

Décembre 2014
volume n° 4 / numéro n° 2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

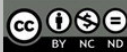
environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



Variétés et systèmes de culture

Quelle co-évolution ? Quelles implications pour l'agronomie et la génétique ?



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes. L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Mobiliser la diversité génétique pour un choix variétal plus large ; blocages et opportunités en agronomie et génétique

Claire BILLOT* - Christian LECLERC¹
Sélim LOUAFI¹ - Adeline BARNAUD²
Xavier PERRIER¹

¹UMR AGAP, Cirad, France

²UMR DIADE, IRD, France et LMI LAPSE, LNRPV, Dakar, Sénégal

*Auteur correspondant : claire.billot@cirad.fr

Introduction

Les objectifs assignés aux systèmes de culture ne peuvent se limiter à la recherche unique d'une production accrue, comme privilégiée par la Révolution Verte, voire quelque fois à des produits de meilleure qualité organoleptique. Ils incluent également et, de plus en plus, les services éco-systémiques et des fonctions de durabilité au sens large. Cela concerne notamment la gestion dynamique de la diversité allant des plantes cultivées jusqu'à l'écosystème dans son ensemble. Les enjeux sont tels qu'il faut dépasser les oppositions entre conservation *ex situ* et *in situ* et penser différemment les pratiques et les processus d'amélioration des plantes (Ahmadi *et al.*, 2013).

Ruptures technologiques et juridiques dans le secteur de l'amélioration des plantes

L'accroissement sans précédent de la connaissance des génomes, grâce aux pouvoirs de résolution apportés par les différentes techniques de séquençage, mais aussi des capacités de phénotypage, permet une caractérisation très fine des variations au sein des espèces cultivées et le long de leur génome. Ces évolutions techniques, mais aussi l'apparition de nouveaux cadres juridiques, l'importance prise par la recherche privée en amélioration des plantes et le recul concomitant de la recherche publique, bousculent en profondeur la manière de mobiliser et de valoriser les ressources variétales. Pourtant, tout se passe comme si les modèles de gestion des ressources génétiques et d'amélioration variétale restaient inchangés.

Ainsi, une récente tribune d'opinion publiée dans *Nature* (McCouch *et al.*, 2013) montre que les critères qui ont servi à penser la Révolution Verte continuent à guider les pratiques d'innovation variétale, en dépit des limites maintes fois reconnues à ce modèle. Cette tribune, intitulée « Feeding the future » en référence au grand programme américain sur la sécurité alimentaire,

souligne et rappelle de manière opportune l'urgence de tirer avantage du potentiel offert par la diversité génétique pour répondre au défi de la sécurité alimentaire dans le monde. Dans ce texte, la mobilisation des ressources génétiques reste toutefois associée à une finalité principale d'accroissement de rendements, la diversité considérée est uniquement celle qui est disponible dans les banques de gènes, et les outils à mettre en œuvre pour l'exploiter sont fournis par les nouvelles possibilités technologiques de la génomique, arguments déjà avancés précédemment sans grand succès.

Cette tribune est ainsi emblématique des difficultés à tirer toutes les conséquences des nouveaux contextes et enjeux dans lesquels les bénéfices potentiels de l'amélioration des plantes sont amenés à s'exprimer, et en amont, des nouvelles modalités qui permettent de mobiliser la diversité pour répondre aux défis de la sécurité alimentaire. En restant prisonnier des anciens schémas, les risques sont grands de laisser à nouveau de côté une diversité importante (celle qui n'est pas contenue dans les banques de gènes) et de reproduire les erreurs qui dans le passé ont conduit à des échecs, au développement d'inégalités importantes (choix de plantes et d'agrosystèmes cibles peu variés) et des crispations politiques, contre-productives par rapport à l'objectif recherché (Louafi *et al.*, 2013). Un changement de paradigme dans les façons d'aborder la conservation et l'utilisation de la diversité variétale est nécessaire et urgent, en intégrant aux dimensions biologiques et génétiques, les dimensions sociales et culturelles (de Boef *et al.*, 2013).

