

MODULE 3

La réponse face à l'Emergence de la Biotechnologie

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



Structure du Module

- **Unité 1.** Introduction à la biotechnologie
- **Unité 2.** Public. Qui constitue le public et comment font-ils face à la montée de la biotechnologie.
- **Unité 3.** Les avantages et risques de la biotechnologie.
- **Unité 4.** La biotechnologie et l'agriculture africaine.
- **Unité 5.** La réponse du public dans le contexte de l'agriculture africaine.

Dernière version 28 Février 2017

Avertissement

Cette publication a été élaborée avec l'aide de l'Union européenne. Le contenu de la publication relève de la seule responsabilité de l'auteur et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union européenne.



Unité 1 :

Introduction à la biotechnologie

(03 heures)

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



INTRODUCTION

Selon Ruttam (2005), avant le début du XXe siècle, presque toutes les augmentations de la production végétale et animale sont attribuables à l'augmentation de la superficie cultivée ou du nombre d'animaux. Avant la fin du siècle, presque toutes les augmentations étaient attribuables à l'augmentation de la productivité des terres (et des animaux).

Il s'agissait d'une période de transition de la ressource naturelle basée sur un système scientifique de production agricole. La transition a commencé dans les pays développés à la fin du dix-neuvième siècle, dans la plupart des pays en développement dans la seconde moitié du vingtième siècle. Toutefois, pour certains pays très pauvres, la transition n'a pas encore commencé. Dans cette catégorie appartiennent presque tous les pays de l'Afrique subsaharienne et certains pays des Caraïbes et du Sud-Est asiatique.

Dans les années 1960, lorsque de nouvelles perspectives, menées par la science et l'économie agricoles, émergeaient, il devenait indispensable qu'une grande partie du développement de l'agriculture devenait spécifique à son emplacement. Cette trajectoire n'a pas changé, mais l'écart de productivité entre les économies agricoles basées sur la science et celles apparemment exclues s'est élargi. Les techniques développées dans les pays développés n'étaient pas directement transmissibles à des pays moins développés ayant un climat différent et une faible dotation en ressources. La plupart des producteurs des pays en développement sont des paysans dotés de ressources limitées, à la fois techniques et économiques, et sont donc très contraints à améliorer leurs produits agricoles. Les principales sources de productivité élevée dans l'agriculture moderne sont des ressources disponibles, constituées d'intrants et d'accès aux matériels particuliers, y compris d'autres capacités requises pour utiliser ces intrants avec succès.

Au cours de la seconde moitié du vingtième siècle, la population mondiale a plus que doublé. Allant de 2,5 milliards dans les années 1950, elle est passée à 6,0 milliards en 2000. Les demandes d'accompagnement sur la production agricole mondiale découlant de la population et la croissance des revenus ont presque triplé. D'ici 2050, la population mondiale devrait atteindre entre 9 et 10 milliards, la plus grande partie de la croissance prévue dans les pays pauvres où même une croissance modérée du revenu combinée à une croissance démographique projetée pourrait presque doubler les exigences imposées aux agriculteurs du monde d'ici 2050 (United Nations, 2001). Les principales ressources et les contraintes environnementales auxquelles sont confrontées les fermes du monde comprennent la perte et la dégradation des sols, l'exploitation forestière et la salinité, la coévolution des organismes nuisibles, des agents pathogènes et des hôtes et, récemment, l'impact du changement climatique, etc. Les problèmes liés à la lutte antiparasitaire dans les terres agricoles sont devenus de plus en plus graves malgré les progrès de la technologie. Les principaux parasites agricoles comprennent les agents pathogènes, les insectes et les mauvaises herbes. Une grande partie des efforts de lutte antiparasitaire était dans l'application de produits chimiques. Un problème fondamental dans les efforts visant à développer des méthodes de lutte contre les parasites est que le contrôle entraîne la pression de sélection évolutive pour l'émergence d'organismes résistants à la technologie de contrôle (Palumbi, 2001). On estime que les contraintes posées par le contrôle des organismes nuisibles et des agents

pathogènes à une croissance agricole durable sont plus élevées que celles posées par l'eau et la terre.

Parmi les percées scientifiques au vingtième siècle, les progrès de la biologie moléculaire et du génie génétique semblent être remarquables pour répondre aux contraintes des développements agricoles durables à l'échelle mondiale. Les cultures trans-génétiquement modifiées, en particulier le maïs, le soja et le coton, se sont répandues rapidement depuis leur introduction au milieu des années 1990. Les applications de cette technologie actuellement disponibles dans le domaine concernent principalement la protection des plantes et la santé animale. Les innovations spécifiques incluent le développement de variétés de cultures qui intègrent une résistance à la vermine, ce qui entraîne une réduction des utilisations du contrôle chimique de 8-10 à 1-2 applications par saison (Nelson, 2000). Ces progrès permettent aux producteurs d'augmenter les rendements des cultures et des animaux plus près de leurs potentiels génétiquement dotés, tout en respectant les rendements biologiques obtenus en utilisant d'autres méthodes de développement des cultures basées sur la génétique mendélienne. Armée de l'évangile de la réduction de l'application des pesticides qui profite aux agriculteurs en réduisant les coûts et en réduisant les risques d'empoisonnement chez les personnes impliquées dans les pulvérisations de pesticides, l'amélioration du rendement des cultures et des retombées de trésorerie; et d'autres avantages environnementaux, cela semble être l'innovation du siècle.

Les progrès dans les applications du génie génétique dans le développement global de l'agriculture, en particulier dans les pays en développement où l'innovation semble être beaucoup plus nécessaire, sont actuellement limités par les préoccupations concernant les effets potentiels sur la santé et l'environnement des plantes et des aliments génétiquement modifiés. Malheureusement, l'un des résultats de ces préoccupations est le changement dans le développement de cette innovation en faveur des applications industrielles et pharmaceutiques. Cela va certainement retarder le développement de l'amélioration de la productivité des applications de la biotechnologie et des développements agricoles dans les économies moins développées. Deux caractéristiques exceptionnelles de cette innovation sont la haute précision de son application et l'implication manifeste des préoccupations privées dans son développement.

Les fondements scientifiques de la révolution des gènes comme l'innovation dans la technologie des gènes ont été établis à environ un siècle après la base comparable pour la Révolution verte. Les produits de la révolution génétique utilisent des techniques de «génie génétique». Cette technologie se caractérise par une controverse considérable sur la sécurité alimentaire et la résistance des consommateurs et des politiques aux organismes génétiquement modifiés (OGM). Les avantages proposés de la biotechnologie agricole pourraient augmenter considérablement le rendement et la qualité des cultures, éliminer la dépendance à l'égard des intrants chimiques coûteux et alléger le fardeau actuel sur le milieu rural causé par le niveau élevé de pesticides et l'utilisation des engrais. À l'inverse, le développement de la biotechnologie peut entraîner une catastrophe environnementale et des dommages irréversibles à l'écologie terrestre. On craint aussi qu'une fois autorisé à quitter le laboratoire, les organismes génétiquement modifiés

pourraient bouleverser l'équilibre fragile de l'environnement de manière imprévisible et éventuellement impossible à préserver. Des deux côtés d'une pièce de monnaie, la prudence et l'équilibre sont nécessaires pour tirer le meilleur parti des avantages potentiels que l'innovation offre dans l'agriculture mondiale.

Définitions et caractéristiques générales de la biotechnologie

Le but de cette unité est d'introduire la biotechnologie et ses caractéristiques et ses relations avec le système de production agricole. Quelle est la genèse et la trajectoire des préoccupations du public et des réponses à l'adoption et à l'utilisation de la biotechnologie dans l'agriculture? Comment les réponses/préoccupations de la société ont-elles affecté l'adoption et l'utilisation de la technologie pour la production alimentaire/l'agriculture dans diverses cultures et sociétés?

La biotechnologie a des milliers d'années avec ses plus anciennes formes présentées dans la domestication des plantes il y a plus de 8000 ans, l'utilisation de la levure dans la fermentation et la production du vin et de la bière au 11^{ème} siècle. D'autres processus de fermentation traditionnels et indigènes pour lesquels les enregistrements historiques n'existent pas, etc. Cependant, l'avancée de la biotechnologie moderne a été l'élucidation de la structure en double hélice de l'Acide Désoxyribonucléique (ADN) en 1953 et une compréhension ultérieure de la façon dont l'hérédité fonctionne. Les recherches ont permis d'avoir des connaissances de la façon dont l'information génétique pourrait être insérée, modifiée ou supprimée dans un organisme hôte afin de créer un organisme différent avec des caractéristiques différentes (Comité sur la stratégie nationale pour la biotechnologie dans l'agriculture, le CNRC, la biotechnologie agricole, les stratégies de compétitivité ; 1987). La technologie de transfert de gènes permet aux chercheurs d'obtenir des résultats avec une plus grande précision, rapidité, précision et fiabilité.

Définition de la biotechnologie: elle est définie comme un ensemble d'outils qui utilisent des organismes vivants (ou des parties) d'organismes vivants pour fabriquer ou modifier des produits pour des utilisations spécifiques. Techniquement, l'ONU définit la biotechnologie comme l'utilisation de systèmes vivants et d'organismes pour développer ou fabriquer des produits, ou "toute application technologique qui utilise des systèmes biologiques, des organismes vivants ou des dérivés de ceux-ci, pour fabriquer ou modifier des produits ou des procédés à usage spécifique" (ONU Convention sur la diversité biologique, article 2).

« La biotechnologie est l'utilisation intégrée de la biochimie, de la microbiologie et des sciences de l'ingénieur afin d'exploiter l'application technologique (industrielle) des capacités des microorganismes, des cellules de tissus cultivées »(Fédération européenne des biotechnologies).

"La biotechnologie est l'utilisation contrôlée d'agents biologiques, tels que des microorganismes ou des composants cellulaires » (Fondation nationale des sciences des États-Unis).

La biotechnologie au sens large n'est pas une technologie discrète. C'est un terme collectif qui se réfère à un large éventail de technologies agricoles, industrielles et médicales utiles, qui incluent, mais sans s'y limiter, la modification génétique et la manipulation qui ont de larges applications dans la recherche et le commerce. La biotechnologie a été pratiquée par la société humaine depuis le début de l'histoire enregistrée dans des activités telles que la brasserie, la cuisson et la production d'aliments fermentés tels que le yaourt et le fromage. Ces technologies qui utilisent des organismes vivants tels que des microbes, des plantes ou des animaux ou des parties d'organismes vivants, comme des cellules ou des protéines, sont devenues totalement intégrées dans la pratique de la sélection et de la microbiologie des plantes et des animaux au cours des dernières décennies. Ils englobent les progrès de la biologie, de la génétique et de la biochimie dans des processus techniques et industriels aussi variés que la pisciculture, le développement de médicaments, la foresterie, le développement des cultures et la fermentation. Bien que le terme «biotechnologie» se réfère à une gamme de technologies beaucoup plus anciennes et plus vastes, les techniques du génie génétique sont d'une telle importance que les deux termes sont devenus pratiquement synonymes.

Historiquement, les gens utilisaient des techniques de biotechnologie il y a des milliers d'années, mais ils n'ont pas nommé leur domaine de travail en tant que biotechnologie. Le nom de biotechnologie a été donné par l'ingénieur hongrois Karoly Ereky en 1919 pour décrire une technologie basée sur la conversion des matières premières en un produit plus utile.

Les anciens Égyptiens ont fabriqué du vin à l'aide de techniques de fermentation basées sur une compréhension des processus microbiologiques qui se produisent en l'absence d'oxygène.

Les Égyptiens ont également appliqué des technologies de fermentation pour augmenter la masse lors de la fabrication du pain. En partie grâce à cette demande, il y a eu plus de 50 variétés de pain en Egypte il y a plus de 4 000 ans.

Dans les régions les plus humides de la vallée du Nil, les Égyptiens ont également élevé des œufs et des bovins pour répondre aux besoins nutritionnels et alimentaires de leur société.

Le yogourt a été fabriqué dans les maisons, mais la raison de la conversion du lait en yogourt était inconnue des personnes âgées. Des recherches ultérieures ont montré que le yogourt est fabriqué en raison de l'action des bactéries ajoutées au lait; qui est aussi la biotechnologie car elle utilise un microorganisme bénéfique.

Les gens ont utilisé une sélection sélective pour améliorer la production des cultures et du bétail pour les utiliser pour la nourriture. En culture sélective, des organismes présentant des caractéristiques souhaitables sont accouplés pour produire des descendants ayant les mêmes caractéristiques. Par exemple, cette technique a été utilisée avec du maïs pour produire les cultures ayant des rendements élevés et plus sucrées.

La biotechnologie moderne

La Seconde Guerre mondiale est devenue un obstacle majeur aux découvertes scientifiques. Après la fin de la seconde guerre mondiale, des découvertes très cruciales ont été effectuées, ce qui a ouvert la voie à la biotechnologie moderne et à son statut actuel.

En 1953, JD Watson et FHC Crick ont levé pour la première fois les mystères autour de l'ADN en tant que matériau génétique, en donnant un modèle structurel d'ADN, connu sous le nom de «Double Helix Model of DNA». Ce modèle a été capable d'expliquer divers phénomènes liés à la réplication de l'ADN et son rôle dans l'héritage.

En 1978, Boyer a pu isoler un gène de l'insuline (une hormone pour réguler les taux de glycémie) du génome humain en utilisant la biotechnologie. Il l'a ensuite inséré dans des bactéries, ce qui a permis au gène de reproduire une plus grande quantité d'insuline pour les diabétiques.

Le Dr Hargobind Khorana a pu synthétiser l'ADN dans le tube à essai, tandis que Karl Mullis a ajouté de la valeur à la découverte de Khorana en amplifiant l'ADN (PCR) dans un tube à essai, mille fois plus que la quantité d'ADN originale.

En utilisant ce progrès technologique, d'autres scientifiques ont pu insérer un ADN étranger dans un autre hôte et ont même été en mesure de surveiller le transfert d'un ADN étranger vers la prochaine génération.

En 1997, Ian Wilmut, un scientifique irlandais, a réussi à cloner un mouton et a nommé le mouton cloné comme «Dolly».

En 2001, le projet du génome humain complète le séquençage du génome humain.

La biotechnologie moderne fournit des produits et technologies innovants pour lutter contre les maladies rares, réduire notre empreinte environnementale, lutter contre la faim, utiliser moins d'énergie, et produire des processus de fabrication industrielle plus sûrs, plus propres et plus efficaces.

Domaines de la biotechnologie

Les domaines biotechnologiques célèbres sont les suivants:

1) Génie génétique

L'ingénierie génétique, également appelée modification génétique, est la manipulation directe du génome d'un organisme à l'aide de la biotechnologie. Les gènes sont les plans chimiques qui déterminent les traits d'un organisme. Le transfert des gènes d'un organisme à l'autre transfère ces traits. Grâce au génie génétique, les organismes peuvent recevoir des combinaisons ciblées de nouveaux gènes et, par conséquent, de nouvelles combinaisons de traits qui ne se

produisent pas dans la nature et ne peuvent en aucun cas être développées par des moyens naturels. Une telle approche est différente de la sélection classique des plantes et des animaux, qui s'opère à travers une sélection de nombreuses générations pour les traits d'intérêt.

2) Culture de tissus

La culture des tissus, est une méthode de recherche biologique dans laquelle des fragments de tissu d'un animal ou d'une plante sont transférés dans un environnement artificiel dans lequel ils peuvent continuer à survivre et à fonctionner. Le tissu cultivé peut consister en une seule cellule, une population de cellules, ou une totalité ou une partie d'un organe. Les cellules en culture peuvent se multiplier; changer de taille, la forme ou la fonction; exposer une activité spécialisée (les cellules musculaires, par exemple, peuvent contracter); ou interagir avec d'autres cellules.

3) Clonage

Le clonage décrit les processus utilisés pour créer une réplique génétique exacte d'une autre cellule, tissu ou organisme. Le matériau copié, qui a la même composition génétique que l'original, est appelé clone. Le clone le plus célèbre était un mouton écossais nommé Dolly.

Il existe trois types différents de clonage:

- Le clonage génétique, qui crée des copies de gènes ou de segments d'ADN
- Le clonage reproductif, qui crée des copies d'animaux entiers
- Le clonage thérapeutique, qui crée des cellules souches embryonnaires. Les chercheurs espèrent utiliser ces cellules pour cultiver des tissus sains pour remplacer les tissus blessés ou malades dans le corps humain.

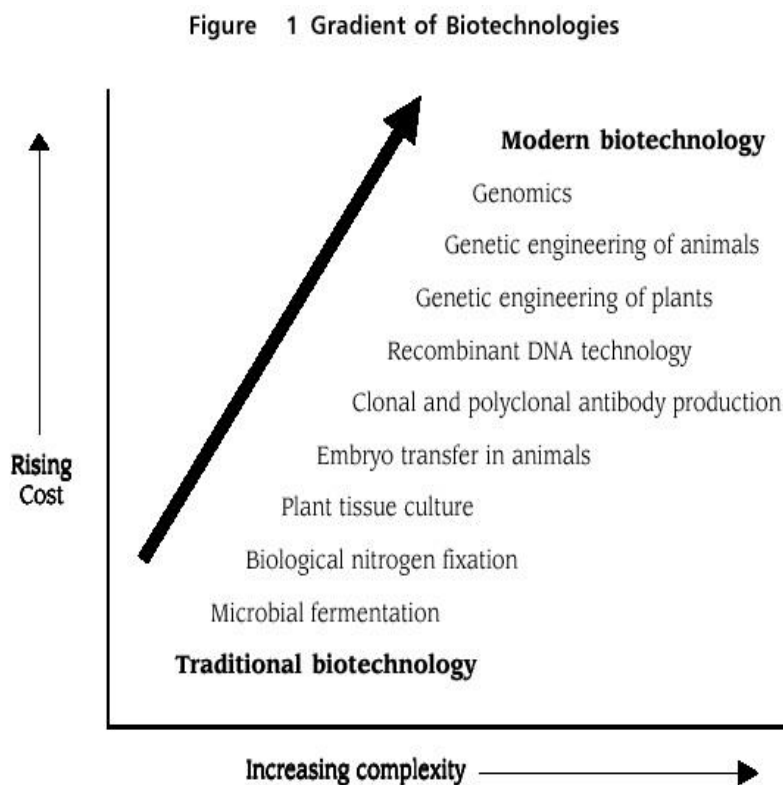
Impact de la biotechnologie

La Biotechnologie aide à sauver le monde en exploitant la boîte à outils de la nature et en utilisant notre propre maquillage génétique. La biotechnologie améliore la résistance aux insectes cultivés, améliore la tolérance aux herbicides des cultures et facilite l'utilisation de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement. Essentiellement d'un point de vue agricole, alimentaire et environnemental, la biotechnologie sert à :

- Améliorer l'efficacité du processus de fabrication
- Réduire l'utilisation et la dépendance à l'égard de la pétrochimie;
- Utiliser de biocarburants pour réduire les émissions de gaz à effet de serre
- Diminuer l'utilisation de l'eau et de la production de déchets

- Générer des rendements supérieurs avec moins d'intrants;
- Réduire les volumes de produits chimiques agricoles requis par les cultures
- Limiter le ruissellement de ces produits dans l'environnement;
- Utiliser des cultures biotechnologiques qui nécessitent moins d'applications de pesticides
- Développer des cultures avec des profils nutritionnels améliorés qui résolvent les carences en vitamines et en nutriments;
- Produire des aliments sans allergènes et toxines.

La trajectoire des développements de la biotechnologie est présentée dans la figure 1 ci-dessous.



Source: Persley (1990) and Doyle and Persley (1996).

Agrochimie, types, utilisations et limites

Le terme pesticide couvre une large gamme de composés, y compris les insecticides, les fongicides, les herbicides, les rodenticides, les molluscicides, les nématocides, les régulateurs de croissance des plantes et d'autres. Parmi ceux-ci, les insecticides organochlorés (OC), utilisés avec succès dans le contrôle d'un certain nombre de maladies, comme le paludisme et le typhus, ont été interdits ou limités après les années 1960 dans la plupart des pays technologiquement avancés. L'introduction d'autres insecticides synthétiques - insecticides organophosphorés (OP) dans les années 1960, les carbamates dans les années 1970 et les pyréthrinoïdes dans les années

1980 et l'introduction d'herbicides et de fongicides dans les années 1970 et 1980 ont grandement contribué au contrôle des ravageurs et à la production agricole. Idéalement, un pesticide doit être létal pour les ravageurs ciblés, mais pas pour les espèces non ciblées, y compris l'homme. Malheureusement, ce n'est pas le cas, de sorte que la controverse sur l'utilisation et l'abus des pesticides a fait surface et a augmenté avec l'introduction de nouveaux pesticides. L'utilisation incontrôlée de pesticides entraînant des abus a causé plus de problèmes que prévu initialement. Cela a également conduit à un tollé public et à l'interdiction de leur utilisation dans de nombreux pays / régions du monde. Le mode d'utilisation des pesticides varie selon les pays, tel que dicté par les avantages prévus. Dans certains pays, les insecticides sont plus utilisés que dans d'autres, surtout à des fins agricoles, les herbicides sont plus utilisés. Généralement, les fongicides sont moins utilisés que les herbicides ou insecticides.

Des avantages énormes ont été tirés de l'utilisation de pesticides dans la foresterie, la santé publique et la sphère domestique et, bien sûr, dans l'agriculture, un secteur dont dépend l'économie des pays africains. Les pesticides ont été une partie intégrante des processus impliqués dans l'amélioration des rendements des cultures en réduisant les pertes causées par les mauvaises herbes, les maladies et les insectes nuisibles qui peuvent réduire considérablement la quantité de produits récoltables. Warren (1998) a également attiré l'attention sur les augmentations spectaculaires des rendements des cultures aux États-Unis au vingtième siècle. Webster et al. (1999) a déclaré que des «pertes économiques considérables» seraient subies sans utilisation de pesticides et quantifiaient les augmentations significatives du rendement et de la marge économique résultant de l'utilisation des pesticides.

Ainsi, pour des fins agricoles, les pesticides sont utilisés dans les domaines suivants:

i. Prévention des pertes de récolte/augmentation du rendement

Dans les terres moyennes, le riz, même dans des conditions de flaques pendant la période critique, justifiait une pratique efficace et économique de lutte contre les mauvaises herbes pour prévenir la réduction du rendement du riz en raison des mauvaises herbes. L'infestation sévère des mauvaises herbes, en particulier au début de l'établissement des cultures, explique finalement une réduction du rendement de 40%. Les herbicides fournissaient à la fois un avantage économique et professionnel. Avec l'utilisation appropriée des herbicides, il y a une augmentation des rendements entraînant une amélioration des revenus et un contrôle plus facile des mauvaises herbes qui se traduit par une économie de main-d'œuvre.

ii. Contrôle des maladies vectorielles

Les maladies transmises par vecteur sont les plus efficaces en cas de destruction des vecteurs. Les insecticides sont souvent la seule façon pratique de contrôler les insectes qui propagent des maladies mortelles telles que le paludisme, ce qui se traduit par 5000 morts par jour (Ross, 2005). Les stratégies de lutte contre les maladies sont également essentielles pour le bétail. En raison de la lutte contre les mauvaises herbes par l'utilisation de pesticides, l'augmentation de la production de fruits et légumes a généralement contribué à améliorer la santé des personnes en réduisant

l'incidence du cancer, de l'hypertension artérielle, des maladies cardiaques, du diabète, des accidents vasculaires cérébraux et d'autres maladies chroniques.

Limites /dangers des pesticides

La réalisation que les produits chimiques persistants pourraient être à la fois incontrôlables et inattendues toxiques est attribuée à Rachel Carson (1962). De 1940 à 1960, les pesticides organochlorés, y compris le DDT (Dichloro-diphényl trichloroéthane) ont connu une utilisation répandue aux États-Unis, en particulier dans l'agriculture et la foresterie. Sa production et son utilisation ont été interdites depuis 1972 et des politiques similaires contre d'autres composés organochlorés ont été promulguées. Les risques pour la santé associés à l'utilisation des pesticides comprennent:

- le cancer du pancréas. L'exposition au DDT de qualité technique était associée à un risque accru de cancer du pancréas avec un risque augmentant avec la durée d'exposition.
- le lymphome non-hodgkinien; Le DDT est également associé à un risque accru de cette classe de cancer. Il est également associé à des cas de cancer du sein.

