

Colloque du Samedi 13 avril 2019 :
La génération Y et le défi des technosciences

Deuxième partie : technosciences et société

***Quelle place pour la transgénèse végétale
dans la lutte contre la faim ?***

Groupe 7 STUDENT EX MACHINA 2018-2019

Dheenathayalan BHUVANESHWAR UT3 Biologie (BOPE /L3)

Gauthier VERCHER UT3 Biologie (L3)

Anna MÉDAN TBS (L3)

Manon SEU ENVT (1ère année/L3)

TUTEUR : Didier Vilette

Présentation générale par le tuteur

Dans son rapport de 2014, la FAO indique que 800 millions de personnes souffrent de graves malnutritions, auxquelles il faut ajouter 2 milliards d'individus carencés en micronutriments et minéraux. Dans la perspective d'une augmentation à 9 milliards de la population mondiale à l'horizon 2050 et des désordres climatiques en cours ou à venir, ce groupe d'étudiants a exploré dans quelle mesure l'utilisation des biotechnologies végétales peut contribuer à lutter contre la faim dans le monde. Après un rapide état des lieux, leur travail débute par l'analyse des raisons circonstanciées mais aussi structurelles qui sous-tendent cette situation paradoxale où la majorité des individus gravement carencés sont de petits exploitants agricoles tandis que pour d'autres, la malnutrition résulte d'une alimentation trop riche. Dans un second temps, et après avoir brièvement décrit les techniques d'obtention des plantes génétiquement modifiées (PGM), ils tentent d'analyser les avantages supposés ou réels des PGM pour apprécier dans quelles mesures leur emploi est pertinent vis-à-vis de cet immense défi.

Table des matières

Introduction au problème de la faim

- 1) Définitions de la faim et de la malnutrition
- 2) Conséquences de la malnutrition
- 3) La sécurité alimentaire
- 4) Les principales crises alimentaires dans le monde
- 5) Les causes de la faim
- 6) Les objectifs et actions de l'ONU pour réduire la faim

Introduction à la transgénèse

- 1) La méthode traditionnelle
- 2) La transgénèse
- 3) Les risques potentiels

La transgénèse peut-elle réduire la faim dans le monde ?

- 1) Une productivité accrue
- 2) Des super-plantes ?
- 3) Une meilleure conservation
- 4) Tolérance face aux stress biotiques et abiotiques
- 5) Et si la faim n'était pas un problème de production ?
- 6) Un problème de mode de vie

La transgénèse doit-elle mettre fin à la faim dans le monde ?

- 1) Le gaspillage alimentaire, à combattre prioritairement ?
- 2) Des alternatives
- 3) Le principe de précaution, le principe responsabilité

Conclusion

Bibliographie

QUELLE PLACE POUR LA TRANSGENÈSE VÉGÉTALE DANS LA LUTTE CONTRE LA FAIM ?

Introduction au problème de la faim

La sous-alimentation concerne une personne sur neuf dans le monde.

La liste des pays les plus mal nourris est établie par la FAO chaque année. Appelés « Pays à faible revenus et à déficit vivrier », ils sont 52 en 2016. 70% d'entre eux se trouvent sur le continent africain, sans grande surprise.

Le classement repose sur trois critères. Le premier, un PIB par habitant en-dessous d'un seuil historique, celui utilisé pour déterminer l'éligibilité aux différents programmes de la Banque Internationale pour la Reconstruction et la Banque Mondiale. Il est aujourd'hui fixé à 1915 dollars américains par an et par habitant. Le deuxième critère est le volume des importations nettes de produits alimentaires (exportations – importations) en moyenne sur trois années. Cette moyenne permet de lisser les conséquences de chocs exogènes de prix sur le marché des produits alimentaires. Ces chocs conjoncturels ne sont pas pertinents dans le cadre d'une analyse économique, car ils ont une origine le plus souvent météorologique. Enfin, le troisième critère est celui d'auto-exclusion. Un pays qui ne souhaite pas y figurer peut s'auto-écarter de la liste. Ces critères sont donc à la fois subjectifs et objectifs, un indicateur efficace et pertinent.

Le continent le plus touché par la faim est l'Asie dont les deux tiers de sa population souffrent de la faim. La sous-nutrition a chuté au cours de ces dernières années mais a connu une légère croissance en Asie occidentale. Cependant, c'est l'Asie australe qui reste la plus impactée. En effet, elle compte 281 millions de personnes sous alimentées.

Il était anticipé, pour la période que 2014-2016 que le taux de malnutrition atteigne près de 23%. 45% des décès d'enfants de moins de 5 ans est causé par la malnutrition soit 3,1 millions d'enfants chaque année. Un enfant sur quatre est victime d'un retard de croissance dû à sa malnutrition.

1) Définitions de la faim et de la malnutrition

La faim :

Ensemble des sensations provoquées par la privation de nourriture, qui incitent l'homme ou l'animal à rechercher des aliments, et que l'ingestion de nourriture fait disparaître (définition de l'O.M.S.).

Définition de La malnutrition selon l’OMS :

Par « malnutrition », on entend les carences, les excès ou les déséquilibres dans l’apport énergétique et/ou nutritionnel d’une personne.

La malnutrition englobe deux états pathologiques. D’une part la dénutrition qui correspond à un retard de croissance (faible rapport taille/âge), l’émaciation (faible rapport poids/taille), l’insuffisance pondérale (faible rapport poids/taille), et les carences ou les déficiences en micronutriments (manque de vitamines et de minéraux essentiels). D’autre part la malnutrition couvre aussi le surpoids, l’obésité et les maladies non transmissibles liées à l’alimentation (par exemple les cardiopathies, les accidents vasculaires cérébraux, le diabète et le cancer).

2) Conséquences de la malnutrition

Aucun pays n’est épargné par le problème de santé publique qu’est la malnutrition. Environ 1,9 milliard de personnes adultes sont en surpoids tandis que 462 millions connaissent une insuffisance pondérale. Le nombre d’enfants de moins de 5 ans obèses ou en surpoids est estimé à 41 millions tandis qu’en parallèle 159 millions souffrent d’un retard de croissance et 50 millions sont émaciés.

De plus, 29% des femmes sont anémiées soit 528 millions. Les conditions économiques de nombreux foyers ne permettent pas d’apporter des quantités suffisantes d’aliments nutritifs comme les fruits et les légumineuses, le lait, la viande tandis que les aliments riches trop salés sont plus faciles d’accès.

Une multitude de personnes n’a pas accès à une alimentation nutritive suffisante comme les légumineuses, les fruits et les légumes frais, la viande et le lait, en grande partie dû à des causes pécuniaires. Au contraire, les aliments riches en sucre, en sel et graisses sont généralement moins onéreux et donc plus abordables financièrement.

Les conséquences de cette alimentation sont l’augmentation du nombre d’enfants et d’adultes obèses et l’on retrouve ce cas de figure dans les régions prospères mais également dans les pays indigents. Il n’est pas exceptionnel de constater des cas de dénutrition et d’obésité au cœur d’un même groupe, ou d’une même famille, ou encore chez une même personne. L’on peut alors souffrir en même temps d’obésité et de carences par exemple en micronutriments.

3) La sécurité alimentaire

Un des plus importants pourvoyeurs d'emplois de la planète reste le secteur de l'agriculture qui représente 40% de l'activité professionnelle de la population mondiale actuelle, et demeure ainsi pour les familles rurales très modestes une source de revenus et d'activités primordiales. Les pays dont l'activité agricole représente en moyenne 25-30% du PIB sont légion parmi les plus mal nourris. La population de ces pays est également particulièrement rurale, de 50 à 80%.

80 % des denrées alimentaires consommées dans les pays en développement sont produites par 500 millions de petites exploitations agricoles. Investir dans ces exploitations représente donc un levier efficace afin d'accroître la sûreté alimentaire et la nutrition des plus défavorisés, permettant ainsi d'accroître la récolte nourricière pour les marchés locaux et mondiaux. Par ailleurs, 75 % de la biodiversité des cultures a disparu depuis les années 1900. Une meilleure gestion de cette biodiversité agricole peut aider à une alimentation plus nutritive, et conduire à des pratiques agricoles plus résilientes et durables.

Le nombre de personnes en situation de famine serait diminué de 100 à 150 millions, si les femmes des zones rurales accédaient comme les hommes à la terre, aux techniques, aux organismes budgétaires, à l'instruction et aux plateformes commerciales.

Dans les régions rurales des pays en développement, 1,4 milliard de personnes ne bénéficient toujours pas de l'électricité. La déficience énergétique dans de nombreux endroits est une difficulté réelle à la lutte contre la faim et à la production d'aliments essentiels pour satisfaire les besoins.

4) Les principales crises alimentaires dans le monde

En 2016, les principales crises alimentaires ont eu pour origine des conflits, l'explosion des coûts des produits alimentaires et des anomalies climatiques liées au phénomène d'El Niño.

Ces crises de grande ampleur ont affecté des populations nationales entières ou certaines contrées comme le nord-est du Nigéria. Ces heurts ne se sont pas bornés aux frontières nationales, mais ont eu un impact négatif sur les pays voisins (par exemple, la crise des réfugiés syriens et la crise du bassin du lac Tchad). Les retentissements de ces conflits ont plongé des millions d'êtres humains dans la précarité alimentaire ; ils ont désormais besoin d'un soutien indispensable, au Yémen (14,1 millions), en Syrie (7,0 millions), dans le nord-est du Nigéria (4,7 millions), et au Burundi (2,3 millions). En Somalie, la sécheresse et les conflits ont entraînés une grave insécurité alimentaire en 2016,

et celle-ci s'est encore amplifiée dans les premiers mois de 2017. Les dernières expertises ont attesté de cet accroissement et on estime que 2,9 millions d'individus seront classifiées en phase 3 Crise ou pire en février 2017, et seront exposées à la famine.