Une conservation des ressources génétiques de moins en moins adaptée aux enjeux réels de la sécurité alimentaire

Tout d'abord, il convient de souligner que, malgré des références désormais omniprésentes à l'agriculture durable, à la résilience, ou encore à la qualité nutritionnelle, la sécurité alimentaire reste encore trop souvent pensée essentiellement à travers l'accroissement de rendements. Cette réduction des enjeux de sécurité alimentaire aux aspects de production alimentaire (associés à l'accroissement démographique mondial) masque en réalité d'autres dimensions, non moins essentielles, telles que la stabilité des rendements face à des conditions changeantes, l'accessibilité à l'alimentation par un accroissement des revenus et la création d'emplois, ou encore la qualité nutritionnelle. Ce sont là autant d'objectifs indispensables pour atteindre la sécurité alimentaire, en particulier dans des milieux moins maîtrisés et moins homogènes où les plantes et les pratiques sont diverses, mais efficaces, et où l'accroissement des rendements n'est pas l'objectif premier (Hainzelin, 2013 ; Jarvis *et al.*, 2007).

Dans ce contexte, exploiter le potentiel de la biodiversité pour nourrir le monde ne peut pas reposer sur la seule diversité génétique contenue dans les banques de gènes (Brush, 1989). Ces collections sont cruciales et doivent continuer à bénéficier de toute l'attention requise pour la conservation, mais ne peuvent prétendre représenter la totalité de la diversité génétique mobilisable, et encore moins la

diversité des pratiques, des usages, des savoirs, que l'on ne peut dissocier des plantes cultivées, puisque ceux-ci n'ont été que très rarement renseignés. Sachant qu'une seule communauté paysanne peut à elle seule cultiver plusieurs dizaines de variétés (Jarvis 2008), et que les prospections sont toujours partielles (Pernes, 1984), il est certain que la diversité génétique stockée dans les banques de gènes n'est pas complètement représentative de la diversité des plantes cultivées, et encore moins de celle des plantes sauvages apparentées. En effet, les efforts de conservation *ex situ* ont été essentiellement concentrés sur les espèces agronomiques majeures considérées par la FAO comme indispensables pour la sécurité alimentaire et sur lesquelles, dans la logique de la révolution verte, se concentrent la quasi-totalité des efforts de recherche et d'amélioration (Louafi et al., 2013). Si cette stratégie a permis de sortir de l'insécurité alimentaire des pans entiers de la population mondiale, elle n'a pas eu l'effet escompté sur plusieurs zones du globe où sévissent encore des problèmes de sécurité alimentaire.

Les banques de gènes ne sont pas non plus toujours appropriées pour conserver toutes les espèces cultivées. Les modalités de conservation sont déterminées par la nature biologique des espèces et organes conservés (graines ou tubercules), et par leur mode de reproduction (sexuées ou clonale), et les différents types de conservation sont coûteux. Par nature, la régénération des accessions non fixées conservées en banque de gènes, est soumise à la dérive génétique. De plus, les pressions de sélection rencontrées ne sont plus celles des sites de collecte. Enfin, alors qu'on conserve du matériel déconnecté de son site d'origine, et qu'on considère qu'il représente la diversité rencontrée sur celui-ci, les agriculteurs poursuivent le processus adaptatif et créent des associations alléliques pertinentes. Celles-ci n'existent pas dans les banques de gènes. Dans ce contexte, il est difficile de s'appuyer uniquement sur le matériel conservé *ex-situ* pour relever les défis globaux, notamment en termes d'adaptation au changement climatique.

Prétendre dans ces conditions que la mobilisation de la diversité biologique pour accroître le choix variétal doit s'appuyer sur les collections déjà constituées n'est pas suffisant ni même satisfaisant pour réduire l'insécurité alimentaire.

