

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Ecole nationale supérieure de management
ENSM-Alger

*MASTER EN : ECONOMIE INDUSTRIELLE DES RESEAUX ET
INFRASTRUCTURES*

Mémoire de fin d'étude

Thème :

*Contribution à la mise en place d'un processus de financement de la
recherche et l'innovation au sein des laboratoires de recherche en
biotechnologie algériens*

Présenté par:

HADJKOUIDER Djamel Eddine

Encadré par :

Dr. BENAMIROUCHE Rachid
Dr. BENHASSINE Wassim

Année 2013

Remerciement

*Qu'il nous soit permis d'exprimer notre gratitude et vifs remerciements
particulièrement à :*

*Dr. BENAMIROUCHE Rachid Mon encadreur, pour sa collaboration et son soutien et pour
tout le temps qu'il m'a consacré et ce malgré les contraintes dues à son planning du travail
très chargé*

*Dr. BENHASSINE Wassim, Mon tuteur au niveau de l'ENSM pour sa collaboration et ses
judicieuses orientations et pour tout le temps qu'il m'a consacré.*

*Dr, AZZOUZ Abedlrazzak notre directeur d'études au niveau de l'ENSM pour l'aide et le
soutient qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de cette formation.*

*Dr. BOUREZG Tarek mon jury et l'examineur de ce travail sur la contribution importante
ajouté à ce mémoire*

*Nos enseignants de l'ENSM sans exception pour les efforts fournis afin de nous transmettre
leur savoir tout au long de cette formation.*

Résumé :

Ce travail représente une contribution au développement d'une économie de financement en Algérie afin de développer le secteur des biotechnologies qui est considéré porteur et générateur des externalités avec une discipline très scientifique reposant sur la recherche et l'innovation comme moteur de croissance. La contribution principale dans ce travail consiste à intégrer des instruments techniques et économiques dans l'évaluation et la sélection des laboratoires de recherche pour le financement de leurs projets. Pour ce faire, on propose de concevoir des contrats de recherches fondé sur une réflexion scientifique, en leur y intégrant des instruments prudentielles d'aide à la décision afférents au contexte algérien.

Mots clés : la recherche en biotechnologie, la théorie des contrats, la dynamique d'innovation

Summary:

This work represents a contribution to the development of an economy of funding in Algeria for the future sector of biotechnology; a sector that is considered carrying and generating the externalities with his very scientific discipline and which is based on research and innovation as a growth driver. The main contribution in this work consists to the integration of technical and economic instruments in the evaluation and selection of laboratories for their research projects funding. To do this, we suggest designing a research contracts, incorporating into them a prudential instruments in order to support the decision making corresponding to the Algerian context.

Keywords: Biotechnology research, contract theory, the dynamics of innovation

ملخص:

يمثل هذا البحث مساهمة في تنمية اقتصاد التمويل في الجزائر لتطوير التقنية الحيوية في المستقبل والتي تعتبر كعامل فعال في تطوير الاقتصاد وذلك لاستنادها على البحث و الابتكار كمحرك للنمو. لقد قمنا في هذا العمل بمحاولة لدمج بعض الأدوات التقنية والاقتصادية في تقييم و اختيار محددات لتمويل الأبحاث في هذا المجال و للقيام بذلك اقترحنا تصميم عقود أبحاث، تعتمد على نظرية العقود من اجل دعم اتخاذ القرار في هذا السياق.

كلمات البحث : بحوث التكنولوجيا الحيوية، نظرية العقود، ديناميكيات الابتكار

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	6
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE POUR LA DYNAMIQUE D'INNOVATION ET LES POLITIQUES DE FINANCEMENT EN BIOTECHNOLOGIE	8
<i>INTRODUCTION</i>	9
I. LES ENJEUX ECONOMIQUES DES BIOTECHNOLOGIES	9
1. POTENTIEL ECONOMIQUE ET IMPACT DE SANTE PUBLIQUE :	9
2. ETATS-UNIS VERSUS EUROPE : (<i>PREMINENCE AMERICAINE ET INCERTITUDES EUROPEENNES</i>).....	11
4. LES INCERTITUDES EUROPEENNES :	14
5. RATTRAPER LES ETATS-UNIS :	15
7. LA PROPRIETE INTELLECTUELLE ET LA BIOTECHNOLOGIE INDUSTRIELLE :	17
II. LE FINANCEMENT DE L'INNOVATION DANS LE SECTEUR DE LA BIOTECHNOLOGIE ..	18
1. LA DYNAMIQUE DE FINANCEMENT DE LA R-D UNE SYNTHESE THEORIQUE :.....	18
2. MODELES DE FINANCEMENT ET D'INVESTISSEMENT POUR LA BIOTECHNOLOGIE INDUSTRIELLE	20
3. LES POLITIQUES DE FINANCEMENT PUBLIC DE LA RECHERCHE ET L'INNOVATION EN BIOTECHNOLOGIE : .	22
III. LES PROCESSUS DE DEVELOPPEMENT DES FIRMES EN BIOTECHNOLOGIE INDUSTRIELLE, CONCEPT ET DEFINITION	24
1. LES FIRMES BIOTECHNOLOGIQUES :.....	24
2. MODELES D'ENTREPRISE EMERGENTS :	24
3. LE CAPITAL-RISQUE :	25
4. SPIN-OFF ET SPIN-OUT :	25
5. BUSINESS-ANGEL (INVESTISSEUR PROVIDENTIEL).....	26
6. CAPITAL DE PRE-AMORÇAGE, SEED-CAPITAL, AMORÇAGE.....	26
7. LES NOUVEAUX PARADIGMES, LES NOUVELLES ALLIANCES, LES NOUVEAUX PARTENARIATS :.....	26
<i>CONCLUSION</i> :.....	27
CHAPITRE 2 : LES FACTEURS DETERMINANTS DE LA RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE DANS LE CONTEXTE ALGERIEN	28
<i>INTRODUCTION</i>	29
I. LES BIOTECHNOLOGIES EN ALGERIE : ENJEUX, VISION ET POLITIQUES :	29
II. LES ACTEURS DETERMINANTS DE DEVELOPPEMENT DE LA BIOTECHNOLOGIE EN ALGERIE (LE CADRE INSTITUTIONNEL) :	30
1. LE ROLE DES FORMATIONS DES SCIENCES DES VIVANTS EN ALGERIE (RECHERCHE, PROGRAMME ET POTENTIEL)	30
1. LES DOMAINES D'APPLICATION DES BIOTECHNOLOGIES EN ALGERIE :	34
2. LES PARTENAIRES DE L'ALGERIE DANS LES DOMAINES DES BIOTECHNOLOGIES	35
III. LA DETERMINATION DES FACTEURS DOMINANTS DE LA RECHERCHE BIOTECHNOLOGIQUE EN ALGERIE :	36
1. LA DEMARCHE DE TRAVAIL :	36
2. LE QUESTIONNAIRE :	37
3. LES RESULTATS STATISTIQUES DE L'ANALYSE UNIVARIE :	38
4. LES RESULTATS STATISTIQUES DE L'ANALYSE BIVARIE :.....	42

5. L'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE (ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES ACM) :.....	46
CONCLUSION :	51
CHAPITRE 3 : FINANCEMENT DES LABORATOIRES DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE DANS UN CADRE D'ANALYSE PRINCIPALE-AGENT	53
INTRODUCTION	54
I. LE CADRE GENERAL DE LA POLITIQUE DE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE EN ALGERIE :	54
1. ESTIMATION DU NOMBRE DE CHERCHEURS A MOBILISER	55
2. ESTIMATION DU NOMBRE DE PROJETS DE RECHERCHE	55
3. ESTIMATION DU COUT UNITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA RECHERCHE.....	56
4. ESTIMATION DU COUT UNITAIRE MOYEN D'UN PROJET DE RECHERCHE :	57
5. ESTIMATION DES INVESTISSEMENTS RELATIFS AUX INFRASTRUCTURES ET AUX GRANDS EQUIPEMENTS :	57
6. LES DEPENSES ET LA SUBVENTION ACCORDEES A LA REALISATION DES PROJETS :	58
II. LE PROCESSUS DE FINANCEMENT DANS UN CONTEXTE DE RELATION PRINCIPAL/AGENT :	61
II. MECANISMES DE REGULATION USUELS	63
1. REGIMES DE TYPE COUT DU SERVICE (COST-PLUS) :.....	64
2. REGIMES DE TYPE PRIX-FIXE (FIXED-PRICE) :	64
3. LES MECANISMES INCITATIFS :	64
III. LE MODELE THEORIQUE PROPOSE POUR LE FINANCEMENT DES LABORATOIRES DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE	65
1. CAS D'UNE ASYMETRIE D'INFORMATION :	69
2. LES SYSTEMES D'ENCHERES	73
CONCLUSION :	74
CONCLUSION GENERALE	75
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	78
ANNEXES	80

INTRODUCTION GENERALE

Le passage d'avantage comparatif vers l'avantage concurrentiel a conduit les organisations à chercher par tous les moyens un atout pour se différencier de leurs concurrents. Aujourd'hui le rapport développement compétitivité fait l'objet d'un grand débat dans l'économie contemporaine. Plusieurs approches ont été adoptées afin d'expliquer cette contribution. Des concepts novateurs que ce soit dans la science et la technologie ou dans d'autres domaines d'application ont conduit le monde vers une croissance soutenue qui a complètement déplacé le champ de gravité vers une dynamique fondée sur l'innovation comme moteur de croissance. Néanmoins la génération actuelle est sensibilisée par deux grandes problématiques : celle de l'environnement et celle de la santé, ce sont les raisons qui poussent les chercheurs à considérer les outils de la biotechnologie comme des clefs innovants pour résoudre tout un tas d'obstacles industriels qui permet de nourrir la croissance de différents secteurs.

La biotechnologie et les sciences du vivant contribuent au développement de technologies utilisées dans de nombreux secteurs industriels tels que le secteur pharmaceutique, le secteur du textile, de la chimie et du plastique, celui du papier et du pétrole, ainsi que les secteurs de l'agroalimentaire. Cependant le recour à l'innovation est devenu une structure en réseau que dans l'individualité des entreprises. Les entreprises pharmaceutique, acteur de cette structure, ont pour but d'amener cette innovation jusqu'au client. Pour cela, elles ont des relations inter-organisationnelles avec des acteurs issus de milieu professionnel comme les entreprises de biotechnologies, les entreprises de technologies, etc., mais aussi du milieu académique comme avec les universités ou les centres de recherche publique.

La dynamique de l'innovation est en relation avec la dynamique de financement. L'université qui est le début d'une innovation est soutenue financièrement par les subventions à la recherche et les contrats. Cela représente une contribution dans le processus de R-D afin de commercialiser sous forme d'un brevet puis d'une entreprise. Cette dernière nécessite la mise en place d'une politique financière qui va prendre en considération les dynamiques entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée, la collaboration et le développement des produits. L'intérêt de notre étude va être une contribution dans la mise en place d'un processus

de financement de la dynamique d'innovations dans le cadre d'une analyse principal-Agent dans le contexte algérien.

En effet, nous souhaiterions déterminer les facteurs explicatifs de la dynamique de la recherche et l'innovation par deux aspects : un aspect qui traite les caractéristiques techniques qui permettent de voir le déroulement de l'activité au sein des laboratoires de recherche en biotechnologie puis nous chercherons les facteurs communs qui expliquent et permettent de faire des découvertes dans le contexte algérien. Nous allons par la suite essayer de proposer un cadre d'analyse qui permet de financer cette activité en tenant compte de l'asymétrie d'information et les fonds publiques par lesquelles on finance les activités de recherches. Nous devons donc intégrer des instruments permettant de mieux gérer la procédure de financement et faire des économies de financement.

Au cours de ce projet, nous nous sommes intéressés à la problématique suivante :

Peut-on intégrer des instruments au processus de financement de la recherche en biotechnologie fondé sur une meilleure allocation des ressources dans une optique de découverte ?

Pour gagner en simplicité, nous allons séparer cette question en d'autres sous-ensembles.

1. Comment et pourquoi notre pays doit-il s'impliquer dans la biotechnologie industrielle ?
2. Quels sont les facteurs qui déterminent le succès de la recherche en biotechnologie dans le contexte algérien
3. Quels sont les risques perçus ou obstacles rencontrés que perçoivent les autorités afin de financer la R-D pour atteindre les niveaux souhaités?

Pour répondre à ces questions, nous avons organisé le travail comme suit : une première partie qui expliquera l'enjeu des biotechnologies dans le monde afin de justifier l'importance accordée à cette dernière. Une seconde partie traite un aspect technique elle fait l'objet d'une investigation empirique qui déterminera les facteurs permettant de faire des découvertes au sein des laboratoires de recherches en biotechnologie. Enfin nous essayerons de proposer un cadre d'analyse qui permet de tenir compte des risques que perçoivent les autorités afin de financer la recherche et l'innovation pour atteindre les niveaux souhaités.

**CHAPITRE 1 : REVUE DE
LITTERATURE POUR LA DYNAMIQUE
D'INNOVATION ET LES POLITIQUES
DE FINANCEMENT EN
BIOTECHNOLOGIE**

Introduction :

Dans ce chapitre on essaye de résumer l'importance accordée à la biotechnologie industrielle dans le monde en abordant les enjeux économiques de son évolution, en se basant sur le rapport détaillé de la commission Européenne sur le développement de l'industrie biotechnologique. Ce dernier illustre parfaitement l'enjeu des biotechnologies vues les comportements stratégiques développés par les pays. Ensuite, on aborde la notion de la propriété intellectuelle et les enjeux de cette dernière. Enfin, les instruments financiers qui permettent un développement d'une biotechnologie industrielle.

I. LES ENJEUX ECONOMIQUES DES BIOTECHNOLOGIES

1. Potentiel économique et impact de santé publique :

La Commission européenne a estimé un marché de plus de 100 Mds€ en 2005. Selon elle, les marchés mondiaux où les sciences du vivant et les biotechnologies constituent la majeure partie des nouvelles technologies appliquées, et qui pourraient représenter, estime-t-elle, plus de 2 000 Mds€ à la fin de cette décennie.

Comme le montre le tableau ci-dessous :

Marché potentiel direct et indirect des sciences du vivant et de la biotechnologie	
Industrie	Marché mondial de 1 500 Mds € dans la technologie industrielle et environnementale durable en 2010 (en partie seulement dans le domaine de la biotechnologie), la technologie environnementale étant estimée à 90-120 Mds €
Produits pharmaceutiques	Marché mondial de 500 Mds € en 2004 (800 Mds € en 2010 en admettant une progression constante)
Agriculture	Bien qu'on enregistre une augmentation régulière des terres ensemencées avec des produits génétiquement modifiés, il est difficile de prévoir la future valeur de marché, qui dépendra de l'évolution potentielle d'un marché des aliments non

	génétiqnement modifiés pour animaux. En millions d'hectares au niveau mondial, les cultures OGM représentent 53 millions en 2001 contre 28 en 1998.
--	---

Source, Commission européenne, janvier 2002.

Selon le point de vue français, les enjeux les plus immédiats concernent l'avenir des industries pharmaceutiques et le niveau d'excellence des systèmes de soins. En effet, on remarque que l'industrie pharmaceutique est la plus concernée par la révolution des biotechnologies. Plus de 50 % des nouveaux médicaments sont liés aux biotechnologies, alors que 90 % des sociétés de biotechnologies se situent dans le champ de la pharmacie ou des technologies associées.¹

La France, par exemple, si elle devait manquer le tournant des biotechnologies, fragiliserait son industrie pharmaceutique. Or ce secteur emploie en France plus de 100 000 personnes dont 15000 en R&D. Son chiffre d'affaires atteint le 24 Mds€, dont 7,7 Mds € à l'export.²

Ils ont constaté également que s'ils enregistrent un recul dans leur industrie pharmaceutique celui-ci ne pèserait pas seulement sur l'économie, mais il conduirait à des conséquences négatives sur le système hospitalo-universitaire. Il hypothéquerait en effet les précieuses relations de coopération qui existent entre les centres hospitaliers universitaires (CHU) et les laboratoires implantés en France dans le cadre des programmes de recherche et des essais cliniques. A terme, il en résulterait un appauvrissement, voire une fuite des compétences (médecins, biologistes) mais aussi des infrastructures de recherche vers l'étranger.

Le point de vu français illustre parfaitement l'enjeu d'un risque accru du fait de la faible attractivité des formations et des carrières scientifiques qui se traduit par une nette diminution des vocations de chercheurs dans ce pays.

¹ Rapport de la Commission européenne, janvier 2002

² Idem

2. Etats-Unis versus Europe : (*prééminence américaine et incertitudes européennes*)

L'Europe constate qu'elle est en retard par rapport aux Etats-Unis. Ce retard dû principalement à la puissante industrie des biotechnologies développées. Outre le démarrage des américains était beaucoup plus tôt et il génère trois fois plus de revenus et emploie qu'en Europe (160000 contre 60 000). De façon très marquante, la valorisation de la société américaine Amgen (première compagnie de biotechnologie au monde qui s'oriente aujourd'hui vers des activités des industries pharmaceutiques) est supérieure à celle des dix premières entreprises européennes de biotechnologies réunies.

Il est considéré comme un secteur sensible et très innovant aux Etats Unis qu'en Europe.

Les données rassemblées dans le tableau suivant attestent du fossé qui sépare les Etats-Unis de l'Europe dans l'exploitation du potentiel économique des biotechnologies.

	Europe	USA	EU / USA.
Nombre d'entreprises de biotechnologie	950	1 273	75%
Nombre d'Emplois	40 000	162 000	25%
FINANCEMENT DES ENTREPRISES BIOTECH (2000)			
Capitalisation totale du secteur (€ millions)	42 000	376 000	11%
Nombre d'entreprises cotées	61	207	29%
Nombre d'introductions en bourse en 2000	39	64	61%
Montant levés des IPO en 2000 (€ millions)	2 950	6 698	44%
Capital-risque investi en biotech en 2000	1 154	3 207	36%

Sources : rapport 2001 Kopp pour Objectif 2010, France Biotech; Ernst & Young; ABN Amro

3. Les raisons du succès américain :

La raison principale du succès américain revient sa politique économique qui est tournée vers l'innovation comme solution qui surpasse tous les obstacles industriels afin d'assurer un développement dynamique et durable. Pour cela, ces pays ont développé la culture de l'innovation et du risque entrepreneurial. La recherche académique est très puissante aux Etats-Unis. A titre d'exemple, le budget des National Institutes of Health (NIH) représente 57 fois le budget de l'INSERM. Il croît d'au moins 14% par an depuis 4 ans et même de 16% en

2002. De plus, les relations entre recherche académique et sociétés de biotechnologie sont étroites. La culture de la propriété industrielle et l'esprit entrepreneurial sont développés chez les chercheurs malgré la polémique existant entre l'Europe et les Etats Unis sur la question des brevets sur le vivant. Aux Etats-Unis, le droit à la protection de la propriété intellectuelle a été consacré par la Constitution de 1787. En Europe, ce droit n'est inscrit que dans la Charte des droits fondamentaux des citoyens européens adoptée en décembre 2000.

Mettre en place un environnement culturel et fiscal qui encourage l'esprit d'entreprise et valorise la prise de risque ainsi qui considère que l'échec d'un entrepreneur fait partie de leur culture et il est moins stigmatisant.

Certains services hospitaliers sont bien formés aux essais cliniques, et les procédures administratives pour conduire ces essais sont en général moins lourdes et moins bureaucratiques. Les fonds de capital-risque sont plus nombreux. De manière générale, les institutions financières américaines (fonds de pensions, banques, compagnies d'assurance, groupes industriels, gestions de fortunes) placent environ 4 à 7% de leurs investissements en titres de sociétés non-cotées. L'industrie pharmaceutique américaine entretient depuis l'origine des relations étroites avec les sociétés de biotechnologie et avec la recherche publique. La contractualisation des rapports entre ces partenaires est devenue une pratique courante.

Enfin, un environnement réglementaire propice aux brevets qui développe ces orientations. Depuis 1980 la Cour Suprême des Etats Unis a autorisé Ananda Chakrabarty (arrêt Chakrabarty), chercheur américain à la Compagnie Générale Electrique, à breveter une bactérie dont il avait découvert ayant des intéressantes propriétés telles que sa capacité à digérer les nappes de pétrole. Cela a conduit le monde vers un débat sur la « brevetabilité du vivant » qui n'a cessé de prendre de l'ampleur. Le revirement de jurisprudence de la plus haute juridiction américaine était de taille. Pour la première fois, un organisme vivant existant dans la nature était assimilé à une invention créée de toutes pièces par la main de l'homme. Tout produit naturel, tout organisme vivant, devenaient potentiellement brevetables pour leurs propriétés utiles à l'industrie. De sorte que la frontière conceptuelle entre ressources naturelles et outil industriel tendait à s'estomper.

L'arrêt de la Cour Suprême américaine fait clairement apparaître la motivation de cette nouvelle conception du droit des brevets d'accorder aux chercheurs en biologie et en

génétique que leurs efforts intellectuels et matériels dans la recherche soient récompensés et de garantir à ceux qui les financent un juste retour sur leurs investissements. Cet arrêt a donné naissance à une série de mesures qui attribuent aujourd'hui aux Etats Unis une position dominante incontestable dans ces domaines. Les instituts publics de la recherche médicale américaine - les NIH, initiateurs du programme de recherche sur le génome humain - restent les premiers détenteurs de brevets sur les gènes ou séquences partielles de gènes humains dans le monde.

Des mesures très importantes ont dynamisé la recherche publique américaine telle que le « Bay-Dole Act » de 1980. Cette loi autorise les universités américaines, à s'approprier les brevets sur les inventions réalisées par leurs chercheurs, en dépit des subventions du gouvernement fédéral dont elles ont bénéficié. Elle a ainsi favorisé l'esprit de compétition dans la recherche publique. Les chercheurs eux-mêmes se sont vus reconnaître la faculté de valoriser leurs inventions en créant des sociétés privées. L'effet de cette législation a été immédiat sur le nombre des brevets déposés par les universités avec l'aide parfois de compagnies privées de biotechnologies ou d'industries pharmaceutiques.

