dans l'un de ces organismes. Pourtant dans une instance de recherche universitaire travaillant en relations fréquentes avec les petites entreprises on nous a fait remarquer que, des petites entreprises n'ont pas les moyens humains et matériels pour faire de la recherche, elles ont par contre la souplesse requise pour changer de méthodes, les structures des grandes entreprises ne facilitant pas toujours l'éclosion des idées nouvelles et originales.

Ces deux types de remarques ne sont pas contradictoires mais notent le fait que dans le domaine de la recherche les grandes et les petites entreprises ont des tâches et des rôles divers. Et il apparaît là un vide en matière de recherche-développement vis-à-vis des petites entreprises en dépit des moyens actuels existants des responsables des petites et moyennes entreprises en dépit des discours et des projets.

4 - DES EVOLUTIONS DANS LA MAITRISE DE L'ACTIVITE DE RECHERCHE EN MILIEU INDUSTRIEL

4.1. - Des activités différenciées de recherche internes à l'entreprise

Si l'on oppose généralement la recherche fondamentale et la recherche appliquée, faisant relever l'un des organismes publics de recherche dont les universités et l'autre du milieu industriel, une des évolutions marquantes, que nous avons pu observer

lors des enquêtes, est la mise en place ou le développement d'activités de recherche plus fondamentale à l'intérieur des entreprises industrielles. Si la recherche fondamentale, comme nous l'avons évoqué précédemment, fait depuis longtemps si ce n'est toujours partie intégrante des activités premières de l'industrie pharmaceutique, des évolutions importantes en la matière ont lieu dans d'autres secteurs tels que l'agro-alimentaire par exemple, secteur où la recherche n'est pourtant pas dans la majorité des cas prépondérante. Les évolutions qui peuvent y être repérées n'en sont que plus significatives.

4.1.1. - La recherche appliquée ou dite finalisée

La recherche appliquée est l'activité de recherche la plus habituelle au milieu industriel. Il s'agit là d'activités très finalisées et très programmées en fonction d'objectifs singuliers, particuliers à l'entreprise, à un secteur de l'entreprise.

Si la définition d'ensemble de ces objectifs est conduite par le responsable de la recherche en relation constante avec la direction générale de l'entreprise, cette définition est affinée en collaboration avec les chercheurs. Elle se poursuit alors avec :

- l'identification stricte des thèmes de recherche ;
- la bibliographie y afférant ;
- l'étude des brevets concernés ;
- la précision des objectifs à atteindre et l'évaluation des coûts et des délais nécessaires ;
- l'examen des voies d'accès aux produits (ou aux procédés).

Il s'agit donc là d'activités en termes de recherches très appliquées, très finalisées dont les résultats généraux sont définis par avance. "Si il n'y avait que cela dans l'entreprise, on se desséchait vite et on perdrait le savoir" nous a-t-on dit, d'où le recours à des recherches plus fondamentales ou dites de base et à la mise en place de ce que l'on nomme le plus souvent dans les entreprises : "des structures d'accueil aux idées nouvelles".

4.1.2. - La recherche fondamentale ou dite de base

Le choix des thèmes de recherche est assuré par les chercheurs eux-mêmes souvent en collaboration avec des stagiaires venant de l'université (nous expliciterons ce type de collaboration dans les pages suivantes).

Le choix de ces thèmes et les décisions quant à leur inscription au programme de recherche de l'entreprise sont effectués en fonction de certaines grandes évolutions générales. Dans cette activité de recherche fondamentale ou dite de base, "il faut être à l'écoute des idées et des problèmes nouveaux" nous disait un responsable de recherche.

L'un des moments forts de cette activité est la définition du "pourquoi" du thème de recherche, sa justification : pour quels motifs doit-on étudier plutôt tel thème que tel autre. Il s'agit là en fait d'une étape du marketing de recherche. Ainsi les projets de recherche de base arrivent-ils à être finalisés.

Les thèmes de recherche de base en milieu industriel peuvent apparaître triviaux par rapport à l'idée que l'on se fait de la recherche fondamentale, ainsi faut-il des recherches très fines de base au niveau des traitements thermiques par exemple en conserverie pour que certains légumes ne perdent par leur couleur naturelle et habituelle aux consommateurs.

Sur les objectifs, les délais et les coûts de la recherche de base, les dirigeants d'entreprise sont plus laxistes qu'en recherche appliquée et respectent plus volontiers les projets et les propos des responsables de recherche. Les dirigeants d'entreprise ont d'ailleurs rarement en France (à la différence d'autres pays tels que les USA ou la Suisse par exemple) une formation issue de la recherche ou une carrière passant par la recherche, ce qui peut induire tant leur laxisme dans les entreprises où une recherche de base est développée que leur opposition à la mise en place de ce type d'activité lorsque celui-ci est encore absent.

En recherche de base, les chercheurs disposent d'un laboratoire, généralement nommé "central", qui est "l'unité pensante". C'est là, en fait, que se prépare l'avenir de l'entreprise.

4.1.3. - Des activités complémentaires de recherche

De manière générale, l'ensemble de l'activité de recherche en milieu industriel peut être résumé comme suit :

- la détection des domaines scientifiques ou techniques porteurs ;
- l'identification des thèmes de recherche et le lancement de projets de recherche quant à de nouveaux produits ou procédés ou pour l'amélioration de produits ou procédés existants ;
- le suivi des projets de recherche et développement afin de prévoir et de savoir ce que cela deviendra du point de vue industriel ;
- l'assistante technique aux unités opérationnelles de production.

Les différents types d'activité correspondent en fait à différentes étapes ou phases de transformation de l'activité de recherche en entreprise à savoir : recherche fondamentale (ou de base), recherche appliquée (ou finalisée) et de développement. Ces différentes activités sont complémentaires.

4.2. - La circulation de l'information scientifique et technique

L'information est une des clés de l'innovation. Dans un environnement compétitif et vis-à-vis d'impératifs de plus en plus contraignants, ceux qui détiennent l'information tant par la création nouvelle que par l'utilisation d'informations pré-existantes sont en position de force, en situation de novateurs.

La source de l'information, c'est la recherche et ce qui permet la recherche, c'est l'information.

A travers l'ensemble des enquêtes, un des faits les plus significatifs est la réorganisation des services d'information et de documentation. Si ces réorganisations s'ordonnent concrètement selon des modèles différenciés, une tendance commune apparaît, à savoir : plus que gérer de l'information, il faut la traiter, la créer.

4.2.1. - Un service d'information et de documentation : un service d'appui au(x) centre(s) de recherche

Avec cet objectif de service d'appui au(x) centre(s) de recherche, nous avons pu observer une localisation géographique au plus près des centres de recherche, généralement sur le même site.

Le service d'information et de documentation a pour mission de récupérer et de produire de l'information. Cette mission peut être résumée en trois grands pans d'activité.

1 - Les traitements singuliers :

Les traitements singuliers sont effectués à la demande des chercheurs. Ces derniers doivent établir une demande écrite précisant le thème de la recherche, spécifiant la quantité d'information requise et les délais impartis.

Ces traitements sont poursuivis avec :

- l'interrogation des bases de données auxquelles l'entreprise est abonnée ;
- l'étude des documents par sélection, analyse et synthèse.

Plusieurs "sorties" ou résultats de traitement de l'information sont possibles selon la demande émise par les chercheurs et là les relations professionnelles entre les chercheurs et le personnel de la documentation sont très importantes.

Ainsi peuvent être fournies des "sorties" du type :

- d'une réponse ponctuelle, par exemple pour le résultat d'un test, le document occupera une page ;
- d'une synthèse brève, par exemple pour des notions fondamentales, des expériences, il s'agira d'un document de trois à quatre pages ;
- d'un rapport circonstancié, il s'agit là d'une minithèse où le documentaliste exprime sa pensée mais sans ambiguïté par rapport aux chercheurs, il pourra s'agir là d'un document de quinze, vingt ou trente pages.

2 - Les traitements particuliers de l'information externe :

Ces traitements se soldent principalement par l'établissement de "profils" particuliers à chacun des chercheurs.

3 - Les traitements généraux de l'information externe :

Ces traitements concernent :

- les documents émis par les laboratoires de recherche, chaque année, et envoyés à toute la hiérarchie en toute confidentialité ;
- les documents internes gérés en bibliothèque ;
- le bulletin bibliographique regroupant les informations afférentes aux publications internes ou venant des firmes concurrentes, aux manifestations scientifiques (congrès, colloques, salons...), aux documents externes reçus ("faux livre").

4.2.2. - L'automatisation

Si les services d'information et de documentation se sont particularisés, lors de notre enquête, par une réorganisation dans leur mission même, l'automatisation de ces services en projet ou mise en place est apparue très prépondérante.

Cette automatisation pose un problème essentiel aux services d'information et de documentation ayant pour mission, l'appui au(x) centre(s) de recherche, à savoir : le problème du partage des activités entre les chercheurs et les documentalistes, et en d'autres termes de la décentralisation ou de la centralisation.

Dans une option décentralisée, la mise en place de terminaux chez les chercheurs dans les laboratoires pose le problème, par exemple, de l'interrogation des bases de données, des serveurs d'informations. Pour bien faire une interrogation, il faut la faire souvent sinon il y a une perte de temps et donc d'argent. Ceci milite pour l'interrogation des banques de données par des spécialistes.

De plus, avec la masse croissante d'informations surtout en biologie, le chercheur pourrait ne plus faire que de la documentation au détriment de la "paillasse". Ceci milite donc nécessairement pour une non-décentralisation.

Un compromis entre décentralisation et centralisation apparaît dans certaines structures où est répartie la fonction dans les laboratoires. Sont ainsi recréées, en local, des cellules de documentation. Du point de vue économique, cela apparaît rarement rentable.

L'option généralement prise en matière d'automatisation de la documentation est celle que l'on peut résumer ainsi selon le dire d'un de nos interlocuteurs : "les chercheurs à la paillasse, les documentalistes à la documentation".

C'est la perspective du partage strict des tâches selon des catégories professionnelles différenciées qui l'emporte, à ceci peut néanmoins s'adjoindre une répartition large des terminaux dans des laboratoires pour des interrogations de type élémentaire et ponctuel.

4.2.3. - Les catégories professionnelles

Tandis qu'apparaît comme primordiale pour l'activité de recherche, l'activité même des services d'information et de documentation ce qui conduirait à penser que les documentalistes, du fait des nouvelles missions qui leur sont confiées, deviennent

des chercheurs à part entière, les projets ou les mises en place d'automatisation mettent à nu un partage très strict des tâches entre les chercheurs et les documentalistes.

Si la documentation apparaît indubitablement comme un acte de recherche et/ou devrait l'être de plus en plus nous a-t-on répété, les "nouveaux" documentalistes apparaissent comme une des catégories de chercheurs ayant son identité propre se définissant à la fois par rapport aux chercheurs (de laboratoire) et aux documentalistes classiques au sens de gestionnaires de l'information.

Les documentalistes constituent une catégorie de chercheurs, surtout dans le domaine de la biologie compte tenu de son évolution très rapide et dans des industries où les recherches doivent déboucher sur des résultats probants.

Les profils souhaités pour les documentalistes-chercheurs peuvent être résumés comme suit :

- avoir une formation scientifique de niveau universitaire ;
- être apte à suggérer des idées, à poser des problèmes pour mener des recherches ;
- détenir nécessairement une spécialité en termes de discipline mais à partir d'une culture générale très large.

Ce dernier point apparaît, en effet, comme primordial du fait, comme nous le disait un responsable de documentation, que "les choses les plus intéressantes se passent de plus en plus aux interfaces. Les disciplines éclatent de plus en plus et se chevauchent. Il faut donc avoir un champ de connaissances toujours plus vaste que sa propre spécialité".

4.3. - Les rapports entre le milieu industriel et la recherche publique

4.3.1. - Des rapports en évolution

Depuis quelques années, dans la plupart des universités ont été créées des cellules de relations avec le milieu industriel afin de faciliter des relations plus directes et plus formalisées que lors de rencontres par colloques ou salons interposés.

De même, dans les entreprises une tendance très nette s'est amorcée de privilégier les liens avec les universités et les divers organismes publics de recherche, soit en collaborant à leurs travaux (selon des modalités variées) soit en subventionnant certaines recherches. Selon les dires des uns et des autres, industriels et universitaires, est apparue une évolution très importante de leurs rapports allant vers un plus grand resserrement de leurs relations, ceci apparaît indubitable pour le domaine qui nous a intéressé dans cette étude, à savoir les biotechnologies. L'évolution très rapide de la biologie comme l'abondance de parutions plus ou moins officielles sur les biotechnologies ainsi que les plans et projets de développements industriels qui les ont suivies (Cf. Annexe II p. 95) ont concourru au resserrement de ces relations.

4.3.2. - Un modèle de rapport selon une échelle de relations

De manière générale, les rapports qu'entretiennent ou que devraient entretenir le milieu industriel et les organismes publics de recherche font, actuellement, l'objet de maints discours et projets de développement. En fait, ces rapports dépendent largement de la nature et de la taille des entreprises. Nous essaierons, ci-après, de dresser un modèle de ces rapports selon différents modes de relations qui ont pu être observés concrètement avec le développement des biotechnologies (ou les prémisses de celui-ci) en milieu industriel. Nous parlerons, ici, en

termes d'échelle de relations au sens où nous exposons cet inventaire selon des relations plus ou moins formalisées.

A - Le laboratoire mixte :

Il s'agit d'une relation formalisée et resserrée entre une entreprise dotée d'un centre de recherche et un organisme public de recherche.

Cette relation prend appui sur et effet avec un contrat cadre entre les deux partenaires pour la mise en oeuvre de plusieurs projets de recherche auxquels doivent coopérer des équipes spécialisées appartenant aux deux instances concernées. Pour chaque projet est établi un contrat de coopération de recherche.

L'organisation des activités de recherche et la distribution des tâches s'ordonnent de la manière suivante :

- l'organisme public de recherche réalise la partie fondamentale de l'activité de recherche ;
- l'entreprise industrielle à l'aide de son laboratoire s'attache à la partie la plus appliquée.

L'entreprise assure l'aide financière au laboratoire mixte, des bourses et des redevances à l'organisme public si la recherche aboutit.

Les deux équipes de chercheurs doivent apporter une complémentarité. Chaque équipe travaille dans son propre laboratoire d'appartenance, des déplacements des uns vers les autres, en dehors des réunions de coordination, peuvent être occasionnés par des problèmes d'appareillages par exemple.

Ce type de relation formalisée et de coopération resserrée est l'aboutissement de contacts personnels nombreux et suivis entre

les deux parties prenantes. La décision pour un tel type de contrat s'est appuyée sur une volonté politique commune aux deux directions signataires. Les thèmes de recherche ont été proposés des deux côtés à la fois et ont fait l'objet d'une négociation devant tenir compte des orientations et des programmes de recherche des deux instances concernées.

Ce type de relation étant toute récente il n'est pas possible d'apprécier les problèmes qu'il pose et les perspectives qu'il propose.

B - La sous-traitance de la recherche :

L'existence d'un laboratoire de recherche interne à l'entreprise et la maîtrise des activités de recherche à l'intérieur de l'entreprise favorisent la coordination et la cohésion des actions à long terme comme la sécurité des résultats en termes de confidentialité. Tel est le cas de la plupart des grandes entreprises dotées d'un centre de recherche. Ainsi, lorsque sont perçus des thèmes intéressants de recherche, ces entreprises ont les moyens de faire évoluer ces thèmes à l'aide de leurs structures (structure d'accueil aux idées nouvelles et structure de recherche) et de leurs personnels qui ont les niveaux de compétence requis. Elles ne feront pas alors sous-traiter ces thèmes dans des organismes de recherche extérieurs.