BANGLADESH



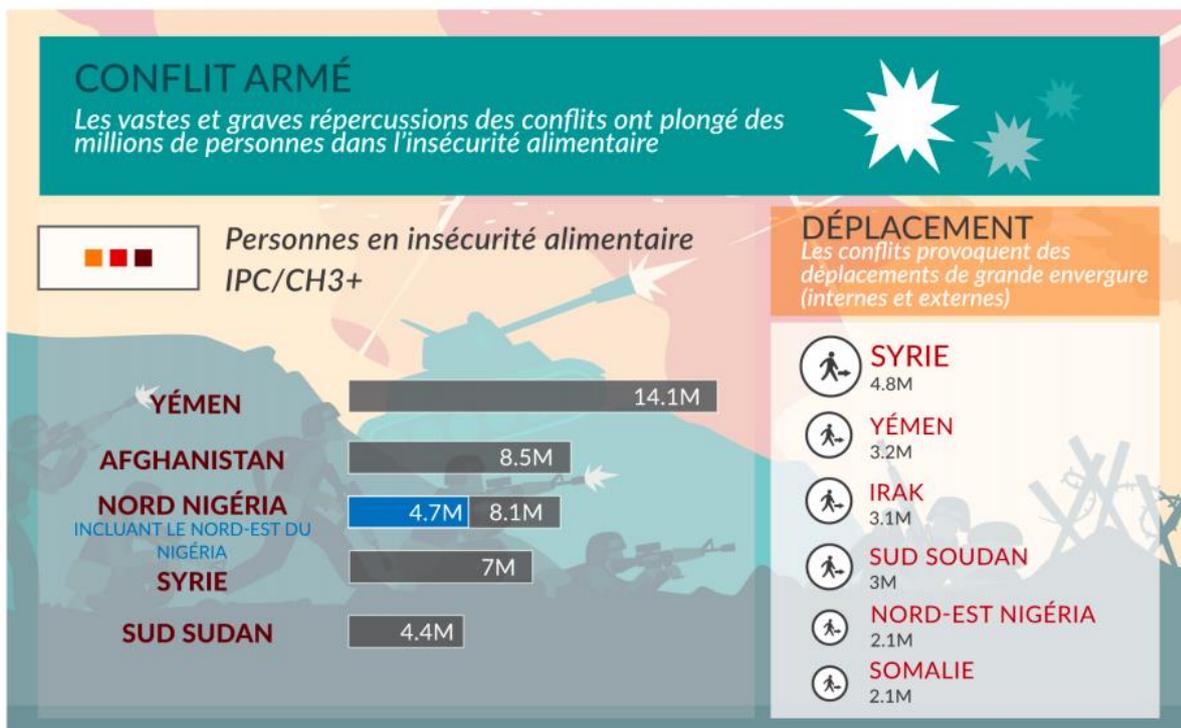
Au Myanmar, la communauté assiégée des Rohingyas a été confrontée en 2017 à une violence extrême.

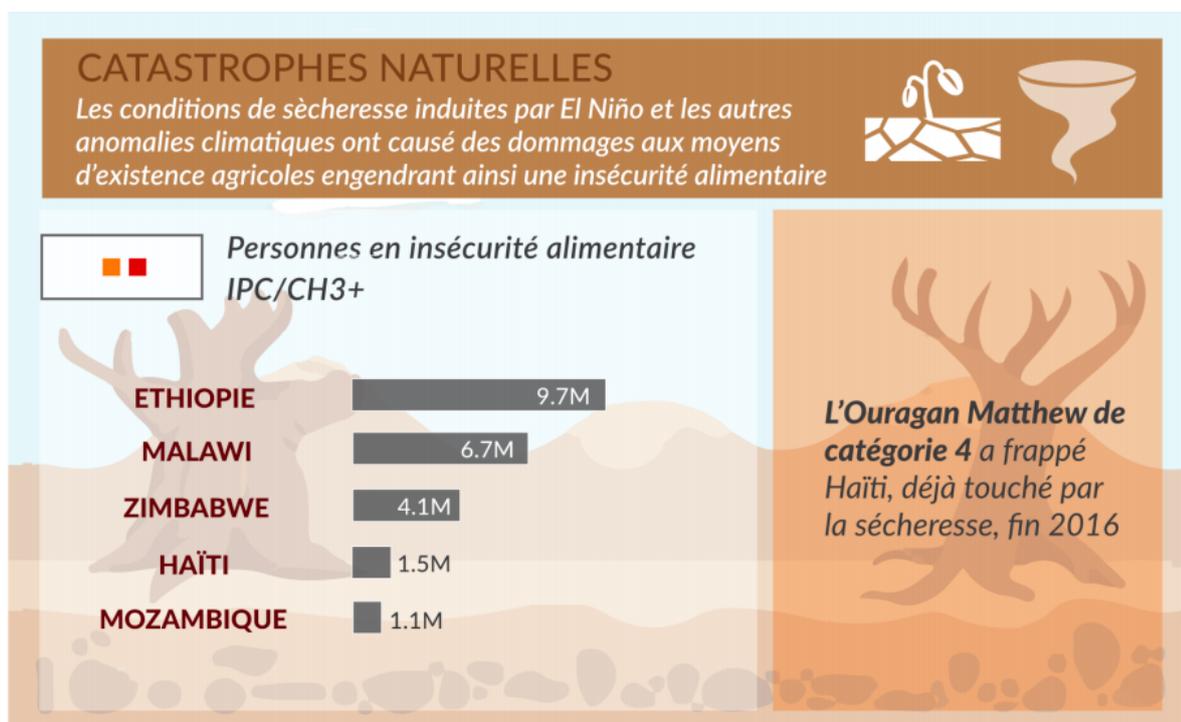
Qualifiées de « nettoyage ethnique » par les responsables onusiens des droits de l'homme, ces violences ont provoqué une crise humanitaire au Bangladesh voisin, où des centaines de milliers de personnes ont trouvé refuge dans des camps ou des villages de fortune autour de Cox's Bazar.

Le WFP et ses partenaires humanitaires leur ont fourni nourriture, services de base et infrastructure essentielle, dans des conditions souvent à la limite du tolérable.

PERSONNES DANS LE BESOIN*	880 000
<i>*115 000 personnes supplémentaires ont bénéficié d'assistance dans le centre de l'État de Rakhine, au Myanmar</i>	
PERSONNES RECEVANT L'ASSISTANCE DU WFP	830 000
LE FINANCEMENT OBTENU	US\$ 165,5 millions
LA FINANCEMENT OBTENU	US\$ 151 millions

5) Les causes de la faim





Les causes climatiques

Avec des moyens restreints, il devient difficile d'obtenir de l'eau pour les plantations donc en cas de sécheresse, aucune culture n'est plus possible de même que l'élevage du bétail. En cas de fortes crues, aucun dispositif adéquat ne permet de se prémunir des conséquences. La survenue d'insectes ravageurs qui attaquent les cultures est par ailleurs favorisée par les changements climatiques.

Lors de conflits inter-ethniques et les guerres entre pays, les camps vainqueurs vont entreprendre d'appauvrir leur adversaire en les privant de solutions pour se ravitailler en eau et pour s'alimenter, il en résulte la famine, la maladie et la dévastation. Un milieu politique basé sur des choix clientélistes, sur la malversation, et l'iniquité achèvent d'enfoncer un pays dans le désarroi et la misère qui engendrent de plus en plus de famines. En Somalie, 20 ans de luttes féroces font de ce pays une nation en état d'urgence chronique et l'un des plus épineux en termes d'assistance humanitaire. *Action contre la faim* et 15 autres organismes humanitaires ont été renvoyés par les pouvoirs locaux de 8 régions de la zone sud-centrale du pays. Le secours humanitaire est à nouveau limité voire interdit dans certaines régions de Somalie. D'après *Action contre la Faim*, à défaut d'un soutien urgent, une sérieuse dégradation de leur condition est redoutée.

Problèmes d'accès à l'eau

L'eau est une ressource essentielle à la vie. L'eau est employée pour l'agriculture, mais elle est également nécessaire à notre régime alimentaire. Par ailleurs, elle est aussi importante pour les besoins domestiques et l'industrie.

Néanmoins 1,1 milliard de personnes sur la planète n'ont pas accès à l'eau potable (la majorité étant en zone rurale).

L'assainissement est souvent considéré comme une priorité par les femmes, malheureusement elles ont beaucoup moins d'influence que les hommes sur les décisions financières. Tous les besoins de l'humanité en eau pourraient être comblés si cette richesse était répartie plus uniformément. Par exemple, le Brésil a une imposante ressource en eau mais le Nord-Est est une des régions les plus atteintes par la sécheresse. A l'avenir, les bouleversements climatiques devraient réduire l'approvisionnement en eau de centaines de régions. De plus la croissance démographique engendre une surexploitation de l'eau. C'est le cas de la mer d'Aral dont l'exploitation a abouti à un désastre écologique sans précédent : pour la culture du coton, la sur-utilisation de cette mer a eu pour résultat une réduction de 75% de sa surface. La mer d'Aral est devenue un petit lac salé au milieu d'un désert, après avoir été la quatrième plus grande étendue d'eau intérieure du monde.

Le problème de l'agriculture

Les trois quarts des humains souffrant de la faim sont des cultivateurs ou d'anciens paysans, condamnés à l'exode vers les bidonvilles des métropoles urbaines ou éventuellement dans des camps de réfugiés. Le nombre de faméliques et d'indigents dans les campagnes ne baisse pas malgré un exode rural de 50 millions de personnes par an ; il y en a 40 millions chaque année. Être producteur de denrées agricoles ne suffit pas pour protéger de la faim. Les paysans pauvres n'ont pas les moyens d'investir en semences, en engrais, et en outillage agricole. A ceci s'ajoute la concurrence due aux exportations des pays qui subventionnent leur agriculture.

Depuis le milieu des années 1990 la déréglementation des échanges, a privé les petits paysans du Sud de débouchés, les empêchant d'investir. En l'absence d'argent, de terre et de moyens de production plus performants que la seule force de leurs bras, il leur est difficile d'accroître rapidement l'offre locale afin de pourvoir aux besoins des foyers. Au Niger, au Mali, en Mauritanie, au Burkina Faso et au Tchad, il y a une diminution des pâturages, de faibles récoltes sont à prévoir. Ainsi, plus d'un million d'enfants sont atteints de malnutrition aiguë sévère (la forme la plus dramatique, qui engage le pronostic vital des enfants qui en sont atteints).

Pour faire face aux nécessités alimentaires de l'humanité, l'agriculture a besoin de terres cultivables. Celles-ci sont très irrégulièrement distribuées à la surface de la planète, disponibles en quantité limitée et susceptibles de se détériorer, notamment avec les engrais qui ont une persistance très importante dans le sol.

La pauvreté

748 millions de personnes sont confrontées à l'extrême pauvreté, i.e. elles vivent avec moins de 2 \$ par jour.

Dans les pays en développement, les femmes nécessiteuses qui sont enceintes n'ont pas accès aux soins prénataux faute de moyens et elles accouchent sans assistance sociale. La survie de ces enfants est déjà en péril, leur accès à l'école est lui aussi compromis et donc la probabilité d'avoir un faible revenu plus importante : ce cycle infernal se transmet de génération en génération. Le développement économique et social est réduit par la pauvreté. Cependant, les plus grandes fortunes privées augmentent et ne cessent de prospérer. D'après l'académie d'agriculture de France, la plus grande fortune mondiale se monte à 112 milliards de dollars alors que le PIB du Sénégal ne dépasse pas 5 milliards.

