

# Agriculture du futur : s'appuyer sur les savoirs et non les croyances

*Jean-Yves Le Déaut est membre de l'Académie d'agriculture de France, professeur de biochimie à l'Université Henri Poincaré de Nancy<sup>1</sup>. Il a été député de Meurthe-et-Moselle et président de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques jusqu'en 2017.*

La chimie est omniprésente dans des domaines très variés, dont l'agriculture et l'agro-alimentaire, alors que le mot chimie fait peur car il a souvent été associé à des catastrophes. J'ai été le co-rapporteur avec la sénatrice Catherine Procaccia de l'enquête de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques sur la chlordécone<sup>2</sup>, donc j'ai bien suivi ce dossier aux Antilles qui a

malheureusement laissé des traces. J'ai travaillé au niveau du Parlement sur beaucoup de dossiers controversés, comme par exemple, ceux de l'utilisation de l'oxyde de titane, des nitrites dans l'alimentation, ou de l'utilisation des néonicotinoïdes<sup>3</sup>. Je pourrais multiplier les exemples.

Si aujourd'hui on se pose cette question primordiale : « *La chimie et les biotechnologies sont-elles compatibles*

1. [www.nancy54.com/universite-henri-poincare](http://www.nancy54.com/universite-henri-poincare)

2. La chlordécone est un insecticide organochloré qui a été utilisé contre le charançon du bananier entre 1972 et 1992 dans les Antilles.

3. Les néonicotinoïdes, également des insecticides, utilisés pour l'agriculture sont suspectés d'avoir des effets nocifs sur les insectes pollinisateurs tels que les abeilles.

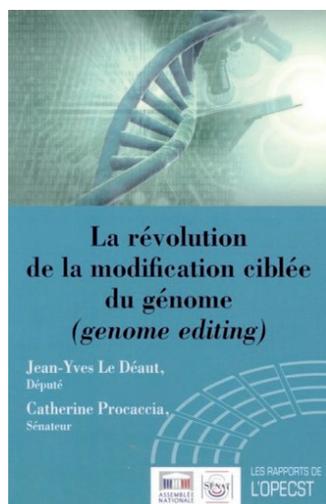


Figure 1

Couverture du rapport de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques sur la modification ciblée du génome, paru en 2017.

avec l'agriculture durable ? », c'est parce que, dans l'esprit du citoyen, le mot chimie est associé à ces controverses. Pourtant, il ne faut pas avoir honte de parler de chimie car dans le domaine de l'agriculture, la chimie a été à la base d'avancées et de progrès, et c'est une branche de la chimie, la biochimie, qui a permis d'expliquer le fonctionnement des organismes vivants. Quand j'étais professeur de biochimie, je disais souvent à mes étudiants dans un premier cours, que la chimie organique permettait, en augmentant la pression et la température, de faire dans des temps souvent longs des molécules petites, et que la biochimie permettait, grâce à des catalyseurs que la chimie a inventés – les enzymes –, de fabriquer des molécules complexes dans des temps très courts, dans des conditions compatibles avec la vie à température ambiante et à la pression atmosphérique.

En plus de ces points majeurs, la chimie est maintenant très régulée : des réglementations comme REACH<sup>4</sup> qui sont apparues, et des agences de régulation comme l'ANSES<sup>5</sup> en France, ainsi que les agences européennes, ont bien travaillé. Et pourtant... Ces expertises

4. REACH : *Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals*, règlement européen datant de 2006 qui met en place un système unique d'enregistrement des substances chimiques.

5. ANSES : Agence Nationale Sécurité Sanitaire Alimentaire Nationale qui assure des missions de veille, d'expertise, de recherche et de référence sur un large champ couvrant la santé humaine, la santé et le bien-être animal ainsi que la santé végétale.

sont de plus en plus contestées et leurs avis sont souvent inaudibles. Certains activistes réclament des expertises dites indépendantes, alors que les expertises collectives des agences ou des organismes de recherche font partie des missions de service public. Il n'y a d'expertise que l'expertise collective. Ce n'est pas une expertise que de venir à la télévision 30 secondes, dire que quelque chose est dangereux, ou d'organiser ou de médiatiser une position ou une opinion personnelle sur un sujet. Pour illustrer l'importance de l'expertise collective, je vais parler de ce divorce entre la science et la société à travers une technique nouvelle (abordée dans plusieurs chapitres de cet ouvrage), qui est la modification ciblée du génome. Je préfère ce terme au terme de « *genome editing* », ou d'édition du gène, qui est une traduction stricte de l'anglais, ou de « *réécriture du génome* », qui laisse penser qu'on trafique le génome.