A contrario, si l'idée nouvelle ou le thème de recherche n'apparaît pas indubitablement intéressant c'est-à-dire porteur de résultats probants, ces mêmes entreprises feront sous-traiter des recherches à l'université par exemple. Il s'agit là en fait d'un "coup de poker" : pour voir. Elles financeront l'université et exigeront le rapatriement des résultats des recherches dans leurs propres structures de recherche et de développement. Si c'est intéressant elles achètent et protègent ces résultats.

Ainsi actuellement la plupart des projets de recherche concernant le génie génétique et ses applications sont sous-traités dans des organismes publics de recherche par des entreprises industrielles cherchant à développer les biotechnologies en leur sein sans devoir investir dans des domaines qui ne seraient pas porteurs à coup sûr ou à court terme.

C - Aide et assistance formalisées des organismes publics de recherche :

Ces organismes publics de recherche peuvent être aussi bien l'université dans sa forme classique que des centres de transfert (Cf. inventaire de l'offre de formation et de recherche, Annexe III p. 109). Ils collaborent soit avec des grandes entreprises selon un mode de relation voisin de celui de la sous-traitance au sens strict évoqué précédemment, soit avec des petites et moyennes entreprises ne disposant pas ou peu de capacités de recherche.

Si l'on peut parler d'aide et d'assistance formalisées c'est lorsqu'un contrat clair et net est établi entre les parties prenantes mais ceci ne se fait, le plus généralement, qu'à la suite de multiples relations informelles.

En fait la relation s'instaure, au départ, soit à la suite de contacts organisés par l'organisme de recherche (opérations de marketing, forums, colloques, salons...), soit à la demande spontanée d'une entreprise. Et la relation est justifiée par un problème important et généralement "très pointu" qui se pose dans l'entreprise et pour la solution duquel celle-ci n'a pas les capacités matérielles et/ou humaines.

Au départ, la difficulté principale de ces relations est la difficulté même des responsables des petites et moyennes entreprises à formuler les problèmes en termes se prêtant à une approche scientifique et technologique.

Les prestations de recherche de l'organisme public se traduisent soit par des études, soit par la vente de brevets. Parfois ce type d'aide peut aller, par exemple, jusqu'au stade de repenser l'usine avec des techniques nouvelles. Ceci se poursuit généralement avec des actions de formation continue pour le personnel concerné et une assistance adaptée à l'entreprise sur le site industriel.

Ainsi le processus de relations étant enclenché, les chercheurs sont amenés à être consultés régulièrement et s'établissent par ce fait des liens personnels entre les deux parties prenantes. D'autre part, un tel type de relations avec une université suppose la participation d'étudiants qualifiés qui seront, le plus souvent, ensuite recrutés par l'entreprise industrielle (1).

Si ce mode de rapport entre le milieu industriel et des organismes publics de recherche prend appui, au départ, sur des contacts informels, s'établissent par la suite des relations formalisées sur la base de contrats. Des relations plus informelles peuvent s'établir et font l'objet de la section suivante.

D - Aide et assistance des chercheurs aux industriels :

Si les modes de relations évoqués précédemment, s'ordonnent sur un plan institutionnel, il s'agit ici de relations de type interpersonnel au sens juridique du terme tout du moins.

En effet, les relations entre les chercheurs et les entreprises industrielles peuvent être ponctuelles et individuelles.

(1) Dans ce type de relations formalisées, se situent les bourses que proposent les entreprises industrielles à des étudiants afin qu'ils puissent poursuivre leurs travaux de recherche pour une thèse dans un laboratoire industriel. Ce type de contrat est fructueux pour l'une et l'autre des parties concernées, au sens où l'étudiant profitera d'un apprentissage en milieu industriel; et l'entreprise s'attachera à faire féconder les idées nouvelles de l'université et se facilitera le choix de ses futurs chercheurs.

Ainsi des chercheurs se trouvent à faire de l'aide et de l'assistance scientifique et technique à certaines entreprises à titre individuel sans que l'université à laquelle ils appartiennent, le sache officiellement. Et le chercheur peut avoir un intérêt financier à travailler sur ce mode de relation. Se pose un problème très important pour cette catégorie professionnelle dont la carrière se fait "à coup" de publications, à savoir : problème de la confidentialité des résultats des recherches, de leur publication.

Un autre type d'aide et d'assistance au milieu industriel s'organise avec les services de consultance. Ainsi des chercheurs peuvent être aussi des consultants vers lesquels les industriels vont se porter pour s'enquérir d'un avis, d'un conseil.

Dans les rapports entre "l'industrie et la recherche" le service consultatif est une activité essentielle car d'une part, il contribue à orienter les thèmes de recherche des laboratoires industriels, d'autre part, il permet de nouer des relations de confiance réciproque entre le milieu industriel et le milieu universitaire, relations à partir desquelles peuvent se développer des relations plus formelles.

5 - EN CONCLUSION

On a longtemps défini par opposition la recherche fondamentale et la recherche appliquée en faisant correspondre la première aux instituts publics de recherche comme l'université et la seconde au milieu industriel. Cette dichotomie s'avère aujourd'hui fautive, peut-être l'a-t-elle toujours été, les situations concrètes ayant toujours été de fait beaucoup moins tranchées qu'on ne le pensait ou qu'on ne voulait le voir ou le dire.

Tout particulièrement dans le domaine qui nous a occupés dans ce travail à savoir, les biotechnologies, on assiste aujourd'hui à une destabilisation de ce modèle de différenciation. Ladite recherche fondamentale et ladite recherche appliquée ne sont plus faites exclusivement dans leurs lieux traditionnels de pratique, de fait elles subissent des évolutions concomittantes et se transforment réciproquement. Les nouveaux lieux de programmation et de réalisation de la recherche, les divers acteurs y prenant part transforment l'activité de recherche et ainsi son identité. Le modèle théorique (ou historique) de différenciation des activités de recherche et de répartition des rôles entre les diverses instances de pratique ne correspond plus aujourd'hui au modèle réel.

Ce type de transformation ne permettrait-il pas de mieux comprendre ou de comprendre autrement les projets et les mises en place d'un renouvellement des relations entre la "recherche" (c'est-à-dire l'université) et le milieu industriel ?

Ce type de transformation n'engage-t-il pas à ce que se pose plus nettement le problème de la formation des chercheurs ? Ainsi, que devient dans cette nouvelle répartition des rôles, le lieu privilégié et à privilégier pour la formation des chercheurs ?

CHAPITRE III

L'EMPLOI ET LA FORMATION



1 - L'EMPLOI ET LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIE : COMMENT EN PARLER

Nous avons pu voir précédemment que ce que l'on pouvait nommer l'intégration de la science à la production s'accompagnait tant en projets que dans les faits (et telle est la perspective-prospective dans laquelle se situent les entreprises observées) d'une restructuration des unités de recherche industrielle. Dans un même mouvement, l'accélération des rythmes de transfert entre la recherche fondamentale et les applications, le développement des recherches de transfert (ou dites "préparatives" à l'industrie) devraient s'accompagner, dans les diverses instances prenant part à la production technologique, de modifications tant dans les organisations, les formes et les modes de travail des différentes catégories professionnelles concernées que dans la mobilisation des connaissances et des compétences de ces dernières.

Ces transformations sont concomitantes des créations ou modifications d'emplois liées directement à l'introduction ou au développement des biotechnologies dans les entreprises. Mais ainsi que cela a été souvent démontré, on ne peut pas parler seulement de l'impact de nouvelles technologies, ici les biotechnologies, sur les emplois (quantitativement et qualitativement). Pourtant afin de clarifier l'exposé des résultats d'enquêtes, nous tenterons, dans les pages suivantes, de mettre en relief, de manière plus ou moins dissociée les implications de l'un et l'autre de ces phénomènes et d'en dégager les problèmes qui se sont posés ou se posent.

2 - L'EMPLOI EN BIOTECHNOLOGIE

2.1. - Remarques générales

Nous l'avons déjà évoqué mais répétons-le, l'industrie française est de manière générale encore peu engagée dans le développement et la mise en place des biotechnologies modernes.

Si les médias font souvent référence à une "révolution biologique" aux implications similaires à celle de l'informatique, pour les biotechnologies, concrètement du point de vue industriel, il s'agit plutôt d'une évolution technologique à poursuivre sur une ou deux décennies et dont les résultats à terme sont difficilement appréciables aujourd'hui tant quantitativement que qualitativement aussi bien du point de vue des modes de production et des produits que des emplois créés, modifiés ou supprimés.

Sur ce dernier aspect, les prévisions ou prospectives d'emplois sont absentes. D'ailleurs, il n'existe pas d'identification de la biotechnologie dans les nomenclatures statistiques, notamment de l'INSEE. Cependant, dernièrement le Commissariat général du Plan (1) remarquait que "divers regroupements et approximations permettent de penser que, si l'on exclut les fermentations traditionnelles du secteur agro-alimentaire (fromage, boissons...), le chiffre d'affaires concerné en France devrait être compris entre cinq et sept milliards de francs et que compte tenu du caractère très capitalistique de ce secteur, l'effectif correspondant ne devrait pas dépasser neuf à dix mille personnes, ce qui est certainement très marginal. Cet effectif croîtra assez peu dans les cinq prochaines années. Le véritable décollage se produira vers la fin de la décennie. Un développement prioritaire de ce secteur en France, pourrait amener cet effectif à : vingt mille en 1990 et cinquante à soixante mille en 2000". On peut en effet envisager le développement des biotechnologies et la création d'emplois correspondant :

(1) COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN. "Les enjeux technologiques des années 1985-1990" Cahiers d'études et de recherches du Commissariat général du plan - n° 1 - La Documentation Française - Juin 1983.

. à court terme dans les secteurs :

- de la pharmacie ;
- et de l'agro-alimentaire ;

qui manipulent la "matière vivante" et utilisent déjà de manière plus ou moins traditionnelle ce type de technologies ;

. à plus long terme dans les secteurs :

- de la chimie ;
- et de l'énergie.

D'autre part, une dernière série de remarques doit être faite :

A - Le développement actuel et potentiel des biotechnologies concerne non seulement les entreprises et les emplois des secteurs précédemment cités mais celles et ceux d'ingénierie et d'instrumentation - appareillage, de conseil et d'information. Ce qui réfère à des entreprises et des emplois de statut et de nature divers.

B - Le développement progressif des procédés biotechnologiques modernes s'accompagnera dans les entreprises non pas seulement d'une création nette d'emplois mais aussi de reconversions et de suppressions.

C - Il faut noter enfin que le développement des biotechnologies sera associé à l'accroissement de l'automatisation des processus de production : couplage de la souplesse des technologies du "vivant" avec celles des technologies de l'information. Ce qui réfère aux problèmes plus généraux de l'automatisation des processus industriels avec ses objectifs et/ou ses conséquences en matière d'emplois tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

D - De plus, il faut remarquer que les biotechnologies sont très diversifiées en termes tant de technologies que de secteurs d'application (Cf. chapitre 1 p. 27). Aussi faut-il savoir que du point de vue qualitatif, les emplois induits (ou transformés) par ce développement technologique sont ou seront très variés du point de vue tant de leur niveau (dans la structure des emplois) que de leur nature.

Cette série de remarques sommaires va être reprise dans les pages suivantes et documentée à l'aide des observations de terrain.

2.2. - Biotechnologies et technologies associées : l'exemple de l'automatisation et de secteurs témoins

Lorsque l'on parle du développement des biotechnologies en milieu industriel, il s'agit en fait du problème de l'insertion des biotechnologies dans des technologies industrielles.

En effet, la partie purement biologique des processus biotechnologiques n'est qu'une étape dans une série de transformations. Et le renouvellement des technologies industrielles qui se produit parallèlement aux biotechnologies doit être pris en compte.

Et ainsi l'automatisation des processus de production industrielle qui va se généralisant est applicable aux fermentations qu'elle permet de conduire de manière plus rationnelle.

Ainsi c'est l'insertion de la biotechnologie dans une séquence de transformations industrielles qui constitue une véritable ingénierie à caractère biologique.

Outre la recherche d'une meilleure productivité que procure l'automatisation, le recours à l'automatisation est lié au fait que

la conduite de procédés biologiques est souvent délicate. Il faut en particulier s'assurer que les micro-organismes ne risquent pas d'être détruits au moment des réactions d'où le recours fructueux aux diverses technologies de traitement automatisé de l'information (micro-processeurs, capteurs...).

2.2.1. - Un secteur témoin : l'industrie pharmaceutique

Dans l'industrie pharmaceutique, les biotechnologies apparaissent principalement intéressantes avec le génie génétique pour la constitution de souches nouvelles et avec le génie microbien pour l'amélioration de la productivité de la souche.

A partir de l'obtention de la souche, les méthodes de fermentation sont faites comme par le passé.

Les installations industrielles existantes sont capables d'absorber les productions issues de ces nouvelles technologies. En effet, car il s'agit ou il s'agira là de productions très automatisées.

En termes de production, dans cette industrie, tous les efforts visent à l'amélioration des appareillages eux-mêmes en accélérant le processus de production dans les moindres temps, pour exemple : les fermentations en continu.

Ainsi dans l'industrie pharmaceutique, les biotechnologies (certaines d'entre elles tout particulièrement nous l'avons vu) sont très importantes du point de vue technologique, et c'est un des secteurs où elles sont le plus développées, mais du point de vue de l'emploi, ce développement n'a pas les implications "bénéfiques" que l'on pourrait a priori escompter.

Premièrement, ces implications sont très diverses selon qu'il s'agisse de la recherche ou de la production.

En effet, les biotechnologies s'impliquent très largement en pharmacie par la production nouvelle et l'amélioration de la production de la souche, ceci relève de l'activité de recherche et réfère à des emplois de chercheurs. Mais il s'agit là de créations d'emplois en petit nombre pour des emplois de chercheurs spécialistes des disciplines telles que : la microbiologie, la génétique, l'enzymologie, l'immunologie, la biochimie. Ces recrutements s'opèrent à des niveaux de doctorat d'Etat ou de troisième cycle avec le plus souvent passage souhaité voire requis dans un laboratoire de recherche si possible aux USA.

De plus, il faut ajouter que ces recrutements de chercheurs se sont effectués ou s'effectuent (selon les propos de nos interlocuteurs) lors du "boom" de l'entreprise par rapport aux biotechnologies, c'est-à-dire lorsque l'entreprise décide de s'orienter de façon plus directe vers les biotechnologies. Les recrutements sont donc ponctuels pour la création d'un nouveau laboratoire de recherche ou seulement d'une nouvelle équipe de recherche. Mais il ne s'agit pas là d'un lancement de recrutement devant se poursuivre. Dans les entreprises enquêtées on nous a dit "maintenant, nous avons fait le plein".

En matière de production, il n'y a pas de transformations radicales dans les modes de production. Il n'y a pas une substitution d'une technique à une autre. Il y a juste un ajout de quelques laboratoires de nouvelles technologies et de nouvelles fabrications avec des moyens nouveaux. Il n'y a pas le remplacement des procédés chimistes par des procédés biotechnologiques, ce sont des éléments qui s'ajoutent seulement.