Ces inégalités existent à l'intérieur même des pays. Par exemple au Brésil, les 10% des plus pauvres ont 0,7% du revenu, les 10% les plus riches 47%. L'indicateur du développement humain (IDH), permet de jauger le bien-être de manière plus complète que le PIB. Il tient compte du revenu en parité de pouvoir d'achat, du taux d'alphabétisation des adultes, du niveau d'instruction et de l'espérance de vie à la naissance. Pour l'ensemble des pays en voie de développement, l'espérance de vie à la naissance a augmenté de 16 ans de 1960 et 2005. Pourtant le différentiel d'espérance de vie avec les pays riches demeure encore très important. Par exemple, au Burkina Faso, l'espérance de vie à la naissance est de 35 ans plus faible à celle des Japonais. Pour les pays appartenant à la classe de développement humain faible (31 pays dont 28 sont en Afrique sub-saharienne), à savoir 9% de la population mondiale, l'espérance de vie à la naissance est de 46 ans soit 32 ans de moins que dans les pays ayant un indicateur élevé. Les produits alimentaires dont ils dépendent sont financièrement inabordables, on constate des inégalités de fortune à travers le monde, et quelquefois même à l'intérieur des pays.

La pression financière engendrée par les pays riches

La souveraineté alimentaire correspond au droit des pays de déterminer leur politique agricole et alimentaire, de défendre et réglementer leur production et leurs échanges agricoles avec pour objectif un développement durable et une définition de leur degré d'autonomie alimentaire, dans des conditions de travail et de rémunération décentes. Les pays en développement ont des dettes colossales. Les pays prospères acquièrent leurs produits à moindre coût, et les revendent de plus en plus cher ce qui ne fait que renforcer la pauvreté de ce pays le rendant tributaire de l'aide internationale. Ainsi, le fardeau de la dette entraîne une chute de la souveraineté alimentaire qui a des retentissements sur les pays les plus miséreux.

Manque d'organisation et de moyens pour le développement

Un équilibre politique instable, ne permet pas un fonctionnement correct des institutions et une coordination efficace pour développer le pays. C'est un cercle vicieux difficile à briser.

Mauvaise gestion de l'aide internationale

Même quand elles parviennent à collecter les dons et l'aide de la communauté internationale, les organisations humanitaires rencontrent des obstacles au niveau coordination et planification des efforts pour acheminer cette aide aux plus démunis, et ce pour des raisons d'organisation et de difficultés géopolitiques.

6) Les objectifs et actions de l'ONU pour réduire la faim

L'Objectif « Faim zéro » est le second objectif défendu par l'ONU dans sa politique « Développement durable »

1. D'ici à 2030, éliminer la faim et faire en sorte que chacun, ce qui passe en particulier par la situation des personnes pauvres et les personnes en situation vulnérable, y compris les nourrissons, ait accès tout au long de l'année à une alimentation saine, nutritive et en quantité suffisante.
2. D'ici à 2030, mettre fin à toutes les formes de malnutrition, y compris en réalisant d'ici à 2025 les objectifs arrêtés à l'échelle internationale relatifs aux retards de croissance et à l'émaciation parmi les enfants de moins de 5 ans, et répondre aux besoins nutritionnels des adolescentes, des femmes enceintes ou allaitantes et des personnes âgées.
3. D'ici à 2030, doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires, y compris en assurant l'égalité d'accès aux terres, aux autres ressources productives et intrants, au savoir, aux services financiers, aux marchés et à la promotion d'emploi autres que ceux appartenant au domaine agricole.
4. D'ici à 2030, promouvoir les systèmes de production alimentaire mettant en œuvre des pratiques agricoles durables qui permettent d'accroître la productivité et la production, tout en contribuant à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols.

5. D'ici à 2020, préserver la diversité génétique des semences, des cultures et des animaux d'élevage ou domestiqués et des espèces sauvages apparentées, y compris au moyen de banques de semences et de plantes bien gérées et diversifiées aux niveaux nationaux, régionaux et internationaux, et favoriser l'accès aux avantages que présentent l'utilisation des ressources génétiques et du savoir traditionnel associé ainsi que le partage juste et équitable de ces avantages.
- 6 Accroître, notamment dans le cadre du renforcement de la coopération internationale, l'investissement en faveur de l'infrastructure rurale, des services de recherche et de vulgarisation agricoles et de la mise au point de technologies et de banques de gènes de plantes et d'animaux d'élevage, afin de renforcer les capacités productives agricoles des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés.
- 7 Corriger et prévenir les restrictions et distorsions commerciales sur les marchés agricoles mondiaux, y compris par l'élimination parallèle de toutes les formes de subventions aux exportations agricoles et de toutes les mesures relatives aux exportations aux effets similaires, conformément au mandat du Cycle de développement de Doha.
- 8 Adopter des mesures visant à assurer le bon fonctionnement des marchés de denrées alimentaires et des produits dérivés et faciliter l'accès rapide aux informations relatives aux marchés, y compris les réserves alimentaires, de sorte à limiter l'extrême volatilité du prix de ces dernières.

Introduction à la transgénèse

Depuis le développement de l'agriculture et de l'élevage, l'Homme a cherché à modifier les êtres vivants. Progressivement, l'homme a sélectionné les végétaux et les animaux qui répondent mieux à ses besoins en créant des variétés végétales et des races animales.

1) La méthode traditionnelle

La méthode traditionnelle d'amélioration des semences consiste à réaliser des croisements entre plantes d'une même espèce pour créer des échanges de matériel génétique non ciblés et sélectionner les individus qui présentent des caractères agronomiques intéressants. Malgré tout, cette méthode est longue et

atteint rapidement ses limites lors de croisement entre espèces proches. Cette méthode est aussi aléatoire : des caractères jusque-là inconnus peuvent apparaître et se révéler défavorables par la suite.

Les avancées de la biotechnologie visent à apporter de nouvelles techniques afin de pallier aux désavantages de la méthode traditionnelle : par exemple en induisant artificiellement des mutations dans le génome ou en créant des hybrides entre individus appartenant à deux espèces de plantes différentes. Cependant, ces techniques restent aléatoires comme dans le cas des croisements traditionnels et des modifications peuvent survenir dans le génome et passer inaperçues.

2)La transgénèse

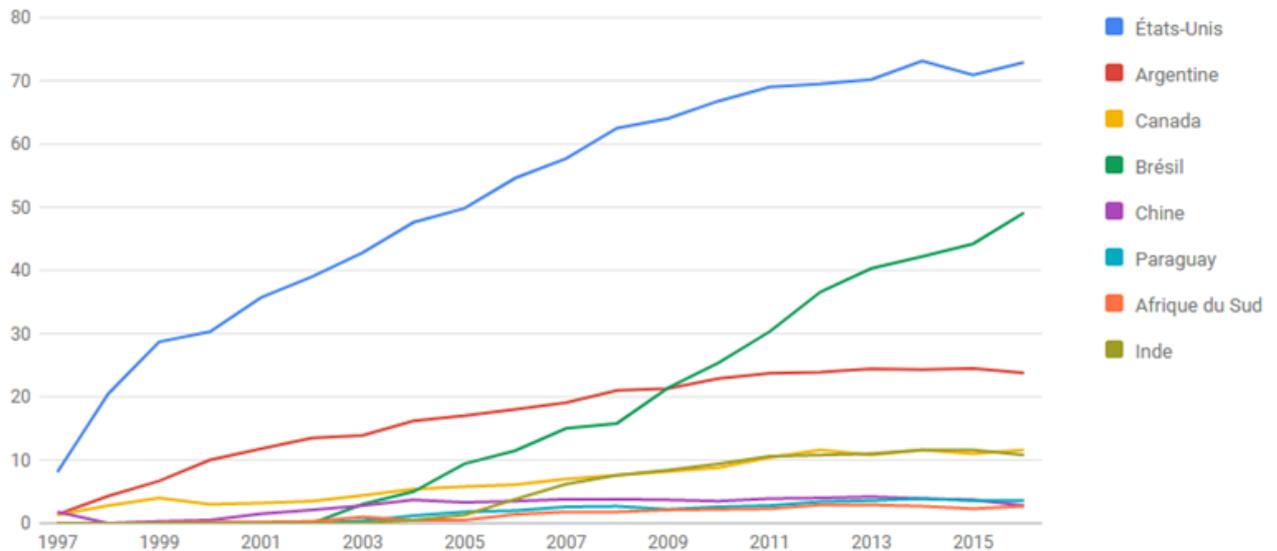
Dans les années 80, une nouvelle technique de développement des plantes est mise au point : la transgénèse.

La transgénèse permet non seulement d'introduire des caractères souhaitables provenant d'autres variétés de la plante, mais aussi d'ajouter des caractères provenant d'autres espèces non apparentées. Cette technique est possible grâce à des « ciseaux » moléculaires qui permettent de couper des fragments d'ADN et de les insérer dans l'ADN d'un autre organisme. Plus récemment, le développement d'une technique appelée CRISPR-Cas9 a révolutionné la facilité à modifier les génomes. La différence fondamentale de cette technique de génie génétique est que le génome peut être facilement modifié d'une façon beaucoup plus ciblée et précise. Cette technique est très puissante puisqu'elle offre potentiellement la possibilité d'introduire rapidement n'importe quel caractère nouveau. Cette technique d'édition du génome est donc intrinsèquement plus rapide, plus précise et demande l'utilisation de moins de plants.

Une fois obtenue, la plante devient la plante modèle pour la sélection traditionnelle. Commercialisée pour la première fois aux Etats-Unis en 1994, cette technologie a mené à la culture de PGM (Plantes génétiquement modifiées) sur environ 1.7 millions d'hectares de terre. Mais en 2015, un total de 28 pays a cultivé les plantes transgéniques sur une superficie globale de 179.7 millions d'hectares. Cela représente plus de 10% des terres cultivables du monde.

Malgré son succès commercial, l'opinion publique sur l'utilisation des PGM dans l'industrie agro-alimentaire reste divisée. L'introduction des techniques d'édition du génome au règne animal a donné lieu à un débat plus large sur les préoccupations bioéthiques touchant les sphères sociales, économiques et environnementales. Il s'agit notamment des effets sur les organismes non

ciblés, les cultures résistantes aux insectes, le flux génétique et la perte de diversité, ainsi que de la question de l'altération des processus naturels des entités biologiques. Il est dans notre propre intérêt de répondre à cette préoccupation si nous voulons mieux comprendre les bénéfices potentiels de cette nouvelle technologie.



