

**Travaux de l'Académie des Sciences  
et Techniques du Sénégal (ASTS)**

Copyright © 2004  
de l'Académie des Sciences  
et Techniques du Sénégal

**Les biotechnologies**  
*Potentiels, enjeux et perspectives :*  
**le cas du Sénégal**



**Dakar**

2004

Travaux de l'Académie des Sciences  
et Techniques du Sénégal (ASTS)

**Les biotechnologies**  
*Potentiels, enjeux et perspectives :*  
**le cas du Sénégal**

**Dakar**

2004

*Illustration de couverture : Plant de Moringa oleifera*

© Académie des Sciences et Techniques du Sénégal (ASTS) – 2004  
academ.sc@sentoosn  
ISSN - 0851-9090

## Avant propos

Pour préparer sa rentrée solennelle, l'Académie des Sciences et Techniques du Sénégal a porté, cette année, une attention particulière à la situation des biotechnologies dans leurs applications et utilisations notamment dans des secteurs stratégiques de développement économique du Sénégal, liés à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, la gestion durable de l'environnement et des ressources naturelles, la problématique sanitaire.

L'importance du choix du thème ne souffre d'aucun doute. En effet, la prise en compte des enjeux scientifiques, alimentaires, médicaux et économiques que dessinent les nouvelles approches des biotechnologies, a donné lieu, dans le monde, à de profonds changements dans l'agriculture, la production agricole, la santé humaine et animale. De plus, l'utilisation de ces techniques nouvelles est encore faible en Afrique et au Sénégal où elles sont pourtant à la fois une opportunité de développement fantastique et une menace économique potentielle réelle.

Aussi est-il apparu urgent de dégager une stratégie nationale pour mieux exploiter le raccourci que constituent les biotechnologies afin d'apporter une réponse, par la science, aux problèmes majeurs rencontrés par nos populations : l'insécurité alimentaire, la malnutrition, les maladies, la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles.

A cet égard, l'Académie a donc organisé des ateliers de réflexion pour, d'une part, faire l'état des lieux au Sénégal, et d'autre part, identifier les perspectives et recueillir les éléments pouvant servir à définir et à élaborer une politique et une stratégie nationales.

Les travaux se sont déroulés en trois phases :

- d'abord, en plénière pour faire l'état des lieux en s'appuyant sur les contributions des trois sections de l'Académie : « Sciences Agricoles », « Sciences de la Santé », « Sciences et Techniques », et sur celles de spécialistes invités ;
- puis, dans trois ateliers pour recueillir les éléments de stratégie sur des problèmes importants tels que : le défi de la sécurité alimentaire et de la gestion durable de l'environnement et des ressources naturelles ; l'éradication ou le contrôle des maladies transmissibles ; les droits de propriété intellectuelle, la biosécurité et la bioéthique ;

— enfin, en plénière à nouveau où il a été présenté une synthèse des conclusions majeures sur :

- l'état des lieux sur les biotechnologies et produits des biotechnologies au Sénégal,
- les éléments et composantes d'une stratégie nationale.

Les résultats de ces ateliers préparatoires ont été, par la suite, soumis à l'analyse fine d'un comité spécialisé composé de vingt experts répartis dans neuf équipes chargées des tâches rédactionnelles de ce premier document intitulé « **Les biotechnologies : état des lieux, enjeux et perspectives : le cas du Sénégal** », selon un guide de travail précis : « *Agriculture, foresterie* », « *Santé humaine* », « *Santé animale* », « *Agroalimentaire* », « *Environnement et ressources naturelles* », « *Biosécurité et menaces économiques* », « *Bioéthique* », « *Droits de propriété intellectuelle* », « *Perspectives, enjeux et éléments de stratégie* ».

Un deuxième document de « Stratégie d'actions » traitant des composantes d'une politique générale nationale (politique nationale, stratégie nationale, plan national d'action, cadre institutionnel et administratif, moyens de mise en œuvre de la politique nationale) sera édité sous peu.

Le fruit de ces ateliers sera présenté aux autorités politiques sous forme d'un Programme de développement des biotechnologies.

L'Académie des Sciences et Techniques du Sénégal remercie :

- tous les participants aux ateliers, autorités politiques, experts invités, pour leur disponibilité et leur engagement au service du développement des biotechnologies au Sénégal,
- tous les membres du comité de rédaction pour leur contribution à la mise en forme et à l'édition du présent document.



Les dix chapitres de l'ouvrage ont été rédigés sous la responsabilité de : Dr Yaye Kène Gassama-Dia ; Dr Safiétou Touré-Fall et Dr Mamady Konté ; Dr Ousmane Kane ; Prof. Amadou Tidiane Ba ; Dr Yaye Kène Gassama-Dia et Mr Issa Mbaye ; Mr Charles Becker ; Prof. Mamadou Lamine Sow ; Prof. Pape Meïssa Dieng ; Mr Issa Mbaye ; Dr Ousmane Kane.

Le Comité d'édition de l'ouvrage était composé de : Prof. Ahmadou Lamine Ndiaye, Prof. Amadou Tidiane Ba, Mr Charles Becker, Prof. Oussaynou Dia, Dr Ousmane Fall, Prof. Safiétou Touré-Fall, Dr Jean-Pierre Ndiaye.

# Biotechnologies :

## Applications en agriculture et en foresterie

### I. Introduction

Les biotechnologies, définies au sens le plus large, font référence à un ensemble de techniques utilisant des organismes vivants ou des substances dérivées de ces organismes vivants pour fabriquer ou modifier des produits, améliorer des espèces végétales ou animales ou développer des micro-organismes pour des usages spécifiques.

Les applications des biotechnologies sont un *continuum* de techniques évolutives essentiellement basées sur les découvertes scientifiques qui ont permis très rapidement de mieux comprendre la structure, l'organisation et le fonctionnement des gènes ainsi que leur comportement dans l'environnement.

La science et la technologie ont ainsi permis d'obtenir des gains considérables sur le plan social et économique ; la révolution verte a sorti plus d'un milliard de personnes de la spirale de la pauvreté, la consommation alimentaire *per capita* a augmenté partout sauf en Afrique.

Entre 1960 et 2000, la production céréalière mondiale a doublé, la production *per capita* a augmenté de 37 %, l'apport calorique a augmenté de 35 % et le prix des denrées alimentaires a baissé de 50 % (Pinstrup Andersen *et al*, 1999). L'Inde, souvent cité en exemple, a vu sa production alimentaire passer de 50 à 205 millions de tonnes au cours des cinq dernières décennies.

- En Afrique où l'agriculture constitue la principale source de revenus (1/3 du PIB) et où 70 % sont des ruraux, l'augmentation de la productivité demeure la clé pour assurer une sécurité alimentaire en Afrique. Il est clair que seul le développement d'une agriculture durable permettra de réduire la pauvreté, d'assurer la sécurité alimentaire et de protéger l'environnement. Pour cela l'Afrique doit répondre à ces défis majeurs :

- Produire plus ( nécessité d'augmenter la production de 300 % d'ici 2050, selon la FAO (2000) Déboiser moins de terres (au rythme actuel de déboisement des terres, un milliard de terres supplémentaires seront nécessaires pour nourrir la population africaine) Utiliser des variétés peu exigeantes en eau Réduire l'utilisation des engrais et des pesticides
- Utiliser des méthodes intégrées et durables de gestion des sols, de l'eau et des éléments nutritifs.

### II. Applications des biotechnologies dans le monde

Les applications les plus importantes des biotechnologies dans le domaine de l'agriculture et de la foresterie sont :

- ❖ **La biofermentation** : grâce à l'aide de micro-organismes en vue de produire de nouveaux agents de contrôle des ravageurs et de nouveaux bio-fertilisants.
- ❖ **Les kits de diagnostics et les vaccins** : techniques basées sur la caractérisation moléculaire des parasites des pathogènes et des ravageurs.
- ❖ **La culture in vitro et la micro-propagation** : en vue de la multiplication de plants à haute valeur ajoutée en particulier les plantes horticoles.

❖ **Les marqueurs moléculaires** : utilisés pour assister la sélection de caractère spécifique pour l'amélioration génétique des plantes et animaux ; ils facilitent la sélection grâce à une détection précoce des caractères intéressants par marqueurs, réduisant ainsi le nombre de cycles de sélection en champs qui est souvent un processus très long et assez aléatoire.

❖ **Le génie génétique** utilisé pour transférer un ou plusieurs gènes entre espèces différentes ou à l'intérieur d'une même espèce résultant en la production d'organismes transgéniques (génétiquement modifiés). Les caractères insérés sont le plus souvent :

- des caractères de résistance aux insectes (coton, maïs), à des herbicides (maïs, soja), aux virus (papaye, patate douce),
- ou des caractères conférant une maturation différée (tomate) et une teneur accrue en éléments nutritifs et enzymes (vitamine A, fer, lythiase gastrique),
- ou une immunité conférée par le vaccin alimentaire (hépatite).

L'avantage de ces nouvelles variétés réside principalement en une productivité plus élevée, un meilleur contrôle des mauvaises herbes, des insectes et des virus ainsi qu'une réduction de l'usage des pesticides chimiques polluants et toxiques. Cependant cette technologie de transformation pose beaucoup de questions liées à son impact sur la santé humaine et animale et sur l'environnement.

❖ **La génomique** qui étudie tous les gènes présents chez une espèce ainsi que leur localisation sur le chromosome ; elle est en train de révolutionner l'agriculture. On distingue :

- **la génomique structurale** qui détermine la structure du génome au niveau des séquences nucléotidiques ; la première espèce dont le génome a été décodé pour la première fois est l'arabette *Arabidopsis thaliana* ;

- **la génomique fonctionnelle** qui cherche à identifier le rôle que chaque gène joue chez une plante donnée ; le séquençage complet d'une plante telle que le riz permet de fournir un pool de marqueurs génétiques et de gènes pour l'amélioration du riz grâce à l'utilisation de la sélection assistée par marqueurs ;

- **la génomique comparative**, fondée sur la compréhension des différences et similarités entre les génomes de différentes espèces ;

❖ **la protéomique** qui s'intéresse à l'étude de l'expression des gènes au niveau protéique et qui comprend la purification, l'identification, la quantification des protéines et la détermination de leur localisation, modifications, interactions et activités spécifiques ;

❖ **la métabolomique**, étudiant toutes les étapes du métabolisme de la cellule ;

❖ **la bio-informatique** qui est l'acquisition et l'exploitation de larges bases de données numériques de séquences génomiques.

Ainsi les contributions des biotechnologies et en particulier de la technologie du gène sont considérables dans le domaine de l'agriculture et de la foresterie : elles ont permis de mieux comprendre comment les plantes fonctionnent et répondent aux stimuli de leur environnement.

### III. Développement des biotechnologies au Sénégal

Le Sénégal, tout comme la plupart des pays africains, importe au moins 50 % de ses besoins pour la consommation en céréales à partir d'Europe, d'Amérique et des pays asiatiques. Seul 10 % du volume commercial s'effectue entre pays africains.

Les chercheurs ont largement contribué à asseoir les bases du développement des biotechnologies grâce à une production scientifique et une ouverture vers le secteur privé national par la prestation de services très appréciés par les populations.

Cependant, les produits biotechnologiques ont envahi le marché mondial et le grand défi auquel il nous faudra répondre est celui de réduire la dépendance alimentaire, en développant une agriculture productive et durable tout en conservant nos ressources génétiques.

Le développement d'une agriculture moderne, fondée sur la science et l'innovation technologique, repose essentiellement sur le développement de variétés améliorées par la sélection. Grâce aux biotechnologies végétales, il est désormais possible de développer au Sénégal, un secteur de production tourné vers les cultures agro-industrielles (riz, pomme de terre, banane, fraise, patate douce, manioc, agrumes, etc.) qui soit aussi bien en mesure de subvenir aux besoins des populations, mais encore de permettre un positionnement sur les marchés extérieurs.

Le plein développement de l'agriculture au Sénégal, dans un système sahélien dominé essentiellement par la faiblesse de la pluviométrie, la pauvreté des sols et la faiblesse des revenus des paysans, dépendra nécessairement de l'introduction ou de l'adaptation de pratiques culturales durables permettant d'utiliser rationnellement les ressources, de régénérer les sols et d'apporter des revenus aux populations.

Devant l'urgence de la situation, le Sénégal a choisi, pour assurer sa sécurité alimentaire, non seulement de faire appel aux éléments de biotechnologies conventionnelles dans les domaines de la production horticole, céréalière et forestière, mais aussi de saisir les opportunités offertes par les nouvelles biotechnologies orientées vers la résolution de contraintes locales, en particulier les Organismes Génétiquement Modifiés (OGM), pour garantir une production de qualité et en quantité suffisante, tout en prenant les mesures conservatoires pour limiter leurs impacts négatifs sur la santé et l'environnement.

Cette volonté politique clairement affichée s'est traduite, depuis plus de 15 ans déjà, par la création de centres et de laboratoires de recherche dans les domaines des biotechnologies végétales, animales et microbiennes et récemment par la mise en place d'une stratégie et d'un plan d'action pour promouvoir les biotechnologies au Sénégal.

Ces recherches en biotechnologies sont menées au sein de différents laboratoires :

**1. Le Laboratoire Campus de Biotechnologies Végétales** est un laboratoire du Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop. Ce laboratoire a une double vocation : contribuer au développement par la recherche et participer au renforcement des capacités du Sénégal et des autres pays africains par la formation. Il intervient essentiellement dans des domaines de recherche qui portent sur :

- la micropropagation, l'embryogenèse somatique et la transformation génétique d'espèces maraîchères, horticoles et agro-forestières ;
- la caractérisation moléculaire et l'analyse de la diversité génétique.

Cependant, les recherches menées sur les OGM se font dans un but purement fondamental ; les bactéries (souches d'*Agrobacterium*) sont utilisées, mais leur utilisation est limitée uniquement au laboratoire.

Le laboratoire développe aussi des activités de recherche appliquée sous forme de prestation de services pour la production en masse de vitroplants de pomme de terre, de fraisier, de patate douce, de manioc, destinés à des structures privées (VITROSEM) ou des ONG de développement (ENDA).

Les travaux menés ont permis de montrer que, grâce à la culture *in vitro*, il est possible de produire à grande échelle des clones homogènes et sains par des méthodes simples, efficaces, rapides et surtout très accessibles permettant de multiplier la plupart des espèces locales cultivées.

Au Laboratoire Campus de Biotechnologies Végétales, les recherches déjà effectuées ont permis de mettre au point des méthodes de production concernant les espèces suivantes : *Fragaria vesca* (fraisier), *Solanum tuberosum* (pomme de terre), *Citrus sp.* (agrumes), *Oriza sativa* (riz), *Vigna unguiculata* (niébé), *Hibiscus sabdariffa* (bissap), *Ipomea batatas* (patate douce), *Manihot esculenta* (manioc).

Dans le cadre de la lutte contre la désertification, des méthodes de micropropagation sont déjà au point sur un certain nombre d'espèces des genres *Acacia*, *Prosopis*, *Detarium*, *Oxytenanthera*, *Balanites*, etc.

**2. L'Unité de Recherche Commune en Culture In Vitro (URCI)** est un laboratoire commun (ISRA/IRD) de recherche en biotechnologies végétales implanté dans le centre de recherche de Bel-Air. L'axe principal des programmes de l'URCI, qui est de produire des clones d'arbres sélectionnés, comporte les cinq étapes essentielles suivantes :

- la sélection en milieu naturel et la mobilisation en pépinière des individus à cloner ;
- le rajeunissement de sujets adultes par les méthodes de multiplication végétatives classiques (bouturage ou greffage en cascade) et/ou *in vitro* (culture de méristèmes, microbouturage) ;
- la propagation végétative par micropropagation en vue de constituer rapidement des populations homogènes importantes ;
- l'acclimatation des vitroplants en vue de leur implantation sur le terrain.

Mais aucun des programmes exécutés ne fait intervenir l'utilisation d'OGM.

Le laboratoire développe aussi des activités de recherche appliquée sous forme de prestation de service pour la production de vitroplants de bananes, de fraisiers, jujubiers, de mini-tubercules de pommes de terre destinés à des structures privées (VITROSEM) ou de développement national (ENDA, groupements villageois).

**3. Le laboratoire de microbiologie des sols de l'ISRA - IRD** a pour vocation la recherche et la formation à la recherche de microbiologistes nationaux et étrangers. Il intervient principalement dans l'étude des systèmes symbiotiques et en particulier les interactions Plantes hôtes - *Rhizobium* et Plantes hôtes- Champignons mycorhiziens. Le principal objectif du laboratoire est l'amélioration de la productivité végétale par l'optimisation des systèmes symbiotiques. Les axes de recherche couvrent l'étude de l'écologie et de la diversité des micro-organismes (bactéries et champignons) et celle de leur symbiose avec les plantes en vue de la sélection des meilleurs partenaires, de l'amélioration de la nutrition minérale des plantes et de la qualité des sols et enfin de la diffusion des techniques d'inoculation. Pour atteindre ces objectifs le laboratoire utilise des techniques modernes de la biologie moléculaire (PCR/RFLP, séquençage de régions variables du génome (IGs, début 23s), hybridation ADN/ADN) pour :

- déterminer des marqueurs génomiques spécifiques des *Rhizobiums* et des champignons mycorhiziens proposés à l'inoculation ;
- sélectionner les souches de *Rhizobium* et de champignons mycorhiziens les plus efficaces et les plus compétitives ;
- détecter et suivre les souches de *Rhizobium* et de champignons sélectionnées et utilisées dans les essais d'inoculation au champ ;
- produire de l'inoculum de *Rhizobium* et de champignons mycorhiziens de bonne qualité.

Le laboratoire développe aussi des activités de recherche appliquée et participe aux actions de reboisement au plan national en fournissant de l'inoculum pour améliorer la croissance de plants mobilisés en pépinière.

**4. Laboratoires d'agronomie et de génétique du Centre Régional d'Etudes et de Recherches pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS).** Ils travaillent autour de thèmes de recherche fédérateurs de mise au point de méthodes et techniques biochimiques et de biologie moléculaire pour assister la sélection des espèces résistantes à la sécheresse. Les recherches développées au CERAAS sont menées dans le but d'une réduction de l'effet dépressif de la sécheresse sur la production agricole en zone sèche. Elles sont principalement axées sur :

- l'étude du fonctionnement de la plante en condition de sécheresse ;
- le développement de modèles de prévisions agricoles et de gestion de l'eau en zone sèche ;
- et l'optimisation de la sélection classique en utilisant les marqueurs moléculaires. Aucun des programmes de recherche du centre ne fait encore intervenir l'utilisation d'OGM.

#### **IV. Conclusion**

Le développement des biotechnologies au Sénégal nécessite un investissement dans le renforcement des capacités humaines et techniques ; le secteur privé pourrait jouer un rôle important en investissant dans la recherche afin de développer des sociétés productrices de semences par voie biotechnologique.

Le Sénégal dispose déjà d'une partie de l'équipement scientifique nécessaire à la production et à la détection des OGM (par immuno-détection de la protéine transgénique ou par PCR de l'ADN transgénique), mais ce potentiel est disséminé dans différents laboratoires de recherche. Le potentiel humain du Sénégal en matière de biotechnologies bien qu'étant l'un des plus importants en Afrique de l'Ouest et du Centre devra être renforcé et des équipes pluridisciplinaires (biologistes moléculaires, généticiens, physiologistes, agronomes, nutritionnistes et gestionnaires des ressources naturelles) constituées pour faire des biotechnologies un véritable moteur du développement de l'agriculture.

## ***Remerciements***

L'Académie des Sciences et Techniques du Sénégal (ASTS) remercie toutes les institutions qui ont bien voulu accepter d'apporter leur appui à la réussite de l'organisation de la Rentrée solennelle 2004, notamment :

- la Présidence de la République
- l'Assemblée Nationale
- le Ministère de la Recherche Scientifique
- le Ministère de l'Education
- l'Institut Sénégalais de Recherches agricoles (ISRA)
- les Industries Chimiques du Sénégal (ICS)
- l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA)
- le Centre Régional Africain de Technologie (CRAT)
- le Conseil Régional de Dakar
- le Ville de Dakar.

# **Les biotechnologies en santé et productions animales au Sénégal**

## ***Potentiel scientifique et économique des biotechnologies animales***

L'optimisation des productions animales se heurte à diverses contraintes, d'ordre génétique, sanitaire et alimentaire, pour l'essentiel. Les biotechnologies animales développées au Sénégal pour lever ou maîtriser ces contraintes reposent sur l'amélioration génétique basée sur la sélection et le croisement des races ; l'insémination artificielle et le transfert d'embryons ont été les principales techniques appliquées. Les technologies de fabrication de vaccins et de diagnostic des maladies et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments de bétail ont été mises à profit pour développer les productions. Au Sénégal, la recherche agricole capitalise des expériences et des résultats importants dans les domaines d'application de ces technologies dites classiques.

### **I. Amélioration génétique**

L'insémination artificielle équine est la première technologie développée avec succès par l'ISRA en vue d'améliorer, les revenus des éleveurs. Ce programme est à l'origine de la création d'un cheval de sang sénégalais (chevaux ayant 1/2, 3/4, 7/8 et 15/16 de sang), caractérisé par sa vitesse et sa puissance qui en ont fait de grands champions des hippodromes sénégalais, mais revenant à l'acquéreur entre 500 000 et 600 000 FCFA.

L'insémination artificielle bovine a démarré plus tard, dans les années 1980 avec pour objectifs la diffusion rapide du potentiel génétique amélioré, la constitution d'une banque de semence de géniteurs d'élite, puis l'implantation et la multiplication de races bovines laitières. Cette technologie constitue actuellement le support des programmes nationaux et des projets privés de croisements chez les bovins pour l'amélioration de la production laitière.

La technologie de transfert d'embryons expérimentée dès les années 1980 chez les bovins, est en définitive peu utilisée du fait de contraintes techniques et socio-économiques. L'amélioration génétique bovine par sélection, classique ou à noyau ouvert, a eu un succès limité, parce que difficile de conservation et de diffusion.

### **II. Santé animale**

La maladie est une contrainte majeure à la productivité des élevages. Avec l'intensification des productions animales, et l'augmentation des densités d'animaux dans les zones écologiques chaudes et humides, les maladies ne pourront qu'être un obstacle plus grand à l'amélioration de la productivité de l'élevage. Pour les contenir, des vaccins et des méthodes thérapeutiques efficaces sont proposés.

La technologie des vaccins en santé animale date des années 1930 à Dakar pour l'AOF, à l'époque, fondée sur l'utilisation de micro-organismes vivants et atténués ou inactivés et adjuvés. Grâce à cette technologie, 25 types de vaccins vétérinaires dits classiques ou conventionnels, au total, sont actuellement produits et commercialisés au Sénégal et dans le monde par l'Unité de Production de l'ISRA. Des résultats probants de l'utilisation de ces vaccins sont aisément perceptibles, matérialisés par l'absence de la peste bovine et de la péripneumonie contagieuse bovine sur tout le

territoire national depuis plus de deux décennies au Sénégal, la maîtrise des principales maladies aviaires ayant favorisé le développement spectaculaire de l'aviculture au Sénégal. Toutefois, du fait de leur insuffisance intrinsèque naturelle faisant que ces vaccins ne peuvent immuniser à 100 %, le développement de vaccins de nouvelle génération dits recombinants fondés sur le transfert de gènes est entrepris avec d'heureuses perspectives pour lutter plus efficacement contre les principales maladies animales tout en sécurisant l'environnement.

Dans le domaine du diagnostic et de l'épidémiologie, l'utilisation des techniques microbiologiques (virologique et bactériologique), parasito-logiques et sérologiques classiques a permis une identification des principaux agents pathogènes et de leurs hôtes intermédiaires éventuels et a permis ainsi une lutte appropriée contre les maladies qu'ils provoquent. L'identification plus fine et plus large de ces agents est obtenue grâce à une approche nouvelle, celle de la caractérisation moléculaire utilisant la technique PCR (Polymerase Chain Reaction) et les marqueurs génétiques permettant une meilleure spécification des agents pathogènes et l'établissement de relations phylogénétiques fiables entre eux, assurant leur traçabilité dans le temps et dans l'espace. Sont aussi développés au Laboratoire National d'Élevage et de Recherche Vétérinaire (LNERV) des kits de diagnostic fiables et de moindre coût.

### **III. Alimentation - Nutrition**

L'alimentation du bétail a également connu des avancées stimulées par l'application des biotechnologies. Ces résultats sont d'usage courant dans les laboratoires. Ils ont permis d'aboutir à une meilleure connaissance des systèmes d'alimentation, à l'amélioration des ressources alimentaires et à l'augmentation des performances de production par utilisation de facteurs biologiques de croissance.

#### *Exploration des ressources alimentaires pour le bétail*

L'application de méthodes biotechnologiques permet de reproduire *in vitro* et *in situ*, dans les conditions de laboratoire, l'écosystème de différents compartiments du tube digestif en vue de simuler les phénomènes de digestion des ruminants. Ces techniques permettent aujourd'hui de prévoir la digestibilité réelle des nutriments avec une bonne précision. Comparativement aux méthodes *in vivo*, elles améliorent aussi les coûts et la rapidité des opérations d'évaluation de la valeur nutritive des aliments du bétail.

La biotechnologie appliquée à la digestion des aliments permet aussi de manipuler cette étape en vue d'optimiser son rendement.

#### *Traitement des fourrages pauvres*

Les fourrages pauvres représentent la principale ressource alimentaire pour le bétail en milieu tropical. Pailles de céréales et foin de brousse sont des ressources alimentaires caractérisées par leur indigence. Ce sont des fourrages fortement lignifiés et pauvres en matières azotées totales. Il est nécessaire de les améliorer pour limiter les carences alimentaires des ruminants.

Les substances chimiques ont démontré leur efficacité pour casser les liaisons ligno-cellulosiques qui limitent l'accès des micro-organismes aux hydrates de carbone pariétaux. Il est également possible d'utiliser des champignons pour aboutir au même résultat. Le genre *Fusarium* a été utilisé au LNERV pour améliorer les pailles de céréales destinées à l'alimentation des ovins.

#### *Utilisation des probiotiques pour améliorer la digestion des aliments du bétail*

Les enzymes cellulolytiques sont incorporées aux aliments riches en cellulose pour faciliter leur digestion par les micro-organismes du rumen et ainsi améliorer leur concentration en énergie digestible.

#### *Fabrication de protéines unicellulaires par fermentation microbienne*

Les techniques de synthèse microbienne *in vitro* permettent d'enrichir les substrats celluloses en matières azotées totales par prolifération microbienne. Ces techniques éprouvées dans les pays du nord sont peu appliquées en milieu tropical.

#### *Hormones pour la stimulation de la croissance et de la production laitière des ruminants*

Les pays développés ont résolu, en grande partie, les problèmes de satisfaction des besoins des populations en ressources alimentaires d'origine animale. Pour les pays en développement l'insécurité alimentaire demeure et les objectifs de développement de l'élevage sont renforcés pour améliorer le statut alimentaire des populations. C'est pourquoi l'augmentation de l'efficacité de la production demeure un important défi à relever.

L'alimentation du bétail et de la volaille et, plus particulièrement, leur approvisionnement en protéines est une exigence.

Plusieurs facteurs de croissance ont été utilisés parmi lesquels les hormones permettant de stimuler la protéosynthèse, l'accrétion de protéines et la lipogenèse. Il en résulte une stimulation de l'activité anabolisante de l'organisme, une augmentation de la croissance des animaux et de leur production laitière.

Les hormones à considérer sont des œstrogènes, des androgènes et des stimulants de l'activité thyroïdienne. Leur utilisation est plus répandue dans les pays développés. En milieu tropical, leur vulgarisation est encore limitée.

## **IV. Opportunités, limites et contraintes biotechnologiques**

Les ressources animales sont essentielles dans l'équilibre alimentaire humain et les besoins en ces produits croissent proportionnellement à la démographie mondiale. Les technologies d'exploitation de ces ressources connaissent des limites dans la résolution des problèmes de développement agricole.

Les performances de production — numériques et pondérales — sont encore insuffisantes au Sénégal. Le potentiel génétique des races locales est insuffisant. L'efficacité relative des vaccins et les difficultés liées à leur manipulation dans des atmosphères hostiles ne permettent pas encore de se débarrasser totalement des maladies.

La biodiversité est menacée par une reproduction médiocre alors que les ressources alimentaires disponibles sont insuffisantes pour répondre aux besoins nutritionnels d'animaux génétiquement améliorés.

Les biotechnologies améliorent l'efficacité des techniques de laboratoires et ont permis une rapide augmentation des connaissances de l'animal et de son environnement. Ces connaissances de base ont permis d'identifier avec les biotechnologies des techniques performantes pour modifier, agir positivement sur les processus biologiques dans le sens d'améliorer les productions agricoles en général.

Les biotechnologies donnent ainsi des possibilités d'améliorer l'offre alimentaire d'origine animale par une baisse des cycles de production et de reproduction, une augmentation des performances zootechniques avec une amélioration de la qualité des produits.

Des contraintes ont été identifiées qui limitent l'expansion des biotechnologies au Sénégal et en Afrique :

— L'insuffisance d'infrastructures adéquates et leur maintenance. Les laboratoires spécialisés dans le domaine des biotechnologies sont insuffisants.

— Les ressources humaines sont limitées. La masse critique par discipline est à améliorer ; une plus forte implication des biotechnologies dans les programmes d'enseignement pourrait améliorer la situation dans le sens d'un renforcement des ressources humaines.

— Le coût des biotechnologies est un frein à leur généralisation au Sénégal et en Afrique. L'insémination artificielle et le transfert d'embryons reviennent encore trop cher (quand ils sont disponibles) à l'éleveur du Sahel.

