

# Complémentarité des gestions in situ et ex situ des ressources génétiques dans les programmes de sélection participative

Fabrice Sagnard, André Gallais, Hana Chair, Dominique Desclaux, Emmanuel Sekloka, Michel Vaksman, Eva Weltzien

► **To cite this version:**

Fabrice Sagnard, André Gallais, Hana Chair, Dominique Desclaux, Emmanuel Sekloka, et al.. Complémentarité des gestions in situ et ex situ des ressources génétiques dans les programmes de sélection participative. Actes de l'atelier recherche, Mar 2005, Cotonou, Bénin. hal-02764185

**HAL Id: hal-02764185**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02764185>**

Submitted on 4 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Complémentarité des gestions *in situ* et *ex situ* des ressources génétiques dans les programmes de sélection participative

Fabrice SAGNARD<sup>1</sup>, André GALLAIS<sup>2</sup>, Hana CHAÏR<sup>3</sup>, Dominique DESCLAUX<sup>4</sup>, Emmanuel SEKLOKA<sup>5</sup>, Michel VAKSMANN<sup>6</sup>, Eva WELTZIEN<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Cirad et ICRISAT, Bamako, Mali

<sup>2</sup> INA-PG, Paris, France

<sup>3</sup> Cirad et Université d'Abomey, Cotonou, Bénin

<sup>4</sup> INRA, Mauguio, France

<sup>5</sup> INRAB, Parakou, Bénin

<sup>6</sup> Cirad et IER, Bamako, Mali

<sup>7</sup> ICRISAT, Bamako, Mali

**Résumé — Complémentarité des gestions *in situ* et *ex situ* des ressources génétiques dans les programmes de sélection participative.** Il existe deux grandes stratégies de conservation des ressources génétiques créées et maintenues par les agriculteurs depuis des millénaires. Les avantages et inconvénients de la conservation *ex situ* et *in situ* sont décrits dans cet article. La gestion dynamique de populations à base génétique large, dans des environnements contrastés, représente un mode de conservation *in situ* original, permettant une pré-sélection d'un matériel végétal exotique ou hétérogène. En sélection participative, les deux sources de germplasm, provenant des banques de gènes et des champs paysans, sont utilisées de manière complémentaire dans la phase de création de populations de sélection. La participation des paysans, et le recours au gemplasm local versus exotique dans un programme de sélection varie en fonction des contraintes de la filière et de l'environnement.

**Abstract — *Ex situ* and *in situ* genetic resource management and complementarity in participatory plant breeding.** Plant genetic resources that have been created and maintained by farmers for millenia can be conserved through both *in situ* and *ex situ* approaches whose relative advantages and drawbacks are discussed in this paper. Dynamic management of populations with a broad genetic base, in contrasted environmental settings, is another *in situ* strategy that could be useful in prebreeding programs. Germplasm conserved in international gene banks and farmers' fields are used complementarily by participatory plant breeders during the breeding process. Farmers' participation and the use of local versus exotic germplasm might depend on the extent of integration in local and international markets and on the environmental constraints of the agricultural systems.

## Introduction

L'accès à la diversité génétique d'une plante cultivée, en particulier à son polymorphisme d'intérêt agronomique, est essentiel à tout programme de création variétale. Ainsi, la gestion des ressources génétiques et la sélection sont deux processus intimement liés : la variabilité génétique créée pendant

les phases de brassage, est mise à la disposition des sélectionneurs (paysans ou chercheurs), pour la sélection de nouvelles variétés qui constitueront elles-mêmes les ressources génétiques de demain et pourront être utilisées dans de nouveaux programmes de sélection.

Dans les années 1970, la disparition rapide de nombreux écotypes locaux de plantes cultivées a été constatée sur tous les continents. Elle est notamment due aux changements de pratiques agricoles accompagnant l'intensification de l'agriculture et privilégiant quelques variétés à haut rendement au détriment des variétés locales. En réponse, d'importantes missions de prospection ont été organisées et les variétés collectées ont permis de constituer des banques de gènes *ex situ*, internationales, sous-régionales ou nationales. Plusieurs de ces banques sont gérées par les instituts du Consultative Group for International Agricultural Research dont c'est l'une des principales missions. Dans les plus fournies, une même espèce peut aujourd'hui être représentée par plus de 60 000 accessions (Hoisington *et al.*, 1999). Ces collections *ex situ* ont deux mandats principaux : i) la conservation de variétés locales en voie de disparition dans leur zone de culture d'origine ; ii) la mise à disposition des programmes d'amélioration variétale de matériel génétique varié, pouvant contenir des gènes d'intérêt agronomique non encore exploités.

Plus récemment, la Convention sur la diversité biologique négociée en 1992 à Rio de Janeiro encourage la conservation de la diversité des plantes cultivées dans leur milieu d'origine. Dans les pays tropicaux où la plupart des systèmes agricoles sont restés traditionnels et maintiennent une grande diversité d'espèces et de variétés, de nombreux travaux ont tenté d'établir des bases scientifiques et méthodologiques pour la conservation *in situ* des ressources génétiques en soulignant l'importance de la participation des paysans (Altieri et Merrick, 1987 ; Brush, 1991, 1995 ; Wood et Lenné, 1997).