L'évolution des superficies (en millions d'hectares) allouées aux cultures d'OGM selon les principaux pays producteurs

(Source: <http://www.ogm.gouv.qc.ca>)

3) Des risques potentiels

Un flux de gènes non contrôlé

Le transgène introduit dans la plante d'intérêt est présent dans l'ensemble des cellules constituant la plante. Il est présent également dans le pollen. Ce dernier peut être transporté soit par un vecteur naturel, le vent, soit par des vecteurs animaux (insectes pollinisateurs). En toute logique, cela peut potentiellement entraîner une dissémination du transgène via de la pollinisation croisée. Une Plante Génétiquement Modifiée peut donc potentiellement transférer son transgène à des plantes apparentées. La principale conséquence de cette dissémination non contrôlée est qu'une PGM peut transmettre ses caractéristiques de tolérance ou de résistance à des plantes sexuellement compatibles. Si un hybride transgénique présentait un certain avantage concurrentiel sur la population sauvage, il pourrait se répandre dans l'environnement et perturber potentiellement l'écosystème.

Apparition des résistances

La production d'une protéine insecticide par les plantes Bt pose de nombreux problèmes écologiques. L'insecticide produit cible un parasite ou un ensemble de parasites appartenant à la même espèce ou famille. Si l'insecticide est efficace, et que la PGM est massivement cultivée, la population parasite peut potentiellement disparaître de son milieu. La population parasitaire disparue cède alors sa niche écologique à une autre population parasitaire. Par ailleurs, en produisant en permanence une toxine, ces cultures pourraient accélérer l'apparition et la généralisation de résistances génétiques parmi les ravageurs.

D'autres insectes non ciblés *a priori* peuvent être affectés par les plantes Bt. Les rôles écologiques assurés par ces insectes, par exemple un rôle prédateur de parasites, peuvent être perturbés. La coccinelle *Adalia bipunctata*, des puces d'eau *Daphnia magna* en sont quelques exemples.

Culture / toxine Bt	Ennemi naturel	Proie/hôte herbivore	Impact ¹	Référence capture.		
Canola / Cry1Ac	<i>Diaeretiella rapae</i> ²	<i>M. persicae</i>	n.s.	Schuler et al., 2001		
Coton / Cry1Ac	<i>Copidosoma floridanum</i> ³	<i>Pseudoplusia includens</i>	négatif	Baur et Boethel, 2003		
	<i>Cotesia marginiventris</i> ³	<i>P. includens</i>	négatif	Baur et Boethel, 2003		
	<i>Geocoris punctipes</i> ²	<i>Spodoptera exigua</i>	négatif	Ponsard et al., 2002		
	<i>Nabis</i> sp. ²	<i>S. exigua</i>	n.s.	Ponsard et al., 2002		
	<i>Orius tristicolor</i> ²	<i>S. exigua</i>	négatif	Ponsard et al., 2002		
	<i>Zelus renardii</i> ²	<i>S. exigua</i>	n.s.	Ponsard et al., 2002		
Maïs / Cry1Ab	<i>Chrysoperla carnea</i> ²	<i>Frankliniella tenuicornis</i>	n.s.	Obrist et al., 2005		
		<i>Spodoptera littoralis</i>	négatif	Hilbeck et al., 1998b Raps et al., 2001 Dutton et al., 2002		
		<i>Ostrinia nubilalis</i>	négatif	Hilbeck et al., 1998b		
		<i>Tetranychus urticae</i>	n.s.	Dutton et al., 2002		
	<i>Cotesia flavipes</i> ³ <i>Orius majusculus</i> ² <i>Parallelorhogas pyralophagus</i> ³	<i>Rhopalosiphum padi</i>	n.s.	Dutton et al., 2002 Lozzia et al., 1998		
		<i>Chilo partellus</i>	négatif	Prütz et Dettner, 2004		
		<i>Anaphothrips obscurus</i>	n.s.	Zwahlen et al., 2000		
		<i>Eoreuma loftini</i>	négatif	Bernal et al., 2002a		
		Pomme de terre / Cry3A	<i>Aphidius nigripes</i> ³	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	négatif	Ashouri et al., 2001a
			<i>Coleomegilla maculata</i> ²	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	négatif	Riddick et Barbosa, 1998
<i>Hippodamia convergens</i> ²	<i>Myzus persicae</i>		n.s.	Dogan et al., 1996		
<i>Lebia grandis</i> ²	<i>L. decemlineata</i>		n.s.	Riddick et Barbosa, 2000		
Riz / Cry1Ab	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i> ²	<i>Nilaparvata lugens</i>	n.s.	Bernal et al., 2002b		

¹ Impact négatif sur la survie ou certains paramètres de développement (taux de développement, fécondité, etc.).

² Insecte prédateur (carnivore).

³ Insecte parasitoïde.

Tableau illustrant l'impact des cultures transgéniques 'Bt' sur le développement d'insectes prédateurs et parasitoïdes nourris de proies ou d'hôtes herbivores ingérant les lignées modifiées – Un sommaire des études récentes en conditions contrôlées. (Source : Michaud et al. Impact environnemental des cultures transgéniques cultivées au Québec. Université Laval, 2005)

La transgénèse peut-elle réduire la faim dans le monde ?

L'un des principaux arguments que les partisans des plantes génétiquement modifiées (PGM) avancent est leur capacité à contribuer à la réduction de la faim dans le monde. En 2011, 160 millions d'hectares de cultures biotechnologiques ont été cultivés, soit 10% des terres arables de la planète, ce qui représente une augmentation de 8% par rapport à l'année précédente.

Les cultures biotechnologiques sont le segment de l'agriculture dont la croissance est la plus rapide. Une grande partie de ces cultures est utilisée pour l'alimentation animale et le biocarburant, mais une partie de ces cultures se retrouve également directement dans des aliments transformés vendus en Amérique et en Asie. Cependant, malgré tous les succès commerciaux des cultures PGM, ont-elles eu un impact significatif sur la faim dans le monde ?

Les controverses que l'on peut trouver dans des publications de grande audience à propos des PGM sont nombreuses, et soulèvent des questions sur la sécurité ainsi que sur la viabilité de cette technique. Ces questions sont pertinentes, et en conséquence beaucoup de recherches ont été, et sont en cours de réalisation, bien que l'on ne trouve pas de position qui fasse l'unanimité sur le sujet. Une étude de *Elisa Pellegrino et al.*, publiée en 2018 dans la revue *Scientific Reports*, revue 8 (art. 3113) fait un état des lieux des impacts d'une telle pratique sur les différentes facettes de l'agriculture.

1) Une productivité accrue

Selon l'étude italienne, plus de 53 millions d'hectares de maïs génétiquement modifié ont été cultivés en 2015, soit près du tiers de la superficie mondiale de maïs planté. Les États-Unis sont le premier producteur mondial de maïs OGM avec 33 millions d'hectares (82 millions d'acres). Le Brésil, l'Argentine et le Canada en cultivent également de grandes quantités. Cette biotechnologie promet de stimuler la productivité et donc d'augmenter les revenus ruraux, un peu comme l'a fait la Révolution Verte dans une grande partie de l'Asie entre les années 1960 et 1980. Cependant, les augmentations de rendement sont modestes dans les pays pauvres où les conditions de croissance sont plus médiocres et où on utilise peu d'OGM. L'Afrique du Sud, qui cultive du maïs OGM depuis 2002, a en revanche enregistré une augmentation de rendement moyenne de 24,6%.

2) Des super-plantes ?

Les auteurs suggèrent qu'une adoption accrue du maïs OGM par les pays en développement pourrait offrir aux agriculteurs et aux consommateurs des avantages sanitaires substantiels. Les avantages pour la santé peuvent consister en la réduction du taux de mycotoxines contenus dans les plantes. Ces molécules produites par des champignons sont toxiques et cancérigènes pour l'homme et les animaux. Selon l'étude, la teneur en mycotoxines du maïs OGM était probablement inférieure à celle du maïs non transgénique, car les variétés génétiquement modifiées avaient diminué les dégâts causés par les cultures d'insectes de 59,6%. En effet, les dégâts causés par les insectes sont un des facteurs qui prédisposent le maïs à la contamination par les mycotoxines, parce que les insectes créent des lésions au niveau du grain qui favorisent la colonisation fongique, et les insectes eux-mêmes servent de vecteurs aux spores fongiques (Sinha, 1994 ; Wicklow, 1994 ; Munkvold & Hellmich, 1999).

3) Une meilleure conservation

Selon la FAO, certaines PGM peuvent présenter un avantage pour leur conservation. Dans les régions en développement, les pertes lors de la récolte, et du tri sont également élevées, mais elles sont beaucoup plus importantes pendant la transformation (14% à 21%) que dans les régions développées (<2%). La différence souligne la nécessité d'améliorer les techniques de transformation des produits périssables tels que les fruits et les légumes dans les régions en développement.

Les agriculteurs bénéficient de ce développement par une conservation plus longue de leurs produits, et donc moins de pertes pendant la transformation. Les consommateurs bénéficient de la disponibilité de fruits et légumes tels que les tomates transgéniques modifiées pour ramollir beaucoup plus lentement que les variétés traditionnelles.

Trois semences de tomates ont été brevetées :

Tomates (*Lycopersicon esculentum*) transgéniques 1401F, H282F, 11013F et 7913F, réduisent la dégradation du fruit en stoppant la production de polygalacturonase. On a introduit un gène tronqué qui a pour effet de stopper la dégradation de la pectine, responsable du ramollissement de la tomate la rendant moins consommable. Finalement, quels sont les effets ? Un mûrissement normal, mais une plus longue durabilité de la fermeté de la chair du fruit. C'est un bienfait au niveau de la production, et de la consommation, entraînant moins de gaspillage alimentaire.

Tomate (*Lycopersicon esculentum*) transgénique 1345-4, mise au point pour réduire pour retarder la maturation en inhibant l'accumulation d'éthylène.