Les effets bénéfiques des pesticides dans la promotion des augmentations de rendement et la réduction des maladies transmises par les vecteurs apparaissent dans certains cas annulés par les implications sanitaires et environnementales.

Il existe maintenant des preuves irréfutables selon lesquelles certains de ces produits chimiques représentent un risque potentiel pour les humains et d'autres formes de vie et présentent également des effets secondaires indésirables pour l'environnement (Forget, 1993). Les taux annuels de décès et de maladies chroniques à l'échelle mondiale causés par l'empoisonnement par les pesticides sont d'environ 1 million par an (Forum Environews, 1999). Les groupes à haut risque exposés aux pesticides comprennent les travailleurs de la production, les formulateurs, les pulvérisateurs, les mélangeurs, les chargeurs et les travailleurs agricoles. Les composés OC pourraient polluer les tissus de pratiquement toutes les formes de vie sur la terre, l'air, les lacs et les océans, les poissons qui y vivent et les oiseaux qui se nourrissent des poissons (Hurley et al., 1998). L'Académie nationale des sciences des États-Unis a déclaré des métabolites du DDT provoquent une amincissement des coquilles d'œufs et que la population d'aigles chauves aux États-Unis a diminué principalement en raison de l'exposition au DDT et à ses métabolites (Liroff, 2000). Certains produits chimiques environnementaux, y compris les pesticides appelés perturbateurs endocriniens, sont connus. Ils ont des effets indésirables en imitant ou antagonisant les hormones naturelles dans le corps et leur exposition à long terme et à faible dose est de plus en plus liée aux effets sur la santé humaine. On peut citer comme effet la suppression du système immunitaire, la perturbation des hormones, la réduction de l'intelligence, les anomalies reproductives et le cancer (Brouwer et al., 1999). La surveillance de la santé du personnel engagé dans la fabrication de ces pesticides a révélé une apparition élevée de symptômes généralisés (maux de tête, nausées, vomissements, fatigue, irritation de la peau et des yeux) en plus des

symptômes psychologiques, neurologiques, cardio-respiratoires et gastro-intestinaux couplés à une faible activité de ChE plasmatique (Gupta et al., 1984). Ces risques pour la santé, le manque de moyens de prévention anti-risques ont entraîné leur interdiction ou leur réduction d'utilisation malgré l'amélioration de la production alimentaire. En fait, certaines des insinuations contre la biotechnologie proviennent de la déception des pesticides et les gens pensent que le même sort répondra à la nouvelle innovation.

La participation précoce de sociétés multinationales engagées dans la fabrication de pesticides dans la recherche et le développement de la biotechnologie l'a fait avec le recul de l'économie et de la politique de la production alimentaire mondiale.

Ingénierie génétique

Au cours des dernières décennies, la croissance dans le domaine de la biotechnologie agricole a été facilitée par la compréhension que les matériaux héréditaires composés de l'acide désoxyribonucléique (ADN) se situent dans les chromosomes du noyau. Le génie génétique est l'un des outils biotechnologiques basés sur la technologie de l'ADN recombinant. Le terme génie génétique peut être assimilé avec la technologie génétique, la modification génétique ou la manipulation de gènes. Il se réfère au processus par lequel la composition génétique d'un organisme peut être modifiée à l'aide de la technologie de l'ADN recombinant. Cette technologie consiste à utiliser des outils de laboratoire et des enzymes spécifiques (enzymes de restriction) pour couper, insérer et modifier des fragments d'ADN contenant un ou plusieurs gènes d'intérêt. La capacité à manipuler des gènes individuels et à transférer des gènes entre des espèces qui ne se croieraient pas facilement est ce qui différencie l'ingénierie génétique de la sélection conventionnelle. Les applications transgéniques (transfert de gènes entre espèces) impliquent la modification de la structure génétique d'un organisme par l'insertion d'un gène provenant d'un autre organisme et peuvent être utilisées pour modifier les plantes, les animaux et les microorganismes. Un gène est une unité biologique qui détermine les caractéristiques héréditaires d'un organisme. Ce processus de modification s'appelle recombinaison génétique car il ajoute des traits que l'organisme d'origine n'avait pas. Les organismes résultants sont désignés comme des organismes génétiquement modifiés ou organismes vivants modifiés (OVM). Ces organismes ont été génétiquement modifiés d'une manière qui ne se produit pas naturellement. L'ingénierie génétique permet le transfert de gènes entre des espèces non apparentées. En conséquence, un organisme génétiquement modifié contient des traits supplémentaires ou modifiés codés par le gène introduit.

La première plante de génie génétique réussie rapportée était lorsque un gène de résistance aux antibiotiques a été inséré dans une plante de tabac (Horsch et al., 1984). En outre, le premier aliment génétiquement modifié (GE) approuvé pour la consommation humaine était la soi-disant tomate Flavr-Savr produite par la société californienne Calgene avec une résistance à la pourriture endommagée (sénescence). Les principaux traits introduits dans les produits alimentaires

commercialisés issus des cultures GM sont la résistance/la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes. Cela a entraîné de nombreux impacts positifs sur les cultures. Ceux-ci se sont révélés plus respectueux de l'environnement que la stratégie de gestion des mauvaises herbes en cours de remplacement qui entraîne une réduction substantielle de la contamination des eaux souterraines, du sol et de l'air. Il offre beaucoup plus d'avantages à l'agriculture. Cependant, il convient de noter que les coûts, les risques et les controverses liés à la technologie. L'ingénierie génétique est une technologie très récente.

ORGANISMES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS

La modification génétique fournit des avantages majeurs par rapport aux méthodes traditionnelles. Tout d'abord, le développement de nouvelles variétés peut être accéléré. La modification des gènes peut être plus spécifique et contrôlée ce qui n'est le cas avec les mutations classiques et les méthodes de reproduction. En outre, les gènes d'autres espèces ou variétés peuvent être insérés pour produire des avantages particuliers. Les organismes issus de la recombinaison génétique sont appelés organismes génétiquement modifiés ou organismes vivants modifiés. Les produits non vivants modifiés tels que les médicaments, les vaccins et les additifs alimentaires peuvent également être produits par le génie génétique. La modification génétique peut être utilisée pour améliorer la productivité du bétail, de la volaille et des poissons en plus de leur résistance aux maladies. Les cultures peuvent être modifiées génétiquement pour améliorer l'apparence, le goût, la qualité nutritionnelle, la résistance à la sécheresse et la résistance aux insectes et aux maladies. Ainsi, les cultures génétiquement modifiées sont habituellement considérées comme la solution pour réduire les déficits.

LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

À l'heure actuelle, il n'existe aucune étude qui montre que les aliments génétiquement modifiés sont moins sûrs que leurs équivalents non modifiés. Cela ne signifie cependant pas que tous les produits de la biotechnologie sont entièrement exempts de risques, rendant ainsi obligatoire leur réglementation. Il existe des controverses entourant les aliments génétiquement modifiés à plusieurs niveaux, y compris si les aliments produits avec elle sont sûrs, qu'il s'agisse d'étiquettes ou de médicaments, etc. Les risques pour la santé associés aux aliments génétiques concernent les allergènes, les toxines et les risques génétiques. Les mécanismes des risques génétiques se répartissent en trois catégories; l'expression de gènes insérés et leurs produits d'expression, les effets secondaires et fétiotrophes de l'expression génétique et la mutagenèse par insertion résultant de l'intégration des gènes. Une attention particulière devrait être accordée aux aliments conçus avec des gènes provenant d'aliments qui causent souvent des allergies, comme le lait, les œufs, les noix, le blé, les légumineuses, les poissons, les mollusques et les crustacés (Maryanski, 1997). En outre, tout risque potentiel, immunologique, allergénique, toxique ou génétique pourrait être reconnu et évalué si des problèmes de santé se produisent. Plus de préoccupations sont liées aux effets secondaires et pleiotrophes. De nombreux transgènes codent

pour une enzyme qui modifie les voies biochimiques. Cela pourrait entraîner une augmentation ou une diminution de certains produits biochimiques. La mutagenèse inséparable peut perturber ou modifier l'expression des gènes existants dans un nouvel organisme hôte. L'insertion aléatoire peut provoquer l'inactivation de gènes endogènes, produisant des plantes mutantes. La régulation possible des gènes naturellement silencieux ou à faible expression est préoccupante. Cela est dû au fait qu'il est possible d'activer des gènes qui codent pour des enzymes dans des voies biochimiques vers la production de composés secondaires toxiques (Conner et Jacobs, 1999). Cela devient un gros problème lorsque la nouvelle protéine ou le composé toxique est exprimé dans la partie comestible des plantes, de sorte que la nourriture n'est plus substantiellement équivalente à sa contrepartie traditionnelle.

Le spectre de la crise alimentaire soulève des questions importantes sur les orientations futures pour l'agriculture, y compris la participation de nouvelles innovations comme la biotechnologie dans l'agriculture mondiale. Comme l'ont proposé les promoteurs de cette technologie, elle a la clé pour résister à certaines contraintes à la production de cultures, à la qualité des cultures et à la réduction de la pauvreté.

Faits à considérer: actuellement, plus de nourriture suffisante pour alimenter la population mondiale d'environ 7 milliards de personnes est produite. Cependant, environ une personne sur six dans les pays en développement souffre de la faim chronique. Le scénario est plus inquiétant par certaines dynamiques démographiques mondiales. Par exemple, la population mondiale devrait passer à plus de 9 milliards de personnes d'ici l'an 2050 et la quasi totalité de cette augmentation sera dans les pays en développement. En outre, la migration en cours de la ville rurale doit se poursuivre de telle sorte qu'en 2050, environ 70% de la population mondiale soit en milieu urbain à 50% aujourd'hui. En outre, la hausse des revenus devraient également poursuivre les changements qui en découlent dans les habitudes alimentaires vers plus de protéines, les régimes alimentaires à base de produits végétaux et animaux au lieu de celui à base de glucides courant qui prédominait dans les pays en développement. Avec cette population plus grande, plus urbaine et, en moyenne, plus riche, on s'attend à ce que la demande mondiale de denrées alimentaires en 2050 soit 70% de plus qu'aujourd'hui (FAO, 2009a). Les changements climatiques sont réels et affectent la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, modifiant les modèles de croissance agricole ainsi que les schémas de répartition des ravageurs, des mauvaises herbes et des maladies qui menacent les cultures et les animaux. Les impacts globaux du changement climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire devraient être de plus en plus négatifs.

Définition de la sécurité alimentaire: Selon l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation (FAO) «la sécurité alimentaire est assurée quand toutes les personnes, en tout temps, ont économiquement, socialement et physiquement accès à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui satisfait leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour leur permettre de mener une vie active et saine». (FAO, 1996).

Il existe quatre piliers de la sécurité alimentaire de la définition ci-dessus; **la disponibilité des aliments, l'accès à la nourriture, l'utilisation de la nourriture et la stabilité du système alimentaire.** Le premier domaine d'intervention est la disponibilité de produits alimentaires de bonne qualité et nutritifs provenant de sources locales, régionales et internationales. Bien que les défis soient géniaux, il existe des solutions et l'agriculture est la clé. C'est parce que l'agriculture représente environ 30% du PIB dans les pays basés sur l'agriculture et pour 50% de l'emploi dans la plupart des pays en développement. Ces pays, qui représentent environ 80% de la population mondiale, abritent environ 500 millions de petites exploitations, ce qui représente environ deux milliards de personnes. En outre, trois personnes sur quatre vivent dans des zones rurales, et la plupart dépendent de l'agriculture pour leur subsistance. La promotion de l'agriculture dans les pays en développement est donc la clé de la sécurité alimentaire. À la suite de la FAO (2009a), quatre piliers sont tracés pour l'exécution de ce document; augmenter les investissements dans l'agriculture, élargir l'accès à la nourriture, améliorer la gouvernance du commerce mondial et accroître la productivité et la conservation des ressources naturelles.

L'augmentation de la productivité des petits agriculteurs, des pêcheurs et des forestiers grâce à une application appropriée des bonnes pratiques et des technologies améliorées devrait être prioritaire pour les pays en développement qui souhaitent assurer la sécurité alimentaire. Une productivité accrue devrait être obtenue tout en conservant la base de ressources naturelles sur laquelle dépend la productivité future. Pour accroître la productivité, le choix des options technologiques pour les agriculteurs devrait être aussi large que possible, y compris ceux utilisés pour améliorer la gestion de l'eau dans les systèmes de production irrigués et alimentés par la pluie, économiser la main-d'œuvre, réduire les pertes après récolte et améliorer la gestion des ressources naturelles, augmenter la fertilité du sol et la lutte intégrée contre les ravageurs.

Le choix des options technologiques devrait également inclure les biotechnologies agricoles, y compris la sélection conventionnelle, la culture tissulaire et la micro-propagation, la sélection assistée par marqueurs, l'ingénierie génétique et les outils de diagnostic moléculaire. La biotechnologie offre également des outils importants pour le diagnostic de maladies végétales d'origine virale et bactérienne, les techniques de diagnostic immunitaire ainsi que des méthodes à base d'ADN. En outre, les outils biotechnologiques tels que les marqueurs moléculaires, la cryoconservation et le stockage in vitro de la croissance lente sont largement utilisés pour la caractérisation et la conservation des ressources phylogénétiques (FAO, 2011b)

CAUSES DE L'ÉVOLUTION ACTUELLE DE LA BIOTECHNOLOGIE

Les quatre piliers thématiques du programme global pour le développement de l'agriculture en Afrique (PDDAA) récemment lancé pour l'investissement et l'action dans la poursuite d'une productivité accrue et durable dans l'agriculture, la foresterie, la pêche et la gestion du bétail, comme les faits saillants du sommet mondial de l'alimentation, visent à montrer le monde la situation alimentaire sur le continent africain. L'une des principales étapes de la réalisation des objectifs de ce programme parmi d'autres questions des applications de la biotechnologie pour

une production alimentaire durable améliorée. Il vise à réduire les cas d'insécurité alimentaire soit dans la sous-région africaine, soit dans le monde.

La population mondiale est actuellement d'environ sept milliards avec son implication associée aux ressources naturelles. La population africaine d'environ un milliard (15% de la population mondiale) augmente plus rapidement que n'importe quelle autre région du monde. Une préoccupation majeure à l'échelle mondiale est de savoir comment alimenter cette population en pleine croissance tout en préservant l'environnement et en favorisant le développement socioéconomique. L'insécurité alimentaire prévaut, même dans les pays en développement, avec des excédents alimentaires. Une solution proposée, est la redistribution des excédents entre et à l'intérieur des pays qui pose de sérieux problèmes pratiques et politiques. Les programmes d'aide alimentaire et les efforts en faveur de la réforme agraire ont beaucoup évolué et devraient continuer. Cependant, l'amélioration de la productivité des petites exploitations est de loin le meilleur moyen de réduire considérablement l'insécurité alimentaire et la pauvreté (Conseil nuffield, 2011). En Afrique, au sud du Sahara, plus de terres sont continuellement mises en exploitation agricole. Cependant, ces augmentations menacent la riche biodiversité naturelle de la sous-région. Ce défi de durabilité exige que la production agricole par hectare augmente pour répondre aux besoins de la population, mais en même temps, cela doit se faire de manière à préserver l'environnement pour la génération future. Le système agricole actuel dans la plupart des pays en développement est loin de répondre aux critères de durabilité. Le lobby de l'agriculture biologique suggère que la voie organique est le meilleur moyen d'assurer la durabilité avec un mépris total pour la biotechnologie. Cependant, les rendements provenant de l'agriculture biologique sont faibles, ce qui indique que des terres plus immaculées doivent être cultivées pour nourrir la population avec une perte de biodiversité naturelle associée. Une étude au Royaume-Uni a montré une baisse de 55% du rendement sur les fermes biologiques par rapport aux fermes conventionnelles, alors qu'il n'y avait que 12,5% d'augmentation de la biodiversité. L'augmentation de la biodiversité serait donc rapidement compensée par la nécessité de cultiver davantage de terres pour la même production.

Les meilleurs aspects de la technologie agricole doivent être exploités pour relever les défis d'une productivité accrue avec la durabilité. La biotechnologie moderne, y compris la technologie de modification génétique, représente l'un des outils qui peuvent jouer un rôle important dans cette entreprise avec un peu de bricolage pour répondre aux exigences et aux besoins des pays en développement. La biotechnologie semble être attrayante en raison de plusieurs promesses, y compris, mais sans s'y limiter, la durabilité agricole, l'amélioration du rendement des cultures et des revenus pour l'agriculteur, une sécurité accrue pour l'applicateur de pesticides, moins de dépenses pour les achats de pesticides et la promotion de la biodiversité suite à une réduction de l'application des pesticides. La biotechnologie a également une forte attraction en matière de l'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments, comme dans la bio-fortification avec la vitamine A et le fer, l'augmentation de la teneur en acides aminés essentiels (lysine) et la teneur et la qualité des lipides entre autres.

La biotechnologie comme un progrès dans la technologie de production alimentaire est destinée à remédier à certaines des lacunes de la révolution verte du milieu des années 1960 dans la résolution des problèmes de sécurité alimentaire. La technologie a été intensive en capital et donc jugée insoutenable avec des intrants élevés dans les machines, l'irrigation, les engrais et le bon sol. Deuxièmement, la révolution verte concernait principalement le riz et le blé. Troisièmement, les gains de productivité utilisant les techniques traditionnelles sélection, ont apparemment été épuisés même pour le riz et le blé. En outre, en raison du lien étroit entre la croissance agricole et la performance dans le reste de l'économie, la croissance économique globale a également ralenti (Timmer C.P, 2003).

L'augmentation actuelle de la biotechnologie est attribuée au rôle potentiel et au rôle réel que la biotechnologie doit jouer dans la sécurité alimentaire. La sécurité alimentaire ne dépend pas seulement de la disponibilité des aliments mais aussi de la qualité nutritionnelle. Malheureusement, les personnes les plus démunies dans le monde dépendent généralement d'un régime alimentaire monotone et puisque la plupart des plantes sont déficientes en certaines vitamines, minéraux et acides aminés essentiels, un régime restreint à un produit de base majeur aura une déficience nutritionnelle. La croissance de la biotechnologie peut être envisagée dans les aspects suivants :

-Les progrès généraux en matière de rendement, en particulier pour les cultures vivrières clés, qui peuvent stimuler la croissance agricole et réduire les prix alimentaires. La biotechnologie peut améliorer les rendements des cultures grâce à la protection contre les insectes, la résistance à la sécheresse.

-Les gains de productivité pour les systèmes agricoles dans un environnement dégradé et hostile peuvent être obtenus grâce à la biotechnologie en raison de l'existence d'un potentiel génétique qui prospère dans ces environnements.

-Les gains de productivité pour les cultures non céréalières et le bétail sont possibles grâce à la biotechnologie et ces produits ont de meilleures opportunités de demande à mesure que les revenus augmentent.

En outre, les cultures génétiquement modifiées offrent la possibilité d'une réduction de l'utilisation des intrants, en particulier des pesticides présentant de graves répercussions sur la santé et la biodiversité. Le potentiel de la biotechnologie à contribuer à des systèmes agricoles durables, grâce à une utilisation beaucoup plus efficace de l'eau, des nutriments et des produits agrochimiques, peut être la promesse la plus importante à long terme.

Les gestionnaires et les intervenants de la RD et de l'industrie de la technologie devraient cependant être conscients des contraintes imposées aux pays du tiers monde d'adopter cette technologie; les développements scientifiques et économiques, ainsi que la politique.

RÉFÉRENCES.

- Timmer C.P (2003). Biotechnology and food systems in developing countries. Presidential lecture, American society for nutritional sciences.
- FAO (1996). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome Declaration on World Food Security, World Food Summit, 13-17 Nov, 1996.
- FAO (2009a). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Feeding the world, eradicating hunger. Background paper to the world food summit on food security, Rome , 16-18 Nov. 2009.
- FAO (2011b). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Status and trends of biotechnologies applied to the conservation and utilization of genetic resources for food and agriculture and matters relevant in their future developments. Working document CGRFA-13/11/3 for the 13th Regular Sessions of the FAO Commission of Genetic Resources for food and agriculture. 18-22 July, 2011, Rome , Italy.
- Conner A,J, Jacobs, J.M.E (1999) Genetic engineering of crops as potential source of genetic hazard in the human diet. *Mutats Res Genet Toxicol Environ Mutagen*; 443: 223-234.
- Maryanski, JH (1997) Bioengineered foods: Will they cause allergic reactions?.U.S. Food and Drug Administration (FDA) Ccentre for food safety and applied Nutrition (CFSAN) NY.
- Horsch R.B (1984) Inheritance of functional foreign genes in plants. *Science* 223, 496-498.
- Carson, R, (1962) *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin. Brouwer A, Longnecker MP, Birnbaum LS, Cogliano J, Kostyniak P, Moore J, Schantz S and Winneke G. (1999). Characterization of potential endocrine related health effects at low dose levels of exposure to PCBs. *Environ Health Perspect* **107**: 639.
- Gupta SK, Jani JP, Saiyed HN and Kashyap SK. (1984). Health hazards in pesticide formulators exposed to a combination of pesticides. *Indian J Med Res* **79**: 666.
- Hurley PM, Hill RN and Whiting RJ. (1998): Mode of carcinogenic action of pesticides inducing thyroid follicular cell tumours in rodents. *Environ Health Perspect* **106**: 437.
- Forget G. (1993). Balancing the need for pesticides with the risk to human health. In: *Impact of Pesticide Use on Health in Developing Countries*. Eds. Forget G, Goodman T and de Villiers A IDRC, Ottawa: 2.
- Liroff RA. (2000). Balancing risks of DDT and malaria in the global POPs treaty. *Pestic Safety News* **4**: 3.
- Environews Forum. (1999). Killer environment. *Environ Health Perspect* **107**: A62,
- Ross G. (2005). Risks and benefits of DDT. *The Lancet* **366** (9499): 1771.
- Webster JPG, Bowles RG and Williams NT. (1999). Estimating the Economic Benefits of Alternative Pesticide Usage Scenarios: Wheat Production in the United Kingdom. *Crop Production* **18**: 83.
- Warren GF. (1998). Spectacular Increases in Crop Yields in the United States in the Twentieth Century. *Weed Tech* **12**: 752.
- Ruttan, V.W (2004). Scientific and technical constraints on agricultural production: Prospects for the future.Proc of the American Philosophical Soc, vol. 149 No4. Pp453- 468.
- Ruttan, V.W (2005) Scientific and technical constraints on agricultural production: Prospects for the future. Current issues in agriculture, from Productivity growth in world agriculture:.. Proceedings of the merican Phil Society vol. 149(4).
- United Nations (2001)World [population prospects: The 2000 Revision. New York:United Nations Department of Economic Affairs, ESA/P/WP. 165.
- Palumbi, S.R (2001)Humans as the worlds greatest evolutionary force. *Science* 293.5536pp1786-90.

Unité 2 :

Qui constitue le public et comment fait-il face à l'émergence de la biotechnologie ?