— L'absence d'une politique nationale concernant ces biotechnologies. Une politique nationale devrait définir les objectifs et les priorités, puis dégager une stratégie pour faciliter leur réalisation et leur diffusion. L'implication des acteurs dans ce processus d'élaboration des politiques pourrait faciliter l'adoption des biotechnologies.

— des contraintes d'ordre éthique, liées à une connaissance insuffisante des conséquences de ces biotechnologies sur la santé et la vie des hommes, ont également limité leur expansion.

— Les contraintes culturelles sont importantes ; sous l'angle bioéthique, les espèces animales à promouvoir dépendent des zones de production et du choix culturel des pasteurs.

— Dans le domaine spécifique de la santé et des productions animales, l'environnement biologique et économique des productions ne valorise pas encore pleinement les potentialités techniques des biotechnologies. En effet, la sécheresse et la désertification limitent l'application des techniques novatrices, alors que le niveau de vie des populations ou leur pauvreté ne permettent pas de faire face ou d'absorber une forte production générée par des technologies améliorées.

Une adaptation des biotechnologies, tenant compte du contexte économique, social et culturel devrait permettre de faciliter leur insertion dans les méthodes de modernisation des pratiques d'élevage en Afrique.

Une amélioration de l'efficacité des biotechnologies est possible dans le cadre d'une approche nouvelle, celle des nouvelles biotechnologies fondées sur le transfert de gènes par la création d'organismes génétiquement modifiés ayant des applications dans ces trois secteurs.

## **V. Perspectives et éléments de stratégies**

Les maladies sont parmi les contraintes majeures à la productivité des élevages. Avec l'intensification des productions animales et l'augmentation des densités d'animaux dans les zones écologiques chaudes et humides, les maladies ne pourront qu'être un obstacle plus grand à l'amélioration de la productivité de l'élevage.

Les nouvelles biotechnologies peuvent aider à lever ces contraintes sanitaires en améliorant leur contrôle, d'une part, en affinant les méthodes de diagnostic des agents pathogènes et en développant la

technique des marqueurs moléculaires pour les études épidémiologiques ; d'autre part en mettant au point des vaccins de type recombinant capables de corriger les insuffisances et limites des vaccins conventionnels, notamment aux plans de la sécurité, de l'efficacité, de la stabilité et permettant la distinction entre animaux vaccinés et animaux naturellement infectés. C'est aussi par les vaccins recombinants qu'il sera possible de développer des vaccins contre des parasites, ce qui est impossible par les méthodes conventionnelles.

Le renforcement des biotechnologies est à retenir dans les stratégies d'amélioration du statut alimentaire des animaux domestiques. Il s'agira de promouvoir les technologies maîtrisées et de conduire des recherches permettant d'améliorer celles qui ne sont pas encore consolidées dans nos pays.

Ainsi l'application des nouvelles biotechnologies pourra permettre d'améliorer les performances des animaux à travers une meilleure nutrition grâce à l'utilisation d'intrants alimentaires obtenus par bio-ingénierie, assurant une meilleure croissance et aussi une production laitière améliorée.

Les nouvelles biotechnologies peuvent aussi permettre de caractériser et de mieux comprendre les variations génétiques des animaux, d'augmenter la vitesse d'amélioration génétique d'espèces endogènes et la conservation de la biodiversité génétique. En production animale, des gènes d'intérêt peuvent être transférés à l'animal pour améliorer sa composition et augmenter la prolificité.

Ces potentialités des nouvelles biotechnologies ouvrent des perspectives pour :

- l'amélioration des taux de réussite des transferts d'embryons et de l'insémination artificielle chez les bovins ;
- le développement des vaccins recombinants et des animaux transgéniques (d'intérêt thérapeutique, en particulier, pour la production massive de protéines à usage thérapeutique ou alimentaire, l'accélération de la diffusion du progrès génétique) ;
- la conservation et l'amélioration génétique d'espèces endémiques ;
- l'aide à la conservation des patrimoines génétiques nationaux et de la biodiversité.

A l'instar de la FAO, il est raisonnable de penser que les animaux transgéniques ne joueront peut-être pas un rôle majeur dans les pays en développement dans un proche avenir et que c'est « l'emploi d'intrants produits par bio-ingénierie, tout au long de la chaîne de production alimentaire, qui offre le plus de possibilités à court terme pour l'application des biotechnologies dans le secteur de l'élevage, notamment, pour l'amélioration de la qualité des aliments du bétail par augmentation de leur digestibilité et de leurs teneurs en éléments nutritifs ». De même, dans le domaine du contrôle des maladies, l'épidémiologie et la prophylaxie médicale disposent désormais d'outils performants relevant des nouvelles biotechnologies.

## Bibliographie sélective

### ***Alimentation-Nutrition***

- Barnes R. F., 1973, Laboratory methods for evaluating feeding value of herbage. In: G. Butler and R.W. Bailey eds. *Chemistry and biochemistry of herbages*. Academic Press New York, 3 : 179-214.
- Fall S. T., Diop M., Sawadogo G. et Doucouré A., 1999, Phosphates naturels et alimentation du bétail. II. Influence sur la survie, la production laitière et la reproduction du zébu Gobra. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 52, 3-4 : 249-254.
- Fall T. S., Michalet-Doreau B., Traoré E., Friot D., Richard D., 1998, Occurrence of digestive interactions in tree forage based diets for sheep. *Anim Feed Sci Technol.* 74 : 63-78.
- Fall S. T., 1991, Digestibilité *in vitro* et dégradabilité *in situ* dans le rumen de ligneux fourragers disponibles sur paturages naturels au Sénégal. Premiers résultats. *Rev. Elév.Méd. vét. Pays trop.*, 44 : 345-354.
- Fall S. T., Guérin H., Sall C. et Mbaye N. D., 1989, Les pailles de céréales dans le système d'alimentation des ruminants au Sénégal. Brochure. *ISRA Etudes et Documents. vol. 2, 1, 38 p.*
- Fall S. T., Michalet Doreau B., Richard D., Friot D., 1996, *In vivo* method for measuring browse dry matter digestibility in sheep. In Neil West ed. *Proceedings Vth Int Rangld Congress*. Salt Lake City : 140-141.
- Giavedoni L., Jones L., Mebus M., Yilma T., 1991, A vaccinia virus double recombinant expressing the F and H genes of rinderpest virus protects cattle against rinderpest and causes no pock lesions. *Immunology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 88, pp. 8011-8015.
- Machlin L. J., 1975, Role of growth hormone in improving animal production. In : Frederick Coulston and Friedhlem Korte eds, *Anabolic agents in animal production*. FAO / WHO Symposium Rome, March 1975 : 43-53.
- Nesheim M. C., 1975, Some observations on the effectiveness of anabolic agents in increasing the growth rate of poultry. In Frederick Coulston and Friedhlem Korte eds, *Anabolic agents in animal production*. FAO / WHO Symposium Rome, March 1975 : 110-114.
- Tilley J.M.A., Terry R.A., 1963, A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Br. J. Grassld. Soc.*, 18 : 104-107.

### ***Santé animale - Génétique***

- Diaité A., 1989, Glossines et trypanosomoses animales. In : Centre technique de Coopération Agricole et Rural (ed), *Elevage et potentialités pastorales sahéliennes, synthèses cartographiques*. Dakar-Maisons-Alfort, CTA-IEMVT-BRGM-ISRA, 27 p.
- Diaw O. T., 1989. Rôle épidémiologique des mollusques dans la transmission des trématodoses humaines et animales au Sénégal. In : Centre technique de Coopération Agricole et Rural (ed), *Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèse cartographique*, Dakar-Maisons-Alfort, CTA-IEMVT-BRGM-ISRA,, 27 p.
- Doutre M. P., 1969, Valeur de l'immunité conférée par deux vaccins lyophilisés préparés à l'aide des souches KH3J et T1. *Bull. Off. int. Epiz.*, 72 : 103-129, XXXVII<sup>e</sup> Session générale, Rapport n° 1210.
- Guèye A., 1989, Prophylaxie de la cowdriose et observation sur la pathologie ovine dans la région des Niayes du Sénégal. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 42, 4 : 497-503.
- Guèye A., 1994, *Contribution à l'étude des tiques (Acarina, Ixodoidea) et des hémoparasites du bétail au Sénégal*. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université Paris XI Orsay. Paris, 209 p.
- Konté M., 1989, Pathologie bactérienne des animaux domestiques au Sénégal. In *Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèse cartographique*, CTA - IEMVT- BRGM- ISRA, pp. 23.
- Konté M., 1994, *Pathologie de la reproduction chez les bovins au Sénégal. Séro-épidémiologie des maladies bactériennes. Mise au point d'une sonde de détection des leptospires pathogènes par la technique PCR*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, UCAD, Dakar, n° 39, 216 p.
- Konté M., Mbengue M., 2003, Isolement et caractérisation de l'antigène soluble protéique le plus immunogène d'une souche de *Clostridium chauvoei*. *RASPA*, 1, 2 : 114-121.
- Ly O. K., 1992, *Transfert d'embryons en milieu périurbain au Sénégal*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, EISMV, Dakar, 112 p.
- Sarr J., 1990, *Etude de la Peste porcine Africaine au Sénégal*. Rapport final, Contrat n° TSDA 219/CEE, Réf N° 50 PATH.INF, 32 pages.
- Sarr J., Diop M., 1993. Etude par Elisa de compétition de l'immunité contre le virus de la peste bovine chez les bovins du Sénégal. Réf 005/Patho Anim, 13p.

- Sow M. B., 1997, *Amélioration de la production laitière bovine par le biais de l'insémination artificielle : cas du PRODAM (Projet de Développement Agricole de Matam)*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, EISMV, Dakar, n°17, 82 p.
- Thiongane Y. *et al.*, 1996, Données récentes de l'épidémiologie de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal, *Dakar Médical, Spécial quarantenaire*, p. 1-4.
- Touré S. M., 1974, Bilan de trois années de lutte contre les glossines dans la région des Niayes du Sénégal. In *Actes du colloque : Les moyens de lutte contre les trypanosomes et leurs vecteurs.* : Paris, 12-15 mars 1974.
- Vassiliadès G., 1976, Les affections parasitaires dues à des helminthes chez les bovins domestiques du Sénégal. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 31, 2 : 157-183.
- Yilma T., Hsu D., Jones L., Owens O., Grubman M., Mebus C., Yamanaka M., Dale B., 1988, Protection of cattle against rinderpest with Vaccinia virus recombinants expressing the HA or F gene. *Science*, 242 : 1058-1061.

# **Contribution sur le domaine de l'agroalimentaire**

## ***Potentiel scientifique et économique des biotechnologies agroalimentaires***

Généralement, on a vite ramené la biotechnologie à l'agriculture ou à l'élevage, les résultats les plus visibles étant relatifs à la production de semences, au transfert d'embryon et au clonage d'animaux. Toutefois, depuis quelques années, il se développe, dans cette discipline, d'importants secteurs touchant particulièrement l'agroalimentaire, l'industrie pharmaceutique et l'énergie. Ces secteurs de la bio-industrie, axés sur l'exploitation de la fermentation et de ses activités connexes, offrent d'excellentes perspectives économiques. Ils conduiront, au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, à une révolution bio-industrielle pour laquelle l'Afrique ne devra pas manquer au rendez-vous.

En effet, les biotechnologies appliquées à l'agriculture et à l'alimentation peuvent, si toutes les dispositions requises sont prises, jouer un rôle important dans les politiques d'autosuffisance et de sécurité alimentaires en Afrique.

Les biotechnologies appliquées à l'agroalimentaire reposent sur l'exploitation des potentialités des micro-organismes, des cellules animales ou végétales ainsi que des fractions subcellulaires qui en dérivent, pour produire, à des fins alimentaires et nutritionnelles, des substances à plus grande valeur ajoutée.

La diversité génétique a été exploitée dès que les premiers agriculteurs ont commencé à mettre de côté les graines de leurs meilleures récoltes pour les semences ultérieures et à utiliser les meilleurs animaux pour la reproduction. Il en est de même des transformations du lait en fromage, des céréales en bière, du jus de certains fruits en vin, des produits halieutiques et des légumineuses en aliments consommables directement ou en condiments destinés à relever la saveur de la nourriture.

A cette biotechnologie empirique, communément qualifiée de traditionnelle, se substitue, aujourd'hui, une biotechnologie scientifique fondée sur la biologie moléculaire, le génie chimique, le génie génétique, le génie microbiologique et le génie enzymatique, entre autres.

Dans le secteur de la transformation des aliments, les propriétés fonctionnelles des micro-organismes (bactéries, levures, moisissures et autres champignons) sont savamment exploitées dans des conditions optimales de production et de valorisation.

## **I. Aspects scientifiques et techniques**

### **I.1. Propriétés fonctionnelles des micro-organismes**

Dans le traitement et la transformation des aliments, les capacités bioréactionnelles des micro-organismes reposent sur les lois de la thermodynamique ou de la Biochimie et mettent en jeu les enzymes cellulaires.

Grâce à leur petite taille, les micro-organismes ont un rythme de reproduction très élevé permettant ainsi des suspensions cellulaires denses correspondant à une surface de contact et d'échange considérable. Ces facteurs conduisent à des capacités métaboliques importantes qui, associées à la spécificité de certaines enzymes, confèrent aux micro-organismes des propriétés biofonctionnelles mises en œuvre dans les industries agroalimentaires. Plusieurs propriétés et pouvoirs

des micro-organismes sont ainsi exploités à des fins de transformation, d'amélioration ou de production d'aliments.

- ***Pouvoir acidifiant***

Dans la transformation des aliments, les propriétés acidifiantes des micro-organismes sont largement utilisées. Le premier critère d'appréciation des capacités acidifiantes consiste à caractériser qualitativement les types d'acides produits. L'acide lactique est le plus communément produit. Il est synthétisé par de nombreuses espèces bactériennes, parmi lesquelles les bactéries lactiques qui sont largement utilisées en technologie alimentaire. Ces bactéries produisent de l'acide lactique à partir des sucres, avec un rendement voisin de 90 %. D'autres acides sont produits par des bactéries spécifiques (acide acétique par les bactéries acétiques et acide propionique par les bactéries propioniques).

Certains champignons microscopiques (levures et moisissures) produisent de petites quantités d'acides. Il s'agit de l'acide succinique produit en petites quantités par les levures et de l'acide lactique produit par les moisissures.

La nature des acides organiques secrétés est d'une grande importance pour les produits fermentés vu leurs effets dans le développement du goût et sur la valeur nutritive du produit fini.

- ***Pouvoir aromatisant***

Du fait des transformations intervenant dans le milieu par leurs métabolismes, les micro-organismes jouent un rôle essentiel sur les propriétés des produits alimentaires fermentés (lait fermenté ; choucroute, pain ; fromage ; poisson fermenté, etc). Dans la plupart des cas, ce sont les réactions secondaires qui conduisent à des substances essentielles pour la saveur du produit fini. C'est le cas, par exemple, du diacétyl pour certains produits laitiers, de l'acétaldéhyde dans la qualité organoleptique du yaourt et des substances développées par les moisissures lors de la maturation des fromages (acides gras, méthylcétones, lactones, entres autres).

Dans le cas des boissons alcoolisées, les différents composés, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, sont en étroite relation avec les compositions du substrat (moût de raisin ; moût de bière) et les capacités métaboliques des micro-organismes considérés. Cela explique la diversité des propriétés organoleptiques des produits finis.

Ces particularités métaboliques des micro-organismes sont exploitées pour la production de composés naturels pouvant être utilisés pour renforcer les propriétés organoleptiques des produits alimentaires (cas de la dégalactone produite par une souche de levure et utilisée pour son goût et son arôme de pêche).

- ***Pouvoir gazogène***

Le métabolisme producteur de gaz ( $\text{CO}_2$  le plus souvent) est exploité dans différents produits dont le pain, les boissons fermentées (champagne, bière, cidre) et les fromages (gruyère, emmenthal, roquefort).

Dans le cas du pain de blé, c'est la production de gaz carbonique par les levures, associée aux propriétés physiques de la pâte, qui est responsable du gonflement et de la structure alvéolaire de la mie.

Ce sont encore les levures qui sont responsables de la production de gaz dans le champagne, la bière et le vin de palme.

Les bactéries lactiques homo-fermentatives, grâce à leur pouvoir gazogène, sont responsables des cavités du roquefort.

- ***Pouvoir texturant***

De nombreuses souches bactériennes ont la faculté de synthétiser des exo-polysaccharides, soit sous forme de capsule, soit libérées dans le milieu (cas de *Streptococcus lactis*). D'autres bactéries lactiques thermophiles et mésophiles ont la capacité de synthétiser des hétéro-polysaccharides.

Ces exopolysaccharides jouent un rôle important dans le comportement rhéologique et la texture des produits finis (yaourt par exemple).

Certains micro-organismes sont utilisés pour la production en grande quantité de polysaccharides qui sont récupérés après fermentation et qui sont utilisés, entre autres, comme additifs alimentaires en tant qu'agents texturants. C'est le cas, notamment, de la gomme xanthane, produite par *Xanthomonas campestris* et utilisée pour ses propriétés rhéoflucidifiantes.

- ***Pouvoir antagoniste***

Le pouvoir antagoniste est lié à la présence de produits de métabolisme pouvant bloquer la croissance de certains micro-organismes par leurs effets sur le milieu (alcool, acide, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, antibiotiques, bactériocines, etc.) ou leur action directe sur ces derniers. Ainsi, par exemple, l'activité antagoniste de certaines levures est liée à la synthèse d'une toxine protéique, le facteur « Killer », actif sur certaines autres souches de levures et largement exploitée en œnologie.

- ***Propriétés probiotiques***

Le terme probiotique désigne la capacité qu'ont certains micro-organismes d'exercer une action bénéfique sur la santé du consommateur quand ils sont absorbés vivants. C'est le cas des bactéries lactiques et des bifidobactéries qui jouent un rôle important dans l'équilibre de la flore intestinale et une action anticarcinogène que leur confère leur capacité d'activer le système immunitaire.

### ***1.1.1 Applications technologiques***

Les applications technologiques visent la valorisation des denrées alimentaires et des sous-produits du système post-récolte pour leur conférer une valeur ajoutée aux plans nutritionnel, organoleptique ou commercial.

#### ***a) Aliments fermentés***

L'élaboration ou la valorisation d'un aliment par fermentation est l'aboutissement d'une multitude de réactions microbiologiques et enzymatiques qui transforment la matière première initiale en un mélange complexe de molécules participant à la fois à l'amélioration des qualités organoleptiques et fonctionnelles, à son efficacité biologique et à sa conservation.

Les aliments fermentés constituent, partout dans le monde, une partie importante de l'alimentation humaine. De nombreux aliments fermentés sont connus depuis l'antiquité. Ils étaient fabriqués à la ferme. Ces fermentations se déroulaient naturellement, de manière non contrôlée, mettant ainsi en compétition une flore variée dont le développement n'est guidé que par les variations physico-chimiques du milieu.

Parmi les produits issus de la fermentation des produits végétaux, on peut citer, entre autres, les boissons alcoolisées, le thé, le café, le pain, la choucroute, le nététo, le tempeh, le gari, l'atiéké, le couscous, etc.

Pour les produits animaux, la fermentation est une technique largement utilisée pour la transformation du lait (lait fermenté, fromage, etc.), du poisson (guedj, yet, sauce niuoc mam, divers fruits de mer fermentés, etc.) et de la viande (salami, saucissons, etc.).

Dans le cas du lait, on a très vite compris et judicieusement exploité la technique d'ensemencement consistant à ajouter au lait frais du jour une petite quantité de lait fermenté de la veille pour accélérer la fermentation et garder une constance dans la qualité du produit fini. Il en était de même pour la fermentation du poisson ou des produits carnés où des additifs tel le sel (chlorure de sodium) sont ajoutés pour modifier les propriétés physico-chimiques du milieu et orienter ainsi la fermentation par l'élimination des micro-organismes non tolérants au produit introduit dans le milieu.

L'application de ces techniques empiriques ne mettent pas à l'abri de multiples accidents pouvant se produire dans la manipulation de cellules vivantes qui sont souvent sujettes à des mutations ou découler de contaminations secondaires aptes à entraîner la présence de produits non désirables.

Avec l'évolution de la recherche en biotechnologie appliquée à l'alimentation, beaucoup de produits fermentés sont aujourd'hui fabriqués à l'échelle industrielle dans des conditions contrôlées et dirigées. La tendance s'est très vite orientée vers la sélection et la purification d'une seule souche ou d'un mélange de micro-organismes, utiles pour arriver au produit désiré, en éliminant tous les risques de contamination ou de production, dans le milieu, de substances indésirables. L'utilisation de ces techniques a été largement favorisée par le développement et l'application de nouvelles technologies de stérilisation ainsi que les principes d'asepsie et de contrôle de qualité dans les entreprises.

L'évolution de biotechnologies a révolutionné la maîtrise et l'utilisation des micro-organismes et ouvre de grandes perspectives au secteur agroalimentaire. Ainsi, les techniques de modification génétique sont appliquées avec succès aux micro-organismes, notamment ceux utilisés dans la production du pain et de la bière. Les levures sont en effet bien connues et potentiellement faciles à modifier. Les points suivants ont fait l'objet de recherches ayant conduit à des résultats satisfaisants :

- l'incorporation, aux souches de brasserie, de gènes responsables de la production de glucoamylase permettant ainsi d'ajouter des enzymes exogènes au cours de la production de la bière ;
- l'incorporation, aux souches utilisées en boulangerie, d'un système plus efficace de mobilisation du maltose, de façon à réduire la durée de la panification ;
- l'incorporation de gènes favorisant la production de protéines à des souches de levures extraites de produits alimentaires ;
- la modification génétique de bactéries lactiques pour améliorer la résistance aux phages ou la production de bactériocine ou d'arômes.

#### ***b) Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques***

La bio-industrie a connu ces dernières années un développement important, grâce aux progrès de la recherche-développement dans les biotechnologies. Elle fait le plus souvent appel à l'installation de bioréacteurs de plus en plus utilisés dans des secteurs industriels tels que l'agro-industrie et la pharmacie. Aujourd'hui, une large gamme d'additifs alimentaires comme les acides aminés, l'acide citrique, certaines vitamines, des enzymes ainsi que des polysaccharides (gommes xanthane par exemple) sont produits par voie fermentaire.

Ces techniques remplacent ainsi de plus en plus la synthèse chimique ou l'extraction à partir de tissus animaux ou végétaux sur laquelle elle présentent des avantages en ce qui concerne la continuité d'approvisionnement et la facilité d'obtention du produit.

La production d'additifs alimentaires par voie biotechnologique est optimisée grâce à des paramètres de fermentation bien choisis et à l'utilisation de micro-organismes à haut rendement dûment sélectionnés. Elle représente un potentiel considérable pour l'exploitation des nouvelles technologies de modification génétique qui sont déjà employées, dans certains cas, pour augmenter le rendement et diminuer les coûts de production des additifs existants, mais aussi pour développer de nouvelles sources d'additifs ou d'auxiliaires technologiques.

Bien que les cellules végétales ne soient pas des micro-organismes, leur culture dans des fermenteurs s'est améliorée de manière spectaculaire et laisse entrevoir de grandes possibilités de production d'additifs alimentaires. Elle pourrait conduire à des produits à forte valeur ajoutée comme les colorants alimentaires et les aromatisants et réduire ainsi la dépendance vis-à-vis des sources agricoles dont ils sont actuellement extraits.

Les fermenteurs sont également largement utilisés pour la production de starters qui se définissent sommairement comme des cultures de micro-organismes sélectionnés et destinés à être ensemencés dans un substrat (aliment) stérile en vue de conduire à un produit bien défini dans les meilleures conditions d'hygiène et d'innocuité. En Europe, les starters se sont développés en premier lieu dans l'industrie laitière (lait fermenté, beurre) essentiellement pour des raisons de reproductibilité des produits et de réduction du temps de travail.

### *c) Utilisation des enzymes*

Les enzymes sont des substances pouvant être secrétées par des micro-organismes, qui permettent d'effectuer des réactions spécifiques dans le milieu. Leur purification les rend plus actifs. A partir d'un poids très faible d'enzymes, il est possible de transformer des quantités importantes de produits.

L'industrie de l'amidon qui est de loin le polysaccharide le plus abondant dans les denrées alimentaires, est actuellement presque entièrement basée sur l'utilisation d'enzyme de dégradation extrait des plantes, des animaux et, de plus en plus, des micro-organismes.

La présure couramment utilisée dans l'industrie laitière peut être substituée par des protéases fongiques extracellulaires. Il en est de même de la lactase utilisée pour produire du lait à faible teneur en lactose destiné aux sujets intolérants à ce sucre et qui peut être obtenu à partir de certains champignons.

Les nouvelles techniques d'immobilisation des enzymes sur une matrice (membrane filtrante, terre de diatomées par exemple) permet de traiter, en continu, de grandes quantités de matériel (production de fromage, extraction d'arômes à partir de produits végétaux).

Les enzymes peuvent être utilisées pour améliorer la saveur, la texture, la digestibilité ou la valeur nutritive des aliments.

### *1.1.2 Autres productions connexes à l'agroalimentaire*

Certaines applications de la biotechnologie peuvent conduire à la production d'énergie, de médicaments, de biopesticides, de vaccins ou de rhizobium. Les technologies sont disponibles et exploitées dans plusieurs pays en développement.

Vu les effets néfastes de la crise de l'énergie sur les économies africaines, une attention particulière mérite d'être accordée à la production de biogaz et de biocarburant à partir de certains déchets agro-industriels.

## **I.2. Evaluation et contrôle de qualité**

Chaque fois que des modifications sont apportées à un procédé de fabrication d'un aliment ou qu'un nouveau procédé est adopté, il est nécessaire d'examiner les incidences de ce changement sur la salubrité du produit fini. L'évaluation d'un nouvel aliment doit porter à la fois sur ses caractères organoleptiques, sur ses propriétés fonctionnelles et, bien entendu, sur sa valeur nutritionnelle et son innocuité. La connaissance détaillée de sa composition chimique est donc nécessaire. S'il y a lieu, il convient de procéder à des essais de toxicité *in vivo*. L'intégration de la biologie moléculaire dans le processus d'évaluation a apporté une grande révolution dans le processus de contrôle de qualité des aliments et en a facilité les approches.

Déjà, il existe aujourd'hui des kits miniaturisés, fondés sur l'exploitation des connaissances et des techniques biotechnologiques destinés à l'analyse rapide de certaines denrées alimentaires. Ces nanolaboratoires, encore très coûteux, sont appelés, dans un futur proche, à jouer un rôle déterminant dans le contrôle de la qualité des aliments.

Toutefois, il sera nécessaire, pour l'éthique et par souci d'équité au plan du commerce international, de mettre au point un cadre d'évaluation de toutes les denrées alimentaires, notamment celles issues de la biotechnologie.

## **II. Aspects économiques et sociaux**

L'Afrique dispose, de par ses conditions climatiques, de grandes potentialités biotechnologiques et d'une flore microbienne encore mal connue et sous-utilisée. L'exploitation des biotechnologies pourrait ainsi intéresser plusieurs secteurs et se faire économiquement, par suite de la minoration des coûts énergétiques et des possibilités de développement de produits nouveaux à haute valeur ajoutée.

Il convient de noter que les principales pistes biotechnologiques susceptibles d'offrir des créneaux porteurs de développement économique et social pour les secteurs agricole, forestier, agroalimentaire et énergétique requièrent encore plusieurs actions et opérations de recherche, qu'il s'agisse de mise au point, d'adaptation ou d'accompagnement pour les différents secteurs considérés. Les choix biotechnologiques devront en outre procéder de la plus grande circonspection et obéir strictement aux besoins réels des Etats ainsi qu'à leurs conditions socio-économiques et culturelles.

Des études de faisabilité tenant compte de la demande et des besoins réels des populations, des contraintes de l'environnement socio-économique et des opportunités sur les marchés régional et international doivent constituer la première étape de tout choix biotechnologique, notamment dans le cadre d'un projet ou d'un programme d'investissement dans l'agroalimentaire.

Il conviendra, par la suite, de considérer toutes les alternatives biotechnologiques disponibles, notamment, les performances intrinsèques attendues de chaque biotechnologie, avant d'opérer un choix à l'issue d'une bonne analyse coût-bénéfice.

### **II.1 Biotechnologies agroalimentaires dans le monde et en Afrique**

Bien que les biotechnologies aient enregistré un essor technique et économique remarquable, particulièrement dans les pays du Nord, les informations relatives aux investissements dans la

recherche-développement, comme dans les acquis de la recherche, ne sont pas toujours disponibles, compte tenu de leur caractère souvent confidentiel. C'est le cas de certains pays tels les Etats-Unis ou le Japon où d'importants investissements sont consentis, autant par les gouvernements que par le secteur privé, dans des domaines sensibles et potentiellement rentables (agriculture, santé, agroalimentaire et nutrition), mais où, par souci de protection de la propriété intellectuelle et/ou du savoir-faire, les résultats ne sont pas toujours rendus publics.

Malgré cette contrainte, les études menées par l'OCDE dans quelques pays membres de cette organisation laissent apparaître une importante évolution des biotechnologies avec le développement de la recherche publique, largement soutenue par les Etats et la création d'entreprises privées qui connaît un franc succès grâce aux mesures incitatives consenties par les gouvernements et le développement de nouveaux marchés. Les financements des Etats sont orientés en fonction des priorités retenues dans les plans de développement où on note de plus en plus une place de choix pour les biotechnologies appliquées à la santé, à l'agriculture et à l'agroalimentaire. Ces études ont malheureusement touché très peu de pays en développement.