## 1 La modification ciblée du génome, son impact dans l'agriculture

### 1.1. La technologie CRISPR-CAS9

J'ai rédigé en 2017, avec la sénatrice Catherine Procaccia, un rapport sur la modification ciblée du génome pour l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (Figure 1).

À cette occasion, nous avons rencontré Jennifer Doudna et Emmanuelle Charpentier, lauréates du prix Nobel de chimie 2020 (Figure 2).



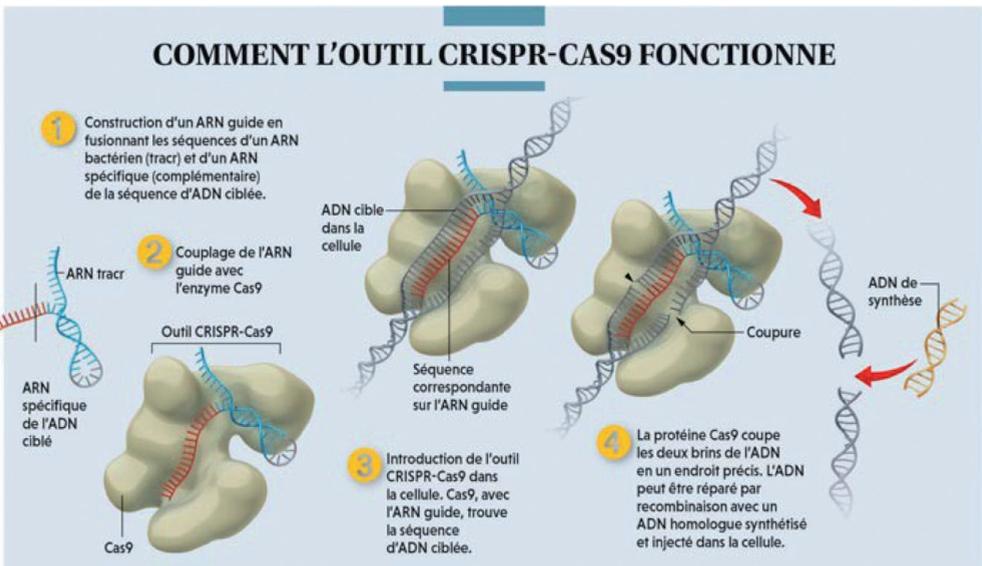
**Figure 2**

Rencontre entre M. Le Déaut, Mme Procaccia et les lauréates du prix Nobel de chimie 2020, Mme Doudna (à gauche) et Mme Charpentier (à droite).

Selon Jennifer Doudna, pour montrer l'évolution, les technologies des OGM étaient des sortes de marteaux de forgeron pour taper sur les gènes, alors que maintenant les nouvelles technologies génétiques (les NTG, « *New Breeding Techniques* », ou Nouvelles Techniques Génomiques),

les outils CRISPR-Cas9, sont des scalpels moléculaires qui pourraient avoir des applications très importantes dans l'agriculture.

La **Figure 3** résume le mécanisme de fonctionnement l'outil CRISPR-Cas9, qui ne sera pas développé dans ce chapitre, mais que l'on peut



**Figure 3**

Résumé schématique du mécanisme d'action de CRISPR-Cas9.

Source : *Pour la Science*, n° 456, page 29, octobre 2015.

résumer en disant que finalement ces généticiennes ont conçu un outil d'ingénierie du génome à partir de ce qui existait naturellement dans les bactéries.

Face à l'intrusion d'un phage<sup>6</sup>, la bactérie découpe non seulement l'ADN du phage (phase 4 de la **Figure 3**), ce qui le détruit, mais recopie de plus la séquence d'ADN pour faire face à des agressions ultérieures éventuelles. Ce découpage peut être fait de manière universelle par la grosse protéine Cas9. Un petit ARN guide est préalablement synthétisé (phase 1 de la **Figure 3**) et couplé avec la protéine Cas9 pour indiquer l'endroit exact où doit intervenir la protéine sur l'ADN du phage et constitue l'outil CRISPR-Cas9 (phase 2 de la **Figure 3**). Cet outil est introduit dans la cellule et retrouve grâce à l'ARN guide la séquence de l'ADN qu'il doit couper. Le mécanisme d'action de cette technologie en fait un outil universel qui permet d'aller couper un gène à l'endroit exact où c'est nécessaire, un peu comme le copier-coller en informatique.