**(03 heures ; 2 heures conférence
& 1 h débat)**

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



INTRODUCTION

La controverse

Les résultats de l'invention des techniques moléculaires à base d'ADN et leur application à l'agriculture ont été très controversés à la fois dans le sous-secteur agricole et hors de celui-ci. L'augmentation de la production alimentaire, y compris d'autres avantages, a été le point de départ espéré par les scientifiques qui ont lancé la biotechnologie agricole. À ce stade précoce, les scepticismes publics et même les oppositions vociférantes n'étaient pas prévus. Les réformes agricoles semblent inévitables face à la croissance de la population mondiale. La biotechnologie végétale et la génomique comme outil d'innovation jouera probablement un rôle clé dans cette réforme. Les nouveaux développements en génomique, tels que la sélection assistée par marqueur (MAS), promettent maintenant d'offrir des solutions qui rendent l'agriculture durable et respectueuse de l'environnement. Ils ouvrent des possibilités de sélection ciblée qui n'étaient tout simplement pas possibles dans le passé parce que la sélection du génotype permet de traverser des parents éloignés sauvages sans trop de perte des caractéristiques bénéfiques du cultivar utilisé (Collard et Mackill, 2007; de Vriend et Schenkelaars, 2008). La controverse et l'impasse résultant du débat sur les OGM ont donné lieu à une dichotomie parmi les acteurs qui auront un effet durable. Elle influencera l'utilisation future de la technologie (Nap et al., 2002). Les aliments génétiquement modifiés n'ont jamais été considérés indépendamment des problèmes plus vastes des pratiques agricoles, de la préservation de la nature et de l'intégrité des aliments. Ils doivent se faire une place sur les tables et les étagères des supermarchés, comme harceleurs d'une nouvelle méthode de production agricole, en concurrence avec les aliments produits par des moyens «naturels» plus familiers. Dans chaque pays, l'acceptabilité des cultures et des aliments génétiquement modifiés doit être évaluée par rapport aux cadres dominants du problème de la biotechnologie, et dans le contexte de la production et de la consommation alimentaire séquestrée naturellement ou considérées comme acquises. Dans chaque nation, en outre, les consommateurs avaient divers moyens d'opter pour les traditions alimentaires dominantes, de les critiquer ou de résister aux altérations perçues de l'approvisionnement alimentaire. On verra plus loin les bases des aliments génétiquement modifiés, la souveraineté alimentaire et la culture alimentaire et d'autres problèmes connexes dans la biotechnologie végétale en.

BIOTECHNOLOGIE: UNE NOUVELLE SCIENCE / INNOVATION?

Le terme «biotechnologie» a été utilisé pour désigner de nombreux procédés biologiques qui produisent des produits utiles, y compris les très anciens comme la bière, le vin et le fromage. L'utilisation actuelle se réfère aux techniques moléculaires basées sur l'ADN utilisées pour modifier la composition génétique des plantes et des animaux utiles à l'agriculture. Les organismes dont la composition génétique a été modifiée en transférant l'ADN d'un organisme à l'autre en utilisant une technique à base d'ADN, c'est-à-dire ne pas reproduire, sont appelés transgéniques, génétiquement modifiés ou ADNr (ADN recombinant). Ces termes sont préférés aux organismes

génétiqnement modifiés (OGM) parce que la composition génétique de pratiquement toutes les cultures et les animaux agricoles a été modifiée par les humains au cours des 200 dernières années.

Dès 1974, l'un des premiers individus à développer l'ADN recombinant (ADNr), Paul Berg, avait clivé le virus du singe SV40, puis a clivé la double hélice d'un autre virus; un agent anti-bactérien appelé bactériophage lambda. Après cela, il a fixé l'ADN du SV40 à l'ADN du bactériophage lambda. L'étape finale a consisté à placer le matériel génétique mutant dans une souche de laboratoire d'*Escherichia Coli*. Berg n'a pas complété cette dernière étape en raison des plaidoyers de ses collègues qui craignaient les bio-risques associés à la dernière partie de l'expérience. La crainte parmi les scientifiques était que la dernière étape pourrait créer un ADN SV40 clone qui pourrait échapper à l'environnement et constituer un risque pour le personnel de laboratoire qui pourrait devenir des victimes de cancer. La peur des risques potentiels de la technologie et d'autres problèmes non résolus a conduit à la convocation d'une conférence par le Président de l'Académie nationale des sciences des États-Unis pour discuter des ramifications de la biosécurité de la nouvelle technologie. La réunion s'est terminée par une résolution visant à arrêter d'autres expériences dans la région jusqu'à la résolution d'une conférence internationale en 1975 à Asilomar. Les résolutions de la conférence traitant des risques potentiels étaient que le confinement devrait être considéré comme une considération essentielle dans les expériences d'ADNr, entre autre.

Les participants à la conférence s'efforçaient également d'amener la science dans le domaine du grand public, pour la première fois en mettant la science dans l'œil du public afin d'éviter d'être accusé de dissimulation. Cela a créé deux scénarios : amener l'ADNr à la connaissance du monde industriel et faire en sorte que le public s'inquiète de ce que font les scientifiques. Deux groupes d'intervenants ont été créés : la presse et les scientifiques eux-mêmes.

Au milieu des années 1970, les sociétés de produits chimiques agricoles ont commencé à acquérir des sociétés semencières, ce qui pourrait prévoir une période où la biologie remplacerait leurs produits chimiques agricoles. Sandoz, plus tard, fait partie de Syngenta a acquis des graines Rogers. Monsanto a acquis Jacob Hart, et DuPont a acquis Pioneer, l'une des plus grandes sociétés de semences au monde. Bayer, Advanta et Limagrain ont également acquis des sociétés (Herdt, 2005). En 2005, ces six sociétés possédaient la moitié de la capacité de vente de semences commerciales dans le monde.

La concentration de la capacité de production de semences des cultures dans les mains de quelques entreprises multinationales a généré une opposition vocale par les organisations de plaidoyer, y compris le réseau du tiers monde, la fondation de l'avancement rural International, désormais appelée Groupe ETC, technologie et concentration, greenpeace et action des ressources génétiques International (Grain).

Ces organisations ont constitué un autre groupe de pression «public» avec leurs opinions sur la biotechnologie végétale. Les groupes se saisissent généralement de problèmes tels que

l'introggression éventuelle des transgènes dans le maïs mexicain ou les effets toxiques sur les papillons monarques. Ils confondent également ceux-ci avec des informations sur la concentration de l'industrie des semences parmi quelques sociétés multinationales, les droits des agriculteurs d'utiliser des semences et des brevets génétiques ou de biopiraterie. D'autres allégations concernant l'innovation incluent la pollution génétique, la grenade de maïs, etc. Ces groupes ont tendance à ignorer tous les avantages de la technologie et les aspects contestés de fausses allégations contre la technologie. L'une des craintes est que les plus grandes entreprises contrôlent l'approvisionnement en semences et en nourriture et peuvent éventuellement contrôler les droits fondamentaux d'accès à la nourriture, comme c'est le cas avec le prix des produits pharmaceutiques (Groupe ETC 2005). Selon Herdt (2005), l'Union internationale pour la protection des variétés végétales (UPOV) a fourni un premier pas pour les droits internationaux de propriété intellectuelle dans les usines. La protection UPOV prévoit des droits d'obtention végétale dans lesquels les sélectionneur sont autorisés à utiliser des variétés précédemment reconnues comme parents dans de nouveaux efforts d'amélioration des plantes. En raison de l'interaction dynamique des brevets sur les plantes, de l'évolution de la technologie et des forces du marché, l'investissement privé dans la sélection et la production de semences ont augmenté. En 1994, les entreprises privées ont soutenu deux tiers de la sélection aux États-Unis et une proportion croissante dans le monde (Frey 1995; Pray et al., 2005)

L'opposition à la biotechnologie agricole, en particulier pour les cultures transgéniques, est devenue un sujet de recherche sérieuse parmi les éthiciens appliqués, dont certains examinent des problèmes intrinsèques comme l'acceptabilité du déplacement des gènes à travers les espèces, de devenir ce que l'on mange ou de jouer Dieu. Ceux-ci avec le déni de graines comme matière patrimoniale commune mettent en doute la position éthique de l'application de la biotechnologie. Ceux-ci ont créé leur propre groupe d'intérêt, y compris les religieux, les économistes et les sociologues. Dans le débat sur la technologie génétique, les partenaires sociaux traditionnels, les employeurs et les employés, ont été rejoints par des organisations environnementales et de consommateurs. La biotechnologie a également attiré l'attention des universitaires sur la philosophie et l'éthique de l'environnement qui ont interrogé l'acceptation morale de cas particulier de l'homme avec son environnement naturel louant à Dieu, la sainteté de la nature.

Parmi les problèmes qui ont suscité certains des débats très controversés sur la modification génétique des cultures on citer:

- l'effet écologique de la libération de graines de GM dans l'environnement,
- l'impact des cultures GM sur les marchés de semences globaux, les préférences des agriculteurs et des consommateurs dans l'adoption des produits GM,
- le rôle de l'évaluation des risques dans l'évaluation de la sécurité des graines transgéniques et enfin l'impact de l'utilisation mondiale de cultures génétiquement modifiées sur la biodiversité (Krimsky, 1982).

En termes écologiques, les cultures transgéniques sont nouvelles et la possibilité de produire des dommages environnementaux est une préoccupation. Cela peut inclure des effets négatifs possibles sur les insectes utiles, les oiseaux et les espèces végétales. Il y a aussi la crainte que l'adoption de la biotechnologie entraîne une réduction de la biodiversité agricole qui soit essentielle à la subsistance des agroécosystèmes, à sa structure et à ses processus pour la production alimentaire et la sécurité alimentaire (FAO, 1999). Une autre préoccupation est que le flux génétique des cultures aux mauvaises herbes et à d'autres cultures et le gène résistant aux herbicides pourraient rendre les mauvaises herbes plus difficiles à contrôler. Ceux-ci sont responsables de l'appel au réveil des écologistes. Les problèmes de risques potentiels pour la santé ont également été un outil majeur dans la lutte contre le génie génétique des cultures, comme on le voit dans le cas des «aliments Franken».

Un autre souci majeur pour la biotechnologie végétale qui a suscité un mécontentement plus ouvert est le changement dans les systèmes agroalimentaires que les OM entraînerait. La réflexion est que la biotechnologie végétale est un système de monoculture qui est le mieux mis en œuvre à grande échelle pour donner un sens aux intrants et à la gestion. Cela aurait tendance à éliminer certaines cultures et à limiter ainsi l'accès aux variétés alimentaires. Cette pratique, crainte, entraînera une réduction de la diversité génétique, car certaines cultures seront préférées à la place d'autres. C'est une réponse à l'appui de certaines organisations anti-biotechnologies qui prédisent que l'insécurité alimentaire est davantage due au manque d'accès à la nourriture que la productivité. On craint que l'adoption de la biotechnologie entraîne la mondialisation du système alimentaire mondial, certaines cultures étant négligées pour d'autres cultures. Cela limitera également les choix de ce qui est disponible pour les personnes en tant que nourriture. Cela entraînerait une ingérence dans les habitudes alimentaires et les préférences culturelles des peuples et donc, en refusant aux gens de leur souveraineté alimentaire.

Qu'est-ce que la souveraineté alimentaire?

C'est le droit des peuples de définir leur propre alimentation et leur agriculture; protéger et réglementer la production et le commerce agricoles domestiques afin d'atteindre les objectifs de développement durable; pour déterminer dans quelle mesure ils veulent être autonomes, résister au dumping de produits sur leurs marchés et fournir aux communautés locales basées sur la pêche la priorité dans la gestion de l'utilisation et des droits sur les ressources aquatiques. La souveraineté alimentaire ne nie pas le commerce, mais elle favorise la formulation de politiques et de pratiques commerciales qui servent les droits des peuples à la nourriture et à une production sûre, saine et écologiquement durable. A l'encontre des principes fondamentaux de la biotechnologie végétale et du mouvement de la souveraineté alimentaire via Campesina en tant qu'opposant à la technologie a été créée. Les moyens de subsistance et les revenus d'un grand nombre d'habitants des zones rurales et urbaines dépendent de la fabrication locale d'intrants agricoles et du stockage local, de la transformation, de la distribution, de la vente et de la préparation des aliments. Les systèmes alimentaires localisés génèrent de nombreux emplois et contribuent à soutenir les petites et moyennes entreprises.

Des groupes d'intérêt ont été chargés d'alerter la population sur le «mal» potentiel de la technologie et sont également responsables de l'interface entre les entreprises de biotechnologie, les gouvernements, les agriculteurs et le grand public. L'adoption rapide et généralisée des cultures transgéniques montre qu'ils ont des attraits pour les agriculteurs. Des études ont montré une augmentation du rendement et des bénéfices pour les agriculteurs contre la réduction des ravageurs sur les cultures et la réduction de l'utilisation des pesticides. (Marra et al., 2002). Les avantages et les coûts économiques sont une base de promotion largement utilisée pour OM et les coûts et avantages environnementaux en sont un autre. Les préoccupations concernant les cultures GM représentent une considération importante dans de nombreux cas, en particulier de la part du public. Ceux-ci ont trait aux risques, avantages et impacts de la technologie. Les préoccupations normalement demandées incluent :

- les cultures transgéniques représentent une solution (partielle ou complète) à la faim dans le monde;

- des risques inacceptables pour l'environnement et la santé humaine ou des moyens de partage équitable des avantages de l'innovation scientifique

- La technologie est présentée comme une solution à la transformation agricole qui aboutira à la fin de la faim dans le monde;

- la réduction de la pauvreté et la promotion de l'équité dans nombre des pays les plus pauvres du monde.

- la technologie est censée améliorer la production agricole tout en favorisant la préservation de l'environnement. Il est toutefois douteux que la technologie aborde la faim dans le monde en raison des multiples causes ; pauvreté, répartition inéquitable des aliments, inégalité de la propriété foncière, surpopulation, mauvaise santé, mauvaise éducation, etc.

On sait que l'agriculture intensive moderne affecte négativement l'environnement en s'appuyant sur des intrants chimiques pour optimiser les conditions nutritives des sols, les graines de variétés répondant de manière correspondante à de telles conditions et des pesticides pour lutter contre les insectes, les agents pathogènes et les mauvaises herbes (Harvey, 1998). Les cultures conçues pour mieux répondre à l'environnement grâce à l'incorporation de gènes pour la tolérance aux stress biotiques et abiotiques représentent une amélioration de la production végétale. Cependant, les terres agricoles et les environnements non cultivés environnants pourraient être affectés par l'introduction de nouvelles technologies. Par exemple, cultures GM pour réduire l'exigence d'engrais grâce à la fixation de l'azote dans les plantes pourrait être bénéfique en réduisant l'impact négatif sur le sol et les effets subséquents du ruissellement dans les rivières et les infiltrations dans les eaux souterraines.

MAUVAISES PERCEPTIONS POPULAIRES EN BIOTECHNOLOGIE AGRICOLE

La modification génétique est un domaine hautement technique nécessitant une formation et une expérience considérables. Il n'est donc pas rare que la société ait du mal à comprendre les capacités et les limites de son application dans l'agriculture. En combinant ceci, c'est la peur et la crainte de toute nouvelle technologie puissante. Il est donc naturel que le public non technique soit concerné et ait des questions à poser au sujet de GM. Est-ce que c'est sûr? Quels sont les bénéfices? Quels sont les coûts non seulement en termes de revenus, mais aussi en société et en environnement? Les conclusions d'études et d'ateliers et colloques essayant de répondre à ces questions menées par des sociétés médicales et scientifiques professionnelles étaient que la modification génétique n'était pas entièrement exempte de risque, mais comportait les mêmes risques que les moyens traditionnels d'amélioration génétique. La grande question est «pourquoi la même préoccupation concerne-t-elle la biotechnologie agricole non étendue aux applications médicales et pharmaceutiques de l'ADNr? S'il y avait quelque chose de dangereux dans le processus de la technologie de l'ADN recombinant, les produits médicaux et pharmaceutiques GM seraient tout aussi dangereux. Mais ils ne le sont pas.

On a constaté que cette divergence dans l'appréciation de la biotechnologie agricole et de ses homologues médicaux et pharmaceutiques n'est pas due à l'ignorance du public. Selon Mohr et Topping (2010), tous les sentiments anti-biotechnologiques ne sont pas basés sur l'ignorance de l'agriculture ou sur les mécanismes techniques de l'ADNr. La motivation au moins dans certains cas semble basée principalement sur des facteurs commerciaux et socio-économiques, et non sur la santé ou l'environnement. On citera souvent des préoccupations telles que l'augmentation de la domination de l'approvisionnement alimentaire par les entreprises privées ou la probabilité que les bénéfices des cultures GM se répercutent de manière disproportionnée sur les grands agriculteurs riches aux dépens des petits détenteurs, des agriculteurs pauvres ou des perturbations de la dynamique du commerce international.

L'une des préoccupations souvent mentionnées à propos des OGM est qu'ils ne sont pas naturels, car le GM transfère invariablement des gènes d'une espèce à l'autre, ce qui ne fait pas obstacle à la barrière naturelle qui ne se produit pas dans la sélection conventionnelle.

Deuxièmement, l'OGM est considéré comme dangereux car il est fondamentalement différent de la sélection traditionnelle qui, au vu du public, est limitée à la pollinisation croisée travaillant dans des plantes de la même espèce.

Une autre idée fautive est que les agriculteurs biologiques sont informés que si un grain de pollen d'une culture génétiquement modifiée de voisins flotte dans la culture organique, le fermier peut perdre son statut organique. La société propriétaire du brevet sur la culture génétique pourrait réclamer la propriété légale de l'agriculteur biologique. En outre, en ce qui concerne la tolérance aux herbicides (HT), on traite de ce fait que les agriculteurs génétiquement modifiés sont capables d'utiliser les cultures HT pour tuer toutes les mauvaises herbes qui laissent les cultures GM se développer. De manière implicite à cet égard on croit que les cultures HT sont à l'abri de toute

dose d'herbicides et ne peuvent être créées que par la technologie GM. C'est la base de l'affirmation de la presse populaire selon laquelle la technologie GM pourrait créer des super mauvaises herbes ou que les mauvaises herbes super, résistantes aux herbicides se répandent presque partout où les cultures modifiées sont cultivées, souvent parce qu'elles ont acquis les gènes par pollinisation croisée.

Il existe d'autres idées fausses localisées visant à décourager les agriculteurs de cultiver des cultures génétiquement modifiées. En 2004, en Amérique, les électeurs du comté de Mendocino, en Californie, ont interdit la culture d'OGM et, en même temps, ont redéfini l'ADN comme protéines.

Le président de la Zambie a rejeté l'aide alimentaire pour son pays, car il a été conseillé que l'aide alimentaire du maïs GM était toxique.

Un juge aux Philippines demande simplement comment se promener dans un maïs génétiquement modifié peut provoquer l'homosexualité.

Les agriculteurs en Inde sont informés que les graines OGM produisent un gène Terminator qui rend les graines stériles et infecteront d'autres cultures leur causant une stérilité aussi (McHuhén et Wager, 2010).

Aucune de ces idées fausses n'est vraisemblable, même si certains peuples croient sincèrement qu'elles sont vraies.

Transgénèse et santé humaine

Les plantes sont les ingrédients de base pour la nourriture humaine. Une préoccupation majeure du public, en dehors des principales préoccupations, est que les cultures transgéniques contiennent des gènes éthiquement sensibles incluant des gènes marqueurs d'antibiotiques et des séquences de promoteurs dérivés de virus. Certains scientifiques et journalistes se sont dits préoccupés par le fait que la consommation de cultures transgéniques et les produits dérivés de ceux-ci seraient affectés négativement par la santé humaine (Coghlan et al., 1999). L'effet de cette information erronée sur le public a amené certaines chaînes de restaurants à supprimer les aliments GM dans leur menu. De façon similaire, certaines écoles ont interdit les produits GM avec une demande croissante d'aliments biologiques dans les supermarchés. La peur réelle est que les gènes marqueurs antibiotiques pourraient être recrutés chez les humains et éventuellement les animaux domestiques, rendant ainsi les antibiotiques inefficaces dans la guérison des infections bactériennes. Il est également préoccupant que les aliments transgéniques soient toxiques et allergiques. La réponse à cela est le dépistage des toxines et des allergènes dans les aliments génétiquement modifiés afin de réduire les risques de libération d'aliments dangereux pour le public. Un étiquetage prudent est également recommandé pour les personnes souffrant d'allergies et celles qui sont averses à la consommation d'aliments transgéniques.

Selon Robinson (1999), la santé humaine souffre déjà en tant que conséquence des systèmes/pratiques agricoles. La production commerciale de bananes, par exemple, nécessite des applications d'une grande quantité de pesticides qui polluent l'environnement et dont les résidus s'accumulent dans les travailleurs des plantations. La question est : ne serait-il pas justifié sur le plan éthique de produire une variété de bananier transgénique qui permettrait de réduire l'utilisation des pesticides et une amélioration ultérieure de la santé des travailleurs des plantations?

Positions des intervenants

Les scientifiques et les décideurs politiques ont été parmi les acteurs clés qui connaissaient bien le débat sur les problèmes d'OGM et la politique agricole nationale. Sur la base des méthodes de sélection des parties prenantes par l'approche du réseau politique élaborée par Laumann et Knoke (1987), les décideurs et les scientifiques ont été sélectionnés en raison de leurs rôles sur les problèmes d'OGM au Ghana et au Nigéria. On a supposé que les décideurs et les scientifiques sont les mieux placés pour informer le gouvernement national sur la façon d'adopter les OGM étant donné qu'ils sont les deux groupes d'acteurs responsables de l'élaboration de cadres réglementaires dans divers ministères. Ils ont été choisis parce qu'ils assument la plus grande responsabilité pour la prise de décision et jouent un rôle important dans les développements agricoles. Bien que la plupart des scientifiques des deux pays croient que la biotechnologie pourrait bénéficier à la croissance agricole, ils sont d'avis que la biotechnologie peut ne pas être la solution la plus appropriée à leurs problèmes agricoles. Il s'agit notamment du manque de facilités de crédit pour acheter des intrants agricoles et du manque d'informations correctes en raison de services de vulgarisation médiocres (Ademola, 2014). Cependant, les scientifiques des deux pays ont reconnu que l'adoption de cultures génétiquement modifiées pourrait apporter des avantages au développement agricole en raison de l'inefficacité des problèmes traditionnels de reproduction végétale et de sécurité alimentaire. Selon une interview du groupe de discussion avec les scientifiques, le Conseil pour la recherche scientifique et industrielle (CSIR), le Centre de recherche sur les cultures, Kumasi, Ghana 2011, la technologie GM est une nouvelle approche pour soutenir la sélection traditionnelle. C'est simplement pour identifier le gène souhaitable des sources étrangères au-delà du niveau de l'espèce et transférer le gène de cultures distantes pour rendre la production de variétés améliorées beaucoup plus rapidement et plus directement. Cela pour aider l'agriculteur avec un produit qui réduit l'impact des pratiques agrochimiques par la production de cultures tolérantes aux herbicides. Elles serviraient aux augmentations de qualité telles que l'amélioration des niveaux de protéines, les niveaux de vitamines et la réduction de la teneur en acides gras.

Selon un décideur nigérian, 75% de plus de 150 millions de personnes au Nigéria vivent dans la pauvreté, l'agriculture est le seul moyen de survie et nous avons un problème de sécurité alimentaire alors que notre population continue de monter et il ne fait aucun doute que la biotechnologie peut être une partie de la solution. Cependant, il est essentiel que les risques et les bénéfices soient soigneusement pris en compte et que ceux qui ont le plus à perdre soient les

agriculteurs et non ceux qui participent activement au processus décisionnel. De plus, les cultures GM apportent avec eux des risques socioéconomiques potentiels, comme les brevets et les mécanismes biologiques pour que les entreprises contrôlent l'approvisionnement en semences. Ceux-ci ont des répercussions profondes sur l'agriculture et devraient être pris en considération dans l'évaluation des risques et des avantages. Compte tenu du risque évident de cultures GM, une approche préventive de leur libération dans l'environnement devrait être implicite, mais souvent non. La question des mécanismes biologiques pour contrôler l'abus de graines GM, et «la technologie des semences terminatrices» doivent être abordées.