En 2001, une étude menée au Canada indiquait qu'il y avait 375 entreprises innovantes dans le secteur des biotechnologies et que les revenus enregistrés étaient au delà de 1,6 milliard de dollars US. 12 % de ces entreprises évoluent dans le secteur agroalimentaire. Pour l'année 2002, 85 % des fonds du comité canadien des biotechnologies ont été affectés au secteur de la santé (45 %) à l'agriculture et l'agroalimentaire (40 %).

La France compte plus de 300 entreprises travaillant dans les biotechnologies appliquées aux sciences de la santé et un nombre important de PME évoluant dans celles de l'agroalimentaire. En 2002, les industries de biotechnologie comptaient 125 000 employés dont le 19 % travaillaient dans l'agroalimentaire. Quant à l'Allemagne, elle comptait, en 2002, plus de 10 000 personnes travaillant dans des entreprises de biotechnologie, avec un chiffre d'affaires de 594 millions d'Euros. 5 % de ce personnel est employé par des firmes de biotechnologie agroalimentaire. Les fonds alloués par le gouvernement à la recherche biotechnologique se chiffraient, la même année, à 324 millions d'Euros et la priorité était donnée à la santé, à l'alimentation et au génie génétique.

En 2001, sur 1 031 firmes dont les activités portent sur les biotechnologies aux Etats Unis, 72 % travaillait en priorité dans la santé et 14 % dans l'agriculture et l'agroalimentaire. La même année, l'ensemble des revenus tirés de ce secteur se chiffrait à 33 milliards de dollars US, soit 0,33 % du produit intérieur brut du pays.

En Inde, le nombre d'entreprises évoluant dans les biotechnologies a connu un développement fulgurant entre 1995 et 1999 (74 %). Le chiffre d'affaires réalisé dans le secteur, en 1999, était d'environ 8 095 millions dollars US ; 47 % des employés du secteur travaillaient dans le domaine de la santé et 25 % dans celui des biotechnologies agricoles et agroalimentaires qui a enregistré 30 % des investissements totaux.

En 2002, le budget alloué au Département de biotechnologie était de 240 millions de dollars US. L'Inde avait mis en place d'importantes mesures incitatives pour le développement du secteur et une bonne ouverture aux capitaux étrangers.

En Indonésie, les travaux les plus importants portent sur l'agriculture et l'insémination artificielle. Toutefois, les procédés de production de certains aliments traditionnels ont connu, grâce à la recherche, d'importantes améliorations technologiques. Parmi ces produits, on peut citer le « tempeh » (soja fermenté), la sauce soya et « tanco », « l'oncom » (fait à base d'arachide dégraissée), le « tape » (produit de fermentation du manioc ou de riz). A ces aliments, produits dans des micro-entreprises de type familial, s'ajoutent des produits tels l'éthanol issu de la fermentation de la mélasse et l'acide citrique issu de résidus de manioc et qui sont produits par des PME.

Les biotechnologies agroalimentaires connaissent un bon développement au Vietnam avec la production d'acides glutamiques, la production d'alpha amylase, celle de glucose par voie enzymatique (à partir d'amidon de maïs), la production de protéase et enfin la production de lysine.

En Afrique, contrairement aux pays du Nord et, dans une moindre mesure, aux pays émergents, les biotechnologies agroalimentaires sont encore dominées par les technologies traditionnelles. Celles-ci connaissent un vaste champ d'application et sont de plusieurs types. Comparé à l'importance de la quantité de produits mis au point et de celle des micro-organismes intervenant dans les opérations, très peu d'informations scientifiques et économiques sont pour le moment disponibles. Tout comme en Asie, la fermentation est appliquée aux produits végétaux (céréales et légumineuses, fruits et légumes, feuilles, racines et tubercules), des produits animaux (poissons et produits halieutiques, lait, viande, etc.). Elle conduit à une gamme variée de produits traditionnels qui ont de plus en plus de valeur marchande. Malheureusement, les enquêtes économiques menées dans les zones de production s'intéressent le plus souvent aux chiffres d'affaires globaux et ne font généralement pas l'éclatement des revenus par types de produits.

L'exploitation et la valorisation des biotechnologies agroalimentaires traditionnelles présentent plusieurs avantages. Il s'agit, en effet, de technologies :

- bien connues et bien maîtrisées par les populations ;
- adaptées au milieu ;
- conduisant à des produits qui répondent au besoin des consommateurs et sur lesquelles toute amélioration peut être facilement assimilée et acceptée par les différents opérateurs.

Sur cette base, des travaux de recherche ont été effectués ou sont en cours dans des Institutions et des Centres africains de recherche et d'enseignement. Parmi les pays avancés figurent l'Afrique du Sud, le Nigeria, le Kenya, le Ghana, le Sénégal, le Soudan, l'Egypte et les pays du Maghreb. Pour l'agroalimentaire, ces travaux visent essentiellement une meilleure connaissance de la microflore et de la microfaune africaine, une purification des souches et la rationalisation des opérations de fermentation (mise au point de starters), une amélioration de la qualité et des rendements des produits finis et enfin, leur meilleure adaptation au goût des consommateurs. Dès lors, la bonne connaissance, autant au plan technique, économique que sociologique, de ces technologies par le secteur de la recherche-développement, devient une nécessité pour faciliter le montage et l'exécution de programmes pertinents de recherche, le transfert adéquat des acquis de la recherche et la création de futures PME /PMI, aptes à exploiter judicieusement les technologies et les produits mis au point.

L'Egypte, le Maroc, et l'Afrique du Sud produisent aujourd'hui de grandes quantités de vins et de bières. Les technologies sont parfaitement maîtrisées et les chercheurs sont parfois parvenus à développer de nouveaux produits avec l'introduction, dans le processus, de matériel végétal local.

Les organisations internationales ont appuyé dans plusieurs pays africains, des projets de développement de produits alimentaires par la fermentation. Compte tenu du déficit chronique en protéines dans la diète, la plupart de ces projets ont été orientés sur l'enrichissement des produits amylacés (céréales, racines et tubercules). On est ainsi parvenu, par exemple, à une farine de manioc à 18 % de protéine et 30 à 35 % d'amidon en utilisant une moisissure, *Aspergillus niger*, sur le manioc frais qui était à seulement 2 à 3 % de protéine et 80 à 90 % d'amidon. Plusieurs expérimentations de ce type ont été faites, sur différents substrats, au Nigeria, au Zaïre et au Cameroun. Il en est de même de la production d'organismes unicellulaires destinés à l'enrichissement protéique d'aliments destinés aux humains ou aux animaux.

La plupart des centres de recherche dans le domaine agroalimentaire en Afrique s'intéressent de plus en plus à la biotechnologie. Malheureusement, ils restent confrontés à des contraintes liées au manque de moyens financiers et humains, au déficit d'équipements, au manque d'informations sur les

recherches en biotechnologie et à la qualité des données, au défaut de personnels qualifiés, aux difficultés liées à la réglementation et à la protection des droits de Propriété Intellectuelle.

## **II.2. Biotechnologies agroalimentaires au Sénégal**

### ***a) Les produits***

A l'instar des autres pays africains, les biotechnologies sont surtout utilisées dans la transformation des céréales (couscous de mil, bière de mil) et celle des légumineuses (cotylédon de *Parkia biglobosa* pour la production de nététo).

Leur application au poisson et autres fruits de mer conduit à une large gamme de produits dans les centres de transformations, surtout artisanales et constitue une des activités très rémunératrices pour les femmes. Il s'agit surtout de poissons fermentés (divers types de guedj), de fruits de mer fermentés (yët, touffa, pagne, yokhoss etc.).

Les jus de certains fruits comme la pomme cajou sont transformés en boisson à haute teneur en alcool (soum-soum). La fermentation de la sève de certains palmiers conduit à la production d'une bière locale communément appelée vin de palme (« seungue »).

Dans le sud du pays, l'hydromel est produit à partir de la fermentation du miel. Il s'agit d'une boisson tonifiante, légèrement alcoolisée.

Le lait subit une fermentation conduisant au lait caillé, un produit de grande consommation qui a plusieurs variantes selon les techniques utilisées. Aujourd'hui, la plus grande quantité de lait fermenté est faite à partir de la poudre de lait importée.

La vente de lait caillé constitue une importante source de revenus particulièrement en zones urbaines et périurbaines.

Au niveau industriel, il existe surtout une importante brasserie produisant deux marques de bière de type classique, ainsi qu'une grande industrie et plusieurs PME de production de yaourt. Deux microentreprises de production de fromage de chèvre, d'excellente qualité, sont installées dans la région de Thiès (Keur Moussa et Ngaparou) et distribuent leurs produits dans le marché dakarais. Il en est de même de la fromagerie de Sédhiou.

Dans le cadre de ses programmes de « spin off » et d'incubation d'entreprises, l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) a accompagné l'installation d'une entreprise (PME) de production de nététo dans le sud du pays (Sédhiou) et d'une unité de production de vinaigre issu de la fermentation de fruits locaux (mangues particulièrement) à Kaolack.

### ***b) La recherche-développement***

Les recherches sont essentiellement menées à l'ITA qui dispose d'une unité moderne de biotechnologie et à l'Ecole supérieure polytechnique (ESP) de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) qui abrite un laboratoire de Microbiologie alimentaire et de Génie industriel (MAGI). Ces deux structures travaillent en étroite collaboration et conduisent quelques programmes communs de recherche.

L'objectif général de l'unité de biotechnologie de l'ITA reste l'optimisation des procédés de transformation et de valorisation biotechnologiques des produits alimentaires. Ses programmes portent sur :

- l'étude et l'amélioration des procédés de préparation des aliments fermentés traditionnels, par la mise au point de starters et l'optimisation des procédés de transformation ;
- la valorisation des sous-produits agricoles et agroalimentaires ;
- la production de métabolites microbiens (acides aminés, enzymes, vitamines, arômes antibiotiques, polysaccharides, etc.) ;
- les transferts de technologies par la formation et l'incubation.

Parmi les acquis de l'unité figurent :

- la mise au point d'un procédé semi-industriel de production de nététo (actuellement exploité par une PME installée dans le sud du pays) ;
- la sélection de souches indigènes pour la transformation des surplus de production de mangues en vinaigre, par la méthode Orléans ;
- la sélection de souches de bactéries lactiques et l'élaboration d'un starter pour la production d'un lait caillé de type traditionnel (wayaline) ;
- l'identification des agents microbiens responsables de la fermentation du couscous de mil et mise au point de starter pour la fermentation de la farine de mil ;
- Production, à l'échelle pilote, de gomme xanthane ;
- Valorisation des pailles de culture par ensilage ;
- Etablissement d'une banque de souches microbiennes africaines d'intérêt industriel ;
- Valorisation des déchets agricoles (paille de riz, jacinthes d'eau, etc.) par la culture de champignons comestibles (pleurotes).

### III. Conclusion

Les biotechnologies sont utilisées par l'homme, dès l'antiquité, dans la production et la transformation des aliments. Elles ont connu une évolution continue depuis les méthodes de sélection traditionnelles jusqu'aux toutes dernières techniques fondées sur la biologie moléculaire, le génie génétique, le génie enzymatique et le génie chimique entre autres. Les biotechnologies les plus récentes offrent d'énormes possibilités d'améliorer rapidement et dans des proportions considérables la quantité et la qualité des aliments disponibles. L'utilisation de ces techniques n'entraîne pas la production d'aliments intrinsèquement moins sûrs que les aliments traditionnels. Des techniques très modernes et parfaitement maîtrisées permettent aujourd'hui la fabrication d'une gamme variée de produits pouvant agir sur le goût, la couleur, la texture, l'arôme, la valeur nutritive et / ou la digestibilité des aliments, et de répondre ainsi, de manière adéquate et avec des produits naturels, aux désirs des consommateurs.

Un certain nombre d'additifs alimentaires sont ainsi obtenus à partir de micro-organismes génétiquement modifiés. Les denrées alimentaires produites à partir de plantes génétiquement modifiées sont en cours de développement. Un nombre très limité fait, pour le moment, l'objet d'une distribution, mais il est probable qu'elles seront commercialisées, à grande échelle, dans un proche avenir.

Avec les possibilités de fabrication de réactifs hautement spécifiques qu'elles offrent, les biotechnologies ont également contribué à l'amélioration de la qualité des denrées alimentaires, grâce à des méthodes d'analyse rapides et précises.

L'Afrique dispose de grandes potentialités biotechnologiques et d'une flore microbienne très abondante mais encore mal connue et sous-utilisée. L'exploitation des biotechnologies pourrait ainsi

intéresser plusieurs secteurs et se faire économiquement avec les possibilités de développement de produits nouveaux à haute valeur ajoutée.

Les principales pistes biotechnologiques susceptibles d'offrir des créneaux porteurs de développement économique et social restent les secteurs agricole, forestier, agroalimentaire et énergétique. Leur exploitation requiert toutefois une formation adéquate des ressources humaines pour garantir le succès des actions et opérations de recherche-développement, qu'il s'agisse de mise au point, d'adaptation ou d'accompagnement pour les différents secteurs considérés. Les choix biotechnologiques devront, en outre, s'opérer avec la plus grande circonspection et obéir strictement aux besoins réels des Etats ainsi qu'à leurs conditions socio-économiques et culturelles.

En dehors de la transformation des aliments, les biotechnologies jouent un grand rôle dans des secteurs connexes tels les productions de nouveaux médicaments vétérinaires, de biopesticides, de rhizobiums et autres produits à usage agricole plus sûrs et plus efficaces.

### Bibliographie

- ARCT, 1989, *International Seminar on Prospects of Biotechnology in Africa*- Dakar, Senegal, 14-16 November 1989. UNDP - ARCT.
- Bunders J. F. G., 1990, *Biotechnology for small-scale farmers in developing countries. Analysis and Assessment Procedures*. Amsterdam, VU University Press.
- Devlin A., 2003, *An Overview of Biotechnology Statistics in collected Countries*, Working Paper – OECD – DSTI/DOC/ (2003) 13.
- Fransman M., 1991, *Biotechnology : generation, diffusion and policy. An Interpretive Survey*. The United Nations University INTECH, Institute for New Technologies (UNU/INTECH Working Paper No. 1).
- Juma C., Mugabe J., Kameri-Mbote P., 1995, *Coming to Life. Biotechnology in African Economic Recovery* - African Centre for Technology Studies, Nairobi, Kenya.
- Kane O., 1998a, La valorisation des résultats de recherche au Sénégal. *Liaison Recherche – Développement et Innovation Technologique. Journées Nationales de Réflexion sur la Science et la Technologie pour le Développement*. Dakar, MRST.
- Kane O., 1998b, Les technologies du 21<sup>ème</sup> siècle applicables au secteur agricole et agroalimentaire : opportunités ou menaces pour l'Afrique ?. In *Revue Africaine de Développement*, 10-11 : 226-238.
- Kane O., 1999, Le futur technologique de l'Afrique : quelles perspectives pour le développement durable du continent ?, *Africa 2025 : Stakeholders Mobilizing and Launching Conference of the ALTPS. UNDP/African Futures* – MIDRAND, South Africa, 8-11 nov. 1999.
- Menck Karl Wolfgang, 1988, *Challenges for Science and Technology promotion in Africa, Problems, Priorities and Actions*. German Foundation for International Development.
- MEST, 1984, *Rapport annuel du comité consultatif national de la biotechnologie*. Ottawa, Ministère d'Etat des Sciences et de la Technologie.
- MOST, 1981, *Biotechnology : a development plan for Canada*. Report of the task force on Biotechnology to the Minister of State for Science and Technology.
- Nana-Sinkam S. C., Abassa K. P., 1993, *Biotechnology and African Livestock Sector at the Cross-Road*. Joint ECA/FAO Agriculture Division Monograph N° 6.
- Srivastava, H. C., 1993, *Biotechnological Applications for Food Security in Developing Countries*. Centre for Science and technology of the Non-Aligned and Other Developing Countries, Oxford & IBH Publishing.
- UNIDO, 1991, *Application of Biotechnology to food processing in Africa – IDDA expert group meeting on application of biotechnology to Food processing in Africa*. Ibadan, Nigeria, 16-20 December 1991- Selected papers.
- UNIDO, 1994, *Biotechnology and Sustainable Development : UNIDO's Experience and New Initiatives. Genetic Engineering & Biotechnology Monitor 1, 4 : 1-6*.

# Potentiel, enjeux et perspectives des biotechnologies dans le domaine de l'environnement et de la conservation des ressources naturelles

## Introduction

Les biotechnologies constituent de nos jours un secteur émergent qui tend à révolutionner plusieurs aspects de l'économie dont l'agriculture, la production agricole, la santé humaine et animale. Ces techniques nouvelles qui tirent leur force et leur puissance des propriétés et du, potentiel extraordinaire du vivant qui veut dire *bios*, en grec d'où le terme de *biotechnologie* pour les désigner. Leur utilisation, qui dépend pour une bonne part de leur maîtrise, est encore très faible dans les pays en développement comme le Sénégal où elles sont pourtant à la fois une opportunité de développement fantastique et une menace économique potentielle réelle. Pour ces deux raisons, elles doivent faire l'objet d'un grand intérêt pour les scientifiques, les décideurs politiques et les acteurs économiques. En effet, Il est maintenant largement démontré que, les biotechnologies peuvent contribuer aussi bien à la conservation et à la gestion durable de l'environnement et des écosystèmes qu'à la biorestauration ou la bioremédiation de ceux ayant subi une dégradation.

## Potentiel scientifique et économique

Les biotechnologies sont maintenant utilisées dans presque tous les secteurs de l'activité humaine soit pour améliorer et même parfois révolutionner l'alimentation, la production alimentaire, la santé humaine et animale, soit aussi pour améliorer et restaurer l'environnement et les ressources naturelles qui sont ses composantes de base.

## Applications dans le monde et en Afrique

- ***Biotechnologies et environnement***

L'intérêt et l'impact des biotechnologies sur l'environnement et les ressources naturelles peuvent se mesurer à deux niveaux. D'abord, l'impact sur l'amélioration de la quantité et de la qualité des produits alimentaires de consommation et de service qui autrement, auraient été prélevés sur les ressources naturelles en accentuant leur dégradation et celle de l'environnement. Sous ce rapport, l'utilisation des biotechnologies dans la lutte contre la pauvreté contribue aussi à la conservation durable de l'environnement et des ressources naturelles. Ainsi, les acquis biotechnologiques dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de la santé animale et humaine et dans l'agroalimentaire contribuent largement par les effets induits de leur utilisation, à la conservation de l'environnement et des ressources naturelles. Ces aspects des biotechnologies sont largement traités dans les chapitres sur le rôle et la valeur ajoutée qu'elle peut apporter dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de la santé humaine et animale et de l'agroalimentaire.

Cependant, malgré les perspectives prometteuses de l'apport des biotechnologies dans l'amélioration de la production et de productivité dans les domaines alimentaire et agroalimentaire, le potentiel des biotechnologies n'est pas pleinement exploité dans nos pays. Cette situation résulte d'un défaut de maîtrise des outils et instruments qui devraient servir à mettre au point les produits souhaités qui sont des espèces végétales et animales plus productives, résilientes et adaptées à la sécheresse et/ou à la salinité. Des activités de recherche sont menées dans ces domaines, mais leur envergure n'autorise pas encore de grands espoirs. Les grandes firmes internationales, promptes à saisir toutes les

opportunités d'affaires, sont ici absentes parce que la sécheresse et la salinité sont des problèmes récurrents de pays sous-développés et pauvres qui, par ailleurs, ne constituent pas un marché significatif et surtout ne sont pas solvables. Or, ce contexte environnemental est le nôtre et celui où nous survivrons ou ne survivrons pas. Aussi, quel qu'en soit le prix, le Sénégal comme les pays africains qui partagent le même contexte écologique et environnemental devrait soutenir la recherche dans les domaines de la biotechnologie qui envisagent de mettre au point des produits (espèces végétales et animales adaptées) qui permettent une amélioration sensible de la production et de la productivité, et cela sur des surfaces limitées.

### ***Bioremédiation / Biorestauration***

L'autre niveau d'appréciation de l'impact des biotechnologies sur la gestion durable de l'environnement et des ressources naturelles, est la bioremédiation ou biorestauration. Ici, les biotechnologies exploitent des mécanismes biologiques, en particulier, les capacités cataboliques naturelles des micro-organismes en favorisant les conditions qui en accélèrent le processus, cela, pour dépolluer des sols ou des milieux contaminés ou pollués. L'objectif est de restaurer des systèmes biologiques dégradés ou perturbés dans les sols et les eaux par l'application de principes qui régissent la biodégradation c'est-à-dire la décomposition de substances complexes en composés plus simples. Ces techniques sont utilisées en particulier dans le traitement des déchets toxiques et le recyclage des éléments dans la nature.

La biorestauration couvre une large gamme de systèmes et de techniques qui utilisent des micro-organismes pour dégrader, détoxifier et immobiliser des contaminants organiques. Ces systèmes comprennent des techniques qui sont appliquées *ex situ* et *in situ* :

#### **❖ Techniques *ex situ***

- ***le traitement des sols (land farming)***

Il utilise les capacités cataboliques des micro-organismes indigènes dont l'action est accélérée par un labourage du sol pour augmenter la disponibilité de nourriture d'humidité et d'oxygène pour ces micro-organismes. Si l'environnement est très sévère les paramètres du sol peuvent être ajustés et les micro-organismes connus pour leur capacité à dégrader le contaminant peuvent être ajoutés au sol.

- ***le compostage***

C'est une fermentation aérobie de matière solides pouvant être des feuilles mortes, de la litière ou des déchets solides capables de minéraliser des composés organiques. L'efficacité du compostage est déterminée par des facteurs divers tels que l'humidité relative, la porosité du matériel, la concentration en composés organiques et inorganiques biodégradables et la pression d'oxygène.

Le compostage a aussi été utilisé avec succès pour la restauration de sols contaminés avec du chlorophénol (Okeke 1997).

- ***les boues activées***

Elles peuvent être préparées soit dans des bioréacteurs comme les lagunes soit dans des réservoirs ou réacteurs contenant un mélange de sol et d'eau (boue) qui sert de milieu de culture pour la croissance des bactéries impliquées dans la fermentation et les biodégradations. Ces boues activées peuvent être préparées dans des réacteurs ou des réservoirs sur les sites à décontaminer.

#### **❖ Techniques *in situ***

Les solutions *in situ* favorisent, selon B. C. Okeke (1997), la stimulation de la croissance des micro-organismes indigènes par l'addition de substances nutritives comme l'azote, et le phosphore qui rendent la décontamination possible. Des précultures de micro-organismes additionnées de substances nutritives peuvent être ajoutées (bioaugmentation) pour renforcer les capacités cataboliques de

certaines souches. Le degré de succès de ces techniques dépend pour une bonne part de l'optimisation des conditions environnementales pour la dégradation du substrat et le taux de réduction de la concentration des polluants.

Ces techniques *in situ* sont nombreuses ; cependant les plus importantes sont les suivantes : le système pompage-traitement, la percolation, le dégazage, et le soufflage.

- ***Le système pompage - traitement - réinjection***

Il est appliqué aux eaux souterraines saturées et polluées. Il consiste à recueillir par aspiration une certaine quantité de ces eaux polluées ou contaminées, qui sera réinjectée après addition de micro-organismes, de substrat et d'oxygène pour accélérer la biodégradation des contaminants.

- ***La percolation***

Consiste à étaler de l'eau contenant un substrat et un inoculum microbien approprié à la surface de la zone ou du sol contaminé sur un dispositif qui permette à l'eau de filtrer dans le sol.

- ***Le dégazage***

Cette technique consiste à injecter de l'air contenant des germes dans les zones saturées du sol contaminé.

- ***Exemples de bioremédiation/biorestauration***

La biorestauration ou bioremédiation utilise les capacités cataboliques des micro-organismes, généralement des bactéries pour fractionner les molécules des déchets organiques toxiques en composés moins dangereux et moins toxiques. Pour être efficace, cette technique doit être utilisée dans des conditions contrôlées.

C'est cette technique qui a été utilisée pour réduire les effets négatifs de la catastrophe du *Exxon Valdez* en 1989 en Alaska. En effet, c'est une suspension de bactéries qui a été répandue sur plusieurs plages souillées par le pétrole pour les nettoyer. L'addition d'engrais hydrosolubles comme l'azote et le phosphore accélère le processus par une stimulation de la croissance de ces bactéries qui se nourrissent du pétrole répandu sur les plages.

Un autre exemple d'utilisation de cette technique est connu en France où un site de dépôt de déchets a été contaminé par 22 500 m<sup>3</sup> de déchets organiques sur lesquels des études préliminaires ont montré que des micro-organismes étaient capables de dégrader les composés organochlorés à une vitesse considérable. L'utilisation de cette technique a permis de résoudre le problème avec une économie de 70 millions de dollars.

De façon générale, les méthodes de bioremédiation sont considérées comme des techniques propres, appropriées, peu onéreuses, sûres et respectueuses de l'environnement. Les sous-produits résultant de son application n'entraînent pas de phénomène d'eutrophisation ni de toxicité aiguë pour les espèces marines sensibles.

- ***Approche génétique des méthodes de bioremédiation***

La bioremédiation est une technique attractive parce que fondée sur le phénomène naturel de biodégradation réalisé par les micro-organismes sur polluants, contaminants, résidus et déchets organiques. Mais les réactions à la base de ces phénomènes biologiques sont trop lentes dans les conditions naturelles. Les approches génétiques ont pour objectifs d'améliorer la cinétique des réactions par des manipulations génétiques pour obtenir des souches plus réactives et plus efficaces. Dans ce contexte, des souches améliorées ont été déjà mises au point et brevetées, mais leur efficacité reste encore limitée. A ce jour, les techniques du génie génétique n'ont permis de modifier le génome que d'un nombre limité de micro-organismes à cause de la complexité des voies métaboliques utilisées et de la compétition avec une large communauté microbienne qui exploite les mêmes substrats.

Il est maintenant admis que les techniques de recombinaisons génétiques et l'utilisation des organismes génétiquement modifiés (OGM) doivent constituer la colonne vertébrale des technologies d'élimination des marées noires. Aussi, le terme d'écologie génétique a été lancé pour susciter la réflexion et pour savoir comment les facteurs environnementaux affectent l'expression des gènes.

## **Utilisation des biotechnologies dans la conservation et la gestion de l'environnement et des ressources naturelles au Sénégal**

### ***1. Compostage et production de biogaz***

Au Sénégal une bonne partie des sous-produits agricoles est brûlée sur place, alors qu'elle peut être recyclée en compost et biogaz. C'est une opportunité qui a été exploitée par l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) de l'Université de Dakar. En effet, dans les années 1980, l'ESP a utilisé un procédé mis au point par le CIDR, pour tester différents types de sous-produits agricoles parmi lesquels : les balles de tiges de riz, les coques d'arachide et la bagasse de canne à sucre. Elle a travaillé en collaboration avec plusieurs utilisateurs potentiels des résultats attendus dont l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Les tests expérimentaux ont été poursuivis au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bambey par l'installation en 1983 du module Transpaille de fabrication de biogaz-compost. Durant les cinq années qui ont suivi, le fermenteur transpaille de Bambey a traité 145 tonnes de sous-produits et a produit 8 200 m<sup>3</sup> de biogaz à 60 % de méthane. La suite de cette expérience est moins bien connue, alors qu'elle mérite d'être poursuivie si on prend en compte les résultats préliminaires indiqués plus haut.

Le Sénégal étant un pays côtier, l'ISRA a conduit des expériences très opportunes sur l'utilisation des algues pour le compostage. Cette étude prospective n'a pas été poursuivie alors que le potentiel en matière première en algues d'échouage (goémon) est important, notamment dans les zones côtières comme la Petite Cote.

### ***1. Domestication des symbioses Plantes-micro-organismes : la fixation biologique de l'azote et les symbioses mycorhiziennes***

Dans ce domaine, un travail extrêmement important a déjà été réalisé et des travaux consistants sont en cours de réalisation à l'ISRA, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et au Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Il faut ici signaler que des genres nouveaux et des espèces nouvelles de bactéries fixatrices d'azote ont été découverts pour la première fois au Sénégal par des chercheurs français et sénégalais, au centre de recherche de l'IRD à Dakar.

Les travaux sur les mycorhizes sont aussi relativement développés et ont aussi contribué à l'amélioration de la production alimentaire. En effet, les champignons mycorhiziens favorisent l'apport d'eau et de différents éléments nutritifs à la plante assurant ainsi sa croissance. De plus ils sont capables de réduire l'absorption et le transfert de métaux toxiques, protégeant ainsi les plantes surtout dans les écosystèmes marginaux. Les sols tropicaux généralement latéritiques sont caractérisés par des teneurs élevées en métaux (Ni, Cr, Mn, Co, Mg, etc.) et par des faibles teneurs en nutriments (N, P et K). Les caractéristiques chimiques parfois extrêmes des sols tropicaux peuvent entraîner le développement d'une microflore spécifique pionnière d'un écosystème. Malheureusement, trop peu de données sont disponibles dans nos sols et des inventaires restent à faire.

Cette technique a surtout été utilisée pour améliorer les capacités fixatrices d'azote de plantes d'utilité agro-forestière comme l'arachide, le niébé, *Sesbania rostrata*, plusieurs espèces et variétés du genre *Acacia*, *Prosopis africana* et le filao. Dans le cas des plantes alimentaires comme l'arachide et le

niébé, les résultats obtenus ont permis d'améliorer la production par un accroissement de la productivité et de lutter en conséquence contre la pauvreté en réduisant son impact et ses effets sur l'environnement. Dans le cas des plantes ligneuses et essences forestières, comme *Acacia*, *Prosopis africana* et le *filao*, l'amélioration de leur capacité fixatrice en azote contribue à renforcer leur rôle dans l'amélioration de la qualité des sols, le reboisement, la lutte contre la sécheresse, la désertification. Elle joue aussi un rôle important dans la phytoremédiation par la restauration de sols complètement dégradés qui peuvent être récupérés par des plantations de *filao* ou d'autres espèces comme c'est le cas en Australie pour des sols considérés comme définitivement perdus.