Ainsi les équipes de développement industriel composées d'ingénieurs de process (pour une moitié ingénieurs spécialisés en mécanique, tuyauterie, appareillages... et pour l'autre, ingénieurs spécialistes de la biologie...) travaillent en symbiose actuellement avec les chercheurs pour maîtriser les nouveaux

aspects techniques des biotechnologies dans la production, par exemple : les problèmes de purification et d'isolement des principes actifs.

Ainsi d'un point de vue général il n'y a pas de création d'emplois en production et à terme avec l'automatisation renouvelée il y aura même une diminution de l'emploi car ce seront plus particulièrement les ingénieurs et quelques techniciens qui feront fonctionner les processus.

2.2.2. - Un secteur témoin : l'agro-alimentaire

Dans le secteur agro-alimentaire, par rapport aux biotechnologies, apparaissent souvent deux situations différenciées.

D'une part, il s'agit d'entreprises ayant résolument pris une orientation vers les biotechnologies souvent à partir d'incitations externes comme les influences de l'étranger (notamment du Japon) ou comme les effets escomptés du "Programme mobilisateur français pour les biotechnologies" avec des financements intéressants à la clef. D'autre part, il s'agit aussi d'industries vieillies où "les gens se sont endormis dans leur métier comme nous disait l'un de nos interlocuteurs". Là, lorsque l'on veut effectuer des transformations dans la production pour une amélioration de la productivité, la mise à plat des lignes de fabrication, le démontage et la compréhension des savoir-faire et des technologies concernées donnent l'occasion de poser le problème de l'introduction ou du développement des biotechnologies modernes.

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 2 consacré à l'activité de recherche, cette dernière n'est pas prépondérante dans le secteur agro-alimentaire et ce n'est donc pas les quelques créations d'emplois de chercheurs en biotechnologie qui peuvent être remarquées pour ce secteur. Celles-ci ne concernent en fait que

quelques grandes entreprises du secteur, et de plus ces mêmes entreprises préfèrent souvent travailler en collaboration avec des organismes de recherche extérieurs faisant ainsi sous-traiter certains problèmes de recherche trop "pointus" ou trop fondamentaux pour leur propre capacité d'investigation (Cf. sur ce thème chapitre 2 - les rapports du milieu industriel et les organismes de recherche publics).

Pour les industries agro-alimentaires, l'impact des biotechnologies semble, par contre, concerner beaucoup plus le domaine de la production mais là comme pour les industries pharmaceutiques, cela s'opère par le biais de l'automatisation. En effet l'automatisation des processus de production est permise par le développement des biotechnologies. Les biotechnologies permettent le passage de processus discontinus à des processus continus. Il s'ensuit une transformation dans l'organisation de la production et de son contrôle.

Avec les biotechnologies, s'opère une substitution de la maîtrise des processus microbiologiques aux pratiques empiriques. Ceci transforme un certain nombre de processus industriels. Et avec l'automatisation, il y a une simplification des processus de fabrication.

Ceci conduit ou conduira plutôt à une transformation quantitative et qualitative des emplois dans ce secteur.

Ainsi par exemple, dans les industries agro-alimentaires les ingénieurs sont aujourd'hui le plus souvent formés au génie agro-alimentaire plutôt qu'à la biologie. Ils ont une approche technologique à base d'améliorations empiriques successives et n'ont guère l'habitude de (et la compétence pour) résoudre les problèmes en recourant à des disciplines plus fondamentales. Ceci devrait être objet de changement.

Par ailleurs de manière générale et sommaire nous dirons qu'avec les biotechnologies et l'automatisation accrue qu'elles permettent aux emplois de production, se substituent des emplois de maintenance - contrôle de type surveillant opérateur.

2.2.3. - Et d'autres secteurs

En chimie (hors pharmacie par exemple).

Les résultats des investigations que nous avons essayé de mener ont été très nets. A part le recrutement de quelques bio-ingénieurs confirmés (nous reviendrons sur ce profil d'emploi dans les pages suivantes) nos interlocuteurs ont voulu nous faire part de l'absence de besoins pour des premiers emplois de personnels dont la formation relèverait ou s'apparenterait à la biotechnologie et ceci semble-t-il pour longtemps nous a-t-on dit.

Les obstacles au développement de la biotechnologie en chimie sont principalement :

- de nature technologique et concernent essentiellement la rentabilité de la plupart des procédés ;
- de nature économique. En effet, le plus souvent les procédés biotechnologiques ne conduisent qu'à des substances déjà connues produites par des procédés de synthèse chimique classique. Ce sont donc des considérations essentiellement économiques qui peuvent déterminer le choix des industriels en la matière. Et les innovations en termes de procédés sont beaucoup plus difficiles à pratiquer que celles des produits ;

- de la nature même des procédés biotechnologiques. La matière première de ces procédés étant généralement d'origine végétale, la mise ne oeuvre à grande échelle de procédés biotechnologiques implique nécessairement dans l'affectation des produits agricoles un arbitrage entre la consommation alimentaire et l'utilisation industrielle (1).

Dans le secteur de l'environnement (pour le traitement des eaux et la dépollution) il semble que le développement de la biotechnologie soit aujourd'hui inscrit dans les pratiques des entreprises et qu'il a pu donner lieu dans le passé proche à des recrutements essentiellement au niveau des chercheurs et des ingénieurs. Ce développement, même valorisé par de nouvelles innovations technologiques, ne semble pas, toujours selon nos interlocuteurs, devoir s'accompagner d'une nouvelle étape de recrutement.

2.2.4. - En conclusion

Du point de vue de l'emploi, si le développement actuel de la biotechnologie dans les entreprises industrielles a donné ou donne lieu à des créations d'emploi, c'est essentiellement au niveau des chercheurs et des ingénieurs pour les activités de recherche et de développement. Et pour la plupart des entreprises enquêtées, leurs responsables ont tenu à préciser qu'il s'agit là de recrutements ponctuels en fonction des développements du moment sans percevoir une montée en charge du phénomène.

Pour la production, nous avons pu le voir plus précisément dans les secteurs de la pharmacie et de l'agro-alimentaire, il s'agit avec l'introduction ou le développement des biotechnologies d'un

(1) Cf. pour les problèmes de développement de la biotechnologie en chimie. COHENDET P. L'impact de la biotechnologie en chimie : le cas de la valorisation de la matière première renouvelable (la chimie des sucres). Université Louis Pasteur - Document ronéo. 1982.

ensemble de mutations des modes de production (au sens strict) avec réaménagements, modifications ou suppressions des emplois. Ce qui à terme semble se solder par un phénomène de reconversion des personnels (1).

3 - LE PROBLEME DE L'EMPLOI ET DE LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIE

3.1. - L'occasion pour l'exemple d'un dysfonctionnement

Alors que les discours mass-médiatiques évoquent la biotechnologie comme créatrice d'emplois en faisant le parallèle avec les technologies de l'information telles que l'informatique, on s'aperçoit lors des enquêtes en milieu industriel à l'aide d'observations concrètes qu'il n'en est rien.

Ceci est un premier point, nous venons de l'exposer par des cas concrets d'observations dans les industries pharmaceutiques et agro-alimentaires tout particulièrement où il s'agit là, d'un mouvement de suppression - reconversion - substitution d'emplois lié à des associations de technologies (biotechnologie et informatique) et des réorganisations des modes de production.

Le second point qui est à mettre en relief est ce qui peut apparaître comme un dysfonctionnement, une non-adéquation entre l'offre de formés (et ainsi le système éducatif) et la demande de professionnels (et ainsi le milieu industriel).

En effet, les offres d'emplois telles qu'elles peuvent être repérées dans la presse plus ou moins spécialisée, ou évoquées dans

(1) Une étude récente "à la recherche des possibles emplois en biotechnologie" concluait ainsi pour "le secteur industriel, l'introduction de techniques nouvelles dans le secteur de la biologie ne sera guère génératrice d'emplois. La plupart des entreprises envisagent une appropriation de techniques nouvelles par reconversion de personnels déjà en place plutôt que par création d'emplois nouveaux (stratégie de fausses créations d'emplois)". INSERM - Formation et insertion professionnelles des jeunes non qualifiés dans les métiers de la biologie. Paris - Documentation - ronéo. Mai 1984.

les entreprises font référence à des personnels confirmés dans telle ou telle spécialité et ayant une expérience de plusieurs années de pratique en milieu industriel. Et les industriels eux-mêmes se disent obligés d'avoir recours à une main-d'oeuvre étrangère car ne trouvant pas le type de profil requis sur le marché français.

En premier lieu, il faut bien comprendre que ce phénomène est tributaire du développement précaire des biotechnologies dans les entreprises françaises et ne saurait être une situation ou un discours sur lesquels devrait prendre appui une réflexion ou des décisions en matière d'hypothétiques besoins en formation.

Le fait qu'il y ait aujourd'hui le recrutement de bio-ingénieurs confirmés étrangers ne peut pas être un argument pour dire (ou faire croire) qu'il n'existe pas ou qu'il n'existera pas des profils de ce type sur le marché. L'expérience et la confirmation de cette expérience se faisant avec le développement des biotechnologies dans les entreprises. C'est cette absence de développement actuel (ou ce développement seulement précaire) en milieu industriel qui semble induire une recherche d'interlocuteurs venant de l'étranger où ce développement s'est déjà opéré (en particulier les USA pour le génie génétique, les pays d'Europe du nord pour le génie enzymatique ...). On peut aussi observer une "chasse aux têtes biotechnologiques" des entreprises françaises ayant projet de se développer en la matière vers celles qui ont déjà opéré celui-ci de manière efficace. L'argument de "l'expérience" ne peut militer semble-t-il pour que l'on puisse parler d'un dysfonctionnement entre l'offre de diplômés et la demande de professionnels.

Par contre, la question que l'on peut se poser est celle du rapport ou du non rapport entre les spécialités enseignées et les spécialités pratiquées - à pratiquer.

3.2. - Les spécialités - les profils

A titre de repérage, nous essaierons dans les pages suivantes d'inventorier les spécialités requises et les profils recherchés à la fois pour la recherche et le développement comme pour la production selon diverses catégories professionnelles. Ceci à partir des informations recueillies auprès de nos interlocuteurs en milieu industriel.

3.2.1. - En recherche et développement

Il s'agit là de chercheurs et d'ingénieurs.

A - Les spécialistes des biosciences d'appui au développement des biotechnologies (Cf. chapitre 1 p. 21) ou chercheurs.

Sont concernés des spécialistes de haut niveau de formation initiale. Est requise une formation sanctionnée par un doctorat de troisième cycle ou mieux d'Etat et fortement souhaitée si ce n'est requise une formation complémentaire dans un laboratoire de recherche tout particulièrement aux USA.

Les spécialités recherchées se rapportent principalement à :

- la génétique ;
- l'enzymatique ;
- la biologie moléculaire ;
- la microbiologie.

B - Les bio-ingénieurs

Bio-ingénieurs est le terme le plus souvent usité. Son profil varié selon les situations particulières peut être résumé comme suit :

- dénominateur commun des bio-ingénieurs, un langage biologique de base ;

- profil mixte de biologiste et de chimiste avec des connaissances en sciences de l'ingénieur (notamment en génie chimique adapté aux manipulations de la matière vivante) ;
- compétences de base dans les disciplines telles que la biochimie, la microbiologie, l'immunologie, le génie génétique, le génie enzymatique, le génie des fermentations et des cultures cellulaires, les techniques d'extraction - séparation - purification, la biophysico-chimie, la bio-ingénierie ;
- compétences de base dans les domaines périphériques tels que les mathématiques appliquées, la chimie organique et analytique, la thermodynamique, le génie industriel, l'informatique et les automatismes ;
- sensibilisation aux sciences économiques et sociales dans les domaines de la gestion des entreprises, le droit de la propriété industrielle, l'organisation du travail, l'hygiène et la sécurité...

Ces bio-ingénieurs sont recrutés, soit à partir des grandes écoles d'ingénieurs notamment celles qui ont instauré une option biotechnologie, soit à partir d'autres filières telles qu'Agronomie, Pharmacie, ENSIA, ENIA selon les secteurs d'activité recruteurs (Cf. Annexe III p. 109 pour l'inventaire des formations apparentées à la biologie).

Ce qui est très important, c'est qu'aujourd'hui les recrutements sont très ouverts car il n'y a pas de monopoles anciens.

Autant les grandes entreprises vont rechercher des spécialistes d'un domaine particulier, autant les plus petites entreprises vont plutôt avoir recours à des généralistes car ces derniers devront :

- pouvoir apprécier les multiples aspects d'un procédé d'un projet biotechnologique ;
- être capables d'étudier et de proposer des solutions à des problèmes de transposition, de pré-développement et de développement industriels pour des produits et des procédés biotechnologiques ;
- être capables de proposer ou de justifier un choix industriel biotechnologique par rapport à d'autres choix technologiques possibles ;
- et pouvoir par la suite se reconvertir sans difficultés majeures vers d'autres secteurs d'activité.

Les plus petites entreprises rechercheront aussi des ingénieurs plus polyvalents afin de ne pas devoir embaucher un ingénieur spécialiste pour chacun des nouveaux problèmes qu'elles doivent affronter, ce qu'elles ne pourraient d'ailleurs pas se permettre.

C - Les techniciens de laboratoire

En termes de niveau de formation, il s'agit essentiellement de DUT et de BTS avec une préférence marquée par certains industriels pour les BTS. les titulaires de DUT posant certains problèmes aux entreprises du fait de leur désillusion par rapport aux postes et aux carrières qui peuvent leur être proposés.

En termes de disciplines sont privilégiées : la microbiologie, la biochimie, les analyses biologiques.

L'enseignement dans ces disciplines commence tout juste à aborder les technologies nouvelles telles que l'enzymologie, le génie génétique... Mais ceci, au dire des industriels, ne pose pas un problème très important. En effet, dans les laboratoires, les

techniciens sont des manipulateurs et ils peuvent être formés efficacement "au coup par coup" sur le tas.

A contrario, les industriels estiment qu'il faut être très prudent quant à la mise en place de nouvelles spécialités d'enseignement (plus "pointues") au niveau technicien car en termes de débouchés et de mobilité se posent toujours plus de problèmes pour les techniciens que pour les ingénieurs.

3.2.2. - En production

Sont concernés les ingénieurs et les techniciens :

A - Les ingénieurs :

Dans le domaine de la recherche et du développement, nous avons employé le terme de bio-ingénieur pour signifier que l'on cherchait à avoir recours pour ces tâches à des spécialistes soit de la biologie selon ses différents aspects, soit des diverses biotechnologies particulières.

En production, l'ingénieur doit assurer la production en usine après la constitution du "pilote" à laquelle il aura participé avec l'ingénieur de recherche et de développement. Aussi s'agit-il là d'un profil moins "bio" qu'ingénieur au sens plein du terme. Ceci réfère à des connaissances et des compétences classiques (en termes de mécanique, automatismes, gestion, évaluation des procédés, étude de marché...), ou plus particulières aux secteurs d'activité concernés (chimie, pharmacie, alimentation, traitement de la pollution et des eaux, etc.).

Mais par ailleurs, s'il n'est pas explicitement requis des connaissances en biologie ou en biotechnologie pour les ingénieurs de production, il est indubitable qu'ils doivent connaître les contraintes liées à la "matière vivante" qu'ils travaillent.