Les questions spécifiques abordées comprenaient des plantes génétiquement modifiées résistantes aux maladies et aux insectes, nécessitant peu ou pas de pulvérisations d'insecticide, des cultures GM résistantes à la sécheresse, des cultures génétiquement modifiées avec des variétés à haut rendement et des performances améliorées. En outre, les cultures génétiquement modifiées ayant une plus grande valeur nutritive et celles ayant une durée de conservation plus longue. Les scientifiques africains sont d'avis que la technologie GM peut jouer un rôle important dans l'augmentation de la productivité des cultures, en assurant la sécurité alimentaire grâce à une production suffisante en qualité et en quantité et en réduisant l'exposition humaine ou environnementale aux pesticides chimiques, économisant ainsi l'énergie, le temps et les coûts et Améliorer la santé des agriculteurs. En outre, les scientifiques ont insisté sur le fait que l'amélioration des produits de base courants comme le maïs, l'igname, le riz et le manioc par l'amélioration des micronutriments abordera les problèmes liés à la malnutrition et à la carence en vitamine A. En outre, l'implication de la santé humaine n'a pas été considérée comme majeure en raison du manque de preuves convaincantes, bien qu'il y ait des inquiétudes quant à l'impact environnemental potentiel. On craint que certaines cultures traditionnelles précieuses puissent être affectées en raison du flux de gènes et la suppression de ces cultures indigènes pourrait épeler la mort pour leur héritage agricole traditionnel (Ademola, 2014).

Les promoteurs de la technologie

Les entreprises multinationales qui financent la recherche et la production des cultures de GM injectent leurs ressources pour deux raisons : les investissements avec des primes de rendement élevé et les efforts visant à lutter contre la faim et la malnutrition dans le monde, y compris les lacunes de l'agriculture traditionnelle.

L'impératif moral de la biotechnologie agricole

L'agriculture est unique en ce qu'elle a un côté naturel et non naturel réunis dans son cœur. Sans intervention humaine, il n'y aura pas d'agriculture moderne. Cependant, nous restons dépendants de systèmes très naturels et donnés, sinon, aucune agriculture ne sera possible (Haperen et al., 2012). Il n'y a pas de production agricole entièrement artificielle, tout comme il n'y a pas d'agriculture sans intervention humaine. En raison de la disparition croissante de l'expansion agricole, il est devenu évident que le succès de l'innovation technologique semble désormais

menacer le système naturel dont dépend l'agriculture. C'est la base du lien entre la discussion sur la biotechnologie, la nature et les limites naturelles. Dans le cas des OGM, des questions ont été soulevées quant à savoir si cette technologie est ou n'est plus naturelle, et si la création ou l'introduction dans l'environnement d'un organisme vivant «non naturel» peut être acceptée comme un moyen d'atteindre une agriculture durable et responsable. Pour la plupart des scientifiques des plantes, le processus ne fait rien d'imitant la nature. Cependant, à la lumière de ces arguments, la population mondiale devrait augmenter au-dessus de 9 milliards d'ici 2050. Le niveau de vie moyen augmente également, ce qui a une incidence sur la consommation alimentaire, la demande de céréales pour la subsistance du bétail et enfin sur l'utilisation des terres agricoles. Pour atteindre l'objectif de 70% de plus de nourriture d'ici 2050, une augmentation annuelle moyenne de la production céréalière de 44 millions de tonnes métriques par an est nécessaire (Tonelli, 2012). Ceux-ci sont confrontés à plusieurs défis, y compris, la diminution des ressources, les impacts du changement climatique à la fois sur les conditions météorologiques, mais sur la maladie et la lutte contre les ravageurs. Vu sous ces points de vue, la base morale de l'anormalité de la biotechnologie, potentiellement l'innovation la plus récente dans l'agriculture, sera prise plus au sérieux. En outre, la plupart des lacunes potentielles de la technologie selon les adversaires ne tiennent pas compte du fait que les comparaisons effectuées se situent entre quelque chose de nouveau et le plus ancien qui ont été adoptés sans la suspicion et l'examen actuels.

Cependant, à la différence de Maxine Singer, qui professait avoir envie de mordre un Flavr Savr brut de son étagère de supermarché, de nombreux consommateurs alternatifs ont trouvé l'idée d'une modification génétique profondément étrangère à leur sens de l'ordre naturel des choses. Pour ces consommateurs riches et de plus en plus nombreux, le processus de production alimentaire était lui-même un produit précieux (Jasanoff, 2005). En conséquence, l'achat de produits organiques est comme l'achat dans un mode de production qui renforce les engagements éthiques de base envers la communauté et la nature en utilisant le pouvoir économique pour maintenir un ordre moral et politique. Le même argument tient pour les personnes du monde en développement avec des cultures vivrières développées à partir de la sélection conventionnelle. Ceux-ci, en dépit de leur niveau d'insécurité alimentaire, ne devraient pas jeter leur vie culturelle d'âge pour éviter la famine. Comme l'a déclaré Jason Jasanoff (2005), la préoccupation concernant la sécurité sanitaire des aliments et l'intégrité de l'approvisionnement alimentaire n'est pas la prérogative d'une seule nation ou d'un segment particulier du public consommateur. Ainsi, les aliments génétiquement modifiés n'ont jamais été considérés comme isolés des problèmes plus vastes des pratiques agricoles, de la préservation de la nature et de l'intégrité des aliments.

HISTOIRE ET FORMATION DE LA POLITIQUE/PRÉOCCUPATIONS SUR LES ALIMENTS ALIMENTAIRES

À partir de quelque temps en 1986, l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) a éclaté en un problème national complètement exposé en Grande-Bretagne et au-delà d'une décennie plus tard

en 1996, les autorités britanniques ont annoncé que, contrairement aux assurances gouvernementales, la maladie avait traversé la barrière des espèces et causait des décès chez les personnes infectées gens. En tant qu'encéphalopathie bovine (EB) chez les bovins, la maladie mortelle chez l'homme se manifeste en variante de la maladie de Creutzfeld-Jacob (MCJ). Le résultat a été la perte de confiance dans le ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation (MAFF). Par la suite, le MAFF a été démantelé et ses responsabilités ont été transférées au ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (DEFRA) et une nouvelle Agence des normes alimentaires a été formée pour obtenir des conseils d'experts au gouvernement sur les aliments. Parmi les résultats de la commission sur l'ESB, les experts britanniques de la santé et de la sécurité ont agi comme une communauté étroite et secrète: ils étaient complaisants à propos des risques empiriquement non vérifiables, mais ne voulant pas commander de nouvelles recherches pour améliorer les connaissances disponibles et afficher toute incertitude pour un public qu'ils considéré comme irrationnel, et enclin à la panique (Gouv. Britannique, 2000). Ces révélations ont secoué à la foi des gens dans un système de prise de décision fondé sur le principe que les experts gouvernementaux connaissent le mieux. Les doutes ont été soulevés si, en cas de crise, des experts appropriés sont disponibles pour répondre aux besoins urgents du public. Cela a stimulé l'appel à la nécessité de démocratiser la prise de décision en matière scientifique au lieu de ce qui a été obtenu jusqu'ici; laissant les décisions aux experts. Ainsi, lorsque les groupes britanniques de protection de l'environnement et des consommateurs se sont exprimés pour protester contre les aliments génétiquement modifiés, il est évident que l'ESB était le début de leur mécontentement. Les deux impliquaient l'industrialisation de l'approvisionnement alimentaire, avec des techniques qui ne sont pas considérées comme naturelles. Qu'est-ce qui a causé l'ESB? La pratique de l'alimentation moderne non naturelle telle qu'elle a été trouvée dans l'agriculture moderne a été utilisée comme cause.

Il y a eu de nouveau une panique résultant d'un communiqué de presse prématuré en 1998 sur les résultats d'Arpad Pusztai concernant l'effet potentiel sur la santé de l'alimentation des pommes de terre transgéniques en rats. Pour les Américains, leur position est illustrée par un énoncé crédité au sénateur Christopher Bond «Je suis passionné parce que je crois que le plus grand risque associé à la biotechnologie ne concerne pas les larves de papillons monarques, mais des défenseurs, qui peuvent réussir dans leur but de porter atteinte à la biotechnologie et condamner la population mondiale contre la malnutrition inutile, la cécité et la dégradation de l'environnement (Bond, 2000). Au sujet de l'anormalité, les Américains croient que la chose à craindre n'est pas une modification génétique dans l'agriculture, mais une opposition à celle-ci. Certifié par la science comme sûre, la modification génétique des cultures et des aliments a été considérée comme naturelle comme toute autre pratique agricole, en fait plus que traiter les choses en croissance avec des pesticides chimiques non naturels. Les cultures génétiquement modifiées et les aliments sont sûrs, et en effet, la science qui souscrit à cette conclusion, est intégrée dans un processus historique plus long de la compréhension de l'incertitude quant à ce mode de production.

À la fin des années 1950 et dans les années 60, le concept de révolution verte a été développé. L'établissement de banques de semences, l'évolution de la génétique et le partenariat public-privé ont rapidement permis d'améliorer considérablement les technologies de sélections ciblées (Kloppenburger, 2004). Les nouveaux cultivars ont multiplié la productivité de l'agriculture d'une manière qui avait été précédemment imprévue en concentrant la sélection sur les caractéristiques de rendement et en compensant le manque de robustesse naturelle de ces cultures avec des intrants chimiques synthétiques pour la nutrition et la lutte contre les maladies. Le développement de cultures importantes en combinaison avec l'approche chimique a également marqué la conversion d'un processus d'agro-production rurale à l'industriel. Cependant, au cours des années 1970 et 1980, l'inconvénient et les limites de cette production industrielle par rapport à l'approche naturelle étaient très évidents. La révolution verte a produit une croissance de l'agriculture à grande échelle au détriment des petits détenteurs, affectant les moyens de subsistance des petits producteurs dans les pays en développement. L'utilisation accrue d'engrais, d'herbicides et d'insecticides a conduit non seulement à la dégradation et à la pollution environnementales, mais aussi à la concentration du pouvoir agricole dans les mains des grandes entreprises (Goodman, 1987 ; Murphy, 2007;). L'accent mis sur la production et la quantité a entraîné une perte de qualité et a conduit à des plaintes des consommateurs de perte de goût et de texture par les agro-produits. Il en résulte la propagation de la maladie causée par la culture mono et le développement de la résistance aux pesticides. À ce stade, la base génétique des cultivars populaires est devenue si étroite que les efforts d'amélioration pour améliorer la qualité sont devenus difficiles, suscitant encore une autre préoccupation cette fois de la biodiversité.

Les caractéristiques de la révolution verte de pointe sont :

- a) la concentration des fermes dans les mains des grandes entreprises et la prise en charge des propriétaires à petite échelle;
- b) l'utilisation accrue d'engrais et de pesticides avec une pollution et une dégradation environnementales concomitantes;
- c) la perte de qualité par agro-production;
- d) l'augmentation des incidents de maladies;
- e) l'émergence de la culture mono-culturelle en tant que culture agricole et enfin
- f) la perte de biodiversité.

Ce sont là les péchés pour lesquels la biotechnologie est accusée et punie dans l'opinion du public. L'implication est que, en tant que nouvelle innovation dans l'agriculture, les gens sont fatigués de leurs expériences pas si éloignées et estiment que la biotechnologie peut, après tout, ne pas être si différente des côtés négatifs de la révolution verte.

Les retombées sont l'environnementalisme moderne, critiquant l'approche de l'exploitation et de l'exploitation chimique de l'agriculture qui aboutit à l'avènement des formes naturelles de

l'agriculture et de la nourriture. L'agriculture organique (écologique) se présente comme une alternative plus équitable par rapport à l'approche industrielle et capitaliste. La biotechnologie équivaut à jouer avec Dieu en traversant la barrière des espèces supposée placée par Dieu, qui est considérée comme non naturelle. La nature des plantes se réfère à sa nature inhérente, à son intégralité, à son intégralité, à ses spécificités et à son équilibre avec l'environnement, tout au long de l'adaptation évolutive. On pense que l'intervention en introduisant des formes de vie créées artificiellement interfère ou enfreint les schémas naturels et crée un déséquilibre qui a des effets négatifs (Levidow, 2000). Les défenseurs de la biotechnologie voient un monde d'opportunités et de bénéfices, les arguments du naturel expriment la réticence des gens à permettre la science dans ce domaine parce qu'ils ne peuvent pas comprendre dans quelle mesure cela pourrait conduire à des changements qui perturbent nos vies et notre société. De même, Fukuyama (2003), a reconnu que la connaissance de la génomique ouvre la porte à la modification de nous-mêmes et de notre société au-delà de sa reconnaissance.

En ce qui concerne les avantages potentiels pour les consommateurs, la moralité et les dépendances envers les gardiens de la biotechnologie sont testées. Les consommateurs semblent être devenus plus cyniques de la technologie, surtout lorsqu'ils ont de grandes inquiétudes quant à leur impact, car ils ont commencé à croire que ces innovations ne servent qu'à l'intérêt des producteurs et des fabricants (Frewer et al., 2003). Les critiques font valoir que la génomique de l'agro-biotechnologie est simplement la dernière intensification progressive de la production agricole créée par un système industriel exploitant qui s'est progressivement développé au cours des années. Cela remet en question l'intégrité des acteurs commerciaux et leur rôle dans l'influence de la trajectoire du système agricole. Il est nécessaire de faire une bonne représentation dans l'institution sociale qui contrôle les avantages de la technologie de la génomique afin de s'assurer qu'une distribution équitable reste plus qu'une simple intention intentionnelle avec de sérieux doutes dans le monde de la mondialisation. Les développements technologiques généraux pourraient contribuer à la sécurité alimentaire dans les pays en développement (Buchanan, et al., 2000). Pour que la biotechnologie contribue à la sécurité alimentaire dans les pays en développement, des problèmes tels que les droits de propriété intellectuelle (DPI), les conflits entre les droits des obtenteurs, les privilèges des agriculteurs, les brevets biotechnologiques et la base de données génomique devront être résolus en premier. On craint d'un système qui traite les données génétiques, combiné avec les intrants et les résultats de la biotechnologie, car les facteurs négociables ordinaires dans le cadre d'un système mondial de DPI laissent la répartition de ses avantages aux forces du marché. Selon Hardt et Negri (2009), les entreprises privées ne devraient pas utiliser la vie ni ses éléments constitutifs car elles appartiennent aux communes. Voici quelques-uns des défis auxquels font face l'adoption de la biotechnologie dans l'agriculture et la nourriture.

RÉFÉRENCES

- Collard, B, and Mackill, D. (2007). Marker assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty first century. *Philosophical transactions* 557-572.
- Hardt, M and Negri, A (2009) *Commonwealth*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Buchanan, A, B.D., Daniels, N, and Wilker, D (2000). Genes, justice and human behaviour. In A Buchanan, D.W. Brock, N, Daniels & D, Wilker (Edns) *From chance to choice: genetics and justice* (pp61-100) New York: Cambridge University Press.
- Frewer, L.J, Scholderer, J, Bredahl, L. (2003) Communicating about the risks and benefits of genetically modified foods; The mediating role of trust. *Risk Analysis* 23:1117-1133.
- Fukuyama, F (2003) *Our posthuman future: Consequences of the biotechnological revolution*. New York: Piccador.
- Levidow, L. (2000) pollution metaphors in the UK biotechnology controversy. *Science as culture*, 9: 325-351
- Murphy, D. (2007) *Plant breeding and biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press.; Goodman, D, Sorj, B, Wilkinson, J (1987) *From farming to biotechnology*. Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Kloppenburg, J,RJ. (2004) *First the seed. The political economy of plant biotechnology. 1492-2000*. Madison: The University of Wisconsin Press.
- Senator Christopher Bond, AAAS Annual Meeting Washington, DC, quoted *Environment News Service* Feb, 23, 2000.
- In April, 2000, the UK Government estimated the total cost of BSE crisis to the public sector would be 3.7 Billion pounds by the end of 2001-2002. The enquiry into the BSE and variant CJD in the United Kingdom cited as Philips enquiry, vol 10 economic impact and international Trade.
- Jasanoff, S (2005) 'Food for thought' Chapter 5 IN *Designs on Nature, Science and Democracy in Europe and the United States*. Princeton University Press. Princeton and Oxford: pp119-145.
- Haperen van, P.F, Gremmen, B, Jacobs, J (2012) Reconstruction of the ethical debate on Naturalness in Discussion about Plant Biotechnology. *J Agric. Environ Ethics* 25:797-812.
- Ademola A.A, (2014) Stakeholders Perceptions of GM technology in West Africa: Assessing the Responses of Policymakers and Scientists in Ghana and Nigeria. *J. Agric Environ Ethics* 27:241-263
- Coghlan, A, Concar, D, MacKenzie, D (1999) Frankenfears. *New Scientist* 20th Feb, PP4-5.
- McHughen A and Wager, R (2010). Popular Misconceptions: agricultural biotechnology. *New biotechnology* 27 (6):724-29.
- Mohr, P and Topping, D (2010) Factoids, factettes and fallacies : the problem of crossover research in the analysis of consumer response to biotechnology. *New Biotechnol* 4:12-22
- Marra, MC, Pardey, PG, Alston, JM (2002) The payoffs to transgenic field crops : an assessment of the evidence. *AgBioForum* 5(2):43-50.
- De Vriend, H, and Schenkelaars, P (2008) *Oosgst uit het lab, biotechnologie en voedselproductie*. Jan van Arkel: Utrecht
- Frey, K.J (1995) National plant breeding study: Human and financial resources devoted to plant breeding and development in the USA in 1994. *Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn. Special Rep.98* Iowa State Univ., Ames, Ai
- Pray, C, Oehmke, JF, Naseem A. (2005) Innovation and dynamic efficiency in plant biotechnology : an introduction to the researchable issues. *AgBioForum* 8 (2&3): 52-63
- Herd, R.W. (2005) *Treatis, Intellectual Property, Market Power, and Food in the Developing Countries*. Proc. of the American Phil. Society. Vol.149 (4)pp184- 212.
- ETC Group (2005) *Global seed industry concentration -2005*.
- <http://www.bio.indiana.edu/people/terminator.html>.
- Krimsky, s (1982) *Ethical issues involving the production, planting , and distribution of genetically modified crops, Genetic Alchemy* (Cambridge, MA: The MIT Press.

Unité 3 :

Avantages et risques de

la biotechnologie.

(6 heures)

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



INTRODUCTION

Il y a eu de nombreuses controverses sur la biotechnologie végétale avec une certaine mesure de soutien du public, mais aussi certaines préoccupations. Il est donc important que les scientifiques engagés dans la nouvelle innovation dans l'agriculture soient conscients de la perception par le public de leur travail. Ces controverses sont mieux comprises, non pas en les considérant comme une simple opposition à deux côtés, mais comme la convergence de plusieurs luttes longues sur la trajectoire de l'utilisation des aliments et de la production alimentaire en relation avec ces technologies.

Étant donné que la consommation alimentaire est à la fois une nécessité biologique et une signification culturelle, toute nouvelle façon de préparer ou de produire des aliments est susceptible d'avoir des implications éthiques et posologiques (Thompson et Hannah, 2008). La technologie peut affecter la sécurité et l'accès à la nourriture, ce qui soulève des questions d'équité sur l'ensemble du système de production et de distribution de nourriture. L'évaluation des risques des technologies agricoles et alimentaires n'est pas un concept nouveau. Chaque innovation dans la production alimentaire a pris son propre éventail de risques potentiels. Ceux-ci vont de l'augmentation de l'exposition aux pesticides dans l'agriculture conventionnelle à une exposition accrue aux agents pathogènes dans l'agriculture biologique. Les risques associés aux OGM sont semblables à ceux de l'hybridation des cultures, la pierre angulaire de la révolution verte. Tout effort visant à créer une meilleure culture sera suivi de conséquences potentielles. Ce sont des causes d'une grande préoccupation publique de la science de la biotechnologie végétale. On craint que, en raison de la science ésotérique impliquée, ces risques perçus soient plus élevés que dans les plantes cultivées classiquement. Les évaluations des risques liés à la biotechnologie tiennent compte des effets potentiels sur l'environnement et la santé humaine. Les effets écologiques qui font l'objet d'un débat incluent une augmentation de l'invasivité et du bénévolat (un problème agricole où les graines non collectées de la récolte de l'année dernière germent et poussent dans la culture actuelle), l'hybridation intra et extra-spécifique, les effets néfastes sur les organismes non ciblés et la gestion de la résistance. Aux États-Unis, l'évaluation de la biosécurité des aliments génétiquement modifiés repose sur le principe de l'équivalence substantielle, c'est-à-dire que les aliments génétiquement modifiés sont aussi sûrs que leur précurseur génétique, généralement considéré comme sûr.

Biosécurité écologique - Aborder les problèmes d'invasivité et le bénévolat des cultures transgéniques

Au fur à mesure que de nouveaux gènes sont découverts et utilisés par l'industrie de la biotechnologie, les cultures auront des combinaisons de nouvelles capacités et seront cultivées dans de nouvelles régions géographiques. Dans le cas de certaines cultures comme la luzerne, le tournesol et le riz qui ont un peu de mauvaise herbe, certains ont soutenu que leurs traits transgéniques et nouveaux contenus pouvaient permettre à la culture elle-même de devenir plus

malsaine et plus invasive (Regal, 1994). Bien sûr, ça ne sera pas un problème dans les cultures très domestiquées et exotiques dans les régions où elles sont cultivées, car elles n'ont pas les caractéristiques nécessaires pour permettre la survie à l'extérieur de l'agriculture (Warwick et al., 1999). L'hybridation intra-spécifique peut se produire lorsque les cultures transgéniques sont cultivées à proximité immédiate de variétés non transgéniques. La pratique agricole consistant à sauver des graines de la récolte de l'année précédente permet aux produits transgéniques d'être involontairement persistants. Le maïs et les autres cultures céréalières qui sont pollinisées par le vent ont le potentiel de transmettre des gènes aux spécificités adjacentes, que la culture soit une variété GM ou conventionnelle. C'est un problème pour les agriculteurs biologiques qui doivent s'assurer que leurs produits ne sont pas GM mais qui peuvent subir des pertes économiques si des matériaux transgéniques se trouvent dans leurs produits.

Les gènes améliorant la condition physique peuvent être dispersés dans la même espèce sans barrière d'hybridation, ce qui peut conduire à un nombre plus élevé d'individus GM que prévu par les organismes de réglementation. Cela pourrait également conduire à un empilement de transgène si le transgène est autorisé à s'accumuler conduisant à de nouvelles situations potentiellement involontaires. L'hybridation entre des espèces étroitement liées peut être un mode de flux de transgène dans des populations sauvages (Raybould et Gray, 1993). Les plantes végétales avec des parents sauvages sont particulièrement préoccupantes. L'hybridation interspécifique dépend de plusieurs conditions pour permettre le flux génétique entre les espèces apparentées. Les plantes GM doivent avoir des populations sauvages naturelles qui sont cultivées près d'elles.

LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Si l'on croit que manger des aliments génétiquement modifiés pourrait être dangereux, on sera également enclin à croire qu'il est contraire à l'éthique de mettre les gens dans une position où ils pourraient les manger, surtout à leur insu. Ce qui est en jeu dans les positions des opposants et des partisans de la biotechnologie, ce n'est pas un problème d'éthique, mais le désaccord concerne la question de savoir s'il existe des dangers liés à la consommation d'OGM et la probabilité que les dangers potentiels se manifestent réellement La forme d'une blessure pour la santé humaine. Étant donné qu'il existe des désaccords sur la nature et l'étendue des risques pour la salubrité des aliments, les actions futures sur l'approche de l'innovation devraient être basées sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles sur la justification fondée sur les conséquences. Ainsi, si les OGM ont des avantages démontrables de certains types, comme l'amélioration de la rentabilité de la production végétale et l'augmentation de la richesse pour les agriculteurs et les entreprises semencières, il serait faux, même si, de manière éthique, interdire les OGM sans une sorte de preuve qu'ils constituent un danger pour Santé humaine. Selon Thompson et Hannah (2008), des préoccupations sans fondement devraient permettre d'étouffer l'innovation en raison de la structuration technologique et économique qui n'est pas dans l'intérêt public. La meilleure science disponible devrait être capable de fournir les conditions nécessaires

dans l'approche de gouvernance des risques pour conclure que la situation mérite des incertitudes sans fondement. Même dans la meilleure situation d'un accord scientifique fort sur le danger, la gestion dominante des risques souffre de problèmes souvent associés à la forme utilitaire ou conséquentialiste du raisonnement éthique (Saner, 2000). Par exemple, toute approche de l'éthique qui rationalise certaines chances de certains résultats dangereux en termes de bénéfices pour le grand public sera vulnérable aux critiques qui mettent l'accent sur les droits individuels. Par exemple, le risque d'allergénicité largement acclamé associé aux OGM. Les gènes fabriquent des protéines et toute protéine est un allergène potentiel. Par conséquent, on ne peut pas exclure la possibilité que le génie génétique des aliments puisse introduire des protéines dans des aliments qui provoqueront des réactions allergiques dans une partie de la population. Étant donné que les allergies alimentaires ne sont pas bien comprises et qu'elles peuvent affecter de petits pourcentages de la population, il y a beaucoup d'incertitude dans l'effort de caractériser la probabilité de réactions allergiques avant que les OGM ne soient publiés pour la consommation publique. Ainsi, des risques limités pourraient être tolérés pour de multiples avantages technologiques et économiques pour beaucoup. Pour ceux qui préconisent l'étiquetage des aliments génétiquement modifiés, la justification éthique découle de la logique éthique du consentement éclairé. Les gens devraient être libres de prendre le risque qu'ils choisissent, mais ils ne devraient pas être placés en situation de risque sans notification adéquate et possibilité de choisir autrement.