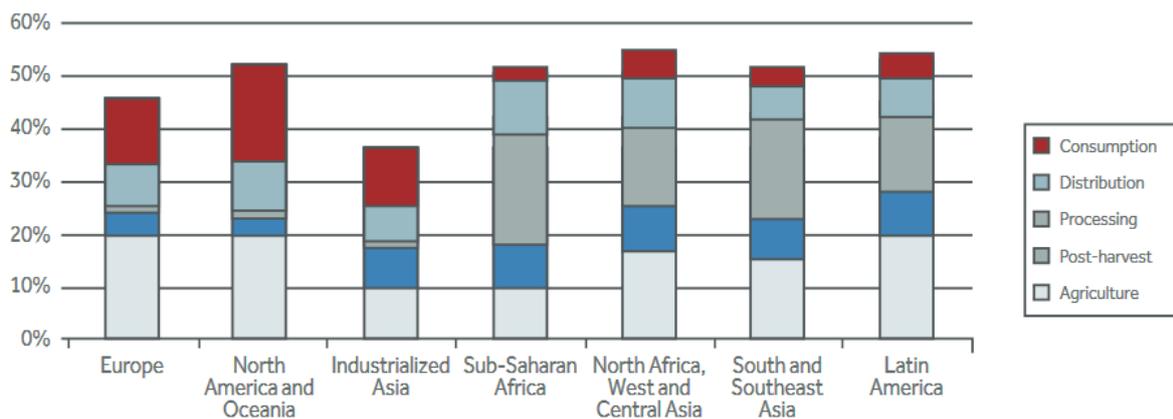


Figure 1. Percentage of the initial production lost or wasted at different stages of the FSC for fruits and vegetables in different regions. "Agriculture" indicates losses occurring during harvest operation and subsequent sorting and grading. "Post-harvest" indicates losses occurring during handling, transportation and storage immediately after harvest and before processing.

Le principal effet de cette manipulation génétique est que la tomate suspend sa maturation tant qu'elle n'est pas exposée à un environnement riche en éthylène. Sa maturation est donc contrôlable à souhait.

Tomate FLAVR SAVRMD mise au point pour réduire la dégradation de la pectine en supprimant l'activité de la polygalacturonase (PG). Cette variété présente une forte réduction de l'enzyme PG, qui est responsable du mûrissement de la tomate. Elle mûrit normalement, mais finalement l'épaisseur et l'uniformité de la chair augmentent, un peu comme pour la première variété.

La transgénèse végétale peut donc posséder des atouts permettant une réduction des pertes. Elle permet entre autres de développer des organismes résistants aux problèmes cosmétiques mineurs qui poussent les consommateurs à les refuser. Par exemple, les agriculteurs peuvent désormais cultiver des variétés de pommes et de pommes de terre résistantes au brunissement et aux ecchymoses minimisant ainsi les rebuts. Les pertes et le gaspillage alimentaire ont également un impact sur l'utilisation de l'eau, des terres, de l'énergie et des autres ressources naturelles utilisées pour produire des aliments. Les ressources utilisées pour produire des aliments éventuellement perdus ou gaspillés génèrent environ 4,4 gigatonnes d'émissions de gaz à effet de serre (équivalent CO₂) par an. Ici, la transgénèse, en allongeant la durée de vie du produit, diminue le gaspillage et surtout donne la possibilité à des populations en précarité énergétique de conserver plus longtemps les aliments.

4) Tolérance face aux stress biotiques et abiotiques

Le développement de cultures présentant une résistance intrinsèque au stress biotique et abiotique contribuerait au développement de cultures dans des environnements peu accueillants, ou à lutter contre des maladies. (Comme le « Rice Yellow Mottle Virus » en Afrique par exemple). En conséquence, ce virus a menacé la production de riz en Afrique.



Ici, au centre, du riz contaminé par le RYMV, entouré par du riz sain

Les méthodes conventionnelles n'ont pas réussi à générer des espèces sauvages résistantes. Les chercheurs ont utilisé le génie génétique pour développer des plants de riz transgéniques résistants au RYMV. Ces derniers ont présenté une résistance **absolue** contre ce virus.

De nouvelles cultures transgéniques tolérantes à divers stress abiotiques (sel, sécheresse, aluminium) sont en cours de développement. Ces cultures ont le potentiel de permettre aux agriculteurs de cultiver des sols qui n'étaient pas cultivables auparavant. Des terres peu fertiles deviennent cultivables : on augmente donc la production locale.

Ces variétés génétiquement modifiées protègent les cultures contre les maladies, les parasites et même les conditions climatiques extrêmes. Ces cultures résistantes aux insectes et à la sécheresse ont eu un impact particulièrement important (*Matin Qaim, David Zilberman, 2003*) sur les rendements dans les pays en développement où l'accès aux autres méthodes de lutte contre les parasites et aux options d'irrigation est limité.

5) Et si la faim n'était pas un problème de production ?

Au cours des deux dernières décennies, le taux de production alimentaire mondiale a augmenté plus rapidement que le taux de croissance de la population mondiale.

Selon la FAO (2009a, 2009b), le monde produit plus de 150% de la nourriture nécessaire pour nourrir tous les habitants de la planète.

C'est assez pour nourrir 10 milliards de personnes, soit le pic de la population mondiale prévu pour 2050. Mais les personnes gagnant moins de 2 dollars par jour, dont la plupart sont des agriculteurs sans ressources qui cultivent des parcelles de terre trop petites pour être rentables, ne parviennent pas à accéder aux denrées vitales. Le principal problème n'est donc pas le manque de nourriture, mais sa répartition entre les régions du monde et les individus.

Un marché agressif et libre-échangiste

La sécurité alimentaire tient compte non seulement de la disponibilité en nourriture mais aussi de l'accessibilité à cette nourriture. Elle est conditionnée par la région d'habitation, le pouvoir d'achat, la force de travail dont dispose un individu.

À partir du milieu des années 1990, les marchés des matières premières ont été progressivement déréglementés, avec une libéralisation accrue. En 1994, Le GATT organisa la libéralisation du marché agricole, dernier secteur protégé du libre-échange. L'ensemble des filières agricoles s'ouvrent au marché mondial. En parallèle, un marché de la "spéculation alimentaire" est créé : on invente des contrats financiers d'achat et de vente de produits agricoles. Ils deviennent des produits dérivés financiers librement échangés sur le marché financier. Ce système, conjugué à l'apparition d'immenses centrales d'achats aux pratiques mafieuses ("Starbucks sans filtre" de Luc Hermann et Gilles Bovon, 2018), ne permettent pas aux agriculteurs de réellement prendre en main leur avenir. Le prix des denrées alimentaires ne dépend plus uniquement des aléas climatiques, déjà problématiques, mais aussi des aléas des marchés financiers.

Sur les marchés mondiaux, du fait des pressions de marché, le prix des denrées alimentaires a considérablement baissé entre le début des années 1960 et le début des années 2000, époque où l'on atteint un minimum historique. Ce fut notamment une période durant laquelle les pays en développement, pour la plupart emprunteurs, ne furent plus en capacité d'assurer le remboursement de leurs dettes, ce qui les replongea dans la misère.

En conséquence, les pays en développement, déjà marginalisés du fait de leurs situations économiques, furent mis en compétition avec des pays dans lesquels l'industrie se porte mieux et dont les producteurs sont mieux soutenus. Dans de telles conditions, les producteurs les moins productifs et les moins soutenus n'ont que peu de chances de voir leur situation s'améliorer et de sortir de la pauvreté et donc de la faim.

	Etats-Unis	Mexique	Mali
Productivité moyenne des céréales (tonne/ha 2010-2012)	6,6	3,4	1,4
Soutien à la production agricole/ exploitation (\$ 2012)	38000	1300	300*

* estimation pour 2010
Sources: FAO et OCDE

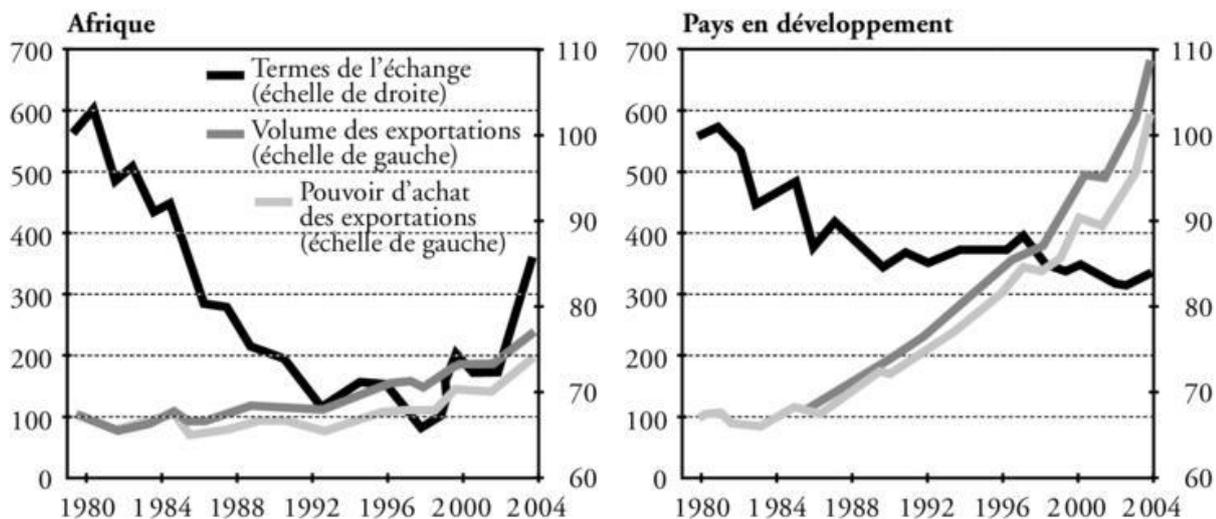
Les pays en développement sont donc coincés dans une situation dans laquelle ils dépendent des échanges internationaux pour leur développement économique (Pam Zahonogo, 2017), mais ces échanges internationaux ont un effet néfaste sur la sécurité alimentaire de leurs citoyens. (Mesfin Bezuneh et Zelealem Yiheyis, 2014).

La théorie de la détérioration des termes de l'échange – PREBISCH SINGER

Lors de la crise alimentaire mondiale de 2006-2008, les pays les plus pauvres ont été les plus durement touchés. Ils sont dépendants des importations, notamment en Afrique où certains pays sont dépendants à plus de 90 %.

La mondialisation est un mouvement d'augmentation des volumes et de la valeur des échanges commerciaux, humains et financiers à l'échelle du monde, visant à créer un marché globalisé. Le marché des produits agricoles n'échappe pas à la règle. Les pays les plus pauvres, peu industrialisés, exportent principalement des denrées alimentaires. Pour pouvoir en baisser le prix et s'aligner avec le cours mondial (établi à Chicago), les pays se spécialisent et produisent en particulier un seul ou quelques produits. Ils peuvent alors profiter d'économies d'échelle, c'est-à-dire que les coûts de production d'un kilo de denrée diminuent avec l'augmentation de la quantité produite.

Les pays se spécialisent. N'ayant plus cette relative auto-suffisance que procurait l'agriculture vivrière, le pays doit alors importer le reste de sa nourriture, ainsi que les autres produits nécessaires à son fonctionnement. Ce sont là les termes de l'échange : le ratio entre le prix des produits exportés et les prix des produits importés.



