

Enjeux de la sécurité alimentaire et des biotechnologies

[Retour au menu](#)

Les biotechnologies, source de sécurité alimentaire pour demain ?

Sylvie Bonny

Comment la terre pourra-t-elle nourrir les 8 milliards d'hommes prévus pour 2025 et les 10 milliards probables en 2050 ? Malgré les avancées scientifiques et techniques et l'accroissement des richesses produites, il reste difficile pour nombre d'hommes de bénéficier de sécurité alimentaire. Ce terme désigne au niveau mondial l'accès de tout individu à tout moment à une nourriture suffisante et équilibrée nécessaire pour mener une vie saine et active. Elle repose sur diverses conditions :

- une offre de nourriture suffisante tout au long de l'année ;
- l'accès de tous à celle-ci, ce qui suppose de produire soi-même suffisamment et/ou d'avoir les ressources nécessaires pour acheter les aliments indispensables pour une ration équilibrée ;
- une distribution équitable de la nourriture au sein de la famille ;
- un équilibre de la ration alimentaire en termes de qualité, composition, teneur en micronutriments et l'accès à des denrées saines, non contaminées ;
- un état sanitaire favorable permettant l'assimilation des aliments.

Dans les pays européens, les préoccupations se portent aujourd'hui notamment sur la qualité des produits, car un mouvement de suspicion s'est développé envers certaines techniques utilisées en agriculture et dans l'agro-alimentaire, et une part des consommateurs déplore que les aliments soient « sans saveur, gorgés d'eau, bourrés d'hormones, d'antibiotiques et de pesticides ». Toutefois, avec l'apparition de la nouvelle pauvreté, une fraction de la

population manque aussi de ressources pour se procurer une alimentation suffisamment variée. Dans les pays du Sud, ce sont surtout les aspects de disponibilité et d'accès à la nourriture qui posent problème pour beaucoup, mais aussi ceux d'équilibre nutritionnel [1]. Le terme de sécurité alimentaire renvoie ainsi à deux acceptions : en France il évoque le plus souvent des aliments sains, la sécurité en termes de santé publique (*food safety*). Dans les pays en développement et à l'échelle planétaire, l'accent est mis surtout sur l'accès à une nourriture suffisante (*food security*), acception retenue ici.

La sécurité alimentaire suppose un équilibre entre l'offre et la demande qui puisse durer. Compte tenu de la croissance de la population mondiale, l'accent est souvent mis aujourd'hui sur la nécessité d'augmenter la production et les rendements sans dégrader l'environnement et les capacités productives. Aussi la notion de développement durable est-elle devenue depuis quelques années une référence omniprésente. Parallèlement à celle-ci l'objectif d'accroître les échanges est aussi fréquemment mis en avant comme pouvant permettre des approvisionnements à moindre coût du fait des avantages comparatifs. Dans cette optique de sécurité alimentaire, les biotechnologies, notamment le génie génétique, font l'objet d'une vive controverse quant à leurs apports possibles. Ses promoteurs, particulièrement les firmes qui ont investi dans ce domaine, les présentent systématiquement comme « indispensables pour nourrir l'humanité au XXI^e siècle » en mettant en avant de nombreux avantages. À l'opposé un mouvement de méfiance s'est

S. Bonny : INRA-ESR (Économie et sociologie rurales), BP 01, 78850 Grignon, France.

Tirés à part : S. Bonny

développé, notamment en Europe mais aussi à l'échelle internationale, mettant l'accent sur divers risques d'ordre écologique, toxique, agro-économique, socio-économique et s'interrogeant sur la nécessité d'y recourir.

Cet article se propose d'apporter quelques éléments de réflexion sur les enjeux des biotechnologies en matière de sécurité alimentaire : sont-elles susceptibles d'accroître la suffisance et la qualité de la nourriture pour tous ? Peuvent-elles contribuer à une plus grande durabilité sous l'angle environnemental, condition pour une sécurité alimentaire à long terme ? Peuvent-elles enfin être un facteur d'amélioration de la situation économique et des conditions de vie des populations démunies, notamment dans les pays en développement (PVD) ? Il sera ici surtout fait référence au génie génétique sur lequel se focalise la controverse même si d'autres biotechnologies sont actuellement plus largement utilisées en amélioration des plantes [2]. On présentera de façon schématique les différents points de vue : d'une part, les effets bénéfiques mis en avant par ses promoteurs et, d'autre part, les risques potentiels craints par d'autres, l'objectif étant d'apporter des éclairages dans ce débat en appréhendant divers enjeux du génie génétique.

Les biotechnologies, moyen d'accroître la suffisance et la qualité de l'alimentation pour tous ?

Les promoteurs des biotechnologies soulignent leurs potentialités en la matière...