Une grande partie de l'opposition aux aliments génétiquement modifiés en Europe provient des doutes grandissants sur les consommateurs au sujet de leur sécurité en raison de la perception que les aliments génétiquement modifiés sont non naturels et malsains. Les rapports n'ont trouvé aucune preuve à l'appui de ces doutes, mais il y a eu peu ou pas de réfutations convaincantes ainsi que des avantages évidents pour les consommateurs des aliments GM existants sur les étagères d'épicerie. Selon Timmer (2003), cela pourrait changer si la préservation de l'identité des aliments non GM s'est révélée extrêmement coûteuse, de sorte que des réductions de prix substantielles peuvent être offertes sur les aliments contenant des ingrédients génétiquement modifiés.

De la société des toxicologues, les données scientifiques disponibles indiquent que les effets négatifs potentiels découlant des aliments dérivés de la biotechnologie ne sont pas différents de ceux créés par les pratiques classiques de sélection pour les plantes, les animaux et l'amélioration microbienne. En continuant, ils ont affirmé que c'est le produit lui-même plutôt que le processus par lequel il est fait qui devrait être axé sur l'évaluation de la sécurité. (Sciences toxicologiques 2003). Les principales responsabilités des toxicologues sont de définir et de caractériser le potentiel des matériaux naturels ou manufacturés pour provoquer des effets néfastes sur la santé et d'évaluer aussi précisément que possible la possibilité et le niveau de risque pour la santé humaine et animale ou pour des dommages environnementaux sous un ensemble défini de conditions. Plusieurs problèmes ont été soulevés concernant la toxicité potentielle associée aux aliments dérivés de GM et aux produits alimentaires, y compris la toxicité intrinsèque des transgènes et de leurs produits et les effets indésirables (pleiotrophiques ou mutagènes) résultant de l'insertion du nouveau matériel génétique dans le génome de l'hôte. Les effets involontaires de

l'insertion de gènes peuvent inclure une surexpression par l'hôte de substances inhérentes à la toxicité ou pharmacologiquement actives, au silence du gène hôte normal ou aux altérations dans les voies métaboliques des hôtes. Il est important de réaliser que, à l'exception des gènes marqueurs, le processus d'ingénierie génétique ne crée pas, en soi, de nouveaux types de risques. Il est important de noter que la plupart des dangers énumérés ci-dessus s'appliquent également aux cultures conventionnelles. Les problèmes suivants doivent être abordés compte tenu de la revendication de toxicité par les cultures génétiquement modifiées;

Le Transgène est-il toxique? Peut-il être transféré du génome au consommateur?

Les humains consomment un minimum de 0,1 à 1 gramme d'ADN chaque jour (Doerfler, 2000). Par conséquent, le transgène dans une plante génétiquement modifiée n'est pas un nouveau type de matériau pour nos systèmes digestifs et il est présent en très petites quantités. Dans le maïs, les transgènes représentent environ 0,0001% de l'ADN total (Lemaux et Frey, 2002). L'ADN alimentaire n'est pas lui-même toxique, mais on a montré que les nucléotides exogènes jouent un rôle bénéfique important dans la fonction intestinale et le système immunitaire. En outre, il existe des preuves convaincantes de l'incorporation et de l'expression de l'ADN dérivé des plantes, que ce soit en tant que transgène ou non, dans le génome des organismes consommateurs. Bien qu'il reste beaucoup à apprendre sur le sort de l'ADN alimentaire, dans les systèmes de mammifères, la possibilité d'effets néfastes découlant de la présence d'ADN transgénique dans les aliments, soit par toxicité directe, soit par transfert de gènes, est minime (FAO / OMS, 2000).

Le produit codé par le transgène présente-t-il un risque pour les consommateurs ou les manipulateurs?

La toxicité potentielle du produit transgène doit être considérée au cas par cas. Une attention particulière doit être accordée si le transgène produit une toxine connue comme dans le *Bacillus thuringiensis* (endotoxine Bt ou protéine à propriétés allergènes). La sécurité de la plupart des toxines Bt est assurée par leur digestibilité facile ainsi que par leur manque d'activité intrinsèque dans les systèmes de mammifères (Siegel, 2001). En cas de production de protéines allergènes, même si la consommation d'aliments non génétiquement modifiés n'exclut pas l'allergénicité, les questions qui nécessitent un traitement incluent: les produits de nouveaux gènes ont-ils la capacité d'émettre des réactions allergiques chez des personnes déjà sensibilisées à la même protéine ? Et les techniques transgéniques altèrent-elles le niveau d'expression des allergènes existants dans la plante hôte ?

Des changements inutiles et potentiellement indésirables induits par la plaie ou le mutagène dans le génome de l'hôte se produisent, mais ceux-ci seraient révélés par leurs effets sur le développement de l'hôte ou par l'analyse approfondie de sa composition chimique par rapport aux plantes isogéniques non transformées (Kuiper, Et al., 2001).

Est-ce que le transfert possible de gènes marqueurs de résistance aux antibiotiques de l'alimentation génétiquement modifiée aux microbes intestinaux présente un danger humain important?

Le développement de la résistance aux antibiotiques par les bactéries pathogènes est un problème important de santé humaine. Cependant, aucune contribution à la résistance aux antibiotiques dans les bactéries intestinales issues des marqueurs d'antibiotiques dans les aliments dérivés de la biotechnologie n'a été documentée. On pense, que compte tenu de la destruction efficace du gène de résistance dans l'intestin humain et du très faible taux intrinsèque de transfert de gène végétal-microbe, toute contribution de cette source devrait être extrêmement faible. Les gènes pour la résistance à la kanamycine et les antibiotiques apparentés se produisent déjà assez fréquemment dans l'environnement, y compris dans la flore de l'intestin humain, qui contient naturellement environ 1 trillion (10^{12}) de bactéries dont la plus part sont résistantes à la kanamycine ou à la néomycine (Flavel et al., 1992).

Quel est l'effet du transgène et des produits sur des organismes non ciblés?

En plus des préoccupations générales concernant la santé/sécurité humaine des aliments génétiquement modifiés, une attention supplémentaire est nécessaire lorsque le produit du gène est un pesticide ou autrement peut être toxique pour les organismes non cibles qui peuvent le consommer. Les effets de chaque produit transgène conçu pour les effets pesticides doivent être évalués au cas par cas contre des organismes cibles et non ciblés et dans des conditions spécifiques de croissance de terrain pour chaque culture transgénique. Dans les plantes transformées avec des gènes Bt pour lutter contre les lépidoptères, la toxicité pour les lépidoptères non ciblés serait attendue si l'exposition se produisait en se nourrissant de la culture transformée. Des préoccupations particulières ont été exprimées quant à la toxicité potentielle de la toxine Bt dans le pollen de maïs au papillon monarque après que les études de laboratoire initiales aient montré une augmentation de la mortalité chez les larves alimentées à partir de feuilles épissées de pollen transgénique.

Certaines cultures génétiquement modifiées affectent les écosystèmes des cultures, mais la signification à long terme de l'un de ces changements n'est pas claire. Deux conséquences pourraient provenir des altérations signalées des écosystèmes du sol (K.K Donegan et al., 1995) : la diminution des taux de décomposition des plantes et des niveaux de carbone et d'azote qui pourraient affecter la fertilité du sol. De même, les espèces en déclin détournant les microorganismes du sol dans certains cas peuvent entraîner une baisse du niveau de mobilité et de la productivité au-dessus du sol (Van de Heijden et al., 1999). L'efficacité continue de certaines cultures transgéniques tolérantes aux herbicides est également incertaine. Les mauvaises herbes tolérantes aux herbicides peuvent évoluer grâce au transfert de traits tolérants aux herbicides par voie d'un flux de gènes provenant de plantes transgéniques ou en raison de l'utilisation accrue d'un nombre restreint d'herbicides.

La transformation génétique affecte-t-elle négativement la qualité nutritionnelle des cultures génétiquement modifiées?

La Food and Drug Administration (FDA) est l'organe des États-Unis chargé d'assurer que la composition nutritionnelle des aliments dérivés de la biotechnologie est sensiblement équivalente à celle des aliments non modifiés. Des études sont effectuées pour déterminer si les nutriments, les vitamines et les minéraux dans les nouveaux aliments se produisent au même niveau que dans les sources alimentaires classiquement élevées (Sidhu et al., 2000). Un exemple typique est le cas des soja Roundup Ready. Ici, la teneur en protéines, en huile, en fibres, en cendres, en carbohydrates et en humidité et dans la composition des acides aminés et des acides gras dans les graines et le haricot de soja grillé était comparée au soja classique. Les compositions d'acides gras et les niveaux de protéines ou d'acides aminés ont été comparés et une attention particulière a été accordée au contrôle des niveaux de facteurs antinutritionnels typiquement présents dans le soja tels que les inhibiteurs de la trypsine, les lectines et les isoflavones.

Importance éthique de l'impact environnemental de la modification génétique des cultures

Le risque environnemental est l'une des principales catégories de risques associés à la modification génétique des cultures. Contrairement aux risques liés à la salubrité des aliments, qui peuvent être abordés de manière conceptuelle en termes de choix et de droits individuels, les risques environnementaux ne peuvent généralement pas être abordés dans le cadre de politiques qui permettent aux individus d'appliquer leurs propres valeurs pour déterminer si un risque est acceptable ou non. Les risques environnementaux impliquent nécessairement des décisions politiques, attirant ainsi les écologistes et les sociologues. Les circonscriptions complexes et bien développées contestent un large éventail de questions liées aux implications environnementales du génie génétique des cultures.

Principaux défis pour les pays en développement

Les pays pauvres doivent investir des ressources publiques pour améliorer leur capacité scientifique à évaluer de manière appropriée les cultures génétiquement modifiées adaptées à leurs environnements locaux et aux besoins/attitudes des consommateurs. Cette capacité est une nécessité, même si elle est uniquement à des fins réglementaires et de sécurité, car l'approche scientifique actuelle de ces problèmes est menée culture par culture ou même par trait. Actuellement, ce n'est que la Chine qui semble poursuivre une approche indépendante de la technologie GM en ce qui concerne les besoins propres au pays. La plupart des pays sont fortement influencés dans leur approche par des pressions externes, en particulier des pays européens ou des ONG américaines et vocales.

Potentialités, Bénéfice et Actualité de la Biotechnologie agricole

D'où nous venons? - Problèmes avec la première révolution verte.

La première révolution dans l'agriculture entre 1960 et 70 appelée révolution verte a été caractérisée par des techniques de sélections radicales et d'autres intrants comme les engrais, l'irrigation et les pesticides. Cela a entraîné une forte augmentation des rendements céréaliers, en particulier le riz et le blé. Un saut quantique dans la productivité et la production du blé, puis le riz a transformé l'image de l'Inde d'un bol mendiant au panier à pain (science actuelle, 2006). Le terme révolution verte a été **utilisé pour la première fois par William Gaud en 1968** pour décrire l'activité photosynthétique améliorée du pigment vert, la chlorophylle, ce qui a conduit à une plus grande production de céréales. Cela implique non seulement une utilisation efficace de l'énergie solaire et du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, mais aussi l'eau et plusieurs nutriments, en particulier l'azote, le phosphore et le potassium du sol. Plus tard, le « Swaminathan » des sciences agricoles indiennes du Congrès des sciences indiennes a attiré l'attention sur les conséquences néfastes de l'utilisation excessive d'engrais chimiques, de pesticides et d'irrigation sans drainage adéquat sur la structure et la santé du sol. Il a mis en garde contre l'agriculture exploitante en tenant compte uniquement des gains à court terme.

Les leçons tirées de la révolution verte sont que les mesures prises pour améliorer la productivité devraient viser simultanément la conservation et l'amélioration des sols, de l'eau, de la biodiversité, de l'atmosphère, des sources d'énergie renouvelables, etc. Ce qui a été l'un des défauts de la révolution verte. Les variétés à haut rendement ont également été intensives en intrants, en particulier dans l'utilisation de pesticides et d'engrais. Les cultures se sont améliorées dans de bons sols avec un haut niveau de contrôle de l'eau en augmentant les questions de durabilité. Deuxièmement, la révolution verte concernait beaucoup le riz et le blé. Il y avait peu de gains pour les racines (manioc, pommes de terre, ignames) des légumineuses traditionnelles, du niébé, des légumes et des fruits, y compris d'autres agrafes de grains adaptés aux régions semi-arides comme le millet et le sorgho. De plus, les gains de productivité utilisant des techniques de sélections traditionnelles ont apparemment été épuisés pour le riz et le blé. En outre, en raison du lien étroit entre la productivité agricole et l'économie, la croissance économique globale ralentissait.

Le rôle de la biotechnologie dans les systèmes alimentaires

Dans les années 1990, l'avancement de la biotechnologie moléculaire a permis de commercialiser des cultures génétiquement modifiées qui offrent des qualités commerciales très attrayantes. Ce développement a ensuite été présenté comme une solution au manque de diversité génétique pour la sélection de nouveaux cultivars. Mais c'est une innovation pour l'agriculture commerciale/industrielle. Ainsi, les nouvelles cultures qui ont été développées étaient destinées à l'agriculture industrielle axée sur le rendement et l'efficacité (Haperen et al., 2012). Ces cultures ont été promues sur les plates-formes de certains atouts utiles mais sans s'y limiter, comme suit:

1. Impact environnemental réduit de l'utilisation des pesticides

Au fur à mesure que les règlements sont pris en compte, les risques potentiels d'OGM devraient être évalués et comparés aux éventuels avantages environnementaux. Il existe au moins trois catégories principales dans lesquelles les cultures génétiquement modifiées peuvent être bénéfiques à l'environnement: elles peuvent réduire le besoin de pratiques nuisibles pour l'environnement, comme la réduction de la superficie nécessaire à l'agriculture et la production d'énergie d'une manière neutre en dioxyde de carbone. Quatre des pratiques agricoles qui ont un impact environnemental négatif sont les pesticides, les engrais, le travail du sol et l'irrigation (Hansson et Joelsson, 2013). L'utilisation intensive actuelle des pesticides a des effets négatifs sur les organismes non visés et cause de graves problèmes de santé chez les travailleurs agricoles. Les résidus de pesticides dans les aliments et les aliments pour animaux peuvent avoir des conséquences négatives pour les consommateurs. L'utilisation de cultures résistantes aux ravageurs peut potentiellement améliorer la situation en réduisant l'utilisation des pesticides comme cela a été réalisé grâce à la technologie Bt.

La plupart des principales plantes agricoles comme le riz, le blé et le maïs prennent l'azote du sol. Les engrais azotés augmentent le rendement de ces cultures en augmentant la disponibilité de l'azote. Cependant, les engrais ont des effets environnementaux négatifs tels que l'eutrophisation et la contribution aux effets anthropiques de la serre verte. Les plantes de la famille des légumineuses prennent l'azote de l'atmosphère grâce à une symbiose complexe avec des rhizobies. Si cela pouvait être transféré à des céréales et à d'autres cultures non légumineuses, l'utilisation d'engrais pourrait être réduite avec leurs impacts environnementaux.

Le travail du sol, bien qu'une ancienne pratique agricole, présente de graves effets environnementaux (Yao, et al., 2010). Il favorise l'érosion des sols et l'écoulement des eaux de surface contenant des pesticides, des nutriments et des sédiments. La perte de nutriments augmente le besoin d'engrais et provoque l'eutrophisation des lacs et des zones côtières. En outre, le labour moderne utilise des combustibles fossiles, contribuant ainsi aux émissions de gaz à effet de serre. En conséquence, l'utilisation de variétés nécessitant moins de labour serait avantageuse pour l'environnement. En outre, comme le labour est en grande partie effectué par les femmes, elles peuvent mieux contrôler les mauvaises herbes, et réduire leur labeur en utilisant les cultures résistantes au glyphosate développées par le génie génétique.

En raison de la pénurie d'eau douce et des conséquences environnementales de nombreux projets d'irrigation jouent un rôle important dans les problèmes environnementaux auxquels l'agriculture fait face. Par conséquent, les avantages environnementaux des cultures qui nécessitent moins d'irrigation seraient importants. La culture tolérante à la sécheresse la plus avancée en cours de développement est une variété de maïs qui devrait être commercialisé aux États-Unis en 2012; par le programme de maïs efficace pour l'eau en Afrique (WEMA : *Water Efficient Maize for Africa*).

Réduire la superficie du sol sous la culture

L'une des principales raisons de la biotechnologie végétale est d'obtenir des rendements plus élevés à moindre coût. La relation entre les rendements et l'impact environnemental est complexe. D'une part, les rendements plus élevés sont souvent associés à l'utilisation intensive des terres qui a des effets environnementaux négatifs. D'autre part, des rendements plus élevés diminuent la superficie totale qui doit être cultivée afin de produire une quantité donnée de nourriture. Si les rendements sont augmentés, alors il faut peu de terres pour l'agriculture et, de cette façon, les habitats naturels pourraient être préservés (Hansson et Joelsson, 2013). Selon Beddington (2010), les avantages potentiels pour l'environnement d'un rendement accru peuvent être particulièrement importants dans les pays en développement.

Une résistance accrue à la sécheresse, à la salinité et aux températures élevées et basses de l'environnement peut contribuer de manière significative à l'augmentation des rendements. Si une augmentation durable du rendement et de l'efficacité peut être obtenue grâce à une meilleure utilisation des intrants appliqués, sans nuire à l'environnement, ces technologies augmentant le rendement réduiront le besoin de terres cultivées et offriront une protection encore inculte ou le retour des terres cultivées à des cultures non cultivées.

Améliorer la santé humaine avec des cultures génétiquement modifiées

Les préoccupations concernant les effets négatifs sur la santé des cultures génétiquement modifiées ont été un facteur important dans l'appropriation et l'utilisation de la technologie. Il y a des problèmes de santé qui doivent être pris très au sérieux. Cependant, il existe des façons dont la technologie peut être utilisée pour améliorer la santé. Il existe trois voies à travers lesquelles cela peut être accompli. La biotechnologie peut réduire l'exposition aux pesticides, améliorer la valeur nutritive des aliments et intégrer les effets pharmaceutiques dans les denrées alimentaires.

Diminution de l'exposition aux pesticides

L'homme peut être exposé aux pesticides soit comme une exposition professionnelle où les agriculteurs sont affectés par une ingestion qui affecte la population en général. Une réduction significative de ces expositions peut être obtenue grâce à une réduction de l'utilisation des pesticides réalisable par l'utilisation de cultures génétiquement modifiées qui nécessitent moins de pesticides. Les effets les plus importants sur la santé de la réduction de l'utilisation des pesticides seront les pays en développement où les utilisations sont manuelles ; approche qui prédispose à l'exposition. Ceci est réalisable grâce à l'utilisation de cultures Bt. Pour les consommateurs, il est également avantageux que le maïs Bt ait tendance à avoir des niveaux inférieurs de mycotoxines (aflatoxines, fumonisines, etc.), des produits toxiques et cancérigènes produits les champignons tels que les *Aspergillus* (Wu, 2006).

Améliorer la valeur nutritive des aliments.

L'importance de la nutrition dans la santé et les maladies n'est pas un doute. L'outil principal pour la santé publique liée à la nourriture est un choix plus éclairé des denrées alimentaires. Cependant, les changements dans la composition nutritionnelle des denrées alimentaires traditionnelles peuvent également contribuer de manière importante à la santé publique. De tels changements souvent appelés **bio-fortification** peuvent être obtenus grâce à une reproduction conventionnelle de la modification génétique (Qaim, 2009). L'équilibre des acides aminés essentiels dans les plantes est toujours déficient. Les céréales (maïs, riz, blé, sorgho etc.) ont tendance à être déficients en lysine et les légumineuses (pois, soja) ont tendance à être pauvres en méthionine et cystéine. Le maïs, le canola et le soja améliorés en acides aminés ont été développés (Chassy et al., 2004). Ceci est particulièrement utile dans les pays en développement où la malnutrition protéique est fréquente. Les plantes oléagineuses ont également été modifiées pour améliorer leur qualité. Le plus avancé des projets visant à améliorer le contenu en micronutriments des aliments vise à enrichir le riz avec la vitamine A pour prévenir les maladies déficientes. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la carence en vitamine A affecte entre 250 000 et 500 000 enfants chaque année (Hirschi, 2009) et elle est responsable d'une susceptibilité accrue aux maladies infectieuses, à la cécité et à la mort. Les minéraux comme le fer, le calcium, le sélénium, l'iode et les vitamines sont les micronutriments importants dont les biotechnologies recherchent des améliorations dans les cultures.

Intégration des effets pharmaceutiques dans les aliments.

Un certain nombre de plantes comestibles, y compris les pommes de terre, les tomates, le maïs et le soja ont été génétiquement modifiées pour produire des vaccins. La recherche en cours vise le vaccin à base de pomme de terre pour l'hépatite B et un vaccin à base de riz comestible destiné aux maladies allergiques telles que l'asthme et les allergies saisonnières.

Amélioration de la durée de conservation des fruits et légumes et de la qualité organoleptique

La modification génétique a conduit à une amélioration de la durée de conservation et de la qualité organoleptique de certaines cultures. La tomate «Flavr Savr» est la première culture génétiquement modifiée approuvée par la FDA. Elle a été produite par Calgene par bio-ingénierie pour mûrir sur la vigne, et avoir une durée de conservation plus longue en ayant retardé le processus de maturation, de ramollissement et de pourriture. La maturation retardée des **fruits climactériques** et des légumes peut conduire à des meilleures saveur, couleur, texture, durée de conservation et de propriétés d'exportation et de manutention. Récemment, des gâteaux sucrés, des poivrons plus solides, des pépins sans pépins et des tomates ont été produits (Uzogara, 2000).

RÉFÉRENCES

- Thompson, P.B, Hannah, W (2008) Food and Agricultural Biotechnology: A Summary and Analysis of Ethical Concerns. *Adv. Biochem Engin/Biotechnol* 111:229-264.
- Uzogara, S.G (2000)The impact of genetic modification of human foods in the 21st century, A review. *Biotechnology Advances* 18:179-206.
- Hirschi, K.D (2009) Nutrient biofortification of food crops. *Annual Rev of Ntri.* 29:401-421.
- Chassy B, et al., (2004) Nutritional and safety assessment of feed and foods nutritionally improved through biotechnology: An Executive Summary. *Comprehensive reviews in food Science and Food Safety*.3: 38-104.
- Qaim, M (2009) The economics of modified genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*,1665-693.
- Wu, F (2006) Mycotoxin reduction Bt corn: Potential economic, health and regulatory impacts. *Transgenic Research*,15: 277-289.
- Beddington, J (2010) Food security: Contribution from science to a new and greater revolution. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 365: 61-71.
- Yao, Z, Zhou, Z, Zheng, X, Xie, B, Liu, C, Butterbach-Bahl, K, et a., (2010) Effects of tillage during the non-water logged period on nitrous oxide and nitric oxide emissions in typical Chinese rice-wheat rotation ecosystem. *Journal of Geophysical Research*, 115:Go103. Doi; 10. 1029/2009JG001088.
- van Haperen, P.F, Gremmen, B, Jacobs, j (2012) Reconstruction of the ethical debate on naturalness in discussions about plant biotechnology. *J. Agric Environ Ethics* 25:797-812.
- Current Science (Quest Editorial) From green revolution to Evergreen revolution: pathways and terminologies. Vol. 91 No 2 25th July 2006.
- Sidhu, R.S, Hammond, B.G, Fucks , R.L, Mutz, J.N, Holden, L.R, George, B, and Olson, T (2000) Glyphosate tolerant corn: The composition and feeding value of grain from glyphosate –tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*zea mays L*) *J Agric. Food. Chem* 48:2305-2312.
- Heijden, M.G.A et al., (1999) *Nature* 396:69.
- Donegan, K.K et al., (1997) *J. Appl Ecol.*34: 767
- Flavel, R.B, Dart, E, Fuchs, R.L, and Fraley, R.T (1992) Selectable marker genes: Safe for plants? *Biotechnology (N.Y)* 10:141-144.
- Kuiper, H.A, Kleter, G.A, Noteburn, H.P.J.M and Kok, E.J (2001) Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. *Plant J* 27: 503-528
- Seigel, J.P (2001) The mammalian safety of *Bacillus thuringiensis*-based insecticides. *J. Invert. Pathol.* 77: 13-21.