Plusieurs outils biotechnologiques — relatifs au génie génétique, à la culture *in vitro* et la multiplication végétative, à la caractérisation des espèces, variétés et souches, à la fusion de protoplastes et à la transformation génétique des végétaux — sont relativement bien maîtrisés par des chercheurs sénégalais. Ces outils et techniques font l'objet d'applications pratiques qui contribuent à la lutte contre la pauvreté et contre la sécheresse et la désertification, donc à l'amélioration des conditions environnementales du pays et à une meilleure conservation des ressources naturelles. Mais il reste que ce potentiel existant, malgré son caractère et ses capacités limités, n'est pas encore pleinement exploité. Il ne pourra probablement l'être que dans le cadre d'une politique et d'une stratégie nationales fondées sur les besoins des utilisateurs potentiels et du marché national et international, étant entendu que la recherche publique en biotechnologie est devenue étroitement dépendante d'une coopération avec le secteur privé. En effet, les entreprises privées sont aussi à l'origine de progrès notables des connaissances fondamentales. Elles contribuent de façon importante au perfectionnement, à la vulgarisation et au transfert dans le domaine public de nombreuses techniques de laboratoires.

### **Perspectives et limites de l'utilisation des biotechnologies dans la conservation et la restauration de l'environnement et des ressources naturelles**

Dans les développements qui précèdent, nous avons souligné l'importance du rôle des biotechnologies dans la lutte contre la pauvreté qui est une forme de lutte contre la dégradation et la surexploitation des ressources naturelles et l'environnement. Ce rôle est encore plus important dans la conservation et la restauration de l'environnement et des ressources naturelles. L'état des lieux sur le potentiel, le niveau d'application et d'exploitation des biotechnologies a montré que l'utilisation appropriée des biotechnologies peut contribuer beaucoup plus qu'il ne l'est présentement à la conservation de l'environnement et des ressources naturelles. Pour cette raison, les biotechnologies présentent de belles perspectives au Sénégal et dans les pays en développement.

Dans la lutte contre la pauvreté, les retombées économiques attendues de l'amélioration et de l'application des biotechnologies dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de la santé animale et humaine et de l'agroalimentaire sont autant de perspectives réalistes et à la portée scientifique du potentiel national existant. Une politique nationale hardie, guidée par une stratégie nationale rigoureuse et consensuelle, soutenue fermement par une volonté politique sans cesse affirmée devraient ouvrir rapidement des opportunités économiques significatives où le privé devrait avoir un rôle important pour assurer les bases d'un développement durable.

Dans le domaine de l'environnement, la bioremédiation est un domaine émergent qui est à ses débuts, et, selon des pionniers de la spécialité, il reste encore beaucoup de choses à faire, en particulier dans le domaine de la recherche. Au cours d'un atelier organisé récemment par le comité d'action de l'Agence pour la Protection de l'Environnement (EPA) des USA, quatre domaines prioritaires de recherche ont été identifiés :

- l'identification des facteurs qui déterminent la présence des polluants et l'identification des voies pour accroître leur concentration en vue de leur destruction par les micro-organismes ;
- l'amélioration des protocoles expérimentaux pour la bioremédiation ;

- la résolution des problèmes associés à la mise en œuvre de la technique, de l'échelle du laboratoire à celui du terrain ;
- le développement de processus nouveaux et plus imaginatifs de techniques de bioremédiation.

Les biotechnologies sont des outils extraordinaires qui peuvent permettre de résoudre beaucoup de problèmes, mais n'ont pas et ne sont pas solution à tout. Malgré tous les avantages qu'on leur reconnaît, elles présentent des inconvénients non négligeables qui font que souvent les solutions des uns sont des problèmes pour les autres quand elles ne sont pas problèmes pour elles mêmes, comme dans le cas des OGM qui sont à la fois solution et problème.

## Conclusion

Dans le domaine de la conservation et de la restauration de l'environnement et des ressources naturelles, les biotechnologies peuvent apporter des solutions efficaces, originales, et localement appropriées. Au Sénégal, le potentiel scientifique existe, mais doit être renforcé au plan des compétences scientifiques, en qualité et en quantité, mais surtout au plan des moyens techniques et technologiques.

La conservation de l'environnement et des ressources naturelles se fera d'abord par l'application des outils des biotechnologies qui contribuent à la lutte contre la pauvreté, ce qui réduira les pressions exercées sur les ressources naturelles en particulier. La production de biogaz devrait faire l'objet d'une plus grande attention et il doit être fait un bilan des actions déjà engagées dans le passé, les questions d'énergie étant essentielles pour des pays comme le nôtre, étant donné le poids économique de la facture pétrolière qui est certainement moins important que le poids écologique de la facture énergétique au Sénégal.

La restauration de l'environnement et des ressources naturelles devra s'approprier les méthodes de bioremédiation qui utilisent la capacité biologique naturelle des micro-organismes à dégrader les molécules organiques pour en faire soit des produits assimilables pour d'autres organismes, soit des composés inoffensifs ou moins toxiques pour l'environnement. C'est une technologie émergente, mais dont le potentiel est considérable, en particulier dans le traitement des déchets qui constitue un problème insoluble pour nos pays en développement. Elle est une technologie peu coûteuse et respectueuse de l'environnement, comparée aux technologies utilisées pour les mêmes problèmes. Elles requièrent cependant, beaucoup de compétences et de recherche pour mettre au point les techniques appropriées pour chaque situation. Quand elles ont été mises au point, leur faible coût d'utilisation nous paraît justifier largement une option stratégique en leur faveur, qui se manifesterait d'abord par le renforcement des capacités intellectuelles et techniques dans le cadre d'une stratégie qui sera partie intégrante de celle sur les énergies alternatives et la gestion des déchets toxiques et dangereux qui sont des priorités majeures du Sénégal après l'eau.

## Bibliographie

- African Biosciences Network (ABN), 1994, *Biotechnology for rapid development in Africa*. Proceedings of the African Regional Symposium on Biotechnology for rapid development. 365 p.
- Okebe B. C., 1997, *Bioremediation: a Novel Biotechnology for the detoxification of Environmental Pollutants*. Proceedings of International conference on Biotechnology for development of Africa. FADIB : 135-147. Ochumba Press, Nigeria.
- Oteng-Yeboah A. A., 1997, *Biodiversity, Agenda 21 and Biotechnology*. Proceedings of International conference on Biotechnology for development of Africa. FADIB: 127- 133 Ochumba Press, Nigeria.
- Thiam-Ndoye A. et Ba A. T., 1998, Recherches en Biotechnologie et état de la Biosécurité au Sénégal. in Mulongoy K. J., *Besoins et actions prioritaires concernant la prévention des risques biotechnologiques en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale*. Académie Internationale de l'Environnement, Genève, 252 p. : pp. 61-72.

# Biosécurité : entre enjeux et risques

## Introduction

Avec l'expansion démographique prévue d'ici l'an 2020, nourrir la population mondiale reste un des grands défis posés. A la question « Les OGM pourront-ils résoudre les problèmes de la faim en Afrique et dans le monde ? » le débat est encore là entre les partisans du « tout OGM » qui affirment que le transfert de gène d'un organisme à un autre permettra de surmonter rapidement les contraintes liées aux processus long fastidieux et aléatoire de la sélection traditionnelle des plantes, de réduire l'utilisation des pesticides et d'augmenter la sécurité alimentaire. Cette opinion est largement partagée par certains pays africains dont le Kenya qui pensent que si l'Afrique a raté une première fois la Révolution verte qui a été un succès remarquable en Asie, elle ne peut se permettre de rater une deuxième fois la révolution biotechnologique.

Et l'idée que la « nouvelle économie » mondiale s'établira à partir du génie génétique est largement répandue, affirmant que tout pays qui restera en marge perdra sa compétitivité dans l'avenir.

Il existe à l'heure actuelle 62.7 millions d'hectares cultivés en plantes transgéniques et le marché des produits biotechnologiques, en croissance exponentielle, est de l'ordre de 20 milliards de dollars. Les principaux pays producteurs de plantes transgéniques sont les USA, le Canada, l'Argentine, le Brésil ; en Afrique seule l'Afrique du Sud a résolument opté pour les cultures d'OGM ; le Kenya et l'Egypte sont en train de suivre.

Pour ses détracteurs, le génie génétique a généré toutes sortes d'imprévus que les chercheurs n'avaient pas envisagés. Chaque plante génétiquement modifiée est le résultat d'un transfert de gènes provenant en général de deux ou plusieurs espèces vers les cellules d'une autre espèce afin de créer un nouvel organisme génétiquement modifié. Les chercheurs prélèvent un gène responsable d'un caractère spécifique dans un organisme et l'insèrent dans un autre organisme, où le caractère en question sera exprimé, et transmis à la descendance. Par exemple, avec le maïs génétiquement modifié Bt, les gènes rendant le microbe du sol *Bacillus thuringiensis* toxique pour certains nuisibles sont insérés dans les cellules d'un plant de maïs afin de développer un maïs toxique pour les ravageurs. Le transfert de gènes peut entraîner des conséquences involontaires car il est impossible de prévoir exactement comment le gène inséré se comportera dans le nouvel organisme mais aussi quelles en seront les conséquences sur la santé et l'environnement.

A coté de la transgénèse (création d'OGM), il existe d'autres outils biotechnologiques très performants qui sont utilisés au Sénégal depuis plus de 15 ans. Ce sont des technologies neutres qui n'introduisent pas de changement majeur au sein du génome, qui sont basées sur le potentiel et la variabilité génétique naturelle pour créer des individus plus performants sur le plan de la productivité, plus tolérants à la sécheresse, à la salinité etc.

A titre d'exemple, au Sénégal, nous avons produit in vitro par culture de méristèmes, d'anthères, d'embryons somatiques, des plants d'agrumes assainis, de pomme de terre, de patate douce, de banane, de riz tolérant à la salinité, de palmier dattier, etc. Ce sont des technologies de pointe moins sujettes à controverse, car elles respectent ce que la nature nous a donné en tentant de l'améliorer par rapport aux conditions du milieu.

## II. Quels sont les enjeux ?

La transgénèse ou la production de plantes ou d'animaux transgéniques a vu le jour au début des années 1990 avec les premières autorisations d'essais en champ aussitôt suivies des premières autorisations de mise sur le marché d'OGM. En dix ans les produits OGM ont connu un essor considérable ; le marché est pratiquement détenu en majorité par de grandes firmes agrochimiques qui commercialisent les semences, les engrais et les pesticides ; ces grandes firmes contrôlent le marché des produits biotechnologiques et détiennent 50 % des brevets sur les gènes.

Les OGM constituent un enjeu économique et scientifique considérable et alimentent de nombreuses controverses. Un des principaux enjeux réside dans la découverte de nouveaux gènes. Dans ce domaine, où la recherche est principalement financée par le secteur privé, les grandes firmes ont pris beaucoup d'avance ; et c'est là où se situe la grande bataille scientifique car non seulement, celui qui détient le gène d'intérêt et qui le brevète en a la propriété exclusive et peut vendre les licences et s'enrichir grâce aux gènes, mais encore ce contexte transfère le contrôle sur la recherche-développement en agriculture vers les firmes multinationales et perturbe un processus collectif de sélection.

Il se pose alors le problème de la brevetabilité du vivant : a-t-on le droit parce qu'on a des moyens et des outils scientifiques les plus sophistiqués de s'approprier ce que la nature a créé ?

En effet, on a pu constater que des firmes privées implantées en Afrique repèrent des espèces présentant un intérêt certain, les ramènent en Europe ou en Amérique, isolent les gènes d'intérêt et les brevètent. Parmi de nombreux exemples, on peut citer de nombreuses plantes africaines qui ont été brevetées : exemple la **Thaumatine, protéine extraite d'une plante** de l'ouest africain, édulcorant naturel 2000 fois plus sucré que le sucre ordinaire, le gène a été breveté par la Lucky Biotechnology Corporation en Californie ; ce brevet protège la molécule découverte en Afrique mais protège en même temps tous les fruits, légumes et semences renfermant le produit du gène de la Thaumatine.

La biodiversité naturelle est notre principale ressource pour nous pays africains et nous devons la préserver jalousement et surtout être vigilants en ce qui concerne la biopiraterie pour veiller sur nos ressources et éviter qu'elles soient brevetées et entre les mains de quelques firmes sans qu'il y ait un partage équitable des bénéfices découlant de cette biodiversité naturelle.

Cependant, il est regrettable de constater qu'en dehors de la loi-modèle de l'OUA sur « la protection des droits des communautés locales des agriculteurs et des obtenteurs et règles d'accès aux ressources biologiques », qui est en soi un modèle de loi, aucune disposition n'a été prise pour le partage équitable des bénéfices avec les populations et surtout la prise en compte du savoir-faire local.

## III. Quels sont les risques ?

L'un des risques est lié à l'utilisation de gène marqueur de résistance à des antibiotiques, marqueur qui permet de reconnaître les cellules qui sont porteurs du gène en question. En général, comme le gène marqueur est utilisé en santé humaine et animale, la consommation des plantes OGM aide à renforcer la résistance des micro-organismes pathogènes aux traitements antibiotiques.

Si des organismes de référence tels que la FAO, l'OCDE et l'OMS, en comparant les effets de l'utilisation dans l'alimentation d'un produit OGM par rapport au même produit mais conventionnel, ont montré qu'il n'existe à court terme aucune différence sur l'innocuité de ces produits (principe d'équivalence en substance), il demeure que les effets à long terme sont encore indéterminés.

En fait, nous n'avons pas encore suffisamment de recul face à l'invasion massive des produits OGM, face à la puissance de l'outil biotechnologique et surtout face à la pression des multinationales.

L'autre risque — et non le moindre — est celui de la perte de la diversité biologique et culturelle : en Afrique, nous avons un mode de consommation sain et diversifié (jajube, soump, dankh, corossol, mil, maïs, sorgho etc.) ; cette diversité permettait d'avoir une alimentation saine et équilibrée permettant à l'individu d'être fort, vif, de pouvoir résister à de nombreuses maladies. Mais avec l'uniformisation des modèles de consommation, cette biodiversité culturelle alimentaire est en train de se perdre ; l'arrivée des OGM ne fera que renforcer cette tendance et conduira à la disparition de toutes ces valeurs ancestrales, toute cette richesse accumulée au fil des siècles.

L'arrivée massive des plantes transgéniques, résistant à des virus et à des insectes pouvant supplanter les variétés locales, risque d'entraîner la dépendance du petit paysan obligé d'acheter les semences transgéniques chaque année pour maintenir un niveau de production stable.

#### **IV. Quelle est la situation de la biosécurité au Sénégal ?**

Nous avons noté au cours de plusieurs enquêtes, une forte évolution de l'importation au Sénégal de maïs à partir du Brésil, de l'Argentine et des USA (principaux pays producteurs de semences OGM) entre 1999 et 2003, dont les quantités sont passées de 500 tonnes à 100 000 tonnes en 2003.

De manière informelle, des semences OGM sont distribuées aux populations pour des essais de rendements ; ces essais sont souvent sporadiques et ne concernent souvent que de faibles superficies. Cependant l'absence de contrôle et le manque d'information des populations utilisatrices de ces semences sur leur caractère OGM accroît grandement les risques de dissémination incontrôlée surtout lorsqu'il s'agit d'espèces apparentées aux espèces naturellement cultivées par les populations, telles que le maïs, le riz, la tomate ou la pomme de terre. A ce manque de contrôle s'ajoute une absence d'information scientifique sur les OGM et leurs impacts potentiels sur l'environnement et la santé.

Le Sénégal a signé et ratifié en octobre 2003 le Protocole de Cartagena qui vise à assurer un niveau de protection adéquat pour le transfert, la manipulation et l'utilisation sans danger d'OGM de manière à prévenir ou à réduire les risques pour la diversité biologique et en tenant compte également des risques pour la santé humaine.

##### ***IV.1 Protocole de Cartagena***

Le principe qui sous-tend les directives du protocole de Cartagena est le **principe de précaution** qui requiert l'**accord préalable en connaissance de cause** selon l'article 15 de la Déclaration de Rio. Les directives de ce protocole émanent de la prise de conscience que les biotechnologies se développent rapidement et le grand public est de plus en plus inquiet face aux répercussions au niveau de la biodiversité (centres de diversification), mais aussi au niveau de la santé humaine. Cependant le protocole reconnaît le potentiel qu'offre la biotechnologie pour le bien-être de l'humanité (santé, agriculture, environnement) mais pour cela, elle doit être utilisée de manière rationnelle et dans les conditions de sécurité satisfaisantes pour l'humanité.

Le PNUE-FEM prévoit pour l'entrée en force du Protocole de Cartagena la mise en place d'un ensemble de mesures visant à faciliter l'application des dispositions du protocole.

##### ***IV.2 Cadre législatif national***

Un Projet de décret sur le contrôle de l'utilisation et de la dissémination des organismes

génétiqnement modifiés au Sénégal est en cours de signature.

Les modalités de la régulation globale s'articulent au niveau international (Protocole de Carthagène, *Codex Alimentarius*), au niveau régional (nécessité d'une harmonisation régionale, loi modèle africaine sur la sécurité en biotechnologie), au niveau national (rôle incitatif et régulateur du gouvernement, législation appropriée sur la biosécurité, les étapes d'un cadre national administratif biosécuritaire) sans oublier la production avec des objectifs de sécurité alimentaire.

Le cadre institutionnel de régulation comprend différents acteurs :

- 1 - le point focal de biosécurité,
- 2 - l'autorité compétente en collaboration avec les différents départements ministériels : Ministère chargé de l'Environnement, Ministère chargé de l'Agriculture, Ministère chargé de la Santé, Ministère chargé du Commerce, Ministère chargé de l'Education - Universités et Instituts de recherche),
- 3 - le Comité National de Biosécurité, avec deux Commissions :
  - a) la Commission biomoléculaire – composée d'experts en biologie moléculaire, génie génétique, microbiologie, immunologie, biochimie, toxicologie) ;
  - b) la Commission de Dissémination — scientifiques, biotechno-logues, juristes, groupements professionnels, représentants des Associations de protection de l'environnement, consommateurs),
- 4 - le Comité public biosécuritaire (Import / Export, Transport / Manutention, Information / Communication, Agences de développe-ment agricole, ONG, Organisations de filières des producteurs - CNCR, Producteurs).

Les prises de décisions à l'échelle nationale, l'évaluation des impacts biosécuritaires et le suivi des applications à tous les niveaux, la participation du public aux prises de décision nationale et l'information du public lui permettant d'avoir un choix avisé sont, entre autres facteurs, les clefs qui garantiront un cadre biosécuritaire idoine en harmonie avec tout ce qui existe au niveau régional, voire même international.

A la suite de l'atelier PNUE-FEM de consultation nationale sur le cadre réglementaire organisé du 21 au 24 janvier 2004, l'urgence est apparue :

- de procéder rapidement à l'élaboration et à la finalisation d'un texte juridique qui prendra la forme d'un décret en attendant l'adoption ultérieure d'un projet de loi fixant la politique générale du gouvernement sur la gestion des produits OGM ; ce projet de décret est actuellement en cours de signature au niveau du Ministère chargé de l'Environnement ;
- de sensibiliser les ministères compétents sur l'urgence attachée à la création d'une autorité nationale de biosécurité dont la composition et les compétences seront fixées par le décret relatif à la gestion des produits OGM ;
- d'inviter tous les groupes et acteurs potentiels à prendre part à la dynamique suscitée par l'élaboration de ce cadre réglementaire sur la gestion des produits OGM.

### ***IV.3 Cadre régional***

Au niveau régional, le Sénégal participe à l'élaboration d'un plan d'action visant à structurer et à organiser la recherche en biotechnologies et à créer un environnement favorable à une bonne évaluation et une gestion optimale des risques liés à l'utilisation des OGM.

Ce cadre de concertation est effectué sous l'égide du CORAF/WECARD qui regroupe 25 pays de la sous-région ; dans cette initiative, il s'agit de regrouper les compétences disséminées au sein des structures de recherche et de développement et qui participent à l'acquisition et au partage de

connaissances fondamentales mais aussi à la maîtrise de techniques nécessaires à la création et à l'identification d'OGM.

L'objectif clairement affiché est de participer de manière collective à l'élaboration d'un environnement favorable pour les Africains afin qu'ils ne soient plus consommateurs de biotechnologies, mais qu'ils puissent proposer des solutions biotechnologiques alternatives nouvelles basées sur les besoins réels exprimés par les populations tout en sauvegardant la biodiversité naturelle.

## V. Information et sensibilisation

Les produits issus d'organismes génétiquement modifiés constituent de plus en plus une part importante dans le marché des produits agricoles et agroalimentaires ; dès lors, il paraît important de sensibiliser les populations sur les stratégies à mettre en œuvre pour en tirer le plus large profit tout en s'assurant de la préservation des ressources naturelles et de la santé humaine.

Ce volet est le premier acte concret vers une vision commune du type d'agriculture que nous souhaiterions voir se développer au Sénégal.

Dans ce processus, il faudra impliquer la société civile *i.e.* les ONG, les associations de consommateurs etc. Un large débat devra s'instaurer pour fournir l'information la plus juste afin que la biodiversité puisse être conservée et utilisée de manière durable tout en protégeant les droits de sénégalais à une nourriture plus saine.

L'évaluation et le contrôle des mouvements d'OGM devront être pris en charge aussi bien par les gouvernants, les ONG que par les associations paysannes et de consommateurs.

## VI. Conclusions

Le Sénégal s'est engagé à élaborer un cadre réglementant la biotechnologie et la biosécurité compte tenu des enjeux scientifiques et économiques importants et de l'orientation politique du gouvernement résolument tourné vers le développement d'un secteur économique basé sur les produits agricoles. Cet engagement devra nécessairement s'accompagner d'un environnement favorable à la capitalisation et à l'émergence du potentiel scientifique et technique sans doute le plus important de toute l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

Les produits issus d'organismes génétiquement modifiés constituent de plus en plus une part importante dans le marché des produits agricoles et agroalimentaires ; il apparaît dès lors important de sensibiliser sur les stratégies à mettre en œuvre pour en tirer le plus large profit tout en s'assurant de la préservation des ressources naturelles et de la santé humaine. A cet égard, il semble nécessaire de prendre en compte tous les facteurs suivants :

*A. Les produits biotechnologiques sont, à l'heure actuelle, essentiellement des produits importés des pays développés en raison de l'insuffisance de la production nationale. Les mesures à prendre en conséquence sont :*

- A la suite de la ratification du Protocole de Cartagena, la législation mise en place par le Sénégal sur les Organismes génétiquement modifiés, permettra de mettre en œuvre une procédure juridique et administrative capable de contrôler l'entrée et la circulation des OGM au Sénégal.
- Si une législation permet de mettre en place un cadre réglementaire, son application dépendra essentiellement de la compréhension que les principaux acteurs et utilisateurs ont de sa finalité ; dès

lors que les objectifs poursuivis ainsi que les voies et moyens pour atteindre ces objectifs clairement définis et reconnus et acceptés par les différentes parties, son application sera facilitée. La mise en place d'une stratégie fondée essentiellement sur la communication est nécessaire pour faire appliquer ces règlements.

- L'harmonisation de ce règlement avec ceux des pays frontaliers pour éviter la dissémination incontrôlée dans les pays limitrophes.
- Le développement de la recherche biotechnologique pour qu'elle réponde aux besoins spécifiques des agriculteurs par une orientation de notre système de production vers la garantie de la sécurité alimentaire en modernisant et diversifiant l'agriculture.

*B. L'absence d'informations objectives sur la nature des OGM, sur leurs impacts potentiels socio-économiques sur l'agriculture et l'environnement, pour cela il sera nécessaire de :*

- sensibiliser les décideurs, la société civile et surtout les agriculteurs qui produisent ce que nous consommons et les associations de consommateurs, sur la nature des OGM utilisés comme semences et de leurs répercussions possibles sur l'agro-biodiversité avec le souci d'utiliser les moyens de communication appropriés (écrit, audiovisuel, oral),
- mettre en place des mesures conservatoires pour pérenniser les ressources génétiques (banques de gènes, parcs naturels, aires protégées),
- mettre en place un cadre réglementaire qui permettra de protéger les droits de propriété intellectuelle des paysans sur les plantes autochtones et les variétés cultivées.

L'ensemble de ces dispositions devra permettre à terme, de réorienter notre politique nationale agricole, mais aussi d'assurer une veille citoyenne sur les OGM et sur notre biodiversité.

Les organisations de développement à la base ont un rôle important à jouer car elles sont très proches des populations ; elles pourront encadrer, suivre et conseiller les populations quant au choix des semences appropriées, à la gestion des risques éventuels.

La communication est le facteur déterminant qui engage tout un ensemble d'acteurs agriculteurs, chercheurs, décideurs, pouvoir public, sociétés privées, organisations de la société civile, communicateurs.

## Note sur la bioéthique et les biotechnologies en Afrique

Cette note brève propose quelques remarques générales, formulées de manière lapidaire, ainsi que des éléments bibliographiques utiles pour les débats sur la bioéthique et les biotechnologies en Afrique.

Comme l'inventeur du terme l'a bien souligné, la bioéthique est née d'une réflexion sur la responsabilité sociale des scientifiques, qui est sans doute plus antérieure à l'invention du terme même. Un sociologue comme Max Weber a proposé en 1919, juste après la Première Guerre mondiale, ses essais sur le savant et le politique<sup>1</sup>. Mais la bioéthique s'est développée avec les progrès considérables des savoirs dans le domaine de la biologie et des sciences en général. Van Rensselaer soulignait ainsi, avec son ouvrage majeur, que la bioéthique se situe au carrefour des sciences biologiques et des sciences humaines et évalue tous les enjeux du développement prodigieux des savoirs.

Le terme bioéthique apparaît en 1970 dans un article de Van Rensselaer Potter, "*Bioethics, the Science of Survival*" qui est repris dans l'ouvrage daté de 1971, *Bioethics: Bridge to the Future*. Le terme est adopté l'année suivante lors d'une conférence de l'Académie des Sciences de New York sur la responsabilité sociale des scientifiques. « Frappé par le développement rapide des connaissances biologiques et le retard des réflexions théoriques les accompagnant, Van Rensselaer Potter estime nécessaire la création d'une science nouvelle — une science de la survie — qui repose sur l'alliance du savoir biologique et des sciences humaines. Le fossé existant entre ces deux cultures, estime Potter, rend urgent d'établir un pont entre elles à travers la création de la bioéthique, dont le savoir devra être d'un ordre pratique (relevant de la sagesse pratique). Potter revendique pour cette science nouvelle des champs d'applications multiples englobant la démographie, l'écologie, la vie animale et végétale ainsi que le bien-être de l'humanité et la survie de l'espèce humaine. Cette nouvelle science devrait, à ses yeux, dépasser la dimension du bien-être individuel pour se pencher — dans un effort interdisciplinaire — sur les enjeux sociaux, économiques, politiques et culturels des développements scientifiques. De manière générale, on peut donc définir dès son origine la bioéthique comme une réflexion interdisciplinaire qui porte sur les enjeux éthiques des progrès des sciences biomédicales. Cette définition se distingue des définitions classiques des mots morale, déontologie et éthique, auxquelles la bioéthique se réfère néanmoins » (Benaroyo 2003).

Dès l'adoption du terme, la bioéthique traite des effets du développement des sciences et des technologies sur l'environnement des sociétés humaines qui peuvent bénéficier et/ou pâtir des progrès scientifiques. Dans le contexte récent, une accélération s'est produite alors que les innovations peuvent être diffusées beaucoup plus rapidement dans un monde "globalisé". S'est donc affirmée une conscience nouvelle que les problèmes sont globaux et exigent un développement de la réflexion éthique autant dans les pays du Nord que dans ceux du Sud<sup>2</sup>.

Les questions abordées par la bioéthique se posent dans divers champs du savoir — tels que la santé, l'environnement, l'économie, l'entreprise — où des pouvoirs sont associés à la maîtrise des savoirs. Les scientifiques et l'homme sont interpellés pour réfléchir à la dimension éthique des progrès techniques et scientifiques qui concernent toute l'humanité et son devenir. « Ce questionnement

---

<sup>1</sup> La première traduction française de ces essais ne sera publiée qu'en 1959, dans un contexte de réflexion sur le rôle des savants après la Deuxième Guerre mondiale et l'utilisation de l'arme atomique.

<sup>2</sup> Cette partie est largement inspirée par la contribution d'Armelle Bouvet, sur *Le questionnement bioéthique* (2004).

consiste à clarifier le développement des connaissances et des pratiques et leurs limites (jusqu'ou aller ? tout est-il possible ?) et en leurs enjeux. En effet, si on voit combien la technique englobe beaucoup plus que la médecine et la recherche, en même temps elle lui fait opérer un saut qualitatif de deux points de vue :

*En capacité opératoire* : il est désormais possible à l'homme d'agir sur lui-même en sa constitution biologique.

*En capacité de connaissance* : par exemple, les connaissances acquises dans le domaine du génome humain ou des neurosciences ne sont pas sans influencer les représentations que l'homme se fait de lui-même et des relations entre les humains » (Bouvet 2004).