Des innovations sur des plantes génétiquement modifiées, sur des animaux (la fameuse souris oncogène de Harvard), sur des cellules et des gènes humains ou non humains ont fait l'objet de brevets. Au point qu'il est reproché à l'Office américain des brevets de ne pas se montrer suffisamment rigoureux et d'accepter de breveter des éléments génétiques ou cellulaires dont l'utilité est peu probante et dont la viabilité économique et commerciale n'est pas possible. Cette fuite en avant pouvait conduire à un dépôt inconsidéré de brevets. Bill Clinton et Tony Blair ont décidé de réagir au début de l'année 2000. Ils ont déclaré que les séquences partielles de gènes issues du programme de recherche sur le génome humain dont la fonction reste inconnue étaient « patrimoine commun de l'humanité ». En conséquence, cette décision a pu obéir à une volonté de préserver les intérêts de la recherche publique américaine, menacée par les démarches commerciales du biologiste Graig Venter dans le cadre de la compagnie Celera. Mais elle sert aussi à des considérations éthiques pleinement justifiées. Elle témoigne en outre des nécessités d'éviter les effets de bulle spéculative autour du vivant qui ne pourraient à terme qu'entamer la confiance dans la croissance des biotechnologies.

4. Les incertitudes européennes :

Le dynamisme de la recherche américaine, pousse l'Europe à ne pas rester inactive. Compte tenu du retard de la biotechnologie européenne, la Commission européenne a décidé à la fin des années 80 de prendre une série de directives pour favoriser le développement du secteur.

Deux instructions sur les OGM, concernant leur usage et leur dissémination volontaire (notamment la culture en champ ouvert de plantes génétiquement modifiées) ont été adoptées en 1990. Une troisième sur « la protection légale des inventions biotechnologiques » a été adoptée en 1998 après des débats qui ont duré plus de dix ans. Malgré ces initiatives, la situation européenne est loin d'être stabilisée. Le secteur des biotechnologies reste d'autant plus fragile qu'il est contesté dans ses fondements mêmes.

- Une directive de 1990 sur la dissémination volontaire des OGM a été sensiblement modifiée en 2001 pour tenir compte des exigences en matière de traçabilité des produits, les opinions publiques européennes ne sont pas convaincues du bien-fondé de cette technologie appliquée à l'agriculture. Certaines actions violentes de destruction de champs expérimentaux en témoignent.
- Quant à la directive de 1998, qui consacre la brevetabilité du vivant dans la ligne de la jurisprudence Chakrabarty, elle est critiquée dans plusieurs pays européens. C'est le cas au parlement allemand et en France même. Le projet de loi en cours de discussion à l'Assemblée nationale ne prévoit ainsi qu'une transposition partielle de la directive, entraînant une certaine confusion autour de ce qui est brevetable et de ce qui ne l'est pas.

En effet, ces controverses ont des conséquences sur le nombre des brevets déposés et accordés en Europe. Son augmentation n'est pas véritablement significative, dans la mesure où ces brevets concernent pour la moitié d'entre eux des sociétés américaines désireuses d'opérer sur le marché européen.

L'Europe souffre encore de sérieux handicaps en matière de propriété intellectuelle.

- Le coût du brevet européen est trop élevé. Il est de 3 à 5 fois plus élevé qu'aux Etats-Unis et au Japon. Le ticket d'entrée (30 000 € en moyenne) est dissuasif pour de

nombreuses entreprises. Une des raisons en est le coût des traductions (40%) exigées par chacun des pays membres du système européen des brevets.

- Les jurisprudences des offices nationaux et des juridictions ne sont pas suffisamment harmonisées. Dans l'attente d'une transposition uniforme dans les Etats Membres de la directive de 1998, la situation restera inchangée. De même, en l'absence d'un tribunal spécialisé en matière de brevets, la sécurité juridique restera insuffisante.

Ces faiblesses ne concernent pas uniquement le secteur des biotechnologies.

Elles s'inscrivent dans un contexte plus général de trop faible mobilisation en faveur de la recherche et du développement. Pris globalement, les Etats de l'Union européenne consacrent 1,92% du PIB européen à la recherche et développement (R/D). Les Etats-Unis sont à 2,56% et le Japon à 3%.

5. Rattraper les Etats-Unis :

Afin de rattraper la situation le Conseil européen de Stockholm a invité en mars 2001 la Commission en concertation, pour examiner les mesures requises pour exploiter pleinement le potentiel des biotechnologies et renforcer la compétitivité de l'Europe dans ce secteur, afin de pouvoir rivaliser avec les grands concurrents ,tout en veillant à ce que le processus s'effectue d'une manière qui garantisse la santé et la sécurité des consommateurs, préserve l'environnement et respecte les valeurs fondamentales et les principes éthiques communs.

La Commission européenne a présenté un plan d'action afin de mettre en place un programme commun de recherche européen qui consacrera 2,15 Md€ aux biotechnologies médicales, dont 200 à 300 M€ pour la recherche sur les cellules souches. Plus généralement, lors du Conseil européen de Barcelone des 13 et 14 mars 2002, les Etats européens proposeront d'augmenter la part de la recherche et développement (R/D) à 3% du PIB européen d'ici 2010, dont 2% devront provenir de financements privés.

6. Les enjeux éthiques des recherches sur les cellules souches (un enjeu sur les valeurs fondamentales) :

Un enjeu important concernant les valeurs fondamentales de notre monde, qui sont en trains de se substituer par aspect commerciale qui n'a rien de principe sauf le langage des profits.

Faire du clonage humain, des modifications de la lignée germinale au stade de l'embryon, diagnostic préimplantatoire pour choisir le sexe du futur enfant ...etc. c'est pour cela qu'il est compréhensible que les biotechnologies appliquées à l'homme provoquent autant de débats philosophiques et de controverses politiques. Parce qu'elles relèvent de l'éthique, ces questions sont politiques au sens le plus noble du terme.

L'absence de véritables repères ne permet pas de donner de réponse définitive, mais le droit a fourni déjà certaines barrières. Pour cela, une décision sur la loi de bioéthique de 1994, par la commission européenne a introduit le principe de dignité de la personne humaine. Le principe de dignité se retrouve au tout premier plan des valeurs européennes définies par la Charte des droits fondamentaux des citoyens européens adoptée fin 2000. La Charte consacre un article à la bioéthique qui rappelle certains impératifs éthiques.

Faire participer le public dans les débats bioéthique est désormais un droit accordé aux citoyens. De l'Europe à l'Asie en passant par l'Amérique du Nord, peu nombreux sont les dirigeants politiques qui n'ont pas pris position sur telle ou telle pratique recouvrant des enjeux non seulement économiques, mais moraux. Appelés à éclairer la prise de décision, les comités d'éthique sont devenus parties prenantes de ces discussions. A titre d'illustration l'Allemagne avec son Comité d'Éthique installé par le Chancelier Schröder a proposé d'autoriser l'importation, pour la recherche, de cellules souches embryonnaires alors que le pays reste hostile à la recherche sur l'embryon. La prise en compte de considérations éthiques dans le cadre de la recherche est indispensable. Il appartient à la collectivité dans son ensemble de préciser jusqu'où aller et quelles limites ne pas franchir.

Parmi les dérives possibles de la biotechnologie appliquée à l'homme, il ne faut pas sous-estimer le risque de discrimination. L'information génétique humaine n'est pas une information médicale comme les autres. Le plus souvent, elle ne donne pas d'indications sur l'état de santé de la personne. Elle se borne à signaler une différence génétique qui la rend plus exposée à une maladie qu'une autre. Elle fait peser un véritable danger sur la personne concernée. Mais surtout, sa révélation à des tiers –employeurs ou assureurs par exemple - peut susciter de nouvelles formes de discrimination et d'exclusion sociales tout à fait dommageables.

7. La propriété intellectuelle et la biotechnologie industrielle :

La biotechnologie est un domaine qui repose essentiellement sur la recherche et l'innovation dans les sciences du vivant d'où on constate la complexité de cette tâche. Cette complexité pousse les chercheurs à fournir un effort considérable afin d'arriver à une découverte. A cet effet, la valorisation de leurs efforts fait l'objet d'un grand débat d'une réflexion sur la propriété intellectuelle. Les problèmes de déontologie conduisent les chercheurs vers une démotivation de faire d'autres découvertes. Pour cela un nouveau droit apparaît celui de brevet. Ce dernier confère à celui qui le détient une protection juridique nationale et internationale grâce aux accords presque ratifiés par tous les États. Cette protection juridique incite les chercheurs partout dans le monde et dans tous les domaines à développer des produits innovants qui leur reviennent le droit de les commercialiser. La course vers les brevets est devenue un enjeu majeur pour le développement économique des États. De 1975 à 2006, l'US Patent and Trademark Office (USPTO) a délivré plus de 20 000 brevets concernant la biotechnologie industrielle. Le nombre annuel a augmenté au cours de la décennie 1980, a atteint un pic en 1999, a baissé jusqu'en 2005 et a rebondi en 2006. Cette tendance reflète la capacité de l'USPTO de traiter les demandes de brevet³. (Linton et al., 2008) retiennent deux principales constatations sur le dépôt des brevets en biotechnologie :

- Les brevets en biotechnologie industrielle ne sont pas concentrés dans les mains d'un petit nombre de titulaires ce qui reflète l'intensité de la recherche entre les concurrents.
- Les brevets ne constituent pas un obstacle important pour la recherche et le développement en biotechnologie industrielle.

Actuellement, la concentration de la propriété intellectuelle n'est donc pas un problème pour la biotechnologie industrielle. Pisano (2010) a publié une étude concernant l'évolution de l'innovation en biotechnologie et il a constaté que le monnayage de la propriété intellectuelle est aussi un moyen majeur pour les petites entreprises de biotechnologie de lever des capitaux.

L'augmentation du dépôt des brevets rend leur délivrance de plus en plus compliquée, accumulant des retards de plus en plus importants. Le délai moyen d'examen aux États-Unis,

³ OCDE *Perspective d'avenir pour la biotechnologie industrielle* P 83. (2010)

qui était de 27 mois en 2003, est passé à 35 mois en 2009 (Belz, 2010). A ceci s'ajoute le problème de l'insuffisance financière de l'USPTO pour faire face à cet accroissement (Pegram, 2011). Également pour les autres offices tel que le Japon Patent office et l'Office européen des brevets. Cette contrainte fait l'objet des grandes préoccupations des organismes concernés afin de résoudre ce problème.

II. LE FINANCEMENT DE L'INNOVATION DANS LE SECTEUR DE LA BIOTECHNOLOGIE

1. La dynamique de financement de la R-D une synthèse théorique :

Le rapport entre financement et innovation a constitué une grande polémique dans la pensée économique, les chercheurs ont introduit toute une littérature qui exprime clairement que le financement en innovation évoluera dynamiquement avec la firme et le projet.

Les premières réflexions portent sur le niveau de R-D financé. Nelson en (1959) et Hall (2002) montrent dans leurs études que la firme finance de la R-D seulement si son revenu espéré est supérieur au coût de la recherche. Mais ce niveau de R-D privé n'est pas souvent socialement optimal.

Les théorèmes de Miller et Modigliani (1958, 1963) se concentrent sur le choix d'une structure financière optimale pour les firmes. Ainsi, dans certaines conditions, il est moins cher de se dégager de la dette plutôt que des actions grâce à des économies d'impôts réalisées sur les intérêts de la dette. Néanmoins, les coûts de la nouvelle dette avec le taux d'intérêt augmentent car la dette apporte un risque de faillite.

Par ailleurs, l'étude de Baldwin, Gaudreault, et Gellatly, (2002) illustre le fait que les actifs d'un projet d'innovation, sont très souvent immatériels, elles constituent une mauvaise garantie pour les créanciers qui évaluent le risque dépendamment de la probabilité d'échec, mais aussi du nantissement qu'ils pourront recouvrer en cas de faillite.

Ainsi, selon Allen et Percival, (2000) ; Gompers et Lerner, (2004) ; Mantell, (2005), aucune forme classique de financement ne peut être adaptée du fait de ces nombreuses contraintes. Dans ces conditions, toute la dynamique de l'innovation est pénalisée, ce qui va affaiblir la croissance de la firme et de l'industrie. Le capital de risque s'installe comme une source

externe de financement qui permet de résoudre certaines lacunes sur le marché de financement à travers un financement par étapes.

Cependant, Murray et Marriott, (1998) déterminent les politiques publiques qui peuvent intervenir sur les contraintes financières, les faiblesses du management, les imperfections du marché et l'accès à la technologie. Cette politique publique peut s'appuyer sur des instruments directs comme le soutien personnel aux firmes, ou indirects en jouant sur les infrastructures et l'environnement légal.

Le cas des politiques de financement direct et des politiques fiscales a été très largement traité dans la littérature. Le financement public direct, c'est-à-dire via les contrats et les subventions, permet de canaliser les fonds publics vers les projets prometteurs, en recherche publique ou privée, qui n'auraient pas été entrepris autrement. Il n'y a donc pas d'effet d'aubaine⁴ : les projets sont sélectionnés pour leur fort retour social (Hall et van Reenen, 1999). Mais un problème majeur réside, car l'État ne dispose pas de toutes les informations pour bien sélectionner les projets : sa rationalité est limitée quant à la valeur de projets d'innovation et de R-D. Par contre, les incitations fiscales laissent la décision de la R-D à l'entrepreneur qui connaît mieux les marchés et les innovations (Dagenais et al. 2004), mais elle ne peut pas remplacer la recherche publique subventionnée. Elles concernent plutôt les firmes qui recherchent leur propre retour sur investissement et non le retour social (Hall et van Reenen, 1999). Dans ce cas, des effets d'aubaine peuvent exister : du financement public peut abusivement être apporté à des projets qui ont un faible retour social ou qui rencontrent de faibles contraintes financières.

Concernant les entreprises de biotechnologie industrielle, *Ebers et Powell*, (2007) considèrent la biotechnologie comme un domaine technologique inhabituel en ce sens qu'elle recourt fortement à la recherche universitaire, au financement par le capital-risque, aux capacités de production et de commercialisation des entreprises pharmaceutiques mondiales et aux compétences en recherche transrationnelle de jeunes pousses scientifiques plus petites et plus agiles.

⁴Lorsqu'un acteur économique s'efforce d'inciter les autres acteurs à agir de telle manière, il les appâte en général en leur offrant un avantage s'ils se comportent de la façon souhaitée: par exemple baisse de prix, prime, cadeau, etc. Il y a effet d'aubaine si l'acteur qui bénéficie de cet avantage avait eu, de toute façon, l'intention d'agir ainsi même si l'avantage n'avait pas été accordé.

Or l'OCDE classe les entreprises dans le domaine de la biotechnologie industrielle suivant deux critères : la taille de l'entreprise et l'importance de la biotechnologie industrielle dans leurs activités. Il distingue cinq catégories présentant des caractéristiques différentes : jeunes pousses spécialisées, PME spécialisées, PME diversifiées, multinationales spécialisées et multinationales diversifiées.

Selon le manuel de l'OCDE la croissance des entreprises de biotechnologie industrielle peuvent recourir à quatre stratégies de croissance différentes, présentant chacune des avantages et des inconvénients, en fonction de deux critères : marchés classiques/ marchés nouveaux ; technologies classiques/ technologies nouvelles.

- R-D interne : R-D propre à l'entreprise avec des ressources essentiellement internes.
- Coopération ou alliances de R-D : R-D avec d'autres entreprises, des universités ou des instituts de R-D.
- Coentreprises : création d'une nouvelle entreprise conjointement avec une autre entreprise afin d'exploiter la complémentarité des actifs, technologies, personnels ou autres ressources.
- Fusions et acquisitions : acquisition d'une autre entreprise ou fusion avec une autre entreprise pour créer une nouvelle entité unique.

2. Modèles de financement et d'investissement pour la biotechnologie industrielle

Tendances du financement :

Les investisseurs en biotechnologie dans le monde connaissent relativement peu la biotechnologie industrielle par comparaison, par exemple, avec la biotechnologie médicale. Ce dernier temps, les investissements en biotechnologie industrielle sont concentrés principalement sur les biocarburants, et sont spécialement des investissements en capital-risque. Néanmoins, (Hasler, 2010) a constaté que les fonds pour financer l'innovation en biotechnologie industrielles sont insuffisants. Cela est dû au faible degré de familiarisation avec l'investissement dans ce secteur.

Financement de projets et engagement des investisseurs financiers

Le financement des projets en biotechnologie industrielle se développe notamment dans le domaine des produits renouvelables, comme les projets en bioénergie. Toutefois, étant donné sa focalisation étroite, le financement des projets n'est pas un véhicule approprié pour la biotechnologie industrielle en général.

Une forme de financement considéré comme un engagement entre les investisseurs financiers et les entreprises de biotechnologie industrielle afin de financer leur croissance sur le marché est le capital-investissement. Les sociétés de capital-investissement, ont fortement contribué ces dernières années à la mise en œuvre de biotechnologies industrielles principalement dans le secteur de la chimie. Les transactions de ces investisseurs selon l'OCDE ont fortement augmenté et constituent environ 30 % du volume des transactions, et ils adoptent de plus en plus des stratégies de « constitution d'un groupe par agglomération d'acquisitions » afin de créer une valeur accrue.

Besoins en capitaux pour la R-D et l'infrastructure :

L'OCDE estime un besoins annuels en capitaux environ 3.3 milliards EUR pour la R-D et 6.9 milliards EUR pour l'infrastructure dont la grande part est pour le secteur pharmaceutique. Les produits chimiques de base nécessitent les plus grands investissements d'infrastructure, du fait que la production en grand volume de ce secteur a une très forte intensité en capital. Les produits chimiques spéciaux requièrent de grands investissements dans la R-D eu égard au large éventail des applications potentielles. Les produits chimiques de consommation nécessitent le moins de capitaux aussi bien pour la R-D que pour l'infrastructure. L'Europe a les plus grands besoins de capitaux pour la R-D et l'infrastructure avec plus de 30 % de la part mondiale, suivie par l'Amérique du Nord, l'Asie-Pacifique et les BRIC (Brésil, Fédération de Russie, Inde et Chine).

Sources de financement :

Le développement des nouveaux produits issues de la biotechnologie industrielle nécessite un financement spécifique qui est à la fois risqué et important. Des sources non classiques de financement intéressent le plus les entreprises de biotechnologie industrielle sont le financement mezzanine ; cette sorte de financement fait l'objet d'un instrument financier dont le remboursement est subordonné à la dette bancaire et prioritaire sur le capital. Par ailleurs,

nous avons également le financement de projet et le financement en capital-investissement. Ces sources n'ont pas le même attrait pour les différents acteurs dans ce domaine : start-up ou PME en biotechnologie industrielle, multinationales et investisseurs privés ou institutionnels. Les investisseurs privés et institutionnels considèrent les financements mezzanine et en capital-investissement comme des sources intéressantes, alors que les jeunes pousses et les PME ont une opinion très positive sur le capital-investissement (y compris le capital-risque). Les PME de biotechnologie industrielle ont peu d'expérience du financement mezzanine et du financement de projets. Le capital-investissement reste la source de financement principale et préférée de ces entreprises.

3. Les politiques de financement public de la recherche et l'innovation en biotechnologie :

Le financement public/privé pour la recherche biotechnologique :

Généralement la recherche en biotechnologie est financée par le public et le privé. On entend par public les universités, les gouvernements et autres organismes parapublics. En ce qui concerne le privé, il s'agit bien souvent de multinationales issues de fusion, de même que de compagnies locales et des jeunes entreprises émergentes souvent issues de la recherche universitaire. A cela s'ajoute les « bioventures », c'est-à-dire des entreprises, publiques ou privées, de placement à risque qui investissent dans le secteur biotechnologique. Dans la pratique courante, la distinction entre privé et public n'est pas nécessairement importante, certaines recherches sont financées à la fois par des multinationales, des « bioventures » et des programmes gouvernementaux qui visent à développer non seulement la recherche, mais également l'économie associée à la recherche. Le professeur Krimsky⁵ en 1991, aborde un point important concernant l'indépendance de la recherche en biotechnologie, selon son étude il constate que le financement se fait généralement dans l'intérêt du secteur privé. Il remet donc en cause l'indépendance de la recherche et pose une problématique concernant les enjeux éthiques relatifs aux conséquences alimentaires, environnementales et socio-économiques de la recherche.

⁵Krimsky, Sheldon, *Biotechnics and Society : The Rise of Industrial Genetics*, New York, Praeger, 1991

Cibler les financements sur des technologies ou des investissements :

Contrairement à la répartition totale du financement entre les différents types de recherche, nous pouvons également cibler le financement sur des technologies ou des investissements spécifiques. Néanmoins, la vraie question qui se pose est comment cibler le financement ou mieux le répartir ? Le gouvernement ne va pas financer aveuglément les laboratoires sans distinction dans une situation de financement limité. Certains domaines technologiques ont une valeur particulière car ils sont prioritaires sur le plan de la stratégie industrielle du pays. Cette politique est appliquée notamment lorsqu'il s'agit de développement industrielle des pays, notons qu'au Canada, les domaines généraux de la santé et de l'agriculture en biotechnologie sont particulièrement soutenus. Mais les laboratoires du Conseil National de Recherches du Canada (CNRC) sont eux-mêmes ciblés sur des domaines de recherche précis : le bio-diagnostic à Winnipeg, la biotechnologie des plantes à Saskatoon, etc. Catherine Beaudry et Ruby Farcy, (2008) test dans leur article le processus de ciblage du financement. Ils ont constaté que cette pratique augmente à long terme la qualité des laboratoires en matière de fiabilité de recherche mais diminue le nombre d'invention à long terme par rapport au financement total. Pour cela, la multiplication des projets d'investissement en biotechnologie accroît les chances de leurs réussites.

Répartir le financement selon des critères :

Financer un mauvais projet de recherche fait perdre un volume de financement des bonnes opportunités. Les organismes évaluent alors les demandes de subvention selon différents critères : la valeur technologique du domaine de recherche, la valeur économique des perspectives technologiques, l'originalité de la technologie, la qualité des travaux, etc. Grossmann en 2003, a appréhendé le phénomène de financement de la recherche en biotechnologie industrielle en se basant sur des critères économiques et qualitatifs pour réussir les projets. (Farcy 2008), remet en cause la mesure du critère de la qualité des laboratoires qui est celui de taux de réussite des projets de recherche par le fait qu'il pose certains problèmes concernant les biais de mesure ou les fausses informations. Ce critère peut même mettre en péril certains laboratoires dont la qualité est encore faible, mais dont le domaine technologique se révélerait intéressant à l'avenir.

