

Les agricultures du Sud face aux changements biotechnologiques

Fatima Abdesselem
Économiste

Au sens large, les biotechnologies agricoles peuvent être définies comme “ l’ensemble des techniques faisant appel à des organismes ou à des processus biologiques pour fabriquer ou modifier des produits, améliorer des végétaux ou des animaux ou mettre au point des micro-organismes à des fins particulières ” (OTA, 1992). Leurs domaines d’application sont principalement les semences, les engrais, les pesticides et la santé animale. A priori, elles devraient repousser les limites biologiques d’un accroissement de la productivité agricole et donc de la production en général. Le cycle de fabrication des produits biologiques devrait aussi être raccourci, renforçant les liens entre le secteur agricole et les besoins des économies nationales ou internationales. Depuis la crise des années soixante-dix, les biotechnologies participent aux changements du système agro-industriel mondial, si bien que nous pouvons nous demander si elles sont une réponse technologique à un cycle de croissance dépressif, et si elles constituent une base nouvelle de l’accumulation agricole ou agro-alimentaire post-fordiste.

Rien n’est moins sûr, car elles ne sont, surtout pour les pays sous-développés, qu’un potentiel de développement économique. Elles restent pour l’essentiel complémentaires des technologies existantes, quels que soient les domaines concernés : agriculture, secteur agro-alimentaire, environnement, énergie, chimie et santé. Elles risquent cependant d’amplifier la tendance au renforcement du dualisme agricole, bénéficiant aux grandes exploitations, aux moyens importants, avec abandon de la multitude de petites exploi-

tations, familiales et souvent vivrières, dans les pays en développement. Différentes de la révolution verte, les nouvelles biotechnologies génèrent d'autres rapports entre secteurs public et privé de la recherche agricole et modifient les approches traditionnelles du financement de la recherche, l'appropriabilité des profits réalisés, le droit à breveter le vivant, l'organisation agro-industrielle, etc.

Les frontières naturelles de la recherche agricole s'estompant, apparaissent de nouveaux objets de recherche, des partenariats plus diversifiés et une approche plus multidisciplinaire du développement agricole et économique. Les pays en développement pourront-ils tirer bénéfice de ces mutations de la recherche scientifique, de la réorganisation du secteur public de recherche agricole dans le monde et des changements de l'organisation agro-industrielle ? La privatisation du vivant, avec l'aide du secteur public dans la plupart des pays industrialisés, ne favorise-t-elle pas un nouveau droit sur le vivant qui exclue encore davantage des pays déjà en marge de l'ordre productif mondial ? Quel rôle peuvent jouer les États du tiers monde ou les systèmes nationaux de recherches agricoles ? Doivent-ils favoriser, à l'instar de nombreux pays d'Amérique latine et d'Asie, le développement de certaines biotechnologies agricoles par rapport à des besoins internes et/ou externes spécifiques ? L'utilisation des techniques agronomiques traditionnelles n'est-elle pas limitée face à une agriculture mondiale plus compétitive et à des consommateurs plus exigeants ?

Repenser la relation entre science, technologie et croissance économique dans le cadre du développement des biotechnologies agricoles semble être aujourd'hui une nécessité pour les pays en développement, car la structure et l'orientation de leur type d'agriculture devront nécessairement changer pour des raisons de sécurité alimentaire et de mondialisation des marchés agricoles.

Le changement technologique est un processus endogène, induit par des modifications des dotations relatives en ressources et par la croissance de la demande, plutôt qu'un facteur exogène, totalement étranger à l'économie et à la société qui le mettent en œuvre.

Nous proposons, par rapport à l'ensemble de cette problématique, d'aborder dans un premier temps la relation entre changement technologique et agriculture et dans un second temps le potentiel et l'avenir des biotechnologies dans le tiers monde.

Biotechnologies et agriculture

Généralement, le changement technologique correspond à une amélioration de l'état des connaissances propre à augmenter les possibilités productives.

En agriculture, ce changement est le plus souvent incorporé dans de nouveaux intrants, durables ou non¹, sous forme d'une amélioration de la qualité et/ou de la quantité. Historiquement, l'agriculture a d'ailleurs évolué de systèmes agricoles *labour-intensive*, de faible productivité, vers des systèmes intensifs incorporant de plus en plus de savoir, de science et de capital :

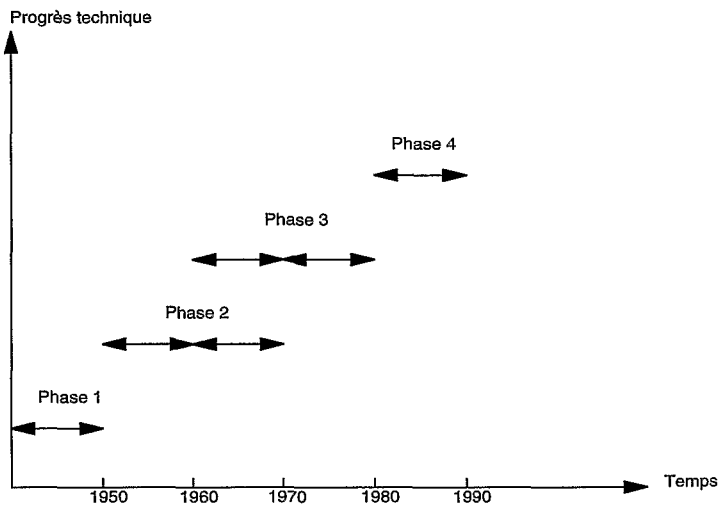


Figure 1
Evolution du progrès technique agricole.

¹ Les intrants durables correspondent aux machines, équipements et animaux. Les intrants non durables comprennent les engrais, produits chimiques, semences, etc, détruits au cours du procès de travail

Phase 1 : nature. Cycles biologiques + sélection des plantes et des animaux + fertilisants naturels.

Phase 2 : mécanisation. Semences améliorées + irrigation + tracteurs.

Phase 3 : révolution verte. Nouvelles variétés à haut potentiel de développement (hybrides) + irrigation + engrais, fongicides, pesticides.

Phase 4 : biotechnologies. Culture des tissus + techniques de l'ADN recombinant + transgénose animale et végétale.

Aujourd'hui, le développement des biotechnologies issues du génie génétique, du génie microbiologique et du génie enzymatique concerne des secteurs aussi différents que la pharmacie (santé humaine et animale), l'agriculture et l'environnement.

Les défis à relever sont importants puisque les trois-quarts de la population mondiale vivent dans des pays en développement, où les besoins alimentaires sont en croissance rapide. Comment y assurer alors la sécurité alimentaire tout en préservant l'environnement productif et l'avenir des générations futures ? Les biotechnologies peuvent-elles constituer une réponse pertinente en termes d'augmentation de la productivité agricole et de croissance agricole durable ?

Biotechnologies vertes et développement économique

Nous devons nous interroger sur la nécessité de développer les biotechnologies face à la concentration du pouvoir oligopolistique des firmes multinationales pharmaceutiques, chimiques ou agro-alimentaires et au poids des agricultures développées encore protégées, parallèlement à la dépression des marchés des matières premières agricoles et aux difficultés d'ajustement structurel des pays sous-développés.

Selon OKONKWO (1992), le but ultime à atteindre dans l'application des biotechnologies agricoles est un approvisionnement facile et moins coûteux en vivres. Les domaines concernés sont nombreux et variés :

— biotechnologies de la plante ;

- biotechnologies microbiennes ;
- biotechnologies animales ;
- biotechnologies aquatiques.

Nous nous limiterons aux deux premiers types de biotechnologies, car dans la plupart des agricultures en développement le secteur des intrants et celui des techniques post-récolte restent prédominants et font appel aux biotechnologies de la plante et aux biotechnologies microbiennes.