La dégradation vient du fait que le prix des importations, produits par les pays plus riches, ont vu leur prix s'envoler, quand les prix des produits exportés, agricoles, ont vu leur niveau stagner, voire baisser. L'économiste Josué de Castro notait qu'en 1954, on achetait une Jeep avec quatorze sacs de café alors qu'en 1962, il en fallait trente-deux.

Un rapport de la FAO, qui concerne la période 1961-2002, confirme cette théorie : « Bien qu'il puisse être difficile de confirmer et de quantifier une tendance mondiale à long terme au moyen de données statistiques, il ne fait aucun doute que les termes de l'échange des exportations agricoles de nombreux pays en développement se sont nettement dégradés ».

On observe alors une difficulté croissante des pays agricoles, c'est-à-dire qui exportent principalement des denrées alimentaires, à s'enrichir, puisque leurs importations leur coûtent toujours plus cher. L'inscription d'un pays dans une mondialisation sauvage, sans régulation, sans tarifs douaniers pour protéger son économie, mène à son appauvrissement, surtout dans le cas d'un pays qui produit des denrées alimentaires.

Dans ce contexte, quel rôle pour la transgénèse ? Cet appauvrissement n'est pas dû à un type de production ni à un type spécifique de culture : il est structurel, et donc la transgénèse végétale n'aura qu'un impact limité sur les pays concernés. D'autant plus que les graines génétiquement modifiées sont comptabilisées en importations, du fait du retard technologique des pays importateurs qui ne leur permet pas d'en produire sur place. La transgénèse végétale pourrait alors même empirer la situation. Le prix et le volume des importations bondiraient, tout en encourageant la monoculture. Les quantités

produites et vendues augmenteraient aussi, et selon la loi invariable du marché, quand l'offre augmente le prix baisse.

En conclusion, une transgénèse végétale au service d'une mondialisation non-maîtrisée ne serait sûrement pas bénéfique aux pays les plus mal nourris en empirant leur balance commerciale. Deux solutions s'offrent donc à ces pays. La première, décider de revenir à une agriculture réellement vivrière et traditionnelle. C'est une solution difficilement envisageable, du fait d'un désir légitime d'enrichissement. La seconde solution serait de migrer d'une économie agricole, à la compétition ultra-agressive et donc à des prix ultra-bas, à une économie plus industrielle, à la compétition plus douce.

Autre facteur : une structure de marché oligopolistique

Si le marché des graines génétiquement modifiées est ultra-dominé par 10 entreprises au niveau mondial, c'est à cause de sa structure naturelle de marché.

Les investissements financiers et humains nécessaires à la création et à la production de ces graines sont tellement colossaux qu'il ne peut y avoir assez de ressources que pour une poignée d'entreprises sur le marché. Ajoutons à cela une tendance actuelle à la concentration des entreprises, c'est-à-dire qu'elles ont tendance à racheter ou fusionner avec leurs concurrents, et on obtient un marché mondial dominé par une dizaine d'entreprises uniquement. L'illustration parfaite est le rachat de Monsanto par Bayer en 2018, qui a donné naissance à un groupe colossal de 30 000 employés détenant 20% du marché des semences et produits phytosanitaires.

Le problème des marchés oligopolistiques, avec une offre constituée de seulement quelques entreprises pour des millions de demandeurs, c'est que ces entreprises ont énormément de pouvoir de marché. Autrement dit, elles peuvent imposer leurs prix et leurs conditions aux agriculteurs qui leur achètent leurs produits. Cette situation non-concurrentielle est nuisible aux demandeurs de semence.

Un grand pouvoir de marché mène à des comportements de marché illégaux. Au lieu de fixer les prix selon la concurrence, celle-ci étant peu féroce, on fixe les prix au niveau maximum que les paysans sont prêts à payer pour le produit. Ce prix est supérieur au prix que l'on aurait en situation de concurrence. Ces pratiques abusives sont surtout pratiquées dans des pays aux institutions faibles ou corrompues, plus laxistes et moins aptes à protéger leurs citoyens.

Pour encore renforcer leur mainmise sur les agriculteurs, les semenciers utilisent des techniques dites de capture du consommateur. Elles rendent le consommateur prisonnier d'une seule entreprise en mettant au point des semences compatibles uniquement avec leurs produits phytosanitaires. Ces

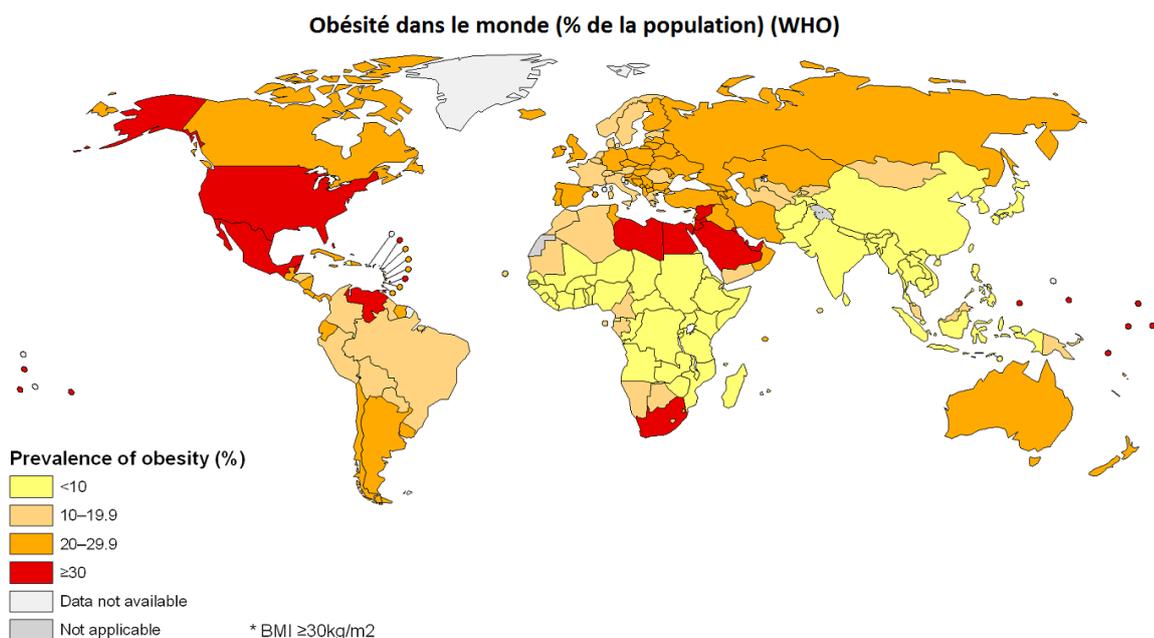
techniques, combinées à une infertilité des graines, conduisent l'agriculteur à des achats renouvelés chaque année, associées à l'achat de pesticides de la même entreprise. La transgénèse végétale, compte tenu de sa spécificité de produit très coûteux en recherche et développement, a longtemps été utilisée pour appauvrir les paysans.

Plus que la production de nourriture, le système qui encadre l'agriculture peut être considéré comme une des véritables causes des problèmes de famine dans le monde. Dans ce domaine, force est de constater que les biotechnologies n'ont que peu d'arguments à faire valoir dans le but de nourrir l'humanité.

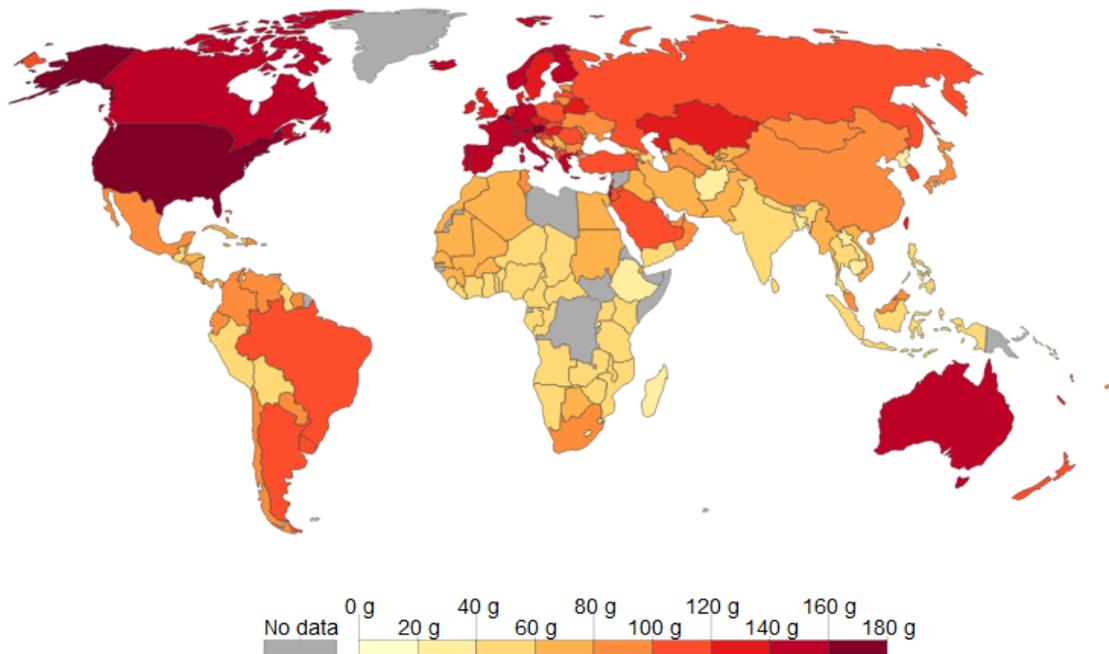
6) Un problème de mode de vie

Si le problème est fondamentalement économique, il possède peut-être aussi des origines sociétales.

Bien que les citoyens des pays déjà industrialisés soient riches, la situation de l'alimentation n'en est pas moins mauvaise. En effet, un constat des plus révélateurs est le fait que, alors que les pays pauvres souffrent de la famine, les pays développés affichent un taux de surpoids et d'obésité qui croît chaque année.



Apports alimentaires journaliers en matières grasses (g/personne) (FAO)



Source: Daily fat supply- FAO (2017)

Il est intéressant de remarquer que les pays consommant une même quantité de matière grasse par jour et par personne ne possèdent pas nécessairement un taux d'obésité similaire, par exemple l'Égypte et l'Argentine. Inversement, 2 pays présentant un taux d'obésité similaire n'ont pas nécessairement la même consommation de matières grasses, par exemple au Botswana et en France.