Il faut noter que d'une manière générale, nos interlocuteurs ont dans leur majorité fait très fortement référence au manque d'ingénieurs de process. Et dans la mesure où des évolutions très importantes peuvent être réalisées dans la conception des unités de production biologique en couplant la souplesse des technologies de l'information, le rôle des ingénieurs de processus devrait devenir déterminant. D'autre part, il ne faut pas négliger le fait qu'il doit pouvoir s'instaurer un dialogue permanent entre l'ingénieur de production et l'ingénieur de recherche-développement ou bio-ingénieur, ce qui signifie un lot de connaissances et de compétences communes.

B - Les techniciens de production

Les niveaux et les disciplines de formation requis sont analogues à ceux des techniciens de laboratoires (Cf. 3.2.1. C. p.78). En production sont aussi appréciés les titulaires du baccalauréat de technicien en sciences biologiques (F7 : option biochimie, F7' : option biologie).

Pour les industriels, il ne se pose pas de problème d'embauche au niveau des techniciens (l'embauche est faible) mais se pose le problème du maintien et du développement des connaissances qui est généralement résolu par des stages externes à l'entreprise.

C - Les ouvriers :

Nous avons précédemment évoqué les transformations de la production liées à l'association des biotechnologies et de l'automatisation. Pour l'instant, il est difficile d'apprécier au niveau ouvrier comment s'opèrera le mouvement de suppression-reconversion qui accompagnera ce phénomène.

3.2.3. - En conclusion

Actuellement, l'offre d'emploi des industriels concerne :

- des chercheurs et des ingénieurs de haut niveau (Doctorat d'état de troisième cycle ou d'ingénieur) ayant acquis une expérience en laboratoire de recherche ou en milieu industriel ;
- des ingénieurs de process dont semble-t-il (de manière générale), le manque est criant ;
- des techniciens de laboratoire et de production en très petit nombre.

Il est tout à fait remarquable de noter que les niveaux intermédiaires tels que les DEA, les maîtrises ne sont pas recherchés du tout voire même très mal appréhendés par les industriels. La difficulté d'embauche à ce niveau semble s'expliquer par le fait que dans les conventions collectives, les titulaires de ces diplômes sont assimilés aux ingénieurs mais n'apparaissent pas dans la pratique aptes à occuper de tels emplois dans les laboratoires.

4 - PERSPECTIVE D'EMPLOI ET PROSPECTIVE POUR LA FORMATION

4.1. - A court et long terme, l'emploi

A travers l'ensemble des informations recueillies dans les entreprises, on perçoit très clairement la grande prudence des industriels quant au développement d'emplois liés aux biotechnologies. Ils n'hésitent pas, pour la plupart d'entre eux, à évoquer les possibles ou inévitables suppressions d'emplois occasionnées par l'association des biotechnologies et de l'automatisation. Tout au long de l'enquête, dans le même discours, les industriels ont tenu à insister sur le fait qu'il faut aborder

avec prudence le problème de la mise en place de nouveaux enseignements dans les formations concernées par les biotechnologies, tenant à émettre un avis très favorable sur les filières de formation existantes. Tout se passe ainsi comme si les industriels pensaient qu'émettre quelques insatisfactions parcellaires et ponctuelles pourrait conduire à des transformations plus larges et plus radicales qu'ils semblent plutôt redouter.

En fait, il semble apparaître, en dernier ressort, que les industriels, même ceux qui sont engagés de manière indubitable dans le développement des biotechnologies, ne savent pas quels sont les profils de personnels auxquels ils pourraient (ou devraient) avoir recours pour ce développement technologique. Ceci du fait qu'il existe peu de développements industriels audacieux en biotechnologie ou tout du moins peu de perspectives réelles (ou réalisées), et les projets concrets actuels (ou observables) sont le plus souvent très traditionnels (du type : amélioration des procédés de fermentation par exemple).

Nous pouvons donc en conclure, qu'à court terme, seule s'exprime une demande modérée en chercheurs et ingénieurs confirmés, en spécialistes de quelques disciplines de pointe. En termes de premier emploi et donc de débouchés pour les formations initiales peu de perspectives semblent ouvertes et "pour longtemps" nous a-t-on répété tout au long de cette enquête.

Pour le plus long terme, il semble qu'il faille attendre de voir les projets de développements industriels en biotechnologie quelque peu plus réalisés qu'à l'heure d'aujourd'hui. Et nous renvoyons, alors, à nos remarques sur les perspectives d'emplois liées à ces développements selon les différents secteurs d'activité.

4.2. - Et la formation

Que les perspectives d'emplois soient importantes quantitativement ou non, le problème de la formation se pose du point de vue des spécialités, des disciplines enseignées.

4.2.1. - La biotechnologie : autre chose qu'une spécialité ?

Si il est indubitable que doivent être formés et que sont recherchés des spécialistes, soit des biosciences d'appui aux biotechnologies, soit des diverses biotechnologies se développant actuellement, de manière beaucoup plus large et pour un nombre beaucoup plus important de personnels se pose le problème de la sensibilisation à la biotechnologie, à la manipulation technologique de la matière vivante.

Cette sensibilisation concerne ou devrait concerner l'ensemble des personnels n'exerçant pas une activité directement biotechnologie, mais une activité connexe. Cette sensibilisation devrait signifier "d'être en alerte sur le sujet" c'est-à-dire pouvoir appréhender les problèmes et contraintes inhérentes à ces nouvelles technologies.

4.2.2. - Biotechnologie : une discipline ?

Il apparaît aujourd'hui à l'évidence que l'une des caractéristiques importantes de la biotechnologie est qu'elle soit multidisciplinaire, ce qui peut constituer l'une des difficultés de son enseignement, de la diffusion du savoir à son propos.

La biotechnologie n'apparaît pas comme une discipline traditionnelle, il ne s'agit pas d'une discipline scientifique ou technique mais "d'un système technologique en cours de formation".

"Un système technologique regroupe des techniques parvenues à des degrés divers de maturité (par exemple en biotechnologie : génie génétique et hybridation cellulaire ou traditionnellement : fermentation, extraction, purification). En outre, les systèmes technologiques présentent entre eux d'étroites interdépendances (l'exemple de la biotechnologie et l'informatique). Leurs processus de développement sont donc multifactoriels et multidimensionnels. Leur évolution est analogue à celle des organismes vivants" (1).

(1) ROSNAY J de. "Les chemins de la vie" - Le Seuil - 1983.

5 - EN CONCLUSION

Si l'on confronte, au panorama de l'offre de formation présenté en Annexe III p. 109, les informations concernant les problèmes d'évolution d'emploi et de formation recueillies auprès des industriels, on s'aperçoit que l'ensemble des domaines d'activité où se développent les biotechnologies est couvert du point de vue de la formation. En effet, l'éventail des formations afférentes à la biologie selon différentes spécialisations ou options et aux différents secteurs d'application est large et cela pour l'ensemble des niveaux de formation.

Mais, dans cet ordre d'idées, au regard des développements récents ou prochains des biotechnologies en milieu industriel, se pose le problème de l'hypothétique constitution d'un champ professionnel. Si professionnalisation il y a, celle-ci sera-t-elle axée sur le versant scientifique et technique ou sur le versant domaine d'application des biotechnologies ? Il n'y a pas de monopoles anciens en matière de recrutement, de filières ou de carrières, c'est donc un champ pour l'instant très ouvert.

CONCLUSION

—•—

Ces conclusions vont s'efforcer d'une part de faire une synthèse des résultats de cette étude, d'autre part, de dégager les problèmes qui ne manquent pas de se poser quant aux principaux thèmes évoqués.

1 - SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETUDE

Ils seront présentés selon les principaux thèmes privilégiés dans ce travail.

1.1. - Le développement technologique et économique des biotechnologies

L'évocation rapide que nous avons pu faire de la genèse et du développement des biotechnologies permet de mettre en relief la diversité des sciences d'appui et la multiplicité des biotechnologies elles-mêmes. Ainsi ces dernières évoluent dans un champ complexe fait de relations entre différentes disciplines scientifiques et techniques dont les développements s'organisent selon des rythmes variés. Elles sont ainsi tributaires de l'évolution de la production des connaissances dans des domaines divers et nous reprendrons, ici, l'expression de "système technologique en formation" (1) pour définir ces technologies. Cette expression permet d'appréhender à la fois la complexité et l'incertitude du développement des biotechnologies tant en termes de technologie (car il s'agit d'un ensemble de technologies variées) que du point de vue économique (se posent les problèmes de l'insertion des biotechnologies dans des systèmes industriels).

Si il y a une certaine variété dans les rythmes de développement des sciences d'appui aux biotechnologies, il en est de même pour le développement industriel des biotechnologies. En effet, celui-ci s'organise à des rythmes divers selon les secteurs

(1) ROSNAY J. de - op cit.

d'activités au regard des preuves de l'efficacité et de la rentabilité économique de ces technologies quant aux produits et procédés mis en oeuvre, de l'intérêt de leur insertion dans un ensemble de mutations technologiques dont l'automatisation.

1.2. - Les conditions du développement technologique et économique des biotechnologies

Le développement et la mise en place des biotechnologies dans les entreprises sont l'occasion d'une redéfinition et d'une transformation des relations entre le milieu industriel et les instances traditionnelles de production et de transmission des connaissances telles que les organismes de recherche et d'enseignement.

En effet, au stade actuel du développement des biotechnologies, ce qui apparaît à l'évidence (ou à l'observation de terrain), c'est du point de vue des entreprises, une maîtrise nouvelle ou renouvelée de leurs activités de recherche et une forte tendance à faire appel aux organismes publics de recherche qui eux-mêmes facilitent ou même engagent ces nouveaux types de rapports. C'est aussi, du point de vue du système éducatif, une orientation très nette à se mettre à l'écoute des problèmes, des propositions ou des demandes des industriels. Mais d'un point de vue général, en ce qui concerne les biotechnologies, les liens sont beaucoup plus probants pour les rapports des organismes de recherche et des entreprises que pour les rapports de ces dernières avec le système éducatif. En effet, outre quelques cas exemplaires de projets ou de mises en place de formations continues (ou à caractère de recyclage), lors de nos entretiens, les industriels se sont toujours montrés très réticents pour faire des propositions quant à de nouvelles formations spécifiques aux biotechnologies. Ce n'est pas sur le principe même de la relation milieu industriel et système éducatif que les rapports achoppent mais sur le problème même de la formation en biotechnologie. Comme nous l'évoquons plus explicitement dans le chapitre précédent, les développements industriels des biotechnologies n'en sont qu'à

leurs balbutiements, et aussi on peut penser qu'actuellement les industriels ne peuvent qu'être réservés quant aux développements de l'emploi dans ce domaine compte-tenu des mutations technologiques multiples qui ne manqueront pas d'intervenir en liaison avec les technologies du vivant.

Par contre, au stade présent du développement industriel des biotechnologies, c'est avec la maîtrise nouvelle des activités de recherche par les entreprises que l'on pourrait le plus aisément approcher les problèmes d'emploi et de formation. En effet, tandis que le développement industriel des biotechnologies couplé avec les technologies de l'information ne semble pas devoir se solder par une création nette d'emplois mais plutôt par une transformation d'emplois existants selon le modèle de toute automatisation, c'est avec les activités diverses de recherche (recherche de base, finalisée et de développement) et les activités connexes (traitement et circulation de l'information scientifique et technique) qu'il semble que se dessinent de nouveaux profils professionnels de "chercheurs" selon des aspects divers : thème sur lequel devraient s'engager de nouvelles investigations.

2 - PROBLEMES ET PERSPECTIVES

Au delà de cette synthèse des principaux résultats de l'étude, ces conclusions s'efforcent de dégager, à partir du cas exemplaire des biotechnologies, les problèmes qui ne manquent pas de se poser pour la production et la transmission des connaissances. Ils seront succinctement évoqués en termes interrogatifs.

2.1. - Une confusion des genres ?

Les transformations émergentes actuellement dans les relations entre le milieu industriel et les organismes de recherche et d'enseignement peuvent être comprises par certains ou dans certains cas comme "une confusion des genres" par rapport aux définitions ou destinations traditionnelles des différentes instances institutionnelles concernées.

En effet, de plus en plus existent des liaisons multiformes entre recherches fondamentales et recherches appliquées. Celles-ci se situent tant à l'université que dans les entreprises industrielles. Entre ces deux instances les échanges de personnels scientifiques se font de manière plus fréquente. A l'université les critères de choix des orientations des programmes de recherche sont autant financiers (et sinon plus dans certaines institutions) que "savants" (c'est-à-dire relevant d'une logique du développement des connaissances). On cherche à définir les formations au plus près des demandes conjoncturelles de l'environnement industriel pour raison de débouchés immédiats.

Dans cet ordre de fait, que les universités ne fassent plus de recherches fondamentales tous azimuts ne peut-il être dommageable pour la plupart des domaines scientifiques où les débouchés ne s'ouvrent qu'à long terme ? Ceci ne pourrait-il pas avoir aussi des influences certaines sur les formations des étudiants notamment pour les deuxième et troisième cycles où se mettent en place des stages négociés avec les industriels ?

2.2. - Des identités renouvelées ?

Alors que les institutions d'enseignement et de recherche se sont mises à l'écoute du milieu industriel pour s'en rapprocher assez brusquement, on pourrait se demander si il n'y a pas eu un certain malentendu. En effet, du point de vue des industriels la recherche fondamentale est primordiale et nécessaire, le développement élargi et de haut niveau des connaissances l'est tout autant. Ainsi, dans les entreprises sont développées des recherches de base (dans des centres "pensants", structures d'accueil aux idées nouvelles, garants du maintien et du développement des savoirs), et les industriels regrettent qu'il faille devoir transmettre les connaissances de base aux stagiaires universitaires qui pour eux ne devraient être là que pour s'initier, se familiariser aux réalités et méthodes industrielles et devraient

apporter des idées et orientations nouvelles issues des instances de production des connaissances telles que les universités.

Aussi ne serait-ce pas avec des identités certes renouvelées, mais dans la reconnaissance mutuelle de leurs différences que pourraient s'engager, de manière plus moderne, les relations entre les institutions de recherche et d'enseignement et le milieu industriel, les unes offrant des politiques et pratiques souples mais cohérentes et constantes vis-à-vis de l'environnement industriel aux préoccupations plus aléatoires ou du moins plus fluctuantes ?

ANNEXE I

LE DISPOSITIF D'ENQUETE



1 - L'ECHANTILLON

Il s'est accordé au mode d'approche défini selon la notion de processus (Cf. Introduction p. 7). Il a été, en effet, constitué selon le processus de production technologique (les différents lieux et acteurs institutionnels y prenant part). En outre, a été pris en compte un critère de diversification selon les principaux secteurs d'application du développement de la biotechnologie.

L'échantillon d'enquête a été constitué à l'aide d'organismes et de personnalités compétents en matière de développement des biotechnologies. Les syndicats professionnels représentant les différents secteurs d'activité concernés par ce développement ont été consultés au départ.

Dans ses principes généraux, l'échantillon a été ordonné de la manière suivante dans douze sites variés :

- des grandes entreprises (voire groupes) industrielles avec des unités de recherche et/ou d'application selon différents secteurs d'activité (deux en chimie-pharmacie, deux en agro-alimentaire, deux dans l'environnement) ;
- un laboratoire de recherches ;
- des unités d'enseignement et de recherche fondamentale ou appliquée dans deux universités (dont l'une dotée d'un centre de transfert) ;
- des sociétés de services (ingénierie et/ou consultation), notamment pour les domaines de l'agriculture et de l'énergie.

2 - LE RECUEIL DES INFORMATIONS

Pour chacun des terrains d'enquête, les observations ont été conduites selon les axes définis au départ, à savoir : institutionnel, organisationnel et professionnel. Ceci correspondait à trois niveaux d'investigation.