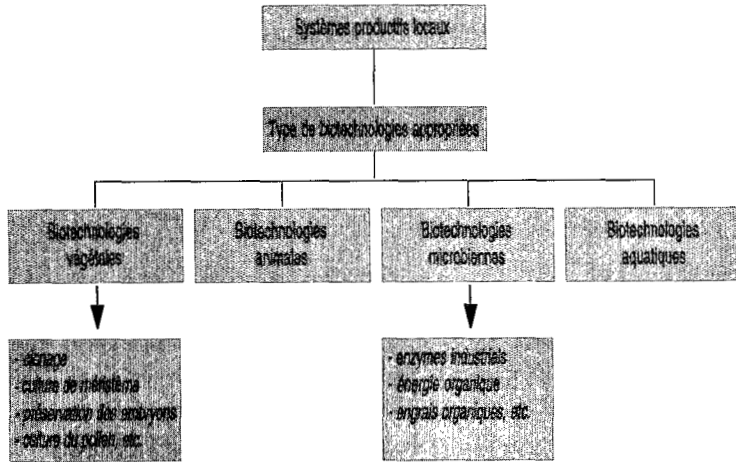


Figure II
Domaines d'application des biotechnologies.

Les biotechnologies végétales

La culture de la cellule et du tissu de la plante est ici essentielle. Cette technique repose sur le fait qu'une seule cellule (ou un groupe de cellules) provenant des organes de la plante (racine, feuille, tige) peut être plantée dans un bouillon de culture aseptique,

afin de générer rapidement des populations qui pourront enfin pousser dans le sol, ce qui concerne :

— la propagation clonale² :

Perfectionnée depuis 1937, la culture du tissu offre les moyens d'une propagation rapide et moins coûteuse de la plante (multiplication par clones). Cette technique est applicable dans la propagation de nombreuses variétés de fruits ou de légumes (palmier à huile, banane, patate douce, igname). Elle est destinée à accroître rapidement les productions alimentaires, mais aussi à lutter contre la désertification dans des programmes de reboisement ;

— la culture du méristème :

“ En 1952, note A. SASSON (1983), l'Inra a réussi à obtenir, à partir du méristème³ d'un dahlia malade, un dahlia indemne de virus. Une variété de pomme de terre, la belle-de-Fontenay, que l'infection par un virus avait fait disparaître des cultures, avait été reproduite à partir d'un méristème sain prélevé sur une plante malade et multiplié *in vitro*. ” Plus largement, les plantes débarrassées des agents pathogènes par cette méthode sont le manioc, la patate douce, l'igname, le cacao et les fraises. Par rapport aux techniques traditionnelles de multiplication, l'avantage de la culture du méristème, surtout pour les variétés fragiles, est de fournir par technique *in vitro* beaucoup plus de descendants en un minimum de temps. L'inconvénient, cependant, est le risque de diminution de la diversité génétique, car les individus d'une espèce proviennent d'un méristème unique. Aussi la création de banques de gènes est nécessaire afin de conserver les patrimoines héréditaires indispensables au maintien de la diversité génétique. Conscients de ce problème, lié au remplacement progressif des variétés traditionnelles par des variétés à fort rendement, les centres internationaux de recherche agricole ont constitué des centres de conservation du plasma ger-

² Le clonage désigne la propagation de plante de manière asexuée.

³ Méristème : petite masse de cellules indifférenciées, d'une dimension inférieure au dixième de millimètre. Le méristème est situé à l'extrémité de la tige de la plante, qui croît constamment et donne naissance aux organes de la plante. Au bout de quelques semaines, la tige est découpée en micro-boutures qui, dans des conditions favorables, se transforment en plantes entières.

minatif. C'est le cas du CIP et de l'IITA qui conservent la totalité de la collection mondiale des génotypes de pomme de terre et espèces voisines (manioc, igname, patate douce);

— la préservation des embryons :

Les embryons issus des croisements entre plantes à espèces variées meurent fréquemment en raison de certaines incompatibilités. Leur préservation dans des conditions particulières et leur culture *in vitro* conservent leurs caractères bénéfiques et contribuent à l'enrichissement de la biodiversité;

— La culture du pollen :

La culture *in vitro* du pollen constitue une méthode rapide (quelques semaines à quelques mois) et appropriée pour la production de plantes haploïdes (stériles). Celles-ci peuvent être « converties » par l'application de la méthode du dédoublement des chromosomes, afin de produire des plantes homozygotes⁴ diploïdes (possédant un double assortiment de chromosomes semblables), fécondes, essentielles dans le développement d'une nouvelle multiplication de lignées ou dans la production d'hybrides. Les méthodes traditionnelles de production des lignées pures homozygotes demandent plus de temps, parfois de nombreuses années.

Pour la plupart, ces méthodes peuvent être utilisées par les pays en développement, car elles ne demandent pas des équipements et des infrastructures de recherche très sophistiqués⁵, ni des chercheurs longuement formés. Les orientations possibles devraient concerner :

— la recherche sur la résistance génétique : les herbicides, utilisés pour éliminer les plantes adventices, sont souvent dangereux pour l'environnement. De nouvelles espèces d'herbicides (glyphosate, chlorusefuron) tuent tout végétal sans affecter la nappe phréatique.

⁴ Homozygote : se dit d'une cellule qui possède deux gènes identiques, situés aux endroits correspondants des deux chromosomes d'une même paire.

⁵ La micropropagation, par exemple, demande (Boxus, 1989 : 169) :
— un besoin en matériel de départ très limité : quelques bourgeons sont suffisants, les parcs à bois ou à pieds mères coûteux à entretenir ne sont pas nécessaires,
— une surface de culture minime : chaque année, chaque mètre carré de tablette peut produire plus de 25 000 arbres ou plus de 50 000 fraisiers-racines, etc.

La résistance à de tels herbicides est contrôlée par des gènes uniques, clonés et intégrés dans les génomes des plantes transgéniques concernées, qui développent ainsi une résistance aux herbicides. Des résistances à la sécheresse ou une plus grande tolérance à la salinité peuvent également être introduites, afin que les plantes s'adaptent à une gamme d'environnements plus large ou maintiennent la biodiversité existante ;

— la recherche sur la résistance aux insectes : la découverte de la bactérie *Bacillus Thuringiensis* est un bon moyen de lutter contre les insectes nuisibles aux récoltes, puisqu'elle produit une protéine qui, une fois ingérée par l'insecte, dégage une toxine active qui élimine celui-ci. Elle est inoffensive pour l'homme, l'animal et l'environnement, et peut être clonée dans le génome de plusieurs espèces de végétaux ou utilisée sous forme de poudre insecticide ;

— la recherche sur la tolérance génétique aux virus : les chercheurs ont découvert que les végétaux infectés par des souches moins virulentes de virus développaient une résistance aux infections consécutives par une souche beaucoup plus virulente. Ce phénomène, appelé *croisement de protection*, proviendrait de la couche de protéines (CP) qui provoque les virus. Aussi ces recherches ont-elles conduit à la production de végétaux transgéniques dans lesquels des gènes CP de certains virus ont été incorporés.

Les biotechnologies microbiennes

Fondamentales dans la gestion des ressources naturelles, ces biotechnologies regroupent, par exemple, la production d'engrais organiques, d'enzymes industriels et l'énergie d'origine organique (biogaz).

— Les engrais organiques

L'usage de micro-organismes, tels les champignons ou les bactéries comme la *Rhizobia*⁶, peut à moindre coût l'azote atmosphérique pour produire " l'azote riche " utilisée par les plantes. Cela évite le recours à des engrais azotés chimiques plus chers et pol-

⁶ La *Rhizobia* colonise les racines de la plante hôte, qui fixe alors mieux l'azote biologique.

luant les sols. La production de quelques Rhizomes est déjà commercialisée en Afrique et bien sûr en Amérique latine, en Asie, particulièrement en Inde où la révolution verte a créé, par l'usage important d'engrais, des dommages au niveau des sols et de la nappe phréatique (ALAM, 1994).