FOA/WHO (2000) Safety aspects of genetically modified foods of plant origin. Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation on foods derived from biotechnology. Food and Agricultural Organization of the United Nation and World Health Organization. WHO, Geneva, Switzerland.

Doerfler, W. (2000) Foreign DNA in mammalian systems. Wiley-VCH, Weinheim.

Lemaux, P.G and Frey, P (2002) Accessed at <http://ucbiotech.org>. biotechnology information.

Toxicological Sciences (2003) The safety of genetically Modified Foods Produced Through Biotechnology. Toxicol Scien 71:2-8.

Timmer, C.P (2003) Biotechnology and food systems in developing countries, Presidential Lecture. American Soc. for Nutritional Sciences.

Saner, M.A (2000) Ethicsas problem and ethics as solution. Int J Biotechnol 2:219-256

Raybould, A.F and Gray, A.J (1993) Genetically modified crops ad hybridization with wild relatives: A UK perspectives. J of Appl Ecolo 30:199-219

Warwick, S.I, Beckie, H.J and Small .E (1999) Transgenic crops new weed problem for Canada. Phytprotection 80:71-84.

Regal, P.J (1994) Scientific principles for ecologically based risk assessment of transgenic organisms. Mol ecology 3: 5-13.

Unité 4 :

La biotechnologie dans

l'agriculture africaine

(04 heures)

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



Introduction

L'Afrique compte environ 33 millions de petites exploitations, représentant 80% de toutes les fermes de la région. La majorité des agriculteurs sont des propriétaires à petite échelle avec deux tiers des fermes de moins de 2 hectares et 90% de toutes les fermes de moins de 10 hectares (Alteri, 2009). À l'échelle mondiale, la révolution verte, tout en favorisant le rendement des cultures s'est révélée insoutenable car elle a endommagé l'environnement, a entraîné une perte drastique de la biodiversité et des connaissances traditionnelles associées, a favorisé les agriculteurs plus riches et a laissé beaucoup de paysans pauvres plus enracinés. Bien sûr, l'Afrique n'a pas bénéficié de cette révolution agricole et la nouvelle révolution verte proposée pour l'Afrique par l'intermédiaire de l'Alliance multi-institutionnelle pour la Révolution verte en Afrique (AGRA) semble destinée à répéter le record insoutenable laissé par les graines miracles dépendant de l'engrais, en Amérique latine, et l'Asie en augmentant la dépendance vis-à-vis des cultures étrangères et des variétés végétales protégées par des brevets que les agriculteurs pauvres ne peuvent pas accéder (Alteri, 2009). La plupart des petites fermes pratiquent l'agriculture à faible ressources en fonction de l'utilisation des ressources locales et font une application modeste des intrusions externes. La plupart des cultures alimentaires de base sont produites par les petits agriculteurs avec un minimum d'utilisation des engrais où ils ne sont du tout utilisés. L'Afrique est un continent d'environ 900 millions de personnes, avec environ 200 millions de malnutris, et 33 millions d'enfants qui souffrent quotidiennement de malnutrition (Thomson, 2008). Malheureusement, c'est la région du monde avec la population humaine qui connaît la croissance la plus rapide. À l'échelle mondiale, environ 10 millions de km² de la terre sont actuellement cultivés. Sans augmentation continue des rendements, 25 millions km² pourraient être nécessaires d'ici 2050, compte tenu des projections démographiques actuelles (figure 1) (Kreuger, 2010).

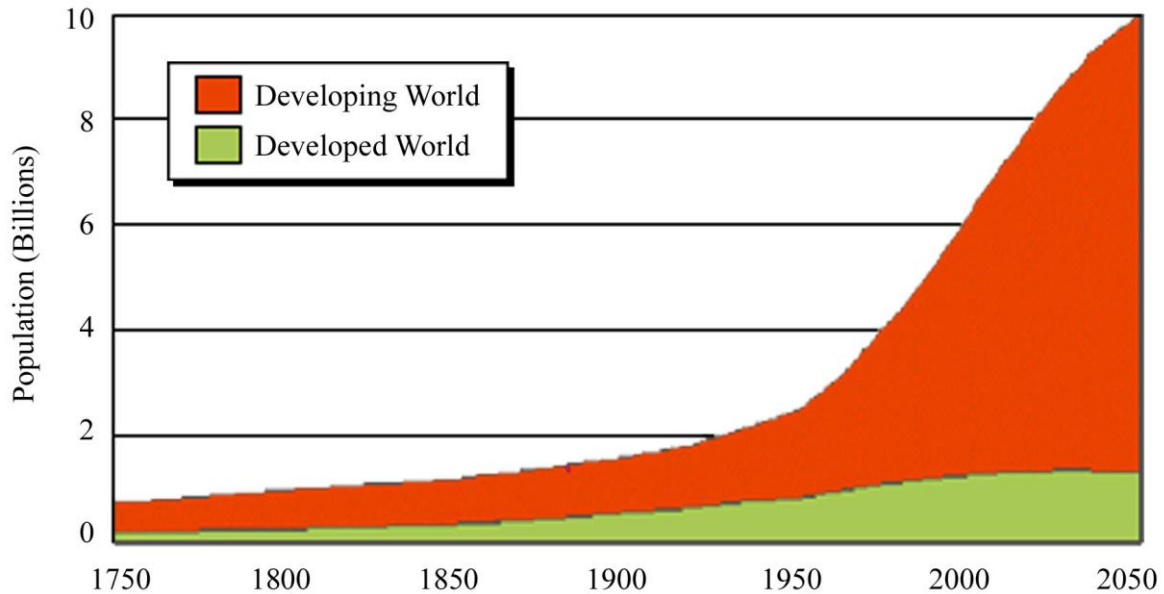


Figure 1. Projection de la population à 2050 (de la Division de la population des Nations Unies et Population Reference Bureau, 1993)

En outre, l'Afrique a le taux de production le plus faible par unité de terres cultivées dans le monde agricole (Wambugu, 1999). L'agriculture africaine a un ensemble unique de caractéristiques qui la différencie de l'agriculture asiatique où la révolution verte a été un succès. On note y compris entre autres le manque de système agricole dominant, la prédominance de l'agriculture alimentée par la pluie par opposition à l'irrigation et la prévalence des sols de mauvaise fertilité. Il y a une grande différence entre un agriculteur qui ne cultive qu'une ou deux récoltes et un autre qui cultive une gamme de cultures sur seulement moins d'un hectare. De nombreux pays en développement subissent actuellement une transition nutritionnelle, rurale, urbaine et sédentaire, avec des régimes contenant plus d'aliments transformés, des sucres, des graisses et des produits animaux (Pinstrup-Andersen, 2010). Il en résulte un triple fardeau de malnutrition. Une partie de la population est sous-alimentée, beaucoup souffrent de déficits de nutriments spécifiques, en particulier de micronutriments, tandis que d'autres sont en surpoids. Il nécessite des mesures urgentes pour aborder la question de la faim et de la malnutrition sur une base durable et aussi pour créer des conditions pour répondre à la demande alimentaire croissante découlant de la croissance de la population mondiale. Les moyens proposés pour aborder les problèmes ci-dessus comprennent un meilleur accès aux opportunités de gains de revenus, à la création de filets de sécurité sociale et à des mesures ciblées d'amélioration de la nutrition.

La biotechnologie en tant que solution à la sécurité alimentaire accorderait néanmoins la priorité aux cultures vivrières de base des ménages à faible revenu tels que le sorgho, le manioc et la banane. Les ménages en sécurité alimentaire sont des agriculteurs de subsistance qui produisent

dans des environnements susceptibles d'être exposés aux risques à faible niveau de productivité. Répondre à leurs contraintes entraînerait le développement de cultures avec des traits pour augmenter les rendements et réduire les risques de mauvaises récoltes causés par la sécheresse, les ravageurs et les maladies. Ils comprendraient également une production croissante de cultures vivrières plus nutritives. L'intérêt initial de la recherche et du développement sur les cultures GM est centré sur les cultures d'exportation comme le coton, le maïs et le soja, tandis que les agriculteurs en alimentation sont concentrés dans les zones marginales vulnérables à la sécheresse et cultivent des cultures vivrières telles que le sorgho et le petit mil (millet).

Caractéristiques de l'agriculture africaine et le développement biotechnologique

L'agriculture africaine a un ensemble unique de caractéristiques qui la différencient de l'Asie ou de l'Amérique du Sud, où la révolution verte a réussi. Il s'agit notamment de l'absence de système agricole dominant, de la prédominance de l'agriculture pluviale par opposition à l'irrigation et à la prévalence des sols de mauvaise fertilité. Il existe également une énorme différence entre les pratiques agricoles dans les domaines d'un agriculteur qui cultive une ou deux cultures différentes à un autre, en développant une gamme de cultures sur moins d'un hectare de terre. Le premier utilisera des variétés développées à partir de lignées très consanguines et adaptées au climat pertinent, tandis que celles-ci développeront de nombreuses cultures différentes qui réduiront les risques de récoltes. Parmi les plus grands défis de l'agriculture africaine, on peut citer l'amélioration de l'état nutritionnel des terres agricoles, dont beaucoup sont acides, à faible teneur en phosphore et à haute teneur en aluminium toxique (Thomson, 2007). Sans remplacement des éléments nutritifs, il ne peut y avoir de durabilité agricole. Avec la pauvreté, les agriculteurs africains ne peuvent pas se permettre des engrais inorganiques et donc se heurter à des rendements médiocres, à peu près les plus bas au monde par terre cultivée (Wambugu, 1999).

La question de savoir comment alimenter les personnes pauvres dans les pays en développement a été abordée lors d'une réunion organisée sous les auspices de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) en 2001. Parmi les interventions suggérées, il a été l'utilisation de la biotechnologie moderne comme la culture des tissus, le contrôle biologique et la modification génétique. Cependant, il faut faire preuve de prudence pour éviter les erreurs de la révolution verte. Deux leçons importantes peuvent être tirées des défis de la révolution verte. D'une part, les technologies «révolutionnaires», apportées de l'extérieur, ne peuvent avoir qu'un succès limité dans l'écologie complexe de l'Afrique. Les sols africains ne sont généralement pas adaptés à la production intensive de monoculture en raison des pluies insuffisantes ou excessives, des incidences élevées de ravageurs et de maladies et d'autres facteurs. Deuxièmement, les conditions sociales, économiques et politiques qui prévalent en Afrique sont aussi peu adaptées que l'écologie aux technologies de «percée».

La banque mondiale estime que la moitié de ses projets agricoles en Afrique ont échoué parce que le processus de planification n'a pas pris en compte les limites des infrastructures domestiques (Kathen, 2002). Les agriculteurs d'Afrique subsaharienne n'ont pas accès non seulement aux marchés, mais aussi aux infrastructures, aux services de vulgarisation et aux autres formes de

soutien. Les décideurs des pays en développement ont de plus en plus envisagé des cultures génétiquement modifiées (GM) comme un outil potentiel pour accroître la productivité agricole. Ainsi, parmi les 29 pays cultivant des cultures GM dans le monde, 19 sont des pays en développement. Pourtant, en Afrique subsaharienne, seuls deux pays ont approuvé la culture commerciale des cultures génétiquement modifiées: le Burkina Faso (**ce dernier a temporairement suspendu le coton Bt en Avril 2016**) et l'Afrique du Sud. Néanmoins, l'intérêt pour les cultures génétiquement modifiées semble croître, avec jusqu'à six pays en Afrique subsaharienne qui procèdent actuellement à des essais en champ confiné (CFT) de variétés GM de cultures locales, y compris la banane, le manioc, le coton, le niébé, le maïs, le sorgho sucré, la pomme de terre et la canne à sucre. Au moins 12 pays effectuent des recherches dans des installations confinées et au moins 23 développent des capacités de recherche et de développement (R & D) dans des cultures génétiquement modifiées. Selon Olemba et al., (2010), il existe généralement trois catégories de pays en biotechnologie: (a) ceux qui génèrent et commercialisent des produits et des services de biotechnologie en utilisant des techniques de génie génétique de troisième génération; (B) ceux qui participent à la R & D de biotechnologie de troisième génération mais qui n'ont pas encore développé de produits et / ou de processus; Et (c) ceux qui participent à la biotechnologie de deuxième génération (principalement la culture tissulaire). Dans la première catégorie, certains exemples africains sont l'Égypte, le Zimbabwe et l'Afrique du Sud, tandis que le Kenya, l'Ouganda et le Ghana sont des exemples de la seconde. La Tanzanie et la Zambie sont dans la troisième catégorie. La plupart des activités de biotechnologie se sont concentrées sur l'amélioration de la productivité agricole.

Au cours des 18 années 1996 à 2013, des millions d'agriculteurs dans une trentaine de pays dans le monde ont adopté des cultures biotechnologiques à des taux sans précédent. Le témoignage le plus convaincant et le plus crédible pour les cultures biotechnologiques (la réussite) est que pendant la période de 18 ans entre 1996 et 2013, des millions d'agriculteurs dans une trentaine de pays dans le monde ont choisi de prendre plus de 100 millions de décisions indépendantes pour planter et replanter un hectare accumulé de plus de 1,6 milliards d'hectares. Il s'agit d'une superficie équivalant à plus de 150% de la taille de la masse terrestre totale des États-Unis ou de la Chine, qui est une zone énorme. Il existe une raison principale et écrasante qui sous-tend la confiance des agriculteurs avides par les risques dans la biotechnologie. Les cultures biotechnologiques fournissent des avantages substantiels et durables, socio-économiques et environnementaux. L'étude exhaustive de l'UE en 2011 menée en Europe, a confirmé que les cultures biotechnologiques sont sûres (ISAAA, 2013).

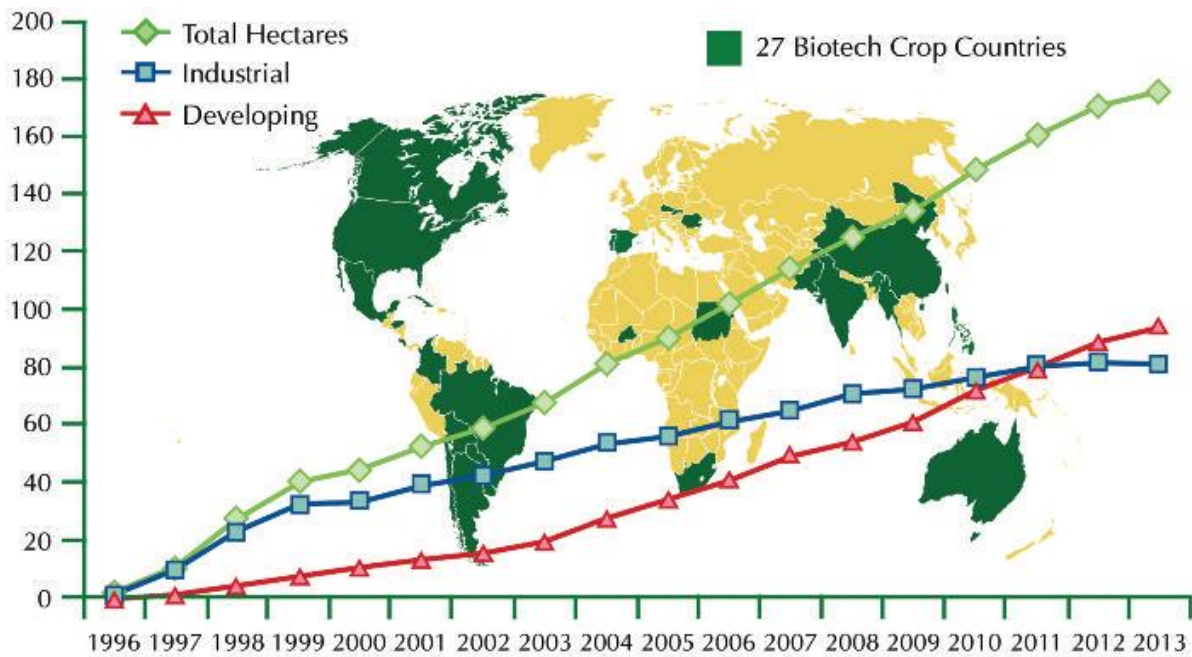


Figure 2: Superficie mondiale des cultures biotechnologiques Million Hectares (1996-2013)

Un record de 18 millions d'agriculteurs, dans 27 pays, ont planté 175,2 millions d'hectares (433 millions d'acres) en 2013, soit une augmentation soutenue de 3% ou 5 millions d'hectares (12 millions d'acres) par rapport à 2012. Source: Clive James, 2013 James, Clive. 2013. État mondial des cultures biotechnologiques commercialisées / génétiquement modifiées: 2013. Résumé de l'ISAAA. No 46. ISAAA: Ithaca, NY.

L'Afrique du Sud et le Burkina Faso sont les deux seuls pays africains à avoir formellement approuvé des cultures transgéniques pour la production commerciale. L'Afrique du Sud est le précurseur de la biotechnologie agricole en Afrique, ayant d'abord établi une recherche sur les cultures génétiquement modifiées en permettant à Delta et Pine Land (D & PL) d'introduire des essais sur le terrain du coton GM en 1989 (Gouse, 2007). Près d'une décennie plus tard, avec la promulgation de la Loi de 1997 sur les produits génétiquement modifiés, l'Afrique du Sud a lancé officiellement une production commerciale de cultures génétiquement modifiées. L'Afrique du Sud a depuis approuvé divers traits de canola, de maïs, de coton et de soja génétiquement modifiés pour la production commerciale, mais elle s'est basée exclusivement sur les grands développeurs privés de semences et les entreprises agrochimiques pour la recherche et le développement (ISAAA, 2011). Le Burkina Faso a adopté une approche similaire en Afrique du Sud, approuvant le coton Bt résistant aux insectes de Monsanto, pour la nourriture, l'alimentation, la transformation et la plantation (ISAAA, 2011). Le Burkina Faso est l'un des adopteurs les plus rapides de la biotechnologie, avec 260 000 hectares de coton Bt cultivés en 2010 représentant 65% de la production totale de coton (James, 2010). De même, l'Égypte a approuvé une variété de maïs résistant aux insectes développée par Monsanto pour la plantation en 2008; mais n'a pas encore officiellement approuvé les cultures transgéniques pour la production commerciale (ISAAA,

2011). Les deux dernières décennies ont connu un investissement accru dans la biotechnologie (R&D) par un certain nombre de pays africains). Des institutions publiques de recherche et quelques entreprises privées de la région ont mis en place des projets ou des programmes sur la R&D en biotechnologie. La nature des activités et des niveaux d'investissement dans La technologie varie d'un pays à l'autre et d'un secteur à l'autre.

De nombreux autres pays africains ont commencé à suivre le modèle de l'Afrique du Sud, et maintenant le Burkina Faso, en s'appuyant sur les capacités des entreprises internationales pour effectuer le travail de laboratoire tout en essayant de concentrer les efforts nationaux dans la réalisation d'essais sur le terrain et en surveillant l'efficacité des semences GM Variétés dans les climats locaux. À l'heure actuelle, plusieurs organisations multilatérales ont commencé à rechercher des technologies de cultures GM dans le cadre de programmes de croissance économique, de développement, de réduction de la pauvreté et/ou de sécurité alimentaire très spécifiques, y compris, mais sans s'y limiter. Le Forum pour la recherche agricole en Afrique (FARA), joue un rôle majeur pour faciliter l'échange d'informations entre les entités nationales, sous-régionales et privées. Entre autres il y a le forum ouvert sur la biotechnologie agricole (OFAB) et la Fondation africaine de la technologie agricole (AATF).

En Afrique, les avantages des technologies GM ont déjà été démontrés. En Afrique du Sud, dans des conditions pluviales, le maïs Bt a augmenté son rendement de 11%, ce qui s'est traduit par 35 US \$ / ha de plus de revenus (James, 2008). Au Burkina Faso, les essais de terrain sur le coton Bt ont entraîné une réduction des deux tiers de l'utilisation des insecticides et un rendement de 15% plus élevé, ce qui favorise la santé des agriculteurs et de l'environnement tout en favorisant la prospérité. Plus récemment, la Fondation africaine de la technologie agricole a lancé plusieurs partenariats public-privé pour améliorer la productivité agricole en Afrique, y compris le développement de:

- i. le nibébé de Bt pour la protection contre le foreur de Maruca-pod avec un potentiel d'augmentation du rendement de 0,3 à 2,5 kg / ha.
- ii. Le maïs WEMA (*Water Efficient Maize for Africa*) pour l'Afrique qui devrait fournir environ 30% de plus de rendement sous une sécheresse modérée.
- iii. le riz efficace pour une meilleure performance sous le sol pauvre en azote
- iv. Les bananes résistantes au flétrissement bactérien dans la région des Grands Lacs en Afrique de l'Est, où la maladie cause jusqu'à 100% de pertes de récolte.

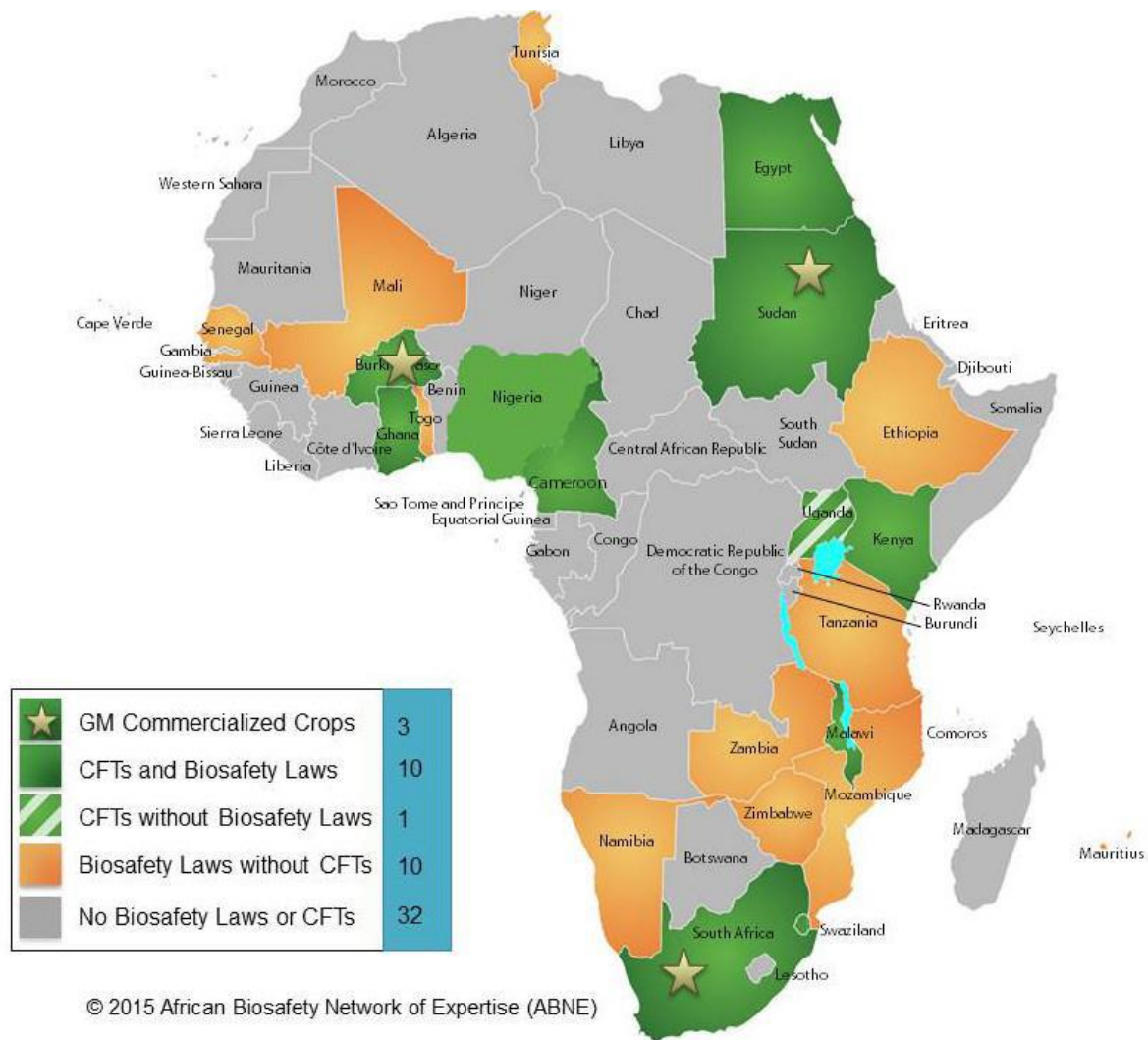


Figure 3: Situation de la biotechnologie agricole en Afrique (2013)

Les pays africains ont-ils besoin de biotechnologie végétale?