Croissance de la production agricole

En diminuant les pertes dues à certains ravageurs des cultures

Cette diminution peut être obtenue par l'introduction de gènes de résistance aux herbicides, aux insectes, aux virus, aux nématodes, aux champignons. Les premiers résultats ont abouti à la mise sur le marché de diverses nouvelles variétés. Près de 13 à 14 millions d'hectares de plantes transgéniques étaient ainsi cultivés dans le monde

en 1997, en particulier aux États-Unis, en Chine, au Canada, en Argentine et en Australie. Les principales cultures sont pour l'instant du soja tolérant à un herbicide, du maïs résistant à la pyrale, du tabac résistant à un virus, du coton résistant au ver de la capsule, du colza tolérant à divers herbicides [3] ; de nombreux travaux sont par ailleurs en cours. En matière de lutte contre les champignons ou les virus, la multiplication végétative *in vitro* a permis d'obtenir des cultivars sains à partir de variétés virosées (e.g. pomme de terre, fraisier, etc.) ; diverses recherches sont menées aussi sur les transferts de gènes en ces domaines. Une meilleure conservation après récolte est également un facteur clé faisant l'objet d'investigations nombreuses.

En permettant une meilleure tolérance des plantes au sel, à la sécheresse ou à certains métaux

Le déficit pluviométrique est un facteur fréquent de limitation des rendements et un risque redouté par bien des agriculteurs ; or les ressources en eau sont de plus en plus difficiles d'accès et source de conflits entre les divers utilisateurs, tandis que l'irrigation peut entraîner un accroissement de la salinité des sols. Une meilleure tolérance des plantes à ces facteurs limitants serait d'un grand intérêt, mais les travaux en ce domaine n'en sont qu'au stade de la recherche. Les possibilités de parvenir à des résultats applicables à grande échelle dépendent de la complexité des mécanismes en jeu : si une caractéristique de résistance est gouvernée par un seul gène, ou bien repérable sur le génome grâce à des marqueurs, la création de variétés tolérantes à ce stress (tout en restant suffisamment productives) sera facilitée et aurait plus de chances d'aboutir dans un délai raisonnable [4].

En favorisant la production de nouveaux types d'aliments ou de compléments nutritionnels

Il s'agit, par exemple, s'agissant de protéines, de la mise au point de variétés enrichies en acides aminés essentiels qui leur font défaut, ou encore du développement de l'aquaculture, de la culture des spirulines, de la mise au point de POU (protéines d'organismes unicellulaires), etc.

Si l'amélioration du rendement intrinsèque des plantes paraît pour l'instant difficile, car de nombreux gènes sont en jeu, on pense pouvoir intervenir sur divers facteurs en cause, par exemple l'accroissement de l'indice de récolte, l'efficacité de certaines phases de la photosynthèse. En outre, compte tenu de l'importance des pertes à diffé-

rents niveaux de la production, leur diminution devrait accroître la disponibilité des produits. Oerke et Dehne [5] estimaient que, pour la période 1991-1993, les pertes dues aux ravageurs du riz s'élevaient à 51 % de la production possible sans celles-ci, pour le blé à 34 %, pour le maïs à 38 %. Ainsi l'introduction de nouvelles résistances aux ravageurs pourrait accroître les disponibilités alimentaires, à condition toutefois que la régression d'un ravageur ne favorise pas le développement d'un autre.

Contribution à une amélioration de la qualité des productions

Divers aspects de la qualité peuvent être modifiés par transgénèse, en particulier la composition et l'aptitude à la transformation, avec par exemple la modification de la teneur en certains acides gras chez les oléagineux selon leur usage final, l'augmentation de la teneur en diverses vitamines, l'amélioration de la capacité des productions à subir certains processus de transformation après la récolte, la réduction des quantités de nitrates présents dans les organes végétaux consommés, le renforcement de la qualité organoleptique, etc. Divers résultats ont déjà été obtenus en ce domaine et des colzas enrichis en certains acides gras sont commercialisés aux États-Unis. Pour les uns, notamment les industries de la transformation, les biotechnologies permettent ainsi une amélioration sensible de la qualité. Les opposants au génie génétique y voient au contraire une altération, voire une disparition de celle-ci, vu le mode d'obtention par « manipulation génétique », transgressant des barrières naturelles entre espèces.

Ou risque de stagnation de la situation alimentaire

D'autres acteurs font ressortir que les biotechnologies risquent de ne guère améliorer la situation alimentaire, en particulier de ceux qui en auraient fortement besoin.

Au niveau quantitatif

Les recherches en matière de génie génétique sont effectuées principalement par de grandes firmes privées visant d'abord les marchés solvables. Ainsi les essais aux champs de plantes transgéniques sur la période 1986-1995 ont été effectués pour 92 % d'entre eux dans les pays développés et pour 8 % seulement dans les PVD