— Les enzymes industriels

L'utilisation de micro-organismes pour produire des enzymes industriels (par exemple amylose a, amylose b, amyloglucosidase) peut intéresser les pays en développement, en particulier ceux orientés vers les fermentations agro-alimentaires⁷, le brassage de la bière, l'industrie des confitures, etc.

— Les productions d'énergie organique

Il s'agit ici de produire, à partir de micro-organismes et d'hydrocarbures tels les sucres, la cellulose ou les matières organiques, du méthane ou du dioxyde de carbone. Le biogaz obtenu à partir d'engrais ou de déchets du bétail, de résidus de récoltes est utilisé comme une source d'énergie pour des besoins domestiques, alors que les résidus organiques sont utilisés comme compost. On connaît, depuis longtemps, l'utilité de la production de biogaz (faibles coûts, préservation de l'environnement) dans les milieux ruraux pauvres du tiers monde (Chine, Inde). Son développement dans les régions où le bois de chauffage est une cause de désertification (exemple du Sahel) se heurte néanmoins à des habitudes de consommation solides.

En définitive, ces différentes biotechnologies agricoles ou agro-alimentaires, à priori plus efficaces⁸ que les méthodes traditionnelles

⁷ L'étude de l'écologie des micro-organismes, responsables de la fermentation du *m'bannick*, une des principales boissons lactées traditionnelles du Sénégal (N'DIR, 1989), dégage des axes de recherche extrêmement intéressants pour développer et contrôler la fabrication de ce produit biologique (ferments lactiques vivants). Le développement agro-industriel de ce lait caillé demande, toutefois, la maîtrise parfaite de la qualité du produit et des conditions de production (réaction des levures, des lactobacilles, des acides, etc.).

⁸ « Malgré leur efficacité, notent LEPOIVRE et SEMAL (1989 : 159), les méthodes classiques de l'amélioration végétale présentent des défauts, en particulier la longueur du processus (une variété de blé n'est commercialisée qu'après 8-10 ans de sélection), et la reproduction sexuée

de sélection végétale ou de production industrielle, pourraient sous certaines conditions⁹ être plus ou moins rapidement adoptées dans le tiers monde afin d'augmenter la sécurité alimentaire, de diversifier une agriculture aux spécialisations anciennes et de protéger l'environnement.

Dans le domaine de l'environnement, les biotechnologies peuvent intervenir au niveau de la diversité génétique, de la diversité des espèces et de la diversité des écosystèmes, en créant de nouvelles espèces de plantes et d'animaux ou en améliorant celles qui existent déjà. L'accroissement, le maintien ou la réduction de la biodiversité dépend cependant de plusieurs facteurs :

- l'accès libre ou non aux ressources biologiques (problématique de la privatisation du vivant, des droits de propriété intellectuelle);
- la viabilité de la conservation *ex situ*;
- la viabilité de la conservation-valorisation *in situ*.

La Convention sur la biodiversité (1992) met surtout l'accent sur la conservation *in situ* au travers notamment de zones naturelles à préserver ou à aménager, telles les réserves naturelles et les parcs nationaux. En 1993, plus de 8 500 zones protégées existent de par le monde, la plupart d'ailleurs en pays sous-développés.

Pour la conservation *ex situ*, nous pouvons prendre l'exemple des banques de gènes, qui gèrent trois types de collections¹⁰ à des coûts

impose des barrières dans le choix du matériel, eu égard aux cas d'incompatibilité, limitant les possibilités de croisement. Les développements récents des cultures de tissus et de la biologie moléculaire permettent de lever ces obstacles et d'ouvrir de nouvelles perspectives dans la création d'une variété génétique somaclonale ». Par ailleurs, les risques de créer des mutants ne sont guère plus importants en culture *in vitro* qu'en culture traditionnelle, si les principes d'usage sont respectés (balance hormonale appropriée, conditions d'asepsie rigoureuses).

⁹ Spécialisations scientifiques solides (pathologie végétale, amélioration variétale), chercheurs confirmés, laboratoires de recherche opérationnels, relations avec des instituts de recherche extérieurs, coopération Nord-Sud (approvisionnement en produits chimiques de qualité, financement d'un encadrement local, fourniture de plantes-mères et de licences), etc.

¹⁰ Ces collections peuvent prendre la forme de graines, tissus, pollen, ovules, etc. Dans le monde, 131 pays conservent des ressources génétiques agricoles, auxquels il faut ajouter 10 centres internationaux de recherche agricole. Au total, 4,35 millions d'échantillons végétaux sont stockés et préservés *ex situ*, aux frais des pays développés.

évidemment variables et croissants en fonction du temps de conservation et du nombre de tests pour s'assurer de la conservation de l'information génétique (au moins 85 % de l'échantillon testé doit germer). Il s'agit : des collections effectivement utilisées pour la reproduction ou le travail de multiplication, et conservées une année; des collections utilisées à moyen terme, séchées et conservées entre 0 °C et -5 °C sur une période de 10 à 20 ans (les températures basses assurent la viabilité du matériel génétique); des collections de base, séchées et conservées dans des feuilles d'aluminium à des températures comprises entre -10 °C et -20 °C.

Les banques de gènes constituent une réponse à la perte de la diversité génétique sur le long terme et la mémoire d'écosystèmes fragilisés par l'action des hommes et/ou de la nature. Elles ne sont néanmoins qu'un " système de précaution " qui n'agit pas sur les causes de dégradation de la biodiversité. Nous pouvons prendre l'exemple des forêts tropicales, où certains estiment que 5 % à 10 % des espèces locales pourraient disparaître dans les trente prochaines années. Un quart des espèces végétales mondiales disparaîtraient également si la déforestation continuait (MUGABE, 1994). Les biotechnologies peuvent alors intervenir pour enrichir les collections existantes, améliorer *in situ* le taux de régénération des forêts, accroître les résistances des variétés et rééquilibrer les écosystèmes.

La commercialisation croissante de nombreux produits issus des nouvelles biotechnologies ne s'effectuera cependant pas sans problème au niveau de la conservation de l'environnement ou de la biodiversité et de l'accès aux progrès scientifiques et technologiques pour l'ensemble des pays. Les risques et les dangers sont multiples et relativisent les potentialités offertes par les biotechnologies dans les pays en développement. La modification d'organismes vivants pourrait effectivement accroître la vulnérabilité de certaines plantes et animaux transgéniques, uniformes génétiquement. De plus, leur interaction dans des environnements différents n'est pas toujours connue et maîtrisable *ex ante*, etc.

Par rapport à l'introduction des nouvelles biotechnologies vertes, les pays sous-développés n'ont évidemment pas les mêmes intérêts de développement ou les mêmes besoins que les pays déjà industrialisés; aussi les transferts de technologie, comme par le passé, devront-ils être attentifs aux " contingences locales " et aux potentialités scien-

tifiques et technologiques nationales. C'est d'autant plus vrai que, à la différence de la révolution verte, qui favorise des paquets technologiques fournis par le secteur public, la nouvelle biorévolution privilégie le développement du secteur privé et une agriculture plus productive et plus écologique dans les pays industrialisés.

De nouveaux modèles d'organisation agro-industrielle

Les nouvelles biotechnologies restent pour l'essentiel complémentaires des technologies existantes. D'après DUCOS et JOLY (1988), elles sont transversales, combinatoires et complémentaires.

