

Les ressources génétiques, bases indispensables aux agricultures de demain

Alain P. Bonjean¹

À l'avenir, les ressources génétiques permettront de créer de nouvelles variétés adaptées aux évolutions sociétales et climatiques et deviendront des enjeux géopolitiques incontournables.

Entre 1970 et 2020, la population de la planète a bondi de 3,7 à 7,8 milliards d'humains. Dans une France poursuivant son exode rural, la population des campagnes a simultanément diminué de 29 % à 19 % et la population agricole active a chuté de 80 %, passant de 3 846 000 à 759 000 paysans tandis que le nombre d'exploitations a été réduit de 1 588 000 à 380 000, le tout accompagné d'une augmentation de la surface moyenne de 19 à 64,5 ha par exploitation. Au cours de ces dernières décennies, de nouvelles technologies ont émergé du progrès scientifique et le monde agricole en a été profondément transformé, tout comme l'ensemble la société. La perception de l'opinion publique désormais en majorité urbaine et sédentaire en a été modifiée.

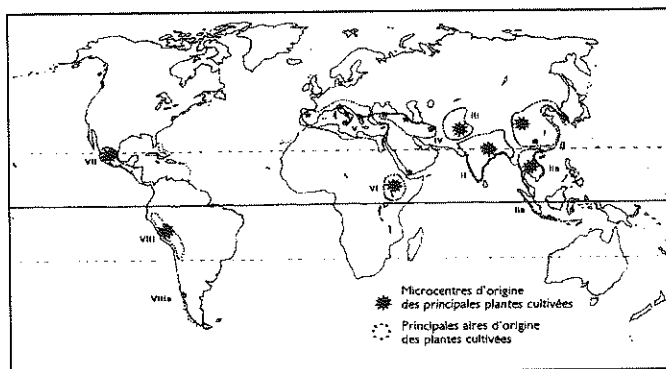
L'AGRICULTURE HEXAGONALE N'EST PAS EXCESSIVEMENT INTENSIVE

Divers sondages montrent qu'oubliant la diversité de nos agricultures hexagonales, l'opinion générale les perçoit trop souvent comme intensives alors qu'elles lui garantissent la souveraineté alimentaire pour une fraction du budget des ménages qui a baissé de 35 % en 1960 à 18 % en 2021. En outre, ces diverses agricultures entretiennent les paysages et maintiennent une balance commerciale agroalimentaire toujours excédentaire. Et elles ne sont pas excessivement intensives. Elles restent productives car toute entreprise se doit d'être rentable pour

¹ Alain P. Bonjean est consultant international, membre de l'Académie d'agriculture de France, du conseil d'administration de l'Association française des biotechnologies végétales et du comité de rédaction du Club Demeter.

perdurer et imaginative pour évoluer face aux défis majeurs qui sont les siens : la maîtrise des intrants (eau, engrais, produits phytosanitaires), la transition agroécologique attendue par la société, la nécessaire adaptation au changement climatique et la préservation de la biodiversité. Si l'efficacité de nos agricultures dépend du dynamisme et du professionnalisme de nos structures agricoles, elle repose sur le socle que constitue notre accès durable à un bien qui devrait rester commun à l'humanité : les ressources génétiques.

Centres d'origine des plantes cultivées de N.I. Vavilov



EN QUOI CONSISTENT LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ?

Même s'il y a eu des scientifiques comme Alphonse de Candolle (1806-1893), Charles Darwin (1809-1882) ou Alfred Russel Wallace (1823-1913) qui se sont intéressés au cours du XIX^e siècle à l'origine des plantes cultivées et aux animaux domestiqués, c'est sans conteste au grand botaniste et généticien russe Nikolai Ivanovitch Vavilov (1887-1943) que remonte le concept de ressources génétiques et du lien fondamental existant entre l'accès à la diversité biologique et la sécurité alimentaire des civilisations humaines. Spectateur des famines déclenchées par Staline qui ont touché dans les années 1930 au moins 30 millions de Soviétiques, il fut l'un des premiers à comprendre combien la collecte et l'étude des ressources des plantes cultivées de la planète et de leurs apparentées étaient une nécessité pour établir une agriculture productive et assurer son développement durable. Durant sa courte et tragique existence, il a effectué avec ses équipes des missions dans 65 pays