L'enquête sur l'ensemble des terrains a été organisée pour le recueil des informations selon différents champs :

1) Identification de l'instance concernée :

- nature, statut, taille ;
- position dans le processus (abstrait en tant qu'axe de repérage) de production technologique ;
- situation par rapport aux biotechnologies d'un point de vue général (biotechnologies anciennes et nouvelles) ;
- organigramme fonctionnel de l'instance (repérage des divers lieux de prise en charge du processus de production technologique, les lieux privilégiés de rapports avec l'environnement).

2) Description du projet biotechnologique (innovation en termes de produit ou de procédé nouveau ou amélioré) pris en compte :

- nature, étapes de développement, objectifs,...

3) Politiques et pratiques des instances concernées en matière de mise en place des projets biotechnologiques, caractérisation des modalités du point de vue :

- des décisions en matière de recherches et de projets ;
- de la situation fonctionnelle des unités de recherche ;
- de la mise en oeuvre des projets (rapports d'internalisation/d'externalisation) ;
- de la circulation de l'information scientifique et technique ;
- des recrutements, des recyclages et de l'affectation des personnels.

Le recueil de ces informations selon ces différents champs a été fait à travers l'ensemble de l'instance concernée et à des niveaux variés d'interlocuteurs selon les situations concrètes.

Pour les unités d'enseignement, les entretiens se sont centrés sur les projets de développement de formations apparentées à/ou débouchant sur les biotechnologies, les relations avec le milieu industriel, les procédures de transformation et de mise en place de formations nouvelles.

ANNEXE II

BIOTECHNOLOGIES : SITUATION INTERNATIONALE

---*---

1 - APERCU GENERAL

Le Commissariat général du Plan présentait, dernièrement (1), la dimension du marché international des biotechnologies de la manière suivante : "Si l'on exclut les fermentations traditionnelles de l'industrie alimentaire et les applications à la dépollution, les activités industrielles mettant en oeuvre les biotechnologies représentent actuellement un chiffre d'affaires mondial de l'ordre de 150 milliards de francs par an. En francs constants 1981, ce chiffre pourrait atteindre 250 milliards de francs en 1990. La décomposition approximative pourrait être :

- agro-alimentaire et chimie	22 %
- pharmacie	31 %
- agriculture	22 %
- énergie	25 %"

Cette dimension internationale des biotechnologies engage à ce que nous situions le développement actuel et potentiel des différents pays ou groupes de pays dans cette évolution selon divers aspects tant industriels que de recherche.

D'autre part, il est intéressant de noter l'abondance des rapports officiels concernant les biotechnologies, depuis près de dix ans, (Cf. tableau citant les principaux rapports sur les biotechnologies p. 97). Le plus souvent ces rapports sont accompagnés ou suivis de plans ou d'actions concertées dans les différents pays concernés.

(1) COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN - Les enjeux technologiques des années 1985 - 1990. op. cit.

PRINCIPAUX RAPPORTS SUR LES BIOTECHNOLOGIES (1)

1976	République fédérale d'Allemagne	DECHEMA (BMFT), <i>Biotechnologie, eine Studie über Forschung und Entwicklung.</i>
1976	Japon	MITSUI, <i>Present and future of enzyme technology.</i>
1976	Royaume-Uni	A. N. Emery, <i>Biochemical engineering</i> , Science Research Council.
1977	Commission des communautés européennes	<i>Possible actions of the European Communities for the optimal exploitation of the fundamentals of the new biology in applied research.</i>
1979	France	F. Gros, F. Jacob et P. Royer, <i>Sciences de la vie et société. Rapport au président de la République</i> , Paris, La documentation française.
Septembre 1979	France	J. de Rosnay, <i>Biotechnologies et bio-industrie</i> , annexe au rapport <i>Sciences de la vie et société</i> , Paris, Institut Pasteur.
Janvier 1980	République fédérale d'Allemagne	BMFT Leistungsplan 04, <i>Biotechnologie.</i>
Mars 1980	Royaume-Uni	<i>Biotechnology: a report of a joint party</i> (Advisory Council for Applied Research and Development / Advisory Board for the Research Councils / The Royal Society), Spinks report.
Mai 1980	Belgique	SPPS, <i>Développements en matière de biotechnologies.</i>
Septembre 1980	Canada	Miller et al., <i>Biotechnology in Canada: promises and concerns</i> , Institut de recherches politiques et Conseil des sciences du Canada.
Février 1981	Canada	<i>Biotechnologie : un plan de développement pour le Canada / Biotechnology: a development plan for Canada</i> , Rapport du Groupe d'étude sur la biotechnologie au ministre d'État pour la science et la technologie / Report to the Minister for Science and Technology.
Février 1981	France	J. C. Pelissolo, <i>La biotechnologie, demain?</i> , Paris, La documentation française.
Mars 1981	Royaume-Uni	<i>Biotechnology</i> (response to Spinks Report), Government White Paper.
Avril 1981	États-Unis d'Amérique	O. Zaborsky, <i>Biotechnology at the National Science Foundation.</i>
Avril 1981	États-Unis d'Amérique	<i>Impacts of applied genetics: micro-organisms, plants and animals</i> , a report by the Office of Technology Assessment, U.S. Congress.
Mai 1981	Irlande	NBST, <i>Biotechnology trends.</i>
Mai 1981	Pays-Bas	<i>Biotechnology: a Dutch perspective</i> , a report by the Netherlands Study Centre for Technology Trends, J. H. F. van Apeldoorn ed.
Jun 1981	Australie	<i>Biotechnology for Australia</i> , a report to the Executive of CSIRO by a Special Committee of Review.
Juillet 1982	France	Mission des biotechnologies, <i>Essor des biotechnologies</i> , Paris, Ministère de la recherche et de l'industrie.
Juillet 1982	France	G. Strain, <i>Les bio-industries et les sociétés nationales, un atout pour la France</i> , Paris, Ministère de la recherche et de l'industrie.
1982	OCDE	A. T. Bull, G. Holt et M. D. Lilly, <i>Biotechnologie. Tendances et perspectives internationales / Biotechnology. International trends and perspectives</i> , Paris, Organisation de coopération et de développement économiques.

 (1) Cité page 256 par SASSON A. "Les biotechnologies : défis et promesses" op. cit.

2 - JAPON

Dans cette évolution des biotechnologies le Japon occupe avec les USA le premier rang selon divers marchés et développements (Cf. 3. USA).

Le Japon a une tradition séculaire dans le domaine des fermentations alimentaires et alcooliques (riz - soja) et ainsi une position traditionnelle de leader dans l'industrie des fermentations.

Cette tradition qui est liée à celle d'étude et de recherche en biochimie microbienne a permis un développement très avancé de la microbiologie industrielle.

Les secteurs privilégiés de développement en biotechnologie concernent ainsi la microbiologie industrielle et la technologie enzymatique.

. La microbiologie industrielle.

Le Japon est un des principaux producteurs mondiaux d'antibiotiques ainsi que d'une variété considérable de dérivés issus des fermentations.

. La technologie enzymatique

Les réalisations remarquables en ce domaine placent ce pays au premier rang mondial pour la production d'enzymes et leur utilisation dans des procédés industriels sous forme native ou immobilisée.

En dehors de la recherche d'enzymes aux fins d'applications industrielles, le Japon a lancé un nouveau programme sur le mécanisme des activités enzymatiques et le développement des enzymes artificielles, sur la chimie macromoléculaire et organique des catalyseurs et des membranes, sur les bioréacteurs et sur l'application médicale des enzymes.

Jusqu'à il y a peu de temps n'existait pas de recherche en génie génétique, les pouvoirs publics viennent de lancer un plan de rattrapage dans ce domaine et dans celui des cultures végétales, avec des aides sélectives de l'Etat.

La bio-industrie japonaise est constituée d'une soixantaine de firmes puissantes, très diversifiées et très décloisonnées, qui utilisent leur savoir-faire aussi bien en alimentation, en pharmacie qu'en chimie.

Du point de vue des rapports entre la recherche et l'industrie, le Japon semble se particulariser par une absence de frontière entre recherche fondamentale et appliquée dans les institutions de recherche, un flux continu d'échanges de compétences entre les universités et les entreprises industrielles.

3 - U.S.A.

Les USA occupent le premier rang mondial dans le développement des biotechnologies avec le Japon, mais dans des secteurs différents et avec une politique plus diversifiée (ou moins cohérente).

Dans ce domaine comme dans d'autres, les USA se particularisent par un important appareil de recherche fondamentale aux multiples intérêts.

Les secteurs où les développements apparaissent les plus avancés sont :

- la bio-agronomie ;
- la bio-médecine ;
- la bio-énergie .

Les USA sont au premier rang des recherches en génie génétique. Le génie génétique fait actuellement l'objet de recherches très intensives.

C'est aux USA d'ailleurs, qu'ont été réalisées les premières expériences en ce domaine avec comme thèmes d'applications :

- la production optimisée d'antibiotiques ;
- la production d'hormones, de facteurs de coagulation, d'enzymes ayant un intérêt médical, de vaccins et de neuropeptides.

Aux USA, les experts considèrent que dans les cinq années à venir, le génie génétique pourrait s'appliquer au domaine pharmaceutique notamment pour :

- la production de somatostine et d'insuline ;
- l'accroissement de la production d'antibiotiques, de neuropeptides, d'interférons et de vaccins.

A plus long terme (dix ans), le génétique pourrait intervenir dans les secteurs de la chimie et de l'agriculture. Ainsi l'industrie lourde ferait appel aux biotechnologies pour optimiser la production d'éthanol et de méthanol par voie microbienne.

En agriculture, les travaux actuels portent sur :

- l'amélioration des espèces ;
- la photosynthèse ;
- la fixation de l'azote ;
- l'exploitation des cultures cellulaires ;
- la lutte biologique.

Dans le développement des biotechnologies, la prédominance des USA s'explique en raison :

- de la dimension de leur marché ;
- de la puissance industrielle et financière des groupes chimiques et pharmaceutiques qui s'intéressent aux biotechnologies et qui y investissent ;

- de l'intérêt porté par les pouvoirs publics (700 programmes de génie génétique alloués en 1980) ;
- du souci permanent de ce pays agricole d'améliorer la productivité et d'utiliser ainsi toujours plus les ressources de la technologie ;
- de la qualité de l'interaction de la recherche publique et de l'industrie comme de la circulation d'information entre l'une et l'autre. Ceci s'est traduit dans le domaine du génie génétique, notamment, par la création d'une dizaine de petites entreprises de "matière grise" qui exploitent les travaux des meilleures universités.

4 - CANADA

Le Canada se particularise par un très lourd effort de recherche en microbiologie industrielle.

Les priorités en recherche vont à :

- la sélection des souches bactériennes ;
- l'étude des chaînes métaboliques ;
- la production du gaz méthane par fermentation ;

ainsi qu'aux problèmes d'application dérivant de l'étude des fermentations notamment dans l'optique d'une production d'énergie à partir des surplus agricoles.

5 - R.F.A

La RFA occupe pour les biotechnologies, le premier rang en Europe. Il s'agit d'un essor relativement récent. Les réalisations allemandes sont loin d'atteindre celles du Japon et des USA mais les capacités opérationnelles scientifiques et économiques de ce pays sont considérables, s'appuyant sur des instituts de recherche et de technologie nombreux et sur de puissantes entreprises multinationales.

La RFA dispose d'un centre de recherche unique en Europe et actuellement de grands groupes chimiques se lancent délibérément dans la bio-industrie.

Les secteurs prioritaires de développement des biotechnologies en RFA sont :

- la biologie fondamentale ;
- les procédés biologiques d'optimisation des cultures de masse ;
- la technologie enzymatique ;
- le traitement des sous-produits par voie biochimique.

6 - GRANDE-BRETAGNE

La Grande-Bretagne possède une importante capacité industrielle de fermentation destinée principalement à la production d'antibiotiques, l'un des points forts de sa bio-industrie.

A la fin des années soixante, les recherches dans le domaine de la technologie enzymatique ont eu pour conséquences de développer des procédés industriels fondés sur l'emploi des enzymes immobilisés notamment dans la production de fructose.

La Grande-Bretagne se particularise par une pluralité de programmes de recherche à court et moyen terme spécialement dans le domaine médical.

7 - ITALIE

L'Italie se particularise par un programme de développement des biotechnologies relativement avancé qui s'opère notamment avec une grande entreprise de production d'enzymes et un grand groupe pharmaceutique s'orientant vers les recherches en génie génétique.

8 - SCANDINAVIE

Le Danemark est connu pour posséder les plus importantes entreprises de production_d'enzymes.

En Suède, dès 1970 se sont développées des recherches en microbiologie appliquée et en biologie moléculaire et cellulaire.

9 - U.R.S.S.

Dès le début des années soixante, les recherches dans les différents domaines de la biologie ont connu d'importants développements en URSS.

Il s'agit des développements :

- de la microbiologie industrielle pour la production de protéines, d'organismes unicellulaires, de vitamines et autres substances d'origine microbienne ;
- de la biologie et de la génétique moléculaire pour des applications en agriculture et dans l'industrie.

10 - LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

De manière générale, les champs privilégiés d'intervention des biotechnologies dans les pays en voie de développement sont principalement les secteurs alimentaire et énergétique.

. Secteur alimentaire

Avec les biotechnologies de production

- augmentation de la production agricole ;
- accroissement de l'éventail des ressources.

Avec les biotechnologies de préservation

- médecine vétérinaire ;
- lutte contre les prédateurs ;
- conservation des récoltes.

. Secteur énergétique

- augmentation des ressources en biomasse ;
- transformation de la biomasse en combustibles variés (méthane, alcool) ;
- réduction de la demande en énergie classique.

La plupart des biotechnologies modernes, d'une part nécessitent des apports financiers importants, d'autre part sont conçues et mises au point dans les centres de recherches publics ou privés des pays industrialisés. Il en est ainsi pour la fermentation en continu, les capteurs, l'immobilisation des enzymes, le clonage, le génie génétique... Ceci pose le problème classique de transfert de technologies vers les pays en voie de développement.

Dans les transferts de technologies se pose le problème des brevets. Outre leur coût et la sujétion technique qu'ils impliquent, les brevets entraînent des contraintes d'emploi et parfois des inadaptations aux conditions locales de mise en application. Ainsi par exemple, en fermentation, un brevet mis au point avec des matières premières aux caractéristiques spécifiques, s'avère peu utilisable avec la matière première produite localement, tel fut le cas au Brésil pour la technique de conversion de la canne à sucre en éthanol.

11 - FRANCE

Dans cette partie concernant la situation internationale la place de la France est évoquée de manière succincte, les différents aspects de développement des biotechnologies étant présentés dans l'un des chapitres précédents consacré à l'emploi (Cf. Chapitre 3), dans l'annexe suivante (Annexe III) inventoriant l'offre de formation et de recherche.

La France possède une industrie biologique s'appuyant sur une trentaine d'entreprises de tailles très variables et dont plus de la moitié est constituée de groupes multinationaux à capitaux français ou étrangers.

Les secteurs impliqués dans le développement des biotechnologies sont tout particulièrement :

- l'agro-alimentaire ;
- et la pharmacie ;

Des développements de moindre importance apparaissent ou sont prévus dans les secteurs tels que :

- l'agriculture ;
- la chimie ;
- l'énergie ;
- l'environnement (dépollution).