Enjeux de la sécurité alimentaire et des biotechnologies

(notamment en Argentine et Chine) [6]. La part des essais effectués en Afrique n'était que de 0,7 % et en Asie en développement (Chine incluse) de 1,7 % pour la même période. Certes des travaux sur les biotechnologies et le génie génétique sont aussi menés dans les Centres internationaux de recherche agronomique (CGIAR), par des organismes de recherche de certains pays en développement (ainsi la Chine cultivait en 1997 environ 1,8 million d'ha de plantes transgéniques, du tabac notamment [3]), par ceux des pays développés axés vers la coopération (comme en France l'ORSTOM, Institut de recherche pour le développement, ou le CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Par ailleurs, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a créé un centre international pour le génie génétique et la biotechnologie (ICGEB). Récemment l'ILTAB (International laboratory for tropical agricultural biotechnology, laboratoire commun de l'ORSTOM et du Scripps research institute des États-Unis) a réussi une avancée dans la mise au point d'un riz transgénique résistant à la bactériose. Ainsi certaines recherches en ce domaine sont tournées vers les pays en développement, mais elles se heurtent souvent à une insuffisance de ressources. Sur la période 1981-1985 [7], les dépenses en recherche agricole par actif du secteur établies en PPA (parité de pouvoir d'achat permettant d'acheter le même panier de biens et services dans différents pays indépendamment du taux de change) étaient de 3,1 \$ 1980 (PPA) en Afrique sub-saharienne (37 pays) contre 213,5 \$ 1980 (PPA) dans les 18 pays les plus développés du monde, soit un rapport de 1 à 69 ; de plus les ressources affectées à la recherche agronomique dans les pays les plus pauvres ont souvent régressé ces dernières années [8]. Ainsi l'un des risques majeurs des biotechnologies est qu'elles ne soient pas suffisamment orientées vers les besoins de ceux auxquels leurs apports potentiels seraient les plus nécessaires et qu'ils en tirent peu de bénéfices. La sécurité alimentaire suppose par ailleurs des revenus suffisants pour acheter la nourriture. Or certaines populations pourraient perdre des sources de revenus avec le développement, dans les pays du Nord, de biotechnologies permettant des productions qui concurrenceraient leurs exportations (cf. *infra*).

En matière de qualité

Le génie génétique peut-il comporter des risques toxiques, alimentaires et sanitaires ?

Certains craignent des risques toxiques liés à la nature du produit dont la synthèse est commandée par le nouveau gène, à la modification du métabolisme de la plante due au transgène, ou encore au métabolisme modifié des herbicides dans les plantes auxquelles elles auraient été rendues tolérantes. On s'interroge aussi sur les risques alimentaires liés aux nouveaux composés présents éventuellement dans la plante transgénique et sur les risques allergiques dus aux produits synthétisés par les gènes transférés. D'autres soulèvent le risque de développement de résistances à des antibiotiques à partir de gènes marqueurs codant pour ce caractère et présents dans diverses plantes transgéniques. Les spécialistes estiment en général peu opportun d'y laisser subsister ces gènes, qui pourraient conférer en l'état ou après mutation une résistance à diverses familles d'antibiotiques – phénomène à l'extension déjà fort préoccupante –, alors que la technique de transgène peut se passer de tels gènes et qu'ils sont inutiles aux plantes [9]. Ces risques toxiques et alimentaires auxquels les consommateurs occidentaux sont très sensibilisés font actuellement l'objet d'évaluations nombreuses avant toute autorisation de commercialisation [10-12] ; aussi devraient-ils pouvoir être contrôlés, mais qu'en sera-t-il pour d'autres risques ?

Les biotechnologies, facteur de plus grande durabilité de l'agriculture sous l'angle environnemental ?

L'un des facteurs importants de sécurité alimentaire est la préservation du potentiel productif agricole. Aussi paraît-il nécessaire de s'interroger sur l'apport des biotechnologies en la matière d'autant plus que les techniques agricoles mises en œuvre durant les dernières décennies sont assez souvent accusées de dégrader des ressources naturelles [13].

Les bénéfices possibles

Les potentialités des biotechnologies sont souvent soulignées. Ainsi avec les plantes résistantes à certains insectes, champignons ou nématodes, l'emploi de pesticides chimiques devrait diminuer – du moins ceux utilisés auparavant pour combattre les rava-

geurs visés – tandis que, avec les plantes tolérantes à un herbicide peu toxique, on pourrait se passer de désherbants controversés comme l'atrazine par exemple.

La croissance de la production agricole permise par une réduction de certaines pertes pourrait éviter d'étendre les surfaces cultivées et de mettre en culture des sols fragiles ou des forêts, cause fréquente d'érosion voire de modification du régime des pluies. Les biotechnologies peuvent contribuer à une certaine diversité génétique. D'une part, celle-ci est mieux connue grâce à la cartographie du génome : l'évaluation de la distance entre diverses races ou espèces est un moyen de mieux apprécier celles à conserver en priorité. D'autre part, la transgène est parfois considérée comme une nouvelle façon d'augmenter la biodiversité au sein des espèces modifiées.

Les biotechnologies sont susceptibles aussi d'être utilisées pour la dépollution (bioremédiation) : des procédés ont été mis au point pour traiter les déchets, l'eau, l'air, les sols pollués [14]. Cela serait d'un grand intérêt à la fois dans les pays développés et dans les pays en développement où existent de graves problèmes de contamination de la chaîne alimentaire.