La bioéthique pose des questions philosophiques — qui sont bien plus anciennes que l'invention du concept — sur l'être humain, son inscription dans des sociétés plurielles, sur les frontières de la vie et de la mort, sur le bien et le mal, sur les échanges entre les personnes et entre les sociétés. Des données scientifiques nouvelles rendent cependant beaucoup plus ardues la question des frontières, à cause des connaissances nouvelles produites par les technosciences et largement utilisées dans les sociétés, en particulier par les biologistes et les médecins, mais aussi par les décideurs politiques et économiques. La définition de la vie et de la mort est mise en questions dans les pratiques d'une "médecine qui « refroidit » les embryons et « réchauffe » les cadavres (maintien pour le prélèvement d'organes)". L'enjeu de la bioéthique n'est pas seulement de définir les frontières du vivant, mais plutôt de penser et de s'interroger sur les pratiques médicales <sup>1</sup>.

« Le débat bioéthique met donc en œuvre les trois niveaux de la personne, de la technique et du politique. Certes des questions spécifiques se posent dans le domaine de la recherche mais en montrant, à partir de ces questions, comment elles portent des interrogations touchant à ces trois niveaux, il s'agira de situer l'éthique de la recherche au cœur d'une réflexion éthique fondamentale. La recherche définit certes un secteur privilégié d'interrogation éthique, mais elle n'en reste pas moins en connexion intime avec l'ensemble de l'activité humaine contemporaine. Cette dimension éthique, au cœur de la recherche, serait une manière particulière pour le chercheur de s'interroger sur ce qu'il est, sur les fondements qu'il veut donner à sa pratique et au projet de vivre ensemble qu'il veut promouvoir avec ses semblables.

... On peut noter d'emblée cette particularité de la bioéthique de se tenir au croisement entre les questions très concrètes posées à l'occasion de l'application des progrès scientifiques et les interrogations fondamentales portant sur l'impact de ces progrès en termes de représentations de l'humain. La globalité de cette interrogation manifeste la nécessité d'un débat interdisciplinaire convoquant philosophes, chercheurs, juristes, sociologues, médecins, psychologues, économistes, théologiens... et dont l'approche chercherait à considérer l'homme dans la globalité de son humanité. La bioéthique n'est donc pas une nouvelle discipline à proprement parler mais une démarche de réflexion interdisciplinaire, globale, systémique et pluraliste » (Bouvet 2004).

## **La codification sanitaire et les réflexions bioéthiques : un hiatus Nord-Sud**

### ***Au Nord***

L'évolution sanitaire et le développement de la recherche biologique a suscité dans les pays du Nord des réactions sociales fortes ainsi que des changements majeurs dans le domaine de la codification sanitaire et dans le développement des réflexions éthiques. Elle a fait l'objet de débats sociaux et politiques qui ont suscité des évolutions législatives majeures, avec une redéfinition des

---

<sup>1</sup> Dans sa Leçon inaugurale du DEA de Droit de la Santé à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, sur "Les usages du corps", Pierre Lunel invitait à considérer l'évolution des critères de définition de la mort, qui peuvent amener à affirmer que beaucoup de morts vivants ont été, et sont sans doute encore aujourd'hui enterrés.

droits et des devoirs des professionnels de la santé comme des patients, mais aussi avec des législations sur la bioéthique, le génome, les techniques médicales utilisant les biotechnologies de pointe, pour affirmer les droits des personnes.

En France, l'évolution législative accélérée, avec l'adoption de la loi du 4 mars 2002 relative aux droits des personnes malades et à la qualité du système de santé, peut être considérée comme une résultante des débats engagés autour de l'affaire du sang contaminé. Cette loi affirme le droit fondamental à la protection de la santé au bénéfice de toute personne. Elle stipule que « Le droit fondamental à la protection de la santé doit être mis en œuvre par tous les moyens disponibles au bénéfice de toute personne. Les professionnels, les établissements et réseaux de santé, les organismes d'assurance maladie ou tous autres organismes participant à la prévention et aux soins, et les autorités sanitaires contribuent, avec les usagers, à développer la prévention, garantir l'accès égal de chaque personne aux soins nécessités par son état de santé et assurer la continuité des soins et la meilleure sécurité sanitaire possible » (*Code de la santé publique* 2003 : 2-3).

Les débats au sein des instances éthiques reconnues et à l'occasion du travail d'élaboration des lois nouvelles sont publics, alors que l'action des associations et organisations de la société civile traduit des transformations fondamentales : l'utilisation des biotechnologies est désormais inscrite ici dans un cadre juridique, qui reste en évolution, mais n'est plus possible sans discussion dans les institutions de recherche et en dehors de régulations par les instances éthiques indépendantes.

### *Au Sud, en Afrique*

En Afrique, des maladies anciennes — dont avait annoncé l'éradication et la disparition proche — ont resurgi ou sont devenues plus redoutables, avec les résistances médicamenteuses qui se sont multipliées. Le paludisme est un cas exemplaire de maladie promise il n'y a pas si longtemps à l'éradication, mais qui hélas résiste cruellement. D'autres maladies nouvelles ou de nouvelles formes de maladies se sont manifestées et constituent un paysage inquiétant où l'épidémie du sida domine. Cette épidémie est un des défis majeurs de l'Afrique contemporaine. Des millions d'hommes, de femmes et d'enfants sont affectés et n'ont pas accès aux médicaments pourtant disponibles : alors que les découvertes scientifiques et les succès passés de la biomédecine avaient été "transférés" et mis à la disposition des anciennes populations colonisées pour faire reculer la mortalité, on a assisté avec le sida à un abandon des pays à faibles ressources et à des régressions démographiques pour lesquelles il faudra établir les causes et situer les responsabilités. L'épidémie pose en outre des problèmes spécifiques dans un contexte de crises beaucoup plus vastes et de problèmes économiques exacerbés dans des contextes où le droit et l'Etat sont souvent faibles. Elle commence à peine à faire l'objet de débats sociaux et politiques en Afrique subsaharienne, où par ailleurs les législations dans le domaine de la santé restent souvent inexistantes ou inappropriées, ce qui traduit en réalité des impuissances fondamentales et une non-reconnaissance des droits à la santé et à la vie.

Alors que de nombreuses recherches biomédicales passées ont été réalisées en Afrique et ont été à l'origine de découvertes importantes — en particulier la mise aux points de vaccins qui ont été à l'origine d'un recul de la mortalité et des débuts de la transition démographique sur tout le continent, avant l'apparition du sida —, on a assisté à un développement considérable des recherches, souvent menées par des institutions de recherche du Nord, mais avec d'importantes collaborations locales, dans plusieurs pays dont le Sénégal. Les recherches menées dans certaines disciplines biomédicales — la virologie en particulier — ont été privilégiées, et on peut retenir en particulier le cas du sida qui est moins exemplaire ici qu'il l'a été dans les pays du Nord où il a suscité des débats éthiques et des évolutions marquées dans les pratiques biomédicales.

Les considérations éthiques générales et spécifiques sur les recherches biomédicales dans les pays du Sud interviennent dans un contexte d'absence de codifications sanitaires appropriées, et l'absence particulière de réflexions et de débats sur les questions éthiques peut être interprétée comme une conséquence d'une lacune plus fondamentale. On note par ailleurs, ce développement considérable des réflexions sur les questions éthiques dans les pays du Nord, visible à travers les publications et les débats qui ont entouré et entourent encore la révision des textes existants et l'adoption des dispositions

nouvelles, voir la refonte des Codes de la santé. On peut constater ce “fossé” à partir du résultat d’une interrogation faite récemment, sur la base de données *Medline*, en proposant les mots-clés suivants :

Bioethics				10 844
Bioethics	&	Africa		96
Bioethics	&	Senegal		1
Ethics				96 972
Ethics	&	Africa		1 116
Ethics	&	Senegal		18
Ethics	&	Medicine		20 395
Ethics	&	Medicine	& Africa	249
Ethics	&	Medicine	& Senegal	3

Ce tableau est éloquent et manifeste les faiblesses des réflexions sur les thèmes éthiques et sur les questions légales en Afrique : un pourcentage presque constant d’à peine 1 % des études mentionnées. Il faut ajouter qu’un examen des références révèle qu’il s’agit très souvent de documents signés par des chercheurs du Nord qui ont mené leurs recherches dans les pays du Sud et qui constituent soit une énonciation de principes éthiques pour la recherche dans les pays du Sud, soit une justification ou une réponse à des mises en cause de recherches pour non-respect de principes éthiques. On remarque enfin à la lecture du tableau et à l’analyse des références mêmes que la place des questions bioéthiques est restée faible au Sénégal, moindre que dans certains pays anglophones où les contributions sont plus nombreuses. Un contraste accusé existe entre l’abondance des travaux scientifiques réalisés au Sénégal sur les VIH et le sida, et les publications abordant des questions éthiques et bioéthiques.

Une confirmation de ce constat peut être obtenue par une consultation du *Recueil International de Législation Sanitaire*, publié par l’OMS à partir des renseignements obligatoires obtenus par les pays membres à propos de l’évolution des législations sanitaires nationales : il n’y a que trois pays qui ont adopté des textes évoquant les questions bioéthiques et un seul qui a un véritable texte un peu spécifique... Il y a là aussi un contraste saisissant entre les textes internationaux, en particulier les textes sur la bioéthique et le génome, élaborés sous l’impulsion de l’Unesco et dans le cadre d’institutions internationales — où des grands principes sur l’usage des biotechnologies sont affirmés sans que les questions posées par leur utilisation en Afrique soient suffisamment prises en compte — et les textes nationaux qui restent souvent totalement absents.

Si certains pays ont procédé à la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique et du Protocole sur la Biosécurité, il n’y a pas eu une véritable appropriation de ces deux traités internationaux qui visent d’une part à protéger les ressources biologiques et d’autres part à prévenir les risques environnementaux et sanitaires liés en particulier à la culture et au commerce des OGM. Précisons que ces textes, limitant le champ de la marchandisation des ressources génétiques, peuvent représenter des contre-pouvoirs à d’autres traités, comme ceux de l’OMC et de l’Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI). En Afrique, l’Accord de Bangui révisé sur la protection des obtentions végétales, ne prend cependant pas en compte les droits des agriculteurs et des communautés locales et impose un système de privatisation du vivant. La question posée à la fois aux savants et aux communautés est de savoir comment gérer les contradictions entre une logique de précaution d’une part et, d’autre part une logique libérale ?

Une approche complémentaire renforce ce constat relatif à l’existence de débats sur l’éthique et la bioéthique, en notant, selon les aires linguistiques, des disparités qui résultent en partie de l’histoire. Ainsi, lorsqu’on considère une série d’initiatives, prises au cours de la dernière décennie, d’origines diverses, on constate que le monde anglophone a été en première ligne. Dans ces réalisations, on constate la part faible des chercheurs français dans les publications, et dans les réunions déjà tenues

pour développer la réflexion sur les questions éthiques, et un rôle dominant des anglophones dans la mise en place de réseaux à objectifs de formation et de renforcement des capacités, qui sont implantés en Afrique et sont soutenus par les organismes et agences de développement des Nations Unies (PNUD, OMS, Unesco, Onusida), d'Amérique (USAID, FHI) ou d'Angleterre. Le Canada tient un rôle important, avec le Réseau juridique VIH/Sida "Aidslaw", qui est malheureusement peu connu dans les pays africains francophones. Il a fallu attendre mai 2002 pour voir la publication par l'Agence Nationale de recherche sur le Sida française (ANRS) de la *Charte d'éthique de la recherche dans les pays en développement*. Le 18-19 mars 2004 ont eu lieu à Lyon les toutes "Premières journées francophones d'éthique interculturelle". Avec le soutien de la Communauté européenne, une initiative nouvelle va permettre la création d'un réseau "Network on Bioethics in Biomedical Research in Africa" (NEBRA) qui est en cours de constitution et dont les objectifs des deux premières années consisteront à identifier l'existant et les besoins pour élaborer à partir de là un programme de renforcement des capacités.

Il est donc à exiger que soient créés de véritables lieux de débats sur les questions posées par l'utilisation des biotechnologies en Afrique, qui est parfois largement clandestine, ou du moins qui est insuffisamment visible et risque donc de conduire à des dérives. Il est donc très urgent que des instances soient mises en place, ou très largement renforcées, pour veiller à l'élaboration des normes juridiques et para-juridiques appropriées face aux risques d'atteintes multiformes aux droits fondamentaux des personnes et de l'espèce humaine en général. Il convient ainsi de développer des actions de formation et d'information, et de favoriser les interactions entre les scientifiques et les sociétés où ils effectuent leurs recherches. Pour empêcher, en fin de compte, que l'Afrique devienne effectivement (encore plus ?) un laboratoire de "cobayes", que les ressources de la biodiversité soient accaparées au détriment des paysans et des détenteurs de savoirs africains, et que le développement des biotechnologies, loin de servir vraiment à nourrir et à guérir, ne serve qu'à renforcer l'écart entre des riches et l'immense majorité des pauvres.

### Bibliographie <sup>1</sup>

- Ambroselli Claire, Melot Michel, Spire Antoine (éds.), 1988, *Éthique médicale et droits de l'homme*. Arles/Paris, Actes Sud/Inserm.
- Babou Alioune, 2000, *Science et éthique. Pour une fondation de la bioéthique*. Dakar, UCAD-FLSH, DEA, Département de Philosophie, IV-33 p.
- Baud Jean-Pierre, 2001, *Le droit de vie et de mort. Archéologie de la bioéthique*. Paris, Aubier.
- Benaroyo Lazare, 2003, Les outils de l'éthique. Concepts de base. Séminaire Interfacultaire d'Éthique Biomédicale (SIEBM) 5 p.  
[[http://www2.unil.ch/ipharm/enseignement/1\\_L\\_Benaro.pdf](http://www2.unil.ch/ipharm/enseignement/1_L_Benaro.pdf)]
- Bernard Jean, 1994, *La bioéthique*. Paris, Flammarion.
- Bévière Bénédicte, Bourgault-Coudevyille Dorothée, Huriet Claude, Renard Jean-Paul *et al.*, 2003, *Bioéthique : les questions. Regards sur l'actualité 291*. Paris, Documentation française.
- Boitte Pierre, Cadoré Bruno, Jacquemin Dominique, Zorrilla Sergio, 2002, *Pour une bioéthique clinique*. [Les Savoirs mieux]. Lille, Presses Universitaires du Septentrion.

---

<sup>1</sup> Les titres d'ouvrages et d'articles, ainsi que les documents et ressources internet cités dans cette bibliographie peuvent orienter et faciliter l'accès à une littérature très abondante, où, hélas, les publications dues aux auteurs africains restent encore très rares.

Nous tenons à la disposition des personnes intéressées un certain nombre de documents, non cités ici, parus sur support informatique. La consultation de la plupart des ouvrages cités est possible à la Bibliothèque Universitaire de l'UCAD, où un fonds a été constitué, ou auprès des responsables de DEA de Droit de la Santé (Faculté des Sciences Juridiques et Politiques, de l'UCAD).

- Bonnet Doris (éd), 2003, *L'éthique médicale dans les pays en développement*. N° spécial *Autrepart*, 28. Paris, IRD.
- Bouvet Armelle, 2004, Le questionnement bioéthique. Centre d'éthique médicale de Lille [Document internet : [http://www.genopole-lille.fr/fr/domaines\\_transverses/ethique/AB\\_conf\\_bioethique.html](http://www.genopole-lille.fr/fr/domaines_transverses/ethique/AB_conf_bioethique.html)]
- Canto-Sperber Monique (éd), 2001, *Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale*. Paris, PUF.
- Cheyron Patrick du, Leclerc Françoise (éds), 2002, *Ethique médicale et biomédicale. Débats, enjeux, pratiques*. Préface de Jean-François Mattei. N° spécial *Revue française des affaires sociales*, 56, 3, juil.-sept. 2002. Paris, Documentation française.
- CNER (Comité national d'évaluation de la recherche), 2002, *Recherche sur l'animal et la santé de l'homme*. Paris, Documentation française, 320 p.
- De Forges Jean-Michel de, Truchet Didier, Penneau Jean, Viala Georges, Fouassier Eric, 2003, *Code de la santé publique. Code de l'action sociale et des familles*. 17<sup>e</sup> édition. [Annotations par...]. Paris, Dalloz, LXVI-2616 p. *Addendum*, 36 p.
- Dinechin Olivier de, Gentil-Baichis Yves de, 1997, *L'homme de la bioéthique*. Paris, Esculape - Desclée de Brouwer.
- Espace Ethique de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, 1999, *Espace éthique : Pratiques hospitalières et lois de bioéthique. Perspectives de révisions des lois du 29 juillet 1994*. Paris, Doin/Assistance publique hôpitaux de Paris, VII-167 p.
- Ewald François, Gollier Christian, Sadeleer Nicolas de, 2001, *Le principe de précaution*. [Que Sais-Je ?]. Paris, PUF.
- Fagot-Largeault Anne, 2002, « Éthique médicale et biomédicale : une éthique appliquée », [ : 291-294], in Cheyron Patrick du, Leclerc Françoise (éds), *Ethique médicale et biomédicale*. Paris, Documentation française.
- Fassin Didier, 2000, « Entre politiques du vivant et politiques de la vie. Pour une anthropologie de la santé », *Anthropologie et sociétés*, 24, 1, p. 95-116. Montreal.
- Feuillet-Le Mintier Brigitte, 2002, « Normes nationales et internationales en bioéthique », [ : 17-30], in Cheyron Patrick du, Leclerc Françoise (éds), *Ethique médicale et biomédicale*. Paris, Documentation française.
- Feuillet-Le Mintier Brigitte (éd.), 2003, *Normativité et biomédecine*. Paris, Economica.
- Floscheidt Dominique, Feuillet-Le Mintier Brigitte, Mattei Jean-François (éds), 1997, *Philosophie, éthique et droit de la médecine* (Thémis). Paris, PUF.
- Foucher Karine, 2002, *Principe de précaution et risque sanitaire. Recherche sur l'encadrement juridique de l'incertitude scientifique*. Préface de Raphaël Romi. Paris, L'Harmattan.
- Fox Keller Evelyn, 2003, *Le siècle du gène*. Paris, Gallimard.
- Guèye Marième, 1994, *Réalités pratiques et conditions de légitimité juridique, religieuse et éthique d'actes médicaux particuliers : l'autopsie, les transplantations d'organe, la contraception, la procréation médicalement assistée, l'interruption volontaire de grossesse, l'euthanasie*. Dakar, UCAD, Thèse de Médecine n° 29
- Hirsch Emmanuel, Ferlender Paulette (éds), 2001, *Espace éthique. Droits de l'homme et pratiques soignantes. Textes de référence : 1948-2001* (2<sup>e</sup> édition). Paris, Doin / Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, XXII-390 p.
- Kourilsky Philippe, Viney Geneviève, 2000, *Le principe de précaution. Rapport au Premier Ministre*. Paris, Odile Jacob - Documentation française.
- Lecourt Dominique, 2003, *Humain, posthumain*. Paris, PUF.
- Lenoir Noëlle, Mathieu Bertrand, 1998, *Le droit international de la bioéthique (Textes)*. [Que Sais-Je ?]. Paris, PUF.
- Lenoir Noëlle, 2001, « Droit international et bioéthique » [ : 329-333], in Hirsch Emmanuel, Ferlender Paulette (éds), *Espace éthique. Droits de l'homme et pratiques soignantes. Textes de référence : 1948-2001*, Paris, Doin / Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, XXIV-390 p.

- Lepage Corinne, Guery François, 2001, *La politique de précaution*. Paris, PUF.
- Mattei Jean-François (éd), 2001, *Le génome humain*. Strasbourg, Conseil de l'Europe.
- Moulin Anne-Marie, 1991, *Le dernier langage de la médecine. Histoire de l'immunologie de Pasteur au Sida*. Paris, PUF.
- Moulin Anne-Marie (éd), 1996, *Médecines et santé. Les sciences hors d'Occident au XX<sup>e</sup> siècle*, volume 4. Paris, ORSTOM.
- Noble Denis, Vincent Jean-Didier (éds), 1998, *L'éthique du vivant*. Paris, UNESCO.
- Nuffield Council on Bioethics, 2002, *Pays en développement. L'éthique de la recherche dans le domaine des soins de santé*, London, Nuffield, 28 p.
- Öztürk Mehmet, 2001, *Rapport du CIB sur la solidarité et la coopération internationale entre pays développés et pays en développement concernant le génome humain*, Paris, Unesco.
- Prétentaine, 2000, *Le vivant* N° thématique, *Prétentaine*, 14-15. Montpellier, Université Montpellier III.
- Rameix Suzanne, 1996, *Fondements philosophiques de l'éthique médicale*. Paris, Ellipses.
- Ruffié Jacques, 1993, *Naissance de la médecine prédictive*. Paris, Odile Jacob.
- Sadeleer Nicolas de, 1999, *Les principes du pollueur-payeur, de prévention et de précaution. Essai sur la genèse et la portée juridique de quelques principes du droit de l'environnement*. Bruxelles, Bruylant.
- Salat Baroux Frédéric, Salat-Baroux Jacques, 1998, *Les lois de bioéthique 1998*. Paris, Dalloz.
- Seuret Franck, Brac de la Perrière Robert Ali, « L'Afrique refuse le brevetage du vivant. Ne plus subir un droit prédateur », *Monde Diplomatique*, juillet 2000, p. 24
- Sève Lucien, 1994, *Pour une critique de la raison bioéthique*. Paris, Odile Jacob.
- Testart Jacques, 2003 (2000), *Le Vivant manipulé*. Paris, Sand.
- UNESCO, 2003, *Comité intergouvernemental de bioéthique (CIGB). Troisième session. Actes*. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 2002, *Comité International de Bioéthique de l'Unesco (CIB). 9<sup>e</sup> session. vol. 1. Actes*. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 2002, *Comité International de Bioéthique de l'Unesco (CIB) / International Bioethics Committee of Unesco (IBC). 9<sup>e</sup> session/9th session. Actes/Proceedings vol. 2*. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 2003, *La bioéthique un enjeu international. Actes de la Table Ronde des ministres de la science*. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 2003, *La Bioéthique. Un enjeu international*. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 1997, *La déclaration sur le génome humain et les droits de l'homme : des principes à la pratique*. Préface de Matsuura Koïchiro. Paris, UNESCO.
- UNESCO, 1999, *Genèse de la Déclaration universelle sur le génome et les droits de l'homme*. Paris, UNESCO, 186 p.
- UNESCO, 2003, *Déclaration internationale sur les données génétiques humaines*. Paris, UNESCO, 12 p.
- Weber Max, 1963, *Le savant et le politique*. Paris, UGE.
- Document Dossier « Le Monde » articles de 2003, sur “Génétique et droits de l'homme” et “Banques ADN : qui contrôle quoi ?”. [Document Archives C. Becker]
- Inserm, Bibliographie “Brevetabilité et biotechnologies, brevetabilité et génome” [Document Archives C. Becker]
- GRAIN, 2004, *Dossier internet “Des brevets et des pirates : brevets sur la vie : le dernier assaut sur les biens communs”*. <http://www.grain.org/briefings/?id=144>
- Recueil de textes sur le copyleft, le partage du savoir et l'intelligence collective [Document Archives C. Becker]

**Sites internet intéressants avec des liens vers d'autres sites :**

- <http://www.chu-rouen.fr/ssf/bioethfr.html>
- <http://www.inserm.fr/ethique/Ethique.nsf/Titre/Sites+Internet?OpenDocument>

<http://www.hsph.harvard.edu/bioethics/>  
<http://www.irem.qc.ca/bioethique/francais/sites.html>  
[http://www.bibliotheques.uqam.ca/recherche/Thematiques/Et\\_mort/net\\_moeth.html](http://www.bibliotheques.uqam.ca/recherche/Thematiques/Et_mort/net_moeth.html)  
<http://www.ird.fr> (L'Institut, rubrique Déontologie et éthique)

#### **NRS**

Le CNRS vient de mettre en place son nouveau comité d'éthique et dispose également d'un comité opérationnel pour l'éthique dans les sciences de la vie. Pour toute information concernant l'un ou l'autre de ces comités, consultez le site :

<http://www2.cnrs.fr/band/254.htm>

Les travaux réalisés par son ancien comité, le COMETS, peuvent être consultés à l'adresse suivante :  
<http://www2.cnrs.fr/band/255.htm>

#### **Inra**

Le comité d'éthique et de précaution de l'INRA (COMEPRA), créé en 1998, réalise chaque année un rapport d'activité et a publié deux avis, l'un sur le partenariat et l'autre sur la brevetabilité du vivant. L'ensemble de ces informations est consultable à l'adresse suivante : <http://www.inra.fr/actualites/comepra>

#### **Inserm**

Créé en 1999, le site éthique et qualité en recherche est structuré en deux pôles : pôle qualité et pôle recherche biomédicale. Le site Ethique et qualité des recherches à l'Inserm (eqri) est à l'adresse : <http://www.inserm.fr/eqri>

#### **Unesco**

Le site propose deux parties : "Éthique des connaissances scientifiques et technologiques" d'une part et "Éthique du vivant" proposant un programme de bioéthique d'autre part. Les deux sont consultables sur : <http://www.unesco.org/ethics>

# Réflexions sur la bioéthique en Afrique

## Introduction

Défini comme l'ensemble des activités académiques et professionnelles visant à répondre aux questions soulevées par les progrès des sciences biologiques et leurs applications en médecine, le terme bioéthique est apparu en 1971 dans un volume intitulé *Bioethics: bridge to the future*, publié par un médecin américain du nom de Van Rensselaer Potter.

Il semble désigner à lui seul l'ensemble des problèmes éthiques posés à la biologie et à la médecine, sans qu'on sache généralement s'il s'agit d'une modification de l'éthique ou d'une nouvelle éthique. Constitue-t-elle une nouvelle discipline ou simplement un champ ?

On peut ainsi distinguer au moins trois directions de compréhension.

La première consiste à prendre le mot « bioéthique » au pied de la lettre en le définissant par son objet, désigné par le terme « bio », exactement comme on le fait pour la biochimie. Dans ce cas elle s'occupe « des seuls problèmes nés de la recherche dans les sciences de la vie et de la santé, et des pratiques nouvelles qui en résultent ». La bioéthique reste alors l'éthique et demeure une tâche de nature philosophique.

La deuxième manière de comprendre la bioéthique consiste, à l'inverse, à extraire le terme « bio » de sa condition subalterne d'indicateur d'objet pour lui accorder une fonction déterminante. Ainsi de même que le terme de « biomédecine » implique une biologisation de la médecine, le terme de « bioéthique » exprimera une biologisation de l'éthique, mais selon ce qu'on entendra par « bio », deux grandes options s'opposent :

— l'une, philosophique, mystique ou écologique, où la bioéthique sera la nouvelle discipline, faisant de la vie un tout englobant, et qui doit permettre à l'humanité de participer avec prudence à l'évolution biologique et culturelle du monde,

— l'autre option réduit cette « vie » à sa stricte réalité biologique. Ainsi greffée sur la biologie, la bioéthique tendra finalement à n'être qu'une « zoo-éthique ».

La troisième manière de comprendre la bioéthique, aujourd'hui dominante, se présente comme une sorte de compromis, qui évite de réduire la vie à sa seule dimension naturelle et la rationalité à la seule science biologique. Sur fond d'un dualisme âme-corps, on aura tendance à abandonner la part biologique de l'homme, une vie qui n'a plus rien de sacré, et à se concentrer sur la personne comme un site, un foyer de valeur inséré dans des représentations sociales.

La bioéthique sera donc avant tout vouée à remplir une fonction de régulation éthique, avec l'aide d'un faisceau de savoirs : sociologique, psychologique, anthropologique, religieux, déontologique et réglementaire : c'est un processus dynamique. En effet, cette bioéthique évolue selon ces différents savoirs et s'impose au dialogue médecin-malade.

De l'époque, où le médecin totipotent, abandonné à sa seule conscience somme toute humaine, décidait de tout ce qu'il fallait faire ou ne pas faire, on est passé au stade où tout acte médical requiert un dialogue médecin-malade et une volonté commune de ces deux acteurs de faire au mieux pour le rétablissement du patient. Ce patient vit dans un environnement culturel, religieux, sociologique et psychologique particulier, qui va commander sa collaboration avec le soignant. L'Afrique connaît, à ce titre, des spécificités inhérentes au découpage sociologique, culturel et religieux.

L'évolution des sciences et des technologies biomédicales engendre un besoin de réglementation de la pratique médicale. Cette évolution de la science doit être doublée d'une évolution de la société africaine, quantifiable par trois indicateurs :

- la naissance d'un pluralisme moral,
- la défense des droits de l'homme,
- l'évolution des attitudes face à la mort.

Le pluralisme moral est limité par l'organisation traditionnelle et légale de la famille africaine qui s'articule autour de l'Homme, qui en est le chef. Ce dernier réagit selon les valeurs acquises de ses ascendants, laissant peu de place à toute variation ou liberté dans le processus décisionnel. Chaque individu est régi selon un ascendant, une communauté, une ethnie, un guide religieux... Or, l'éthique voudrait, en sens inverse, non pas se fier à la seule conviction d'un homme, mais plutôt privilégier l'intérêt du groupe.

*Les deux questions fondamentales de la bioéthique sont :*

- Parmi les applications nouvelles « Que devrions nous permettre, tolérer et interdire ? »
- Parmi tous ces nouveaux pouvoirs « Comment décider de ce qui est permis, tolérable ou interdit ? »

Le dialogue, s'il existe, pour répondre à ces questions, se passe entre le médecin et le chef de famille. Les autres membres de la famille, la femme et encore moins les enfants, n'ont qu'une faible autonomie de la pensée, de la volonté. Et tout avis contraire à celui du chef de famille sonne comme une défiance envers ce dernier.