Ces politiques pourraient faire l'objet d'un débat concernant l'influence de la limite d'expertise des chercheurs, de l'expérience des recrutés, de la politique de dépenses en

activités externes... etc. (Beaudry et Farcy, 2008). L'augmentation du financement total permet certes de croître le nombre des inventions sur le long terme, mais également d'accélérer l'obtention des premières inventions. Cibler les laboratoires plutôt que de répartir le financement permet d'améliorer à moyen terme la qualité des laboratoires, mais prive à long terme de nombreuses inventions, car il ne crée pas autant d'opportunités technologiques. Par ailleurs, cibler le financement sur des investissements peut avoir un effet non négligeable sur la dynamique d'expérience si le financement supplément ne remplace pas le financement initial.

III. LES PROCESSUS DE DEVELOPPEMENT DES FIRMES EN BIOTECHNOLOGIE INDUSTRIELLE, CONCEPT ET DEFINITION:

1. Les firmes biotechnologiques :

Actuellement, les entreprises des biotechnologies, ne concernent seulement les activités traditionnelles (fabrication de pain, de bière, de vinaigre de vin, etc...). Elles regroupent principalement celles qui utilisent des méthodes et des techniques innovantes, issues de recherches menées récemment en biologie et d'autres domaines comme les sciences pour l'ingénieur, les techniques du génie génétique, et bien au-delà en faisant largement appel à l'informatique, à la chimie et à l'ingénierie classique. Les développements récents des techniques de la biologie à grande échelle obligent ces entreprises à recourir aux technologies très poussée.

2. Modèles d'entreprise émergents :

Le passage de la recherche fondamentale à la recherche appliquée puis au brevet afin de permettre la commercialisation impose à chaque stade un financement spécifique. Plusieurs formes d'entreprise sont axés sur le développement de la propriété intellectuelle et la vente de licences. Il s'agisse du créateur de propriété intellectuelle ou du développeur de procédés intégrés. Ces modèles d'entreprise sont fonctionnent en développant d'un portefeuille de technologies et de produits qui seront par la suite vendus ou cédés en licence. Une stratégie de réseau et de coopération appropriée est requise pour assurer une bonne commercialisation de la propriété intellectuelle. Les pays en développement favoriseront l'apparition de modèles d'entreprise nouveaux ou hybrides, l'exemple de Shanghai comme centre de la biotechnologie en Chine qui dépense 68 % de R-D au développement de produit ou de procédé, 26 % vont à

la recherche appliquée et seulement 6 % à la recherche fondamentale, à comparer à 60 % pour le développement, 22 % pour la recherche appliquée et 18 % pour la recherche fondamentale aux États-Unis (Miller et al., 2011). Les données sur les brevets indiquent que Shanghai est innovante dans les procédés mais non dans les produits. Toutefois, (Lachenmaier et Rottmann, 2011) indique que l'innovation de procédé a un effet plus sensible sur la création d'emplois que l'innovation de produit. Une protection insuffisante de la propriété intellectuelle, le manque d'investissement en capital-risque et le resserrement de l'offre de main d'œuvre intellectuelle hautement qualifiée sont des facteurs susceptibles d'influer sur les modèles d'entreprise.

3. Le capital-risque :

Capital apporté par des fonds spécifiques destinés à poursuivre le travail de recherche et de développement au sein de la start-up. Elle est considérée comme une des sources essentielles d'investissements à risque dans les jeunes entreprises biotechnologiques. L'investissement capital-risque implique un contrôle important sur les jeunes entreprises afin de les inciter à faire l'effort et réussir les projets pour augmenter la valeur de l'entreprise sur le marché.

4. Spin-off et Spin-out:

Spin-off ou essaimage industriel :

C'est une pratique qui incite les employés à créer leur propre entreprise à partir de l'entreprise mère. C'est une forme qui permet à l'entreprise d'externaliser certaines fonctions en créant des start-up à forte potentiel de croissance à long terme. Dans le cas de spin-off, il y a participation active de la société mère dans la société fille par une prise de participation en capital (souvent majoritaire et durable) de la nouvelle structure. Il y a aussi un transfert d'actifs de la société mère vers la société fille.

Spin-out ou essaimage individuel

C'est une structure créée sur la base d'actifs de la société mère sans qu'il y ait participation au capital, ou une participation minoritaire et limitée dans le temps, de la nouvelle structure par la société mère. Cette création d'une nouvelle entité n'est pas basée sur une stratégie industrielle de la société mère, mais plus souvent sur la base d'une initiative individuelle.

5. Business-Angel (investisseur providentiel)

C'est un investissement inférieur à 1 M€ (généralement entre 0,1 et 1 M€), investi par le privé. En effet, c'est une intervention au démarrage du projet de la start-up. Il s'agit souvent des anciens chefs d'entreprise ayant vendu leurs actions et ils décident de consacrer une partie de ces moyens, mais aussi leur expérience, à aider de jeunes créateurs sur le plan financier, et dans la gestion et la stratégie de développement de la jeune entreprise.

6. Capital de pré-amorçage, seed-capital, amorçage

C'est la première étape de financement d'une start-up, à savoir l'étude de faisabilité, de positionnement, de propriété intellectuelle et si nécessaire, la fabrication d'un prototype qui conduiront ensuite, éventuellement, à la création et au lancement du véritable projet. A ce stade, la participation du secteur public est encore nécessaire et légitime. Il s'agit de créer de la valeur autour d'un projet encore très immature.

7. Les nouveaux paradigmes, les nouvelles alliances, les nouveaux partenariats :

L'apparition des nouvelles entreprises en biotechnologie, disposant des plateformes technologiques très importante capable de développer des produits innovants à bouleverser toutes les structures organisationnelles et les stratégies des firmes industrialisées. Un passage d'une stratégie d'industrie très confidentielle à une coopération largement observée. Pour les grandes entreprises ce n'est plus une production intégrée internement mais une production de plus en plus externalisée. Ces grandes firmes deviennent par nécessité des intégrateurs de compétences externes que ce soit dans la recherche et développement ou n'importe quelle fonction. De ce point de vue, les entreprises biotechnologiques peuvent ne pas accéder au marché et de s'associer en partenariat avec d'autres firmes en leur apportant une compétence et une créativité qui leur fait défaut. En effet, les entreprises de biotechnologie se sont spécialisées : sociétés de recherche de nouveaux produits, de nouvelles cibles, sociétés de technologie, sociétés de découverte de gènes, sociétés de génomique, sociétés de production à façon recherche et développement.

Les centres de recherches publiques jouent dans ce passage un rôle important. Ils peuvent créer par eux même des nouvelles start-up de leurs propres résultats. Ils peuvent également s'allier avec d'autres firmes locales ou internationales pour participer à de nouvelles

recherches. Aujourd'hui, l'université doit devenir un parc de jeunes entreprises que viennent aujourd'hui compléter quelques grands de l'industrie pharmaceutique et agroalimentaire...etc.

Conclusion :

Pour conclure, notre présent chapitre a fait l'objet d'une présentation de la dynamique d'innovation au milieu de la biotechnologie industrielle où nous abordons les enjeux économiques ainsi les concepts et notions relative à la propriété intellectuelle en milieu de cette industrie. Sans perdre de vue l'aspect qui nous intéresse le plus à savoir le financement de la recherche et innovation dans le secteur précité.

Cette partie a pour objectif de montrer le rôle important de cette industrie à la contribution dans le développement et la croissance des pays. Néanmoins, pour mieux appréhender la recherche en biotechnologie en Algérie il est préférable de consacrer le chapitre suivant sur les facteurs déterminant de recherche dans ce domaine en Algérie.

**CHAPITRE 2 : LES FACTEURS
DETERMINANTS DE LA RECHERCHE
EN BIOTECHNOLOGIE DANS LE
CONTEXTE ALGERIEN**

Introduction

Le présent travail consiste à traiter un aspect technique de la recherche au sein des laboratoires. Notre objectif est de connaître le potentiel algérien qui fait face au développement de la biotechnologie mondiale afin de voir est-ce qu'il y a une faisabilité technique à terme qui permet à l'Algérie d'intégrer le réseau mondial. Pour ce faire nous avons scindé cette partie en deux phases : la première concerne l'implication de l'Algérie dans les biotechnologies et le cadre institutionnel afférent à cette implication. De ce fait nous appuierons sur le rapport du professeur Djekoun en 2009 sur le potentiel biotechnologique en Algérie afin de voir en perspective quels sont les points à développer. Ensuite la deuxième partie qui fait l'objet d'une investigation empirique qui va nous permettre de déterminer les facteurs qui influencent sur la réussite des projets au sein des laboratoires de recherche pour faire des innovations.

I. LES BIOTECHNOLOGIES EN ALGERIE : ENJEUX, VISION ET POLITIQUES :

En Algérie, le développement des Biotechnologies est devenu une nécessité absolue, au même titre que celui des Technologies de l'Information et de la Communication.

Les atouts pour le développement des biotechnologies en Algérie sont le potentiel humain, les structures de recherche, les entreprises économiques et la transition vers l'économie de marché. Ce sont les raisons dans lesquelles l'Algérie doit les prendre en charge afin de réussir un meilleur développement d'une industrie fondé sur la biotechnologie.

Acquérir le savoir-faire, est devenu une nécessité primordiale pour le développement de la recherche dans la biotechnologie en Algérie. Ceci revient à Participer activement et efficacement au développement des sciences de la Vie. Pour cela nous devons mettre en place une structure qui fonction on réseau des chercheur, et qui définit les axes et les programmes de recherche (Programme national de recherche), qui forme (graduation et post-graduation) en adéquation avec l'évolution des Sciences de la Vie et du marché du travail, qui crée un environnement propice (équipements, produits chimiques, entreprises), qui organise de rencontres scientifiques, ateliers, écoles d'apprentissage des techniques des biotechnologies.

Néanmoins, la maîtrise des biotechnologies, est devenu quelque chose très complexe vu l'avancement drastique enregistré dans le monde, même les pays développés ne peuvent pas cacher leur retard dans cette discipline. Contribuer au développement d'une recherche innovante veut dire qu'il faut développer une capacité à offrir des solutions scientifiques et techniques.

II. LES ACTEURS DETERMINANTS DE DEVELOPPEMENT DE LA BIOTECHNOLOGIE EN ALGERIE (LE CADRE INSTITUTIONNEL) :

1. Le rôle des formations des Sciences des Vivants en Algérie (Recherche, Programme et Potentiel)

La formation dans le domaine des sciences du vivant connu une diversification de filières et disciplines (+ 30 filières) avec un nombre de diplômés de 6000 à 8000, par an. A cela s'ajoute, les bourses octroyées pour des formations à l'étranger dans des domaines très spécifique et prioritaires à savoir l'Immunologie, la Biologie moléculaire, la génétique humaine et plus particulièrement les Biotechnologies. Le nouveau système LMD a pris en charge ce volet par la proposition des nouvelles filières tel que :

- ✓ Biotechnologie et génomique,
- ✓ Bio Industrie,
- ✓ Génie génétique.

A ceci s'ajoute, les trois écoles doctorales qui sont lancées depuis l'année universitaire 2006 / 2007 dans les spécialités suivantes:

- ✓ Biotechnologie et agriculture (végétale),
- ✓ Biotechnologie et santé,
- ✓ Biotechnologie et bio-industrie alimentaire.

Ainsi, le Master en bio sécurité alimentaire, plus des ateliers et apprentissage des techniques de Biologie moléculaire (en collaboration avec l'AUF, le CNRS, l'ICARDA, IRD et Universités partenaires). A cet effet, l'Algérie dispose d'un réseau de 34 établissements

universitaires impliqués dans la formation et la recherche dans les domaines des sciences de la vie et des biotechnologies.

Afin de concrétiser cette volonté de développement l'Etat a lancé le premier programme en 1991, amélioré en 1995 et enrichi en 1998 qui concerne les domaines d'application suivantes :

- ✓ L'Agroalimentaire,
- ✓ La Santé,
- ✓ L'Environnement,
- ✓ La Biodiversité,
- ✓ La Bioéthique,
- ✓ La Bio Sécurité Alimentaire

En préconisant surtout la maîtrise des techniques classiques de :

- ✓ Fermentation pour la fabrication de biomasses et de métabolites,
- ✓ Culture cellulaire et produits pharmaceutiques,
- ✓ Sélection génétique,
- ✓ Micro propagation,
- ✓ Biologie moléculaire et ses applications.

La loi n° 08-05 du 23 février 2008 consacre 34 programmes de recherche dont les 08 suivants:

- ✓ Agriculture, Alimentation, Forêt, Espace naturel et Ruraux,
- ✓ Pêche et aquaculture,
- ✓ Ressources en eau,
- ✓ Environnement et développement durable
- ✓ Energies renouvelables
- ✓ Technologies industrielles
- ✓ Biotechnologie
- ✓ Santé

Ces programmes constituent un lien direct avec les Sciences du vivant et les Biotechnologies. Egalement, pour les thèmes développés dans le programme PNR 14 (Biotechnologies) qui s'articule autour des domaines d'applications suivantes :

1. Production pharmaceutique,

2. Produits agro-alimentaires,
3. Santé humaine et animale,
4. Valorisation et amélioration des espèces animale et végétale,
5. Qualité de l'environnement,
6. Biotechnologie microbienne.

Pour ce faire, l'Algérie dispose d'un potentiel de 750 laboratoires de recherche dont 100 interviennent dans les activités de recherche en technologies et sciences du vivant. Et pour assurer une viabilité financière un Fond National de Recherche (FNR) qui soutient le financement des activités à travers plusieurs institutions :

- ✓ DGRS-DT
- ✓ ANDRU,
- ✓ ANDRS,
- ✓ Centres de recherche,
- ✓ Instituts de recherche,
- ✓ Ministère de l'environnement (Biodiversité).

La création d'un centre National de Recherche en Biotechnologies localisé à Constantine, a pour mission d'Assurer la coordination du réseau national de la recherche en biotechnologies avec plus de 300 chercheurs structurés en départements comme suit :

- ✓ Biotechnologies et Agriculture,
- ✓ Biotechnologie et Santé,
- ✓ Biotechnologie et Environnement,
- ✓ Biotechnologie et Industrie Alimentaire.

Institutions impliquées dans les activités en biotechnologie :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (DGRS-DT)	Laboratoires	Laboratoires de recherche
	Centres	CDER, CDTN, CRSTRA
	Agences	ANDRS, ANDRU, ANVREDET

Ministère de l'Agriculture	INMV	Institut National de Médecine Vétérinaire
	LCF	Laboratoires de Contrôle aux Frontières
	ITELV	Institut technique des Élevages
	CNIAAG	Centre National d'Insémination Artificielle et d'Amélioration Génétique
	INRAA	Institut National de Recherche en Agronomie
	INRF	Institut National de Recherche en Foresterie
Ministère de la Santé	IPA	Institut Pasteur d'Algérie
	CNT	Centre National de Toxicologie
	LNCPP	Laboratoire National de Contrôle des Produits Pharmaceutiques
	CNPVMV	Centre National de PharmacoVigilance et Matéριο-Vigilance
	ANDRS	Agence Nationale de Développement de la Santé
	ANS	Agence Nationale du Sang
	CSF	Contrôle Sanitaire aux Frontières (Multisectoriel)
Ministère de l'Industrie	CDR	Centre de Développement de la Recherche groupe SAIDAL
Ministère de PME-PMI		Entreprises Agro-Alimentaire

Ministère du Commerce	CACQE	Centre Algérien de Contrôle de la Qualité et de l'Emballage
Ministère de la Pêche		Entreprise et centres d'élevage de poissons

1. Les domaines d'application des biotechnologies en Algérie :

Malgré le retard constaté dans le domaine de la recherche en biotechnologie, l'Algérie a pu développer une infrastructure qui fonctionne en réseau et qui active dans des différents domaines.

Domaine Agriculture et Agroalimentaire:

L'application de la biotechnologie dans le domaine agriculture a permis une création de deux stations de culture in vitro et de micropropagation (Sétif et Sidi Bel Abbes), ainsi l'amélioration génétique du cheptel par fécondation artificielle (bovins et ovins), la production de boissons alcoolisées, la production laitière (fromages et yaourts), la production de levures, le Biofertilisants (production d'inoculum rizobial).

Domaine Santé :

L'application de la biotechnologie dans le domaine de santé a permis de développer des antibiotiques (Unité de Médéa, SAIDAL), de l'insuline (Constantine, projet en cours), des produits biologiques fabriqués par l'Institut Pasteur, à usage humain, animal ou environnemental (vaccins, sérums, milieux de culture, réactifs de laboratoire et diagnostic et élevage des animaux de laboratoires), le génétique et maladies héréditaires et la production de métabolites à usage pharmaceutique et cosmétique par culture cellulaire (Groupe BIOPHARM).

Domaine Environnement :

L'application de la biotechnologie dans le domaine de l'environnement a permis de développer la Bioépuration (construction et rénovation de stations d'épuration des eaux), de développer des projets en énergie (projets de recherche développement sur le Biogaz,

Bioalcool et Biohydrogène) pris en charge par le Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER).

Domaine Judiciaire :

L'application de la biotechnologie dans le domaine judiciaire pour des identifications par analyse de l'A.D.N. (Sûreté et Gendarmerie Nationale).

2. Les Partenaires de l'Algérie dans les domaines des Biotechnologies

Afin de garantir un transfert de savoir-faire et rattraper le retard dans cette discipline l'Algérie a développé des relations de partenariat à savoir :

- L'Agence Africaine de Biotechnologie
- Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (NEPAD)
- AUF « Réseau Biotechnologies Végétales »: Amélioration des Plantes et Sécurité Alimentaire, (BioVég).
- Argentine: Médecine nucléaire et Biotechnologies
- France : CNRS, INRA, IRD, Universités.
- ITALIE: Coopération universitaire
- EUROPE: Programme MEDA (Alimentation, Agriculture, pêche et biotechnologies)
- Association des Compétence Algériennes (ACA).
- AlgéBio

3. Contraintes et facteurs limitant le développement et les applications des biotechnologies :

Les facteurs limitant le développement et les applications des biotechnologies peuvent prendre plusieurs formes à savoir le contexte qu'on constate. Pour cela, nous nous sommes limités à des facteurs proposés par le professeur A.DJEKOUN (2009) :

1. Conception d'usine clés en main,
2. Absence d'échanges et de coopération entre l'industrie et l'université (laboratoires de recherche),
3. Environnement de recherche (équipements scientifiques, produits chimiques et réactifs difficiles à acquérir),

4. Formation à l'étranger n'a pas donné les résultats escomptés (problème du retour des boursiers),
5. Manque de formations appropriées et certaines spécialités: la génétique moléculaire et le génie génétique, précurseurs de développement des biotechnologies modernes.

I. LA DETERMINATION DES FACTEURS DOMINANTS DE LA RECHERCHE BIOTECHNOLOGIQUE EN ALGERIE :

1. La démarche de travail :

En Algérie, la recherche et développement en biotechnologie à un caractère beaucoup plus public. A cet effet, nous avons effectué une enquête auprès des centres de recherche et les laboratoires qui activent dans ce domaine. L'échantillon utilisé dans notre étude provient essentiellement d'une base de données des E-mail des chercheurs et experts Algériens en biotechnologie. Nous avons également appliqué la technique d'échantillonnage « boule de neige » cette technique consiste à utiliser les répondants pour se servir de leurs connaissances des spécialistes dans le domaine pour diffuser le questionnaire. Notre contribution fait l'objet d'une étude sur les activités de recherche et les domaines d'applications y afférente afin de tirer les facteurs déterminants de la recherche biotechnologique en Algérie.

Notre démarche consiste à identifier les relations possibles entre les différentes réponses aux différentes questions. Pour se faire nous avons fait appel à la méthode d'analyse des correspondances multiples (ACM), afin de faire correspondre les groupes de modalités qui caractérisent les laboratoires qui ont fait une découverte dans la recherche en biotechnologie. Cette méthode repose sur l'exploration à travers l'optimisation de certains critères. Dans notre travail nous allons utiliser le tableau des réponses en retraçant les relations deux à deux entre les différentes modalités des questions à travers une représentation des groupes d'individus correspondant aux diverses modalités. Il s'agit de représenter graphiquement les individus par des points dans un sous-espace de manière à ce que le nuage de points ressemble le plus au nuage de points de l'espace original. La mesure qu'on va utiliser n'est pas la métrique canonique (euclidienne) comme dans le cas de la régression linéaire, mais ça sera la «distance du Khi-deux». Il ne s'agit plus de distances entre des points et une droite ou un barycentre mais entre des valeurs observées et des valeurs théoriques.

Cette différence entre observé et théorique est élevée au carré puis rapportée à cette même valeur théorique :

$$d^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - T_i)^2}{T_i}$$

Nous allons également, appliquer une approche probabiliste qui repose sur la notion de chance. Cette dernière est représentée sous forme d'un rapport des probabilités entre la réalisation de l'évènement et la non réalisation de cet évènement. Pour se faire, nous avons fait appel à la fonction logistique qui va déterminer et identifier les variables susceptibles d'expliquer le comportement de ceux qui ont fait des découvertes dans la recherche en biotechnologie. Les spécifications de cette fonction est comme suite :

On va estimer la probabilité qu'un évènement intervienne c.-à-d. qu'il se réalisera qui est :

$$P = 1/(1 + e^{-Z}) \quad \text{avec} \quad Z = \sum \beta_i x_i$$

Lorsque β_i est positive, cela signifie que la variable x_i intervient positivement dans la réalisation de l'évènement. Alors que si β_i est négative cela signifie que la variable x_i intervienne négativement dans la réalisation de l'évènement. Cette intervention n'est valable si seulement si les paramètres β_i sont significatifs et réduit la probabilité de l'erreur.