Mais de manière générale, il apparaît que les industriels français ne se sont pas encore engagés de façon indubitable en biotechnologie. Les principaux groupes industriels concernés n'ont pas opéré les grands choix stratégiques à faire en la matière.

Du point de vue de la recherche fondamentale, il existe en France des équipes reconnues de qualité internationale notamment en génie biochimique, en génie génétique, en biologie moléculaire et cellulaire. Mais ces équipes sont peu nombreuses et isolées. D'autre part apparaissent des carences quant à la recherche en microbiologie.

Du point de vue de la recherche de transfert (passage de la recherche fondamentale au développement industriel), il existe quelques centres en la matière (Cf. Annexe III) mais la recherche de transfert semble un des points faibles pour le développement de la bio-industrie en France.

De manière générale, les biotechnologies apparaissent "avantageuses" pour la France compte tenu :

- de leur faible consommation en énergie ;
- de leur énorme potentiel d'applications industrielles à long terme ;
- de leur possibilité de valoriser des processus très généraux transposables d'un secteur à l'autre ;
- du savoir-faire associé pouvant être utilisé à l'étranger (coopération ou vente d'ingénierie).

Suite à de nombreux rapports étudiant et proposant le développement des biotechnologies et des bio-industries en France, en 1982 dans le "Programme mobilisateur : essor des biotechnologies" ont été définis les propositions en matière de développement de technologies et de produits ainsi que les moyens à mettre en oeuvre.

. Technologies à développer :

- génie génétique ;
- génie enzymatique ;
- techniques de cultures cellulaires ;
- microbiologie industrielle ;
- techniques de production des hybridomes ;
- génie biochimique appliqué aux processus industriels.

. Produits à développer :

- acides aminés ;
- vitamines ;
- enzymes ;
- hormones ;
- antigènes viraux (pour vaccins) ;
- interférons ;
- antibiotiques ;
- pesticides ;
- composés aliphatiques (éthanol, oxides d'éthylène et de propylène, isobutylène etc.) ;
- composés aromatiques ;
- méthane.

. Moyens requis :

- développement quantitatif et qualitatif de la formation à tous les niveaux ;
- information objective du grand public (problème de l'avènement et de la diffusion de technologies nouvelles et tout particulièrement : problèmes éthiques posés par "l'industrie du vivant") ;

- poursuite et accentuation de l'effort pour une recherche fondamentale diversifiée ;
- mise en place d'une recherche de transfert de qualité ;
- lancement rapide, avec l'appui des pouvoirs publics, de programmes pilotes de recherche et de développement, autour d'un même thème d'intérêt industriel, associant des équipes de recherche publiques et privées ainsi que des entreprises capables de prendre le relais lors du passage au développement industriel ;
- sélection par l'industrie des axes de développement les plus porteurs.

PRINCIPALES SOURCES DOCUMENTAIRES

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS (CNAM)

L'impact des biotechnologies sur le tiers-monde - (colloque organisé dans le cadre du programme FAST de la Commission des communautés européennes en coopération avec le CNRS et l'UNESCO - CNAM 1982 -

COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN

"Les enjeux technologiques des années 1985-1990" Cahiers d'études et de recherches - n° 1 - Juin 1983 - La Documentation française

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL

Les promesses de la bio-industrie - op cit -

LANGLEY - DANYSZ P.

"Au colloque de Delft : les biotechnologies et le tiers-monde" in Bio-Futur - Janvier 1983

MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE L'INDUSTRIE

Extraits du programme mobilisateur : Essor des biotechnologies - 1982 -
Recherche - Lettre d'information 101 - n° 185 - 24 Février 1983 -

SASSON A.

Les biotechnologies : défis et promesses - op cit -

ANNEXE III

LES BIOTECHNOLOGIES :
L'OFFRE DE FORMATION ET DE RECHERCHE



La présente annexe a pour objet de dresser un inventaire des formations concernées par le développement des biotechnologies ainsi que des organismes de recherche concourant à celui-ci.

1 - L'OFFRE DE FORMATION

Sont présentées ci-après les principales formations initiales concernées par le développement des biotechnologies soit en termes de disciplines scientifiques ou technologiques soit en termes de secteur d'application.

Cet inventaire tend à recenser l'ensemble des niveaux de formation concernés et à donner un aperçu des flux de diplômés (1).

1.1. - Formations secondaires : le niveau IV

1.1.1. - Le brevet de technicien (BT)

Le brevet de technicien sanctionne une formation ayant conduit à une qualification de technicien très spécialisée dans un secteur professionnel donné.

Dans le champ qui nous intéresse est concerné le BT Industries des Céréales avec trois options : meunerie, alimentation humaine, alimentation animale.

Tb 1. BT INDUSTRIES DES CEREALES : flux de diplômés

Options	MEUNERIE			ALIMENTATION HUMAINE			ALIMENTATION ANIMALE		
	F	H	T	F	H	T	F	H	T
	1980	0	7	7	0	0	0	0	4
1981	0	7	7	0	4	4	0	5	5
1982	0	13	13	0	5	5	0	6	6

Source : SIGES

(1) Rien évidemment ces flux de diplômés ne sont pas à confondre avec les individus arrivant sur le marché du travail. Ces diplômés pouvant poursuivre leurs études dans une filière ou une autre.

1.1.2. - Le baccalauréat de technicien (Btn)

Le baccalauréat de technicien sanctionne une formation alliant culture générale et qualification professionnelle et conduisant au niveau de technicien.

Il existe deux Btn Sciences biologiques, l'un le Btn F7 à option biochimie, l'autre F7' à option biologie.

Tb 2. Btn SCIENCES BIOLOGIQUES : flux de diplômés

Options	Années	
	BIOCHIMIE (F7)	BIOLOGIE (F7')
1980	1 027	845
1981	999	938
1982	972	921

Source : SIGES

1.2. - Les formations supérieures courtes : le niveau III

1.2.1. - Le brevet de technicien supérieur (BTS)

Cinq BTS sont concernés : Analyses biologiques, Chimie, Biochimie, Diététique, Industries Céréalières.

BREVETS DE TECHNICIENS SUPERIEURS (BTS)

Disciplines	ANALYSES BIOLOGIQUES			CHIMIE			BIOCHIMIE			DIETETIQUE			INDUSTRIES CEREALIERES		
	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T
Lieux publics d'enseignement															
BORDEAUX	X			X						X					X
BOURGES								X							
CACHAN	X														
CUSSET										X					
GRENOBLE	X							X							
LILLE				X				X							
LIMOGES	X														
MARSEILLE	X							X		X					
METZ				X											
MONTLUCON				X											
NANCY	X														
PARIS	X							X		X					
REIMS								X							
STRASBOURG	X							X							
TOULOUSE				X						X					
Flux diplômés															
Années															
1980	425	77	502	54	79	133	132	39	171	116	3	119	2	22	24
1981	482	115	597	37	44	81	128	42	170	203	4	207	0	27	27
1982	508	102	604	44	61	105	110	24	134	198	4	202	0	23	23

Source : SIGES.

Il faut noter par ailleurs, qu'il existe un BTS A "laboratoire d'analyses biologiques". Cette formation prépare aux fonctions de techniciens pour les laboratoires d'analyses des secteurs agricole et para-agricole et est assurée à l'Ecole nationale de formation agronomique de Castenet-Tolosane (Toulouse).

1.2.2. - Le diplôme universitaire de technologie (DUT)

Il existe un DUT de biologie appliquée avec cinq options : agronomie, analyses biologiques et biochimiques, diététique, industries alimentaires, génie de l'environnement.

IUT	Options	AGRONOMIE	ANALYSES BIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES	DIETETIQUE	INDUSTRIES ALIMENTAIRES	GENIE DE L'ENVIRONNEMENT
ANGERS			X		X	
BREST			X			X
CAEN			X		X	
CLERMONT-FERRAND	X		X			
CRETEIL			X	X	X	
DIJON			X		X	
LA ROCHELLE			X		X	
LILLE			X	X	X	
LYON	X		X	X		
MONTPELLIER			X	X	X	
NANCY	X			X	X	
QUIMPER			X		X	
PERPIGNAN	X					X
TOURS			X	X		X
Flux diplômés						
Années						
1980		136	467	109	219	78
1981		107	426	97	239	85
1982		126	480	121	248	79

Source : SIGES.

Il faut noter par ailleurs, qu'il existe un DUT en "génie chimique" avec une orientation "bio-industrie" préparée dans les IUT de Villeneuve d'Asq (Lille) et de Nancy.

Il s'agit avec ces formations de niveau III de formations supérieures courtes qui aboutissent en deux ans après le baccalauréat à des diplômes de techniciens supérieurs.

Outre les BTS et les DUT cités précédemment il faut noter parmi les principales formations de ce niveau dans la filière biologie : le diplôme de "laborantin d'analyses médicales" qui est préparé dans certains centres hospitaliers.

1.3. - Les formations supérieures longues

Les études concernant la biologie peuvent être effectuées dans les U.E.R. de sciences, de médecine ou de pharmacie. Ces études, comme toutes les études universitaires s'articulent en trois cycles.

1.3.1. - Le premier cycle

Il prépare en deux ans au Diplôme d'études universitaires générales (DEUG) mention sciences section B "sciences de la nature et de la vie".

En seconde année, se distinguent deux ou trois filières selon les universités : chimie-biologie, chimie-physiologie et biologie-géologie.

1.3.2. - Le deuxième cycle

Il dure un an pour la licence et deux ans pour la maîtrise.

Ces licences et maîtrises peuvent apporter soit une formation fondamentale (orientée plutôt vers la recherche et appelant une continuation d'études en 3ème cycle) soit une formation professionnelle (licences et maîtrises à finalité professionnelle).

A - Les licences

a - Les licences fondamentales

En biochimie, biologie cellulaire et physiologie, biologie des organismes, sciences naturelles, ces licences sont préparées dans la plupart des universités.

b - Les licences à finalité professionnelle

Elles concernent différents domaines d'application et sont préparées dans certaines universités.

- . Biologie appliquée aux productions végétales : Angers
- . Chimie et biologie des végétaux : Perpignan
- . Phytoprotection : Avignon
- . Sciences chimiques et biologiques : Aix-Marseille I
- . Sciences physiques appliquées "contrôle et gestion de la qualité" : Angers
- . Sciences de la vigne et du vin : Dijon

B - Les maîtrises

a - Les maîtrises fondamentales

(confère tableau suivante).

LES MAITRISES FONDAMENTALES

Intitulés Universités	BIOCHIMIE	BIOLOGIE CELLULAIRE	BIOLOGIE CELLULAIRE AVEC MENTIONS :			BIOLOGIE DES ORGANISMES (ET DES POPULATIONS)	BIOLOGIE DES ORGANISMES (ET DES POPULATIONS) AVEC MENTIONS :			
			GENETIQUE	MICROBIOLOGIE	IMMUNOLOGIE		ECOLOGIE	BIOLOGIE ANIMALE	BIOLOGIE VEGETALE	MICROBIOLOGIE ET BIOCHIMIE ALIMENTAIRE
AIX-MARSEILLE I	X									
AIX-MARSEILLE II	X	X								
AIX-MARSEILLE III						X				
BESANCON						X				
BORDEAUX I						X				
BORDEAUX II	X	X	X	X						
CAEN						X				X
CLERMONT-FERRAND II			X							
DIJON						X				
GRENOBLE I		X					X			
LILLE I	X					X				
LYON I	X	X	X	X		X				

Source : SIGES.

b - Les maîtrises à finalité professionnelle, telles que :

- . Biologie appliquée aux productions végétales : Angers
- . Bio-organique : Tours
- . Chimie analytique et protection de l'environnement : Aix -
Marseille I
- . Chimie et biologie appliquées : Perpignan
- . Géologie appliquée : Bordeaux I
- . Informatique : Dijon, Metz, Montpellier II, Paris VII, Paris
XI, Bordeaux I, Grenoble I, Lille I, Nancy I, Nice, Reims I,
Strasbourg I, Toulouse III, Paris VI.
- . Maintenance industrielle : Valenciennes
- . Micro-informatique appliquée aux sciences humaines : Paris
VIII
- . Océonographie mention biologie marine : Brest
- . Sciences physiques appliquées "contrôle et gestion, de la qua-
lité" : Angers

c - Les maîtrises de sciences et techniques

(confère tableau page suivante).

LES MAITRISES A FINALITE PROFESSIONNELLE

Intitulés des formations	GENIE BIOLOGIQUE			GENIE BIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE			MICROBIOLOGIE INDUSTRIELLE APPLIQUEE			BIOLOGIE APPLIQUEE AUX INDUSTRIES AGRO-ALIMENTAIRE			TECHNOLOGIE AGRICOLE ET ALIMENTAIRE			SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES INDUSTRIES ALIMENTAIRE		
	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T
AIX-MARSEILLE I							X											
BREST										X								
CLERMONT-FERRAND II				X														
LILLE I													X					
MONTPELLIER II																		X
PARIS XII							X											
Flux diplômés																		
Années	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T
1980	19	8	27	1	3	4	9	7	16	6	8	14	13	28	41	9	15	24
1981	14	23	37	0	6	6	13	10	23	11	9	20	9	22	31	16	14	30
1982	10	10	20	1	2	3	12	7	19	11	6	17	20	24	44	9	18	27

Source : SIGES

A partir de certaines de ces maîtrises il est possible de poursuivre des études dans certaines écoles d'ingénieurs où l'admission se fait sur titre. Il s'agit principalement des écoles telles que :

- . Les écoles d'ingénieurs à orientation agricole : ISA (Beauvais), ENSBANA (Dijon), ISA (Lille), ENSAM (Montpellier), ENSAIA (Nancy), INA (Paris), ENSAR (Rennes), ENSAT (Toulouse), ENSIAA (Massy).
- . Les écoles d'ingénieurs à orientation "biologie" : INSA de Lyon et de Toulouse.

1.3.3. - Le troisième cycle

Cycle de haute spécialisation et de formation à la recherche, il sanctionne des formations à finalité professionnelle (diplômes d'études supérieures spécialisées en DESS) ou des formations à la recherche (DEA et doctorats de 3ème cycle, doctorat d'Etat, diplôme de docteur ingénieur).