Soutenir une gestion plus intégrée et dynamique

Même à considérer que la diversité des allèles les plus fréquents est présente dans les collections *ex situ*, la question reste posée pour des allèles rares, absents des collections. De plus, les stratégies d'échantillonnage à l'origine des collections n'ont pas considéré, ou insuffisamment, la variabilité des environnements, ces collections ne peuvent donc pas être analysées en termes d'adaptations ni étayer les connaissances les plus récentes sur le fonctionnement des génomes. Il est ainsi utopique de penser que, appliqué à des collections que l'on sait partielles, la génomique ou la génétique permettront de construire à elles-seules les assemblages de gènes les plus favorables. Cette limite s'applique de manière générale pour tous les caractères dont on sait le déterminisme complexe, impliquant des gènes en réseau et

en régulation fine, et plus directement encore aux espèces dont la domestication a entraîné une forte diminution de la variabilité génétique et pour lesquelles il est nécessaire d'effectuer un retour vers le compartiment sauvage originel.

La diversité des processus passés et en cours, et leurs interactions, nous obligent à reconnaître la nécessaire complémentarité entre conservation *ex situ* et gestion *in situ*. Les ressources génétiques sont des ressources vivantes participant d'une évolution dynamique où les sélections opérées par des agriculteurs, la nouvelle diversité issue des programmes de sélection, et les pressions environnementales au sens large doivent être prises en compte conjointement.

L'association des agriculteurs aux efforts de mobilisation de la diversité revêt un caractère crucial dans les zones marginalisées où une très forte proportion de semences est auto-produite. Les variétés sont nommées, échangées et transmises comme un objet culturel autant que biologique au fil des générations. Sur un pas de temps plus long, les semences et variétés suivent également les agriculteurs dans leurs migrations. Par conséquent, les ressources génétiques sont non seulement caractérisées par leurs propriétés biologiques et génétiques, l'association avec des caractéristiques environnementales, mais également par leurs dimensions socio-culturelles et historiques. Dit autrement, les ressources génétiques n'existent pas en elles-mêmes, c'est-à-dire indépendamment de leur utilisation, elles co-évoluent avec les sociétés. Elles doivent donc aussi être définies, et donc documentées et caractérisées en référence à des personnes et des sociétés qui les cultivent, les utilisent et les croisent, ainsi qu'à des contextes environnementaux liés à leurs usages. Les interactions GxE que les sélectionneurs ont l'habitude de considérer doivent être remplacées par une triple interaction GxExS, où S représente les composantes sociales qui sont rarement prises en compte, alors même qu'il s'agit de plantes cultivées donc façonnées par l'homme (Leclerc et Coppens d'Eeckenbrugge, 2012). Le génotypage à haut débit de milliers d'accessions permis par les nouvelles technologies de séquençage ouvre indéniablement de nouvelles perspectives de mobilisation de la diversité présente dans les banques de gènes. Mais celle-ci sera d'autant plus efficace et pertinente qu'elle parviendra à intégrer des éléments liés à leurs usages et utilisation, aussi bien par les agriculteurs que les sélectionneurs. Cette dimension, aujourd'hui quasi-absente des informations accessibles dans les banques de gènes (voire même supprimée lors de certaines conversions de banques de gènes), doit être renforcée, même si leur coût semble prohibitif.

De récentes initiatives, développées dans quelques projets de recherche pris dans notre environnement proche¹ tendent à considérer les cultures comme faisant partie d'un agroécosystème à prendre en compte dans sa globalité. Même si quelques espèces cultivées assurent de manière quantitative la sécurité alimentaire (le blé, le maïs et le riz assurent plus de 50 % des apports énergétiques végétaux), celle-ci est de fait assurée par des associations complexes.

¹ ARCAD - Crop Biodiversity Research and Ressource Center, Agropolis Fondation ; WAAPP - West Africa Agricultural Productivity Program sur le fonio ou le mil ; PlantaDiv - Evolution de la diversité des ressources génétiques domestiquées dans le bassin du lac Tchad, Projet ANR ; AfriCrop - Etude de l'histoire évolutive des plantes domestiquées africaines, Projet ANR ; Picrevat - Amélioration des prévisions climatiques pour l'agriculture, Projet ANR ; ...