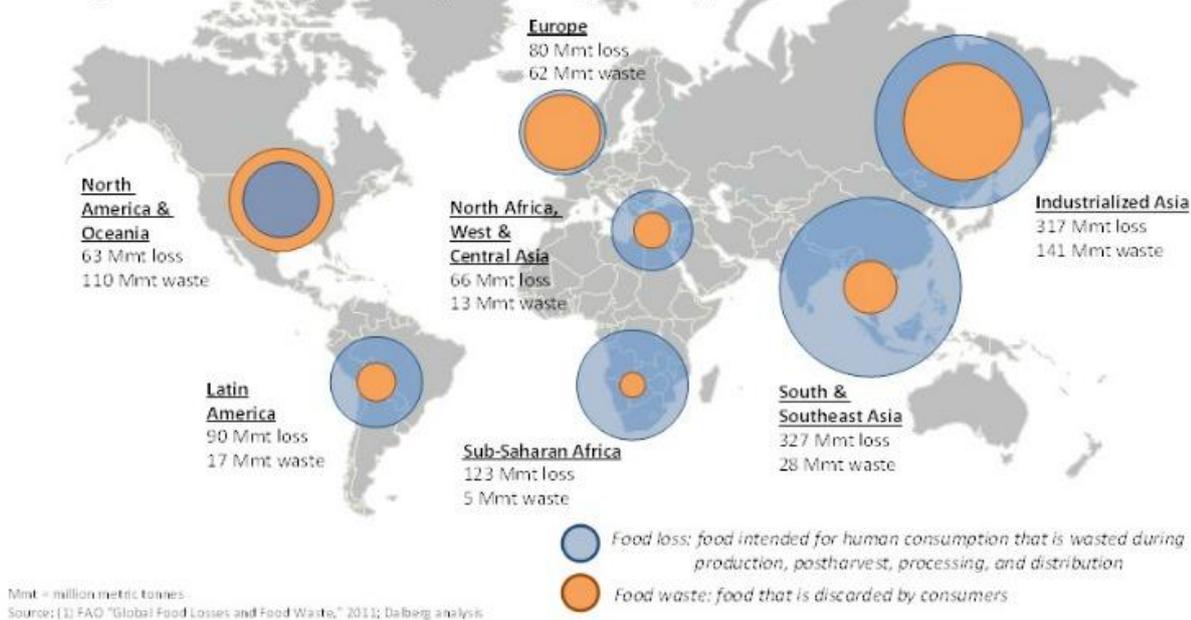
Ces différences s'expliquent en partie par le mode de vie des consommateurs. Les habitudes alimentaires individuelles varient grandement selon la situation économique et la culture du pays dans lequel on se trouve.

La disponibilité en denrées alimentaires, la culture gastronomique, et une mentalité de l'immédiateté sont autant de symptômes d'un gaspillage de masse dans les pays occidentaux. Une évolution des mentalités vers une alimentation plus parcimonieuse serait un premier pas vers une meilleure répartition des ressources dans le monde.

Cependant, nous parlons ici de nourriture, de cuisine. Les peuples occidentaux, notamment en Europe, sont effectivement très attachés à leurs traditions ainsi qu'à leurs gastronomies. L'évolution des consciences est freinée par des intérêts divers, que peuvent être le confort personnel, l'attachement aux traditions, l'intérêt économique et touristique que peut représenter cette denrée.

Food waste and food loss around the world, millions of metric tons¹

Unlike consumer driven waste in the developed world, over 90% of all wastage in developing Asia and Africa occurs during production, postharvest, processing, and distribution



Par ailleurs, le régime alimentaire des pays occidentaux commence à se développer dans des pays comme la Chine. Les pays occidentaux ont bénéficié d'un développement antérieur, et ont servi de modèle sociétal aux autres pays qui souhaitent un essor similaire. On remarque aujourd'hui dans les populations de ces derniers un fort intérêt pour la culture occidentale, dans plusieurs domaines y compris celui de la gastronomie. Quand nous serons 10 milliards sur Terre en 2050, le mode de vie occidental ne pourra être adopté par tout le monde, sous peine de condamner définitivement notre planète.

La transgénèse doit-elle mettre fin à la faim dans le monde ?

1) Le gaspillage alimentaire, à combattre prioritairement ?

Malgré le fait que la manipulation génétique offre effectivement une possibilité d'obtenir de plus grandes quantités de nourriture, il est important de comprendre ce qu'il advient des productions, et de s'intéresser à l'existence d'autres méthodes qui peuvent permettre d'atteindre ce même objectif. En effet, bien que le niveau de production montre un état encourageant en matière de nourriture disponible, la réalité montre qu'une grande partie des produits agricoles est perdue au cours de la chaîne de production, ou encore après, par les consommateurs.

En 2015, la FAO estimait que 30% des produits agricoles destinés à la consommation par les humains étaient ainsi perdus. Dans ce rapport, la FAO distingue les pertes du gaspillage alimentaires :

- Les pertes alimentaires sont principalement causées par le dysfonctionnement du système de production et d'approvisionnement en aliments ou de son cadre institutionnel et politique. Cela peut être dû à des limitations techniques et de gestion, telles que le manque d'installations de stockage adéquats, de la chaîne du froid, de pratiques de manipulation des aliments appropriées, d'infrastructures, d'emballage ou de systèmes de marketing efficaces.

- Le gaspillage alimentaire fait référence à la suppression de la chaîne d'approvisionnement d'aliments toujours propres à la consommation humaine. Cela se fait soit par choix, soit après que les aliments soient gâtés ou périmés en raison d'une mauvaise gestion des stocks ou de la négligence.

Le gaspillage alimentaire se produit généralement, mais pas exclusivement, chez les détaillants et les consommateurs, tandis que les pertes alimentaires ont lieu aux premiers stades de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, aux stades de la production, de post-récolte et de la transformation.

Les pertes et le gaspillage alimentaires ont des impacts négatifs importants sur la sécurité alimentaire, l'économie et l'environnement. La valeur des pertes et gaspillages alimentaires annuels au niveau mondial est estimée à 750 milliards de dollars. Les pertes et les déchets alimentaires peuvent réduire la disponibilité des aliments sur le marché, ce qui peut à son tour faire augmenter les prix des aliments et réduire l'accès des consommateurs à faibles revenus. De plus, vu leur qualité, les aliments dégradés doivent être vendus à un prix inférieur ou même être jetés au rebut.

Le niveau des pertes varie d'un stade de la chaîne d'approvisionnement alimentaire à un autre, en fonction du type de culture, du niveau de développement économique ainsi que des pratiques sociales et culturelles d'une région. Dans le cas des fruits et légumes, selon une étude de la FAO, les pertes à la récolte et au cours du tri prédominent dans les régions industrialisées, probablement en raison de la mise au rebut afin de respecter les normes de qualité fixées par les détaillants. L'industrie alimentaire peut apporter une contribution substantielle dans ce domaine en développant et en diffusant des techniques peu coûteuses et efficaces telles que le séchage.

2) Des alternatives

L'agriculture bio

Selon le rapport Agriculture biologique et sécurité alimentaire de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) des Nations Unies, **« L'agriculture biologique a le potentiel de satisfaire la demande alimentaire mondiale avec un impact mineur sur l'environnement et la santé. »**

La sélection accélérée

La modification de l'ADN des plantes par la transgénèse n'est pas la seule manière d'améliorer des végétaux. La sélection, aidée aujourd'hui par la mutagenèse, l'analyse des transcriptomes et surtout le marquage moléculaire, devient plus précise, plus rapide, plus efficace.

La sélection accélérée est un processus moins polémique dans l'esprit du grand public. Les croisements et la sélection, contrairement à la modification du génome, sont des processus dits "naturels" ou moins brutaux, moins démiurges. Mais ces processus prennent plus de temps et donc d'argent, pour le même résultat : modifier les propriétés d'une plante pour la rendre plus résistante, plus productive, moins sensible au stress.

« De moins en moins », proteste Michiel Van Lookeren, responsable de la recherche chez Bayer. « Alors qu'auparavant, nous croisons les plantes en aveugle, nous pouvons maintenant donner une direction à ces croisements, en effectuant notamment le tri directement à partir de l'ADN des plantes ».

Première technologie, le marquage moléculaire

Il est à la frontière entre les technologies de génie génétique et la sélection. Après avoir identifié un gène et la fonction associée, il consiste à le marquer. Ce processus permet de repérer très rapidement quels gènes expriment tel caractère, avant la taille adulte permettant donc une sélection des gènes recherchés plus rapide qu'avec la sélection classique. En faisant correspondre des séquences génomiques et des caractéristiques agronomiques d'une plante, on confirme une relation entre ce gène et ce caractère. Celui-ci est généralement la résistance à un herbicide, ou un indice de qualité ou de rendement. Cette technique permet de s'émanciper en partie de longues et laborieuses étapes d'évaluation au champ.

Le rendement, mais aussi des caractères plus subtils comme la précocité ou la résistance à la pourriture des tiges sont étudiés à la loupe. La mise en œuvre de ces méthodes a permis, pour le maïs, des gains de sélection deux à trois fois supérieurs aux méthodes dites classiques. Les augmentations de rendement, estimés en moyenne à un quintal par hectare et par an, devraient être au moins doublés dans les années à venir grâce au marquage moléculaire.

Ces gains peuvent être encore dépassés, grâce à d'autres techniques, notamment la mutagenèse. Flirtant avec la modification génétique pure, on fait subir aux plantes des traitements provoquant des mutations dans leur génome. Différents traitements peuvent être appliqués, choisis en fonction des résultats souhaités. L'exposition à des produits chimiques actifs va induire des mutations aléatoires. A l'inverse, l'irradiation par des rayons gamma va provoquer des délétions dans l'ADN. Enfin, le traitement le plus technique et se rapprochant le plus de la transgénèse consiste à utiliser des transposons (de courtes chaînes d'ADN issues de la plante elle-même). Ces séquences insérées altèrent l'expression de certains des gènes de la plante.

« Nous ne faisons qu'accélérer les choses en laboratoire, en multipliant les conditions de mutation », justifie Michiel Van Lookeren. De fait, cette démarche est utilisée au Japon, depuis les années 60, notamment sur le riz. « Beaucoup de mutations du riz, qui ont contribué à la révolution verte, ont été induites par des rayons gamma », précise-t-il.

Ces dernières années, nous avons pu pousser encore plus loin les limites de ces techniques. Le tilling, pour « *targeting induced local lesions in genomes* », permet notamment d'identifier et de caractériser des gènes d'une plante dont le génome n'est même pas séquencé. Un gain de temps et d'efficacité redoutable. Mais la sélection accélérée ne s'arrête pas là.