Transversales, en raison de l'universalité du code génétique. Qu'elles s'appliquent aux animaux, aux végétaux ou aux micro-organismes dans les secteurs alimentaires, pharmaceutiques et autres, les techniques de génie génétique seront les mêmes. Pourtant, elles sont en soi insuffisantes et doivent faire appel à d'autres techniques (fermentation, purification) pour la maîtrise du processus productif et commercial. En ce sens, elles sont combinatoires et favorisent la coopération ou l'alliance entre entreprises, qui ne peuvent maîtriser toutes les techniques et le savoir-faire correspondant. Elles sont, enfin, complémentaires des technologies traditionnelles. Dans le domaine des semences, par exemple, les variétés améliorées et les variétés à haut rendement prédominent encore sur les variétés modifiées par génie génétique. La relation entre la plante et son environnement est effectivement difficile à maîtriser et à stabiliser, et la structure génétique des plantes commerciales et vivrières n'est pas toujours très bien connue¹¹.

Les biotechnologies risquent cependant d'accélérer le développement de recherches sur les plantes à grande valeur marchande, asso-

¹¹ « On ignore encore, remarque GROS (1990 : 135), pourquoi et en vertu de quel mécanisme certains gènes ne fonctionnent qu'à des étapes parfaitement définies du développement de la plante et seulement dans certains organes (racines, feuilles, graines) » Quelques plantes à vocation commerciale (tabac, pomme de terre, pétunia) ont cependant fait l'objet de recherches poussées par des laboratoires privés, tel celui de la firme Monsanto.

ciant firmes chimiques, pharmaceutiques et nouvelles entreprises biotechnologiques. L'exigence sociale de diffusion des connaissances ne serait plus alors nécessairement maintenue, puisque la firme privée pourrait conserver les résultats de ses recherches jusqu'à ce qu'ils soient protégés par le dépôt d'un brevet¹². Le brevet est en effet l'objet d'enjeux économiques importants, puisqu'il offre à l'entreprise qui le dépose la première la possibilité de maintenir une avance technologique et donc un marché (quasi-rente, récompensant son effort financier de recherches), jusqu'à ce que d'autres entreprises rattrapent leur retard concurrentiel et proposent des produits équivalents ou supérieurs. En ce qui concerne le vivant, le brevet, au sens industriel du terme¹³, pose des difficultés d'application, car la reproductibilité de l'action d'un micro-organisme¹⁴, par exemple, est plus complexe à contrôler et prévoir systématiquement¹⁵, surtout si le matériel génétique créé n'est pas déposé par la firme agro-industrielle, chimique ou pharmaceutique.

Par ailleurs la frontière entre invention et découverte de propriétés naturelles (caractère inappropriable ou appropriable) a pendant longtemps été difficile à établir, au moins jusqu'à l'affaire Chakrabarty (États-Unis, 1980). Cette dernière ouvre une étape nouvelle, établissant une distinction entre ingéniosité propre à la nature et ingéniosité de l'inventeur dans le génie génétique. La Cour suprême américaine statua sur le droit de dépôt d'un brevet

¹² Aux États-Unis, les trois quarts des brevets associés aux biotechnologies sont déposés par des entreprises privées, souvent multinationales. Le quart restant est partagé par des universités, des organismes publics et des individus.

¹³ Ne sont brevetables que les inventions qui respectent les critères de nouveauté, originalité, utilité et qui possèdent un caractère technique, ou qui peuvent, autrement dit, être strictement reproductibles à partir de formules et d'indications précises.

¹⁴ En agriculture, les micro-organismes ou *starters* ont des propriétés qui visent soit à se substituer aux substances chimiques de type pesticides (exemple : les bactéries *Pseudomonas*), soit à résoudre des problèmes spécifiques liés à l'activité agricole (conditionnement, conservation).

¹⁵ Cela suppose que les propriétés nouvelles du micro-organisme, de la plante ou de l'animal transgénique soient liés à des gènes parfaitement définis et dont la manipulation peut être décrite avec précision (GROS, 1990 : 208).

sur un micro-organisme, une bactérie du genre *Pseudomonas*, qui existe à l'état naturel et renferme deux plasmides stables, générateurs d'énergie, qui lui permettent de dégrader les hydrocarbures. Il s'agissait là, remarque GROS (1990), " d'une mise au point biotechnologique de grande importance, puisqu'on espérait, en utilisant ce micro-organisme modifié par génie génétique, pouvoir lutter contre certaines formes de pollution ". La Cour a argumenté sa décision en rejetant l'argument du produit naturel : le chercheur avait réussi à fabriquer une nouvelle bactérie qui possédait des caractéristiques différentes de celles existant à l'état naturel et utiles dans de multiples domaines¹⁶.

L'économie des brevets biotechnologiques est ainsi fort complexe à définir, tant elle bouleverse les législations traditionnelles, le système de l'UPOV¹⁷, les rapports entre l'homme et la nature ou entre science et éthique. Le débat s'est actuellement déplacé avec le développement des biotechnologies, qui accroissent la valeur intrinsèque des ressources génétiques manipulées par l'homme à des fins productives. Il ne s'agit plus seulement de contrôler, par exemple, la vente des semences créées, mais de contrôler les procédés techniques qui interviennent dans la modification génétique de la plante, ainsi que de breveter des gènes aux caractéristiques modifiées ou fabriquées par l'inventeur. Cela pourrait avoir deux conséquences dramatiques pour le tiers monde :

— l'existence de variétés brevetées empêcherait les sélectionneurs traditionnels ou les centres internationaux de recherche agronomique (Cira) de les utiliser librement comme matériel de sélection ;

¹⁶ La Cour, souligne GROS (1990 : 209), s'est cependant efforcée d'établir des limites à la brevetabilité. Elle en a exclu les organismes vivants purs et simples, c'est-à-dire non modifiés par génie génétique, estimant que l'octroi du brevet Chakrabarty constituait une exception puisqu'il concernait un organisme vivant doté de son véhicule génétique (porteur) introduit par transformation et, par conséquent, modifié génétiquement par l'homme.

¹⁷ Le droit des obtentions végétales ne protégeait pas la matière génétique à l'intérieur de la semence, mais donnait le droit de monopole sur la vente et la distribution d'une variété aux caractéristiques spécifiques. Cela a ainsi plutôt favorisé la création de biens publics, largement diffusés par la recherche agronomique internationale (semences hybrides, par exemple).

— la production de semences artificielles obligerait les producteurs à renouveler régulièrement leur stock de semences.

En définitive, nous pouvons dire que la marchandisation progressive des produits de la recherche agricole génère une donne nouvelle en agriculture, qui diffère des caractéristiques de la révolution verte, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	Révolution verte	Biorévolution
Domaines affectés	blé, riz, maïs	en théorie toutes les cultures, zootechnie, pharmacie, environnement
Pays concernés	Asie et certains pays en développement	<i>a priori</i> tous les pays et toutes les régions
Diffusion des innovations	institutions publiques et fondations privées	secteur privé, avec surtout des firmes multinationales
Savoir scientifique et technique	amélioration et sélection classiques des plantes, hybridation	génie génétique, génie microbiologique, génie enzymatique
Accès à l'information	aisé, diffusion large par les centres internationaux de recherche agricole	difficile, privatisation du vivant, brevets
Droits de propriété	système du droit des obtentions végétales n'offrant qu'un monopole restreint sur les variétés créées	brevets et autres formes de protection des modifications génétiques réalisées
Financement des recherches	surtout public	public et surtout privé, avec des coûts plus ou moins élevés selon les techniques utilisées

■ Tableau I
Comparaison entre révolution verte et biorévolution

Les logiques de fonctionnement, les rôles des secteurs public et privé se sont donc considérablement modifiés et nécessitent dans les pays en développement le renforcement et la diversification des réseaux d'échange régionaux et internationaux, publics et privés. Des projets régionaux sahéliens, financés par le Cilss, la FAO, l'Usaid, le FED ou l'Orstom, ont par exemple été réactivés dans les

domaines de lutte intégrée contre les " ennemis " des cultures vivrières, les nématodes de l'arachide et les criquets pèlerins.