En considérant cette complexité, le rôle des espèces jusqu'à qualifiées de mineures, parce que sous-étudiées doit être clarifié. C'est par exemple le cas du fonio, pour lequel des études de diversité concilient une perspective de gestion intégrée et dynamique et les nouvelles technologies (Barnaud et Billot, 2011 ; Barnaud *et al.*, 2012). Cette céréale à petits grains, dont la composition en acides aminés est bien équilibrée, est cultivée et consommée dans la région subsaharienne d'Afrique de l'Ouest, du lac Tchad au Sénégal. La durée du cycle de vie varie selon les variétés. Ainsi, les variétés à cycle court dont les grains sont matures avant la fin de la saison des pluies permettent d'assurer la période de soudure, alors que les variétés à cycle long, qui présentent souvent un rendement plus important, sont utilisées à la fois pour la consommation et le commerce. Leur culture répond donc aux besoins spécifiques des agriculteurs.

Les chercheurs de l'Unité AGAP (Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes méditerranéennes et tropicales) de Montpellier ont réalisé une étude originale montrant comment les sociétés favorisent l'adaptation des plantes au changement climatique (Mwongera *et al.*, 2014). Ils ont comparé deux communautés de migrants le long des pentes du Mont Kenya : sous l'effet de pressions démographiques, les Tharaka qui se sont déplacés des zones plus sèches vers des zones plus humides en remontant de 750 m à 950 m d'altitude, et les Mwimbi, qui sont au contraire descendus de 1100 m vers des zones plus sèches. L'adaptation des plantes des deux communautés qui vivent aujourd'hui dans un environnement commun est significativement différente : les fontes de semis sont plus importantes pour les Mwimbi que pour les Tharaka. Ces derniers, historiquement plus familiers avec les sécheresses de basse altitude, disposent de ressources génétiques mieux adaptées en profitant des échanges des semences avec leurs alliés demeurés dans les zones sèches. Un processus social d'adaptation des plantes aux changements climatiques opère ainsi à travers le cloisonnement social des systèmes d'échanges de semences (Labeyrie *et al.*, 2013, 2014).

Conclusion : repenser le cadre socio-politique de la gestion des ressources génétiques

La complémentarité entre la gestion *ex situ* et *in situ* recouvre une dimension socio-politique cruciale, notamment en ce qui concerne la manière dont les résultats de la recherche et les produits qui en sont issus sont gérés et mis à disposition. Les contraintes juridiques et politiques de plus en plus fortes liées à l'accès et aux échanges de ressources génétiques ainsi que les aspects liés à la propriété intellectuelle obligent à reconsidérer les conditions partenariales avec l'ensemble des acteurs qui revendiquent un rôle dans la mise à disposition de cette diversité par leurs efforts passés, actuels et futurs. Les choix techniques et institutionnels faits par les chercheurs et les gestionnaires de banques de gènes à l'égard de questions telles que la participation des agriculteurs, dans toutes les formes et à toutes les étapes possibles, l'utilisation des droits de propriété intellectuelle, le renforcement des capacités et la formation, le transfert de technologie, ou encore le partage d'information ne sont

pas neutres sur la capacité à mobiliser la diversité génétique dans l'avenir.

Un changement de paradigme dans la manière dont la conservation et l'utilisation de la diversité génétique sont abordées est donc nécessaire. Nous avons maintenant les moyens de proposer une approche plus fine et véritablement interdisciplinaire des objectifs de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité. La recherche sur les ressources génétiques peut être adaptée en fonction de l'échelle d'intervention (local, régional, Nord / Sud, mondial), le niveau social de gestion (individus, les sociétés humaines, l'humanité) et les niveaux socio-économiques (l'autosubsistance, le revenu des particuliers, le marché local, le commerce mondial). L'augmentation de la durabilité des systèmes de production agricole actuels nécessite donc une approche de gestion des ressources génétiques qui soit dynamique (c'est à dire avec une interaction constante entre matériel *ex situ* et *in situ*) et intégrée (impliquant des dimensions sociales, culturelles, écologiques et biologiques).