Les composantes des techniques qui constituent la biotechnologie si elles sont judicieusement appliquées peuvent transformer les systèmes agricoles en réduisant les pertes après récolte, en augmentant la résistance des cultures à la sécheresse, aux agents pathogènes et à la mauvaise fertilité des sols. La biotechnologie et la sécurité alimentaire en Afrique soulèvent deux questions fondamentales. L'une comment transférer la biotechnologie aux pays africains et renforcer leur compétence technologique pour acquérir, assimiler, développer et appliquer efficacement la technologie pour une production alimentaire améliorée et, deuxièmement, quels cadres politiques et institutionnels devraient être institués pour l'accessibilité technologique des agriculteurs ruraux pauvres? La biotechnologie peut contribuer à améliorer les problèmes d'insécurité alimentaire en Afrique. Cependant, il ne faut pas voir une panacée de toutes les questions d'insécurité alimentaire sur le continent car aucune technologie n'a en soi une impulsion interne pour créer une sécurité alimentaire pour toute une société ou une région. C'est ainsi que la technologie est

moulée et appliquée par la société qui détermine son utilité. Il y a d'autres questions telles que l'accès à la nourriture (qu'il soit abordable), peut-il être déplacé à travers les régions efficacement, l'équité aux niveaux national et international, et la distribution de nourriture à l'échelle nationale et mondiale ?. Ces problèmes portent atteinte à la sécurité alimentaire, mais à proprement parler ne sont pas liés à la biotechnologie.

En ce qui concerne certains des risques perçus de la technologie, il n'y a pas de générosité inhérente ou de mauvaise qualité de toute technologie car la plupart présentent des avantages et des inconvénients. Par exemple, les gens doivent s'être opposés aux innovations des transports d'automobiles et d'avions en raison du danger inhérent à leur utilisation. La même chose a dû être le cas avec les ordinateurs et les téléphones cellulaires. Cependant, ces technologies se sont révélées être les risques, mais ne sont pas nécessairement sans risque. Les préoccupations devraient être de maximiser les avantages de la technologie tout en minimisant les risques. Compte tenu des niveaux d'éducation des pays africains, la plupart des obstacles à l'adoption de la technologie ont trait à l'ignorance et à la désinformation, des problèmes clés dans l'acceptation de toute nouvelle technologie. Ayant été laissé derrière pendant la révolution verte, les pays africains ne peuvent pas se permettre de rater la révolution des gènes dans l'agriculture dont la biotechnologie fait partie. La technologie a transformé l'agriculture et les économies des États-Unis, du Canada et de certains pays en Amérique du Sud et en Asie. Les investissements dans les infrastructures sont une condition *sine qua non* dans l'adoption de la technologie, en particulier dans le domaine de la surveillance et de la régulation de ses applications.

Les acteurs de la recherche et du développement en biotechnologie agricole dans les pays africains peuvent être distingués de leurs homologues des pays développés ou des entreprises privées telles que Monsanto en tant que conducteurs et possèdent donc et contrôlent l'information biotechnologique. C'est bien sûr un domaine où les appréhensions sont répandues en ce qui concerne la technologie, car on craint que cela limite l'accès en raison du respect des droits de propriété intellectuelle. En plus de la croissance technologique et de l'application en tant que solutions de sécurité alimentaire, l'établissement de politiques sur le continent améliorera la production alimentaire et la réduction de la pauvreté. Par exemple, la recherche s'est concentrée sur la nature de la pauvreté rurale en Afrique (Jayne et al., 2003). D'importantes recherches ont porté sur la (1) nature de la pauvreté rurale en Afrique, et les effets de la croissance et de la répartition entre l'agriculture et le reste de l'économie (2) comment stimuler le développement dans les zones jugées désavantagées selon les critères agro-écologiques ou géographiques (3) la relation entre la répartition des actifs ruraux, la croissance économique et la réduction de la pauvreté et (4) les progrès récents dans la cartographie de la pauvreté. Dans leurs études, le taux de croissance agricole est susceptible d'être affecté par la répartition des actifs dans le secteur agricole, en particulier les terres. Ainsi, des efforts devraient être faits pour réviser les politiques d'allocation des terres existantes lorsqu'elles vont à l'encontre de la croissance durable de la production agricole et de l'application des pratiques agricoles dépendantes de l'échelle.

Les pays africains devraient également établir des priorités claires dans les investissements en biotechnologie. Les pays devraient identifier des domaines spécifiques ou des trajectoires technologiques dans lesquelles investir pour atteindre des objectifs spécifiques et le respect des compétences disponibles. Pour résoudre les problèmes liés au financement, l'établissement d'alliances avec des organismes et même des pays au sein des régions est conseillé comme un moyen possible de soutenir le financement de la recherche et du développement en biotechnologie. En outre, le rôle des droits de propriété intellectuelle et leurs impacts sur l'acquisition, le développement et la diffusion de la technologie devraient être pris en considération.

En résumé, l'Afrique a besoin de biotechnologie agricole. Les pays africains devraient investir pour développer la capacité de mettre en œuvre la biotechnologie agricole sur la base de besoins spécifiques. Cela permettra aux nations de choisir quoi pratiquer et le temps.

Quel sera l'accent de l'adoption de la biotechnologie africaine?

L'un des principaux points saillants de l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI), en 2001, était la manière d'alimenter les personnes démunies dans les pays en développement (IFPRI, 2002), intitulée **Sécurité alimentaire durable pour tous d'ici 2020**. Parmi les interventions suggérées, figure l'utilisation de la biotechnologie moderne. De ce fait 2003, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a convoqué une réunion à Nairobi pour aborder la question de savoir quelles interventions biotechnologiques étaient les plus adaptées à l'Afrique. Tout d'abord, quelles interventions étaient facilement accessibles pour l'adaptation en Afrique, et deuxièmement, quelles sont les questions les plus pressantes indépendamment de la façon dont elles sont solubles à l'avenir.

La liste produite, et non dans un ordre particulier, comprend;

- i. Variétés de maïs africaines résistant aux insectes exprimant les gènes Cry *Bacillus thuringiensis* (Bt) codant pour les toxines spécifiques des insectes.
- ii. Cultures résistantes aux virus africains tels que le virus du rayon du maïs (MSV) et le virus de la mosaïque du manioc africain.
- iii. Maïs résistant à la mauvaise herbe le parasite *Striga sp* ;
- iv. Diminution du niveau de mycotoxines dans le maïs, ce qui peut être possible en raison de la diminution de l'infection fongique post-récolte dans les variétés de maïs Bt.
- v. Culture tolérante à la sécheresse (Thomson, 2008).

Compte tenu du manque d'engagement pratique du gouvernement envers la science et le développement en Afrique, les scientifiques de la région se sont tournés vers des sources de financement externes pour maintenir leur espoir et leurs rêves vivants. Par conséquent, les pays africains eux-mêmes ne sont souvent pas déterminés par les priorités des projets de recherche

agricole et de développement, mais par les organismes de financement. Même dans les pays dotés d'un financement local comme l'Afrique du Sud, les scientifiques, dans la plupart des cas, doivent compléter leur financement par des revenus externes et se prévalent fréquemment de l'ordre du jour des organismes de financement.

Projets actuels de biotechnologie dans le continent africain

i. Fondation africaine de la technologie agricole (AATF): Amélioration de la banane et du niébé, lutte contre le Striga et tolérance à la sécheresse dans le maïs. Le maïs efficace en eau pour l'Afrique (WEMA) vise à produire de la tolérance à la sécheresse du maïs grâce à une combinaison de sélection conventionnelle, de sélection assistée par marqueur et de technologie GM financée par Bill et Melinda Gates et H. G. Buffet Foundations.

ii. Le sorgho bio enrichi en Afrique (ABS): le projet vise à développer un sorgho enrichi nutritionnellement et enrichi avec des niveaux accrus d'éléments nutritifs essentiels, en particulier la vitamine A, la lysine, le fer et le zinc. Le projet est financé par la Fondation Bill et Melinda Gates.

iii. Le projet Bt Potato: Le projet est destiné à développer des pommes de terre résistantes aux insectes pour être prises par les petits agriculteurs. Il est financé par l'USAID.

Il existe d'autres programmes collaboratifs comme les programmes collaboratifs du cadre de l'Union européenne entrepris par des scientifiques africains avec leurs collaborateurs de l'UE.

Caractéristiques des cultures génétiquement modifiées et facteurs améliorant leur adoption

L'ingénierie génétique, une branche de la biotechnologie diffère des méthodes conventionnelles de modification génétique de certaines façons majeures. Elle implique une modification directe dans le génome d'un organisme. Le génie génétique introduit un ou plusieurs gènes bien caractérisés dans une espèce végétale et peut introduire des gènes de toute espèce dans un autre organisme. Cependant, les méthodes classiques d'amélioration de la modification génétique utilisées pour créer de nouvelles espèces (sélection artificielle, transfert interspécifique forcé, mutagenèse aléatoire, sélection assistée par marqueurs, etc.) introduisent de nombreux gènes non caractérisés dans la même espèce.

Le processus de MG implique des risques potentiels pour les consommateurs du produit soit à la suite des produits (protéines) que les nouveaux gènes codent pour ou des effets pleiotropes des gènes nouvellement introduits sur d'autres gènes de la plante. Ainsi, les produits de GM sont soumis à des régimes réglementaires et d'évaluation des risques. Dans les années 1960, la biologiste Rachel Carson a observé des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine résultant de la surutilisation ou de l'utilisation abusive d'insecticides dans le domaine public. En échappant à ces effets nuisibles sur la santé et l'environnement des produits chimiques agricoles, la biotechnologie végétale a été développée dans le but d'aborder ces impacts. Ainsi, la plupart des cultures d'ingénierie ont été conçues pour réduire la dépendance aux insecticides pulvérisés à large spectre pour la lutte antiparasitaire dans les cultures agricoles (Ronald, 2011).

Le maïs et le coton ont été conçus pour produire des protéines de la bactérie du sol, *Bacillus thuringiensis* qui tue certaines scarabées de ces cultures. Les toxines Bt causent peu ou pas de mal à la plupart des organismes non cibles, y compris les insectes utiles, la faune et les personnes.

Le résultat sera l'amélioration du rendement des cultures et des revenus pour l'agriculteur, une réduction de l'application d'insecticides et des avantages pour la santé au pulvérisateur. La plantation de coton Bt a également soutenu un autre objectif important de l'agriculture durable, une diversité biologique accrue qui est gravement touchée par les insecticides chimiques. En outre, il a été possible de retarder la résistance à la toxine Bt par empilement de gènes, une amélioration de l'utilisation des pesticides par rapport à la facilité de résistance aux pesticides.

Les mauvaises herbes sont les principales limites de la production végétale dans le monde entier car elles font concurrence pour les nutriments et l'espace avec les cultures plantées. Les pulvérisations d'herbicides ont été une longue pratique pour la lutte contre les mauvaises herbes. Beaucoup d'herbicides utilisés au cours des 50 dernières années sont des niveaux classiques, toxiques pour les animaux et les hommes. Un herbicide moderne (type iv) est typifié par le glyphosate, un produit chimique de toxicité aiguë très faible qui n'est pas cancérigène et se décompose très rapidement dans l'environnement. Certaines cultures via GE ont été conçues pour être tolérantes au glyphosate. Les producteurs de cultures tolérantes au glyphosate peuvent pulvériser du glyphosate pour contrôler les mauvaises herbes sans nuire à leurs cultures.

Les cultures résistant aux virus

Bien que les cultures tolérantes au Bt et herbicides constituent la plus grande superficie de cultures génétiquement modifiées, d'autres cultures génétiquement modifiées ont été commercialisées et se sont révélées être des outils efficaces pour une agriculture durable. Certaines crises ont été enregistrées, notamment dans le contrôle du virus de la mosaïque du tabac et du virus de la papaye.

Un examen des travaux sur les cultures génétiquement modifiées actuellement sur le marché a montré que de telles cultures ont contribué de manière significative à l'amélioration de la durabilité agricole mondiale. L'examen a montré des avantages tels qu'une réduction massive de l'utilisation d'insecticides avec d'énormes avantages environnementaux (Huang et al., 2005), l'amélioration de la qualité des sols et la réduction de l'érosion (Comité sur l'impact de la biotechnologie sur l'économie et le développement durable et le Conseil national de recherches, 2010), la prévention de la destruction de l'industrie hawaïenne de la papaye (Ronald, 2011), les avantages agricoles améliorés pour les agriculteurs et les familles en raison de la réduction de l'exposition aux produits chimiques durs (Huang et al., 2002), les avantages économiques pour les communautés locales Qiam et al., 2010), la biodiversité améliorée des insectes bénéfiques (Thomson, 2010), la réduction du nombre d'éclosions de ravageurs sur les fermes avoisinantes cultivant des cultures non modifiées génétiquement (Ronald, 2011) et un profit accru pour les agriculteurs (Tabashnik, 2010). D'autres caractéristiques attrayantes incluent des cultures ayant une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote qui peuvent ne pas avoir besoin d'engrais azotés et

réduiront ainsi l'eutrophication/pollution des masses d'eau, la tolérance des cultures aux contraintes environnementales, l'amélioration des qualités nutritionnelles des aliments comme dans la fortification avec du fer, du zinc et de la vitamine A (Ronald, 2011), et une amélioration des stockages post-récolte.

Contraintes à l'adoption de GM dans les pays en développement

La rupture entre les efforts d'amélioration des plantes du secteur public et du secteur privé a été menée avec l'avènement de la biotechnologie, en particulier du génie génétique. La protection exclusive offerte pour les gènes construits artificiellement et les plantes génétiquement modifiées a incité l'entrée du secteur privé et la reprise éventuelle des recherches et de la R & D sur le génie génétique. Les grandes entreprises multinationales agrochimiques ont été les premiers investisseurs à prévoir une baisse imminente des bénéfices dans l'agrochimie. Ils l'ont fait en acquérant d'abord les sociétés de semences existantes dans les pays développés et plus tard dans les pays en développement. C'est la genèse de la manière dont les grandes sociétés sont devenues les leaders de la biotechnologie et les allégations qui en découlent contre le fait que les grandes entreprises qui contrôlent la technologie recherchent le contrôle du système alimentaire mondial.

Ainsi, le développement et l'application de la technologie ont pris racine dans les pays développés, alors que les pays en développement ne sont pas encore en mesure de rattraper leur retard, à l'exception de la Chine. En outre, certaines préoccupations éthiques sont liées à la nature exclusive de la plupart des biotechnologies de cultures actives clés utilisées aujourd'hui. À cette fin, les académies nationales de sciences de plusieurs pays ont demandé aux sociétés privées et aux institutions de recherche de prendre des dispositions pour partager les technologies de génie génétique avec des scientifiques responsables pour atténuer la faim et renforcer la sécurité alimentaire dans les pays en développement. À l'heure actuelle, cette technologie est maintenant détenue sous des brevets stricts et des accords de licence qui ne favorisent pas les citoyens des pays en développement. D'autres contraintes non techniques comprennent les effets potentiels de la technologie sur l'environnement et la santé humaine, l'implication sociale de jouer avec Dieu. Certaines personnes considèrent la méthodologie impliquée dans l'innovation comme non naturelle, la peur de réduire la variété alimentaire car la technologie est accusée de la non-sensibilité aux cultures orphelines et donc la souveraineté alimentaire. En outre, les pays en développement ont des contraintes particulières à l'acquisition et à l'utilisation de la biotechnologie végétale. Ceux-ci inclus; traditionnellement, l'approvisionnement en semences améliorées des petits agriculteurs dans les pays en développement était dominé par le secteur public, le développement et la commercialisation des cultures GM sont conduits par les multinationales du secteur privé, principalement des pays riches. Le brevet des produits GM est une tâche importante pour les pays en développement car ils ont une capacité limitée à mener des recherches similaires et devront payer tout prix aux produits GM. Deuxièmement, le coût de la technologie. Tout comme cela est un facteur déterminant du taux d'adoption, cela constitue également une contrainte dans la mesure où, plus le coût serait élevé, plus les agriculteurs ruraux

les plus pauvres seraient moins capables d'adopter la technologie. Troisièmement, les coûts élevés de conformité à la réglementation de la prévention des risques biotechnologiques peuvent empêcher les petites entreprises ou les institutions de développer et commercialiser des produits GM dans les pays en développement. Les faiblesses de la main-d'œuvre de haut niveau constituent également une contrainte pour les technologies GM dans les pays en développement. Certaines cultures génétiquement modifiées nécessitent des soins spéciaux et une formation différente des approches traditionnelles communes dans les pays en développement.

REFERENCES

- Alteri, M.A (2009) Small farms, and food Sovereignty. *Agroecology Monthly Review*, July-August. Pp 102-113
- Tabashnik, B.E (2010). Communal benefits of transgenic corn. *Science* 330: 189-190
- Huang, J, Hu, R, Rozelle, S, and Pray, C (2005) Insect resistant GM rice in farmers' fields: Assessing productivity and health effects in China. *Science* 308: 688-690.
- Huang, J, Rozelle, S, Pray, C, Wang, Q (2002). Plant biotechnology in China. *Science* 295: 674-676
- Ronald, P (2011). Plant genetics, sustainable agriculture and food security. *Genetics* 188:11-20.
- Jahye, T.S, Yamano T, [Webera, M.T](#), [Tschirleya, D](#), [Benfica, R](#), Chapoto, A, and [Ballard Zulu, B](#) (2003) Smallholder income and land distribution in Africa: implications for poverty reduction strategies *Food policy* 28(3): 253-375
- James, C (2008). Global status of Commercialized Biotech /GM Crops. ISAAA Brief NO 39. ISAAA, Ithaca, NY
- ISAAA Brief 46, "Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013
- de Kather, A (2002) Pre-print version of report for the Federal Environmental Agency (Germany).
- Pinstrup-Andersen, P (2009) Food security: definition and measurement. *Food security* 1 pp. 5-7.
- Kreuger, R.W (2001) The Public Debate on Agrobiotechnology: A Biotech Company's Perspective. *AgBioForum* . Volume 4, Number 3&4 . PP 209-220
- Wambugu, F.M (1999) Why Africa needs agricultural biotechnology, *Nature* 400:15-16 (doi; 10. 1038/21771)
- Thomson, J (2008) The role of biotechnology for agricultural sustainability in Africa. *Phil. Trns. R. Soc B* 363: 905-913.
- McBride, W. D. and El-Osta. H.S (2002). Impacts of the Adoption of Genetically Engineered Crops on Farm Financial Performance. *Journal of Agricultural and Applied Economics* **34**: 175-191
- Makoni, N & Mohamed-Katerere, J *AFRICA ENVIRONMENT OUTLOOK* 2 300-330
- Ruane, J. & Sonnino, A. (2011). Agricultural biotechnologies in developing countries and their possible contribution to food security. *Journal of Biotechnology* **156**: 356– 363
- Pavone, V., Goven, J. & Guarino R. (2011) From risk assessment to in-context trajectory evaluation - GMOs and their social implications. *Environmental Sciences Europe*, 23:3
- Wieczorek, A (2003) Use of Biotechnology in Agriculture— Benefits and Risks *Biotechnology CTAHR* — May 2003. 1-6

Unité 5

La réponse du public à la biotechnologie dans le contexte de l'agriculture africaine (04 heures)

Prof. Ajanwachukwu Nnadi
University of Nigeria, Nsukka, NIGERIA



Introduction

Selon Johnson (2013), la moitié de la main-d'œuvre mondiale est actuellement engagée dans l'agriculture. En outre, au moment de l'indépendance américaine (4 juillet 1776) environ 90 pour cent de leur population active était agricole mais, actuellement, seulement 3% sont en agriculture. La grande richesse des nations industrielles d'aujourd'hui et les améliorations remarquables du bien-être des peuples en développement au cours du demi-siècle ont été rendues possibles par les agriculteurs qui ont joué un rôle crucial dans cette transformation de l'agriculture. Les intervenants comprennent les agriculteurs, ceux qui ont inventé et fabriqué des machines agricoles, qui ont développé de nouvelles graines, qui ont découvert les besoins nutritionnels des plantes, qui ont appris à extraire l'azote de l'air, qui ont développé les systèmes de transport et de communication qui ont intégré de plus en plus l'agriculture dans le reste de l'économie et qui a apporté l'éducation à tous les niveaux de la communauté rurale. Le lien entre le niveau de la croissance agricole et la richesse des nations/croissance économique a longtemps été reconnu (Johnson, (citant 2013 Adam Smith). C'est parce que lorsque 99% de la population active est utilisée pour produire de la nourriture, il reste peu pour d'autres formes de consommation: «Mais quand, par l'amélioration et la culture de la terre, le travail d'une famille peut fournir de la nourriture à deux, le travail de la moitié de la société devient suffisant pour nourrir l'ensemble. L'autre moitié, donc, ou à au moins la plus grande partie, peut être employée pour fournir d'autres choses, ou pour satisfaire les autres besoins et les fantaisies de l'humanité » (Smith, 1937 p. 63). Combien de paysans africains et leur impact dans la croissance de la productivité? Pourquoi les pays du tiers monde ne sont-ils pas capables? Pour Schultz (1964), les différences de productivité entre les agriculteurs dans les pays développés et les pays sous-développés sont dues aux contraintes technologiques sous lequel ils fonctionnaient. Les agriculteurs des pays en développement étaient efficaces et ont répondu aux incitations économiques, tout comme les agriculteurs partout dans le monde. Il est tout à fait remarquable que des millions d'agriculteurs indépendants aient répondu à de nouvelles possibilités améliorées pour économiser des ressources qu'ils ont eu un taux de productivité plus élevé que le secteur industriel. Les agriculteurs ont bénéficié de la recherche (une grande partie des dépenses publiques), de la fourniture d'intrants non agricoles, de l'amélioration de l'infrastructure, comme les routes et la communication, et dans les pays industrialisés, d'un degré élevé de protection. Malgré la contribution de l'agriculture à l'économie des pays africains, son niveau de développement est abyssal, alors que son rendement actuel reste le plus bas au monde. Les facteurs responsables de ce pauvre état agricole en Afrique peuvent être attribués à des problèmes comme le climat et les variables abiotiques. Les agriculteurs africains, qui sont principalement des petits exploitants, vivent de petits lopins familiaux, mesurant habituellement 1/2 ha, sur des sols qui au fil des ans sont appauvris et dans des environnements tropicaux propices à la sécheresse fréquente, à l'érosion des sols et aux inondations. Les intrants agricoles, tels que les engrais chimiques et les pesticides, sont prohibitifs et ne sont donc guère utilisés aux doses recommandées (Nang'ayo et al., 2014).