Enfin, les biotechnologies reposent sur une utilisation et une valorisation des processus du vivant et pourraient en cela conduire à un moindre recours à des produits chimiques souvent polluants. La transformation par des bioprocédés laisse envisager un moindre recours aux énergies fossiles ou à des processus chimiques. Les biotechnologies au sens large peuvent être ainsi considérées comme un facteur de passage progressif à une ère du renouvelable fondée sur la valorisation des potentialités du vivant et sur l'information et la connaissance, susceptible de remplacer peu à peu l'ère de la chimie et des énergies fossiles correspondant aux révolutions industrielle et agricole du XIX^e et du XX^e siècle.

Les dangers craints

Pendant les écologistes, une partie des consommateurs, mais aussi certains scientifiques s'inquiètent de divers risques, paraissant parfois difficiles à contrôler. Les interrogations [10, 15, 16] portent notamment sur une artificialisation trop poussée de la nature, avec en particulier la transgression des barrières d'espèces et surtout la possibilité d'effets inattendus de l'insertion de nouveaux gènes dans le génome d'un organisme : il existe en effet beaucoup d'inconnues en matière de fonctionnement du génome et on connaît mal l'endroit où s'insèrent les transgènes.

Une autre préoccupation concerne le passage incontrôlé des gènes transférés vers des cultures proches de la même famille ou vers les plantes sauvages qui se croisent avec la plante transgénique [17, 18]. On craint aussi les repousses de plantes transgéniques résistant à un herbicide pouvant s'avérer difficiles à éliminer ou à contrôler dans certaines rotations culturales. Des travaux sont menés pour évaluer ces flux mais, ce phénomène pouvant concerner ultérieurement beaucoup de plantes, la gestion de ce risque pourrait parfois être ardue.

Par ailleurs, l'emploi accru d'herbicides comme le glyphosate, avec la mise au point de diverses cultures tolérantes à celui-ci (soja, coton, colza, haricots, etc.), peut favoriser le risque d'apparition de résistance à cet herbicide alors que pour l'instant il n'en existe quasiment pas. Cela paraît regrettable car ce désherbage total est considéré comme l'un des moins toxiques : il serait donc intéressant de préserver son efficacité. L'utilisation croissante à grande échelle des protéines insecticides Bt de la bactérie *Bacillus thuringiensis*, avec la création de diverses plantes transgéniques (coton, maïs, pomme de terre, etc.) porteuses du gène codant pour cette protéine, risque également de favoriser la sélection d'insectes qui lui soient résistants. Dans ce cas, la généralisation de l'usage de Bt pourrait conduire à ne plus pouvoir utiliser ces protéines, alors qu'elles sont d'un grand intérêt sous diverses formes, en particulier en lutte biologique par pulvérisation.

On peut s'interroger également sur les effets des plantes transgéniques sur la faune auxiliaire.

Certaines biotechnologies comme la multiplication végétative *in vitro* peuvent entraîner une diminution de la biodiversité et une plus grande sensibilité aux maladies si leur gestion n'est pas suffisamment rigoureuse. Par ailleurs on peut craindre que le génie génétique n'accentue le mouvement de réduction du nombre de variétés proposées aux agriculteurs, du fait de la tendance à la concentration sur les cultures représentant les plus grands marchés. Se préoccupera-t-on suffisamment d'améliorer les variétés locales correspondant à des marchés peu solvables tels que ceux de certaines cultures vivrières ?

L'introduction de plantes transgéniques est quelquefois comparée à celle de nouvelles espèces dans certains milieux : cela y a parfois conduit à des fléaux par manque d'antagonistes naturels des espèces introduites susceptibles alors de proliférer [19].

À ces risques environnementaux précis, pouvant être étudiés au cas par cas du moins

au début, pourraient s'en ajouter d'autres bien plus difficiles à évaluer car mal connus ou à effets-retards, qu'il est ardu de déceler et de suivre en l'absence de moyens de détection et de références...

Last but not least, l'accroissement des connaissances en ce domaine peut être utilisé de multiples façons, y compris pour développer des guerres bactériologiques [20]. La question des utilisations dangereuses possibles de certaines biotechnologies nouvelles doit être posée pour tenter de les contrôler et de les prévenir, tâche fort difficile.

Les biotechnologies, source d'amélioration des conditions de vie et de la situation des populations démunies ?

Des potentialités nombreuses

Outre l'accroissement de production agricole, diverses applications des biotechnologies peuvent concourir à améliorer la sécurité alimentaire.

Contribution à un meilleur état de santé des populations

La mise au point de vaccins et de médicaments moins coûteux que ceux actuellement utilisés contre diverses maladies peut l'illustrer. En effet, dans certains pays, les affections parasitaires et intestinales nuisent à l'assimilation de la nourriture et affectent fortement l'activité et la capacité de travail. Des chercheurs du Boyce Thompson institute for plant research ont obtenu des bananes transgéniques produisant un antigène du virus de l'hépatite B et travaillent sur un vaccin contre la diarrhée exprimé dans des pommes de terre transgéniques [21]. Des médicaments et des produits pharmaceutiques de plus en plus nombreux sont obtenus par des procédés biotechnologiques et représentent déjà une part notable du marché. Si certains d'entre eux sont coûteux, une baisse des prix est envisageable à plus long terme. On cherche aussi à mettre au point des vaccins contre certaines maladies animales comme la trypanosomiase et la peste bovine.