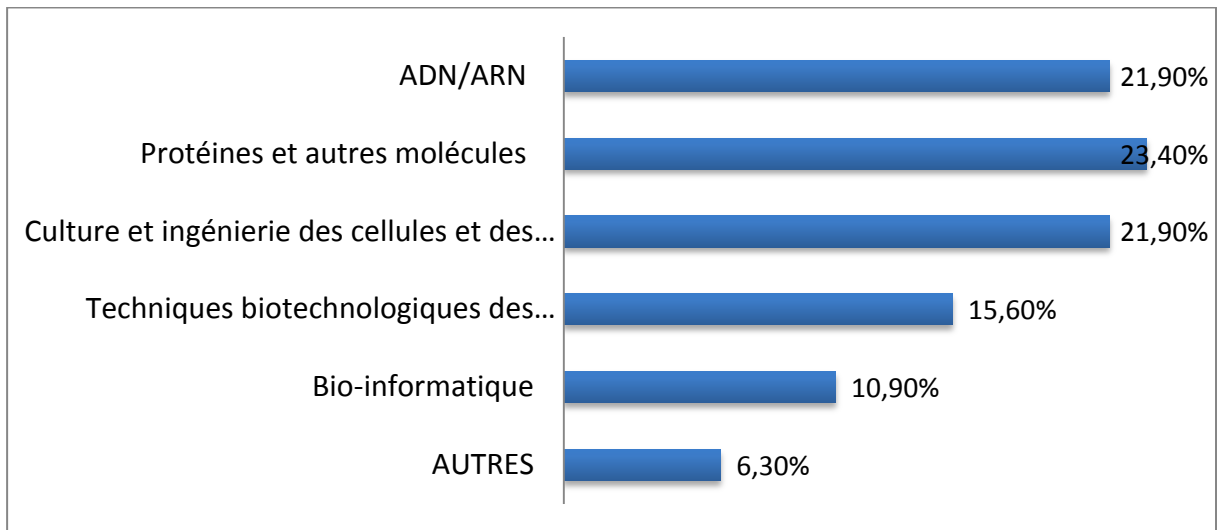
2. Le questionnaire (voir annexe) :

Le questionnaire présente essentiellement des questions de nature presque qualitative qui renvoient :

- Aux caractéristiques générales des laboratoires (les profils des répondants, les domaines d'activités biotechnologiques pratiquées par leurs laboratoires et les domaines d'applications)
- Aux comportements stratégiques des laboratoires (les découvertes réalisées, les produits développés, l'effectif employé et la stratégie de financement)
- Aux obstacles et contraintes de recherche et développement (les problèmes d'accès aux capitaux, aux technologies d'information, aux personnels qualifiés et les contraintes réglementaires)

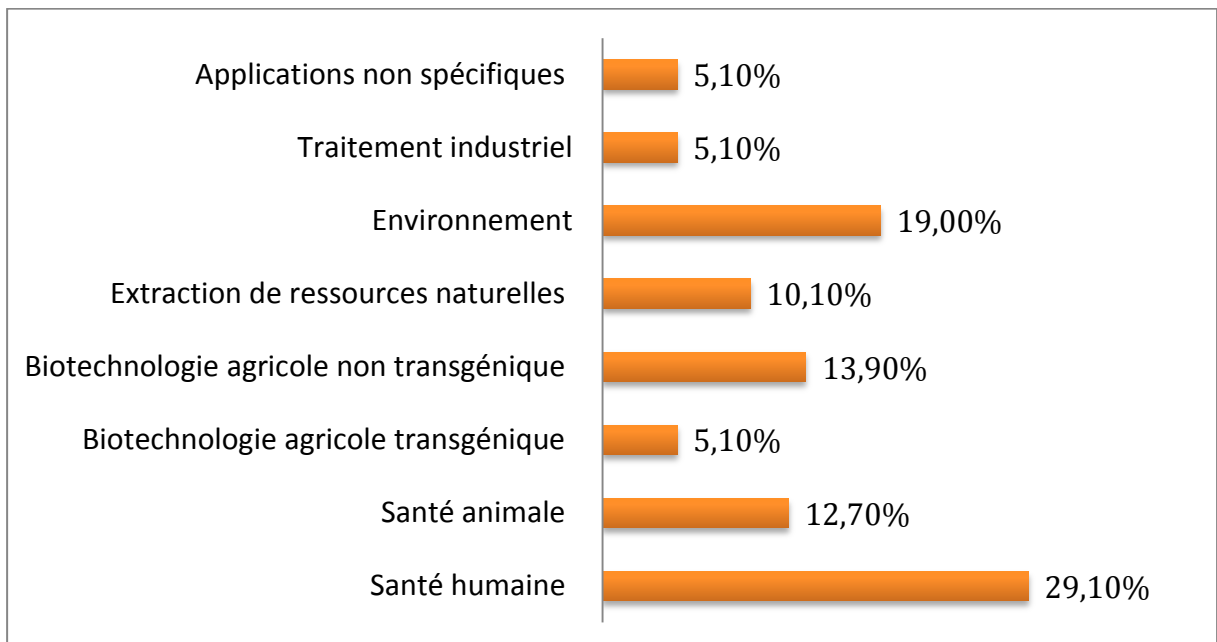
3. Les résultats statistiques de l'analyse univariée :

Les activités biotechnologiques pratiquées par les laboratoires :



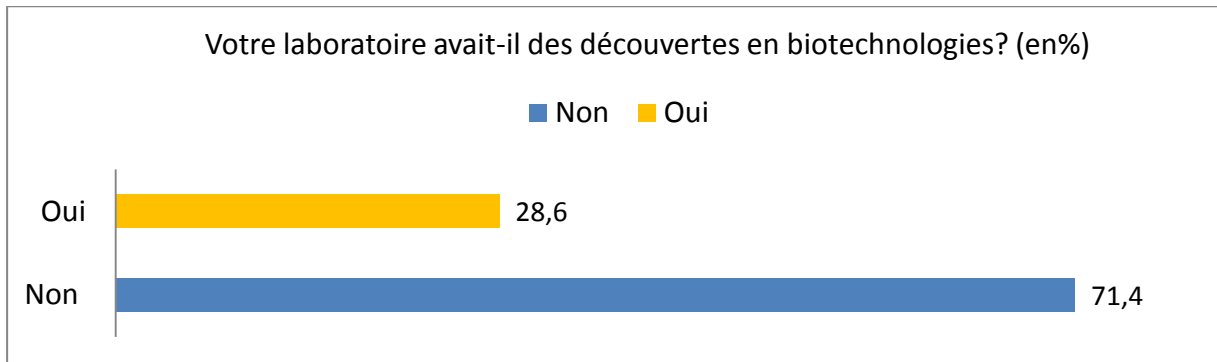
Nous constatons que la recherche est beaucoup plus concentrée sur l'ADN/ARN et les molécules de type protéine ainsi la culture et ingénierie des cellules des tissus.

Les différentes applications des activités biotechnologiques :

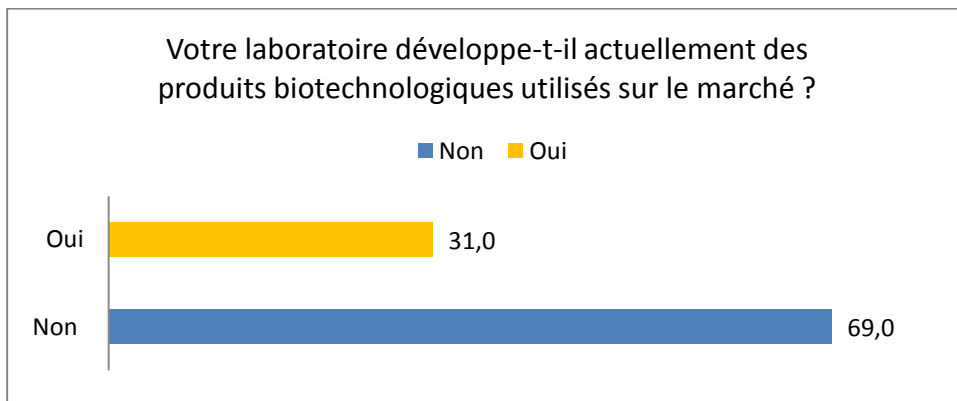


Nous constatons que les domaines d'applications les plus importants sont la santé humaine en premier lieu accompagné par le domaine de l'environnement puis la santé animale et

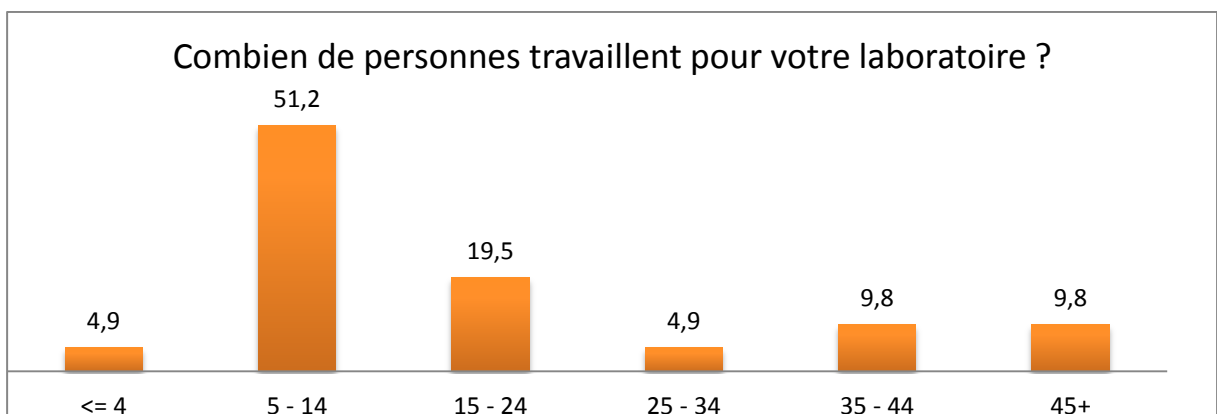
l'extraction de ressources naturelles alors que les autres domaines partagent les mêmes pourcentages.



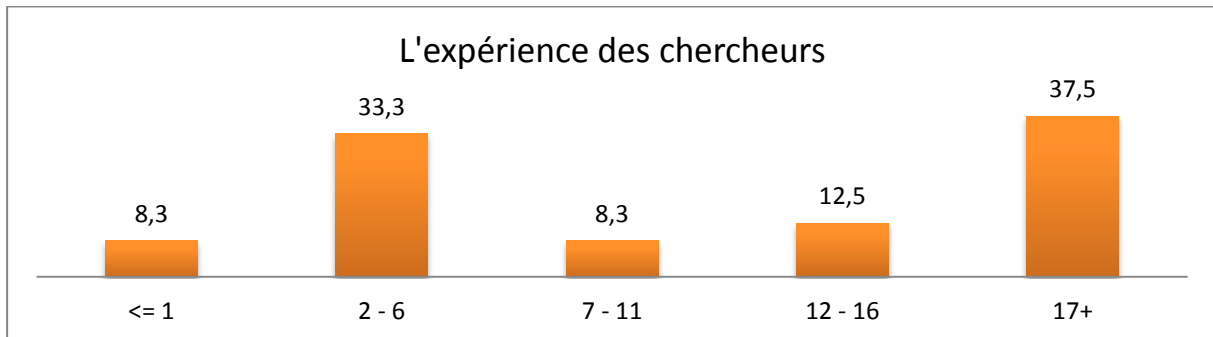
Le pourcentage de la découverte en biotechnologie selon notre enquête est de 28,6%, par contre le pourcentage de ceux qui n'ont pas fait une découverte est de 71,4%.



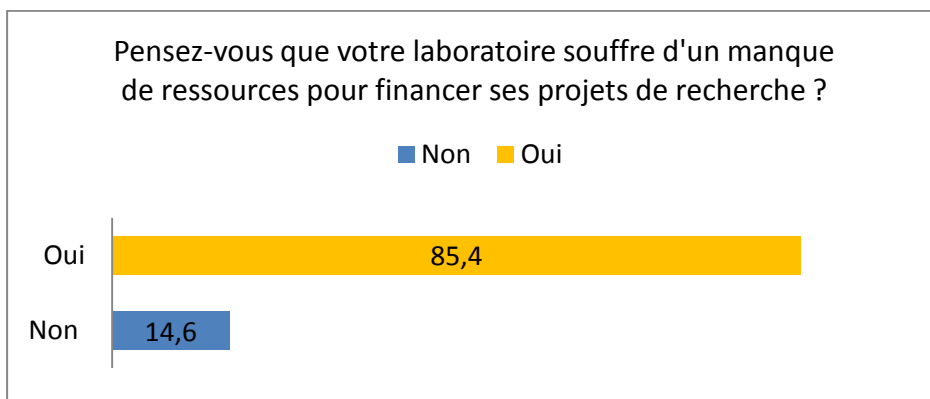
Selon notre enquête, on a seulement 31% des laboratoires qui arrivent à développer des produits biotechnologiques utilisés sur le marché.



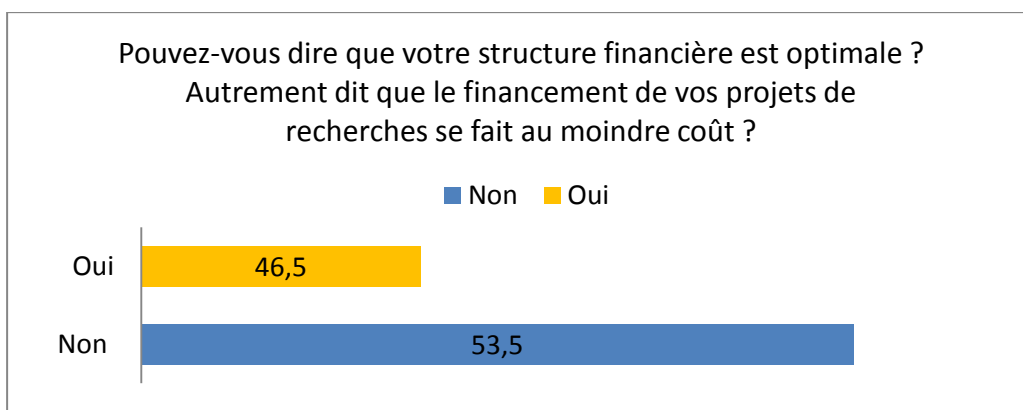
L'effectif employé dans les laboratoires de recherche est concentré selon notre étude entre 5 et 14 employés par laboratoire. Un écart de 40 employés par rapport au maximum qui est de plus de 45 employés par laboratoire.



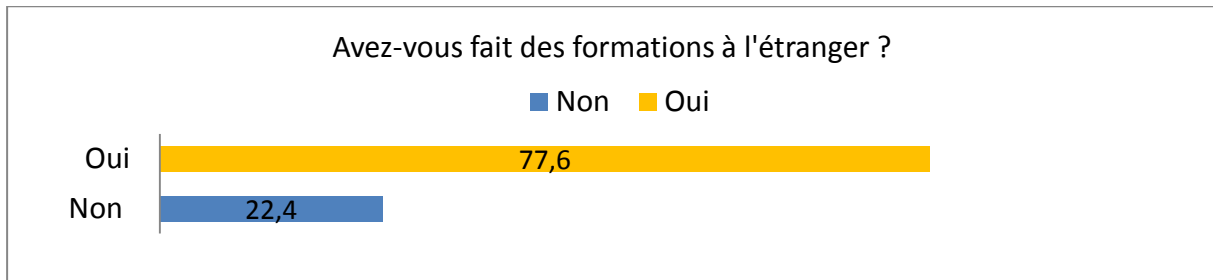
La distribution de l'expérience dans notre étude n'est pas homogène car elle est un peu dispersée entre les classes.



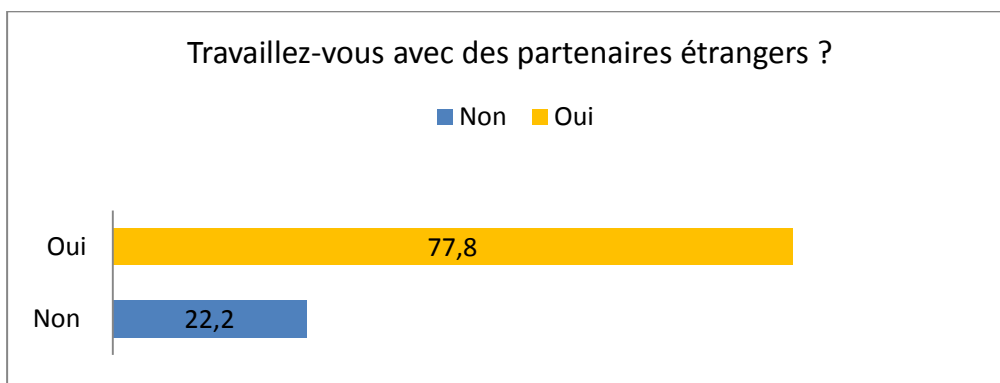
Plus de 85% des répondants constatent le manque des ressources pour financer leurs projets de recherche.



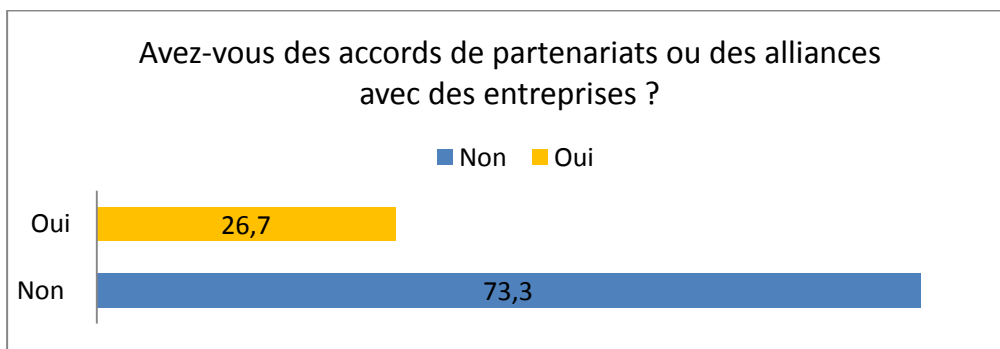
Plus de 53% considère que leur structure financière n'est pas optimale c'est-à-dire une absence d'une économie de financement afférente aux projets de recherche.



Plus de 77% des répondants ont fait des formations à l'étranger.

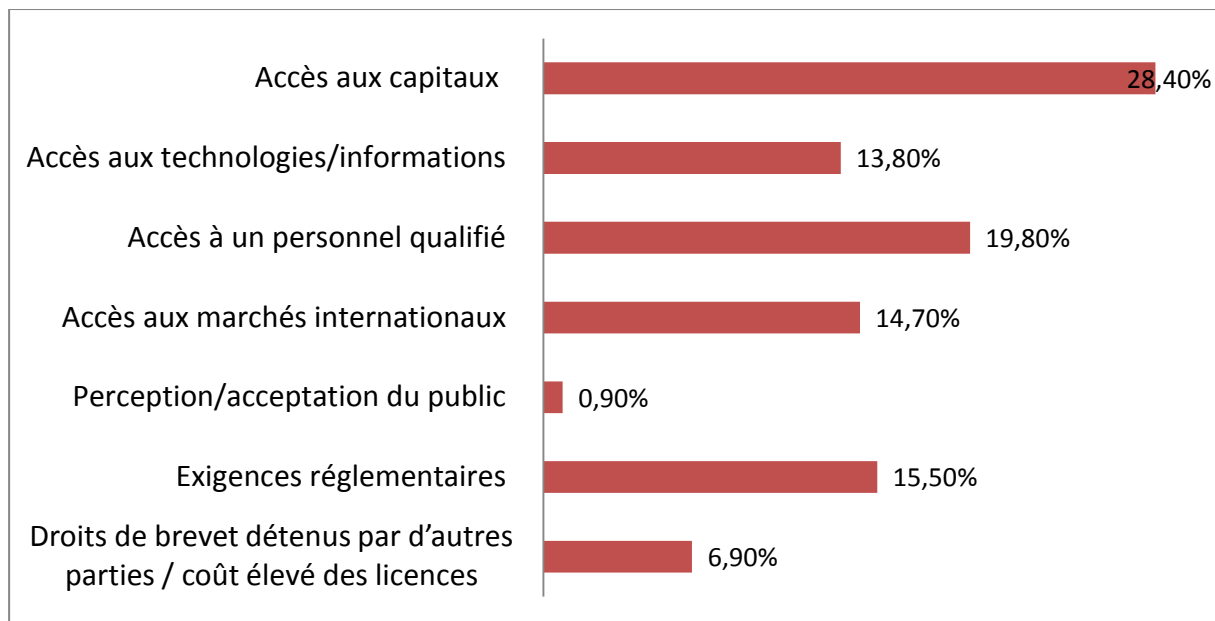


Plus de 77% des chercheurs ont des partenaires étrangers.



Seulement 26,7% des répondants qui ont pu développer des accords de partenariat et des alliances avec entreprises.