S'attaquer à ces défis nécessite un certain nombre d'actions impératives qui couvrent les prescriptions politiques macroéconomiques et les interventions technologiques, dans le but d'assurer l'accès des populations rurales vulnérables à des technologies capables de catalyser une production alimentaire adéquate. Par exemple, certaines applications technologiques peuvent certainement augmenter les rendements des agriculteurs, réduire l'utilisation excessive de pesticides et d'autres intrants agrochimiques, augmenter la valeur nutritive des aliments de base et contribuer au développement de cultures d'élite adaptées pour tolérer la sécheresse, la salinité et la faible teneur en éléments nutritifs du sol (Nang'ayo 2014). L'accès à ces outils et produits par les petits agriculteurs africains améliorera leurs moyens de subsistance. Certains auteurs estiment que la biotechnologie moderne, y compris l'utilisation de la technologie MG, offre le potentiel d'augmenter la productivité agricole dans les pays en développement, en particulier dans les pays africains qui résistent actuellement aux contraintes décrites ci-dessus. Selon James (2012), l'adoption mondiale des cultures biotechnologiques a progressivement augmenté de près de 100 fois depuis 1996, lorsque les cultures génétiquement modifiées sont devenues disponibles dans le commerce, ce qui fait que la biotechnologie moderne est l'une des technologies les plus rapidement adoptées dans l'histoire. De plus, la valeur estimée des produits génétiquement modifiés en 2010 a été lentement portée à 150 milliards de dollars américains, et en 2012 seulement, 17,3 millions d'agriculteurs dans 28 pays ont développé des cultures biotechnologiques sur environ 170 millions d'hectares (James 2012). Malgré le bilan impressionnant des cultures GM dans les pays industrialisés et en développement, les efforts déployés pour déployer des produits génétiquement modifiés dans les pays africains au cours de la décennie écoulée ont connu peu de progrès en raison du nombre de défis monumentaux associés aux politiques nationales, à la législation et aux préoccupations du public concernant la sécurité. Les agriculteurs ont adopté la biotechnologie parce qu'elles les rendent plus efficaces, protègent ou augmentent les rendements et réduisent leur dépendance à l'égard de produits chimiques qui, d'autres choses égales, préfèrent ne pas utiliser. En dépit du taux d'adoption cité ci-dessus avec leurs avantages évidents et le fait qu'il n'y a pas de preuves sans équivoque de préjudice pour notre santé et notre environnement, il existe une controverse intense sur leur valeur et leur sécurité.

Selon Prakash (2001), l'anxiété sociétale sur les soi-disant aliments génétiquement modifiés est compréhensible et elle est alimentée par une variété de causes, y compris le manque de connaissance du consommateur, le manque d'informations fiables sur les garanties actuelles, l'opinion négative des médias, l'opposition des groupes militants, une méfiance croissante envers l'industrie et un manque général de sensibilisation à la façon dont notre système de production alimentaire a évolué. La communauté scientifique n'a pas abordé de manière adéquate les préoccupations du public au sujet des aliments génétiquement modifiés ni a communiqué efficacement la valeur de cette technologie. Certes, l'acceptation de la société est essentielle au développement continu et à l'application de la biotechnologie dans l'agriculture et la nourriture. Depuis le début, de nombreux sélectionneurs ont vu dans la technologie un rôle complémentaire dans la réalisation de l'amélioration des cultures. La forte confiance du public américain dans ses organismes de réglementation a favorisé une plus grande acceptation par le public des aliments génétiquement modifiés en Amérique qu'ailleurs. Pendant 30 ans, les biologistes végétaux ont

reconnu que l'utilisation de méthodes d'ADN recombinant généralement appelées épissage de gènes ou génie génétique n'entraîne aucun risque nouveau ou unique par rapport à la sélection conventionnelle. Bien avant l'avènement de la MG, les sélectionneurs utilisaient systématiquement des méthodes de sélections classiques pour introduire les mêmes types de nouveaux traits dans les cultures / plantes, y compris la résistance aux insectes et aux maladies et la tolérance aux herbicides, qui sont maintenant traitées comme uniques lorsqu'elles sont développées par la biotechnologie (Prakash, 2001). En fait, la MG est une méthode plus précise et rapide. Les sélectionneurs ayant plus d'informations sur les traits qu'ils introduisent dans de nouvelles variétés et qu'une plus grande précision permet de tester plus facilement les nouvelles installations pour l'environnement ou la santé, la sécurité ou l'impact.

L'opportunité de l'adoption de GM en Afrique

La sécurité alimentaire dépend non seulement de la disponibilité des aliments mais aussi de la qualité nutritionnelle. Aujourd'hui, la plupart des citoyens africains ruraux dépendent généralement d'un régime alimentaire monotone. Étant donné que la plupart des plantes sont déficientes en certaines vitamines, minéraux et acides aminés essentiels, un régime restreint à un aliment majeur aura tendance à être nutritionnellement incomplet (Christou et Twyman, 2004). Les stratégies de MG ont été utilisées pour lutter contre les carences en éléments nutritifs avec la perspective de cultures de base nutritionnellement complètes qui pourraient aborder de manière réaliste la malnutrition à l'échelle mondiale. En outre, toute stratégie à long terme visant à lutter contre la pauvreté qui est à l'origine de la malnutrition dans les pays en développement doit aborder le problème sous-jacent de la pauvreté et de la mauvaise santé en augmentant le niveau de revenu agricole basé sur l'emploi grâce à une productivité agricole accrue (FAO, 2009). La production de cultures ayant une valeur nutritive plus élevée s'ajoute à l'amélioration du rendement rendue possible par MG et se traduirait par une plus faible proportion de la production des agriculteurs nécessaire à la subsistance et d'autres pourraient être vendus, ce qui entraînerait une charge plus faible causée par la malnutrition.

Les cultures GM sont-elles risquées pour la santé et l'environnement?

Les préoccupations de divers groupes d'intérêt sur la biotechnologie végétale peuvent être regroupées en deux classes. Les préoccupations découlant des croyances personnelles, des valeurs morales, des tendances religieuses, des préférences de mode de vie et des méthodes de production alimentaire ou des préoccupations socioéconomiques concernant les entreprises multinationales qui possèdent les brevets sur plusieurs gènes. D'autres ne font pas seulement confiance aux scientifiques. Il est instructif de noter que ces préoccupations ne sont liées à aucun risque de culture GM. L'autre catégorie de préoccupations concerne les dangers identifiés comme des résultats possibles des cultures GM en croissance. Dans la mesure où ces préoccupations ne devraient pas être écartées, il ne semble pas très ordonné de nier l'une ou l'autre technologie qu'ils considèrent comme bénéfique.

Bien que de faibles doutes existent, la technologie MG peut améliorer les rendements des cultures et la valeur nutritive des aliments, ces bénéfices sont opposés aux risques perçus pour la santé et

l'environnement. La superficie mondiale des cultures GM a régulièrement augmenté au fil des ans malgré une grande méfiance du public et des controverses politiques. Il n'y avait aucune preuve d'impact ou d'environnement défavorable sur la santé. Cependant, il est confus de trouver d'autres technologies avec des risques quantifiables acceptées avec beaucoup moins de protestations que le cas avec la biotechnologie. Par exemple, de plus grands risques et la controverse attaquée aux risques presque imperceptibles du transfert horizontal de gènes à partir de cultures transgéniques contenant des gènes de résistance aux antibiotiques aux bactéries pathogènes dans l'intestin alors que les risques beaucoup plus quantifiables d'exposition aux pesticides sont souvent négligés.

Il peut sembler logique d'exprimer la préoccupation: «je ne sais pas ce que je mange avec des aliments génétiquement modifiés». Cependant, il faut se rappeler que nous n'avons jamais cette information avec des cultures de race classique. Avec les cultures génétiquement modifiées, au moins nous savons quel gène est introduit, afin de pouvoir tester des effets prévisibles et même imprévisibles. Dans les pratiques de sélections classiques, plusieurs gènes avec des fonctions inconnues sont introduits avec les risques que certains peuvent coder pour les toxines ou les allergènes-armements que les plantes sauvages déploient pour survivre. Pourtant, nous n'avons jamais testé de variétés classiquement cultivées pour les risques alimentaires et environnementaux ou pour toute surveillance réglementaire. Il y a beaucoup de débat politique en biotechnologie.

S'attaquer aux préoccupations concernant les conséquences à long terme sur la santé des aliments génétiquement modifiés, il est également instructif de ne jamais nous préoccuper de ces impacts lorsqu'une quantité massive de nouvelles protéines a été introduite dans nos aliments à partir d'espèces sauvages ou lorsque des changements inconnus ont été créés grâce à la sélection de mutation. Lorsque de nouveaux aliments issus de cultures exotiques sont introduits, nous les assimilons facilement dans nos régimes alimentaires et rarement, le cas échéant, posons les mêmes questions aux aliments génétiquement modifiés. Il n'y a pas de nourriture sûre, et tout comme il n'y a pas de risque zéro dans tout ce que nous faisons, nous devons reconnaître que les niveaux de toxines et les agents cancérigènes sont présents dans tout ce que nous mangeons (Prakash, 2001).

Pour répondre aux préoccupations environnementales, nous devrions réfléchir à notre expérience du développement traditionnel des variétés de cultures. Grâce à la sélection conventionnelle, nous avons continuellement introduit des gènes pour la résistance aux maladies et aux ravageurs dans toutes nos cultures. Des traits tels que la tolérance au stress et la tolérance aux herbicides ont également été introduits dans de nombreuses plantes et les habitudes de croissance de chaque culture ont été modifiées. Le risque de flux de gènes de culture pour les parents malades a toujours existé. Il est cependant réconfortant qu'aucune super herbe s'est développée à la suite de l'avènement de la sélection moderne, bien que des cas de plantes qui deviennent de mauvaises herbes ou de mauvaises herbes deviennent plus envahissantes en raison du transfert de gène à partir de cultures peuvent exister. La biodiversité des cultures est un autre problème qui menace le résultat global de la biotechnologie dans l'agriculture. Même grâce à la sélection conventionnelle, la popularité des variétés à haut rendement a déjà réduit la variation génétique

trouvée dans les principales cultures. La biotechnologie, si elle est appliquée stratégiquement, peut inverser cela grâce à la récupération de variétés plus anciennes qui ont été écartées faute de certaines caractéristiques, comme la susceptibilité à un nouveau pathogène, car le transfert moderne de gènes peut restaurer ces traits. Réfléchir que le maïs n'est pas originaire d'Amérique ni même d'Afrique, il a été amélioré au cours des décennies. Mais avec son complément génétique complet, il n'a pas causé de distorsions écologiques importantes, on se demande comment l'introduction de maïs avec un seul gène Bt a entraîné ses effets sur l'environnement.

BIOTECHNOLOGIE ET SYSTÈME DE SEMENCES

Une autre technologie transgénique controversée a été décrite récemment et est connue sous le nom de "Terminator Technology" (Service, 1998; Crouch, 1998). Cela a soulevé d'importantes préoccupations éthiques dans la mesure où il fournit un moyen de s'assurer que les semences ne peuvent être sauvegardées à la fin d'un cycle de culture pour le semis au cycle suivant. On prétend que cette technologie place les agriculteurs à la merci des sociétés multinationales propriétaires de sociétés biotechnologiques. Cependant, l'amélioration internationale du maïs et du blé (CIMMYT) a concrétisé des efforts concertés en coopération avec les scientifiques français (ORSTOM) et le gouvernement mexicain pour développer du maïs apomictique qui permettrait aux agriculteurs pauvres en ressources de bénéficier des avantages de la vigueur hybride et ont l'avantage de ne pas avoir à acheter de nouvelles semences d'année en année (Reeves, 1997). Cet ajustement a été atteint depuis longtemps.

En outre, la propriété des gènes et le besoin de brevets est un domaine supplémentaire pour le débat éthique contre la biotechnologie végétale. Luther Burbank, un sélectionneur de plantes dans les années 1920, a demandé pourquoi des années de travaux de recherche et de développement consacrés à l'amélioration des plantes n'entraînaient aucun avantage important pour le sélectionneur. Les brevets et les droits des obtenteurs ont largement corrigé cette injustice, mais qu'en est-il des transgènes? Des nombres innombrables de gènes exotiques sont entrés dans les variétés de cultures par le biais de programmes de croisement classiques, et il serait impossible de retrouver leur origine et de compenser les propriétaires. Des efforts conscients devraient être faits pour compenser les inventeurs, mais le financement public des recherches doit également être encouragé afin de répartir la responsabilité financière des projets.

AMÉLIORATION DANS LES CANAUX DE COMMUNICATION ET PLUS DE DÉBAT OUVERT

Dans le but d'aller vers un dialogue plus éclairé sur les aliments et les cultures GM, les décideurs et les défenseurs de la biotechnologie doivent regarder au-delà des pools d'opinion publique. La communication des avantages perçus/potentiels de la biotechnologie agricole doit également être limitée par la réalité. Il est impératif de ne pas surcharger la technologie en mettant l'accent sur les avantages qui sont largement hypothétiques, en particulier les avantages pour les consommateurs, lorsque la grande majorité des bénéfices accumulés ont été versés aux agriculteurs et aux entreprises multinationales qui ont breveté les gènes. Il est nécessaire que des débats fondés soient ouverts sur des preuves sur les OGM pour que chaque partie ait l'assentiment des autres et une appropriation des décisions prises. À l'heure actuelle, ce qui existe,

c'est l'héritage des cultures GM plantées d'année en année, les pays où ils ont été plantés et les avantages accumulés. Les informations concernant les résultats des recherches sur les cultures génétiquement modifiées devraient bénéficier d'une diffusion et d'une discussion massives et répandues. Il est préconisé que les agriculteurs soient impliqués dans les premières recherches sur les cultures génétiquement modifiées et sur les processus et structures d'établissement des normes connexes. Les médias représentent les principales sources d'information pour les consommateurs sur tous les problèmes de nutrition et de sécurité alimentaire, y compris la biotechnologie. Les sources d'information publique telles que les agences gouvernementales et les scientifiques ne sont pas des sources populaires d'information sur la nourriture. Ainsi, il sera louable si une collaboration entre les organismes ou les organismes et les médias est établie pour permettre aux médias d'être informés de manière appropriée en matière de biotechnologie.

En outre, en considérant le bénéfice de la technologie, l'analyse des coûts des avantages devrait également tenir compte du coût de non-adoption. Le commerce des OGM devrait être correctement surveillé. Il a été découvert que le manque d'informations sur les OGM était une source d'incertitude quant aux risques et avantages des aliments génétiquement modifiés et donc à une évaluation négative de l'ensemble de la technologie. Au passé, les groupes d'élite de la communauté scientifique ont sous-estimé la capacité des non-experts à comprendre les incertitudes scientifiques associées aux estimations techniques des risques (Frewer, 2004). En bref, on a supposé que fournir aux personnes laïques cette information aurait des effets très négatifs sur les perceptions du public et les attitudes connexes. Maintenant, fournir au public des informations objectives qui permettraient aux consommateurs de rationaliser, de peser les risques contre les avantages, d'adopter une attitude positive et d'agir à ce sujet dans le cadre d'une décision d'achat éclairée sera une pierre solide sur laquelle il faudra bâtir la confiance sur les cultures génétiquement modifiées et les aliments. En outre, les valeurs sociétales sont susceptibles de contribuer à l'acceptation par les consommateurs des aliments génétiquement modifiés, ce qui doit être inclus dans le débat sur la réglementation des produits et la stratégie de communication associée. Certaines de ces alliances culturelles peuvent être religieuses ou simplement des valeurs culturelles pour l'identité de groupe. Les stratégies de communication qui respectent ces sentiments humains non tangibles seront utiles pour communiquer la biotechnologie à la société.

Les modèles élitistes de contrôle et de diffusion de l'information pilotés par la science et la technologie plutôt que les besoins du public sont probablement d'une utilisation limitée dans le futur, à court ou moyen terme. Il suffit de fournir au public des informations sous quelque forme que ce soit. Il est impératif que l'organisation de la science, de ses méthodes et de sa diversité disciplinaire, de multiples contextes institutionnels dans lesquels elle se déroule le rend remarquablement un catalyseur puissant pour le conflit politique. Il y a une inquiétude actuelle à l'égard de la crainte des multinationales qui contrôlent le système alimentaire mondial sous la forme de lutte contre l'insécurité alimentaire mondiale. En outre, il y a des doutes dans l'esprit des gens sur les conséquences de l'adoption de cultures GE qui ont dans leur répertoire principalement des cultures non indigènes susceptibles de perdre de la nourriture et des types

d'aliments locaux et culturels. Certaines de ces craintes devraient être abordées dans des forums publics avec une large publicité dans les médias et les langues locales.

Enfin, étant donné que l'option politique disponible pour aborder la controverse sur les cultures génétiquement modifiées est suffisamment large ou attrayante pour attirer un consensus politique, laisser la participation des scientifiques se limiter aux problèmes scientifiques pour éviter la «scientisation» qui peut compromettre la valeur sociale de la science au long terme. L'intersection des principaux acteurs de la chaîne de valeur, des consommateurs, des décideurs et des scientifiques suggère une approche interdisciplinaire de la conceptualisation des OGM. La capacité de ces différentes parties prenantes à se conjuguer pour résoudre la controverse permettra à l'humanité de prendre toutes les promesses de la technologie.

RÈGLEMENT DE LA TECHNOLOGIE DE L'INGÉNIERIE GÉNÉTIQUE

Sans exception, les entreprises de biotechnologie ont participé à une «consultation volontaire» auprès des organismes de réglementation, par exemple la FDA aux USA avant de mettre un nouveau marché de la biotechnologie sur le marché. Au cours de ces consultations, les entreprises devraient fournir à la FDA des données sur les attributs agronomiques et de qualité de la plante, l'analyse génétique de la modification et la stabilité des traits génomiques attendus, l'évaluation de la sécurité des protéines nouvellement introduites (par exemple, pour l'allergénicité) et les analyses chimiques de substances toxiques et nutriments importants. Lorsque toutes les questions de sécurité et de réglementation ont été résolues, la FDA envoie une notification écrite à la société. Ainsi, des approches approfondies et méthodiques sont suivies pour s'assurer qu'aucune nouvelle culture génétiquement modifiée ou nourriture ne devrait présenter de risque indu pour la santé humaine ou l'environnement. En outre, des tests sont effectués pour s'assurer que le nouveau produit est sensiblement équivalent à son homologue non génétique.

Le principe d'«**équivalence substantielle**» de la FDA a été adopté par de nombreuses organisations gouvernementales et scientifiques nationales et internationales comme moyen d'évaluer le risque de produits biotechnologiques. Ce principe affirme que les risques d'une nouvelle variété alimentaire produite à l'aide de biotechnologies sont identiques à ceux d'une variété existante ayant essentiellement les mêmes caractéristiques. Il évalue les variétés existantes, dont la grande majorité a des antécédents d'utilisation sécuritaire, comme norme de sécurité. En effet, il faut reconnaître que les règles qui discriminent les produits de la biotechnologie, en fonction de leur méthode de production, créent des facteurs dissuasifs pour les chercheurs et les développeurs d'installations. Des règlements injustifiés auront également un impact sur la communauté académique engagée dans la recherche en biotechnologie. Il se passe déjà en Europe, où des chercheurs auraient quitté le terrain ou chercheraient des opportunités ailleurs. Si les États-Unis doivent rester à l'avant-garde dans ce domaine, il est important de maintenir une capacité de recherche supérieure. Enrouler les chercheurs en bureaucratie va gaspiller des dollars de recherche et ralentir les progrès. Ironiquement, l'augmentation des charges réglementaires sur la biotechnologie agricole, que défendent de nombreux défenseurs de la biotechnologie, ne réussirait qu'à offrir un avantage concurrentiel distinct aux grandes

entreprises capables de payer les coûts supplémentaires de la réglementation. Ce n'est pas un moyen de promouvoir la concurrence ni de favoriser la diffusion de cette technologie dans les pays en développement.

L'industrie de la biotechnologie a également été critiquée pour être concentrée dans les mains de quelques grandes multinationales basées dans des pays économiquement avancés. Cette préoccupation est également mal placée. L'évolution de la biotechnologie agricole représente une révolution technologique comparable à ceux qui ont donné naissance aux industries de l'énergie, du transport et de l'informatique, ce qui a conféré des avantages considérables aux consommateurs. On s'attend à ce que, à mesure que la biotechnologie agricole devienne plus industrialisée, la concurrence croissante entraînera une consolidation au sein de l'industrie et l'adoption de la technologie par les consommateurs du monde entier, semblable à ce qui s'est passé dans les autres industries. Mais la consolidation n'entraînera pas le monopole, les entrepreneurs développeront des marchés de niche pour des produits spécialisés, semblables à ceux qui se sont développés dans d'autres industries matures.

PERSPECTIVES POLITIQUES ET DÉFIS SUR LES CULTURES GM EN AFRIQUE

Bien que l'application de la technologie GM soit considérée comme un succès majeur dans de nombreuses régions du monde, il existe des préoccupations persistantes concernant la sécurité et les aspects éthiques et commerciaux des produits GM aux consommateurs et à l'environnement, ce qui nécessite la nécessité de leur réglementation. En formulant une politique réglementaire nationale pour la technologie GM et les aliments génétiquement modifiés, les pays tiennent souvent compte des opportunités offertes par les cultures génétiquement modifiées et des risques potentiels qui leur sont associés. En Afrique, il existe 54 États-nations avec des persuasions politiques variées, des considérations commerciales et des intérêts environnementaux. En tant que telle, l'Afrique se caractérise par une mosaïque de positions politiques nationales sur la technologie GM, allant de celles qui peuvent être considérées comme permissives à celles qui sont plus prévenues et finalement à celles qui sont prohibitives. De nombreux pays africains s'attaquent au développement de politiques qui orienteront leur adoption de la biotechnologie, y compris la formation du personnel et des infrastructures. Selon Jaffe (2004), le but d'un système national de réglementation de la sécurité biologique est d'évaluer scientifiquement la sécurité des OGM pour les humains et l'environnement, gérer tout risque potentiel et autoriser le développement et la commercialisation d'OGM sécurisés et leurs produits.

REFERENCES

- Jaffe, G (2004) Regulating transgenic crops: comparative analysis of different regulatory processes. *Transgenic Res.* 13: 5-19.
- FAO (2009) *The State of Food Insecurity in the World. Economic Crises-Impacts and lessons learned.* Rome.
- Christou, P and Twyman, R.M (2004) The potential of genetically enhanced plants to address food insecurity. *Nutr Res Rev* 17: 17-42.
- Prakash, C.S (2001) The genetically Modified Crop Debate in the context of Agricultural Revolution. *Plant Physiology* 126(1): 8-15.

James C (2012) Global status of commercialized biotech/GM crops: 2010. ISAA Brief No. 42. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), New York.

Nang'ayo, F, Simiyu-Wafukho, S, and Oikeh, S.O (2014) Regulatory challenges for GM crops in developing economies: the African experience *Transgenic Res.* DOI 10.1007/s11248-014-9805-0.

Schultz, T.W (1964) Schultz, Theodore W. Transforming traditional agriculture. New Haven, CT: Yale University Press.

Johnson, D.G (2013) Agriculture and the Wealth of Nations. *The American Economic Review*, Vol. 87, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Fourth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1997), pp.1-12.

Service, R.F. (1998). Seed-sterilizing 'Terminator Technology' sows discord. *Science* 282:850-851.

Crouch, M.L. (1998). How the terminator terminates: an explanation for the non-scientist of a remarkable patent for killing second generation seeds of crop plants. <http://www.bio.indiana.edu/people/terminator.html>.

Reeves, T.G. (1997). Apomixis, a research biotechnology for the resource-poor: some ethical and equity considerations. Pp. 57-59 In, *Ethics and equity in conservation and use of genetic resources for sustainable food security. Proceedings of a workshop to develop guidelines for the CGIAR*, 21-25 April 1997, Foz do Iguacu, Brazil, IPGRI.