Des expérimentations sont par ailleurs en cours sur des épandages de biopesticides à base de toxine Bt pour lutter contre divers insectes vecteurs de maladies graves. L'efficacité des bio-insecticides actuellement peu utilisés devrait pouvoir être sensiblement améliorée par l'utilisation de bactéries transgéniques plus actives contre les insectes ravageurs que les bactéries naturellement pathogènes pour ceux-ci comme *Bacillus thuringiensis*. Ces souches exprimeraient plusieurs toxines différentes, ce qui réduirait le risque d'apparition de résistance chez les insectes [22].

Mise au point de techniques améliorées de dépollution

La biodépollution (ou bioremédiation), en permettant d'éliminer, de dégrader ou de détoxifier des polluants de l'eau, de l'air et du sol, est un facteur d'amélioration de l'état de santé des populations et de réhabilitation de diverses ressources polluées devenues inutilisables. Elle est utilisée depuis longtemps de façon empirique, mais l'évolution des connaissances en ce domaine devrait augmenter son efficacité [14].

Voies technologiques moins énergivores et moins polluantes pour certains processus

Un exemple inattendu est sans doute celui de biolixiviation des minerais, où on utilise des procédés d'oxydation biologique pour le raffinage (cela est déjà pratiqué dans les mines d'or du Ghana) [23].

Impacts économiques

Sur le plan économique les répercussions de la mise en œuvre des biotechnologies paraissent plus mitigées. Les exportations agricoles des pays développés et en particulier des États-Unis augmenteront probablement s'ils peuvent produire davantage à moindre coût. Cela devrait être un facteur de baisse des prix agricoles mondiaux, ou du moins un frein à leur hausse si des tensions apparaissent sur les marchés. Les populations urbaines, particulièrement les commerçants, les intermédiaires et les négociants, pourraient en bénéficier dans les PVD. Mais qu'en serait-il pour les producteurs locaux et notamment les petits paysans ? La concurrence des produits importés, souvent à bas prix, risque de décourager la production locale, ce qui n'est guère un facteur de sécurité alimentaire. Certes les paysans peuvent trouver du travail non agricole, mais pas tous, ce qui risque de créer des situations difficiles dans certaines villes du Tiers-Monde. Par ailleurs, si les pays émergents qui s'industrialisent

Enjeux de la sécurité alimentaire et des biotechnologies

pourront avoir les moyens de recourir à des importations agricoles importantes, une très forte dépendance envers celles-ci est généralement jugée peu souhaitable en matière alimentaire. La sécurité en ce domaine requiert, en effet, une certaine part d'autosuffisance, à côté d'échanges d'origine variée. Aussi serait-il important que les biotechnologies servent en premier lieu à accroître la production là où l'alimentation est déficitaire.

Des effets négatifs et des risques potentiels

Il serait erroné de considérer le génie génétique comme la technologie miracle susceptible de résoudre demain partout tous les problèmes alimentaires et médicaux. Il peut en effet avoir pour les pays en développement ou les populations démunies, diverses répercussions négatives.

Une concurrence accrue de la part des importations agricoles des pays développés

Ceci découragerait la production locale.

Des pertes de débouchés et de sources de revenu

Ceci dans le cas où les pays du Nord produisent par voie biotechnologique diverses substances qu'actuellement ils extraient de produits achetés dans les PVD. Ainsi la production de divers types d'acides gras dans du colza transgénique pourrait presque anéantir les exportations d'huile de palme ou de coprah de certains pays. L'obtention par génie génétique de thaumatococcus (un édulcorant intense) ou d'arômes de vanille naturelle risque de ruiner leur cueillette ou leur production dans certains pays du Sud [24, 25]. L'impact des biotechnologies dépend en ce domaine de divers facteurs, en particulier des possibilités de diversification de la production dans les pays du Sud et de leur situation : sont-ils importateurs ou exportateurs nets de produits agricoles ? Leur potentiel technologique est-il bas ou élevé ? Pourront-ils exporter d'autres types de produits ?

Une difficulté d'accès à bien des avancées dans le domaine du vivant

Ceci d'autant plus que leur coût de recherche et développement a conduit à étendre à ce secteur la protection juridique par brevet rendant l'utilisation de ces techniques souvent coûteuse, ce qui pourrait défavoriser leur emploi dans les pays les plus pauvres. En effet pour pouvoir exprimer leur potentiel, les biotechnologies doi-

vent s'enraciner dans les divers pays et s'intégrer dans leurs systèmes de recherche-développement-formation et dans les systèmes productifs locaux [26].