Le CGIAR¹⁸, créé il y a une vingtaine d'années, devrait d'ailleurs davantage appuyer cette réorientation en augmentant ses dépenses annuelles, estimées à 280 millions de dollars en 1990 (BRENNER, 1991); ce qui ne représente que 2% de l'ensemble des dépenses publiques de recherche agricole dans le monde. La France à elle seule, avec l'Orstom et le Cirad, consacre plus de 100 millions de dollars à la recherche agricole des pays tropicaux.

De même, le poids de l'International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB), installé en 1988 à l'initiative de l'Onudi à Trieste (Italie) et à New Delhi (Inde), demande à être accru. L'institut de New Delhi est spécialisé dans la recherche sur les biotechnologies végétales, sur la malaria et autres maladies virales. Il contribue de façon importante à la formation de scientifiques ou de techniciens du tiers monde dans ces domaines divers. Son rôle demeure toutefois plus conceptuel qu'opérationnel.

Dans ce contexte, quel type de développement des biotechnologies végétales ou agro-alimentaires peut-on préconiser dans les pays en développement ?

■ Potentiel et avenir des biotechnologies dans les pays en développement

La tendance à la concentration du pouvoir agro-industriel ou technologique est telle au niveau international que la mise en œuvre des

¹⁸ Une quarantaine de donateurs (gouvernements, fondations privées, organisations internationales telle la Banque mondiale, etc.), appartenant au CGIAR fournissent un soutien à un réseau actif de 17 centres internationaux de recherche agricole, dont la vocation est l'aide à l'agriculture du tiers monde et le renforcement des systèmes nationaux de recherche agricole.

innovations biotechnologiques s'effectue à priori sans aucune concertation avec les pays en développement. Cependant, la bio-révolution peut également conduire à valoriser des ressources naturelles exclusivement présentes dans le tiers monde, dans des secteurs aussi différents que l'agro-alimentaire, la pharmacie et les cosmétiques. Même si elle ne peut à court terme assurer une autosuffisance alimentaire dans ces pays, elle leur offre néanmoins la possibilité du saut technologique ou celle d'accélérer des étapes dans le processus d'acquisition du savoir et de résorption des déséquilibres alimentaires et économiques. Pour cela, ils doivent mettre l'accent sur l'amélioration de leur infrastructure scientifique et technologique.

Les biotechnologies végétales en Asie

Depuis les années quatre-vingt, la plupart des États asiatiques (SINGH, 1989) ont développé des programmes visant à adopter certaines biotechnologies peu coûteuses, telles la culture des tissus, la production d'enzymes industriels et de biogaz. Il s'agit du Bangla Desh, de la Chine, de la Corée, de l'Indonésie, de la Malaisie, de la Thaïlande, de l'Inde... ; soit 20 pays couverts par le Regional Office for Asia and Pacific.

L'Inde a créé en 1982 le National Biotechnology Board (NBTB), orienté vers la satisfaction des objectifs d'autosuffisance alimentaire, de santé, d'environnement et de formation de scientifiques. En agriculture, l'accent est mis sur les bactéries qui fixent l'azote, le développement de variétés qui résistent aux maladies et aux insectes ou à la sécheresse. La propagation clonale est utilisée pour la production de fleurs, de dattes, de noisettes et de fruits. À partir de 1990, le NBTB est remplacé par le Department of Biotechnology, chargé de formuler des projets spécifiques de recherche-développement en biotechnologie, en collaboration avec des instituts publics de recherche et les universités et industries concernées. Il y a aujourd'hui une quinzaine d'entreprises privées impliquées dans les biotechnologies, dont certaines ont conclu des accords de *joint-ventures* avec des firmes étrangères (Unilever NV, Seedtec International, Cargill Inc., Sandoz AB).

En Chine, le Chinese National Center for Biotechnology and Development est créé entre 1984 et 1988, afin d'augmenter la pro-

duction céréalière et d'améliorer les produits alimentaires. Le pays s'est lancé dans la culture *in vitro* de plants de pommes de terre sains, de fleurs, et dans la propagation clonale de la canne à sucre, de la banane et de l'orange.

En Indonésie, le gouvernement déclare, en 1985, que la biotechnologie est une priorité dans le développement de l'économie nationale : mise en place de centres de formation, programmes de coopération internationale. Le National Center for Biotechnology, créé en 1986, coordonne tous les projets de recherche-développement biotechnologique. L'accent est mis, comme en Malaisie, sur la production de l'huile de palme à l'aide des nouvelles techniques biotechnologiques. Les deux pays fournissent les deux tiers de la production mondiale d'huile de palme.

En Malaisie, le National Council for Scientific Research and Development (1984) fixe plusieurs priorités en agriculture : la culture *in vitro*, le génie génétique, la biotechnologie animale, la production de l'énergie organique, les techniques de fermentation. Les universités et les instituts publics ont des programmes de biotechnologie communs, en liaison avec les besoins de l'industrie, et participent à des programmes internationaux de recherche biotechnologique. Le fonds spécial pour la promotion des biotechnologies consacre 5,45 millions de dollars à la recherche sur les biotechnologies végétales, agro-alimentaires, animales et environnementales (SINGH, 1989). Par rapport à l'importance économique du caoutchouc et de l'huile de palme, le gouvernement a encouragé à la fois une recherche biotechnologique publique et une recherche biotechnologique privée.

En Thaïlande, les fluctuations internationales du prix des matières premières ont incité le gouvernement à développer des biotechnologies permettant une réduction des coûts de production et surtout une diversification des cultures. Le National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (1983) coordonne les programmes biotechnologiques dans des domaines aussi variés que l'industrie, l'agriculture, la santé publique, l'énergie et l'environnement. La création en 1985, avec l'aide de l'Usaid, du Science and Technology for Development Programme renforce le dispositif précédent en mettant l'accent sur la bioscience et l'utilisation de l'informatique. Près de Bangkok, de nombreuses sociétés privées se

sont lancées dans la culture *in vitro* et la propagation clonale des orchidées et autres fleurs. Leur activité est évaluée à 20 millions de dollars US par an. À la différence d'autres pays asiatiques, le secteur public thaïlandais n'a que faiblement développé ses liens avec le secteur privé de recherche agricole. L'État aide cependant quelques entreprises privées spécialisées en biotechnologies, par l'intermédiaire de subventions, de prêts bancaires et d'une fiscalité favorable.

Aux Philippines, le National Science and technology Plan considère les biotechnologies comme un moyen important de développement économique et de liaisons plus étroites entre l'agriculture et l'industrie. La priorité est donnée au soja, aux plantes médicinales et au coton. Le principal centre de recherche-développement biotechnologique, Biotech, travaille sur l'énergie organique, la fixation de l'azote, le reboisement, les vaccins animaux, la fermentation et les antibiotiques. Le laboratoire de biologie moléculaire de Biotech poursuit des recherches sur la *Rhizobia*, le génie génétique et la culture des tissus.