Les organisations de défense des droits de l'homme connaissent un regain d'activité, mais ces dernières restent loin du champ biomédical.

Enfin, l'Afrique garde un profond ancrage dans le traitement de la mort, qui garde de forts relents religieux, culturels et rituels. La recherche sur le cadavre devient une profanation.

Dans un souci de rationalisation et de systématisation, nous allons aborder la bioéthique en fonction de trois périodes :

- le début de la vie et la fin de la vie,
- pendant la vie, les menaces à la vie et à la santé.

La bioéthique étudie de manière analytique ces trois intervalles de la vie qui cependant reste un continuum.

## **I. Au début de la vie et à la fin de la vie**

### ***A. Les thèmes de bioéthique en début de vie sont :***

- la reproduction,
- l'avortement,
- le conseil génétique,
- le diagnostic prénatal

Nous les avons délibérément choisis, pour impulser la réflexion, ils ne sont pas limitatifs.

#### ***1. Les technologies de reproduction***

Les techniques de reproduction artificielle sont multiples. Le clonage humain en est le modèle le plus achevé.

La stérilité du couple est de plus en plus réglée par les techniques de fécondation in vitro. Ces techniques connaissent un essor au Maghreb et dans certains pays au sud du Sahara. Cette fécondation est intraconjugale, le plus souvent, permettant de maintenir le père génétique et le père social identiques. Des termes nouveaux apparaissent : père génétique, mère génétique, mère gestationnelle, parents sociaux ou adoptifs. L'identité génétique et sociale des enfants devient compliquée ne respectant plus les repères sociaux traditionnels et surtout religieux.

Ces techniques favorisent-elles ou menacent-elles le bien-être et le développement harmonieux des enfants ?

Est-il vraiment dans l'intérêt des femmes d'obtenir des grossesses après l'âge de 50 ans, ou est-ce plutôt une forme d'acharnement que de repousser sans cesse les limites de la nature ?

Les attitudes possibles vis-à-vis de ces questions peuvent être la tolérance assortie de surveillance, le rejet inconditionnel, ou la réglementation plutôt que l'interdiction.

L'avenir, en Afrique, concernera les fécondations avec donneur extraconjugal et les maternités de substitution. Il urge de prendre les dispositions éthiques et légales pour le bien-être de la population.

## **2. Avortement**

L'avortement est considéré dans nombre de pays africains comme un crime. Afin de déterminer si une action devrait être considérée comme un crime, nous devons nous demander :

- si l'action cause un préjudice grave à autrui,
- si elle viole de quelque façon nos valeurs fondamentales, à tel point qu'elle cause tort à la société,
- si nous sommes sûrs que les mesures nécessaires pour mettre en œuvre le droit pénal contre cette action ne violeront pas elles-mêmes nos valeurs fondamentales.

Après réponse affirmative à ces trois questions, nous pourrions croire que le droit pénal soit d'un apport substantiel à la solution du problème.

A la lumière de ces critères, l'avortement serait-il un acte criminel mais non de façon absolue ? Car, bien qu'étant interdite dans nos pays, que proposons-nous comme alternative à ces jeunes filles porteuses de grossesses non désirées, dont les cas les plus alarmants sont ceux des filles violées et les déficientes mentales ? Notre contexte socioculturel et religieux ne leur offre assurément aucune alternative que de se mettre en marge de nos valeurs et croyances.

Les difficultés sont aussi liées aux prérogatives des différentes parties pour la pratique de cet avortement. Qui devrait décider ? La femme enceinte ? Le conjoint ? Un tiers ? Les médecins ? Les juges ?

Pour cela il faut déterminer le statut du fœtus :

- le fœtus est-il un être humain dès sa conception ?
- le fœtus devient-il graduellement un être humain ?
- le fœtus ne devient-il être humain qu'à la naissance donc ne possède aucun droit avant ?

Il n'y a malheureusement pas d'options à l'heure actuelle. L'avortement serait-il la seule réponse aux grossesses non désirées ?

## **3. Conseil génétique**

L'objectif de ces techniques est d'aider les futurs parents à avoir des enfants en bonne santé. Il ne s'agit pas, par ce biais, de réduire le nombre d'enfants atteints par une maladie congénitale dans la population.

Les situations suivantes peuvent se présenter :

- la requête n'a aucun rapport avec la transmission d'une maladie héréditaire. *Ex.* le couple qui consulte seulement parce qu'il veut avoir précisément un garçon ou une fille. Le conseil génétique ne devrait pas se substituer à la sélection naturelle des gamètes.
- les conséquences psychologiques de la vérité. *Ex.* Caryotype Y pour une femme. Le couple consulte, mais le caryotype de la femme montre que malgré des organes génitaux externes féminins,

elle possède un caryotype de type masculin XY et probablement des organes génitaux internes en position ectopique. Quelles seront les conséquences psychologiques chez cette « femme » et la révélation de la vérité au couple ne risque-t-elle pas d'entraîner la séparation des conjoints ? Doit-on lui dire toute la vérité au risque d'affecter la perception que cette personne a d'elle-même et de sa vie ? — la confidentialité, les conseillers génétiques sont-ils autorisés à révéler des renseignements confidentiels à un tiers ? Un exemple permet d'illustrer ce problème. Jusqu'à ce qu'apparaissent les symptômes (entre 30 et 45 ans), les personnes porteuses du gène défectueux à l'origine de la Chorée de Huntington vivent une vie normale. La maladie entraîne une dégradation physique et mentale très importante qui débouche sur la mort après quelques années d'évolution. Les frères et sœurs d'une personne atteinte par la Chorée de Huntington ont 50 % de probabilité d'être porteurs du gène défectueux. Si la personne atteinte cache les résultats du diagnostic à ses frères et sœurs, le conseiller génétique doit-il les en informer ?

#### ***4. Le diagnostic prénatal***

L'objectif est d'avoir un enfant normal. Cela rend-il légitime le sacrifice d'un fœtus présentant une anomalie grave ? En Afrique, l'avortement ne se conçoit qu'en cas de menace de la santé et de la vie de la mère. Dans ce contexte, en cas d'anomalie, le diagnostic prénatal permet la prévision des soins appropriés à la naissance. Avec le développement des techniques, le diagnostic prénatal permet la prévention, le traitement et la guérison de nombre d'affections. A l'échelle macroscopique, le diagnostic prénatal permet le contrôle de la qualité de la population.

D'autres thèmes peuvent être étudiés dans le début de vie, mais ils ne sont pas d'actualité en Afrique. Ce sont la thérapie fœtale et la stérilisation des déficients mentaux.

#### ***B. A la fin de la vie***

A la fin de la vie, se pose la difficulté du passage de la vie à la mort. Et dans ce bref instant, peut-on disposer d'organes pour la prolongation de la vie d'un autre individu ? L'euthanasie est interdite et ne constitue donc pas pour le moment un problème éthique en Afrique, d'autant plus que le patient et sa famille influent peu sur la démarche médicale.

Pour les dons d'organes, conformément aux textes de l'Organisation Mondiale de la Santé, le corps humain et ses parties ne peuvent faire l'objet d'opérations commerciales. Il est interdit de faire la publicité pour demander ou offrir des organes contre rémunération.

Une controverse est liée à la vente des organes, facilitée par une offre largement inférieure à la demande. La tentation est alors grande de monnayer des organes, surtout de pays à faible revenu par habitant vers des pays plus riches.

## **II. Les menaces à la vie et à la santé ou bioéthique pendant la vie**

La bioéthique a trait ici à des problèmes comme :

- — l'infection par le VIH et le Sida,
- — les soins aux personnes âgées,
- — la recherche et l'expérimentation sur les humains.

#### ***1. Infection par le VIH et Sida***

L'infection par le VIH pose un problème initial de discrimination des personnes séropositives. Les séropositifs ont droit à la prise en charge médicale, malgré le risque que cela comporte pour les

praticiens. Les professionnels de la santé séropositifs ont le droit de poursuivre leur carrière et de préserver les patients. Mais qu'en est-il du chirurgien séropositif qui continue à opérer, en cachant son statut aux patients ? A-t-il le droit de leur faire courir un risque dont ils ne sont pas avisés ?

De même, le dépistage doit être secret et volontaire. Ce secret doit être opposé aux organismes de santé publique. Le médecin ne peut révéler la séropositivité ni à la famille ni à l'entourage, en porte-à-faux avec l'organisation familiale africaine. Le médecin est néanmoins tenu de donner toutes les informations nécessaires au patient, pour la connaissance de sa maladie et la préservation de son entourage.

Il demeure les demandes injustifiées de dépistage, notamment pour l'immigration ou lors de visites d'embauche qui ne sont pas acceptables sur le plan bioéthique.

Un fait vécu, il s'agit d'une femme de 24 ans qui consulte son médecin pour des symptômes reliés au rhume des foins. Elle lui demande s'il consentirait à examiner aussi son mari, qui souffre de fatigue chronique. Elle désire de plus subir un examen général parce qu'elle songe à avoir un enfant. Les tests de laboratoire effectués sur son mari, âgé de 31 ans, révèlent un déficit immunitaire ; il est atteint d'une lymphadénopathie généralisée (tuméfaction ganglionnaire au cou, aux aisselles, et à l'aîne) et il est séropositif pour le VIH. Le problème de confidentialité qui se pose est illustré par ces renseignements supplémentaires :

— le mari avoue au médecin qu'il a eu des relations avec de nombreux partenaires avant son mariage et qu'il continuait à en avoir à l'occasion,

— le médecin prévient son patient qu'il ne doit pas avoir de relations sexuelles non protégées avec sa femme ni concevoir d'enfant. Il insiste sur le fait que des relations non protégées peuvent mettre en danger la vie de sa femme et même celle de l'enfant, si elle devait être enceinte,

— trois mois plus tard, au cours d'une conversation avec la jeune femme, le médecin s'aperçoit que le mari ne lui a rien dit à propos de son infection et qu'il continue d'avoir des relations sexuelles non protégées avec elle,

— le médecin avertit de nouveau le mari et le presse de dévoiler la vérité et de cesser toute relation sexuelle non protégée avec elle. Le mari refuse de tenir compte de cet avertissement.

Autre cas, spécifique à l'Afrique, c'est celui du lévirat où le frère cadet prend en mariage l'épouse de son frère décédé ; qu'en est-il lorsque l'aîné est décédé suite à une rétrovirose ? Quelle est la responsabilité du médecin qui est au courant de la séropositivité du couple initial et qui va laisser le cadet consommer une telle union ?

L'infection au VIH pose aussi un problème économique. Les traitements sont coûteux et continuellement renouvelés. D'un point de vue éthique, peut-on tolérer l'émergence de deux catégories de patients, soit ceux qui vivent plus longtemps parce qu'ils ont les moyens de se payer des médicaments et ceux qui meurent plus tôt parce qu'ils sont démunis ?

## ***2. Soins aux personnes âgées***

En Afrique, un grand respect est voué à la personne âgée. Mais du fait de la sénilité et les pathologies intercurrentes, la personne âgée, par son agitation psychomotrice, devient un danger pour elle-même. On observe souvent des immobilisations qui, comme moyens de contention, ne doivent pas être systématiques. Considérant la dignité humaine immuable jusqu'à la fin de la vie, le fait de ligoter un patient ne le réduit-il pas à la dimension animale ? Ou alors le recours à la contention ne doit-il être soumis au consentement éclairé ou à celui d'un mandataire ?

Au mieux, les progrès scientifiques doivent définir des thérapeutiques diminuant les risques de chute.

La réanimation cardio-respiratoire est aussi sujette à controverses. Quand est-ce qu'il faut l'arrêter ? Surtout dans le contexte de sous-développement où les appareils de réanimation sont peu nombreux et n'autorisent pas une immobilisation prolongée par un seul patient. Le problème éthique

qui se pose est ici d'identifier les patients qui pourraient en bénéficier et qui exigeraient probablement cette intervention s'ils pouvaient exprimer leurs désirs. L'inexistence, dans nos régions, de structures spécialisées dans la prise en charge de la personne âgée, fait de ce dernier un fardeau pour la famille et l'hôpital. Des deux côtés, tant de la famille que du personnel soignant, ne s'agirait-il pas de voir en ces vieilles personnes, toutes les personnes qu'elles ont été pendant leur vie, et qu'elles sont encore ?

### **3. La recherche et l'expérimentation sur les sujets humains**

En pharmacothérapie et en chirurgie, la recherche clinique est entreprise afin d'apporter des réponses à des questions telles que :

- ce traitement préviendra-t-il ou guérira-t-il une maladie particulière ?
- ce traitement fera-t-il plus de bien que de mal chez les patients atteints de cette maladie ?
- ce traitement sera-t-il plus efficace que les autres traitements utilisés ?

Une évolution des mentalités s'est faite après le procès de Nuremberg.

Les préalables éthiques nécessaires à la recherche sont :

- le respect des règles scientifiques qui est obligatoire,
- la protection des sujets humains qui doit être mise en avant,
- le consentement libre, éclairé et conscient des sujets soumis à de telles expérimentations,
- pour cela il faut une information sur le mode opératoire et sur les risques éventuels.

Dans nombre de pays développés, ces préalables sont soumis à un comité d'éthique.

## **III. Perspectives**

« Le développement des techniques donne au médecin une puissance merveilleuse et salvatrice, mais puissance qui va doubler chaque problème technique d'un problème moral et contraindre à repenser chacun des nouveaux gestes d'audace » (Jean Hamburger).

La bioéthique au même titre que la clinique, l'épidémiologie et l'économie, doit être un élément de progrès orienté vers l'avenir et basé sur un principe d'anticipation de l'action.

Il faut accéder à la demande du patient, mais aussi savoir lui expliquer pourquoi l'on ne peut pas la satisfaire, quand cette demande connaît un écueil bioéthique.

Pour cela, notons deux approches étatiques :

- l'approche anglo-saxonne où, dans chaque structure, « un éthicien » de métier se prononce sur tous les problèmes éthiques qui lui sont posés,
- l'approche francophone, multidisciplinaire où différents professionnels sont regroupés au sein d'un Comité Consultatif National d'Éthique.

## Droit de propriété intellectuelle

L'essor des biotechnologies dans les années 80 a cristallisé les conflits sur les ressources génétiques. Base de l'agriculture, le patrimoine génétique végétal constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire. Depuis des centaines d'années, le libre accès aux ressources phytogénétiques a permis la sélection variétale. Grâce au libre accès, les agriculteurs, les obtenteurs ont pu faire leurs propres semences, les multiplier et les échanger. Par leurs pratiques, ils ont ainsi contribué au brassage génétique. Le libre accès a ainsi joué un rôle important pour la préservation de la diversité génétique agricole, matière première de l'agriculture et pour la sécurité alimentaire.

Cet essor des biotechnologies va contribuer à la remise en cause du libre accès aux ressources génétiques.

Grâce aux progrès réalisés en biologie moléculaire, le monde industriel prend conscience de la valeur des gènes, éléments de base de la biodiversité. Les gènes, véritable support d'informations génétiques représentent un « capital vert » appréciable pour l'industrie des biotechnologies. Dès lors, les activités de bioprospection se multiplient. On assiste à une vague importante d'innovations biotechnologiques en matière d'agriculture et de santé. Etant donné l'importance des moyens financiers en recherche et développement qu'impliquent les innovations biotechnologiques, le recours au brevet, qui apporte une protection forte, se répand. Dans le domaine agricole, les brevets cohabitent avec les certificats d'obtention végétale comme aux États-Unis. Cette multiplication de droits pose des problèmes de commerce international. Les États-Unis, via le secteur privé, font alors pression pour que les négociations commerciales du GATT, engagées en 1986, incluent un accord sur les droits de propriété intellectuelle (DPI), qui permettrait une harmonisation des régimes de protection des inventions biotechnologiques, en particulier des brevets.

Cependant les innovations biotechnologiques restent l'apanage des pays à haute technologie. Les pays en développement (PED), principaux fournisseurs de ressources génétiques, dénoncent les pratiques de biopiratage menées par les pays industrialisés : ceux-ci exploitent les ressources librement sans leur verser de contreparties. Les PED revendiquent le contrôle de l'accès aux ressources génétiques et le partage équitable des avantages tirés de l'exploitation des ressources génétiques. Ils utilisent alors les négociations de la Convention sur la diversité biologique (CDB) qui se déroulent à la fin des années 80 sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement pour défendre le principe de souveraineté nationale. Prenant acte des revendications des PED, la Convention sur la diversité biologique signée en 1992 reconnaît le droit souverain des États sur leurs ressources. Le concept de patrimoine commun est abandonné. Afin de rétablir l'équité entre les pays fournisseurs et utilisateurs de matériel génétique, la Convention sur la Biodiversité prévoit des modalités relatives à l'accès et au partage des avantages issus de l'exploitation des ressources génétiques. L'accès doit se faire désormais dans le cadre des législations nationales. Les États peuvent désormais négocier directement avec les utilisateurs.

La Convention reconnaît également l'apport des communautés locales en matière de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité. Leurs pratiques et savoirs traditionnels doivent être préservés. En 1994, la signature de l'accord sur les aspects de droits de propriété intellectuelle (ADPIC) constitue le point de rencontre entre le champ de la biodiversité et celui des droits de propriété intellectuelle. L'article 27.3 b) impose la brevetabilité des micro-organismes et rend optionnel celle des plantes et des animaux. Il offre néanmoins la possibilité pour les États de mettre en place un système *sui generis* pour la protection des obtentions végétales.

Depuis la signature de l'accord sur les ADPIC, les pays en développement, en particulier les pays africains, ne cessent de souligner l'ambiguïté du langage adopté dans l'article 27.3 b). Selon ces pays,

l'article 27.3b, tel que formulé, remet en cause les principes et dispositions fondamentales de la Convention sur la Biodiversité et de l'engagement international de la FAO concernant l'accès aux ressources génétiques et le partage des avantages.

Plus particulièrement, la possibilité de déposer des brevets sur les variétés végétales est préoccupante pour les pays dépendant des ressources génétiques pour leur agriculture et leur alimentation. La généralisation des brevets sur les variétés pourrait remettre en cause le libre accès et la circulation des ressources génétiques au détriment du maintien de la diversité génétique agricole et de la sécurité alimentaire.

D'ici 2006, tous les pays, sauf dérogations, devront appliquer l'accord sur les ADPIC. Pour les pays d'Afrique centrale et occidentale, la mise en place d'un régime de protection variétale relève d'un défi majeur. En effet, l'agriculture tient une place importante dans leur économie et dans la satisfaction des besoins de subsistance des populations rurales, lesquelles contribuent, par leurs pratiques et leurs savoirs, à la conservation et à l'utilisation durable des ressources phylogénétiques.

L'enjeu est alors d'établir un système de protection variétale qui soit le moins restrictif en termes d'accès aux ressources génétiques.

Pour cela, l'établissement d'un système *sui generis* constitue-t-il une option adéquate ? Si oui, sur quels types de droits pourrait reposer un tel système ? Quelles sont pour l'Afrique centrale et occidentale, les marges de manœuvre pour répondre aux obligations de l'accord sur les ADPIC tout en assurant le libre accès aux ressources génétiques, la reconnaissance du droit des agriculteurs et des communautés locales, et l'équité dans le partage des avantages issus de l'exploitation des ressources génétiques et des savoirs traditionnels associés ?

Les décisions prises lors de la quatrième Conférence ministérielle de l'Organisation mondiale du commerce en novembre 2001, concernant la poursuite des travaux sur l'examen de l'article 27.3b, s'annoncent-elles favorables à l'établissement de modèles *sui generis* qui seraient fondés sur de tels principes ?

## **I. L'ADPIC, comme nouveau gouvernail ?**

Le 15 avril 1994, 123 pays signent à Marrakech l'accord de l'Organisation mondiale du commerce. Cet accord constitue un changement profond par rapport au GATT de 1947. Alors que les négociations sous l'égide du GATT concernaient la baisse des tarifs douaniers, le cycle de négociations d'Uruguay (1986-1994) a porté davantage sur les règles et les normes que sur les droits de douane. Ce cycle se distingue également des précédents puisqu'il intègre des domaines jusque là exclus du GATT : l'agriculture, la propriété intellectuelle, les services, les textiles et les vêtements. Enfin, l'Accord signé à Marrakech donne naissance le 1<sup>er</sup> janvier 1995 à l'Organisation mondiale du Commerce (OMC) qui succède au GATT. Dorénavant, les règles du commerce sont négociées au niveau international et couvrent l'ensemble des flux d'échanges : les marchandises, les services et les idées. L'Accord sur les aspects de droits de propriété intellectuelle (ADPIC) est donc l'un des trois piliers actuels de l'OMC.

### ***L'Accord sur les ADPIC de l'OMC***

## 1.1 Genèse de l'accord sur les ADPIC

### 1.1.1 Un accord sous pression

En l'absence de réglementation internationale, certains pays en développement ont cherché à accéder gratuitement à l'innovation scientifique. Dans le cadre de l'Uruguay round (1986-1994), des négociations sur la propriété intellectuelle ont été réclamées en particulier par les Etats-Unis. C'est parce que le GATT (future OMC), à la différence de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle, possède des procédures contraignantes de respect des obligations et de règlements des différends qu'elle a été choisie pour la négociation de l'accord ADPIC.

Face aux enjeux commerciaux liés aux DPI, il était important de pouvoir s'assurer de la bonne mise en œuvre de l'accord et de la capacité de sanctionner d'éventuels contrevenants. La justification utilisée pour mettre cette question sur l'agenda du GATT était d'ordre économique : il s'agissait de réduire les distorsions aux échanges causées par l'absence de législations nationales sur les DPI. La nécessité d'une harmonisation internationale reposait sur le constat suivant :

- l'essor de deux technologies (biotechnologies et technologies de l'information) connaissant de nombreuses applications industrielles et faisant objet de DPI (brevets, copyrights, marques, etc.) : les produits, technologies et services protégés par les DPI, ainsi que les DPI eux-mêmes (licences) représentent une part croissante des exportations des Etats-Unis et de l'Europe ;
- la croissance économique des Etats-Unis et de l'Europe dépend du maintien de leur prédominance commerciale et technologique. Or cette prédominance est vulnérable étant donné que ces inventions peuvent être facilement copiées et à un coût marginal très faible (CD, logiciels, semences) ;
- les pertes croissantes de recettes dues au piratage et aux contrefaçons : en 1988, la Commission des Etats-Unis sur le commerce international estimait entre 40 et 60 milliards de dollars les pertes subies par les entreprises américaines à cause du "piratage intellectuel".

Malgré des divergences, les Etats-Unis ont obtenu le soutien de l'Europe et du Japon. Ils ont également exercé une forte pression auprès des pays en développement. Devant la réticence de certains de ces pays, ils ont été jusqu'à utiliser des mesures de rétorsions unilatérales à l'encontre du Brésil, de l'Inde et de la Corée du Sud.

### 1.1.2 La réticence des pays en développement

Les pays en développement (PED) étaient défavorables à l'inscription des droits de propriété intellectuelle dans l'agenda du cycle d'Uruguay. Mais leur marge de manœuvre était réduite. Afin de pouvoir négocier des accords dans les textiles et l'agriculture, ils n'avaient d'autres choix que d'accepter ces discussions sur les DPI. En outre, les PED ont été convaincus d'une part que l'intégration des DPI dans un système de protection multilatéral basé sur des règles pouvait offrir une meilleure protection contre des mesures unilatérales, et que d'autre part, les bénéfices découlant d'une intégration accrue dans l'économie mondiale pouvaient être importants.

La réticence des pays en développement était justifiée par les coûts potentiels qu'un renforcement des DPI pouvait engendrer :

- dans de nombreux PED, l'absence de brevets a probablement produit des bénéfices nets. Pour les pays disposant de capacités d'innovation limitées et utilisant essentiellement des technologies étrangères, elle a permis aux industries naissantes d'étudier et de copier des produits. Les capacités de production locales ont été développées et l'accès des populations à l'alimentation et à la santé, facilité. Par conséquent, une protection stricte des DPI pouvait remettre en cause cet accès facilité en augmentant les prix sur les produits protégés et en réduisant l'offre ;

- une hausse du coût d'accès pour les innovateurs locaux, les technologies clés protégées par des DPI n'étant accessibles uniquement par des accords de licences ;
- des difficultés pour profiter des avantages des DPI en termes de transfert de technologies, d'investissement et de diffusion de l'information, étant donné la faiblesse des capacités d'innovations locales ;
- des pertes en terme d'emplois possibles dans les industries dont l'activité repose sur la copie de produits protégés.

Enfin, la faiblesse des capacités financières, techniques et institutionnelles de nombreux pays rendait difficile la mise en place rapide d'un système de propriété intellectuelle. Beaucoup craignaient de subir des sanctions commerciales pour non-respect des obligations.

## **I.2 Principe et objectifs**

### ***1.2.1 L'esprit de l'accord ADPIC***

L'Accord sur les ADPIC oblige les Etats membres de l'OMC à protéger les inventions de produits et de procédés. L'accord ADPIC ne couvre pas tous les domaines de la propriété intellectuelle : il fixe des normes minimales de protection pour les droits d'auteur, les marques de fabrique ou de commerce, les indications géographiques, les dessins et modèles industriels, les brevets, les schémas de configuration de circuits intégrés et les renseignements non divulgués. Selon l'article 7 de l'accord, la protection et le respect des DPI visent à « contribuer à la promotion de l'innovation technologique et au transfert et à la diffusion de la technologie, à l'avantage mutuel de ceux qui génèrent les connaissances techniques et de ceux qui les utilisent ». Le renforcement des DPI est supposé, via les canaux de l'innovation et du transfert de technologie, contribuer "au bien-être social et économique".

La légitimité économique de l'accord ADPIC repose ainsi sur l'hypothèse d'un cercle vertueux entre le respect des normes minimales de protection, la promotion de l'innovation, la diffusion des technologies, l'accroissement des investissements directs étrangers et la croissance économique.

## **I.3 Les dispositions de l'accord**

### ***1.3.1. Les normes***

L'accord ADPIC porte sur les deux branches de la propriété intellectuelle, à savoir les droits d'auteur et la propriété industrielle : indications géographiques, marques de fabrique, brevets, secrets commerciaux. Parmi ces DPI, les brevets et les indications géographiques concernent l'agriculture.

Pour chacun des domaines qui doivent être protégés, l'accord définit des normes minimales de protection. Il précise les principaux éléments de la protection : l'objet de la protection, les droits conférés et les exceptions admises à ces droits, ainsi que la durée minimale de la protection. L'accord concerne aussi la lutte contre les pratiques anticoncurrentielles dans les contrats de licence.

Il s'agit d'éviter un usage abusif des DPI qui pourrait avoir des effets préjudiciables sur le commerce <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Lorsque le titulaire d'un droit de propriété (par exemple, un brevet) préfère ne pas commercialiser lui-même le produit protégé, il peut vendre ce droit ou signer un contrat de licence avec une autre société qui se chargera de la commercialisation du produit. Plus le potentiel commercial de l'innovation brevetée est grand, plus la licence sera recherchée.

## **II. Enjeux et perspectives**

Au cours de la dernière décennie, les pays exportateurs de technologie ont modifié leur législation nationale en matière de propriété intellectuelle pour s'adapter aux développements technologiques. Ainsi, l'accès aux droits de propriété intellectuelle a été élargi, les durées de protection ont été prolongées et les exceptions aux droits conférés ont été restreintes.

### ***II.1 L'extension du droit matériel***

Plusieurs accords bilatéraux et régionaux imposent aux pays en développement de se conformer, non seulement à l'Accord sur les ADPIC, mais également à l'évolution juridique des pays exportateurs de technologie. Plusieurs pays en développement doivent se conformer « aux plus hauts standards internationaux » et adhérer aux plus récents accords internationaux de propriété intellectuelle. Parmi les normes qui figurent dans les accords bilatéraux et régionaux, signalons :

1. l'obligation de se conformer aux plus hauts standards internationaux, c'est-à-dire aux standards des pays exportateurs de technologie ;
2. l'octroi aux auteurs d'un droit exclusif d'importer leurs œuvres, comme les productions cinématographiques et les manuels scolaires ;
3. l'ajout de nouvelles restrictions aux licences obligatoires, incluant celles sur la production de médicaments génétiques ;
4. l'obligation d'adhérer à la Convention UPOV pour protéger les variétés végétales modifiées génétiquement.

De cette façon, les pays exportateurs de technologies s'assurent que leur législation est reproduite à l'échelle mondiale et que les plus récents accords internationaux recueillent suffisamment d'adhésions pour entrer en vigueur.

### ***II.2 L'extension géographique***

Les accords bilatéraux et régionaux permettent d'atteindre des pays qui sont en marge du régime international de la propriété intellectuelle. Par exemple, le Laos, le Cambodge et le Vietnam, qui ne sont pas membres de l'OMC, ont tous signé des accords bilatéraux qui les soumettent à des normes similaires à celles prévues dans l'Accord ADPIC. Malgré cet effort d'adaptation, ils ne profitent pas des avantages commerciaux que confère le statut de membre de l'OMC.

En outre, les accords bilatéraux et régionaux ciblent des pays qui bénéficient de périodes transitoires. En effet, l'Accord sur les ADPIC prévoit des périodes transitoires qui s'étendent jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2000 pour les pays en développement et jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2006 pour les pays les moins avancés. Or, plusieurs accords bilatéraux et régionaux ne prévoient pas de périodes transitoires aussi étendues.