Un « piratage » des ressources génétiques des pays du Sud

La biodiversité, notamment spécifique et génétique, est nettement plus grande dans les pays du Sud. À partir de plantes médicinales traditionnelles des pharmacopées locales, des firmes peuvent extraire des principes actifs intéressants qu'elles protègent par brevet, puis commercialisent sous forme de médicaments. De même des plantes locales intéressantes comme le quinoa ou le riz basmati ont été transformées génétiquement dans des pays développés avec protection par brevet. Cela peut empêcher d'autres travaux utilisant le même matériel génétique au départ, et priver aussi de débouchés les agriculteurs du Sud qui en produisaient pour l'exportation. Divers membres de PVD et des ONG (organisations non gouvernementales) dénoncent par ailleurs le fait que rien ne revient aux pays du Sud qui ont découvert les intérêts de la plante (évitant aux firmes pharmaceutiques ou agrochimiques des criblages parmi des milliers de molécules) et qui l'ont améliorée génétiquement avec des méthodes traditionnelles durant des millénaires dans le cas des plantes. Certes l'article 19 de la Convention de Rio sur la Diversité biologique de 1992 stipule qu'une rémunération est due aux pays en développement pour leur matériel génétique, mais son acceptation et son application effectives rencontrent des obstacles [27, 28]. Toutefois certains pensent que les pays du Sud ne doivent pas trop se faire d'illusions sur la source de richesse que sont les ressources génétiques [29] : dans le domaine pharmaceutique les techniques modernes de chimie combinatoire rendent moins nécessaire la bioprospection ; il en est de même du développement des banques de gènes pour trouver des gènes intéressants à transférer à des plantes en vue de leur conférer de nouvelles caractéristiques.

Une dépendance des agriculteurs et de l'agriculture à l'égard des grandes firmes

Les grandes firmes de l'agrochimie, de la transformation et de la distribution jouent un rôle croissant dans la production agricole : elles contrôlent et orientent de plus en plus l'évolution de ce secteur. Or cela risque de se faire surtout en fonction de leurs intérêts économiques plus qu'en fonction de celui des petits agriculteurs, notamment

dans les pays où ces derniers ont fort peu de pouvoir politique et sont mal représentés.

Un désintérêt à l'égard d'autres facteurs essentiels pour améliorer la sécurité alimentaire

Comme les biotechnologies offrent un instrument remarquable de connaissance du fonctionnement intime du vivant et que beaucoup d'espoirs sont placés en elles, elles risquent d'absorber la majeure partie des investissements et des ressources (au sens le plus large de ces termes), ce qui conduirait à négliger d'autres facteurs essentiels pour améliorer la sécurité alimentaire. Parmi eux vient notamment l'utilité d'autres types de connaissances ou de techniques, en particulier tout ce qui concerne le fonctionnement des agrosystèmes et des sociosystèmes locaux, les techniques de production intégrées, etc. Les biotechnologies sont certes un instrument remarquable de compréhension et de transformation, mais au niveau moléculaire et cellulaire. Il est nécessaire de connaître aussi les organismes entiers, les systèmes de production agricoles, les écosystèmes, les sociétés du point de vue de leur fonctionnement et de leurs modalités d'évolution possibles. Des méthodes plus globales que celle de la biologie moléculaire ne doivent pas être abandonnées au profit d'une seule approche puissante, mais réductionniste. En outre, beaucoup de spécialistes soulignent la nécessité de partir des besoins des populations, d'adopter des démarches de développement ascendantes et non seulement descendantes. C'est notamment sur cette démarche qu'insiste le concept de « révolution doublement verte » [30]. Enfin il convient de ne pas sous-estimer le rôle crucial d'autres facteurs essentiels du développement, en particulier la sécurité, l'absence de guerre, la présence d'infrastructures de recherche, de formation, de vulgarisation, de transport, etc., ni l'importance des aspects sociaux, culturels, économiques. La diversité des situations rend nécessaire d'identifier dans chaque cas les causes d'insécurité alimentaire pour chercher les solutions adaptées.

De ce fait les populations les plus démunies pourront-elles réellement tirer bénéfice des potentialités escomptées du génie génétique alors que pourtant c'est à elles qu'elles seraient le plus utile ?

Conclusion

Les promoteurs des biotechnologies les présentent souvent comme indispensables pour

nourrir l'humanité au XXI^e siècle, voire comme la panacée aux problèmes de sécurité alimentaire. Cela est fréquemment utilisé comme l'argument ultime pour les légitimer face aux mouvements de suspicion. Les populations bien nourries, voire sur-nourries, des pays développés sont alors souvent blâmées pour leurs « réactions égoïstes d'enfants gâtés dont l'assiette est bien remplie ».

Incontestablement les biotechnologies offrent des potentialités notables, en premier lieu en tant qu'instrument de connaissance du fonctionnement du vivant, ce qui donne des indications pour savoir comment intervenir ; de la sorte elles ont des perspectives d'applications importantes en de nombreux domaines [14, 31]. Elles peuvent notamment offrir à l'utilisateur final des solutions techniques simples à des problèmes complexes comme la lutte contre certains ravageurs. On a cherché à examiner ici leurs effets possibles sur trois éléments clés de la sécurité alimentaire : la suffisance et la qualité de l'alimentation, la durabilité environnementale des techniques agricoles utilisées, enfin l'amélioration des conditions de vie et de la situation des populations démunies et des pays en développement. En ces divers domaines les biotechnologies ont des atouts notables, mais aussi de possibles impacts négatifs, ce que l'on retrouve également si l'on tente d'esquisser un bilan technico-économique de leur emploi dans l'agriculture française [32]. Or il y a risque si leurs promoteurs laissent sous-entendre que la solution aux problèmes de sécurité alimentaire est seulement technique et qu'il suffirait de produire plus et d'accroître les rendements. Dès maintenant en l'état des connaissances du milieu des années 90, il paraît techniquement possible de nourrir les 8 milliards d'hommes prévus pour 2025 [13, 33]. Le problème alimentaire, au moins actuellement, ne provient pas d'une insuffisance de la production agricole globale de la planète, mais surtout de déficits locaux et de la faiblesse des revenus empêchant d'acheter les produits disponibles. L'insécurité alimentaire découle notamment des guerres, de l'inégale répartition des terres et des richesses et de la désorganisation de certaines structures institutionnelles et économiques.