Le potentiel d'applications dans l'agriculture est important. L'article d'André Fougeroux montre que depuis près de 10 000 ans que les hommes ont inventé l'agriculture, ils sélectionnent les variétés, récoltes après récoltes, pour améliorer leurs propriétés. Cette découverte représente une rupture fondamentale par rapport aux

technologies de fabrication des anciens OGM et constitue une avancée majeure par sa précision, son efficacité, sa puissance, son universalité, sa facilité d'usage, sa rapidité de mise en œuvre, et par son coût modéré.

## 1.2. Application au processus de sélection variétale

L'outil CRISPR-Cas9 permet d'accélérer et de cibler un processus de sélection variétale, qui dans la nature pourrait se dérouler de façon aléatoire, mais le croisement naturel prendrait beaucoup plus de temps et coûterait plus cher. Les scalpels moléculaires permettent de modifier de nombreuses propriétés des plantes. Ces modifications ne concernent plus seulement les résistances aux mauvaises herbes, l'augmentation de la tolérance aux maladies et aux insectes ou l'amélioration de la productivité. Ces nouvelles biotechnologies permettent la création de plantes moins consommatrices en intrants<sup>7</sup> et en engrais, utilisant mieux l'azote, améliorant les rendements, la qualité, la robustesse, allongeant la durée de consommation, améliorant la qualité nutritionnelle des aliments. Elles permettent de s'adapter mieux au changement climatique en sélectionnant des variétés plus économes en eau et plus résistantes au stress hydrique ou à la salinité.

7. Intrant est employé pour désigner l'ensemble des produits qui ne sont pas naturellement présents dans le sol et qui y sont rajoutés afin d'améliorer le rendement de la culture.

6. Un phage, aussi appelé bactériophage, est un virus qui infecte les bactéries.

## 2 Les réactions politiques et sociétales aux applications des outils moléculaires à l'agriculture

Ces questions sont majeures parce qu'on avait sans doute là l'occasion de réconcilier le décideur politique avec la science, mais cela n'a pas été le cas en France depuis plus de quinze ans où une inaction des pouvoirs politiques a pu être observée dans le domaine de l'agriculture jusqu'au printemps 2021. Pourtant, beaucoup de plantes modifiées par ces nouveaux outils moléculaires sont déjà autorisées dans le monde, et beaucoup sont en cours d'autorisation alors qu'aucune décision n'a été prise en France et que nous ne sommes pas prêts d'avoir des autorisations au niveau de notre pays.

Les décideurs auraient dû organiser et éclairer le débat sur l'utilisation de ces biotechnologies dans l'agriculture pour s'approprier ces nouvelles pistes de recherches et pour permettre à la France d'être plus innovante. La France a perdu des chercheurs et des compétences en matière d'expertise internationale comme ce fut le cas d'Emmanuelle Charpentier, prix Nobel de chimie 2020. Non seulement le dossier des OGM s'était enlisé, mais c'est maintenant la totalité des dossiers dans ce domaine qui s'est enlisée. En 1998, 800 essais étaient en cours, il n'en reste aucun aujourd'hui, car la Cour de justice de l'Union européenne a en 2018 assimilé ces produits, pour lesquels il

n'y a pas de transfert d'un gène étranger, à des OGM. Les détracteurs de ces techniques parlent « d'OGM cachés » pour qualifier les variétés créées en utilisant des techniques aléatoires ou ciblées de mutagenèse<sup>8</sup>. Ces controverses ont conduit à un nouvel enlèvement réglementaire. Pourtant, depuis vingt-cinq ans, aucune instance internationale n'a enregistré un problème sur la santé. Si, comme en Argentine, il y a eu des conséquences en termes d'environnement, cela était dû à de mauvaises pratiques culturales.

Cette définition des OGM prise par la Cour européenne en 2018 est aberrante, car le juge s'est basé, pour prendre les décisions, sur des connaissances scientifiques de 2001, et à cette date, les nouvelles technologies de sélection végétale issues de la découverte de l'outil CRISPR-CAS9 n'étaient pas connues.