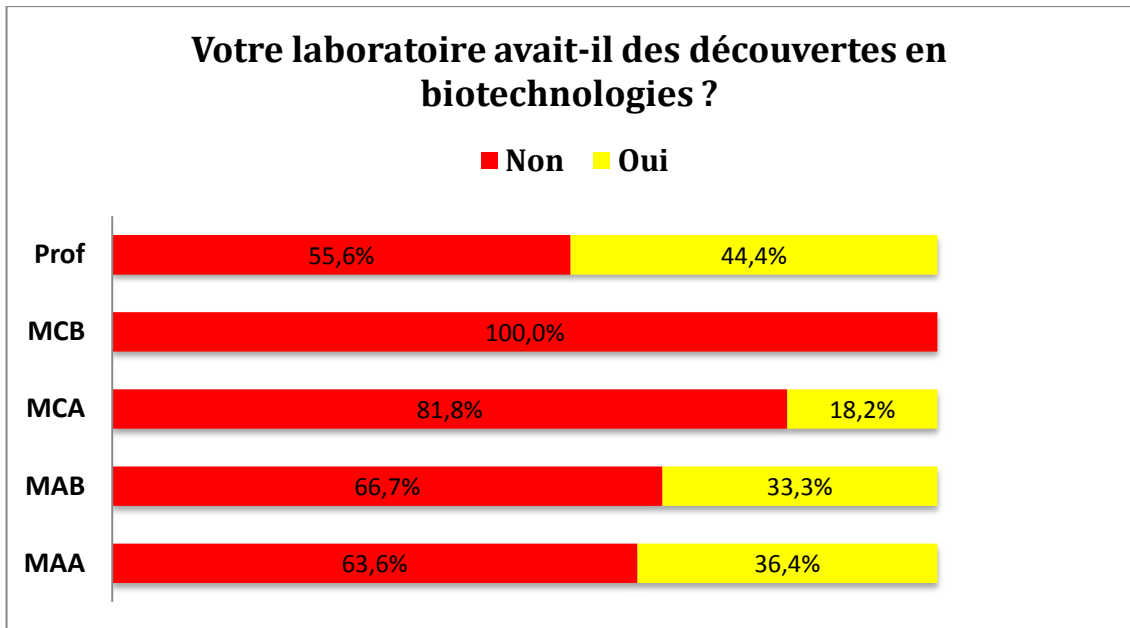
Les obstacles importants de la R-D en biotechnologie dans leur structure :



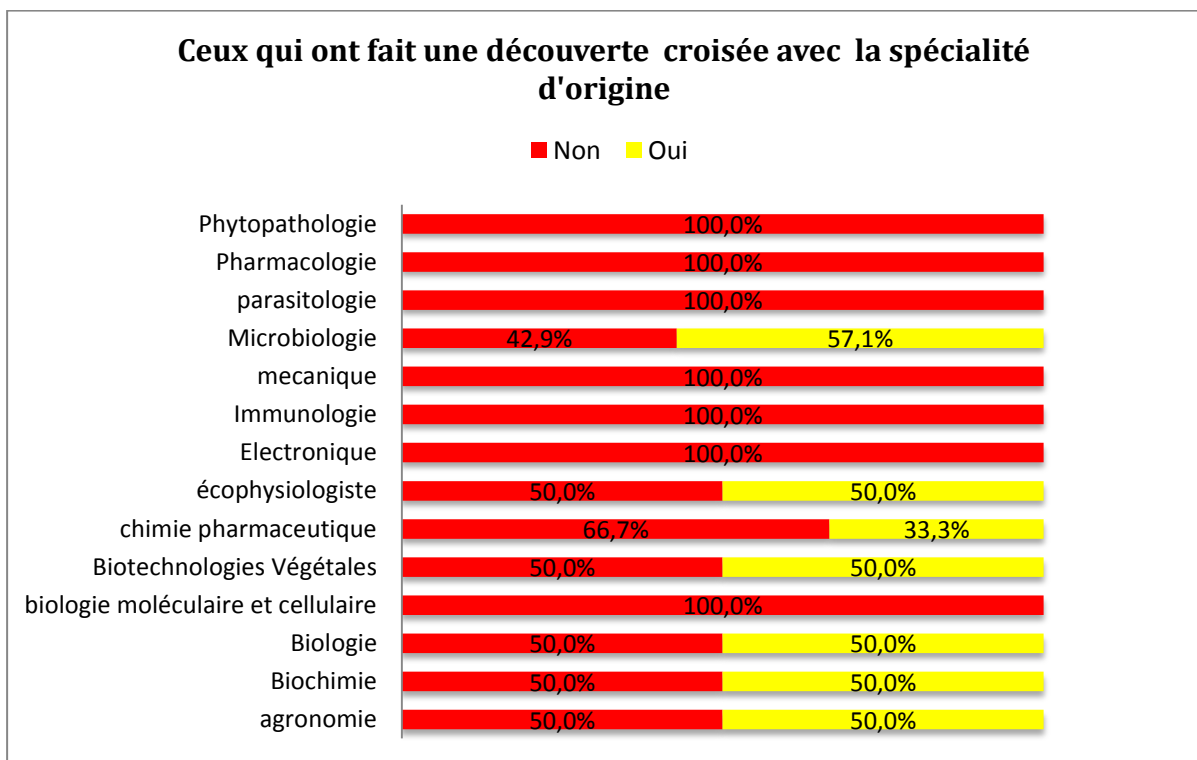
Les chercheurs constatent l'accès aux capitaux comme un obstacle en premier lieu pour la R-D en biotechnologie suivi en deuxième position par l'accès au personnel qualifié puis les exigences réglementaires ainsi, l'accès aux marchés internationaux et l'accès aux TIC. Par contre la perception et l'acceptation du public ainsi les droits du brevet ne constituent pas un grand obstacle pour la R-D en biotechnologie.

4. Les résultats statistiques de l'analyse bivariée :

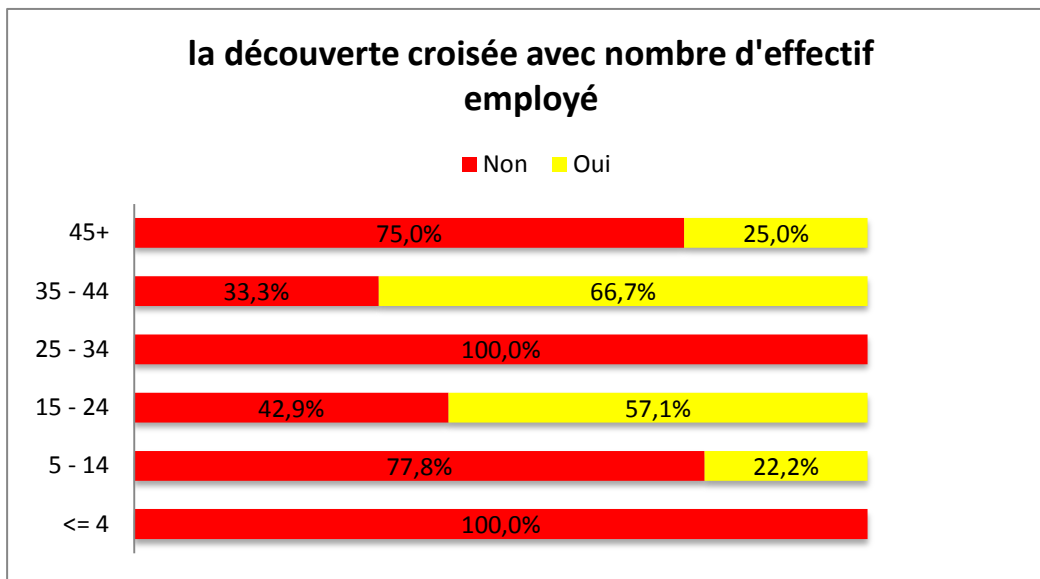
Nous allons dans cette partie essayer de comprendre le comportement de ceux qui ont fait des découvertes selon les différentes caractéristiques à savoir le domaine de recherche, le domaine d'application, l'effectif employé et la stratégie appliquée.



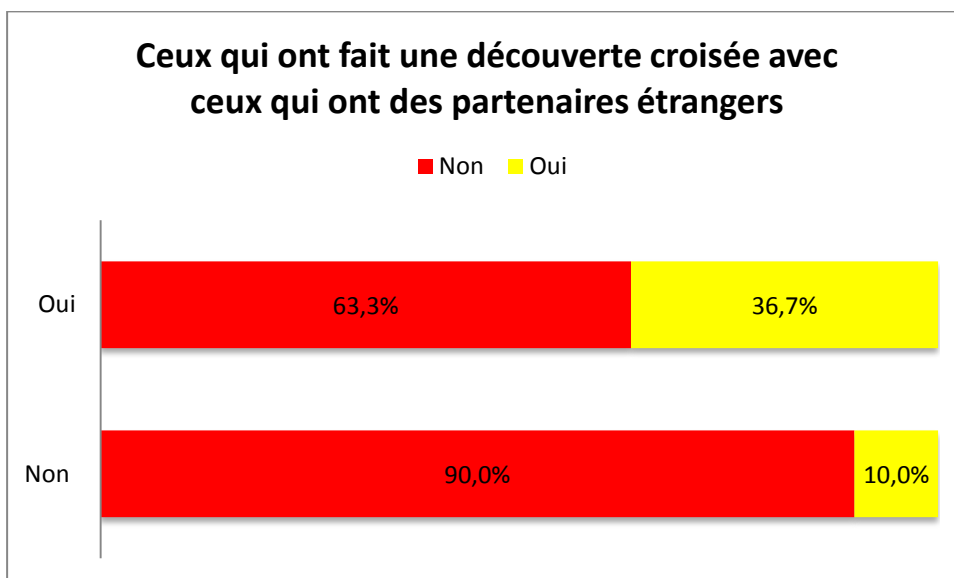
Les professeurs ont le privilège de contribuer dans la découverte de leurs laboratoires, ce qui est logique vu leurs grandes expériences dans le domaine.



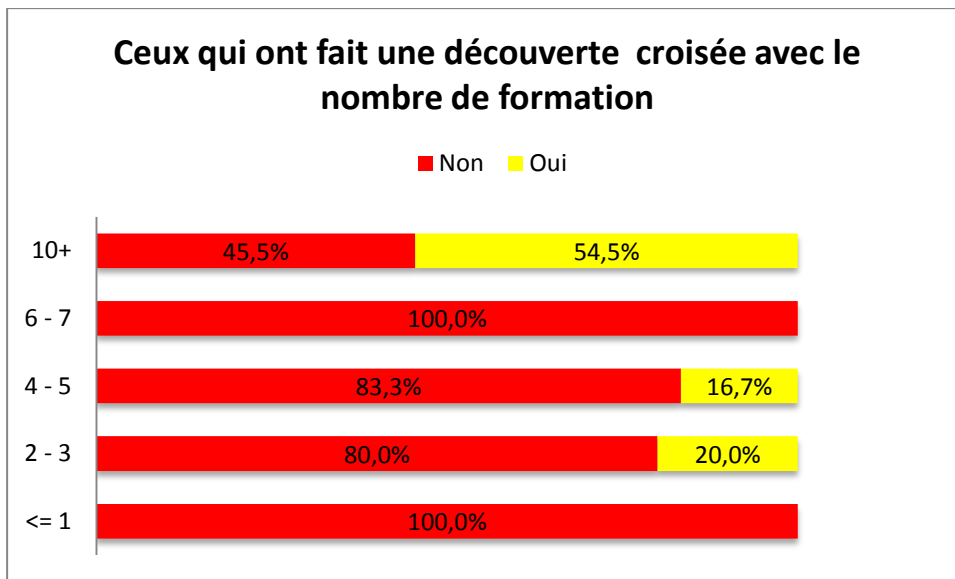
Nous constatons d'après la figure ci-dessus que la découverte selon la spécialité d'origine est partagée beaucoup plus entre les microbiologistes, les biochimistes, les agronomes et les biologistes.



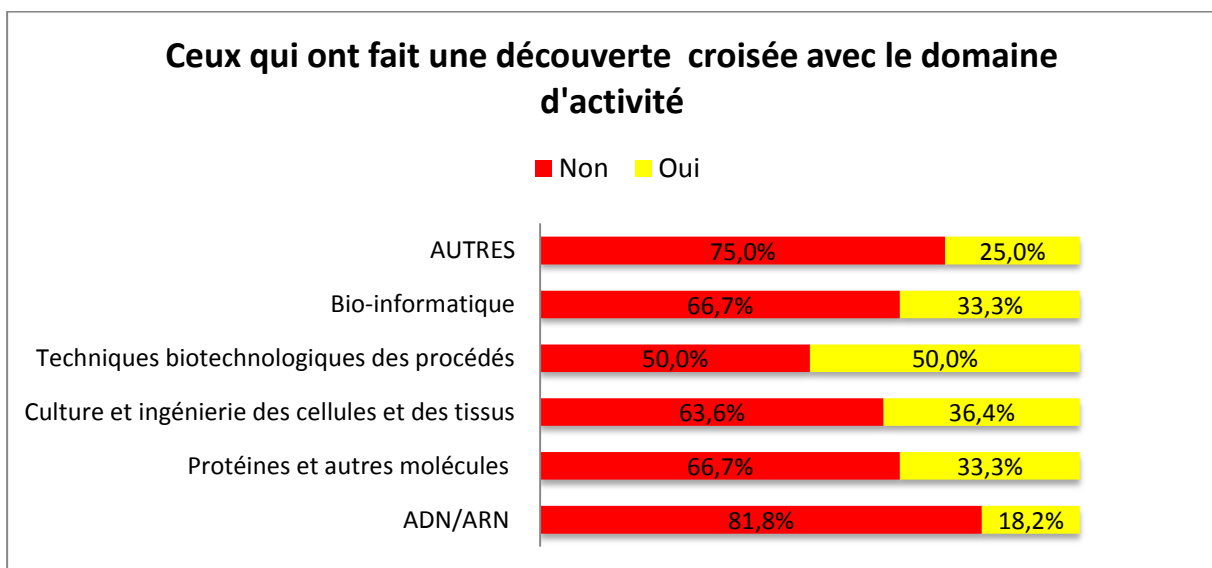
La majorité de ceux qui ont fait une découverte sont un effectif entre 35-44. Celui-ci peut être interprété par l'importance du travail collectif malgré qu'on constate un déséquilibre qui ne peut être expliqué qu'avec le problème de l'incohérence au sein de l'équipe de recherche.



Le partenariat étranger contribue modérément à la réussite des projets de recherche car on observe un avantage par rapport à ceux qui n'ont pas un partenaire étranger.

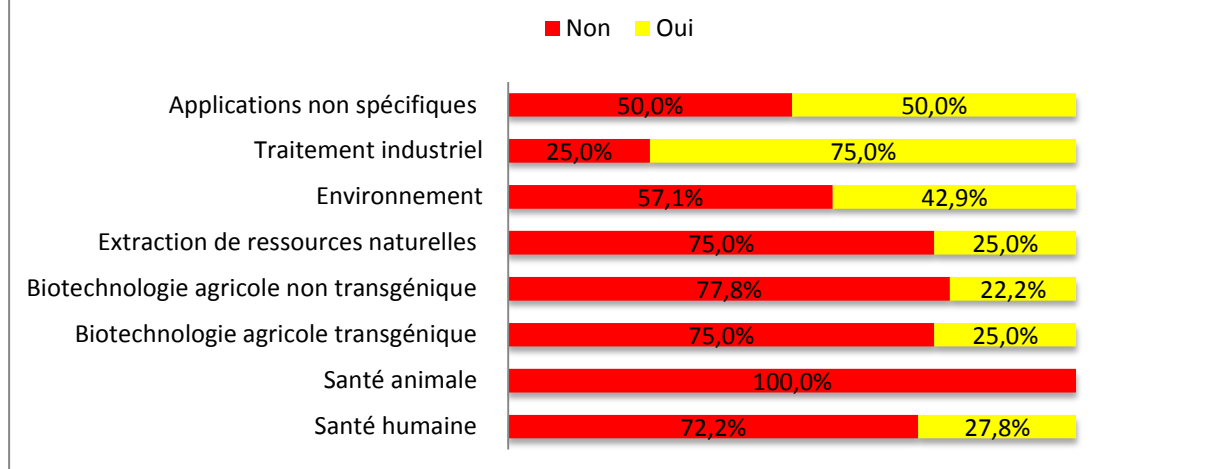


On constate d'après cette enquête que plus le nombre de formation à l'étranger est grand plus les chances de réussir les projets de recherche sont élevés.



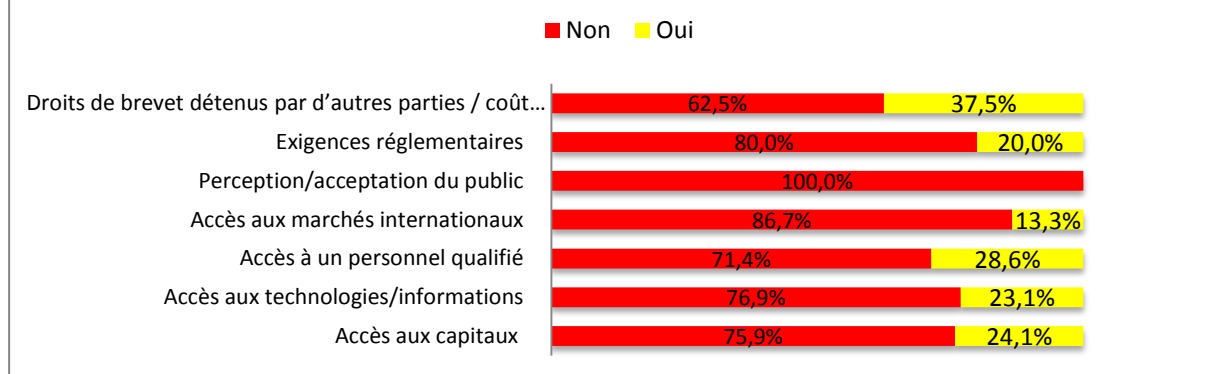
Les domaines de recherche selon lesquels on a fait des découvertes sont : les techniques biotechnologiques des procédés, culture et ingénierie des cellules et des tissus, protéines et autres molécules, la bio-informatique et l'ADN/ARN.

Ceux qui ont fait une découverte croisée avec le domaine d'application



Les domaines d'applications selon lesquels on a fait le plus de découverte sont : traitement industriel, applications non spécifiques et l'environnement.

Ceux qui ont fait une découverte croisée avec les obstacles de la R-D en biotechnologie



Les obstacles qui comptent le plus chez ceux qui ont fait des découvertes sont : les coûts élevés des licences (droit de brevet) et l'accès au personnel qualifié.

5. L'analyse multidimensionnelle (analyse des correspondances multiples ACM) :

Nous allons dans cette partie essayer de regrouper les modalités des laboratoires de recherche en deux classes : le groupe des modalités de ceux qui ont fait des découvertes avec le groupe des modalités de ceux qui n'ont pas fait des découvertes.

Avant d'aller faire le regroupement selon des classes et à l'aide d'un *tableau disjonctif complet*⁶ nous allons représenter les modalités sur des axes factoriels selon la formule suivante :

$$F_S(i) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_S}} \sum_{k \in K} \frac{x_{ik}}{J} G_S(k)$$

$$G_S(k) = \frac{1}{\sqrt{\lambda_S}} \sum_{i \in I} \frac{x_{ik}}{I_k} F_S(i), \text{ où}$$

$F_S(i)$: projection des attributs de l'individu i sur le s e axe factoriel du nuage des individus,

$G_S(k)$: projection de la modalité k sur le s e axe factoriel du nuage des variables,

λ_s : valeur commune de l'inertie associée à chacun de ces axes,

x_{ik} : variable dichotomique prenant les valeurs 1 ou 0 selon que l'individu i possède ou non la modalité k ,

J : nombre total de variables qualitatives,

I : nombre d'individus considérés dans l'analyse,

I_k = nombre d'individus ayant la modalité k (de la variable j).

Le choix du nombre d'axe dans l'analyse de correspondances multiples se fait selon la différence entre le nombre de modalités et le nombre des questions ainsi le nombre des valeurs propres non nulles.

Dans notre cas nous avons choisi 48 axes mais nous n'allons pas les interpréter tous, car nous se limitant seulement à l'axe qui représente les modalités de ceux qui font des découverte aux ceux qui ne font pas. Pour se faire un instrument mathématique va nous permettre de le choisir celui du Cosinus (COS). Cet instrument mathématique mesure le degré de proximité

⁶Ce tableau est un tableau intermédiaire permettant d'aboutir au tableau de contingence des deux variables sélectionnées. La construction du tableau disjonctif complet est de toute manière l'une des étapes préalables au calcul de l'ACM. Les p variables qualitatives sont éclatées en p tableaux disjonctifs Z_1, Z_2, \dots, Z_p , composés d'autant de colonnes qu'il y a de modalités pour chacune des variables. A chaque fois qu'une modalité m de la j ème variable correspond à un individu i , on affecte 1 à $Z_j(i,m)$. Les autres valeurs de Z_j sont nulles. Les p tableaux disjonctifs sont alors concaténés en un tableau disjonctif complet.

des points de nuage avec l'axe factoriel qui le représente, car plus il est proche de 1 plus l'angle est proche de zéro et donc l'écart est très petit par rapport à l'axe ce qui explique la bonne représentation sur cet axe.

Dans notre cas l'axe qui représente la variable découverte ou non des laboratoires de recherche est celui de l'axe 2 avec un Cosinus ($\text{Cos} = 0,37263545$) qui est le max entre les autres axes

L'interprétation de cet axe consiste à chercher les modalités dont leur contribution est supérieure au poids et cela se fait selon des différents critères. Dans notre cas nous allons appliquer le critère de la valeur absolue des coordonnées de cet axe et qui vérifie la condition de qu'ils soient supérieurs à la racine de la valeur propre de cet axe. Pour cela le tableau suivant regroupe et classe les modalités selon la condition auparavant :

Le code	Les modalités de ceux qui font des découvertes	Le code	Les modalités de ceux qui ne font pas des découvertes
Y-1	Les laboratoires qui ont fait des découvertes	Y-0	Les laboratoires qui n'ont pas fait des découvertes
QE9-2	Les laboratoires développent des procédés fondés sur l'utilisation de la biotechnologie	QE9-1	Les laboratoires ne développent pas des procédés fondés sur l'utilisation de la biotechnologie
QE8-2	Les laboratoires développent des produits biotechnologiques utilisés sur le marché	QE8-1	Les laboratoires ne développent pas des produits biotechnologiques utilisés sur le marché
QE5-5	Leurs spécialités d'origine est la biotechnologie végétale	QE5-8	Leurs spécialités d'origine est l'électronique
QE5-3	Leurs spécialités d'origine est la Biologie	QE5-7	Leurs spécialités d'origine est l'Ecophysiologiste
QE5-11	Leurs spécialités d'origine est la Microbiologie	QE5-4	Leurs spécialités d'origine est la biologie moléculaire et cellulaire
QE5-1	Leurs spécialités d'origine est l'agronomie	QE5-14	Leurs spécialités d'origine est la Phytopathologie
QE4-2	Le grade des chercheurs est MAA	QE5-12	Leurs spécialité d'origine est la Parasitologie
QE4-1	Le grade des chercheurs est MAB	QE5-10	Leurs spécialité d'origine est la mécanique
QE14-1	Ils n'ont pas fait des formations à l'étranger	QE4-4	Le grade des chercheurs est MCB
Q6_4-1	Le domaine de recherche est Techniques biotechnologiques des procédés	QE4-3	Le grade des chercheurs est MCA

Q17_7-1	Leur domaine d'application est le traitement industriel	QE20-1	Ceux qui ne travaillent pas avec des partenaires étrangers
Q17_5-1	Leur domaine d'application est la Biotechnologie agricole non transgénique	QE19-2	Ceux qui pensent que leur structure financière n'est pas optimale
Q17_4-1	Leur domaine d'application est l'extraction de ressources naturelles	QE13-1	Ils ne pensent pas qu'ils sont en déficit de moyens matériels
		Q24_2-1	Leur obstacle est l'accès aux technologies/informations
		Q17_3-1	Leur domaine d'application est la Biotechnologie agricole transgénique
		Q17_2-1	Leur domaine d'application est la santé animale

Ce tableau peut s'interpréter par plusieurs façons selon l'objectif de l'étude. Dans notre cas nous allons l'utiliser pour faire sortir les facteurs déterminants de la découverte au sien des laboratoires de recherche. En effet nous constatons selon notre étude les facteurs déterminants suivants : le grade, le domaine de recherche, le domaine d'application, le développement des procédés fondé sur la biotechnologie, le développement des produits utilisés sur le marché, les types d'obstacles de la recherche et le partenariat étranger.