Il faudrait éviter ainsi qu'une technologie considérée ou présentée comme miraculeuse et thaumaturge amène à négliger certains problèmes essentiels en les esquivant. Les inquiétudes envers divers progrès techniques que l'on rencontre dans les pays développés expriment aussi peut-être, parfois indirectement, la crainte des proces-

sus d'exclusion : si certains peuvent en bénéficier grandement, d'autres ne risquent-ils pas de voir leur situation s'aggraver ? En outre la nourriture est un domaine fortement chargé de symboles dans toutes les cultures : l'idée que « l'on est ce que l'on mange » est un des ressorts fondamentaux du rapport à l'alimentation, expliquant la méfiance envers certains aliments quand on ne sait pas ce que l'on consomme ou si cela vient à cristalliser certaines inquiétudes ou angoisses [34]. Cela renvoie au débat sur les orientations données aux recherches et à leurs applications. Pourtant le véritable intérêt des biotechnologies en agriculture ne serait-il pas non seulement qu'elles ne comportent pas de risques environnementaux particuliers, mais surtout qu'elles soient mieux orientées vers la satisfaction des besoins des plus pauvres et des mal nourris, et en particulier qu'elles permettent d'améliorer la production non seulement dans les pays riches, mais surtout là où elle est insuffisante. Ce défi sera-t-il relevé ?

Remerciements

L'auteur remercie bien sincèrement tous les collègues qui lui ont fait part de leurs remarques sur les premières versions de ce texte.

Références

1. Delpeuch F, Maire B. Situation nutritionnelle dans le monde : changements et enjeux. *Cahiers Agriculture* 1996 ; 5 : 415-22.
2. Demarly Y, Sibi M. *Amélioration des plantes et biotechnologies*. Paris : John Libbey Eurotext, 1996 ; 151 p.
3. James C. Global status of transgenic crops in 1997. Ithaca, ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). *ISAAA Briefs* 1997 ; 5 ; 31 p.
4. Monneveux P, This D. La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse* 1997 ; 8 : 29-37.
5. Oerke EC, Dehne HW. Global crop production and the efficacy of crop protection - current situation and future trends. *Eur J Plant Pathology* 1997 ; 103 : 203-15.
6. James C, Krattiger AF. Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants, 1986 to 1995 : the first decade of crop biotechnology. *ISAAA Briefs* 1996 ; 1 ; 31 p.
7. Anderson JR, Pardey PG, Roseboom J. Sustaining growth in agriculture : a quantitative review of agricultural research investments. *Agricultural Economics* 1994 ; 10 : 107-23.

8. Pardey PG, Alston J. Rewamping agricultural R&D. *2020 Brief* (IFPRI) 1995 : 24.
9. Courvalin P. Plantes transgéniques et antibiotiques. *La Recherche* 1998 ; 309 : 36-40.
10. Kahn A, éd. *Les plantes transgéniques en agriculture. Dix ans d'expérience de la Commission du Génie Biomoléculaire*. Paris : John Libbey Eurotext, 1996 ; 65 p.
11. CNRS. Les plantes transgéniques. Enjeux et risques. *Bio La Lettre des Sciences de la Vie du CNRS* 1997 ; 70 ; 44 p.
12. OCL. Dossier : génie génétique et oléagineux. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* 1997 ; 4 : 100-34.
13. Bonny S. Les nouvelles technologies sont-elles une menace pour l'environnement ou le moyen de nourrir l'humanité au XXI^e siècle ? *Ingénieries Eau, Agriculture, Territoires* 1997 ; n° spécial « Prospective pour l'environnement » 51-70.
14. OCDE. Numéro spécial : biotechnologie. *Science Technologie Industrie Revue* 1996 ; 19 ; 181 p.
15. Ho MW, et al. *Génie génétique. Des chercheurs citoyens s'expriment*. Paris : Éditions Sang de la terre, 1997 ; 162 p.
16. Snow AA, Moran Palma P. Commercialization of transgenic plants : potential ecological risks. *BioScience* 1997 ; 47 : 68-96.
17. Mikkelsen TR, Hauser TP, Bagger Jorgensen R. Les gènes prennent la clé des champs. *La Recherche* 1997 ; 295 : 37-9.
18. Chèvre AM, et al. Gene flow from transgenic crops. *Nature* 1997 ; 389 : 924.
19. Paoletti M, Pimentel D. Genetic engineering in agriculture and the environment. *BioScience* 1996 ; 46 : 665-73.
20. Biofutur. Dossier : l'avenir radieux des armes biologiques. *Biofutur* 1998 ; 78 : 13-26.
21. Johnson E. Edible plant vaccines. *Nature Biotechnology* 1996 ; 14 : 1532-3.
22. Institut Pasteur 1997. Les bactéries pathogènes d'insectes et leurs applications. *Annales de l'Institut Pasteur Actualités* 1997 ; 7 : 207-96.
23. Rawlings DE, éd. *Biomining : theory, microbes and industrial process*. Berlin : Springer-Verlag, 1997 ; 302 p.
24. Leisinger KM. *Sociopolitical effects of new biotechnologies in developing countries*. Washington : IFPRI Discussion Paper, 1995 ; 14 p.
25. Galhardi R. Trade implications of biotechnology in developing countries : a quantitative assessment. *Technology in Society* 1996 ; 18 : 17-40.
26. Brenner C. *Introduire la biotechnologie dans l'agriculture. Incitations, obstacles, expériences*. Paris : OCDE, 1996 ; 107 p.
27. Ilbert H. Communication personnelle, 1997.
28. Sauvain M. L'accès à la biodiversité. *Biofutur* 1997 ; 168 : 21-4.
29. MacIlwain C. When rhetoric hits reality in debate on bioprospecting. *Nature* 1998 ; 392 : 535-40.
30. Griffon M, Weber J. La « Révolution doublement verte » : économie et institutions. *Cahiers Agricultures* 1996 ; 5 : 239-42.
31. Bonny S. Les biotechnologies en agriculture : perspectives et enjeux. *Futuribles* 1996 ; 211 : 51-76.