En République de Corée, l'État subventionne 70 % des dépenses de recherche-développement en biotechnologies industrielles. Depuis 1982, les programmes biotechnologiques sont organisés par le Korean Genetic Engineering Research Association, qui regroupe aujourd'hui 19 sociétés privées aidées financièrement par l'État. En 1986 cependant, le secteur public ne couvre plus que 28 % des coûts de recherche-développement, alors que l'industrie en finance 70 %. Les compagnies privées ont investi surtout dans les techniques de fermentation et dans les produits pharmaceutiques, et peu en agriculture. Dans le secteur privé, le nombre total de scientifiques spécialisés dans les biotechnologies est passé de 64 en 1982 à 329 en 1988, et celui des personnes détenant un PhD a triplé pendant la même période. Les programmes de biotechnologies agricoles sont coordonnés par l'Agricultural Biotechnology Research Council qui regroupe des chercheurs issus des instituts publics et des universités ainsi que des représentants de l'industrie et du secteur privé. La production de pommes de terre issues de la propagation clonale est passée par exemple de 12 t/ha en 1981 à 26 t/ha en 1986. La technique a par la suite été utilisée pour plusieurs variétés de fleurs et pour les fraises.

La plupart des pays asiatiques se sont ainsi orientés vers les biotechnologies vertes et ont commencé à travailler sur des techniques de génie génétique plus complexes :

— la Chine a mis au point des variétés de tabac résistant au virus CMV (Cucumber Mosaic Virus), des variétés de soja résistant aux herbicides, etc. ;

— l'Inde utilise les bactéries de type *Bacillus Thuringiensis* pour contrôler biologiquement les attaques d'insectes. Elle a mis au point une collection génétique de plusieurs variétés, dont le pois chiche ;

— les Philippines maîtrisent l'usage de la *Rhizobia* pour mieux fixer l'azote sur le riz et le maïs.

L'enjeu économique et alimentaire du développement des biotechnologies en Asie est essentiel, car la production agricole devra doubler dans les 25 prochaines années sans dégradation supplémentaire de l'environnement agro-écologique. Les conditions tropicales causent actuellement de 20 % à 30 % de pertes de production, en raison des maladies, des insectes, des champignons et de la salinité.

Plusieurs firmes appartenant aux pays développés se sont intéressées au transfert de gènes de résistance dans les plants de tabac, de soja, de tomate (Agracetus, Monsanto Co., Ciba Geigy AG). Elles coopèrent avec quelques pays asiatiques : la Chine et la Corée principalement, car ces deux pays autorisent les brevets sur les inventions biogénétiques. Les autres pays sont plus réticents face à une protection par les brevets, par crainte de voir augmenter les coûts de production agricoles, les paysans étant obligés d'acheter simultanément les semences et l'herbicide qui les accompagnent. La possibilité de mal utiliser l'herbicide ou l'intégralité du paquet technique n'est par ailleurs pas exclue et nécessite comme auparavant la prise en compte des facteurs socio-économiques et agro-écologiques des différents systèmes productifs.

Malgré les problèmes financiers, socio-économiques, et de dépendance scientifique et technologique, les pays asiatiques essaient de développer leurs propres biotechnologies vertes, afin de diversifier leurs productions traditionnelles (jute, huile de palme, caoutchouc, sucre) aujourd'hui concurrencées par des produits de substitution. La richesse de leurs ressources génétiques les pousse de plus en plus à envisager de nouvelles valorisations pharmaceutiques, agro-alimentaires et la production d'huiles essentielles.

Selon SINGH (1989), les pays asiatiques ont non seulement intérêt à coopérer avec les centres internationaux de recherche agricole et avec les pays développés, mais aussi à renforcer une coopération régionale (Asean, Sarrc)¹⁹, car de nombreux problèmes dans l'utilisation des biotechnologies leur sont communs. Ces pays maîtrisent 75 % de la production mondiale de riz, jute, caoutchouc, huile de palme, noix de coco, thé, mangues, etc. Or les cours mondiaux de ces produits connaissent fréquemment des fluctuations à la baisse. La mise en commun de leur potentiel de recherches agricoles et de leur capital humain spécialisé en biotechnologies constitue un atout à court ou moyen terme par rapport aux insuffisances de leurs systèmes nationaux de recherche agricole (taille, moyens financiers, équipements).

Une tendance semblable se dessine en Amérique latine, où de multiples formes de coopération scientifique et technologique ont été développées.

Les biotechnologies végétales en Amérique latine et aux Caraïbes

En Amérique Latine et aux Caraïbes, les programmes biotechnologiques régionaux et internationaux concernent plus de 120 espèces de plantes : 12 espèces de céréales, 14 d'arbres, 12 de fruits tropicaux, 10 de légumes, 10 de plantes médicinales, 12 de plantes ornementales, etc. Au Mexique, plus de 500 spécialistes participent à des programmes de recherche biotechnologique. Au Brésil, une centaine de chercheurs sont engagés dans les biotechnologies agricoles.

La plupart des institutions publiques disposent de laboratoires aptes à mener des recherches sur les biotechnologies vertes. L'accent a été mis sur des programmes de coopération technique et scientifique entre pays qui disposent déjà d'infrastructures et de capital humain spécialisé dans les nouvelles technologies, tels l'Argentine

¹⁹ Asean : Association of South-East Asian Nations.
Sarrc : South Asian Regional Research Cooperation.

(Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), le Brésil (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), la Colombie (Instituto Colombiano Agropecuario), le Venezuela (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias), et pays plus faiblement dotés, tels la Bolivie, la République dominicaine, le Panama, Trinidad et Tobago.

Chaque État a fait le point sur ses propres besoins en biotechnologies et sur ses capacités à les mettre en place : ressources humaines, état des connaissances scientifiques et technologiques, relations entre recherche agricole publique, universités et secteur privé, biotechnologies existantes. La priorité est en général accordée aux biotechnologies agricoles rapidement disponibles. À moyen terme, l'accent est mis sur les techniques de génie génétique destinées à produire des plantes pouvant s'adapter à un environnement difficile (sols, sécheresse).

Une collaboration entre secteur public et secteur privé de recherche agricole s'instaure à partir de législations sur les droits de propriété génétique (Colombie), de défiscalisation (Chili) et de joint-ventures avec des firmes privées (Argentine). Le développement d'un secteur privé de recherche (PINEIRO, 1985) est en effet conditionné par :

- la taille et la nature du marché, les perspectives de croissance économique ;
- l'organisation socio-économique de la production et la nature des exploitations agricoles ;
- l'importance du savoir scientifique et technologique national, l'aide du secteur public ;
- l'existence d'une législation sur la propriété intellectuelle (possibilités de breveter le vivant).

Dans les pays qui en ont fait le choix, cela demande une réorganisation de la recherche agricole traditionnelle, afin d'atteindre une taille suffisante (capital humain et financier) dans l'exploitation des nouvelles technologies, de répondre à l'évolution de la demande interne et externe, et de développer des relations avec des organismes publics ou privés internationaux.

En Amérique latine, les institutions publiques de recherche agronomique ont ainsi concentré leurs efforts sur des activités de

recherche fondamentale portant sur des variétés à débouchés locaux qui n'intéressent pas le secteur privé et les firmes multinationales, préoccupées par des variétés à haute valeur ajoutée commerciale. C'est le cas de la production de fruits au Chili ou de la production de légumes (brocolis) au Mexique. Dans tous les cas, cependant, le développement d'un secteur privé de recherches agricoles dépend fortement de la qualité de l'organisation d'une recherche nationale et de l'encouragement de l'État.