En droit européen, un OGM est un organisme (à l'exception des êtres humains) dont le matériel génétique a été modifié d'une manière qui ne s'effectue pas naturellement par multiplication et/ou par recombinaison naturelle. L'annexe 1B considère comme OGM les produits issus de la mutagenèse ou de la fusion cellulaire, mais les exempte de la présente directive. Les

8. La mutagenèse désigne un ensemble de techniques destinées à obtenir des mutations génétiques chez un organisme vivant. Contrairement à la transgénèse, qui insère dans le génome d'un organisme un gène d'une autre espèce, la mutagenèse consiste à provoquer des mutations internes à l'organisme.

cas dans lesquels cette réglementation ne s'applique pas sont précisés et c'est donc le cas de la mutagénèse, pour lequel la sécurité est avérée depuis longtemps. La directive ne devrait donc pas s'appliquer aux organismes obtenus au moyen de certaines techniques de modification génétique qui ont été traditionnellement utilisées pour diverses applications et dont la sécurité est avérée depuis longtemps.

On aurait pu penser que les organismes issus de ces nouvelles technologies de sélection variétale (NBT, « *New Breeding Technologies* ») auraient le droit aux mêmes exemptions que la mutagénèse, mais ce ne fut pas le cas, au contraire, notamment en France, où le Conseil d'État a durci globalement sa position. Prenons par exemple les cultures de tournesol, qui couvrent 730 000 hectares en France dont 25 % sont aujourd'hui traités contre les adventices (ce qu'on appelle couramment « mauvaise herbes ») par des produits issus de la mutagénèse ; ces produits devront maintenant être soumis à autorisation alors qu'ils ne le seraient pas dans la législation européenne. Cette décision est juridiquement contestable et scientifiquement aberrante. Juridiquement contestable car le protocole de Carthagène de 2003 sur les organismes vivants modifiés reprend les mêmes exceptions que la législation de la directive européenne de 2018, et chacun sait qu'en droit, les conventions internationales priment sur le droit national. Néanmoins, cette décision nationale du

Conseil d'État n'a pas choqué, ou plutôt, on n'a pas voulu trancher sur cette question sur le plan politique.

Cependant, la situation évolue parce qu'un certain nombre de scientifiques européens et les conseillers scientifiques auprès de l'Union européenne demandent de s'appuyer sur des certitudes scientifiques sérieuses. Un rapport du 29 avril 2021 de la Commission européenne signale que les nouvelles technologies génomiques peuvent renforcer la durabilité du système agricole et qu'il ne faut pas ostraciser certaines d'entre elles. C'est aussi le discours de la commissaire à la santé et à la sécurité alimentaire, Stella Kyriakides, qui pense que la législation actuelle sur les OGM datant de 2001 n'est plus adaptée à ces techniques innovantes, et que les produits issus des NBT pourraient rendre les plantes résistantes aux maladies et leur permettre d'avoir besoin de moins d'intrants, s'adapter au changement climatique ou de présenter des qualités nutritionnelles supérieures.

Mais comment évolue le regard du public lorsque, à côté de cela, Greenpeace a lancé sur Internet fin octobre 2021 une pétition contre les NBT : « *Non aux OGM masqués, NBT de fausses solutions pour de vrais OGM* » ?

Face à de telles controverses, il faut toujours marteler que si le savoir doit être discuté, il ne peut être mis sur le même plan que les croyances ou les opinions.

Prenons comme exemple le cas de la vigne. Les viticulteurs sont obligés d'utiliser

un certain nombre de produits phytosanitaires ou chimiques pour lutter contre le mildiou et l'oïdium<sup>9</sup>. L'agriculture biologique reconnaît d'ailleurs la possibilité d'utiliser du sulfate de cuivre. Ne vaudrait-il pas mieux, plutôt que d'abîmer les sols avec du sulfate de cuivre, utiliser des plantes résistantes à l'oïdium et au mildiou et les développer ? Les biologistes de l'INRAE ont réussi à le faire après vingt ans de travail rigoureux de sélection, alors qu'on pourrait le faire rapidement avec les NBT. La réponse paraît évidente à tel point que le directeur de l'un des grands instituts mondiaux d'agriculture biologique a dit qu'il valait mieux sans doute à un moment donné, associer les biotechnologies à l'agroécologie.

Pourtant, la perception des citoyens et l'acceptation d'une innovation, parce qu'on est dans les controverses, est compliquée, et c'est pourtant la condition de sa diffusion.