Conservations *ex situ* et *in situ* sont deux stratégies complémentaires de gestion de la diversité génétique. Nous présentons ici une réflexion collective tenue à l'occasion de l'atelier de recherche « Gestion du partenariat dans les projets de sélection participative » et portant sur l'articulation de ces deux modes de gestion de la diversité dans le cadre d'un programme de sélection participative. Après avoir donné et explicité les définitions généralement retenues des termes « conservation *ex situ* et *in situ* », nous présentons les avantages et inconvénients de chaque approche et leur utilisation dans le cas particulier de programmes de sélection participative en fonction des principaux objectifs de sélection et des types d'agrosystèmes concernés.

## Définitions de la conservation *ex situ* et *in situ*

Les définitions de la conservation *ex situ* et *in situ* données ci-dessous sont celles de l'article 2 de la Convention sur la diversité biologique (<http://www.biodiv.org/convention>).

Conservation *ex situ* : la conservation des éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel.

L'objectif est de conserver une image fixée de la diversité telle qu'elle existait au moment de l'établissement de la collection et d'éviter, autant que possible, l'évolution de cette diversité génétique (Paillard *et al.*, 2000). Chez les plantes cultivées, selon leur système de reproduction, ce mode de conservation consiste à mettre au « congélateur » des graines, du pollen, des méristèmes, etc. représentant des variétés prélevées dans leur milieu d'origine. Ces variétés sont enregistrées, stockées, et régénérées périodiquement pour maintenir leur intégrité génétique et leur pouvoir germinatif, au sein de banques de gènes nationales ou internationales, dont certaines peuvent être de taille considérable.

Conservation *in situ* : la conservation des écosystèmes et des habitats naturels et le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs.

Brown (2000) propose une définition plus appliquée à l'agrobiodiversité : « *la conservation in situ de l'agrobiodiversité est le maintien de la diversité présente entre et à l'intérieur des populations de nombreuses espèces utilisées directement en agriculture ou comme sources de gènes, dans les habitats où cette diversité a été créée et continue d'être utilisée* ».

Ce mode de conservation vise à maintenir une interaction entre les plantes et leur milieu, c'est-à-dire, pour les plantes cultivées, à maintenir l'action des processus évolutifs d'origine anthropique (critères

de sélection paysanne) ou environnementale biotique (ravageurs, pathogènes) et abiotique (conditions pédoclimatiques) sur la diversité génétique.

Deux modes de conservation *in situ* peuvent être distingués.

- La conservation *in situ* des variétés locales par les paysans ou conservation « à la ferme » : la gestion des variétés locales par les paysans qui les cultivent, est sans doute le moyen le plus simple pour conserver la diversité génétique, à condition que les systèmes de cultures pratiqués n'induisent pas la disparition de nombreuses variétés. En pratique, il s'agit d'encourager les paysans à maintenir des variétés locales dans leurs systèmes de culture. Dans les sociétés rurales où une grande diversité existe chez les plantes cultivées, cet encouragement est parfois obtenu par l'organisation de foires de semences ou la création participative de « champs de diversité » en démonstration dans les villages.
- La gestion dynamique de populations artificielles à base génétique large réparties dans plusieurs sites correspondant à des environnements physiques et humains différents. Ces populations sont reproduites à chaque génération et évoluent sous la pression de la sélection de l'environnement (Paillard et al. 2000) et des paysans. .

## Avantages et inconvénients des deux modes de gestion de la diversité

Les lecteurs intéressés par plus de détails sur les modes de conservation des ressources génétiques pourront consulter les ouvrages collectifs édités par N. Maxted *et al.* (1997) et S.B. Brush (2000).

### La conservation *ex situ*

La conservation *ex situ* consiste à collecter des ressources génétiques dans les villages, à les lister et à les stocker. Elle est relativement facile à mettre en œuvre d'un point de vue méthodologique et pratique. Elle permet la mise en réserve d'une importante diversité dans des délais assez courts et s'avère efficace pour préserver des écotypes en voie de disparition. Du fait de la législation « ouverte » qui régit la gestion des banques de gènes *ex situ*, le germplasma conservé et les principaux descripteurs associés sont fréquemment utilisés dans les programmes d'amélioration variétale et de recherche en génétique (Dudnik *et al.*, 2001).

Cependant, la diversité génétique conservée *ex situ* est figée et ne répond plus aux pressions de sélection qui continuent de s'exercer dans les champs paysans. L'interruption des processus de co-évolution entre les plantes et les ravageurs des cultures, les pathogènes, pourrait rendre ce matériel génétique inutilisable directement par les paysans après plusieurs années de stockage. A notre connaissance, aucune étude ne relate d'ailleurs des tentatives de rediffusion d'un matériel collecté aux paysans donateurs de semences après plusieurs années (Eva Weltzien, comm. personnelle). En outre, à long terme, les processus physiques de dégradation de la molécule d'Adn peuvent gravement affecter l'intégrité génétique du matériel collecté.