La Colombie constitue ici un exemple intéressant (FALCONI, 1993 ; SANINT, 1995), car elle est l'un des rares pays d'Amérique latine à avoir institutionnellement intégré un secteur privé de recherche agricole²⁰ au sein de son système national de recherches scientifiques et technologiques. L'ICA (Instituto Colombiano de Agricultura)²¹, structure mixte (ministères, scientifiques, représentants du secteur privé) en est l'expression directe. Il gère tous les programmes agricoles et biotechnologiques, les transferts technologiques ainsi que la diffusion de l'information entre secteur public et secteur privé. Le secteur public de recherches agricoles peut officiellement passer des contrats avec le secteur privé dans les domaines qu'il juge complémentaires de ses activités. L'État a mis en place une stratégie de type outward oriented et un ensemble de mesures macro-économiques strictes : contrôle de l'inflation, des dépenses publiques, réforme fiscale, baisse des tarifs douaniers de 15 %, référence aux prix internationaux, privatisation des banques agricoles, suppression des licences d'importation. Des aides sont toutefois maintenues pour les cultures de base, garantissant un prix minimum au producteur (blé, maïs, riz, orge). L'ICA favorise d'ailleurs les paquets techniques de type biens publics pour ces cultures, mais ne s'intéresse que très faiblement aux techniques post-récolte. Des firmes telles que Cargill et Hoechst ont pu introduire,

²⁰ L'agriculture est un secteur économique très important (30 % des emplois, 35 % des exportations). En 1991, elle représente 23 % du PNB. Les principales cultures exportées sont le café, la banane, les fleurs et le sucre.

²¹ 55 % des fonds financiers de l'ICA proviennent de l'État, 35 % de la Banque mondiale, 8 % des ventes de produits et de services, 2 % des dons internationaux (CIP, Cimmyt, Isnar, Usaid, Cirad, FAO, etc.).

par l'intermédiaire de distributeurs locaux, des variétés de sorgho hybrides plus résistantes aux maladies des zones humides ainsi que des produits agrochimiques. De même, la société privée Floramerica a réussi, par l'utilisation de techniques biotechnologiques, à augmenter de 20 % la production de fleurs sur cinq années. Des résultats similaires ont été obtenus pour une variété de café résistant à la rouille et pour la canne à sucre (variété CC 84-75). FALCONI (1993) remarque toutefois qu'il est difficile de mesurer exactement la contribution du secteur privé de recherches agricoles dans la croissance économique. La Colombie a néanmoins cherché à établir des synergies, au travers de *joint-ventures* avec des firmes multinationales mais aussi avec des universités américaines (Cornell University, MIT University, etc.) ou des instituts américains (California Biological Research Center) dans des programmes de recherche fondamentale ou de recherche biotechnologique finalisée. Les coûts, le capital humain spécialisé nécessaire et les risques d'exclusion par les prix des nouveaux paquets techniques incluant des biotechnologies vertes ont poussé la Colombie et les autres pays d'Amérique latine à renforcer, parallèlement à l'encouragement des nouvelles techniques, leurs réseaux d'échange scientifique et technologique avec des organismes régionaux et internationaux.

Cette tendance est moins évidente en Afrique subsaharienne, sauf, depuis peu, dans des pays tels le Kenya, l'Éthiopie et la Tanzanie, qui ont explicitement inclus dans leur programme de développement économique une priorité aux biotechnologies vertes. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la région sahélienne, dont la situation économique et agro-écologique est inquiétante.

Les biotechnologies végétales en Afrique subsaharienne

Peu d'informations existent sur le développement réel des biotechnologies en Afrique, car, comme nous venons de le souligner, il s'agit là d'un processus relativement récent. En 1989, une étude de l'Agence de coopération culturelle et technologique (ACCT) a néanmoins montré l'existence de programmes de recherche de

niveau 1 dans la plupart des pays subsahariens : applications biotechnologiques à court terme (clonage, culture *in vitro*, techniques de fermentation). Aucun pays n'utilisait des techniques plus sophistiquées de génie génétique, niveau 2, pour des raisons financières mais surtout par manque de capital humain spécialisé dans les nouvelles technologies. Quelques pays étaient toutefois susceptibles d'adopter ces techniques sur des variétés locales, avec selon les cas l'aide de l'Orstom, de l'IRHO, du CTFT et du Cirad : le Congo (eucalyptus, manioc), la Côte d'Ivoire (huile de palme), le Gabon (banane, plantain, manioc) et le Cameroun (sorgho, riz, maïs).

Les systèmes nationaux de recherche agricole sahéliens n'ont pas atteint une taille qui leur permette d'adopter les nouveaux progrès techniques agricoles et d'avoir une recherche agricole scientifiquement autonome. Ils n'ont pas nécessairement intérêt à développer des innovations technologiques dont seront exclus les producteurs les plus pauvres. Bien que les frontières traditionnelles entre recherche agricole publique et recherche agricole privée se soient considérablement modifiées dans la plupart des pays, en Afrique la recherche agronomique demeure un bien public. À la différence de l'Asie et de l'Amérique latine, les conditions requises pour le développement d'un secteur privé (PINEIRO, 1985, 1986) n'y sont pas réunies. Les producteurs conservent pour la plupart une activité d'autoconsommation et ont besoin d'une recherche agricole encore orientée sur les cultures vivrières et sur la protection de l'environnement (dégradation des sols, désertification, perte de biodiversité).

Les nouveaux enjeux d'une agriculture mondiale en voie de globalisation (ajustement structurel, baisse de l'investissement agricole, innovations technologiques) et l'instabilité des cours mondiaux des matières premières ont pourtant des effets directs sur les agricultures sous-développées et risquent de restreindre le fonctionnement de la recherche agricole traditionnelle. Les pays sahéliens n'ont-ils alors pas intérêt à mieux coopérer en mettant en place des programmes de recherche régionaux finalisés, à l'image des pays asiatiques ou latino-américains ? Sont-ils prêts à de tels changements ?

La Banque mondiale (1993) propose non seulement de renforcer les recherches agricoles nationales mais également de développer des pôles régionaux de recherche avec des axes communs de travail. Les pays sahéliens pourraient en effet partager leurs savoirs

respectifs sur les différents systèmes agraires en fonction des avantages comparatifs de chaque système national de recherches agricoles.

Le Cilss a identifié quelques priorités de recherche pouvant faire l'objet d'une collaboration régionale :

— la gestion et la préservation de l'environnement : sols, eau, forêts ;

— l'amélioration de la production alimentaire : diversification culturelle, technologies post-récolte, association élevage-culture, lutte contre les maladies des plantes et les insectes ;

— la gestion stratégique de la recherche agronomique : mise en commun et conservation des ressources génétiques des différents pays, adoption des innovations biotechnologiques possibles, bibliothèques et fonds documentaires communs.

Le Burkina Faso, le Mali et le Sénégal pourraient se concentrer sur la conservation des ressources naturelles régionales et gérer les programmes de recherche communs. Le Burkina Faso pourrait constituer un pôle régional spécialisé dans la conservation et le développement des ressources génétiques du maïs, le Mali un pôle pour le sorgho, le Niger un pôle pour le mil et le niébé, le Sénégal un pôle pour l'arachide et l'élevage.

Le Cilss pourrait coordonner activement la gestion de ces pôles avec l'aide d'organismes internationaux (tel l'Isnar) ou de programmes spéciaux (tel Spaar), proposer des orientations scientifiques et technologiques tenant compte à la fois des mutations de l'agriculture régionale et mondiale, et des capacités d'adaptation des producteurs sahéliens. Le développement de cultures de contre-saison (légumes, fruits) ou de " niches agricoles " orientées vers la CEE ou le bassin méditerranéen compenserait probablement en partie la tendance à la baisse des principaux produits de base. Une telle orientation pourrait être renforcée dans l'immédiat par l'utilisation de biotechnologies végétales de niveau 1, possible déjà dans de nombreux pays africains, et ensuite par des applications biotechnologiques de moyen terme de niveau 2.

Les organismes internationaux de développement (Banque mondiale, FAO, CGIAR, Cirad, Orstom) et de nombreux projets biotechnologiques encouragent d'ailleurs les pays sahéliens et l'ensemble des pays en développement à adopter la voie de ces

changements techniques et scientifiques en veillant à ce qu'ils correspondent bien aux besoins de leurs agricultures, de leur situation agro-écologique et aux potentialités de leurs systèmes nationaux de recherche agricole.