A - Les diplômes d'études supérieures spécialisées (DESS) tels que :

- . Génie biologique et médical : Nancy I
- . Eaux continentales : Besançon
- . Cultures marines : Caen
- . Ecologie et aménagement du milieu naturel : Montpellier II, Toulouse III
- . Microbiologie : Lyon I
- . Nutrition diététique et contrôle des aliments : Paris XI
- . Contrôle de la qualité des aliments : Dijon

- . Contrôle biologique : Paris V
- . Biotoxicologie appliquée aux nuisances industrielles : Lille I
- . Productions animales et technologies agro-alimentaires en régions chaudes : Paris XII

B - Les diplômes d'études approfondies (DEA), les doctorats de troisième cycle (confère tableau page suivante)

DIPLOMES D'ETUDES APPROFONDIES

UNIVERSITES INTITULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
AMIENS										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
AIX - MARSEILLE I										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	6	6	3	0	15	3	3	1	0	7
. CHIMIE MOLECULAIRE	3	2	0	0	5	1	1	0	0	2
. ECOLOGIE	0	3	0	0	3	0	3	0	0	3
AIX - MARSEILLE II										
. BIOCHIMIE	-	-	-	-	-	1	0	0	1	2
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	14	7	1	1	23	1	2	1	0	4
. OCEANOLOGIE BIOLOGIQUE	10	3	6	4	23	2	2	1	2	7
AIX - MARSEILLE III										
. CHIMIE ORGANIQUE	11	5	12	1	29	2	2	4	0	8
. DEVELOPPEMENT AMELIORATION DES VEGETAUX	1	6	1	3	11	0	0	1	0	1
. ECOLOGIE	13	11	5	1	30	5	3	5	2	15
BESANCON										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	2	6	2	1	11	2	0	1	0	3
BORDEAUX I										
. BIOLOGIE PHYSIOLOGIE ANIMALES	8	7	7	0	22	1	2	1	2	6
. CHIMIE ORGANIQUE	7	9	6	0	22	3	1	3	1	8
. NUTRITION ALIMENTATION	6	8	4	3	21	3	2	3	0	8
. OCEANOLOGIE	9	1	1	0	11	2	4	7	0	13
BORDEAUX II										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	4	1	1	0	6	2	3	0	2	7
. BIOLOGIE PHYSIOLOGIE VEGETALES	5	4	2	0	11	0	1	0	0	1
. OENOLOGIE - AMPELOGIE	3	6	1	0	10	2	1	0	0	3
BREST										
. BIOLOGIE PHYSIOLOGIE ANIMALES	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. OCEANOLOGIE	2	1	1	0	4	1	0	0	0	1
. OCEANOLOGIE BIOLOGIQUE	8	4	7	1	20	2	2	5	1	10

Source : SIGES

HF : Hommes français

FF : Femmes françaises

HE : Hommes étrangers

FE : Femmes étrangères

UNIVERSITES INTITULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
CLERMONT-FERRAND II										
. BIOLOGIE - PHYSIOLOGIE VEGETALES	5	3	2	1	11	1	2	2	0	5
. ENDOCRINOLOGIE	4	4	4	3	15	1	2	0	0	3
. PROTISTOLOGIE	1	3	0	0	4	-	-	-	-	-
. SCIENCES ALIMENTAIRES	6	4	7	0	17	0	1	1	1	3
COMPIEGNE										
. GENIE BIOLOGIQUE ET MEDICAL	5	1	2	1	9	0	0	1	0	1
. GENIE CHIMIQUE	9	0	15	3	27	-	-	-	-	-
. MICROBIOLOGIE	8	7	2	4	21	2	1	1	2	6
CAEN										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	2	0	0	0	2
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. CHIMIE ORGANIQUE	1	1	2	0	4	-	-	-	-	-
. ENDOCRINOLOGIE	3	5	0	0	8	-	-	-	-	-
. SCIENCES ALIMENTAIRES	1	6	3	0	10	0	1	1	0	2
DIJON										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1
. NUTRITION ET ALIMENTATION	15	20	9	1	45	1	7	1	0	9
GRENOBLE I										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	10	10	2	0	22	2	9	2	4	17
. CHIMIE MOLECULAIRE	3	3	3	1	10	2	1	0	0	3
. ECOLOGIE	5	7	1	0	13	4	0	0	1	5
LILLE										
. BIOCHIMIE	7	12	4	2	25	4	2	1	1	8
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE	14	5	6	3	28	1	1	1	0	3
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALE	9	2	3	1	15	-	-	-	-	-
. CHIMIE ORGANIQUE	7	0	2	0	9	3	1	0	0	4
. DEVELOPPEMENT ET AMELIORATION DES VEGETAUX	-	-	-	-	-	2	2	1	1	6
. PHYSICOCHIMIE DES MACROMOLECULES	-	-	-	-	-	1	0	3	0	4
. PRODUCTION ET TRAITEMENT DES VEGETAUX	-	-	-	-	-	1	0	2	1	4

UNIVERSITES INSTITUTES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
LIMOGES										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1
. ECOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
LYON I										
. BIOCHIMIE	12	19	5	5	41	5	12	1	1	19
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	8	11	8	0	27	2	3	1	0	6
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	3	7	0	0	10	4	0	0	0	4
. CHIMIE ORGANIQUE	8	3	5	0	16	0	1	1	1	3
. ECOLOGIE	9	5	2	0	16	1	0	1	1	3
. MICROBIOLOGIE	13	19	1	1	34	6	4	3	1	14
. PHYTOPATHOLOGIE	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1
METZ										
. ECOLOGIE	-	-	-	-	-	2	0	0	0	2
MONTPELLIER II										
. BIOCHIMIE	5	5	1	0	11	1	0	0	1	2
. CHIMIE ORGANIQUE	0	1	3	2	6	1	2	4	0	7
. ECOLOGIE	10	11	5	5	31	2	4	3	4	13
. ENDOCRINOLOGIE	5	6	6	3	20	1	1	0	0	2
. SCIENCES AGRONOMIQUES	11	16	6	5	38	2	0	2	0	4
. SCIENCES ALIMENTAIRES	9	5	3	1	18	2	2	2	0	6
NANCY I										
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	4	8	11	2	35	4	3	2	2	11
. CHIMIE MOLECULAIRE	8	4	5	1	18	2	1	3	1	7
. NUTRITION ET ALIMENTATION	3	12	5	5	25	4	4	1	0	9
NANTES										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	4	7	4	0	15	0	0	1	0	1
. CHIMIE MOLECULAIRE	1	1	0	2	4	2	1	2	0	5
. OCEANOLOGIE	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1

UNIVERSITES INTITULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
NICE										
. BIOLOGIE PHYSIOLOGIE VEGETALE	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1
. DEVELOPPEMENT AMELIORATION DES VEGETAUX	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1
. ECOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. MICROBIOLOGIE	-	-	-	-	-	1	1	0	2	4
. PHARMACOLOGIE	6	6	0	1	13	6	2	0	0	8
ORLEANS										
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	2	4	0	0	6	0	0	1	0	1
. ECOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
PARIS V										
. ENDOCRINOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
PARIS VI										
. BIOCHIMIE	6	4	0	0	10	3	3	0	1	7
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	14	8	0	1	23	1	2	3	0	6
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	9	12	3	1	25	3	6	5	2	16
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	20	29	8	1	58	1	8	1	4	14
. CHIMIE ORGANIQUE	17	6	5	3	31	3	2	3	1	9
. ECOLOGIE	7	2	1	2	12	2	2	1	2	7
. ENDOCRINOLOGIE	11	15	1	1	28	5	3	2	2	12
. MICROBIOLOGIE	-	-	-	-	-	1	1	0	1	3
. NUTRITION ET ALIMENTATION	8	20	6	8	42	2	2	2	3	9
. OCEANOLOGIE	6	3	0	0	9	2	4	0	0	6
. OCEANOLOGIE BIOLOGIQUE	6	7	2	0	15	5	1	1	0	7
. PHARMACOLOGIE	13	24	1	0	38	7	13	6	2	28
. CHIMIE MACROMOLECULAIRE	8	5	2	1	16	1	1	4	0	6
. PHYTOPATHOLOGIE	-	-	-	-	-	0	2	0	1	3

UNIVERSITES INTITULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
PARIS VII										
. BIOCHIMIE	10	7	1	0	18	13	4	3	1	21
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	6	4	1	0	11	3	1	1	0	5
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	3	5	1	1	10	1	2	1	1	5
. CHIMIE ORGANIQUE	3	1	2	1	7	2	0	2	0	4
. ENDOCRINOLOGIE	-	-	-	-	-	1	2	0	0	3
. GENIE BIOLOGIQUE MEDICAL	4	1	2	1	8	-	-	-	-	-
. MICROBIOLOGIE	13	9	2	2	26	2	3	1	2	8
. NUTRITION ET ALIMENTATION	-	-	-	-	-	1	2	1	0	4
. SCIENCES ALIMENTAIRES	2	2	2	1	7	0	2	0	0	2
PARSI XI										
. BIOCHIMIE	5	5	1	0	11	6	4	0	0	10
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2
. CHIMIE ORGANIQUE	8	7	7	6	28	3	3	4	2	12
. DEVELOPPEMENT ET AMELIORATION DES VEGETAUX	15	15	4	1	35	3	4	2	2	11
. ECOLOGIE	5	7	1	3	16	0	2	3	0	5
. ENDOCRINOLOGIE	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1
. MICROBIOLOGIE	4	4	2	2	12	2	1	2	1	6
. NUTRITION ET ALIMENTATION	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1
. OCEANOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	1	0	2
. PHYTOPATHOLOGIE	3	0	2	3	8	3	1	2	4	8
. SCIENCES ALIMENTAIRES	2	4	0	0	6	0	1	0	0	1
PARIS XII										
. GENIE BIOLOGIQUE MEDICAL	8	3	2	0	13	-	-	-	-	-
. PHYSICOCHIMIE APPLIQUEE A LA BIOLOGIE	8	2	1	0	11	-	-	-	-	-
PARIS XIII										
. ENDOCRINOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	1	1	3
. GENIE BIOLOGIQUE MEDICAL	0	3	2	0	5	0	1	1	0	2
. PHYSICOCHIMIE MACRO-MOLECULAIRE	1	0	0	0	1	-	-	-	-	-

UNIVERSITES INITIULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
POITIERS										
• BIOCHIMIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
• BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	8	5	3	0	16	3	0	0	0	3
• BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	6	3	0	0	9	0	0	2	0	2
• BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	2	3	2	0	7	1	1	0	0	2
• CHIMIE ORGANIQUE	-	-	-	-	-	1	0	1	0	2
REIMS										
• BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	-	-	-	-	-	2	1	1	0	4
RENNES										
• BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	11	11	0	0	22	3	4	0	0	7
• ECOLOGIE	13	5	1	1	20	2	5	0	0	7
• SCIENCES AGRONOMIQUES	15	11	8	0	34	0	1	1	0	2
STRASBOURG										
• BIOCHIMIE	-	-	-	-	-	0	1	2	0	3
• BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	16	11	1	1	29	2	7	6	0	15
• BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	5	4	0	2	11	1	1	0	0	2
• BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	-	-	-	-	-	0	1	2	1	4
• CHIMIE ORGANIQUE	6	3	2	0	11	2	1	0	0	3
• ENDOCRINOLOGIE	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1
• PHARMACOLOGIE	6	6	2	1	15	1	2	0	1	4
• CHIMIE MACRO MOLECULAIRE	12	2	4	0	18	2	1	3	0	6

UNIVERSITES INTITULES DES DIPLOMES	DEA					DOCTORAT 3e CYCLE				
	HF	FF	HE	FE	T	HF	FF	HE	FE	T
TOULOUSE										
. BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	-	-	-	-	-	4	0	1	1	6
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES	-	-	-	-	-	1	2	0	0	3
. BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. CHIMIE MOLECULAIRE	4	4	4	2	14	0	1	1	0	2
. CHIMIE ORGANIQUE	-	-	-	-	-	1	0	1	0	2
. ECOLOGIE	13	19	5	2	39	1	1	1	0	3
. MICROBIOLOGIE	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
. NUTRITION ET ALIMENTATION	-	-	-	-	-	3	3	2	1	2
. SCIENCES ALIMENTAIRES	4	9	1	1	15	-	-	-	-	-
TOURS										
. ECOLOGIE	3	2	2	1	8	2	0	1	0	3

C - Le cycle d'études et de recherche en biologie humaine (CERBH)

Ces études s'adressent à des étudiants poursuivant ou ayant achevé des études en médecine, odontologie, pharmacie, vétérinaire, sciences et ingénieurs. Elles permettent, soit de compléter une formation, soit d'accéder à la recherche.

Le CERBH comprend deux parties :

1 - Certificats d'études supérieures de biologie humaine (comportant de très nombreuses mentions) préparés à Paris V et VII, Aix-Marseille II, Amiens, Besançon, Bordeaux II, Dijon, Lille II, Lyon II, Montpellier I, Nancy I, Nantes, Angers, Rennes I, Toulouse III.

2 - Diplôme d'études et recherche en biologie humaine (DERBH) préparé à Paris V, VI, VII, XI et XII, Aix-Marseille II, Amiens, Besançon, Bordeaux II, Clermont-Ferrand II, Grenoble I, Lyon I, Montpellier I, Nancy I, Strasbourg I, Toulouse III.

Ce cycle d'études peut conduire ensuite au doctorat d'Etat en biologie humaine.

D - Les études d'ingénieurs

Nombreuses sont les écoles d'ingénieurs qui comportent des études de biologie sous forme soit d'option, soit de spécialisation.

a - Les écoles pluridisciplinaires

- L'école centrale des arts et manufactures (Chatenay-Malabry).
- L'école Polytechnique (Palaiseau).
- L'école nationale supérieure des mines (Paris).

Ces écoles ont développé un programme de 2ème année permettant aux étudiants de choisir l'option biotechnologie.

b - Les écoles polyvalentes

- Instituts nationaux des sciences appliquées (INSA) : Villeurbanne, Rennes, Toulouse.
- Université technologique de Compiègne (UTC).
- Centre universitaire des sciences et techniques (CUST) de Clermont-Ferrand.
- Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier II.

**c - Les écoles supérieures d'agronomie et d'agriculture
(et relatives à l'agro-alimentaire)**

- Institut national agronomique de Paris-Grignon.
- Ecoles nationales supérieures agronomiques de Montpellier, Nancy, Toulouse.
- Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires (ENSAIA) : Nancy.
- Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ENSIAA) : Massy.
- Ecole nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et à l'alimentation (ENSBANA) : Dijon.
- Ecoles nationales des ingénieurs des travaux agricoles (ENITA) : Bordeaux, Dijon, Angers, Nantes.
- Ecole nationale supérieure féminine d'agronomie (ENSFA) : Rennes.

- Ecoles supérieures d'agriculture d'Angers (ESA), de Beauvais (ISAB), de Lille (ISA), de Purpan-Toulouse (ESAP), de Rouen Le Vaudreuil (ESIPTA) et de Lyon (ISARA).
- Ecole nationale supérieure de biologie appliquée à la nutrition et à l'alimentation : Dijon.

d - Les écoles supérieures spécialisées en chimie

- Ecole nationale supérieure de chimie (Montpellier, Toulouse).
- Ecole nationale supérieure des industries chimiques (Nancy).

e - Ecole supérieure spécialisée en biotechnologie

- Ecole supérieure de biotechnologie de Strasbourg (Strasbourg).

2 - LA RECHERCHE

L'inventaire de l'offre de formation dressé précédemment donne un aperçu de la localisation des efforts de recherche tant du point de vue des thèmes de recherche que du point de vue régional. Il est intéressant de distinguer la recherche fondamentale de celle orientée dans une direction donnée en relation avec l'industrie, et la recherche appliquée réalisée dans les centres de "transfert" (vers l'industrie).

2.1. - Thèmes de recherche et localisation

2.1.1. Microbiologie

Les effectifs en chercheurs sont faibles. La recherche est concentrée en région parisienne : Institut Pasteur, CNRS (Gif/Yvette), Université d'Orsay, Institut de recherche en biologie moléculaire de Paris VII, INRA (Versailles). En Province, la recherche en microbiologie est poursuivie dans certaines universités : Marseille, Toulouse, Lyon, Montpellier, Strasbourg.

2.1.2. - Génie biochimique et microbiologique, Génie enzymatique

Il existe peu d'équipes de recherches. Trois pôles de recherche : l'université technologique de Compiègne (UTC) notamment pour le génie enzymatique, l'INSA de Toulouse et l'INRA de Dijon, l'un et l'autre pour le génie biochimique et microbiologique.

Sur ce thème de recherche existent deux centres de transfert : le centre pour la production de biomolécules à l'UTC (Compiègne) en liaison avec l'université d'Orsay et le centre d'applications industrielles en microbiologie et biotechnologie à l'INSA (Toulouse) en association avec le CNRS, l'université Paul-Sabatier (Toulouse) et le laboratoire de l'INRA - CNRS d'Auzeville (1).