pour observer et collecter des milliers de cultivars². Il crée à Saint-Pétersbourg la première banque de gènes moderne, le *VIR NI Vavilov All Russian Institute of Plant Genetic Resources* en 1926, année où il publia ses « Études sur l'origine des plantes cultivées » dans lesquelles il décrivait la plupart des foyers d'agriculture. Pour revenir au présent, que ce soit dans le règne végétal ou animal, il me paraît opportun de distinguer ressources génétiques naturelles et agricoles. Les premières concernent des êtres vivants appartenant à des écosystèmes peu anthropisés, interdépendants d'autres espèces à l'intérieur de leur écosystème, lesquelles doivent être préservées *in situ*, dans des parcs naturels protégés. Les secondes sont plus restreintes et ont besoin de l'intervention humaine pour se perpétuer : il convient de les conserver dans des banques de gènes généralement *ex situ*, soit en collections.

DISPOSER DANS LE PRÉSENT ET DANS LE FUTUR DE LA BASE GÉNÉTIQUE LA PLUS LARGE

En 2019, pour les seules ressources phylogénétiques, le Comité technique permanent de la sélection des plantes cultivées (CTPS) en donne la définition suivante : « Matériel indispensable pour disposer dans le présent et dans le futur de la base génétique la plus large possible. » Il relève les catégories suivantes de plantes :

- 1 - formes sauvages ou espèces sauvages apparentées de l'espèce cultivée ;
- 2 - cultivars traditionnels, cultivars anciens ou récents ;
- 3 - cultivars d'usage courant à l'échelle commerciale qu'ils soient ou non de création récente ;
- 4 - souches génétiques spéciales (lignées de sélection avancée, lignées élites et mutantes) ; elles prennent la forme de semences ou de multiplication végétative ;
- 5 - on peut aujourd'hui y ajouter les matériels issus de la transgénèse, d'édition de gènes ou autres NBT et aisément transposer cette définition au règne animal.

Plus globalement, depuis les années 1950, l'amélioration génétique, développée à grande échelle pour augmenter les performances des plantes et des animaux, a contribué au niveau mondial à une hyperspécialisation des productions commerciales – maïs, blé, riz, soja pour le végétal et porc, poulet, bovin au niveau animal –. Ce qui pose des questions sur la robustesse des systèmes de production et suscite diverses

L'AMÉLIORATION
GÉNÉTIQUE A CONTRIBUÉ
À UNE HYPERSPÉCIALISATION
DES PRODUCTIONS
COMMERCIALES

² Variété d'espèce végétale n'existant pas à l'état naturel et résultat de manipulations génétiques.

inquiétudes. Pour éviter une trop grande érosion de la biodiversité, des mouvements de sauvetage de petites espèces végétales ou de petites races animales se sont depuis mis en place dans de nombreux pays. Il en est de même au niveau des micro-organismes et des champignons.

LA CONSERVATION DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE EST UNE PRÉOCCUPATION POUR L'HUMANITÉ

Du point de vue légal, la Convention sur la diversité biologique (CBD) – adoptée lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 – définit une ressource génétique comme « *du matériel d'origine végétale, animale, microbienne, ou autre, contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité* ». Elle la précise comme « *un matériel génétique ayant une valeur effective ou potentielle* » et y inclut les ressources génétiques conservées *in situ* et *ex situ*. Ce traité est une première tentative de reconnaissance en droit international par les pays signataires selon lequel la conservation de la diversité biologique est une préoccupation pour l'ensemble de l'humanité et est inséparable du processus de développement. Il regroupe trois objectifs principaux : la conservation de la biodiversité, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. Critiquée maintes fois pour être plus favorable aux pays du Nord qu'aux pays du Sud, la CBD a été amendée à plusieurs reprises. D'abord en 1996 lors de la réunion de Buenos Aires sur les savoirs autochtones et sur la diversité culturelle, puis par le protocole de Carthagène en 2000 sur la prévention des risques biotechnologiques, par la Convention sur la diversité biologique de Kuala-Lumpur en 2004, par la Conférence des parties de Curitiba en 2006. Enfin par la conférence de Nagoya de 2010 dont le protocole éponyme a élargi la composition génétique des ressources génétiques à leur composition biochimique et a renforcé, entre autres, la lutte contre la biopiraterie ainsi que la conférence de Montréal sur la biodiversité de 2015. Pour des raisons liées à la brevetabilité du vivant et à leur propension hégémonique, les États-Unis n'ont pas ratifié ce traité et la position de la Chine, de plus en plus impérieuse, n'est également pas claire.

LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES POUR RÉPONDRE AUX DÉFIS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

Pour l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), « *les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture sont les matières sur lesquelles le monde peut s'appuyer pour améliorer la productivité et la qualité des populations animales*

et végétales domestiquées, et ainsi pour maintenir en bonne santé les populations d'espèces sauvages, y compris celles utilisées en foresterie et dans le secteur de la pêche. La conservation de l'utilisation durable des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture est donc au cœur de la sécurité alimentaire et de la nutrition. Conserver et utiliser un large éventail de diversité – inter et intraspécifique – c'est se ménager des possibilités de faire face aux défis du futur ».

Les banques de semences constituent incontestablement, grâce aux génomes et aux profils biochimiques qu'elles regroupent, les archives de la phylogénie des espèces, de la domestication des plantes et des animaux au Néolithique et de la circulation préhistorique et historique de ces espèces ainsi que des étapes de leur sélection récente. Ces informations, souvent couplées avec des données archéologiques, linguistiques, des écrits, etc. sont si fondamentales que pour ma part, même si je le vois trop faire, je ne confierai pas la responsabilité d'un programme de sélection à une ou à un scientifique qui n'en aurait pas préalablement fait le tour.

Les banques de semences forment également un véritable pont entre notre présent et notre avenir à différents niveaux, et ce d'autant plus que les progrès du séquençage sont actuellement phénoménaux et à des tarifs devenus enfin raisonnables.

CRÉER DES VARIÉTÉS DE PLANTES ET D'ANIMAUX PLUS PRODUCTIVES, PLUS NUTRITIVES

Pour revenir aux besoins les plus basiques de la pyramide de Maslow, les ressources génétiques permettront au niveau alimentaire de créer des variétés de plantes et d'animaux plus productives, plus nutritives et moins interdépendantes du milieu contribuant à notre alimentation en volume suffisant. À titre d'exemple, on peut prédire que dans la seconde moitié du XXI^e siècle, une partie des protéines actuellement fournie par le soja le seront massivement par d'autres protéagineux comme certains lupins, le niébé, des macro-algues marines et même divers insectes. Par exemple, le ver de farine, *Tenebrio molitor*, qui se nourrit de denrées très sèches comme des rebus meuniers, titre plus de 60 % de protéines au niveau larvaire et fournit neuf acides aminés essentiels à l'homme. En matière d'oléagineux, une espèce relictuelle³ très rustique comme la cameline dont la culture

³ Une espèce relictuelle est une espèce qui vit dans un biotope devenu isolé et souvent très localisé, par exemple à la suite d'un changement paléo-environnemental ou climatique.

nécessite peu d'eau et qui est aisément éditable par CRISPR-Cas9 commence déjà à fournir des bio fuels décarbonés et pourrait se substituer partiellement au colza d'hiver gourmand en produits phytosanitaires du fait de son long cycle de production et de sa sensibilité à nombre d'insectes et de pathogènes.

Au niveau médical, la sélection sous LEDs en enceintes contrôlées tirée par le développement des fermes verticales conduit à imaginer la sélection moderne de plantes médicinales plus ou moins oubliées.

En matière de résilience des systèmes de production, le criblage des ressources génétiques va permettre de renforcer les capacités des systèmes agricoles à faire face aux aléas climatiques, aux évolutions des maladies et des ravageurs. Le blé tendre nous a déjà donné un résultat de ce type en permettant de trouver en quelques années de criblage des sources de résistance à la pyriculariose (*Magnaporthe oryzae*), maladie du riz qui s'est d'abord transmise lors du changement climatique au blé au Brésil en 1985, puis au Bangladesh en 2016 et en Zambie en 2018.