Il faut alors comprendre à quelle enzyme correspond un gène donné, et quel est son rôle physiologique. C'est alors grâce à deux éléments, les transcriptomes et les protéomes, que l'on a accès aux secrets de l'ADN. Ces deux éléments renseignent sur les séquences d'ADN exprimées et sur les protéines produites. On a donc accès aux gènes qui s'expriment seulement dans des conditions bien précises, environnementales ou météorologiques par exemple. Bien compliqué !

« La transgénèse est en fait beaucoup plus simple, elle demande moins de précision que la sélection », répond Alain Toppan de Biogemma. Il faut aussi souligner que cette sélection accélérée n'a été rendue efficace et réellement intéressante que récemment, grâce à des technologies nouvellement développées : l'automatisation, la miniaturisation des procédés, la bio-informatique...

« Modifier ou trier à l'aveugle sans essayer de comprendre les gènes impliqués et de moins en moins envisagé aujourd'hui », souligne Lise Jouanin.

Les recherches se poursuivent donc. On se penche sur des pistes jamais envisagées avant, comme la piste des chloroplastes. Ces organites, qui permettent la photosynthèse, présentent des propriétés intéressantes. N'étant pas diffusés par le pollen et possédant un génome indépendant les risques de diffusion involontaire hors du champ sont réduits.

Ces technologies qui améliorent la sélection sont capables de concurrencer, voire de surpasser les PGM. Il suffit de jeter un œil aux investissements chez Monsanto, Bayer Cropscience ou Biogemma : la sélection et les techniques qui l'entourent représentent déjà 50 % des programmes de recherche. « A l'avenir, les PGM ne se tailleront pas la plus grosse part du marché. Ils sont aujourd'hui trop compliqués à mettre sur le marché, et ne se justifient, pour des grandes cultures, que lorsque l'on a épuisé toutes les ressources de la sélection », estime Biogemma.

3)Le principe de précaution, le principe responsabilité

Qu'est-ce que le principe de précaution ? Il est au cœur du droit français, dans le cadre de la protection contre des risques. Quand ceux-ci sont mal évalués, c'est ce principe qui régit les décisions de justice. Il met l'accent sur le fait qu'il faut éviter de prendre des risques dont on n'a pas bien évalué l'ampleur. C'est un principe qui régit l'action publique. Le principe de précaution concerne donc les décisions publiques, notamment vis à vis des instances de contrôle comme l'agence du médicament, ou l'ANSES. Ce principe permet aux agences de prendre des décisions éclairées vis à vis de risques potentiels (et non avérés).

A l'origine très tourné vers les risques environnementaux, les avancées de l'agronomie et de l'agrotechnologie ont finalement élargi ce principe jusqu'aux problèmes de santé humaine. Le rapport remis au Premier ministre, le 15 octobre 1999, par Philippe Kourilsky et Geneviève Viney stipule : « Le principe de précaution doit s'imposer à tous les décideurs ». C'est donc une nouvelle lecture de ce principe : il s'agirait de le faire appliquer par « toute personne qui a le pouvoir de déclencher ou d'arrêter une activité susceptible de présenter un risque pour autrui ».

Que disait Jonas, philosophe à l'origine du principe susnommé ? Que « nulle éthique antérieure n'avait à prendre en considération la condition globale de la vie humaine ainsi que l'avenir lointain et l'existence de l'espèce elle-même ». A l'origine de sa réflexion, les avancées scientifiques. Jamais auparavant l'humanité n'avait eu les clés et le pouvoir de rendre sa propre planète

inhabitable pour sa propre espèce. Evidemment, il souligne que ce pouvoir n'est pas né des cerveaux suicidaires de scientifiques, mais de techniques pouvant avoir un impact positif sur certains aspects, mais dont l'utilisation à grande échelle, ou sans contrôle moral ou humain, pourrait provoquer l'extinction de l'espèce ou la destruction de la vie sur Terre, dans un processus cumulatif de conséquences méconnues.

La question posée serait donc celle de la maîtrise *éthique* de la maîtrise *technique*. C'est une petite révolution de la définition de responsabilité que Jonas nous offre ici. Il affirme que la responsabilité n'est pas l'imputation d'un sinistre à un acte passé, mais comme un engagement à l'égard de l'avenir. Précurseur des théories du développement durable ...

A la différence que ce principe s'adresse uniquement aux personnes au pouvoir, celles qui détiennent le pouvoir décisionnel : en période d'incertitude sur les risques à prendre, ils doivent être guidés par ce principe responsabilité, qui interdit de prendre une décision qui pourrait *potentiellement* mener à la destruction de la vie sur Terre. Les exemples du sang contaminé ou de la vache folle n'ont fait que renforcer l'adhésion à ce principe dans l'esprit du public, qui souhaite avant tout des décisions prises avec discernement.

Conclusion

Si la faim est une réalité atroce touchant une personne sur neuf sur la planète, sa résolution ne passe pas forcément par la transgénèse végétale. Si les PGM peuvent améliorer la productivité d'un champ ou modifier une plante pour la faire pousser en milieu hostile, aujourd'hui la production mondiale de denrées permet de nourrir 150% de la planète. Deux racines de la faim se dessinent alors : un système économique violent et un régime alimentaire trop carné et déséquilibré. Deux racines que la transgénèse végétale aura du mal à couper.

Bibliographie

- Yves Bertheau. *Nourrir le monde : quelle position pour les biotechnologies ?* Courrier de l'Environnement de l'INRA, 2016, 66, pp.9-24. <hal-01578259>
- Rezaei, M.;Liu, B.; International Nut and Dried Fruit Council, 28 Jul 2017, "*Food loss and waste in the food supply chain*"
- Holt-Giménez, Eric & Shattuck, Annie & Altieri, Miguel & Herren, Hans & Gliessman, Steve. (2012). *We Already Grow Enough Food for 10 Billion People ... and Still Can't End Hunger*. Journal of Sustainable Agriculture - J SUSTAINABLE AGR. 36. 595-598. 10.1080/10440046.2012.695331.
- Elisa Pellegrino, Stefano Bedini, Marco Nuti, Laura Ercoli, Scientific Reports 8 (3113), 2018, *Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data*
- Jennie Schmidt, OGM c. non-OGM : *mise à jour sur les coûts de production de 2015 dans une ferme états-unienne.*
- Marc Brazeau, Bio c. OGM c. conventionnel : *le débat s'intensifie sur les rendements et la durabilité*
- FAO Water reports 41, *Yield gap analysis of field crops: Methods and case studies*
- Graham Brookes & Peter Barfoot (2017) *Farm income and production impacts of using GM crop technology 1996–2015*, GM Crops & Food, 8:3, 156-193, DOI: 10.1080/21645698.2017.1317919
- Yongbo Liu, Xubin Pan, Junsheng Li. *A 1961–2010 record of fertilizer use, pesticide application and cereal yields: a review*. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2015, 35 (1), pp.83-93. <10.1007/s13593-014-0259-9>. <hal-01284272>
- FAO, SAVE FOOD: *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction*
- Paul McDivitt, Genetic Literacy Project, February 19, 2018, *Does GMO corn increase crop yields? 21 years of data confirm it does—and provides substantial health benefits*
- Graham Brookes & Peter Barfoot (2017) *Farm income and production impacts of using GM crop technology 1996–2015*, GM Crops & Food, 8:3, 156-193, DOI: 10.1080/21645698.2017.1317919
- Wilhelm Klümper, Martin Qaim, Plos One, November 3, 2014, *A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops*
- Lauren C. Ponisio Leithen K. M'Gonigle Kevi C. Mace Jenny Palomino Perry de Valpine Claire Kremen *Diversification practices reduce organic to*

conventional yield gap, 282, Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences

Arlene Karidis, Apr 06, 2017, *Waste360, Dealing with Infrastructure and Finance Barriers to Tackle Food Waste*

FAO, *Causes and prevention of food losses and waste*

Melvin J. Oliver, *Mo Med.* 2014 Nov-Dec; 111(6): 492–507, *Why We Need GMO Crops in Agriculture*

Jean-Marc BOURNIGAL, François HOULLIER, Philippe LECOUCVEY, Pierre PRINGUE, Ministère de L'Agriculture, *30 projets pour une agriculture compétitive & respectueuse de l'environnement*

FAO, Forum d'Experts de Haut Niveau, Rome, 12-13 Octobre 2009, *L'agriculture mondiale à l'horizon 2050*

Bin Liu, Maryam Rezae, FAO Featured Article, *FOOD LOSS AND WASTE IN THE FOOD SUPPLY CHAIN*

Mesfin Bezuneh, Zelealem Yiheyis, *Journal of Economic Development*, 2014, vol. 39, issue 1, 63-78, *HAS TRADE LIBERALIZATION IMPROVED FOOD AVAILABILITY IN DEVELOPING COUNTRIES? AN EMPIRICAL ANALYSIS*

Griffin K. (1987) *World Hunger and the World Economy*. In: *World Hunger and the World Economy*. Palgrave Macmillan, London

Materne Maetz, Septembre 2012, *Réflexion sur les causes de la faim*

UNICEF, *La malnutrition dans les pays industrialisés*

Anoushka grover, toogoodtogo, *Changing culture to end food waste*

Mary Hoff, *Ensia*, *If everybody hates wasting food, why do we do it (and how can we stop)?*

Zengran Liu, Guangyi Zhang, Yi Zhang, Qiuxiao Jin, Jing Zhao, et al.. *Factors controlling mycotoxin contamination in maize and food in the Hebei province, China*. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2016, 36 (2), pp.39. <10.1007/s13593-016-0374-x>.

Sinha AK. 1994. *The impact of insect pests on a.atoxin contamination of stored wheat and maize*. In: Highley E, Wright EJ, Banks HJ and Champ BR (eds), *Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection*. (pp. 1059– 1063) CAB International, Wallingford, UK.

Wicklow DT. 1994. *Preharvest origins of toxigenic fungi in stored grain*. In: Highley E, Wright EJ, Banks HJ and Champ BR (eds), *Stored Product Protection: Proceedings of the 6th International Working Conference on*

Stored-product Protection. (pp. 1075–1081) CAB International, Wallingford, UK.

Munkvold GP and Hellmich RL. 1999. *Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids*. Plant Dis. 83(2): 130–138.

Matin Qaim, David Zilberman, 07 Feb 2003, Science, "*Yield Effects of Genetically Modified Crops in Developing Countries*"

http://www.ogm.gouv.qc.ca/utilisation_actuelle/murissement_retarde/tomate.html

De Schutter, Olivier. 2010. *Report submitted by the Special Rapporteur on the Right to Food*. Accessed May 4, 2012.

<https://www.usinenouvelle.com/article/la-selection-acceleree-une-alternative-aux-ogm.N37863>