(1) Cf. paragraphe suivant.

2.1.3. - Génie génétique

La recherche en génie génétique est constituée par quelques dix équipes soit une soixantaine de chercheurs. Elle s'effectue principalement à l'Institut Pasteur, au CNRS, à l'université de Toulouse, à l'INSERM et à l'INRA. Sur ce thème de recherche ont été créés deux centres de recherche "fondamentale orientée" tels que le groupe de génie génétique G 3 à l'Institut Pasteur en association avec le CNRS, l'INSERM et l'INRA et le centre de génétique et biotechnologie microbiennes à l'Institut National agronomique de Paris-Grignon (INAPG) en association avec l'INRA (1).

2.1.4. - Immunologie et cultures des cellules végétales

Ce thème de recherche est développé à l'Institut Pasteur, à l'INSERM et à l'université de Marseille.

2.1.5. - Cultures végétales

Ce thème est lui développé à l'INRA et à l'université d'Orsay.

2.2. - Les centres de recherche fondamentale orientée dans une direction donnée.

Ils ont pour mission de faciliter les transferts de la recherche fondamentale vers l'industrie.

Leur localisation a été évoquée précédemment, il s'agit :

- . Du Groupe de génie génétique G 3 à l'Institut Pasteur en association avec le CNRS, l'INSERM et l'INRA.

(1) Cf. paragraphe suivant.

Il a pour objectifs de développer des recherches concertées, d'assurer la formation des chercheurs ainsi que de jouer un rôle de conseiller auprès des industriels dans le domaine du génie génétique.

- . Du Centre de génétique et biotechnologie microbiennes à l'Institut national agronomique de Paris-Grignon (INAPG) en association avec l'INRA.

Il a pour objectifs de former des ingénieurs agronomes spécialisés en biotechnologie et génie génétique appliqué ainsi que de développer des applications de génétique microbienne dans les secteurs agronomique et agro-alimentaire.

2.3. - Les centres de transfert

Ils ont pour mission d'être de "véritables interfaces institutionnels" facilitant les relations entre la recherche et les milieux industriels. Ils doivent aider les entreprises à intégrer les développements de la recherche et sensibiliser les chercheurs aux réalités industrielles.

Actuellement deux centres de transfert à l'UTC (Compiègne) et à l'INSA (Toulouse) fonctionnent de manière opérationnelle, un troisième est en création (Marseille), trois autres sont en projet pour les régions : Bretagne, Centre et Rhône-Alpes.

- . Le Centre pour la production de biomolécules de l'UTC (Compiègne) en liaison avec l'université d'Orsay.

Il a pour objectifs : la recherche et le développement de procédés de bioconversion, d'extraction et de purification pour la production de biomolécules à haute valeur ajoutée, l'assistance des industriels pour la mise en place de fabrications nouvelles ainsi que la formation du personnel nécessaire au développement industriel.

. Le Centre d'applications industrielles en microbiologie et biotechnologie de l'INSA (Toulouse) en association avec le CNRS, l'université Paul-Sabatier (Toulouse) et le laboratoire de l'INRA - CNRS d'Auzeville.

Il a pour objectifs : la recherche de réactions et de procédés nouveaux et leur mise en oeuvre dans la production de souches microbiennes d'intérêt industriel, dans les synthèses par voie enzymatique, dans la modélisation et l'optimisation des réactions biologiques ainsi qu'une activité de formation et d'assistance auprès des industriels.

Pour les centres de transfert en création ou en projet, les attributions des thèmes de développement des recherches devraient être les suivantes :

- Marseille : Biologie végétale et Santé ;
- Bretagne : Biotechnologies laitières ;
- Centre : Industries des médicaments ;
- Rhône-Alpes : Bioréactifs et vaccins.

Au terme de cet inventaire succinct des pôles de développement des recherches dans le domaine des biotechnologies, il faut remarquer que divers autres organismes abordent, au cours du développement de leurs recherches, les thèmes biotechnologiques. Citons à titre d'exemples :

- . L'Institut Français du Pétrole (IFP) où sont menées des recherches sur la production d'alcool-carburant à partir de biomasse et l'amélioration de la cellulolyse.
- . Le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) qui dispose d'un département biologique et poursuit des travaux sur les mécanismes de la photosynthèse, la radio-agronomie (utilisation de molécules marquées par isotopes pour suivre le métabolisme des végétaux, ionisation des aliments, etc...) et le traitement des effluents.

PRINCIPALES SOURCES DOCUMENTAIRES

AVENIRS

Technologies et industries nouvelles n° 325-326 ONISEP 1981

AVENIRS

Pour connaître l'enseignement technologique n° 344-345 ONISEP 1983

INFO SUP

La biologie - n° 75 - Janvier 1984

CONFERENCE DES GRANDES ECOLES

Les biotechnologies et les grandes écoles. Actes du Congrès annuel - Décembre 1982 -

MINISTERE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

Le rôle de la formation continue dans le développement des industries de pointe. Cas particulier des biotechnologies Janvier 1982

ROGEZ C.

Biotechnologies et bio-ingénieurs : les emplois, les débouchés, la formation op. cit.

SIGES

Les flux de diplômés.

BIBLIOGRAPHIE

- *
- ANNALES DES MINES N° Spécial sur les biotechnologies
numéro de janvier 1981.
- "ANONYME" "Les biotechnologies : les filières
de formation de chercheurs
ingénieurs et techniciens aux USA".
In Le progrès scientifique n° 214,
Septembre-Octobre 1981.
- APEC "Biotechnologies et fonction cadre" -
in Cadres demain 1982.
- AUSSENDOU P. Enjeux et impacts de la biotechnolo-
gie. Mémoire de DEA, Doc. ronéo -
Université de Sciences Economiques
Lyon II, 1983.
- BATTINI P. "Entreprise de technologie avancée
et financement de l'innovation" in
Futuribles n° 49, 1981.
- BAYEN N. "Enjeux technologiques ; la forma-
tion en priorité" in Futuribles -
Janvier 1984.
"Les problèmes du capital risque aux
Etats Unis ; le cas des biotechno-
logies" in Problèmes Economiques n°
1896, Octobre 1984.
- BIO FUTUR Mensuel européen de la biotechnolo-
gie.
- BURSTEIN C. Les enzymes immobilisés. Doc.
ronéo. Université Paris VII - 1981.
- CARON F. Le résistant destin des sociétés
industrielles. Collection Histoire
et décadence - Paris - Le Seuil
1985.
- CEREQ L'évolution des professions de
l'information et de la documenta-
tion. Etude de la fonction documen-
taire. AZNARD B. ; BRUAND-HODEL F. ;
POTTIER F. ; Dossier n° 16. La Do-
cumentation Française 1977.

- CEREQ
L'université et les débouchés professionnels de ses étudiants (monographie sur l'université des sciences et techniques de Lille). POTTIER F. - Janvier 1984 - Doc. ronéo.
- CHESNAIS F.
"Réflexions sur le concept de système scientifique et technique" in Recherche et Progrès technique. Economica 1979.
- CICCOTTI G. ; CINI M. ;
DE MARIA M. ;
JONA LASINIO O.
L'araignée et le tisserand. Paradigmes scientifiques et matérialisme historique. TF/Le Seuil 1979.
- CNAM
L'impact des biotechnologies sur le Tiers-Monde. Colloque organisé dans le cadre du programme FAST de la commission des Communautés Européennes en coopération avec le CNRS et l'UNESCO - 2/4 Février 1982.
- COMMISSARIAT GENERAL DU
PLAN
"Les enjeux technologiques des années 1985-1990". Cahiers d'études et de recherches n° 1. La Documentation Française - Juin 1983.
- COMMUNAUTES EUROPEENNES
Commission Europe 1995, mutations technologiques et enjeux sociaux. Rapport FAST Coll. Futuribles 1983.
- CONFERENCE DES GRANDES
ECOLES
Les biotechnologies et les grandes écoles, Actes du congrès annuel - Paris Décembre 1982.
- CONSEIL ECONOMIQUE ET
SOCIAL
"Les promesses de la bio-industrie". Avis et rapports du conseil économique et social - Journal Officiel - 31 janvier 1983.
- COHENDET P.
L'impact de la biotechnologie en chimie ; le cas de la valorisation de la matière première renouvelable (la chimie des sucres). Université Louis Pasteur - Strasbourg - 1982.
- CORIAT B.
Science, technique et capital - Le Seuil 1976.
- DOUZOU P. ; DURAND G. ;
KOURILSKY P. ; SICLET G.
Les biotechnologies - Que sais-je ? 1983.

- DRUCI PP. ; KEMP. P. ;
THILL G. Technologies et sociétés - Gallie
lée 1982.
- DURAND G. ; MONSAN P. Les enzymes - Production et utili-
sations industrielles . Gauthier -
Villars - Paris 1982.
- ELKINGTON J. "Biotechnologies, conséquences éco-
logiques et applications" - in Futu-
rables n° 89 - Juin 1985 -
- FELDEN M. Les nouvelles dimensions du futur.
Ed. Entente - 1982.
- GROS F. ; JACOB F. ;
ROYER P. Sciences de la vie et société. La
Documentation Française 1979.
- GRUSON P. RENON K. ;
CABANES MC. ; DROUARD A. Politique d'enseignement et inno-
vations. Ecole pratique des Hau-
tes études. Centre d'étude des
mouvements sociaux. Paris Février
1973 - T1-T2.
- GRUSON P. L'Etat enseignant Mouton - Ecole
des hautes études en sciences so-
ciales - Paris 1978.
- GRUSON P.
MARKIEWICZ-LAGNEAU J. L'enseignement supérieur et son
efficacité - France - Etats-Unis
- URSS - Pologne. Paris. La Docu-
mentation Française 1983.
- HABERMAS J. La science et la technique comme
idéologie. TF/Gallimard 1973.
Connaissance et intérêt TF/Galli-
mard 1976.
- INFO SUP La biologie n° 75. Janvier 1984.
- INSERM Formation et insertion profession-
nelles des jeunes non qualifiés
dans les métiers de la biologie.
Doc. ronéo. Paris Mai 1984.
- KARPIK L. "Le capitalisme technologique" in
Sociologie du Travail n° 1 - 1972.
- KUNH TS. La structure des révolutions
scientifiques. TF/Flammarion 1972.
- LANGLEY-DANYSZ P. Au colloque de DELF ; les biotech-
nologies et le Tiers-Monde in Bio-
Futur janvier 1983.

- LYOTARD J.F. La condition post-moderne - Rapport sur le savoir - L. de Minuit 1979.
- MINISTERE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE DELEGATION A LA FORMATION PROFESSIONNELLE Le rôle de la formation continue dans le développement des industries de pointe. Cas particulier des biotechnologies. Janvier 1982.
- MINISTERE DE L'INDUSTRIE La Sécurité des applications industrielles des biotechnologies. La Documentation française 1981 - Les bio-industries... des opportunités pour les PMI. La Documentation Française 1981.
- MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE L'INDUSTRIE Recherche-Lettre d'information 101 - n° 185 - 24 février 1983. Extraits du programme mobilisateur essor des biotechnologies - 1982.
- MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE "Biotechnologie" in Consultation technologie : thème 3 - 1982.
- OCDE Biotechnologie : Tendances et perspectives internationales - OCDE - Paris 1982.
- OCDE Industrie et université : nouvelles formes de coopération et de communication - OCDE Paris 1984.
- ONISEP "Les débouchés professionnels de la biologie et de la pharmacie" in Avenirs n° 312-313 - Mai-Avril 1980.
- ONISEP "Technologies et industries nouvelles : Quels emplois" in Avenirs n°325-326 Juin-Juillet 1981.
- ONISEP "Pour connaître l'enseignement technologique" in Avenirs n° 344-345 Mai-Juin 1983.
- PAPON P. Le pouvoir et la science en France. Le Centurion 1978.
- PELLISSOLO J.C. La biotechnologie demain ? La Documentation Française 1981.
- PERETIE M.M. "Biotechnologie" in Revue L'étudiant n° 49 - Octobre 1984.
- PERRIN J. "Le rôle de l'ingénierie dans les transferts de technologie" in Recherche et progrès technique. Economica 1979.

- PINON J.C. Commercialisation de la recherche biomédicale américaine Note ronéo. Services de la mission scientifique. Ambassade de France aux Etats-Unis Washington 1983.
- POTTIER F. Les universités et les débouchés professionnels de ses étudiants (monographie de l'Université des sciences et techniques de Lille). Doc. ronéo - CEREQ 1983. L'université ; sa dynamique interne et les débouchés professionnels de ses étudiants (ses formations en sciences de la nature et de la vie). Monographie sur l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Doc. ronéo - CEREQ 1985.
- POUR LA SCIENCE N° Spécial. La révolution biologique - Novembre 1981.
- REUTER H. ; TRIPIER P.
AUBERT F. ; LAHON D. Le travail dans l'université : structures et déterminants. Université de Paris X. 1978.
- REVUE D'ECONOMIE INDUSTRIELLE Genèse et développement de la bio-industrie n° 18 - 4ème trimestre 1981.
- ROQUEPLO P. Penser la technique - Pour une démocratie concrète - Le Seuil 1983.
- ROGEZ C. "L'essor des biotechnologies" in Le monde de l'Education n° 102 - Février 1984.
- ROSNAY J. Biotechnologies et bio-industries. Le Seuil - La Documentation Française 1979.
Les chemins de la vie - Le Seuil 1983.
- SALOMON J.J. Prométhée empêtré. La résistance au changement technique - Collection Futuribles 1983.
- SARFATY D. Les PME et l'enseignement supérieur - Cahiers du CEFI - Mars 1983.
- SASSON A. Les biotechnologies : défis et promesses UNESCO 1983.

- SCRIBAN R. Biotechnologie - Lib. Lavoisier - 1982.
- SERRES M. L'interférence - Hermès II - Edition de Minuit 1972.
La traduction - Hermès III - Edition de Minuit 1974.
- SOCIETE AMICALE DES ANCIENS ELEVES DE L'ECOLE POLYTECHNIQUE (AX) Le dossier des technologies de pointe. Tome III : les biotechnologies - Paris 1982.
- THOMAS D. Production of Biological Catalysts, Stabilisation and Exploitation. Commission of the european communities - 1978.
- TREFEL J. La révolution biotechnologique et ses conséquences (note de synthèse). Ministère de l'Education nationale 1982.
- TROISIEMES JOURNEES INTERNATIONALES SUR L'EDUCATION SCIENTIFIQUE Diffusion et appropriation du savoir scientifique : enseignement et vulgarisation - Université de Paris VII - 1981.
- VALLA J.P. "Elements d'une approche marketing du concept de filière" in Revue d'économie industrielle n° 21 -1982.
- VENIN B. "Mouvement d'abstraction de la technologie et transformations des structures productives" in les mutations technologiques - Economica 1981.
- VIELCANET F. "Bio-industrie et emploi" in Inter-social n° 91 - Mai 1983.

Reproduit par INSTAPRINT
264-268, rue d'Entraigues - BP 5927 - 37059 TOURS CEDEX
Tél. 47 38 16 04

Reproduction autorisée à la condition expresse
de mentionner la source



Centre d'Etudes
et de Recherches
sur les Qualifications

9, RUE SEXTIUS MICHEL, 75732 PARIS CEDEX 15 - TEL. 575.62.63