Le modèle de la régression logistique :

Dans cette partie, nous allons essayer d'expliquer la probabilité de réussir les projets par une régression linéaire des autres variables. Autrement dit, on va identifier certaines relations existaient entre la réussite des projets de recherche ou non. Pour se faire nous avons fait appel à la fonction logistique afin d'estimer les paramètres β_i et tester leur significativité puis les interpréter⁷.

Les hypothèses :

- Nous supposons que l'expérience des chercheurs joue un rôle important dans la réussite des projets de recherche en biotechnologie.
- Nous supposons également que le nombre d'effectif plus il est grand plus on a des chances à arriver à une découverte

⁷(Voir annexe le détail de la méthode)

- Nous avons également le nombre de formation plus ils font des formations à l'étranger plus ils réussissent leur projet
- Plus ils définissent le temps pour développer des projets plus ils auront des chances à réussir leurs projets.

Les résultats :

Avant d'entamer l'interprétation des variables on doit d'abord mesurer la qualité d'ajustement du modèle aux données observé et ainsi le pouvoir explicatif du modèle. Dans notre cas il s'agit du coefficient de détermination R^2 de Nagelkerke (pseudo- R^2) dont la valeur est comprise entre 0 et 1. Ce coefficient quantifie dans quelle mesure le modèle incluant les variables explicatives s'ajuste mieux aux données que le modèle sans variables explicatives.

Un R^2 proche de zéro signifie que l'apport des variables est extrêmes faible alors pour le cas inverse plus il est proche de 1, plus les variable explicatives permettent un bon ajustement aux données.

R-deux de Nagelkerke
0,172

Dans notre cas l'apport des variables explicatives est faible.

La régression logistique va nous tester ces hypothèses à partir du tableau suivant :

Variables hors de l'équation			Score	ddl	Sig.
Etape 0	Variables	Q2	,039	1	,844
		Q11	1,512	1	,219
		Q15	4,956	1	,026
		Q16	3,737	1	,053
	Statistiques globales		9,400	4	,052

La variable qui contribue le plus dans l'amélioration du modèle est celle de la formation à l'étranger.

Variables dans l'équation

	A	E.S.	Wald	ddl	Sig.	Exp(B)	IC pour Exp(B) 90%	
							Inférieur	Supérieur
Etape 1 ^a Q15	,219	,103	4,533	1	,033	1,245	1,051	1,475
Constante	-2,084	,717	8,449	1	,004	,124		

a. Variable(s) entrées à l'étape 1 : Q15.

Le tableau ci-dessus indique le sens de la relation entre la variable formation à l'étranger (Q15) et la réussite des projets de recherche. On constate donc que la relation est positive car le coefficient A de Q15 est positive (0.219) cela veut dire que si on augmente le nombre formation on aura plus de chance pour réussir les projets de recherche si tout chose égale par ailleurs.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'étudier l'aspect technique qui détermine le potentiel en matière de savoir-faire et d'infrastructure disponible. En effet, nous avons constaté la présence d'une volonté pour développer la recherche et l'innovation dans le domaine de la biotechnologie. Malgré l'existence des institutions impliquées dans les activités de biotechnologie, néanmoins un très grand effort reste à déployer afin de développer une économie industrielle issue de la biotechnologie en y intégrant les concepts de réseaux d'innovation.

Par analyse de l'enquête sur la recherche en biotechnologie via un instrument statistique d'analyse des correspondances multiples (ACM) qui a permis de distinguer les facteurs déterminants d'une découverte par les laboratoires de recherche dans le domaine de la biotechnologie nécessaires au traitement des données à caractère qualitatif. Par contre pour les données quantitatives, nous avons appliqué la régression logistique jugée adéquate pour identifier des relations possibles favorisant la réussite des projets de recherche.

Il a été conclu principalement que la coopération étrangère reste le moyen le plus intéressant afin de de réussir mieux les projets de recherche et que la démarche que nous avons adopté constitue à notre sens une contribution dans un contexte de compétitivité et de concurrence internationale.

Ce présent chapitre nous a permis de mieux comprendre la situation de la recherche en biotechnologie en Algérie afin qu'on puisse appréhender le processus de financement avec

l'intégration d'autres instruments autre que les aspects techniques d'analyse évoqués, nous complétons par une proposition et une réflexion d'ordre organisationnel qu' nous avons bien voulu développer dans le chapitre suivant à titre de contribution complémentaire eu égard à l'analyse de l'existant algérien traité dans cette partie.

***CHAPITRE 3 : FINANCEMENT DES
LABORATOIRES DE RECHERCHE EN
BIOTECHNOLOGIE DANS UN CADRE
D'ANALYSE PRINCIPALE-AGENT***

Introduction

Le présent chapitre s'intéresse à l'aspect administratif qui permet de planifier, organiser, diriger et contrôler l'activité de recherche au sein des laboratoires. Notre contribution consiste à proposer un cadre d'analyse qui permet de mieux gérer la situation et faire gagner tous les acteurs qui contribuent à la réalisation et la réussite des projets de recherche. A cet effet, on doit prendre en considération le problème suivant :

- Vu le retard constaté dans le domaine de la biotechnologie industrielle est-il nécessaire de développer et financer ce genre d'activité ? Et si oui que serait le meilleur processus à adopter ?

L'objectif principal de notre travail, ce n'est pas d'apporter une réponse à ce problème mais de proposer un cadre d'analyse qui permet de mieux gérer et comprendre le phénomène. Pour ce faire nous avons utilisé la théorie de l'agence très réputée dans les domaines de gestion de l'efficacité et l'incitation à faire l'effort afin de palier à toute insuffisance informationnelle conduisant vers des distorsions néfastes sur l'économie du pays. Néanmoins, avant d'entamer notre analyse dans un cadre principal-agent nous allons faire le tour sur le potentiel financier accordé par les autorités publiques pour la recherche scientifique en Algérie. Ensuite, nous présenterons le cadre théorique de notre analyse afin de développer la démarche que nous proposons à la fin.

I. LE CADRE GENERAL DE LA POLITIQUE DE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE EN ALGERIE :

L'activité de la recherche et développement en Algérie a un caractère académique et public. Pour cela, il est obligatoire que le financement de ces activités de recherche passe par la loi. Pour ce faire, un effort financier à consentir par l'Etat pour mettre en œuvre le programme national de recherche scientifique et de développement technologique estimé sur la base :

- du nombre d'enseignants-chercheurs et chercheurs permanents à mobiliser chaque année dans le processus d'exécution des activités de recherche ;
- du nombre de projets à retenir chaque année pour les programmes nationaux de recherche ;

- du coût unitaire de l'environnement de la recherche ;
- du coût unitaire moyen d'un projet de recherche ;
- des estimations des investissements relatifs aux infrastructures et aux grands équipements ;

1. Estimation du nombre de chercheurs à mobiliser

Vu le nombre important de projets de recherche à réaliser, cela nécessite une mobilisation croissante d'enseignants-chercheurs et de chercheurs permanents afin d'atteindre les objectifs. L'implication des enseignants-chercheurs dans l'exécution des activités de recherche doit connaître une augmentation graduelle vue le potentiel des enseignants qui permet un renforcement des laboratoires de recherche. Par ailleurs, l'effectif global des chercheurs doit connaître une consolidation régulière par l'implication annuellement d'un nombre croissant d'enseignants-chercheurs et de chercheurs permanents.

A titre d'exemple, le nombre de chercheurs mobilisés pour les activités de recherche atteindra 32579 chercheurs en 2012 (voir tableau 1) dont 28079 enseignants-chercheurs et 4500 chercheurs permanents.

Tableau 1 : Effectifs chercheurs à mobiliser durant la période 2008-2012.

ANNEES	2005	2008	2009	2010	2011	2012
CHERCHEURS						
Enseignants chercheurs	13720	14720	18863	25079	26579	28079
Chercheurs permanents	1500	2100	2700	3300	3900	4500
Total	15220	16820	21563	28379	30479	32579

Source : journal officiel

2. Estimation du nombre de projets de recherche

Le nombre des projets en phase d'exécution sont à environ 2000 projets ; le lancement annuel d'appels d'offres pour un grand nombre de programmes de recherche, permettra d'atteindre en 2012 à 3732 nouveaux projets de recherche. Tout cela doit être géré selon la capacité de

recherche et le temps nécessaire pour la réalisation. A titre illustratif, l'évolution du nombre de projets pour la période 2008-2012 (voir Tableau 2) prend en compte la progression des effectifs chercheurs à mobiliser durant cette même période.

Tableau 2 : Estimation de la progression du nombre de projets de recherche durant la période 2008-2012

ANNEES	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Nombre de nouveaux projets	2000	2000	3200	3650	1732	3732

Source : journal officiel

L'estimation du nombre de projets est faite sur la base de l'effectif chercheur à mobiliser et en considérant qu'un projet de recherche est mené en moyenne par 6 chercheurs et que deux tiers des effectifs chercheurs auront des projets retenus.

3. Estimation du coût unitaire de l'environnement de la recherche.

L'environnement de la recherche doit être amélioré et soutenu de façon continue, aussi bien pour l'enseignant-chercheur que pour le chercheur permanent, ceci demeure une condition indispensable à la création du réceptacle nécessaire à l'exécution des programmes nationaux de recherche, des projets avec le secteur socio-économique national et des programmes de coopération internationale.

En effet, l'environnement de l'enseignant-chercheur a été estimé en moyenne à 52.000 DA homme x mois (HM) tous domaines confondus ; pour le chercheur permanent, les estimations sont de 150.000 DA (HM) en sciences et technologies et 96.000 DA (HM) pour les sciences sociales et humaines (voir Tableau 3), ainsi que 190.000 DA pour le chercheur permanent du secteur nucléaire.

Tableau 3 : Indicateurs de calcul de l'environnement de recherche

	Indicateur prévu par la loi n° 98-11	Valeur moyenne réelle de l'indicateur 1999-2005
Enseignants-chercheurs	52.000 DA	31.000 DA
Chercheurs permanents en sciences et technologies	150.000 DA	70.000 DA
Chercheurs permanents en sciences sociales et humaines	96.000 DA	52.000 DA

Source : journal officiel

Ce tableau montre que les indicateurs du coût unitaire de l'environnement de la recherche tels que prévus par la loi n° 98-11, susvisée, restent valables et pourront servir à l'estimation des crédits pour la période quinquennale 2008-2012.

Dans l'estimation du coût unitaire de l'environnement de la recherche permanente, ont été inclus le salaire du chercheur et des personnels de soutien qui lui sont rattachés, ainsi qu'un minimum de dépenses liées au fonctionnement. Le mode de calcul adopté consiste à diviser le budget alloué à l'entité de recherche permanente par l'effectif chercheur.

Quant à celui de l'enseignant-chercheur, il a été calculé en divisant les crédits alloués à la recherche dans les établissements d'enseignement et de formation supérieurs par l'effectif total des enseignants de ces établissements impliqués dans des activités de recherche et en considérant qu'un enseignant-chercheur consacre en moyenne un tiers (1/3) de son temps de travail à la recherche.

Néanmoins, il y a lieu de signaler que, pour la première année 2008, il a été tenu compte des indicateurs de calcul de l'environnement de la recherche moyens 1999-2005 (tableau 3).

4. Estimation du coût unitaire moyen d'un projet de recherche :

Aux dépenses liées à l'environnement de recherche, il y a lieu de rajouter le financement des projets de recherche ; compte tenu de l'existence de plusieurs types de projets de recherche avec différents niveaux de financement, le coût unitaire annuel moyen d'un projet de recherche a été évalué à 1,5 millions de DA. Les crédits calculés ne prennent pas en compte les dépenses en matière de salaires et d'indemnités.

5. Estimation des investissements relatifs aux infrastructures et aux grands équipements :

Dans ce volet, les estimations sont faites en tenant compte des infrastructures à réaliser et des grands équipements à acquérir.

Au titre des infrastructures de recherche, cinq (5) types restent à réaliser et à équiper :

- les blocs laboratoires ;

- les centres et unités de recherche menant des programmes mobilisateurs ainsi que ceux inscrits dans la loi n° 98-11, susvisée, et non encore réalisés, y compris les annexes régionales et les stations expérimentales ;
- les pôles scientifiques par domaine d'excellence au sein des établissements d'enseignement supérieur avec leurs infrastructures spécifiques et leurs plateaux techniques spécialisés ;
- les installations scientifiques interuniversitaires ;
- les technopôles régionaux pour la valorisation économique de la recherche, les incubateurs et le lancement des "Start up".

6. Les dépenses et la subvention accordées à la réalisation des projets :

Sur la base de ces cinq indicateurs estimés auparavant, se fait le calcul des dépenses globales de recherche dans une période donnée et ainsi la définition de la subvention annuelle de l'état à consacrer pour la recherche scientifique et au développement technologique.

1. Financement de l'environnement de la recherche

Les crédits nécessaires sont repris dans le tableau 4, pour le calcul de l'environnement de la recherche à temps partiel et dans le tableau 5, pour l'environnement de la recherche permanente. Les subventions annuelles pour l'environnement de la recherche connaîtront une augmentation graduelle qui tient compte de la progression des effectifs enseignants chercheurs et chercheurs à plein temps pour atteindre une enveloppe globale prévisionnelle, pour la période 2008-2012, de (67.088.227.800DA) dont (47.051.267.800 DA) pour la recherche à temps partiel et (20.036.960.000 DA) pour la recherche à plein temps.

Tableau 4 : Financement de l'environnement de recherche à temps partiel (en DA)

LIBELLES \ ANNEES	Moyenne 1999-2005	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL 2008-2012
Dépenses annuelles de l'environnement de recherche à temps partiel	5.532.000.000	5.475.840.000	11.770.512.000	15.649.296.000	16.585.296.000	17.521.296.000	67.002.240.000
Tiers de la rémunération annuelle des chercheurs à temps partiel	3.600.000.000	1.633.972.200	3.856.000.000	4.338.000.000	4.820.000.000	5.303.000.000	19.950.972.200
Subvention annuelle	1.932.000.000	3.841.867.800	7.914.512.000	11.311.296.000	11.765.296.000	12.218.296.000	47.051.267.800

Source : journal officiel

Tableau 5 : Financement de l'environnement de recherche permanente (en DA)

LIBELLES \ ANNEES	Moyenne 1999-2005	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL 2008-2012
Dépenses annuelles de l'environnement de recherche à plein temps	1.093.000.000	1.718.840.000	3.706.560.000	4.530.240.000	5.353.920.000	6.177.600.000	21.486.960.000
Ressources propres annuelles	100.000.000	150.000.000	200.000.000	250.000.000	350.000.000	500.000.000	1.450.000.000
Subvention annuelle	993.000.000	1.568.640.000	3.506.560.000	4.280.240.000	5.003.920.000	5.677.600.000	20.036.960.000

Source : journal officiel

Le calcul de l'environnement de recherche à temps partiel correspond au produit de l'effectif enseignants-chercheurs mobilisé par 12 x (52.000 DA HM) pour une année. Celui de l'environnement de recherche permanente correspond au produit de l'effectif chercheur mobilisé par 12 x (150.000 DA HM) pour les sciences et technologies et 12 x (96.000 DA HM) pour les sciences sociales et humaines, en déduisant les ressources propres générées par les centres et unités de recherche, ceci par année. Le calcul prend en compte le fait que 90% des chercheurs travaillent en sciences et technologies et 10% en sciences sociales et humaines. Néanmoins, comme il a été cité supra, ces calculs avec ces nouveaux indicateurs ont été pris en compte pour les années 2008 à 2012. Pour l'année 2008, les indicateurs moyens pour la période 1999-2005 (Tableau 3) ont prévalu.

2. Financement des programmes nationaux de recherche

Les dépenses relatives au financement des projets de recherche pour la mise en œuvre des programmes nationaux de recherche, présentés dans le tableau 6, ont été calculées sur la base du produit du nombre de projets estimés, par le coût moyen unitaire de projet.

Tableau 6 : Financement des programmes nationaux de recherche (en DA).

LIBELLES \ ANNEES	Moyenne 1999-2005	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL 2008-2012
Dépenses relatives aux programmes nationaux de recherche	427.000.000	3.000.000.000	1.800.000.000	675.000.000	123.000.000	—	5.598.000.000

Source : journal officiel

Il y a lieu de préciser que le nombre de projets cité dans le tableau 6 pour les années 2009 à 2012 sont les projets nouveaux qui viennent s'ajouter aux précédents qui seront toujours en cours. L'enveloppe prévisionnelle pour la réalisation des programmes nationaux de recherche atteindra (5.598.000.000 DA) pour la période 2008-2012.

3. Financement des investissements nécessaires à la mise en œuvre du programme 2008-2012.

Le financement des investissements nécessaires à la mise en œuvre du programme 2008-2012 est résumé dans le tableau 7 aussi que dans les différents chapitres y afférents. L'enveloppe prévisionnelle pour la réalisation de ces investissements de recherche atteindra (27,313.772.200 DA) pour la période 2008-2012.

Tableau 7 : Estimation de la subvention des investissements (en DA).

LIBELLES \ ANNEES	Moyenne 1999-2005 (611.861.722)	2008 (611.861.722)	2009 (611.861.722)	2010 (611.861.722)	2011 (611.861.722)	2012 (611.861.722)	TOTAL (611.861.722) 2008-2012
Crédits de paiement	2.359.000.000	4.589.492.200	9.178.984.400	6.884.238.300	3.442.119.150	3.218.938.150	27.313.772.200

Source : journal officiel

Il y a lieu de préciser que le financement de certains investissements est pris en charge par d'autres programmes, notamment les programmes de soutien à la croissance et à la relance économique. Ainsi, au titre du financement de l'environnement de la recherche et des programmes nationaux, une enveloppe de (72.686.227.800 DA) est consacrée durant la période 2008-2012 (tableau 8)

Tableau 8 : Récapitulatif de la subvention pour le financement de l'environnement de la recherche et de ses programmes nationaux (en DA)

LIBELLES \ ANNEES	Moyenne 1999-2005	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL 2008-2012
Environnement de recherche à temps partiel	1.932.000.000	3.841.867.800	7.914.512.000	11.311.296.000	11.765.296.000	12.218.296.000	47.051.267.800
Environnement de recherche permanente	993.000.000	1.568.640.000	3.506.560.000	4.280.240.000	5.003.920.000	5.677.600.000	20.036.960.000
Programmes nationaux de recherche	427.000.000	3.000.000.000	1.800.000.000	675.000.000	123.000.000	—	5.598.000.000
Total de la subvention de l'Etat	3.352.000.000	8.410.507.800	13.221.072.000	16.266.536.000	16.892.216.000	17.895.896.000	72.686.227.800

Source : journal officiel

Globalement, l'enveloppe prévisionnelle nécessaire pour le développement et la promotion de la recherche scientifique et du développement technologique est estimée à 100 milliards de DA pour la période 2008-2012 (Tableau 9), répartie entre le financement de l'environnement de la recherche et des programmes nationaux (73%) et ses investissements (27%).

Il demeure entendu que l'allocation des budgets entre les différentes structures et entités de recherche obéit à des règles préétablies.

Tableau 9 : Subvention de l'Etat au titre du financement de l'environnement de la recherche, des programmes nationaux de recherche et des investissements (en DA).

LIBELLES	ANNEES	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
	Moyenne 1999-2005						2008-2012
Financement de l'environnement de la recherche et des PNR	3.352.000.000	8.410.507.800	13.221.072.000	16.266.536.000	16.892.216.000	17.895.896.000	72.686.227.800
Investissement (infrastructures et grands équipements)	2.359.000.000	4.589.492.200	9.178.984.400	6.884.238.300	3.442.119.150	3.218.938.150	27.313.772.200
Total	5.711.000.000	13.000.000.000	22.400.056.400	23.150.774.300	20.334.335.150	21.114.834.150	100.000.000.000

Source : journal officiel

Enfin, et afin que cet objectif de financement de la recherche soit réel et efficient, il est préconisé de préparer toutes les mesures et dispositions réglementaires, afin d'exonérer des droits de douane et de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) tous les équipements issus du marché local ou d'importation et destinés aux activités de la recherche scientifique et au développement technologique.

II. LE PROCESSUS DE FINANCEMENT DANS UN CONTEXTE DE RELATION PRINCIPAL/AGENT :

Le financement dans un contexte de relation Principal-Agent constitue un cas particulier de la théorie des contrats dans un objectif d'appréhender les relations d'échange entre des parties en tenant compte des contraintes institutionnelles et informationnelles dans lesquelles elles évoluent. Cette théorie qui trouve ses origines dans les insuffisances du modèle d'équilibre général elle constitue, selon Salanie, (1994) un détour essentiel et nécessaire par des modèles d'équilibre partiel qui fournir une description plus réaliste de l'économie. Le but est de tenir

compte de la complexité des comportements stratégiques des agents au sein des liens institutionnels qui définissent les possibilités de leur action.

Les modèles Principal-Agent analysent des échanges bilatéraux en mettant en relation une partie informée (l'Agent) et une partie non informée (le Principal), le but pour ce dernier est de proposer à l'Agent un contrat qui lui soit acceptable et qui aboutisse à l'utilité maximale pour le Principal.

Plusieurs types de modèles sont définis en théorie des contrats, selon que l'on s'intéresse à des situations d'information cachée sur les caractéristiques (anti-sélection) de l'Agent ou à des problèmes d'action cachée de l'Agent (aléa de moralité). L'intégration de ces deux aspects fait l'objet d'une étude proposée par Baron et Myerson (1982) dans le cas où les coûts de la firme régulée ne sont pas observables ex post. Ils ont été également intégrés dans l'étude de Laffont et Tirole (1986) qui développent pour leur part un modèle dans lequel des observations sur les coûts permettent d'améliorer la performance du mécanisme incitatif.

Compte tenu, de l'importance du modèle d'aléa morale il est utile de rappeler brièvement ses caractéristiques. La notion de risque de cet aléa est inhérente du fait du caractère aléatoire de

La relation qui lie les actions et les résultats. Le contrat doit permettre un partage optimal de ce risque entre Principal et Agent, le premier étant supposé neutre à l'égard du risque alors que l'Agent a de l'aversion au risque.