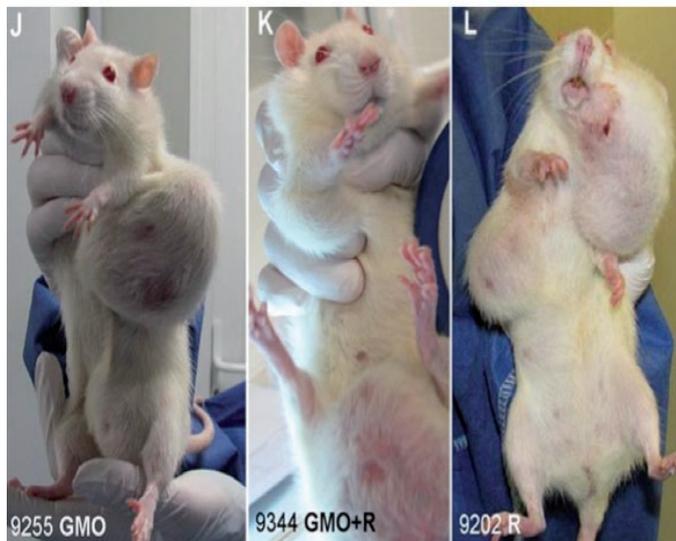
La réduction des intrants en agriculture et la régression des famines ne pourront être résolues que par la mise en commun de tous les outils dont on dispose, et c'est aussi le travail des politiques et de l'État de résoudre ces controverses en s'appuyant sur les savoirs et non sur les croyances.

Je voudrais rappeler cette affaire sur le maïs transgénique (*Figure 4*), appelée « l'affaire Séraleni », qui a fait l'objet d'auditions à l'Assemblée nationale, à la suite d'une campagne lancée par le journal *Nouvel Observateur*

présentant le maïs transgénique comme l'exemple que les OGM sont des poisons. L'article était basé sur des résultats obtenus par des chercheurs français dans le cadre de deux ans d'études sur deux cents rats nourris au maïs transgénique, et qui auraient développé des pathologies lourdes, des tumeurs telles que celles reportées sur la *Figure 4*. Il a été montré que ces tumeurs apparaissent de manière naturelle chez les rats de cette espèce et que les données statistiques de l'étude étaient mauvaises.

## EXCLUSIF. Oui, les OGM sont des poisons !

Des chercheurs français ont étudié secrètement, pendant deux ans, 200 rats nourris au maïs transgénique. Tumeurs, pathologies lourdes... une hécatombe. Et une bombe pour l'industrie OGM.



*Figure 4*

Le titre du *Nouvel Observateur* sur les dangers des OGM pour des rats.

9. Le mildiou et l'oïdium sont deux maladies provoquées par des champignons.

Sollicité à propos de cette étude par l'OPECST en 2012, Cédric Villani, mathématicien et écologiste, a dit : « *Il faut pour tenter d'aller vers le consensus, ne pas se contenter de la controverse, mais utiliser deux outils : le partage sincère des informations, le débat argumenté dans lequel on répond point par point aux objections de l'autre camp. Dans le cas présent, nous n'avons vu ni l'un ni l'autre* » (Figure 5).

L'INRAE ayant été chargé d'une contre-étude par le gouvernement a conclu cinq ans plus tard : « *Mais OGM Monsanto 810 et NK603 : pas d'effets détectés sur la santé et le métabolisme des rats* » (Figure 6).

Mais ces résultats scientifiques sont parus dans l'indifférence générale. Le mal

est fait à partir du moment où un risque ou un danger est médiatisé. C'était trop tard pour répondre aux craintes du grand public et cette mise au point scientifique n'a pas été médiatisée.

Pourtant, l'Assemblée nationale œuvre pour promouvoir le débat public. Une proposition assez exemplaire, à laquelle ont participé tous les groupes politiques, a été faite en 2017 à l'Assemblée nationale, appelée « Science et progrès dans la république » (Figure 7), dans laquelle le gouvernement est invité à mettre en avant des stratégies de communication, à organiser des débats avec les citoyens à l'établissement d'une balance entre les bénéfiques et les risques et à leur évaluation au niveau socio-économique, sanitaire et

Cédric Villani à l'Opecst en 2012 à propos de cette affaire :

« *Il faut donc tenter d'aller vers le consensus et ne pas se contenter de la controverse.*

*Pour aller vers le consensus nous avons deux outils, (1) le partage sincère des informations, (2) le débat argumenté, dans lequel on répond point par point aux objections de l'autre camp. Dans le cas présent, nous n'avons vu ni l'un ni l'autre.*

Résultats scientifiques, décembre 2018, dans l'indifférence médiatique

Figure 5

Critique de Cédric Villani à propos de l'étude parue sur le lien entre rats et OGM.