Conclusion

Le coût des biotechnologies vertes (de quelques milliers de dollars à plusieurs millions), présenté souvent comme un facteur qui limite leur utilisation en pays sous-développés, ne doit toutefois pas provoquer leur rejet, car les applications possibles à court terme (environ 3 ans), telles la propagation clonale, la production d'enzymes industriels, la culture de méristème, sont à la portée de beaucoup de pays. Bien sûr, les applications à moyen terme (3-8 ans) et à long terme (8-15 ans), tels les manipulations et les transferts de gènes, requièrent l'aide de programmes internationaux, surtout lorsqu'il s'agit de cultures vivrières²² ou de productions locales peu commercialisées.

Des formes de coopération bilatérales ou multilatérales existent, par exemple avec la CEE-Directions Générales XII et XIII, pour différentes actions RDT (recherche et développement technologique), susceptibles de répondre aux besoins des pays en développement. Cela concerne principalement les Directions XII-B (coopération avec les pays tiers et les organisations internationales), XII-E (sciences et technologies du vivant) et XIII-D (diffusion et valorisation des résultats des actions de recherche et développement technologique, transfert technologique et innova-

²² Les laboratoires spécialisés dans les cultures *in vitro* sont rares dans les pays du tiers monde et particulièrement en Afrique, à l'exception toutefois pour l'Afrique de l'Ouest du grand laboratoire de l'IRHO, situé à La Mé en Côte d'Ivoire (le premier cours sur les biotechnologies a été créé à l'université d'Abidjan en 1989). La priorité y est cependant donnée aux cultures de rente (palmier à huile, cacao), qui devraient avant la fin de ce siècle bénéficier des progrès des recherches scientifiques menées depuis quelques années.

tion). Avec un budget total de 12,3 billions d'écus, le quatrième Framework Programme (1994-1998) met l'accent sur les biotechnologies (552 millions d'écus), sur la recherche dans les domaines de l'environnement et de l'énergie (1 854 millions d'écus), sur la formation et la mobilité des chercheurs (774 millions d'écus), etc. Certains résultats²³ pourraient être transférés dans les pays en développement avec l'aide d'organisations régionales et/ou internationales spécialisées.

Le Cirad de Montpellier, dont les échanges avec les pays en développement, et notamment l'Afrique, sont anciens et scientifiquement diversifiés, a créé trois sociétés, qui travaillent sur des biotechnologies vertes pouvant intéresser de nombreux pays en développement. Il s'agit de Prosem SA (riz, maïs, sorgho, canne à sucre, manioc, etc.), Vitropic SA (fruits tropicaux) et Tropiclone (huile de palme). Elles peuvent breveter leurs résultats dans de nombreux domaines agricoles ou agro-alimentaires.

De même, les travaux des centres internationaux de recherche agricole en Côte d'Ivoire sur la multiplication *in vitro* du palmier à huile sont remarquables et ont été diffusés à de nombreux pays africains et asiatiques. La rapidité de la production d'hybrides par rapport aux méthodes traditionnelles a permis une augmentation de la production de 20 % à 25 %, sans effets négatifs sur l'environnement.

En définitive, nous dirons que mondialisation et globalisation n'épargnent aucun pays, à fortiori s'il est sous-développé, donc plus vulnérable de par ses spécialisations agricoles et sa situation économique. La recomposition, au-delà des frontières nationales, des processus de production génère des changements dans la répartition des richesses, dans la diffusion du savoir et dans la relation entre l'État et le marché qui ne peuvent laisser inactifs les pays en développement, particulièrement dans le domaine des biotechnologies.

²³ La CEE a d'ailleurs déjà financé une étude au Sénégal portant sur la fixation de l'azote à partir de molécules de type *Sesbiana Rostrata* ; une étude au Mexique sur la tolérance des céréales à la sécheresse (maïs) ; une étude au Brésil sur les virus de la pomme de terre.

Bibliographie

- ABDESSELEM (F.), 1994 — *Recherche agronomique, structures de développement et politique économique dans un pays sous-développé : la recherche agronomique tropicale au Sénégal, un facteur de production à développer dans le contexte de la bio-révolution*. Thèse de doctorat de sciences économiques, faculté des sciences économiques - université Aix-Marseille-II.
- ALAM (G.), 1994 — *Biotechnology and sustainable agriculture: lessons from India. Technical Papers*, 103, December, Paris, OCDE.
- Banque mondiale, 1993 — *Revitalizing agricultural research in the Sahel: a proposed framework for action. Africa Technical Department Series*, 211, Washington DC.
- BOXUS (P.), 1989 — *La multiplication in vitro, une biotechnologie intéressante pour le développement. Des perspectives industrielles. Annales de Gembloux*, 3, 3e trimestre : 163-181.
- BRENNER (C.), 1991 — *Biotechnologies, maïs et développement. L'Observateur de l'OCDE*, 171, août-septembre : 9-12.
- BRENNER (C.), KOMEN (J.), 1994 — *International initiatives in biotechnology for developing countries agriculture: promises and problems. Technical Papers*, 100, October, Paris, OCDE.
- CTA (Technical Center for agricultural and rural cooperation), 1989 — *Plant biotechnologies for developing countries*. The Trinity Press, UK.
- UCOS (C.), JOLY (P. B.), 1988 — *Les biotechnologies*. Paris, Éditions La Découverte.
- FALCONI (C. A.), 1993 - *The development of the private sector in agricultural research: implications for public research institutions*. The Hague, Isnar, Netherlands.
- FAO, 1989 — *Plant biotechnologies for developing countries*. International symposium on plant biotechnologies for developing countries, Luxembourg, 368 p.
- GROS (F.), 1990 — *L'ingénierie du vivant*. Paris, Odile Jacob.
- HOBBELINK (H.), 1988 — *La biotechnologie et l'agriculture du tiers monde : espoir ou illusion ?* Paris, Éditions Équilibres.
- LEPOIVRE (P.), SEMAL (J.), 1989 — « *Biotechnologie appliquée aux plantes : les contraintes d'amont et d'aval* ». Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, séminaire sur les biotechnologies appliquées à l'Afrique, 28 février-1^{er} mars 1989, Dakar : 151-162.
- MUGABE (J.), 1994 — *Technological capability for environmental management: the case of biodiversity conservation in Kenya*. PhD Thesis, University of Amsterdam, Amsterdam.
- N'DIR (B.), 1989 — « *Étude microbiologique de m'bannick, lait fermenté acidifié du Sénégal* ». Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, séminaire sur les biotechnologies appliquées à l'Afrique, 28 février-1^{er} mars 1989, Dakar : 245-251.

Office of Technology Assessment (OTA), 1992 — *A new technological aera for American agriculture*. Washington DC, Congress of the United States.

OKONKWO (S. N. C.), 1992 — *Biotechnologies et gestion des ressources naturelles*. Whydah, 3 (2), Académie africaine des sciences, bulletin d'informations : 1-9.

PINEIRO (M.), 1985 — *Agricultural research in the private sector: issues on analytical perspectives*. The Hague, Isnar, Netherlands.

PINEIRO (M.), 1986 — *The development of the private sector in agricultural research:*

implications for public research institutions. The Hague, Isnar, Netherlands.

SANINT (L. R.), 1995 — *Crop biotechnology and sustainability: a case study of Colombia*. *Technical Papers*, 104, January, Paris, OCDE.

SASSON (A.), 1983 — *Les biotechnologies : défis et promesses*. Paris, Unesco.

SINGH (R. B.), 1989 — « Current status and future prospects of plant biotechnologies in developing countries in Asia ». *In CTA : Plant biotechnologies for developing countries*, The Trinity Press, UK : 141-163.