Dans ce contexte un optimum de premier rang est obtenu seulement en deux cas limite :

- celui où l'Agent et le Principal ont les mêmes préférences quant au choix ;
- celui où les préférences diffèrent mais le Principal peut vérifier le comportement de l'agent sur la base de l'observation des coûts.

Dans ce cas, le Principal peut ordonner à l'Agent de choisir l'action la plus efficace et le contrat contrôlera seulement au partage optimal des risques. Dans un tel contrat de premier rang, le Principal assure à l'Agent une rémunération indépendante de la réalisation de l'aléa. Ces deux situations ne sont cependant modérément réalistes. Dans le premier cas, il suffit d'introduire dans la fonction d'utilité de l'Agent d'autres arguments, notamment la notion d'effort, ou bien la dépense supportée par l'Agent au nom du Principal pour que leurs intérêts

divergent. La désutilité retirée de cet argument supplémentaire peut alors conduire l'Agent à choisir une action qui ira à l'encontre de l'intérêt du Principal.

Dans le cas contraire, une forte probabilité que le Principal ne puisse observer parfaitement les décisions de l'Agent qui affectent son utilité car cela nécessiterait des coûts de monitoring très élevés.

En conséquence, les situations d'information asymétrique conduisent en générale à des solutions de second rang liées au caractère conflictuel des intérêts entre Principal et Agent et à l'imparfaite observabilité de l'action de l'Agent. En effet, le Principal observe une variable reliée avec l'action prise par l'Agent, à savoir le résultat. Le contrat optimal défini par le Principal doit donc faire l'objet d'un arbitrage entre :

- le partage des risques, qui implique que la rémunération offerte dépende peu du résultat (du fait de l'aversion au risque de l'Agent) ;
- la recherche des incitations, qui nécessite une rémunération pour la partie qui concerne le résultat.

Ces incitations sont appelées les contraintes d'incitation qui réduisent le profit du Principal en situation de second rang. Elles garantissent à l'Agent une rente informationnelle en s'assurant que le principal ne s'appropriera pas tout le surplus de l'échange.

III. MECANISMES DE REGULATION USUELS

Le programme de la théorie régulation définit un ensemble d'objectifs économiques que les agents doivent respecter. Le contenu de ces objectifs varie en fonction du schéma considéré. La rémunération des agents dépend du cadre normatif qui fixe les objectifs d'une situation optimale.

Les mécanismes de régulation actuels se distinguent les uns des autres selon deux critères. Tout d'abord, l'entreprise régulée est ou n'est pas autorisée à percevoir un transfert de la part de l'autorité afin de pallier à un déficit budgétaire anticipé ou réel. Ensuite, on distingue couramment les mécanismes à caractère incitatif et non incitatif en termes d'effort de productivité, c'est à dire, en termes de réduction des coûts.

1. Régimes de type coût du service (cost-plus) :

Dans ce type de Régimes l'entreprise touche un transfert est généralement particulier aux contrats qui lient une entreprise à une autorité de régulation. Le régulateur fixe généralement les niveaux d'offre de service à assurer par l'entreprise et les niveaux de prix que celle-ci doit appliquer. Ces contrats sont très peu incitatifs dans la mesure où l'opérateur bénéficie d'un remboursement total de ses coûts réels. Le transfert obtenu est indépendant de la performance réalisée.

2. Régimes de type prix-fixe (fixed-price) :

L'autorité dans ce type de Régimes fixe les niveaux d'offre et de prix. Pour cela, l'entreprise supporte entièrement ses coûts d'exploitation. Elle reçoit en contrepartie un montant forfaitaire anticipé qui est supposé garantir l'équilibre financier de l'exploitation. A cet effet, tout dépassement des coûts anticipés soit alors à la charge pour l'agent, ceci conduit à des très fortes incitations pour exercer le niveau d'effort qui garantit une réduction des coûts optimale.

3. Les mécanismes incitatifs :

Les contrats incitatifs sont les schémas intermédiaires entre le principe du coût du service et celui du prix-fixe. Ces contrats définissent un cadre où l'autorité et l'opérateur partagent les risques liés aux coûts selon un cadre bien défini. Pour ce faire,

Les régulateurs utilisent des données comptables et des informations sur la demande pour surveiller les performances. Les contrats entre gouvernement et firme pour réaliser un projet stipulent (en plus du remboursement du coût C) un transfert t à la firme :

- Une fraction b avec $b \in [0,1]$ du coût réalisé C est supportée par la firme détermine la puissance du schéma incitatif
- Un paiement fixe a pour la firme

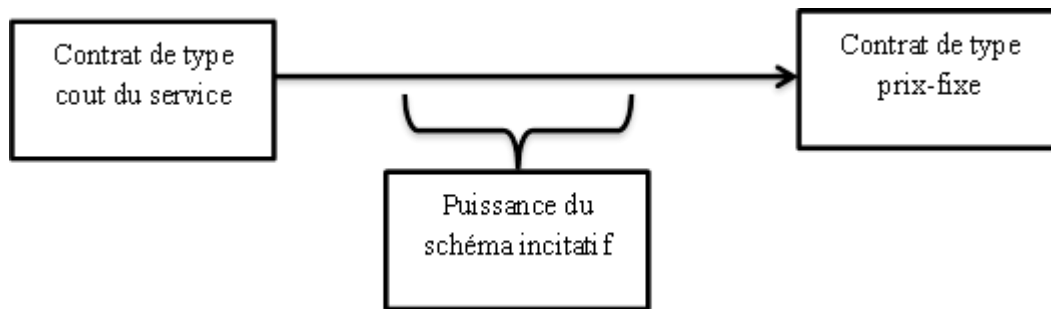
Pour cela son transfert serait :

$$t = a - b (C - C_0)$$

Où C_0 désigne le montant anticipé des coûts d'exploitation, C , est le coût observé ex-post, a est la partie fixe du transfert et b caractérise la "puissance" du schéma incitatif.

Les contrats linéaires dits incitatifs avec $b \in [0,1]$ sont caractérisé par deux cas extrêmes. D'une part, les contrats de type coût du service ont une pente $b = 0$. D'autre part, les contrats linéaires de pente $b = 1$ caractérisent les schémas de type prix-fixe.

La définition et la mise en place des contrats incitatifs optimaux constituent le centre d'intérêt de la nouvelle théorie de la régulation. Un de ses enjeux majeurs est le compromis à réaliser entre une réduction des coûts d'exploitation par une augmentation de l'effort de productivité et une diminution de la rente abandonnée à l'opérateur.



IV. LE MODELE THEORIQUE PROPOSE POUR LE FINANCEMENT DES LABORATOIRES DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE

Le formalisme que nous allons vous présenter s'inspire du formalisme de la nouvelle théorie de la régulation tel qu'il est décrit par (Philippe GARNEPAIN, 2000), sur la nouvelle théorie de la régulation des monopoles naturels. Néanmoins, la structure régulée dans notre contexte n'est pas des firmes mais des laboratoires de recherches gérés et financés par des institutions publiques. Nous allons essayer dans ce travail de simuler le fonctionnement des laboratoires de recherche à celui des firmes dans un contexte de relation principal/agent. Le but de cette réflexion est de diminuer l'asymétrie d'information entre l'Etat (le principal) et le laboratoire (l'agent) afin d'optimiser le financement de ce dernier et de l'inciter à faire l'effort. Pour ce faire, on considère que la réalisation d'un projet de recherche à des coûts induit par l'activité qui sont décrit par la fonction $C(\beta, e)$ avec β un paramètre d'anti-sélection qui caractérise l'inefficacité technique uniquement et e est un paramètre d'aléa moral qui indique le niveau d'effort exercé en réponse à cette inefficacité.

La génération d'effort est coûteuse pour des raisons évidentes. Les activités de recherche et de développement nécessitent des formations de la main d'œuvre, de sélection de facteurs de travail de meilleure qualité ...etc. tout cela, conduit à des charges supplémentaires. L'effort est donc la source d'une "désutilité" notée $\psi(e)$, fonction croissante et convexe.

Le laboratoire connaît ses capacités de recherche, sa qualité effective et le temps minimal pour développer un projet et donc par là son inefficacité qui lui permet de choisir le niveau d'effort qui est disposée à fournir.

La bonne réalisation du projet va permettre d'avoir un transfert t_0 versé par l'autorité, qui assure un revenu global au laboratoire. Comme le montant du transfert est fixé par le principal, on adopte la convention comptable qui stipule que l'autorité paie les coûts d'exploitation. La rémunération de laboratoire est alors garantie par le transfert net t où

$$t = t_0 - C(\beta, e)$$

Et son utilité est

$$U = t_0 - C(\beta, e) - \psi(e)$$

L'autorité ou le régulateur n'observe pas parfaitement le type de laboratoire en matière de gestion de ses ressources financières. Néanmoins il formule des croyances sur la distribution de leur type β dans un intervalle d'inefficacité $[\underline{\beta}, \overline{\beta}]$. La distribution admet une fonction de répartition $F(\beta)$ et une densité $f(\beta)$ positive et continue sur l'intervalle. L'autorité observe les coûts d'exploitation agrégés (forfaitaire). Ainsi, elle n'est pas en mesure de distinguer entre les différentes charges liées aux différentes activités et l'avantage non pécuniaire qui peut exister. Le problème qui se pose c'est comment choisir la meilleure allocation possible des ressources dans un contexte d'asymétrie d'information concernant le type de laboratoire ?

A cet effet, le régulateur doit optimiser les dépenses en élaborant le mécanisme à adopter. Le financement de l'activité est assuré par des fonds publics prélevés au moyen d'un système de taxation des consommateurs. Toute taxation est coûteuse car sa réalisation entraîne des charges et des distorsions dans l'allocation des ressources. Le coût des fonds publics est défini par λ . Ceci implique que chaque Dinar prélevé pour financer une activité coûte en fait à la société $1+\lambda$ Dinars. L'existence du coût des fonds publics est primordiale dans l'analyse puisqu'il donne un poids considérable au coût généré par l'activité de recherche qui est

supporté par la société. Elle nécessite donc un abandon de rente régulée et qui soit minimal. Pour ce faire le régulateur maximise le bien-être social à partir de la formule suivante :

$$SW = S - (I + \lambda)t_0 + U$$

On remplace t_0 par sa formule on obtient :

$$= S - (I + \lambda)[C(\beta, e) + \psi(e)] - \lambda U$$

Avec S qui représente un surplus social brut conséquence de la réalisation des projets de recherche en termes de financement.

On pose Z égale à la formule suivante :

$$Z = (I + \lambda)[C(\beta, e) + \psi(e)] + \lambda U$$

Cela représente dans notre contexte le coût social engendré par la réalisation des projets de recherche. On aura donc :

$$SW = S - Z$$

On suppose alors que l'autorité a pour objectif la maximisation de l'espérance du bien-être social. Les outils dont dispose l'autorité pour la maximisation du bien-être social sont définis par l'ensemble $\{e, U\}$. Les situations d'asymétrie d'information et d'information parfaite diffèrent par la possibilité que l'autorité observe l'inefficacité β de laboratoire. A cet effet, on considère qu'on est en face d'un problème d'anti-sélection dans les deux cas, puisque les variables de contrôle définies dépendent uniquement de l'inefficacité, observable ou non, du laboratoire. A ce propos, on définit par

$$E(\beta, C)$$

Le niveau d'effort requis pour un laboratoire d'inefficacité β pour réaliser le projet de recherche à un coût C . Ainsi, les coûts d'exploitation et le coût de l'effort ne contiennent plus qu'une seule inconnue. La présence d'asymétrie d'information empêche l'autorité de mettre en place la politique de premier rang qui garantit à la société un bien-être maximal. Dans notre cas on cherche un optimum de second rang vu la contrainte informationnelle.

Mais si l'information était parfaite, que serait la régulation optimale ?

Dans le cas où l'autorité observe l'inefficacité des laboratoires en matière de qualité et d'effort fournis, elle va leur imposer dans le contrat un effort et une rente de façon à maximiser le bien-être social sous la contrainte $U \geq 0$ car le régulateur préfère ne pas laisser de rente (i.e. profit qui génère un avantage non pécuniaire) au laboratoire puisque les fonds publics sont coûteux.

Le problème sera le suivant :

$$\text{Max}_{\{e,U\}} SW = S - (1 + \lambda)[C(\beta, e) + \psi(e)] - \lambda U$$

$$S/c : U \geq 0$$

Solution :

- La rente est nulle car socialement coûteuse :

$$U^* = 0, t^* = \psi(e^*).$$

- Le coût marginal de l'effort pour la firme en termes de désutilité est égal au bénéfice marginal de l'effort en termes de réduction de coût :

$$\psi'(e^*) = 1 \text{ avec } C(\beta, e^*)$$

Les conditions de premier ordre impliquent que le transfert versé au laboratoire assure un simple remboursement du coût de l'effort. Ainsi, aucune rente informationnelle coûteuse pour la société n'est versée au laboratoire puisque la situation est idéale. Ensuite, il apparaît que le niveau d'effort qui assure un coût d'exploitation minimal égalise le coût marginal de l'effort et la désutilité marginale de l'effort, c'est-à-dire qu'à chaque augmentation d'une unité au niveau d'effort le coût marginal de l'effort augmente de même niveau.

Le régulateur dispose alors de plusieurs types de schémas pour mettre en place le mécanisme optimal. Très simplement on peut imaginer qu'il verse au laboratoire un transfert

$$t^* = \psi(e^*)$$

et qu'il fixe le montant des coûts d'exploitation $C(\beta, e^*)$, à atteindre par l'exploitant. Tout écart par rapport aux objectifs fixés fait alors l'objet de sanctions. Plus rigoureusement, l'autorité peut imposer un contrat de type prix-fixe :

$$t = \psi(e^*) + (C(\beta, e^*) - C(\beta, e))$$

Où $C(\beta, e)$ est le montant des coûts effectivement réalisés. Le transfert perçu par l'opérateur se décompose alors en une partie fixe et une partie variable qui dépend de l'effort réalisé. Ce type de contrat est parfaitement incitatif dans la mesure où tout dépassement des coûts fixés au départ entraîne une sanction financière du laboratoire de recherche qui a intérêt à fournir le niveau d'effort requis.

1. Cas d'une asymétrie d'information :

Nous avons vu dans ce qui précède le cas d'une information parfaite et le contrat optimal qui fait face. Or dans ce qui suit nous allons voir le cas d'une information imparfaite et le meilleur contrat qui peut faire face. On suppose maintenant que l'autorité ne connaît pas l'inefficacité du laboratoire de recherche. La maximisation de l'espérance du bien-être social relève alors des techniques de la conception de mécanismes d'abord développées par Mirrlees (1971) et notamment mises en pratique par Baron et Myerson (1982) dans les modèles de régulation des monopoles.

Plus particulièrement, le mécanisme incitatif optimal dans notre problème est obtenu en faisant appel au principe de révélation⁸. Le principe de révélation établit que s'il existe une stratégie optimale pour une firme à qui on propose un contrat particulier, alors ce contrat peut être répliqué par un mécanisme de révélation direct. Ce principe, on va l'appliquer sur les laboratoires de recherche afin de distinguer les inefficaces. Mais avant d'aller appliquer ce raisonnement nous vous Définissons le jeu plus en détail :

Nous avons deux joueurs ; un principal et un agent caractérisé par son inefficacité inobservé par le principal. D'une manière générale, le principal souhaite de mettre en place la meilleure allocation des ressources possible pour faire face à l'inefficacité du laboratoire qu'on note $w(\cdot)$. Pour ce faire il doit mettre en place des mécanismes M fonctionnent selon le principe du révélateur. Le but ici n'est pas de sanctionner les laboratoires de recherche mais dans un contexte d'incitation pour faire des économies de financement car les fonds publics sont coûteux. Les laboratoires dans ce cas vont réagir selon les mécanismes M proposés et en fonction de l'asymétrie d'information du principal afin de choisir le mécanisme m qui maximiser leur utilité $U(w, \beta)$ soit :

⁸Gibbard (1973) est à l'origine de ce principe

$$m^* \in \arg \max_{m \in M} U(w(m), \beta)$$

Et il obtient l'allocation

$$w^*(\beta) = w(m^*(\beta))$$

Le principe de révélation stipule alors que le principal peut se limiter à des mécanismes directs et révélateurs, c'est à dire des mécanismes où l'agent annonce son information et a intérêt à dire la vérité. Si l'allocation $w^*(\beta)$ peut être mise en œuvre par un mécanisme quelconque, le principal peut la mettre en œuvre par un mécanisme direct révélateur où l'annonce de l'agent $\tilde{\beta}$ coïncide avec son vrai type β .

Dans le modèle de régulation exposé dans cette partie, le mécanisme de révélation est décrit par l'ensemble $\{C(\beta), t(\beta)\}$ qui dépend de l'annonce de l'agent $\tilde{\beta}$ et qui est tel que :

$$U(\beta, \beta) \geq U(\tilde{\beta}, \beta) \quad \forall (\tilde{\beta}, \beta) \in [\underline{\beta}, \bar{\beta}]. \text{ (Contrainte d'incitation)}$$

$$U(\beta, \beta) \geq 0 \quad \forall \beta \in [\underline{\beta}, \bar{\beta}]. \text{ (Contrainte de participation)}$$

Où $U(\tilde{\beta}, \beta)$ est l'utilité perçue par le laboratoire de type β lorsqu'elle annonce $\tilde{\beta}$. La contrainte incitative stipule que l'agent ne doit pas être incité à sous-estimer voire à surestimer son efficacité au moment de l'annonce pour que le mécanisme révèle sa vraie inefficacité. Ainsi, l'utilité perçue par l'agent lorsqu'il annonce la vérité doit être supérieure à l'utilité perçue lorsqu'il ment sur son type. En outre, la contrainte de rationalité individuelle (participation) impose une utilité non-négative pour l'opérateur afin que ce dernier ne refuse pas de participer au mécanisme régulateur. Ainsi, lorsque le laboratoire déclare un type, le principal lui impose un coût $C(\tilde{\beta})$ et lui verse un transfert $t(\tilde{\beta})$.

A cet effet, l'expression de l'utilité du laboratoire devient :

$$U(\tilde{\beta}, \beta) = t(\tilde{\beta}) - \psi(E(C(\tilde{\beta}), \beta))$$

Pour que le mécanisme proposé incite le laboratoire à annoncer sa vraie inefficacité, il est nécessaire que son annonce maximise son utilité lorsque celui-ci dit la vérité.

Et pour que l'autorité définit dans un second temps la règle d'abandon de la rente qu'on note $\varphi(\beta) = U(\beta, \beta)$ aux firmes en fonction du type de l'agent à qui elle propose le contrat. On note

$E(.)=E(C(\tilde{\beta}), \beta)$ et à partir du théorème de l'enveloppe directement appliqué à l'expression ci-dessus on obtient :

$$\varphi'(\beta) = -\psi'[E(.)]\partial E(.)/\partial\beta$$

Le gain du laboratoire en terme d'utilité est alors égal à $\psi'[E(.)]\partial E(.)/\partial\beta$. On comprend bien que l'autorité doit alors garantir à l'agent le même gain en lui versant une rente afin que celui-ci annonce son vrai type. A partir de la règle énoncée par la contrainte incitative, la contrainte de rationalité individuelle devient :

$$\varphi'(\bar{\beta})=0$$

En effet, il apparaît que la contrainte initiale est saturée lorsque $\beta=\bar{\beta}$. Sachant que l'objectif de l'autorité est d'abandonner une rente minimale dans tous les cas de figure. Celui-ci implique que la rente versée au laboratoire le plus inefficace est nulle.

Pour déterminer l'allocation du contrat incitatif optimal, l'autorité choisit indifféremment le mécanisme direct et révélateur $\{C^*(\beta), t^*(\beta)\}$ ou $\{e^*(\beta), \varphi^*(\beta)\}$ qui maximise le bien-être social. Pour se faire, l'autorité doit déterminer le niveau d'effort et la rente optimaux de façon à maximiser l'espérance du bien-être social sous les contraintes des deux équations précédentes. L'effort optimale $e^*(\beta)$ est une variable de contrôle et la rente optimale $\varphi^*(\beta)$ est considéré comme une variable d'état.

Les conséquences de ce mécanisme peuvent inciter les laboratoires efficaces de passer pour des laboratoires inefficaces afin de maximiser leur utilité et de profiter de l'asymétrie d'information qui existe chez l'autorité.

La volonté de l'autorité à réduire au minimum la rente abandonnée au laboratoire peut donc créer une distorsion car tous les types, sauf les inefficaces, vont obtenir une rente strictement positive. A cet effet, l'asymétrie d'information force donc les contrats de régulation optimaux à être moins incitatifs et à tendre vers des contrats de type coût-service.

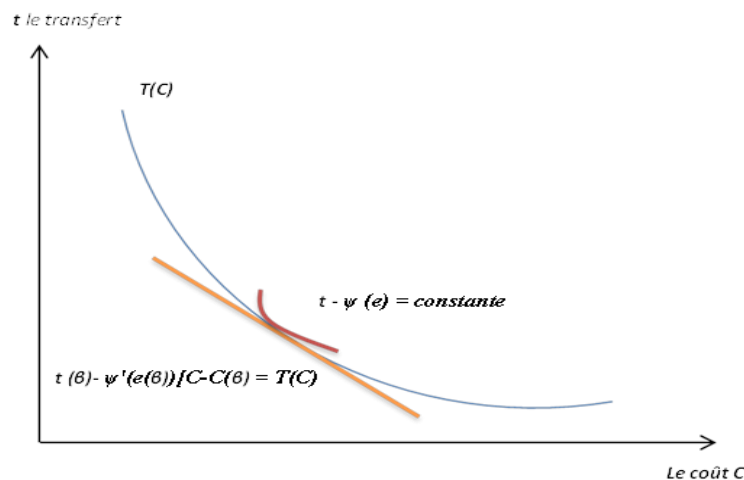
Donc comment diminuer la rente des laboratoires les moins inefficaces et assurer une économie de financement la plus optimale ?