Enjeux de la sécurité alimentaire et des biotechnologies

32. INRA. *Les organismes génétiquement modifiés à l'INRA. Environnement, agriculture et alimentation*. Paris : INRA, 1998 ; 150 p.

33. Bender W, Smith M. Population, food and nutrition. *Population Bulletin* 1997 ; 51 ; 48 p.

34. Fischler C. Le rôle du culturel dans les comportements alimentaires. In : Loos F. *Les visions du futur : l'alimentation*. Paris : MM Conseil, 1997 : 109-18.

Résumé

Les biotechnologies, source de sécurité alimentaire pour demain ?

S. BONNY

Les biotechnologies, notamment le génie génétique, font l'objet d'une controverse. Leurs promoteurs, en particulier les firmes qui ont investi dans ce domaine, mettent très souvent en avant que ces techniques sont « indispensables pour nourrir l'humanité au XXI^e siècle » en raison de leurs nombreux apports. À l'opposé un mouvement de méfiance s'est développé, surtout en Europe mais aussi au niveau international dans diverses associations, invoquant un certain nombre de risques. Cet article examine les effets possibles des biotechnologies et du génie génétique sur trois éléments clés de la sécurité alimentaire : la suffisance et la qualité de l'alimentation ; la durabilité sous l'angle environnemental des techniques agricoles utilisées et le maintien des capacités productives ; l'amélioration des conditions de vie et de la situation économique des populations démunies. Pour chacun de ces domaines on présente les avantages et les risques potentiels des biotechnologies. Le défi essentiel reste l'amélioration de la production là où elle est insuffisante et non seulement dans les pays riches.

Summary

Will biotechnology provide food security tomorrow?

S. BONNY

Biotechnology, particularly genetic engineering, is a controversial topic. Its supporters, especially companies that have invested in this sector, often point out that these techniques are "essential to feed humankind in the 21st century". On the other hand, various associations in Europe and worldwide are raising doubts and highlighting a certain number of risks. This paper examines the possible effects of biotechnology and genetic engineering on three key elements of food security: food sufficiency and quality; environmental sustainability of the agricultural techniques used and preservation of the production potential; enhancement of the living conditions and economic status of poor populations. The advantages and potential risks of biotechnology in these domains are presented.

As far as food sufficiency and food quality are concerned, biotechnology could increase agricultural production through the reduction of crop losses due to weeds, pests and fungi. It could improve crop tolerance to some stresses or otherwise make it easier to produce food complements. It could also help modify some food contents as desired. However, biotechnology research is mainly geared towards rich markets, with very little focus on the needs of undernourished people. In addition, there is some concern about risks of toxicity.

With respect to sustainability, biotechnology could help in reducing pesticide use and in developing new bioremediation methods. It can be considered as a way towards a new kind of agriculture relying more on biological processes than on chemical inputs. Conversely, over-artificialization of nature could be feared, as well as genetic pollution through uncontrolled transgene flows, or some dangerous uses of these new techniques.

Relating to the improvement of living conditions, there is considerable potential, however there are also significant economic risks such as the loss of some outlets, an increased gap due to high patent costs (preventing poor countries from buying the required patents), or a lack of action on political and socioeconomic issues involving malnutrition and poverty due to overtrust in miraculous techniques. In order to enhance food security, biotechnology should be more focused on the needs of poor people. The most important challenge remains the increase in food production where it is insufficient, and not only in rich countries.

Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 440-6.