Cela se sait encore peu, mais face à l'exode rural qui touche toute l'Asie, l'*International rice research institute* (Irri) est en train de se lancer dans le criblage plus systématique de lignées non repiquées de riz. En effet, ses experts estiment que, dans la seconde partie du XXI^e siècle, il n'existera plus assez de main-d'œuvre pour effectuer le repiquage traditionnel des plants en Asie du Sud-Est et du Centre.

En matière écosystémique, les choix de ressources génétiques seront fondamentaux demain pour réguler les systèmes cultivés. Pour beaucoup d'espèces, des combinaisons de plantes, de champignons et de bactéries sont à imaginer pour optimiser les capacités des plantes à se nourrir d'engrais obtenus par mycorhization ou nodosités, accéder à plus d'eau du sol et développer leurs défenses vis-à-vis de stress biotiques ou abiotiques. L'agriculture du Québec nous en montre le chemin avec la firme *PremierTech*, pionnière dans ce secteur.

LE CRIBLAGE DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES VA PERMETTRE DE RENFORCER LES CAPACITÉS DES SYSTÈMES AGRICOLES À FAIRE FACE AUX ALÉAS CLIMATIQUES, AUX ÉVOLUTIONS DES MALADIES ET DES RAVAGEURS

LA PRÉSERVATION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES DEVIENT UN ENJEU GÉOPOLITIQUE

En 2024, il existe environ 1 750 banques de gènes sur terre détenant 4,9 millions d'accessions provenant de plus de 6 900 espèces pertinentes pour l'agriculture. Elles peuvent être regroupées en trois types :

1 - des banques nationales plus ou moins structurées : l'*USDA-ARS genebank* aux États-Unis, la *China National GeneBank*, la banque de gènes de l'*Inrae* en France ou en Israël *Gene Bank*.

D'autres sont internationales : les plus connues, même si ce ne sont pas les seules, sont les onze banques du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) qui conservent plus de 73 600 accessions de céréales, légumineuses, fourrages, racines, tubercules, bananes, principalement contrôlées par les États ;

2 - de rares banques supranationales telles la *Millenium Seed Bank* hébergée au jardin Royal de Kew au Royaume-Uni ou la *Svalbard Global Seed Vault* implantée sur l'île norvégienne du Spizberg ;

3 - des banques de gènes privées appartenant à des firmes semencières internationales, nationales ou régionales.

Dans notre actualité marquée par les dérèglements climatiques et les égarements géopolitiques, la question du contrôle des ressources génétiques nous entraîne inéluctablement sur les pentes hasardeuses des enjeux de pouvoir et du temps long. En temps de guerre et même de guerres dites hybrides comme en vit actuellement la planète, la préservation des ressources génétiques et le maintien de leur accès deviennent un enjeu militaire. Si leur destruction ou leur capture sont à éviter à tout prix, il convient de ne jamais sous-estimer les possibles actions de cyberguerre qui peuvent nuire à leur conservation ou à celles des informations qui leurs sont liées. Quelles que soient les menaces, la préservation des ressources génétiques, leur accès à tous dans le cadre de règles équitables et surtout dans la gestion dynamique de la biodiversité doivent toutefois rester des priorités sociétales dans des contextes agro-climatiques variés, réels ou simulés en enceintes contrôlées, afin d'en mieux exploiter les potentialités. À ce niveau, les enjeux sont ceux de toujours – alimentation et santé – mais ils touchent aussi aux grandes attentes de demain : besoins énergétiques, biomatériaux, adaptation au changement climatique, décarbonation, transport, etc.

Mobiliser rapidement au niveau des États plus de moyens humains et financiers pour mieux sécuriser et valoriser les ressources génétiques devient un devoir politique dans notre monde où les échanges de blocs à blocs ont de fortes probabilités de se voir fortement restreints à l'avenir. ■