### ***II.3 L'extension institutionnelle***

Les modifications législatives et réglementaires ne sont pas toujours suffisantes pour assurer le respect des droits de propriété intellectuelle. Encore faut-il que les juges nationaux en comprennent la logique et que la population soit sensibilisée aux effets de la contrefaçon. Or l'Accord sur les ADPIC contribue peu aux développements d'une "culture de la propriété intellectuelle". En créant des comités conjoints et en prévoyant des formations, plusieurs accords bilatéraux tentent de favoriser une socialisation à la propriété intellectuelle telle que comprise en Occident.

Parallèlement, les accords bilatéraux instituent des mécanismes de règlement des différends. La multiplication de ces mécanismes, qui s'ajoutent à l'Organe de règlement des différends de l'OMC,

permet aux Etats et aux investisseurs de choisir le forum qui leur offre les conditions les plus avantageuses.

### III. Des défis pour le développement durable

Plusieurs observateurs ont déjà souligné les effets néfastes que peut avoir l'Accord sur les ADPIC sur le développement économique, social et environnemental. Les accords bilatéraux et régionaux, qui vont au-delà de l'Accord sur les ADPIC, accentuent ces préoccupations.

#### III.1 Des défis économiques et technologiques

- a) *Accéder aux technologies.* L'accès plus étendu aux droits de propriété intellectuelle, la prolongation des périodes de protection et les restrictions aux licences obligatoires prévus dans les accords bilatéraux et régionaux peuvent hausser les coûts d'accès aux technologies pour les consommateurs et restreindre les transferts officiels vers les pays en développement.
- b) *Stimuler et récompenser l'innovation.* Les accords bilatéraux se concentrent sur le droit des brevets, essentiel pour les exportateurs de technologie, plutôt que sur le développement des droits de propriété intellectuelle qui correspondent mieux aux besoins des pays en développement, comme les modèles d'utilité.
- c) *Protéger les droits des agriculteurs.* Plusieurs accords bilatéraux et régionaux restreignent la flexibilité de l'Accord sur les ADPIC En matière de protection des variétés végétales. Les droits prévus dans la *Convention UPOV* de 1991 ne constituent pas nécessairement la protection *sui generis* la plus adaptée au contexte des pays en développement.

#### III.2 Des défis sociaux et environnementaux

- a) *Promouvoir la diversité biologique.* Bien que le débat sur la diversité biologique ait évolué aux cours des dernières années au sein du Conseil sur les ADPIC, peu d'accords bilatéraux ou régionaux reflètent ce rapprochement entre le commerce et l'environnement.
- b) *Protéger la diversité culturelle.* La création d'offices d'accès aux descriptions des inventions pour les inventeurs.
- c) *Protéger les connaissances traditionnelles.* Peu d'accords bilatéraux et régionaux envisagent une forme de droit *sui generis* pour protéger ou valoriser les connaissances traditionnelles et les expressions du folklore.
- d) *Enrichir les connaissances.* Les systèmes d'éducation publics sont particulièrement sensibles au prix des publications étrangères. Le renforcement des droits d'auteurs prévu dans les accords bilatéraux et régionaux peut restreindre l'accès à ces publications.
- e) *Accéder aux médicaments essentiels.* Les restrictions additionnelles prévues dans les accords bilatéraux et régionaux sur l'utilisation des licences obligatoires accentuent le problème de l'accès aux médicaments et pourront annuler les solutions négociées au Conseil des ADPIC.

#### III.3 Des défis politiques et administratifs

- a) *Préserver la liberté de l'action gouvernementale.* Certaines mesures affectant les propriétés intellectuelles, comme l'interdiction d'apposer des marques commerciales sur les paquets de

cigarettes, pourraient équivaloir à une expropriation devant être indemnisée. De crainte de créer un différend avec des investisseurs étrangers, les autorités gouvernementales peuvent préférer limiter la portée de leurs politiques publiques.

- b) *Intégrer l'aide étrangère.* L'aide offerte aux pays en développement pour remodeler leur régime de propriété intellectuelle peut représenter à la fois un précieux support ou un biais vers l'adoption de politiques similaires à celles des pays exportateurs de technologie.
- c) *Favoriser la transparence et la prévisibilité.* La multiplication des mécanismes bilatéraux de règlement des différends menace le système multilatéral qui semble relativement plus transparent, plus prévisible et moins sujet à la pression coercitive.

#### **IV. Possibilités d'action et de réaction**

Afin d'orienter les accords bilatéraux et régionaux en faveur du développement durable, il est essentiel de s'inspirer des succès des dernières années. Nous en identifions quatre, soit l'utilisation de la flexibilité de l'Accord ADPIC, la formation de coalition de pays importateurs de technologie, le développement d'une coopération avec la société civile et le recentrage des débats autour du développement durable.

##### ***IV.1 Utiliser la flexibilité de l'Accord sur les ADPIC***

L'Accord sur les ADPIC autorise une certaine flexibilité d'application. L'Organe de règlement des différends de l'OMC a d'ailleurs reconnu qu'il n'est pas habilité à combler lui-même les imprécisions de l'Accord sur les ADPIC. De plus, la Déclaration de Doha sur la santé publique a confirmé que les membres de l'OMC peuvent recourir à la flexibilité de l'Accord sur les ADPIC dans son interprétation et sa mise en œuvre.

Les accords internationaux de propriété intellectuelle devraient préserver cette flexibilité et ne pas s'arrimer systématiquement aux plus hautes normes internationales. Les pays en développement auraient avantage à utiliser cette flexibilité pour élaborer leurs lois nationales et leurs accords régionaux. De cette façon, ils pourront plus facilement ajuster leur politique de propriété intellectuelle à leur niveau de développement technologique et préserver leur marge de manœuvre lors de négociations ultérieures. Il est donc impérieux d'identifier clairement l'amplitude de la flexibilité des dispositions de l'Accord sur les ADPIC.

##### ***IV.2 Consolider les coalitions***

Les pays en développement défendent de plus en plus fréquemment des positions communes au Conseil des ADPIC. Cette coopération permet d'alléger le poids que représentent les négociations commerciales. Elles offrent également aux pays en développement une force de négociation nécessaire pour faire face aux pays exportateurs de technologie.

La puissance relative des pays en développement est grandement réduite lorsqu'il se trouvent en relation bilatérale avec des pays exportateurs de technologie. Par conséquent, ils auraient avantage à coordonner leurs efforts pour ramener les principales négociations sur les droits de propriété intellectuelle au sein des forums multilatéraux, comme l'OMC, l'OMPI, ou l'UNESCO.

De plus, puisque les pays en développement ne partagent pas nécessairement les mêmes intérêts en propriété intellectuelle, ils doivent consolider leur coopération en matière de propriété intellectuelle entre pays qui partagent des affinités régionales, comme le Groupe africain, technologiques, comme les pays les moins avancés, et culturelles, comme la Francophonie.

### *IV.3 Coopérer avec la société civile*

Les ONG ont grandement contribué à alerter les décideurs, à mobiliser l'opinion publique et à identifier des pistes de solutions aux problèmes posés par les droits de propriété intellectuelle sur l'accès aux médicaments et sur la protection de la diversité biologique.

L'expertise de certaines ONG en propriété intellectuelle peut être mise à profit par les pays en développement dans la définition de leurs politiques. De même, leur force de mobilisation peut représenter un atout important dans les stratégies de négociation des pays en développement.

### *IV.4 Orienter les négociations vers le développement durable*

La conclusion de l'Accord sur les ADPIC a consacré l'union entre le régime international du commerce international et celui de la propriété intellectuelle. Or, depuis quelques années, le principal débat international ne porte plus sur les impacts commerciaux de la propriété intellectuelle mais sur les liens entre la propriété intellectuelle, d'une part, et la santé publique et la diversité biologique, d'autre part. La Déclaration de Doha de 2001 reflète ce changement de paradigme.

Les accords de propriété intellectuelle peuvent être mutuellement bénéfiques pour les pays importateurs et exportateurs de technologie. Pour cela, il est clair que l'objectif ultime de ces accords ne doit pas être le rehaussement des droits de propriété, mais le développement durable des partenaires.

Dans cette optique, les pays importateurs et exportateurs de technologie partagent plusieurs intérêts communs, notamment sur la reconnaissance des indications géographiques, sur l'octroi de modèles d'utilité et sur la protection des secrets commerciaux lors de transferts de technologie.

## **Conclusion**

Les accords bilatéraux et régionaux tissent progressivement une toile d'accords qui équivalent, en fait, à un nouvel accord multilatéral dont les prescriptions vont bien au-delà de l'Accord sur les ADPIC.

Ainsi, la voie bilatérale modifie les rapports de force en faveur des pays exportateurs de technologie et permet des avancées qui seraient autrement rejetées si elle étaient proposées au Conseil des ADPIC.

Dans ce contexte, il est indispensable de multiplier les coalitions. Les pays membres de la Francophonie, reconnus pour leur attachement à la diversité culturelle, au développement durable et au multilatéralisme, peuvent jouer un rôle primordial dans le réalignement du régime international de la propriété intellectuelle.

# **Opportunités et contraintes des conventions ou accords sur la propriété intellectuelle, appliqués à l'exploitation des biotechnologies**

## **I. Introduction**

Avant l'issue du Cycle d'Uruguay (1995), de nombreux Etats ne délivraient pas de brevet pour les produits pharmaceutiques sur leur territoire, ce qui signifiait que l'inventeur n'avait aucun droit particulier sur son invention dans tel pays, d'où la prolifération de copies de médicaments brevetés dans certains pays.

En effet, le droit de propriété intellectuelle et, en particulier, le droit des brevets, est avant tout un droit national.

Ainsi, un inventeur qui dépose une demande de brevet dans un Etat, demande à cet Etat de lui reconnaître l'existence d'un droit exclusif sur son invention dans les limites territoriales de cet Etat.

L'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) gère, entre autres de ses missions, l'application des conventions de son domaine de compétence, mais chaque Etat, est le seul responsable des brevets qu'il accepte de délivrer ou non sur son territoire. En conséquence, le monopole conféré par un brevet ne peut être accordé que dans les Etats qui en reconnaissent l'existence.

## **II. Problématique**

A certains égards, le traitement actuel des droits de propriété intellectuelle et tout particulièrement du droit des brevets d'invention, fait de l'Afrique une victime de la biopiraterie.

L'exemple des brevets sur la « brazzein », une protéine ultra-sucrée que des chercheurs ont isolée de la baie d'une plante poussant au Gabon, illustre ce propos.

En effet, plusieurs sociétés de biotechnologie ont obtenu des licences d'exploitation de ces brevets pour introduire dans des fruits et des légumes un gène produisant la brazzein, afin d'obtenir des aliments au goût sucré mais moins riche en calories. Le plus surprenant est que les paysans gabonais sont exclus du partage des gros bénéfices générés par les droits de protection intellectuelle liés à l'exploitation de cette plante dont ils connaissaient les propriétés de longue date et qu'ils ont su entretenir de par leur mode de vie et leurs pratiques ancestrales, de génération en génération.

Ainsi chaque année, des brevets sont déposés par des entreprises ou des universités des pays du Nord sur des plantes cultivées ou utilisées dans des pays du Sud, sans l'accord du pays, ni aucune contrepartie.

C'est pour mettre fin à cette biopiraterie que la Commission de la recherche scientifique et technique de l'Organisation de l'Unité Africaine a rédigé une loi modèle nationale sur la protection des droits des communautés locales, des agriculteurs et des obtenteurs, ainsi que sur les règles d'accès aux ressources biologiques.

## **III. Analyse diagnostique**

*Pourquoi un accord sur les DPI à l'OMC ?*

— Quelques pays semblent avoir été influencés par le sentiment que leur compétitivité, liée à la technologie et la créativité, n'était pas convenablement protégée par les règles internationales existantes en matière de propriété intellectuelle.

— L'absence d'un système international de règlement des différends a conduit ces Etats à défendre l'introduction des questions de propriété intellectuelle dans les négociations commerciales.

— Les conventions de l'OMPI, notamment la Convention de Paris, ne posaient que des règles générales telles que la règle du traitement national qui impose un traitement équivalent aux ressortissants étrangers et nationaux, ou la règle du droit de priorité, permettant d'organiser la protection d'un droit dans plusieurs pays.

— Ces conventions ne sont pas obligatoires pour les Etats qui ne les ont pas ratifiées.

### **Situation mondiale**

Aucun pays n'est autosuffisant en biotechnologie et la libéralisation des échanges commerciaux internationaux offre, de ce point de vue, une excellente opportunité.

### ***L'OMC***

Pour promouvoir les échanges, dans ce contexte, les pays développés, membres de l'OMC, réclament un encadrement juridique adéquat. Mais les pays en développement demeurent sceptiques, dans leur majorité, arguant que l'état actuel des règles internationales reconnues privilégie, de leur point de vue, les seuls intérêts des sélectionneurs, qui bénéficient d'une protection par brevet.

Face à ce constat, l'Organisation de l'Unité Africaine se place à l'avant-garde d'une autre réflexion sur l'approche que pourrait avoir la communauté internationale à l'égard du vivant.

### ***La loi nationale modèle de l'OUA***

Selon cette loi, « l'accès à toute ressource biologique et/ou connaissance ou technologie des communautés locales dans toute partie du pays devra être soumise à une demande en vue d'obtenir le consentement informé préalable et une autorisation écrite ».

Ce permis sera délivré par "l'Autorité compétente", après que l'Etat et les communautés locales concernées auront tous donné leur accord.

Il est également prévu que "l'Autorité compétente" fixera le montant des redevances dues par le sélectionneur qui aura développé cette variété nouvelle à partir d'un pays en développement.

Les royalties calculées sur la base du montant des ventes de cette nouvelle variété, seront versées à un fond qui financera les projets élaborés par les communautés locales à des fins de développement, de conservation et d'utilisation durable des ressources génétiques agricoles ».

Cette législation met en place un « système approprié d'accès aux ressources biologiques, aux connaissances et techniques des communautés, sous réserve d'un consentement informé préalable de l'Etat et des communautés locales concernées ». Elle préconise des mécanismes de "partage juste et équitable" des avantages tirés de l'utilisation commerciale de ces ressources.

Cette loi fonde de manière originale une relation entre la ressource et l'innovation, tout en définissant des règles d'accès et des droits des paysans, ainsi qu'un système visant à protéger les droits de propriété intellectuelle des sélectionneurs sur les variétés végétales qu'ils ont créées.

Elle établit également un système beaucoup moins exclusif que le brevet et qui garantit des droits étendus aux utilisateurs de ces variétés végétales protégées.

Cette loi a été adoptée à Addis-Ababa en novembre 1999. Selon cette loi, « l'accès à toute ressource biologique et/ou connaissance ou technologie des communautés locales dans toute partie du pays devra être soumise à une demande en vue d'obtenir le consentement informé préalable et une autorisation écrite ».

Cette autorisation sera délivrée par "l'autorité nationale compétente", après accord de l'Etat et des communautés locales concernées. Selon les dispositions du projet modèle de loi nationale, « l'Autorité compétente fixera le montant des redevances dues par le sélectionneur qui aura développé une variété à partir d'une des ressources biologiques du pays ».

Les royalties, calculées sur la base du montant des ventes de cette nouvelle variété, seront versées à un fond qui financera les projets élaborés par les communautés locales dans un but « de développement », de conservation et d'utilisation durable des ressources génétiques agricoles

Le fondement juridique de cette législation s'appuie sur la Convention sur la diversité biologique (CDB), adoptée en 1992 au Sommet de la Terre, à Rio.

La CDB, marque trois ruptures fondamentales :

- d'abord, elle reconnaît aux Etats le droit de souveraineté sur leurs ressources biologiques et génétiques (alors que jusque là, ces ressources étaient considérées comme "patrimoine commun de l'humanité") et stipule que l'accès à ces ressources est soumis au consentement préalable des Etats concernés ;
- ensuite, elle exige des signataires qu'ils protègent et soutiennent les droits des communautés, des agriculteurs et des peuples autochtones sur leurs ressources biologiques et leurs systèmes de savoirs ;
- enfin, elle requiert, un partage équitable des bénéfices tirés de l'utilisation commerciale des ressources biologiques et des savoirs locaux des communautés.

### ***Loi modèle de l'OUA et Droit de Propriété Intellectuelle***

Cette législation met en place un « système approprié d'accès aux ressources biologiques, aux connaissances et technologies des communautés sous réserve d'un « consentement informé préalable de l'Etat et des communautés locales concernées » ainsi que des « mécanismes en vue d'un partage juste et équitable » des avantages tirés de l'utilisation commerciale de ces ressources.

Elle fonde une relation entre la ressource et l'innovation, en définissant, en même temps que des règles d'accès et des droits des paysans, un système visant à protéger les droits de propriété des sélectionneurs sur les variétés qu'ils ont créées.

Elle définit également un système de protection des droits de propriété intellectuelle des sélectionneurs de nouvelles variétés végétales.

**Nota** : Elle répond aux exigences de l'Accord ADPIC de l'OMC qui oblige les membres à se doter d'un système de protection de ces droits et prévoient « la protection des variétés végétales par des brevets, par un système *sui generis*, donc adapté à leur propre situation.

Le système *sui generis* proposé par l'OUA reconnaît à l'agriculture le droit de conserver une partie de sa récolte pour la replanter l'année suivante sans avoir à payer de redevance : "le privilège du fermier". De même, cette variété peut être utilisée librement et gratuitement comme ressource génétique par les chercheurs qui veulent créer une nouvelle variété : « c'est l'exemption de recherche ».

**Nota** les pays de l'Union Africaine ne veulent plus se contenter de la possibilité d'exclure de la brevetabilité les végétaux et les animaux que leur accorde l'article 27.3b, mais demandent que l'accord de l'OMC interdise le brevetage du vivant.

Selon la demande qu'ils ont adressée à l'OMC, « le processus d'examen de l'article 27.3b, devrait permettre de préciser que les végétaux et les animaux ainsi que les micro-organismes et tous les autres organismes vivants et leurs parties, ne peuvent pas être brevetés ».

Le groupe africain, souhaite également élaborer son propre système *sui generis*.

A ce propos, il voudrait ajouter au contenu de l'article 27.3b que « l'accord précise que toute loi *sui generis* (puisse) contenir des dispositions visant à protéger les innovations des communautés autochtones et des communautés agricoles locales des pays en développement et à préserver les pratiques agricoles traditionnelles, y compris le droit de conserver et d'échanger les semences, ainsi que de vendre leurs récoltes ». Ces pays doivent faire vite pour réaliser leur projet, car les pays signataires de UPOV tentent d'arracher auprès de l'OMC, que seul le droit d'obtention végétal (DOV) de UPOV puisse être reconnu par l'OMC comme seul et unique système *sui generis* "efficace" pour les variétés végétales.

En outre, les pays signataires de UPOV, ont pour objectif à terme d'obtenir la suppression de la clause de l'accord sur les ADPIC qui permet « d'exclure de la brevetabilité les végétaux et les animaux ».

#### ***L'OAPI (dont le Sénégal est membre) et UPOV***

Les représentants des pays francophones de l'Organisation africaine de la propriété intellectuelle (OAPI) dont le traité fait office de loi nationale pour les Etats membres, ont adopté en annexes de l'Accord de Bangui révisé du 24 février 1999, une législation très proche du Droit d'Obtention Végétale (DOV).

**Nota** : Cette adoption hâtive, sous la pression des pays du Nord, s'inscrit en porte-à-faux avec la loi modèle de l'OUA. Elle est du reste fortement contestée et la plupart des pays membres de l'OAPI ne l'ont pas ratifiée.

## **IV. Analyse prospective**

### ***La brevetabilité du vivant et la mondialisation***

Le système de propriété intellectuelle cherche à développer l'expansion et l'harmonisation du brevet sur toute la planète. Or, le modèle de l'OUA stipule que « les brevets sur toute forme de vie et sur les procédés biologiques ne sont pas reconnus », affirmant ainsi la forte position morale des gouvernements africains face une dérive du droit international qui n'arrive plus à être contenue, depuis que la Cour suprême des Etats-Unis a brisé le tabou, il y a vingt ans, en reconnaissant la brevetabilité d'une bactérie, élargissant ainsi la course au contrôle des droits exclusifs sur les produits de biotechnologie.

## La question de la brevetabilité des médicaments

### *Historique*

Auparavant, le GATT ne réglementait pas la question du niveau de protection de la propriété intellectuelle, et les Etats Membres avaient adopté des attitudes différentes vis-à-vis des brevets de médicaments.

- 1) certains pays délivraient des brevets pour des inventions de produits et de procédés pharmaceutiques ;
- 2) d'autres n'accordaient une protection par brevet qu'aux seules inventions de procédés, permettant ainsi aux entreprises locales de développer des procédés de fabrication différents pour les médicaments non protégés par un brevet ;
- 3) d'autres n'accordaient aucune forme de protection pour les inventions pharmaceutiques.

Enfin, la durée de protection conférée par un brevet était très variable selon les pays.

### *Les règles issues de l'accord ADPIC*

- 1) La durée du brevet est fixée à 20 ans pour toute invention de produit ou de procédé pharmaceutique qui satisfait aux critères classiques de nouveauté, d'inventivité, et d'utilité (à l'échelle industrielle).
- 2) Un Etat membre de l'OMC qui n'aurait pas mis sa législation en conformité avec l'Accord ADPIC, pourrait faire l'objet d'un recours selon le système de règlement des différends de l'OMC.

**Nota :** L'Accord ADPIC est entré en vigueur dans les pays en développement depuis 2000, pour les pays développés, 2005, soit 10 ans après l'entrée en vigueur des accords de Marrakech.

**Remarque :** les PMA, comme le Sénégal, ont un délai de 11 ans (2006), avec possibilité de prolongation, pour mettre leur législation en conformité avec les obligations internationales qu'ils ont souscrites.

### *Impératifs de santé publique et brevets de médicaments*

Bien que des bénéfices pourraient découler d'un système de brevet avec la découverte de nouveaux médicaments, les normes de l'Accord ADPIC s'inspirent de celles des pays industrialisés et ne sont pas toujours adaptées aux niveaux de développement des pays.

Les impératifs de santé publique devraient donc être pris en considération dans la mise en œuvre de l'Accord.

### *Exceptions aux droits exclusifs du titulaire de brevet*

L'Accord établit que les Etats peuvent prévoir dans leur législation des exceptions limitées :

- accorder des licences obligatoires même contre la volonté du titulaire lorsque des raisons d'intérêt public le justifient ;
- autoriser les importations parallèles dont l'intérêt est de rétablir une situation de concurrence des prix pour des produits brevetés identiques qui sont commercialisés à un prix inférieur dans un autre pays.

## Génétique et droits de l'homme

Les biobanques ou banques de gènes soulèvent un certain nombre de problèmes.

De par leur taille, certaines d'entre elles contiennent déjà des dizaines de millions d'échantillons. L'Islande, pionnière dès 1998, ou l'Estonie ont entrepris le "recensement génétique" de toute leur population, dans l'espoir de mieux détecter certaines maladies et de contribuer à la découverte de nouveaux traitements.

Les problèmes que posent les banques de données génétiques ne sont pas encore juridiquement résolus dans leur globalité, y compris dans les pays occidentaux.

Il est urgent de susciter une prise de conscience de la nécessité de fournir un cadre à l'organisation de la bioéthique pour empêcher les abus potentiels dans l'utilisation des données génétiques, mais sans rien faire pour en restreindre l'accès à des tiers.

L'Unesco a ouvert la voie aux Etats, en adoptant en octobre 2003 une Déclaration sur les données génétiques humaines, dont les principes directeurs sont susceptibles de servir de référence aux textes de loi nationale pour les Etats.

L'un des principes essentiels est « la nécessité d'un consentement 'libre, éclairé et exprès' de la personne prélevée, quitte à le renouveler dans la mesure du possible, lorsque la recherche sur le même échantillon change de finalité.

Un autre principe est que les Etats s'engagent à ne pas s'immiscer dans les banques médicales à des fins policières.

**Nota** : Aux Etats-Unis où l'ADN est de plus en plus prélevé dès la naissance, le Sénat a adopté, en octobre 2003, une déclaration sur les données génétiques humaines en deux volets :

- le premier interdit aux assureurs de refuser un contrat sur la base de facteurs de risques génétiques et prohibe le calcul du prix des polices en fonction de ces risques ;
- le second interdit la discrimination à l'embauche, le licenciement ou la promotion sur tout critère génétique.

## Code d'éthique et biotechnologie

Dans le domaine des plantes, des animaux et des autres micro-organismes vivants, les évolutions sur l'utilisation des données génétiques qui d'une part permettent d'améliorer de manière insoupçonnée les espèces et la santé, ont d'autre part suscité des craintes et des incertitudes quant à leurs impacts à long terme sur l'environnement, la santé humaine et animale et la diversité biologique.

Pour faire face à ces incertitudes, un projet de Comité consultatif national d'Ethique est en cours d'élaboration.

La création d'un tel comité est dictée par :

- la nécessité de disposer d'une instance nationale de réflexion et de concertation sur les recherches concernant les données génétiques, dans tous les domaines comportant des dimensions éthiques, en particulier la commercialisation accrue de la recherche médicale ;

- la nécessité de mieux encadrer les aspects éthiques, juridiques et sociaux liés aux essais cliniques, pour la mise au point de nouveaux médicaments et de nouveaux traitements ;
- la nécessité d’informer et d’éclairer l’opinion publique et les institutions des Etats sur la portée et les répercussions des activités qui seront menées par les équipes nationales de recherche seules ou en coopération avec des équipes étrangères de recherche ;
- la nécessité de répondre aux principes et aux exigences des organismes nationaux, des organisations internationales et des bailleurs de fonds qui posent comme condition préalable l’examen des implications éthiques des recherches par un Comité consultatif d’Ethique avant tout financement ou toute attribution de crédits ou de subvention.

La mission qui est « de donner son avis sur les problèmes moraux et éthiques qui sont soulevés par la recherche dans tous les domaines de la biologie, de la médecine, de la pharmacie, de la pharmacopée traditionnelle et de l’agriculture, de sciences et techniques concernant la vie humaine, animale et végétale et sur toutes les questions ayant un impact sur la santé des humains et des animaux, sur l’environnement, les groupes sociaux et la société, est définie à l’article 2.

## **Conclusion**

Face à ce constat, la position des pays de l’Union Africaine et du groupe africain préalablement revue dans le sens du principe de précaution et non plus “d’exclusion”, ne peut trouver son salut, nous semble-t-il, que dans l’adoption par toute la communauté internationale d’un code d’éthique préservant l’intégrité de la dignité de l’homme et de son essence biologique.

## Perspectives d'application et de développement des biotechnologies en Afrique

Les possibilités offertes par les biotechnologies pour la promotion du secteur agricole ou agroalimentaire sont multiples. Elles se traduisent notamment par l'amélioration de la disponibilité alimentaire, résultant tant de l'accroissement de la production des denrées que de la valorisation de celles-ci, dans le système post-récolte. Par ailleurs, notons que plusieurs biotechnologies, telles la production en série de semences sélectionnées, d'embryons, de vaccins, les cultures de micro-organismes, de cellules ou de tissus, etc., ont l'avantage de générer une production continue, non soumise aux aléas climatiques ou saisonniers et présentant une qualité fiable et stable. En outre, elles peuvent être pratiquées à l'intérieur ou à proximité des marchés de grande consommation, permettant ainsi des gains de transport importants.

Les biotechnologies constituent ainsi, et ce de plus en plus, l'un des outils majeurs de l'arsenal dont dispose l'humanité pour se nourrir, se soigner et sauvegarder son cadre de vie ou son milieu naturel. Cependant, elles ne sont pas sans poser un certain nombre de problèmes, eu égard aux enjeux multiples dont elles font l'objet et qui sont d'ordre socio-économique, biosécuritaire, juridique ou éthique. Leur application en Afrique, en général et au Sénégal, en particulier, devra dès lors faire l'objet d'une grande attention, à la fois de la part des pouvoirs publics, des chercheurs, des opérateurs économiques et des associations de consommateurs, afin d'en atténuer les inconvénients et d'en optimiser les avantages. Au Sénégal comme dans les autres pays africains, les biotechnologies devront ainsi faire l'objet d'une stratégie volontariste, impliquant tous les acteurs intéressés.

Les perspectives d'applications et de développement des biotechnologies en Afrique et au Sénégal sont particulièrement prometteuses, eu égard à ses caractéristiques thermo-hygrométriques généralement élevées qui y prévalent et, de ce fait, sont propices à l'activité biologique et biotechnologique. L'application des biotechnologies dans notre continent et au Sénégal pourrait ainsi se faire à moindre frais, par suite de la minoration des coûts énergétiques et intéresser plusieurs secteurs de développement.

Toutefois, il convient de noter que les principales pistes biotechnologiques susceptibles d'offrir des créneaux porteurs de développement économique et social, singulièrement pour les secteurs agricole, forestier, agroalimentaire, médico-pharmaceutique, environnemental et énergétique, requièrent encore plusieurs actions et opérations de recherche, que ce soit de mise au point, d'adaptation ou d'accompagnement, pour les différents secteurs considérés. Aussi, les perspectives qui nous semblent intéressantes à prendre en compte pour le développement des biotechnologies en l'Afrique et au Sénégal portent principalement sur les aspects suivants.

### *I. Accroissement de la productivité et des performances de l'agriculture et de la foresterie*

Certaines des biotechnologies étudiées, telles les cultures de tissus ou de protoplastes, l'hybridation somatique ou le génie génétique permettent d'implanter des gènes de résistance ou de croissance. Ainsi, l'impact des biotechnologies sur la production agricole, entendue au sens large, *i.e* incluant l'agriculture, la sylviculture, la pêche et l'élevage, est de divers ordres. Elles peuvent, en effet, accroître la production agricole, à la fois quantitativement et qualitativement, en stimulant la résistance à divers stress, aux maladies, aux mauvaises herbes et aux prédateurs ou autres parasites mais aussi en augmentant la productivité et en améliorant la qualité (nutritionnelle, organoleptique, fonctionnelle, etc.) des produits dérivés des plantes, des poissons ou du bétail.