**Maïs OGM MON 810 et NK603 : pas d'effets détectés sur la santé et le métabolisme des rats**

Figure 6

Contre-étude de l'INRAE sur le lien entre rats et OGM, parue en 2018.

environnemental. Il faut utiliser des pratiques fondées sur l'usage raisonné des technologies numériques, en particulier l'apprentissage du tri de l'information qui faciliterait la distinction entre des savoirs établis et des opinions sans fondement scientifique.

Cette proposition importante a été votée à l'unanimité de l'Assemblée nationale en 2017. Quand Greenpeace dénonce l'impact sur la biodiversité des variétés obtenues par les NBT, les académiciens Georges Pelletier et André Gallais répondent : « *La mutagenèse a eu un impact positif puisqu'elle permet de développer de nouveaux caractères. Ce sont les pratiques intensives de l'agriculture qui affectent la biodiversité et non les nouvelles variétés de plantes génétiquement modifiées* ».

Il y a des problèmes de biodiversité aujourd'hui sur lesquels travaille l'Académie d'agriculture, mais ils ne sont pas dus aux techniques de NBT. Les NBT ne se résument pas aux OGM, il faut réconcilier les NBT et l'agroécologie, elles représentent des techniques plus larges, ce sont des leviers de la transition agro-écologique.

Pour progresser, il est nécessaire de combiner la totalité des techniques. Le renouvellement des pratiques agricoles doit jouer à la fois sur la diversification des cultures, mais aussi sur l'allongement des rotations, sur la lutte intégrée, sur la lutte mécanique et chimique, sur le biocontrôle, sur l'agriculture de précision et sur la génétique végétale, qui était la grande oubliée.

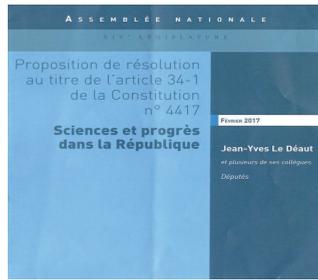


Figure 7

*L'article proposé par M. Le Déaut et d'autres collègues députés.*

Cent prix Nobel, dont quatre français, ont fait en juin 2016 une déclaration à l'adresse de l'ONU, qui est passée relativement inaperçue en faveur de l'usage accru de ces nouvelles techniques de sélection végétales, notamment dans les pays du Sud. Ils ont déclaré que continuer les campagnes de dénigrement constituerait un crime contre l'humanité. Toutes les agences scientifiques et réglementaires à travers le monde ont établi de manière répétée et cohérente que les cultures et les aliments issus des biotechnologies sont aussi sûrs, sinon plus, que ceux provenant de toute autre méthode de production.

La question de fond est de savoir comment à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle on va nourrir 8, 9, ou 10 milliards d'habitants sans prélèvement et destruction supplémentaires pour la planète alors qu'il y a déjà des famines actuellement dans le monde, comme par exemple à Madagascar. Pour pouvoir nourrir tout le monde, j'ai la conviction profonde qu'il est important de soutenir l'innovation, et celle-ci ne se résume

pas bien sûr aux techniques de sélection ; le rôle de l'informatique dans le développement de l'agriculture et des biotechnologies est aussi important, tout cela doit devenir complémentaire de l'agroécologie.

Mais si la France suit les avis récents de la Cour de justice de l'Union européenne, qui finalement assimilent la totalité des nouveaux produits à des OGM, avec une réglementation qui est très complexe, nous n'aurons

pas les moyens de lutter, d'avoir des plantes qui s'adaptent au réchauffement climatique, et nous serons dépassés par un certain nombre de pays comme par exemple les Anglais, qui sont en passe de modifier leur législation sur les NBT et qui viennent d'autoriser la culture d'un blé qui a été transformé par des NBT.

Si nous refusons d'appliquer ces technologies, l'Europe est mal partie.