A partir de mécanisme direct et révélateur $\{C^*(\beta), t^*(\beta)\}$ ou $\{e^*(\beta), \varphi^*(\beta)\}$ qui maximise le bien-être social on va construire la fonction de remboursement du coût $T(C)$ qui décentralise le choix de l'allocation optimale à la firme. Cette fonction est décroissante plus les coûts du laboratoire augmente plus le remboursement diminue. Le contrat optimal de régulation peut être implémenté par un menu de contrats linéaires sous la forme suivante :

Le laboratoire va annoncer un coût C^a , l'autorité va annoncer un transfert fixe t^a et un seuil b^a qui permet au laboratoire un remboursement d'une fraction de ses coûts. Pour ce faire, on a donc :

$$T(C) = t^a - b^a (C - C^a)$$

- Le type le plus efficace choisit un contrat de type prix-fixe ;
- Le type le moins efficace choisit un contrat de type coût de service (cost-plus) ;
- Les types intermédiaires choisissent des contrats incitatifs dont les puissances varient suivant l'efficacité.



Une réduction de l'effort requise diminue la rente mais s'avère coûteuse parce qu'elle se répercute sur les coûts d'exploitation. L'autorité doit verser un transfert fixe selon le type et rembourse seulement le coût d'effort supplémentaire. La performance des laboratoires de recherche en matière de diminution de leur coût est corrélée positivement avec la pente du contrat incitatif et avec le paiement fixe.

Dans notre contexte, les mécanismes de régulation font l'objet d'une économie de financement au sein des laboratoires de recherche et une incitation pour faire l'effort d'une

meilleure organisation afin de construire une motivation au sein du groupe et introduire une culture de responsabilité pour la gestion à la fois.

2. Les systèmes d'enchères

Les schémas réglementaires optimaux présentés dans notre contexte considèrent des relations entre une autorité et un laboratoire unique. La présence d'une information asymétrique, soumise le laboratoire au principe de révélation, ce qui permet aux autorités d'éviter l'abandon de rentes importantes. Cependant, même si l'opérateur révèle sa véritable inefficacité, le bien-être social de second-rang associé à ces schémas reste dépendant de l'efficacité du laboratoire en matière de gestion financière. En effet, un laboratoire inefficace, même s'il révèle ses véritables capacités, reste un laboratoire inefficace. En revanche, si l'autorité fait face à plusieurs laboratoires, elle a la possibilité de choisir le laboratoire de recherche le plus efficace : il s'agit du principe de l'enchère ou de l'appel d'offre.

Afin de mettre en place des systèmes d'enchères (appel d'offre) pour l'attribution d'un agrément de financement. L'Etat doit révéler sa volonté d'une optimisation d'un financement afin de permettre aux laboratoires de prendre en considération l'aspect organisationnel qui permet à l'Etat de faire une meilleure allocation des ressources et faire des économies de financement avec les mêmes chances de succès. Le principe de l'enchère ou de l'appel d'offre permet aux régulateurs de tester les coûts de réalisation des projets de recherche et de réduire dans certains cas l'abandon de rentes. Lorsqu'un régulateur fait face à plusieurs candidats, le système d'enchère permet de sélectionner les laboratoires les plus efficaces en matière de gestion de leurs ressources d'une part et l'efficacité technique d'autre part. Le laboratoire qui emporte l'enchère est celui qui annonce la meilleure efficacité dans les deux cas.

L'utilisation des mécanismes d'enchère améliore a priori l'efficacité du processus de réalisation des projets de recherche, son utilisation par les autorités publiques n'est pas systématique car la raison est double. Tout d'abord, l'organisation d'un appel d'offre est un processus lent et extrêmement coûteux pour la société. Il convient donc de comparer les coûts liés à son organisation aux gains nés d'une innovation. Ensuite, un appel d'offre doit être répété afin de pouvoir toujours sélectionner le meilleur candidat (le laboratoire le plus efficace aujourd'hui n'est pas forcément le laboratoire le plus efficace demain).

Conclusion :

Dans cette partie, nous avons traité un aspect organisationnel concernant les activités de recherche au sein des laboratoires, afin de développer une économie de financement car les fonds publics sont des ressources rares et coûteuses. Pour cela, nous avons proposé un cadre d'analyse qui permet de gérer les ressources financières de façon optimale et qui permet également d'atténuer le maximum du gaspillage dû à l'asymétrie d'information. Notre travail dans cette dernière partie fait l'objet d'une contribution en matière de réflexion afin d'attirer l'attention vers la possibilité d'intégrer des instruments efficaces qui permettent de gérer les laboratoires et les inciter à faire l'effort, ainsi de créer un environnement concurrentiel qui pousse les laboratoires de recherche à réagir d'une façon stratégique. Notre objectif principal n'est pas de compliquer la tâche pour les chercheurs mais de les responsabiliser de ne pas gaspiller le fonds publics et optimiser leur financement de la façon qu'il soit productif. L'Etat doit ainsi tracer les lignes directrices qui permettent aux laboratoires de les suivre afin de faire les meilleures allocations des ressources possibles.

Conclusion générale :

La contribution générale dans ce travail, consiste à intégrer des instruments techniques et économiques dans l'évaluation et la sélection des laboratoires pour le financement de leurs projets de recherche. Or, accorder un financement public pour les laboratoires de recherche fait l'objet d'une sélection à partir des appels d'offres sur des programmes nationaux ou d'autres formes de recherche.

Pour ce faire, le traitement des soumissions se fait en se basant principalement sur des critères quasi administratifs relatifs au grade des chercheurs et à leurs effectifs. A cet effet, notre contribution consiste à améliorer cette procédure de financement et proposer un alternatif plus sophistiqué pour qu'il soit optimal. Pour cela nous avons proposé une démarche qui permet de sélectionner les laboratoires selon le contexte de recherche et les moyens déployés afin d'optimiser la sélection et faire une économie de financement.

Le domaine de recherche que nous avons traité concerne la biotechnologie qui repose comme toute recherche sur l'innovation comme moteurs de croissance à l'ère de l'économie de la connaissance qui a contribué à la naissance des réseaux d'innovation principalement en industrie pharmaceutique grâce à l'apport des technologies de l'information et de la communication.

Les résultats de l'enquête nous montrent l'utilité d'y introduire d'autres éléments lors de la sélection. Parmi eux, nous avons constaté principalement que les laboratoires qui développent des relations de partenariat et de coopération internationale sont plus efficace techniquement que ceux qui ne développent pas.

Il a été donné de constater également que les laboratoires qui ont déjà développé des produits sur le marché sont aussi efficaces sur le plan technique et qui auront beaucoup de chances de faire d'autres découvertes.

D'ailleurs, notre objectif n'est pas l'utilisation de ces résultats car ceci nécessite une démarche plus rigoureuse sur le plan technique mais d'attirer l'attention vers d'autres instruments qui permet de faire la sélection selon le contexte de la recherche et pas sur des critères purement administratif.

Nous avons également attribué dans notre travail un cadre d'analyse qui permet de développer un raisonnement économique fondé sur une réflexion scientifique. En effet, notre objectif n'est pas de compliquer la tâche à l'administration et à l'activité de recherche mais d'introduire une culture de responsabilité en matière de gestion des ressources rares dictée par l'économie de financement.

Pour le contexte algérien, le financement de la recherche scientifique y compris la recherche en biotechnologie est garanti par le fond public. Pour cela, nous avons voulu apporter une réflexion en vue d'optimiser les dépenses dans le domaine de la recherche. Néanmoins, il est difficile de gérer de façon optimale surtout lorsqu'il s'agit de domaine des biotechnologies vu le retard enregistré par le pays en matière de maîtrise.

A ceci s'ajoute la présence d'une forte asymétrie d'information sur la capacité technologique du laboratoire de recherche à maîtriser et gérer ces coûts, ce qui nous entraîne à songer à déployer plus d'efforts pour pallier aux insuffisances actuelles, à laquelle nous avons consacré une présentation des concepts relatifs à la théorie de l'agence qui demeure incontournable aujourd'hui plus que jamais dans les différents domaines d'étude et particulièrement dans le domaine évoqué dans notre présente contribution.

En effet, nous avons pu vous présenter un formalisme conforme à notre situation et qui permet de résoudre le problème de façon meilleure. L'utilisation de cette démarche a révélé qu'il est possible de tirer des résultats significatifs et qui permet de mieux appréhender le phénomène en établissant des mécanismes d'incitation pour faire face à l'asymétrie d'information. En se basant sur les résultats obtenus et tenant compte de l'asymétrie d'information nous préconisant la rémunération de l'effort fourni réellement afin d'échapper à l'anti-sélection car c'est les fonds publics qui sont en jeu.

Pour terminer, il est temps de développer notre recherche sur la base d'instrument fondé sur une économie dite de financement dans un contexte d'asymétrie d'information. A cet effet, il est plus judicieux de concevoir des contrats de recherches, en leur y intégrant des instruments prudentielles d'aide à la décision telle que proposés dans notre étude.

Enfin, nous pensons que nous avons atteint l'objectif fixé au départ qui consiste apparaitre une réflexion sur la manière de financer la recherche dans un domaine particulier qui est la biotechnologie. Ce choix nous a été dicté par la spécificité de chaque discipline en matière de

recherche et delà on ne peut projeter notre résultat sur tous les domaines de recherche en générale ou les moyens et procédures utilisés.

En perspective, nous avons l'ambition de réaliser d'autres études plus approfondies en y consacrant un système de la dynamique de financement tenant compte des aspects réglementaires, organisationnels et technique assurant un développement durable.

Références bibliographiques :

1. AUSTIN David, (1993), “*An Event-Study Approach to Measuring Innovative Output: The Case of Biotechnology*”, *American Economic Review*, 83(2), p. 253-258
2. BELZ Anja, (2010), *Patently obvious innovation*. E-Commerce Times, 14 juin 2010.
3. CATHERINE Beaudry et FARCY Ruby, (2008). “*Dynamique d’innovation et politique de financement en biotechnologie* “, CIRST Université du Québec à Montréal.
4. ENCAOUA David et GUESNERIE Roger, *Politiques de la concurrence*, rapport CAE, 304 pages, 2006.
5. GAGNEPAIN Philippe et IVALDI Marc, *Current versus optimal regulatory policies: Evidence from the French urban transport industry*", Document de travail IDEI, 1998b.
6. GASMI Farid, IVALDI, Marc et LAFFONT Jean Jacque. *Rent extraction and incentives for efficiency in recent regulatory proposals*. *Journal of Regulatory Economics*, 1994, Vol. 6 : 51-176.
7. GASMI Farid, LAFFONT Jean Jacque et SHARKEY William W. *Empirical evaluation of regulatory regimes in local telecommunications markets*. Document de travail IDEI, N°68, 1997b.
8. GASMI Farid, LAFFONT Jean Jacque et SHARKEY William W. *Incentive regulation and the cost structure of the local telephone exchange network*. *Journal of Regulatory Analysis*, 1997a, Vol.12 : 5-25.
9. GASMI Farid, LAFFONT Jean Jacque et SHARKEY William W. *The natural monopoly test reconsidered*. Mimeo,1999.
10. GIBBARD Allan. *Manipulation for voting schemes*. *Econometrica*, 1973, Vol. 41 : 587-601.
11. GOMPERS Paul et LERNER Josh, (2006), *The Venture Capital Cycle*, The MIT Press, 581 p.
12. GROSSMANN Michael, (2003), *Entrepreneurship in biotechnology: managing for growth from start-up to initial public offering*. Heidelberg; New York: Physica-Verlag.
13. HASLER Philipp, (2010), *Investment considerations for industrial biotechnology*. Perspectives from a venture capitalist. *Industrial Biotechnology* 6, 340-345.
14. DIETER Helm et JENKINSON Tim, *Competition in regulated industries*. Oxford University Press.1998.
15. IDEI. “*Network Industries and Public Service*”, *European Commission Reports and Studies*,1999, 4.

16. HACHE Jean, « *Les enjeux des biotechnologies Pratiques d'Entreprises* », éditions EMS, collection dirigée par Luc Boyer, 2005.
17. JOSKOW Paul et SCHMALENSSEE Richard, *Incentive regulation for electric utilities*. Yale Journal of Regulation, 1986, Vol. 4 : 1-49.
18. KRIMSKY Sheldon, *Biotechnics and Society : The Rise of Industrial Genetics*, New York, Praeger, 1991
19. LACHENMAIER Stefan et HORST Rottmann, (2011), *Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis*. International Journal of Industrial Organization 29, 210–220.
20. LAFFONT Jean Jacques, *A propos de l'émergence de la théorie des incitations*. Revue Française de Gestion, 1993, N°96 : 13-19.
21. LAFFONT Jean Jacques, *The new economics of regulation ten years after*. Econometrica, 1994, Vol. 62 : 507-537.
22. LAFFONT Jean Jacques et TIROLE Jean, *A theory of incentives in procurement and regulation*. Cambridge: MIT Press. 1993.
23. LAFFONT Jean Jacques et TIROLE Jean, *Auctioning incentive contracts*. Journal of Political Economy, 1987, Vol. 95 : 931-937.
24. LAFFONT Jean Jacques et TIROLE Jean, *Competition in telecommunications*. Cambridge: MIT Press. 2000.
25. LAFFONT Jean Jacques et TIROLE Jean, *The dynamics of incentive contracts*. Econometrica, 1988, Vol. 56 : 1153-1175.
26. LAFFONT Jean Jacques et TIROLE Jean, *Using cost information to regulate firms*. Journal of Political Economy, 1986, Vol. 64 : 614-641.
27. LEIBENSTEIN Harvey. *Allocative efficiency versus "X-efficiency"*. American Economic Review, 1966, Vol. 56 : 392-415.
28. TRACY Lewis et SAPPINGTON David. *Countervailing incentives in agency problems*. Journal of Economic Theory, 1989, Vol. 20 : 405-416.
29. LINTON Katherine, STONE Philip et WISE Jeremy. (2008). *Patenting trends & innovation in industrial biotechnology*. Industrial Biotechnology 4, 367-389.
30. LISE POCHAIX. *Asymétries d'information et incertitude en santé : les apports de la théorie des contrats*. Revue économie et prévision n° 129-130 1997.
31. OCDE *Perspective d'avenir pour la biotechnologie industrielle* P 83. (2010)
32. OCDE *LES BIOTECHNOLOGIES AU SERVICE D'UNE CROISSANCE ET D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLES*
<http://www.oecd.org/fr/science/politiquessurlabiotechnologie/23536385.pdf>
33. OCDE *PERSPECTIVE D'AVENIR POUR LA BIOTECHNOLOGIE :*
www.oecd.org/fr/sti/politiquessurlabiotechnologie/49023468.pdf

34. PEGRAM John B. (2011). *Patent law developments in 2010: retrospective and future directions*. *Industrial Biotechnology* 7, 31-34.
35. GARNEPAIN Philippe, *La nouvelle théorie de la régulation des monopoles naturels*. *Revue française d'économie* 2000.
36. Pisano Gary P. (2010). *The evolution of science-based business: innovating how we innovate*. Harvard Business School Working Paper 10-062.
37. ROBBINS-ROTH, C. (2001). *Révolution biotech, business models, investissements et profits*. *Le business des biotechnologies* Paris: Dunod.
38. Daryl Van Moorsel, J.A.L. Cranfield, SPARLING David, (2006). *Facteurs influant sur l'innovation en biotechnologie au Canada: analyse des données de l'Enquête sur l'utilisation et le développement de la biotechnologie de 2001*. *Statistics Canada*, 21-601-MIF(n°078).

Annexes:

Le Questionnaire:

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous menons une enquête sur les projets de recherche en biotechnologies. Nous souhaitons votre collaboration et amabilité afin de nous permettre de traiter les informations présentées dans le questionnaire ci-après. Nous comptons énormément sur votre compréhension pour mener en bien notre projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en économie industrielle des réseaux et infrastructures. L'avis d'un expert ou chercheur nous est primordial, nous vous remercions par avance.

Nous comptons sur vous pour diffuser ce questionnaire et c'est avec grand plaisir que nous serons quant à l'envoi de notre résultat d'études

Fiche signalétique :

Vous êtes :

Chercheur	<input type="checkbox"/>
Attachée de recherche	<input type="checkbox"/>
Directeur de recherche	<input type="checkbox"/>
Ingénieur de recherche	<input type="checkbox"/>
Enseignant chercheur	<input type="checkbox"/>
Autre	<input type="checkbox"/>

L'employeur :

Centre de recherche	<input type="checkbox"/>
Laboratoire	<input type="checkbox"/>
Université	<input type="checkbox"/>
Institut de recherche	<input type="checkbox"/>
Autre	<input type="checkbox"/>

Nombre d'expérience :

Sexe : Homme

Femme

Votre grade :

MAB	<input type="checkbox"/>
MAA	<input type="checkbox"/>
MCB	<input type="checkbox"/>
MCA	<input type="checkbox"/>
Prof	<input type="checkbox"/>

Votre spécialité d'origine :

Question 1 : Veuillez indiquer ci-dessous les activités biotechnologiques pratiquées dans votre laboratoire :

ADN/ARN – Génomique, pharmacogénomique, sondes géniques, génie génétique, détermination de séquences/synthèse/amplification de l'ADN/ARN, profil de l'expression génique et utilisation de la technologie antisense.

Protéines et autres molécules – Détermination de séquences/synthèse/ ingénierie des protéines et peptides (y compris les hormones à grosse molécule) ; amélioration des méthodes d'administration des médicaments à grosse molécule ; protéomique, isolation et purification des protéines, signalisation, identification des récepteurs cellulaires.

Culture et ingénierie des cellules et des tissus – Culture de cellules/ tissus, génie tissulaire (y compris les structures d'échafaudage tissulaires et le génie biomédical), fusion cellulaire, vaccins/ stimulants immunitaires, manipulation embryonnaire.

Techniques biotechnologiques des procédés – Fermentation au moyen de bioréacteurs, procédés biotechnologiques, lixiviation biologique, pulpation biologique, blanchiment biologique, désulfuration biologique, biorestauration, biofiltration et phytorestauration.

Vecteurs de gènes et d'ARN – thérapie génique, vecteurs viraux.

Bio-informatique - Construction de bases de données sur

les génomes, les séquences de protéines ; modélisation de procédés biologiques complexes, y compris les systèmes biologiques.

Nanobiotechnologie – Applique les outils et procédés de nano/microfabrication afin de construire des dispositifs permettant d'étudier les biosystèmes, avec des applications dans l'administration des médicaments, des diagnostics, etc.

Autre technique : veuillez préciser

.....

Question 2: Découverte et stratégie de recherche en biotechnologie :

	Oui	Non
Votre laboratoire avait-il des découvertes en biotechnologies ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Votre laboratoire développe-t-il actuellement des produits biotechnologiques utilisés sur le marché ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Votre laboratoire développe-t-il actuellement des procédés fondés sur l'utilisation de la biotechnologie ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Considérez-vous que la biotechnologie joue un rôle central dans les activités ou stratégies des entreprises industrialisant ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Effectifs employés

- *Combien de personnes travaillent pour votre laboratoire ?*
.....
- *Pensez-vous que vous êtes en déficit de personnel ?*
Oui non
- *Si oui de quel profil s'agit-il ?*
- *Pensez-vous que vous êtes en déficit de moyens matériels ?*
Oui non
- *Si oui quel type de matériel ?*
- *Avez-vous fait des formations à l'étranger* Oui non

- *Si oui combien de fois ?*
- *Dans les conditions de moyens matériels et humaines avec lesquels vous travaillez, combien du temps est nécessaire dans une R&D pour y parvenir à une découverte en biotechnologie ?*

Question 3 : Veuillez indiquer les activités biotechnologiques de votre laboratoire pour chacune des applications suivantes:

<i>Santé humaine</i> – Produits thérapeutiques à grosses molécules et anticorps monoclonaux produits par la technologie de l’ADN recombiné	<input type="checkbox"/>
<i>Santé humaine</i> – Autres produits thérapeutiques, substrats artificiels, technologies de diagnostic et d’administration des médicaments, etc	<input type="checkbox"/>
<i>Santé animale</i> – toutes applications vétérinaires.	<input type="checkbox"/>
<i>Biotechnologie agricole transgénique</i> – Nouvelles variétés génétiquement modifiées de plantes, animaux ou micro-organismes à l’usage de l’agriculture, de l’aquaculture et de la sylviculture	<input type="checkbox"/>
<i>Biotechnologie agricole non transgénique</i> – Nouvelles variétés non génétiquement modifiées de plantes, animaux ou micro-organismes à l’usage de l’agriculture, de l’aquaculture, de la sylviculture, de la lutte biologique contre les parasites, et du diagnostic créées au moyen de techniques biotechnologiques (marqueurs d’ADN, culture tissulaire, etc.)	<input type="checkbox"/>
<i>Extraction de ressources naturelles</i> – Applications aux industries minières, à l’extraction de pétrole/de l’énergie, etc.	<input type="checkbox"/>
<i>Environnement</i> – Diagnostic, biodépollution des sols, traitement de l’eau, de l’air et des effluents industriels au moyen de micro-	<input type="checkbox"/>

organismes, procédés de production propres.	
Traitement industriel – Bioréacteurs destinés à fabriquer de nouveaux produits (produits chimiques, alimentaires, éthanol, plastiques, etc.), biotechnologies destinées à transformer les matières premières (biolessivage, biopulpage, etc.)	<input type="checkbox"/>
Applications non spécifiques – Outils de recherche, etc.	<input type="checkbox"/>
Autre application : veuillez préciser

Caractéristiques financières :	<i>Oui</i>	<i>Non</i>
Pensez-vous que votre laboratoire souffre d'un manque de ressources pour financer ses projets de recherche ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pouvez-vous dire que votre structure financière est optimale ? Autrement dit que le financement de vos projets de recherches se fait au moindre coût ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Travaillez-vous avec des partenaires étrangers ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avez-vous des accords de partenariats ou des alliances avec des entreprises ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pensez-vous qu'il soit intéressant (en termes de moyens et de réussite) d'investir dans les biotechnologies en Algérie ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pour les activités biotechnologiques déclarées dans la Question 1, Pensez-vous que votre laboratoire va posséder un brevet ? *Oui* *Non*

Si non pourquoi ?

Question 4 : Parmi les facteurs suivants, quels sont les obstacles importants aux activités de R-D en biotechnologie de votre structure ?

Accès aux capitaux	
Accès aux technologies/informations	<input type="checkbox"/>
Accès à un personnel qualifié	<input type="checkbox"/>

Accès aux marchés internationaux	<input type="checkbox"/>
Exigences réglementaires	<input type="checkbox"/>
Droits de brevet détenus par d'autres parties / coût élevé des licences	<input type="checkbox"/>
Autres

Commentaire (vos remarques sont les bienvenus) :

.....
.....