• Pour l'**agriculture** (*stricto sensu*), l'**horticulture** et la **foresterie**, il s'agira essentiellement de la production en série de semences sélectionnées aux performances accrues (*ex* xerotolérance, halotolérance, résistance aux herbicides ou aux mauvaises herbes, aux prédateurs que sont les insectes ou les acariens ou à diverses maladies parasitaires ou physiologiques), de bio-pesticides ou de bio-fertilisants et de la conservation des lignées et ressources phylogénétiques. En outre, les pratiques de compostage, la fixation biologique de l'azote et les symbioses mycorrhiziennes sont particulièrement intéressantes à considérer.

• Pour l'**aquaculture**, la production halieutique pourra être intensifiée, grâce à l'amélioration génétique de plusieurs espèces de poissons ou de fruits de mer.

• Pour l'**élevage**, l'amélioration des races équinnes, bovines, ovines, porcines ou caprines, grâce à l'insémination artificielle et au transfert d'embryons, permettra d'optimiser et de rationaliser la production de viande, du lait et des produits dérivés. En outre, l'application des biotechnologies pourra permettre de grandes avancées pour l'alimentation du bétail, grâce à une meilleure connaissance des systèmes alimentaires, à l'amélioration de la digestibilité et à l'enrichissement des fourrages pauvres ainsi qu'à l'augmentation des performances de production, par l'utilisation des probiotiques ou des facteurs biologiques de croissance.

• Pour l'**agroalimentaire**, diverses applications des biotechnologies reposant sur les propriétés fonctionnelles des micro-organismes et de leurs enzymes (*ex.* pouvoir acidifiant, aromatisant, gazogène, texturant, antagoniste ou probiotique) peuvent conférer une grande valeur ajoutée aux denrées alimentaires, améliorant ainsi leur qualité organoleptique, nutritionnelle et commerciale. C'est le cas notamment pour le vaste champ des aliments fermentés. En outre, la production de protéines d'organismes unicellulaires (POU), de vitamines, d'additifs alimentaires, d'auxiliaires technologiques (*ex.* starters) et diverses enzymes sont aussi dignes d'intérêt et pourraient jouer un rôle crucial dans la sécurité alimentaire des populations.

La valorisation des denrées alimentaires et des autres produits du système post-récolte intervient en aval de la production pour limiter leurs pertes post-récolte et pour leur conférer une valeur ajoutée, au plan commercial, nutritionnel, gastronomique ou organoleptique, de manière à satisfaire les exigences de la consommation humaine ou animale. Cette valorisation peut utilement tirer profit des biotechnologies dont l'industrie alimentaire constitue un vaste domaine d'application. Les modifications technologiques intervenant dans les industries agroalimentaires devraient essentiellement porter sur l'introduction ou le contrôle, dans les procédés de fabrication existants, d'étapes relevant de la fermentation ou de la technologie enzymatique. Notons que pour la valorisation et l'enrichissement des aliments ainsi que pour le développement des produits alimentaires à haute valeur ajoutée, il conviendra de promouvoir les recherches poussées sur la microflore et la microfaune existantes et pouvant présenter des intérêts pour la production d'aliments ou la valorisation des sous-produits agroalimentaires. Il faudra également procéder à l'étude, à la rationalisation et à la modernisation des techniques traditionnelles de fermentation des produits alimentaires, de même qu'à l'optimisation de la production d'aliments de bétail à haute valeur nutritive.

Enfin, de grandes perspectives sont ouvertes pour les nano-biotechnologies pour le contrôle et l'évaluation rapides de la qualité des denrées alimentaires, grâce à l'exploitation des acquis de la biologie moléculaire, notamment dans des kits miniaturisés.

### ***1.1. Valorisation de la biomasse et des productions agricoles***

L'on s'orienterait surtout vers le développement des bioréacteurs et des installations de fermentation, notamment pour l'enrichissement protéique des produits amylacés (grâce aux protéines

d'organismes unicellulaires : POU) et la production de micro-organismes utiles, tels les lactobacilles et les levures de boulangerie ou de brasserie. En outre, la production d'enzymes, de colorants et d'additifs, notamment pour les industries agroalimentaires, la valorisation des déchets et effluents agricoles et agro-industriels, la production de biogaz et de divers métabolites combustibles (*ex.* alcools), sont également très intéressantes à considérer. Enfin, notons que les biotechnologies pourront trouver en Afrique en général, et au Sénégal en particulier, un vaste champ d'application dans la biorémediation ou biorestauration visant à restaurer les systèmes biologiques dégradés ou perturbés, notamment par le traitement des sols, le compostage, l'activation des boues, la percolation, etc.

### ***1.2. Amélioration des conditions de santé humaine et animale***

Il s'agira, en particulier, de la production d'anticorps monoclonaux pour le diagnostic rapide des maladies et des agents pathogènes, de la fabrication massive de vaccins de type recombinant et de diverses substances pharmaceutiques, etc...

En outre, l'application de la technique des marqueurs moléculaires permettra de faire de grands pas pour les études épidémiologiques, de mieux comprendre les variations génétiques des animaux et de mieux conserver la Biodiversité génétique.

### ***1.3. Autres secteurs***

Outre l'oxydation bactérienne permettant de mieux valoriser certains métaux précieux, d'autres secteurs comme l'environnement (dépollution, purification de l'eau) et l'industrie chimique (production de matériaux de synthèse) pourront aussi être considérés.

## **II. Enjeux des biotechnologies**

L'application des biotechnologies en Afrique est, certes, très prometteuse, mais n'est toutefois pas aisée. Elle se heurte à plusieurs goulots d'étranglements imputables tant à l'absence de stratégie spécifique au niveau des Etats, qu'au manque de ressources, surtout humaines et physiques (infrastructures, équipements). C'est pourquoi de nombreuses manifestations (séminaires, ateliers, etc...) leur ont spécialement été consacrées par plusieurs institutions régionales africaines comme le Réseau Africain de Biosciences (Yamoussoukro, Côte-d'Ivoire, juillet 1989), le Centre Régional Africain de Technologie (Dakar, Sénégal, novembre 1989 et mars 2002), L'Union Pan-Africaine de la Science et de la Technologie (Brazzaville, Congo, janvier 1996), etc... Une Déclaration de Chefs d'Etats Africains, réunis à Accra, Ghana, en 1991 a même été prise en leur faveur et la Banque Africaine de Développement (BAD) avait exprimé sa bonne volonté pour promouvoir leur développement en Afrique. Enfin, rappelons qu'une organisation spéciale à vocation continentale — l'Agence Africaine de Biotechnologie (AAB) — a été créée pour œuvrer dans ce secteur.

En Afrique, les principaux enjeux spécifiques aux biotechnologies affectent les secteurs agricole, agro-forestier, agroalimentaire, sanitaire et environnemental. Ils sont essentiellement d'ordre socio-économique, biosécuritaire, juridique ou éthique et peuvent se résumer comme suit :

— Les biotechnologies modernes requièrent un potentiel scientifique et technique très élevé ainsi qu'une base importante en Recherche-Développement et un support informationnel considérable. Leurs coûts d'investissement sont ainsi généralement très élevés et la main-d'œuvre technique devant les mettre en œuvre ou les exploiter est hautement qualifiée. Ce qui, pour l'Afrique, constitue des obstacles de taille car la plupart des pays figurent parmi les PMA (34 sur 48) ou les PPTE et l'investissement dans la recherche ou la science et technologie ne constitue nullement une priorité.

— Très peu de pays africains disposent d'une véritable politique scientifique et technologique, encore moins d'une stratégie distincte en matière d'innovation technologique dans le secteur des biotechnologies.

— Les biotechnologies entraînent, le plus souvent, une réduction des revenus et emplois liés à l'exploitation agricole et agroalimentaire classique, particulièrement celle orientée vers l'exportation, par suite de la concurrence des produits africains (ex. : cacao, arachide, gomme arabique, etc...) par les sous-produits de substitution issus de la bio-industrie, développés dans les pays du Nord, importateurs de matières premières agricoles africaines et dont les marchés risquent ainsi, à terme, d'être perdus pour l'Afrique.

— Avec les biotechnologies, il y a un risque réel de prédominance des cultures commerciales de rente, destinées à l'exportation sur les cultures vivrières devant satisfaire les besoins de consommation locale, alors que s'accroissent les problèmes de famine et de malnutrition. En outre, elles s'accompagnent souvent du renforcement de la grande propriété agricole au détriment des petites exploitations, par suite de la sélection de clones à haut rendement et de la propagation végétative "*in vitro*".

— Les biotechnologies modernes mettent en jeu des obstacles d'ordre juridique, liés aux impératifs de la protection des Droits de Propriété Intellectuelle sur les obtentions végétales, conformément aux dispositions des ADPIC. A cet égard, on note une forte tendance à l'appropriation par les pays industrialisés, dotés de grandes capacités de manipulation génétique, du germoplasme<sup>1</sup> par la prise de brevets et la privatisation des activités de production de semences sélectionnées qui seraient, par la suite, revendues à des coûts exorbitants à l'Afrique. A cet égard, le cas des semences « Terminator » produites par la multinationale Monsanto, est particulièrement édifiant.

— L'application des biotechnologies modernes suscite de nombreux débats, eu égard aux considérations d'ordre éthique, liées à l'avènement des plantes ou des animaux transgéniques et des organismes génétiquement modifiés (OGM), ainsi qu'aux risques d'atteintes multiformes aux droits fondamentaux des personnes et de l'espèce humaine en général.

Par ailleurs, bien que les biotechnologies puissent contribuer efficacement à la conservation et à la gestion durable de l'environnement et des écosystèmes, les aspects environnementaux liés à l'exploitation de ces technologies doivent faire l'objet d'une attention particulière, eu égard à leur incidence biosécuritaire. Les règles de notifications applicables à l'introduction délibérée, dans l'environnement, d'organismes génétiquement modifiés à des fins alimentaires — qu'il s'agisse de microbes, de plantes ou d'animaux — devront être en général respectées avant qu'il ne soit question d'évaluer leur innocuité. Les données d'ordre environnemental relatives aux plantes génétiquement modifiées comme aux manipulations microbiologiques sont particulièrement importantes à cet égard, car elles peuvent engendrer des changements néfastes au milieu (transfert de pollen à d'autres cultures, contaminations microbiologiques entraînant des problèmes sanitaires, de biosécurité, etc.).

### III. Eléments de Stratégie

Toute stratégie efficace du développement technologique africain, singulièrement pour le secteur des biotechnologies, doit d'abord procéder d'une claire vision, projetant chaque pays dans un horizon à court, moyen et long termes. Cette projection qui doit non seulement viser la satisfaction des besoins

---

<sup>1</sup> Le germoplasme qui est une ressource vivante, englobe l'ensemble des espèces, des sous-espèces, des lignées de constitution génétique définie, des variants et des mutants. Il correspond, pour chaque entité taxonomique, aux organes (graines, boutures, tissus) qui permettent d'assurer sa reproduction et sa propagation (Sasson 1986).

de base (éradication de la pauvreté, sécurité alimentaire, autonomie énergétique, éducation, santé publique, etc.), mais aussi exporter, de par le monde, des biens et services à haute valeur ajoutée, permettant ainsi à l'Afrique de se libérer de ses pesanteurs et de jouer sa partition, en partenaire à part entière, dans le concert de la mondialisation.

Pour traduire cette vision en réalité, il importe de mettre en œuvre une vigoureuse stratégie nationale d'innovation technologique disposant d'un volet spécifique aux biotechnologies et devant être intimement intégrée à la politique scientifique et technologique nationale, elle-même étroitement articulée à la politique macroéconomique globale de chaque pays. Cette stratégie devrait, au demeurant, être axée autour de plusieurs éléments relatifs, notamment, à la définition précise des objectifs et principes généraux, aux instruments de politique scientifique et technologique, au cadre structurel et organisationnel, au renforcement et à l'organisation des capacités ainsi que du potentiel scientifique et technologique en biotechnologie, au partenariat et à la coopération scientifique et technologique, ainsi qu'à diverses mesures incitatives.

Naturellement, pour l'élaboration et la mise en œuvre efficiente de la stratégie de développement et d'application des biotechnologies au Sénégal, il ne saurait être question ici que d'une esquisse qui, plus tard, devra être complétée et approfondie, de concert avec toutes les parties intéressées. Pour cela, il serait judicieux d'organiser une vaste concertation, par exemple dans le cadre d'assises nationales de réflexion, impliquant tous les acteurs intéressés, notamment les décideurs politiques, les opérateurs économiques, les chercheurs et la communauté scientifique, les responsables d'agences de financement, les associations de consommateurs, etc. A cet effet, l'ASTS est disposée à apporter toute sa contribution aux autorités publiques et aux autres partenaires du secteur privé.

#### ***a) Définition des objectifs et principes généraux***

Dans chaque pays, dans un vaste élan de concertation avec tous les opérateurs concernés et après avoir clairement identifié les secteurs prioritaires de développement des biotechnologies, il incombe au gouvernement, à travers son organe central, de définir les grands principes et les objectifs globaux, tels l'autosuffisance, la couverture sanitaire, la satisfaction des besoins énergétiques, l'exploitation et la valorisation locale des ressources naturelles, la préservation de l'environnement, etc.

#### ***b) Instruments de politique scientifique et technologique***

Il conviendra, après définition des objectifs et principes généraux, de se doter des instruments indispensables à la conduite de la stratégie de développement des biotechnologies, par la mise en place du cadre structurel et organisationnel adéquat et de veiller à la provision de ressources suffisantes pour le renforcement du potentiel scientifique et technologique, notamment de recherche-développement et du système national d'innovation ainsi que par la promotion de la coopération scientifique et technologique.

#### ***c) Cadre structurel et organisationnel***

A l'instar de la situation dans la plupart des pays asiatiques ou développés du Nord, il serait judicieux de mettre en place les organes suivants :

— Le Conseil National de la Recherche-Développement en Biotechnologie (CNRDB) qui est l'instance supérieure de décision présidée par le Chef de l'Etat ou le Premier Ministre, arrêtant les options fondamentales du pays en matière de recherche-développement en biotechnologie et procédant à la création des institutions et organes de financement de la recherche dans ce secteur. Ce conseil regrouperait autour du Président de la République et du Premier Ministre tous les Ministres en charge

des départements dits de développement (*ex.* Agriculture, Elevage, Pêche, Industrie, Commerce, Economie et Finance, etc.), ainsi que de hauts cadres, représentant l'université, la communauté scientifique, la recherche-développement et le milieu des entreprises du secteur privé (organisations patronales).

— Le Ministère de la Science et Technologie (MST), organe directeur central, chargé de conduire et de coordonner la politique scientifique et technique nationale. Il serait doté de ressources conséquentes (humaines, physiques, budgétaires, etc.) pour assumer pleinement sa mission. A cet égard, il superviserait les Centres de Recherche-Développement, notamment en biotechnologie ainsi que le système national de valorisation de la recherche et d'innovation technologique dans ce secteur.

Ainsi pour le secteur spécifique des biotechnologies, ce Ministère devrait, entre autres prendre en charge les activités suivantes :

- Formulation de la politique nationale en matière de biotechnologie ;
- Promotion des centres et programmes de recherche scientifique et technologique en biotechnologie ;
- Mise en place de mécanismes spécifiques de financement ;
- Mise en place d'un système national d'innovation technologique dans le secteur des biotechnologies ;
- Mise en place d'un système national d'information et de veille biotechnologiques ;
- Formation et développement des ressources humaines ;
- Coopération et partenariat scientifique et technologique dans le domaine des biotechnologies.

#### **Planification, gestion et évaluation**

— La commission consultative nationale de la recherche-développement en biotechnologie (CCNRB), structure de large concertation nationale, regroupant les chercheurs, les opérateurs économiques, les cadres de l'administration (ministères de développement), agences de financements. Elle devra définir, notamment les priorités de recherche en biotechnologie.

— Les institutions de recherche-développement en biotechnologie dont chacune œuvrera dans un des secteurs prioritaires identifiés, avec le souci d'apporter une solution aux problèmes rencontrés pour la valorisation optimale de ce secteur, en collaborant efficacement avec les entreprises et avec les autres Centres de Recherche-Développement.

— Un système national d'innovation des acquis biotechnologiques, chargé d'informer les opérateurs économiques (surtout les PME et les PMI) sur les résultats de la recherche-développement et de les aider à les exploiter, en vue principalement de la valorisation des ressources agricoles ou naturelles locales. En outre, ce système comporterait des espaces de vulgarisation pour le grand public (technoparcs) ou d'interface entre la recherche-développement avancée et les entreprises innovantes (technopôles, abritant des incubateurs et pépinières d'entreprises opérant dans le secteur des biotechnologies).

#### ***d) Renforcement et organisation des capacités et du potentiel scientifique et technologique en biotechnologie***

Le renforcement des capacités et du potentiel scientifique et technologique dans le domaine des biotechnologies procéderait par la mise en œuvre de programmes mobilisateurs, autour d'actions structurantes (pôles d'excellence), selon une approche interinstitutionnelle, multisectorielle et participative, concentrée sur la valorisation d'une filière donnée, en amont et en aval de la production. A cet égard, la ferme volonté politique sous tendue par l'implication de tous les opérateurs du processus devrait se traduire par les actions suivantes :

— Mise en place d'instruments appropriés de financement de la recherche-développement et de l'innovation technologique pour les biotechnologies. Ces fonds seraient alimentés par le budget national, le secteur privé bénéficiaire des résultats, des fonds spéciaux d'impulsion, la coopération bilatérale ou multilatérale, etc.

— Formation et développement des ressources humaines en biotechnologie, visant à doter le pays de scientifiques, ingénieurs et chercheurs de haut niveau, dans tous les domaines d'intérêt pour le développement du pays, en fonction de ses ressources ou potentialités agricoles (*lato sensu*), agroalimentaires, sanitaires, énergétiques, environnementales ou naturelles.

— Orientation et organisation du système national de recherche et d'innovation en biotechnologie, dans une optique de synergie entre les différents centres de recherche et de leur coopération effective avec les structures de valorisation des résultats de recherche ou d'innovation technologique pour ce secteur.

— Evaluation de la politique scientifique et technologique nationale, singulièrement dans le secteur des biotechnologies, pour procéder aux rectifications et réajustement nécessaires, après avoir tiré les leçons des expériences et résultats enregistrés par rapport aux programmes prévus.

#### ***e) Partenariat et coopération scientifique et technologique***

La mise en œuvre de programmes efficaces de recherche-développement et de renforcement des capacités scientifiques et technologiques nationales en biotechnologie nécessite un vaste élan de coopération et de partenariat. A cet égard, il semble important de privilégier les axes suivants :

— Intégration technologique africaine, au niveau des ensembles sous-régionaux (*ex.* CEDEAO, SADC, CEEAC, UMA, etc.) et par l'avènement de centres d'excellence en biotechnologie, sous l'égide des institutions spécialisées (AAB, ARCEDEM, CRAT, etc.). A cet égard, l'Union Africaine, à travers le Nouveau Partenariat pour le Développement Africain (NEPAD), devrait jouer un rôle moteur, avec l'appui de la CEA.

— Instauration de réseaux associatifs en biotechnologie, sur une base institutionnelle, disciplinaire, thématique ou corporatiste, avec des systèmes d'information et de communication harmonisée et mis en réseau.

— Ouverture aux autres régions en développement (Asie-Amérique Latine) ou développées (Amérique du Nord, Europe) mais aussi aux Africains de la diaspora et aux Africains Américains spécialisés en biotechnologie.

— Création d'un cadre régulier de concertation des ministres africains de la recherche scientifique et technique (*ex.* COMRED/AOC), se penchant sur les Programmes collaboratifs en biotechnologies.

#### ***f) Mesures d'incitation***

La stratégie nationale d'innovation technologique pour le secteur des biotechnologies doit être intégrée dans le cadre global du développement macro-économique du pays. A cet égard, diverses mesures de soutien doivent être envisagées, pour une exploitation optimale des résultats de recherche visant la valorisation des ressources agricoles (*lato sensu*) et naturelles locales. On distingue notamment, les éléments suivants :

— Soutien aux opérateurs économiques, par des exonérations fiscales et douanières, la mise en place de fonds de garantie, la facilitation de l'accès au crédit bancaire, la généralisation du système de "guichet unique" ;

— Campagnes de "consommer local" pour limiter l'extraversion des habitudes de consommation des populations ;

- Attribution de prix aux inventeurs et innovateurs dans le domaine des biotechnologies ;
- Vulgarisation des résultats de recherche en biotechnologie, à travers des manifestations de masse (foires, expositions, salons, etc.).

## Conclusion

Les contributions de cet ouvrage ont souligné l'importance d'une appropriation des biotechnologies par les pays du Sud, et ont évoqué les problèmes d'équité et d'éthique posés par leur utilisation. Elles ont montré aussi que les chercheurs scientifiques sénégalais se sont déjà engagés dans cette voie, mais que des initiatives neuves et fortes devraient être prises rapidement par les autorités du Sénégal, en vue de la promotion et du développement de ces biotechnologies. Cependant, les chercheurs maîtrisant ces instruments puissants ne sauraient se cacher dans la clandestinité de laboratoires performants, mais devront manifester une volonté ferme de mettre ces nouveaux savoirs au service des populations, ainsi qu'un respect absolu des principes éthiques. Les biotechnologies devront aussi faire l'objet de véritables débats publics, pour renforcer l'engagement des scientifiques au service de leur société et de la vie.

## Bibliographie

- ARCT, 1989, *International Seminar on Prospects of Biotechnology in Africa*- Dakar, Senegal, 14-16 November 1989. UNDP - ARCT.
- Bunders J. F. G., 1990, *Biotechnology for small-scale farmers in developing countries. Analysis and Assessment Procedures*. Amsterdam, VU University Press.
- Devlin A., 2003, *An Overview of Biotechnology Statistics in collected Countries*, Working Paper – OECD – DSTI/DOC/ (2003) 13.
- Fransman M., 1991, *Biotechnology : generation, diffusion and policy. An Interpretive Survey*. The United Nations University INTECH, Institute for New Technologies (UNU/INTECH Working Paper No. 1).
- Juma C., Mugabe J., Kameri-Mbote P., 1995, *Coming to Life. Biotechnology in African Economic Recovery - African Centre for Technology Studies*, Nairobi, Kenya.
- Kane O., 1998a, La Valorisation des Résultats de Recherche au Sénégal. *Liaison Recherche – Développement et Innovation Technologique. Journées Nationales de Réflexion sur la Science et la Technologie pour le Développement*. Dakar, MRST.
- Kane O., 1998b, Les Technologies du 21<sup>ème</sup> siècle applicables au secteur agricole et agroalimentaire : opportunités ou Menaces pour l'Afrique ?. In *Revue Africaine de Développement*, 10-11, pp 226-238.
- Kane O., 1999, Le Futur Technologique de l'Afrique : Quelles Perspectives pour le Développement durable du Continent ?, *Africa 2025 : Stakeholders Mobilizing and Launching Conference of the ALTPS. UNDP/African Futures – MIDRAND*, South Africa, 8-11 Nov. 1999.
- Menck Karl Wolfgang, 1988, *Challenges for Science and Technology promotion in Africa, Problems, Priorities and Actions*. German Foundation for International Development.
- MEST, 1984, *Rapport annuel du comité consultatif national de la Biotechnologie*. Ottawa, Ministère d'Etat des Sciences et de la Technologie.
- MOST, 1981, *Biotechnology : a development plan for Canada*. Report of the task force on Biotechnology to the Minister of State for Science and Technology.
- Nana-Sinkam S. C., Abassa K. P., 1993, *Biotechnology and African Livestock Sector at the Cross-Road*. Joint ECA/FAO Agriculture Division Monograph N° 6.



Srivastava, H. C., 1993, *Biotechnological Applications for Food Security in Developing Countries*. Centre for Science and technology of the Non-Aligned and Other Developing Countries, Oxford & IBH Publishing Co.

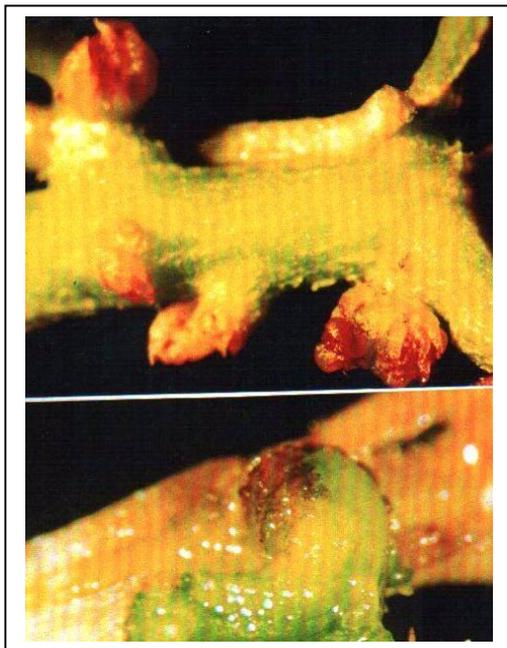
UNIDO, 1991, *Application of Biotechnology to food processing in Africa –IDDA expert group meeting on application of biotechnology to Food processing in Africa*. Ibadan, Nigeria, 16-20 December 1991. Selected papers.

UNIDO, 1994, *Biotechnology and Sustainable Development : UNIDO's Experience and New Initiatives. Genetic Engineering and Biotechnology Monitor 1, 4 : 1-6.*

## Illustrations



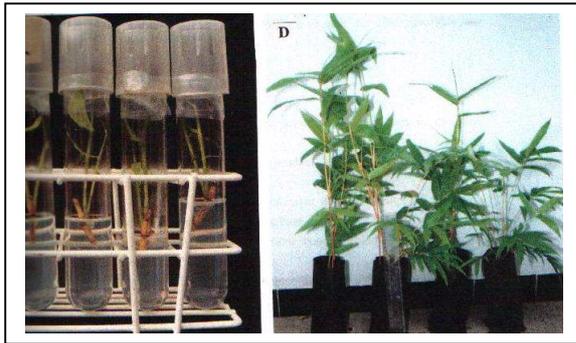
Embryons somatiques formés sur cals  
d'*A. tortilis* (Gassama-Dia UCAD)



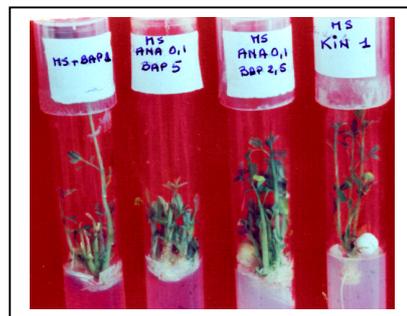
Bourgeons néoformés sur des fragments de racines  
de *Kad Acacia albida* (Gassama-Dia UCAD)



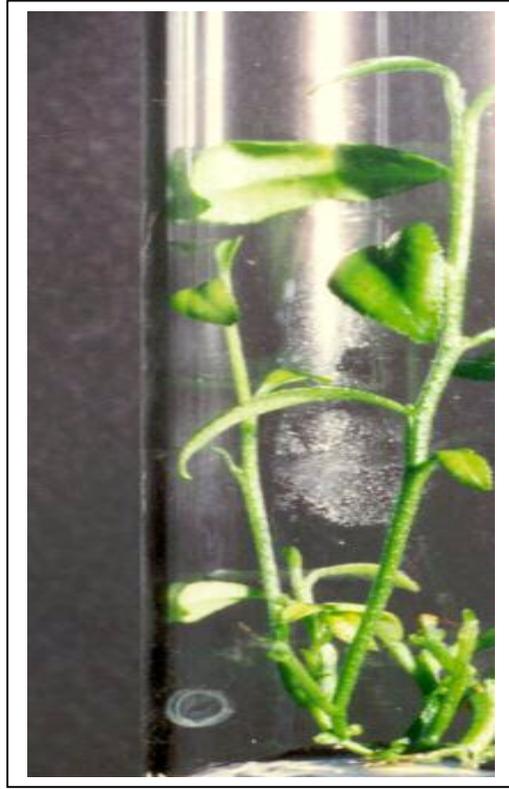
Vitroplants de *Balanites aegyptiaca*  
(Gassama-Dia UCAD)



Vitroplants en tube et acclimatés de Bambou (*Bambusa vulgaris*)  
(Gassama-Dia UCAD)



Vitroplants de nébéday *Moringa oleifera* (Gassama-Dia UCAD)



Vitroplant issu de méristème de *Citrus aurantifolia*  
(Gassama-Dia UCAD)



Embryons somatiques de palmier dattier  
(Gassama-Dia UCAD)



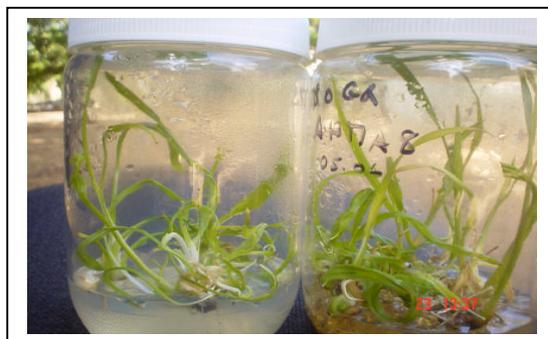
Plants haploïdes doublées fertiles  
de riz tolérants à la salinité  
(Gassama-Dia UCAD)



Fécondation *In vitro* et développement des embryons



Cal issu d'anthers de riz régénérant des plantules sur milieu salé



Embryons somatiques de Palmier dattier