## Conclusion

Cette nouvelle législation sur les NBT démontre que les frontières entre la précaution qui est nécessaire (j'ai voté le « principe de précaution ») et l'inaction sont ténues. Cette évolution inquiétante prend sa source dans la confusion de plus en plus marquée entre ce qui relève des savoirs issus d'une démarche scientifique rigoureuse et ce qui relève des croyances ou des manipulations. On est aujourd'hui à la croisée des chemins.

Ce livre *Chimie et agriculture durable* pose les questions de savoir si chimie et agriculture durable sont compatibles. La chimie pourrait-elle devenir verte, plus sûre, plus efficace, plus propre ? À la lecture des différents chapitres, je pense que oui.

L'évolution de nos comportements dans le domaine alimentaire illustre cette problématique. Pendant très longtemps, l'ensemble de l'humanité a eu comme souci constant de subvenir à ses besoins en nourriture. Ce n'est plus aujourd'hui le cas dans les pays développés où le spectre de la famine ou de la disette s'est éloigné. Ils disposent aujourd'hui d'une nourriture abondante et de qualité. Il a fallu

pour cela que se mette en place une véritable révolution agricole pour parvenir à un accroissement de la productivité. Cela a nécessité à la fois une mécanisation de la production agricole et un recours très important aux produits phytosanitaires pour lutter contre les ennemis des cultures.

Pendant des siècles, la nourriture a suivi des circuits courts, les matières alimentaires de base étaient produites par des agriculteurs et étaient vendues sans modification au consommateur. Depuis quelques décennies, les aliments sont désormais des produits quasi-manufacturés. Ils voyagent sur des longues distances, la cuisine est faite à l'usine et le régime est fait à votre place. Ce que l'on mange s'est éloigné du produit brut. On peut d'ailleurs estimer que nos concitoyens souhaitent des choses contradictoires en plébiscitant des produits du terroir issus de circuits courts mais avec les mêmes garanties d'asepsie alimentaire que les produits de grande consommation.

L'inquiétude n'a jamais été aussi grande alors que de l'avis des experts l'alimentation n'a jamais été aussi saine. Les intervenants ont montré que cette évolution positive est bien sûr due à l'apport de l'innovation dans l'agriculture. Avec Claude Birraux en 2012, dans un rapport sur l'innovation, nous disions que l'innovation permet d'intégrer le meilleur état des connaissances à un moment donné dans un produit ou un service afin de répondre à un besoin exprimé par les citoyens ou la société. Cela a été le moteur de la révolution agricole. Les nouveaux outils apportés par la génétique sont, comme nous l'avons déjà dit, complémentaires des objectifs de l'agroécologie. Dans le domaine de l'agriculture, l'innovation peut donner à la société une vision pour l'avenir et éclairer les enjeux du futur. Comme l'a déclaré le philosophe Claude Debru dans un récent colloque

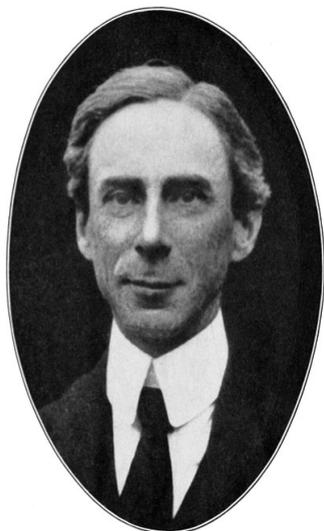


Figure 8

Bertrand Russel (Wikipédia).

organisé par l'Académie d'agriculture : « *Sans innovation il n'y a pas de progrès* ». Il faut bien sûr que le progrès soit maîtrisé et surtout qu'il soit partagé, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Le progrès est pour un certain nombre de pays et pas pour tous. On l'a vu sur le cas de la vaccination contre la COVID, qui a peu concerné le continent africain. Les risques ne doivent pas être balayés d'un revers de main mais plutôt évalués rationnellement en s'appuyant sur les savoirs, en tenant à distance les croyances, les partis pris biologiques, la propagande, les discours sectaires, car comme le disait fort justement Bertrand Russel (**Figure 8**), qui était à la fois mathématicien, prix Nobel de littérature et philosophe : « *La science n'a jamais tout à fait raison, mais hélas elle a rarement tout à fait tort et en général, elle a plus de chance d'avoir raison que les théories non scientifiques, il est donc rationnel de l'accepter à titre d'hypothèse* ».