Bibliographie

Ahmadi, N., Bertrand, B., Glaszmann, J.-C., 2013. Repenser l'amélioration, In : Hainzelin, E. (Ed.), *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*, Versailles, Quae, 99-146

Barnaud, A., Billot, C., 2011. Atelier International "De la connaissance à la valorisation du fonio", *Cahiers Agricultures*, 20, 310-312

Barnaud, A., Vignes, H., Risterucci, A.-M., Noyer, J.-L., Pham, J.-L., Blay, C., Buiron, M., Vigouroux, Y., Billot, C., 2012. Development of nuclear microsatellite markers for the fonio, *Digitaria exilis* (Poaceae), an understudied West African cereal, *American Journal of Botany*, 99, e105-e107

Brush, S.B., 1989. Rethinking crop genetic resources conservation. *Conservation Biology*, 3, 19-29

De Boef, W.S., Thijssen, M., Subedi, A., 2013. New professionalism and governance in plant genetic resources, in de Boef, W.S., Peroni, N., Subedi, A., Thijssen, M., O'Keeffe, E. (Eds), *Community biodiversity management: promoting resilience and the conservation of plant genetic resources*, London and New-York, Earthscan, 353-364

Hainzelin, E. (Ed), 2013. *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*, Versailles, Quae

Jarvis, D.I., Padoch, C., Cooper H.D., 2007. *Managing biodiversity in agricultural ecosystems*, New York, Columbia University Press Book

Jarvis, D.I., Brown, A.H.D., Cuong, P.H., Collado-Panduro, L., Latournerie-Moreno, L., Gyawali, S., Tanto, T., Sawadogo, M., Mar, I., Sadiki, M., Thi-Ngoc Hue, N., Arias-Reyes, L., Balma, D., Bajracharya, J., Castillo, F., Rijal, D., Belqadi, L., Rana, R., Saidi, S., Ouedraogo, J., Zangre, R., Rhrib, K., Chavez, J.L., Schoen, D., Sthapit, B., De Santis, P., Fadda, C., Hodgkin, T., 2008. A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities, *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA*, 105, 5326-5331

Kloppenborg, J., 1988. *First the Seed: The political economy of plant biotechnology*, Cambridge, Cambridge University Press

Labeyrie, V., Rono, B., Leclerc, C., 2013. How social organization shapes crop diversity: an ecological anthropology approach among Tharaka farmers in Kenya. *Agriculture and Human Values*. 31, 97-107

Labeyrie, V., Deu, M., Barnaud, A., Calatayud, C., Buiron, M., Wambugu, P., Manel, S., Glaszmann, J.-C., Leclerc, C., 2014. Influence of ethnolinguistic diversity on the Sorghum genetic patterns in subsistence farming systems in Eastern Kenya, *PLoS ONE* 9(3): e92178. doi:10.1371/journal.pone.0092178

Leclerc, C., Coppens d'Eeckenbrugge, G., 2012. Social organization of crop genetic diversity, the G x E x S interaction model, *Diversity*, 4, 1-32

Louafi, S., Bazile, D., Noyer, J.-L., 2013. Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis. In : Hainzelin E. (Ed), *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*. Versailles, Quae, 185-222

McCouch, S., Baute, G.J., Bradeen, J., Bramel, P., Bretting, P.K., Buckler, E., Burke, J.M., Charest, D., Cloutier, S., Cole, G., Dempewolf, H., Dingkuhn, M., Feuillet, C., Gepts, P., Gratapaglia, D., Guarino, L., Jackson, S., Knapp, S., Langridge, P., Lawton-Rauh, A., Lijua, Q., Lusty, C., Michael, T., Myles, S., Naito, K., Nelson, R.L., Pontarollo, R., Richards, C.M., Rieseberg, L., Ross-Ibarra, J., Rounsley, S., Hamilton, R.S., Schurr, U., Stein, N., Tomooka, N., van der Knaap, E., van Tassel, D., Toll, J., Valls, J., Varshney, R.K., Ward, J., Waugh, R., Wenzl, P., Zamir, D., 2013. Agriculture: Feeding the future, *Nature*, 499, 23-24

Mwongera, C., Boyard-Micheau, J., Baron, C., Leclerc, C., 2014. Social Process of Adaptation to Environmental Changes: How Eastern African Societies Intervene between Crops and Climate. *Weather Climate and Society*. doi:10.1175/WCAS-D-13-00034.1

Pernes, J., 1984. *Gestion des ressources génétiques des plantes*, Paris, Lavoisier.