Un autre inconvénient majeur des collections *ex situ* réside dans le coût associé à leur entretien. Pour maintenir les 11 banques de gènes gérées par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (Cgiar) contenant environ 666 000 accessions, 5,7 millions US\$ par an sont nécessaires. (Koo *et al.*, 2003). Ce coût est lié aux infrastructures permettant le stockage et la conservation (chambres froides, collections vivantes) et à la multiplication régulière des semences de chaque accession. Et malgré ces investissements, les banques de gènes ne sont jamais à l'abri des pannes électriques ou de l'occurrence de cyclones.

Les caractères d'intérêt agronomique du matériel conservé sont parfois indisponibles ou souvent observés sur une gamme limitée de descripteurs plus qualitatifs que quantitatifs dans les accessions constituant les collections *ex situ*. Pour faciliter l'utilisation des banques de gènes par les généticiens et les sélectionneurs, la nécessité de constituer des échantillons de taille réduite, représentatifs de la plus grande partie de la diversité mise en réserve, s'est rapidement imposée. Des *core collections* (Frankel, 1984) ont ainsi été développées pour les principales espèces de plantes cultivées dans le monde.

Enfin, la collection conserve les biais des échantillonnages réalisés au cours des différentes prospections, les formes sauvages apparentées et les variétés rares, à utilisations très spécifiques et parfois non alimentaires, y sont généralement sous représentées. Le recours fréquent à

l'autofécondation d'un nombre insuffisant d'individus pour le renouvellement des accessions, même pour les espèces montrant un taux d'allofécondation non négligeable, contribue également à limiter la représentativité de ces collections *ex situ* et des *core collections* qu'elles ont générées.

### **La conservation *in situ***

La conservation *in situ* maintient une interaction entre la plante et son environnement. Les processus de co-évolution entre la plante et les ravageurs des cultures sont préservés ainsi que les combinaisons alléliques favorisant l'adaptation des variétés à leur milieu. D'un point de vue socio-économique, elle est moins coûteuse (préciser) et implique directement les paysans qui sont à la fois les producteurs et les utilisateurs des ressources génétiques ainsi conservées. Ce mode de conservation devrait être mieux adapté aux besoins des paysans et permettre une gestion plus durable de la diversité génétique.

Néanmoins, les sociétés agraires sont en pleine mutation dans de nombreux pays du Sud, et le développement des cultures de rente peut remettre en cause l'efficacité de la conservation des variétés locales à la ferme. Ainsi, dans la région du Mali où la pluviométrie est supérieure à 1 000 mm/an, le coton a connu un essor important ces 30 dernières années, favorisant ainsi l'intégration préférentielle du maïs au détriment des céréales traditionnelles dans la rotation. Soixante pour cent des écotypes locaux de sorgho collectés en 1978 ne sont pas retrouvés au cours de la prospection de 1999 (Kouressy, 2002). Un autre inconvénient majeur est l'absence d'information sur les variétés locales maintenues *in situ*, utilisables par les sélectionneurs et la grande difficulté d'approvisionnement en semences locales pour les programmes de sélection en station. Le même constat peut être fait pour des paysans géographiquement éloignés qui ne peuvent bénéficier de gènes intéressants présents dans les variétés locales d'une autre région géographique, à travers les modes de gestion *in situ* et le système semencier traditionnel. Enfin, il faut bien signaler la difficulté du transfert des semences entre les pays à la suite des de l'affirmation de souveraineté nationale sur la diversité génétique faite à l'occasion de la conférence de Rio de Janeiro en 1992.

Les promoteurs des méthodes de conservation *in situ* de l'agrobiodiversité proposent des critères de choix des zones prioritaires pour la mise en œuvre de programmes de gestion *in situ*, qui tiennent compte des facteurs sociaux, de l'hétérogénéité spatiale et temporelle de l'environnement, et permettent une conservation optimale de la diversité existante (Brush, 2000).

La gestion dynamique, à la ferme, de populations à base génétique large permet de concilier conservation de la diversité génétique et amélioration variétale. Ce mode de gestion prend directement en compte les interactions génotypes-environnement. Il semble être bien adapté aux approches participatives qui impliquent les paysans dans les processus de décision concernant la conservation des ressources génétiques et la sélection variétale. La gestion dynamique souffre cependant d'un manque de données suffisantes pour de nombreuses plantes cultivées, et particulièrement dans les pays du Sud. Pour les espèces très allogames, des questions méthodologiques se posent sur l'intensité des flux de gènes entre les populations à base large et les variétés cultivées ou les formes adventices présentes dans les champs environnants. Enfin, pour les espèces très autogames, l'introduction de mâles stériles dans les populations ou une sélection des individus allofécondés est à préconiser.

### **Complémentarité des deux approches en sélection participative**

La sélection participative peut être définie comme un processus collaboratif au cours duquel les sélectionneurs-professionnels et les sélectionneurs-paysans partagent les décisions concernant la plupart des étapes du cycle de sélection variétale (Ceccarelli *et al.*, 2003). Cependant l'importance relative du rôle des chercheurs et des paysans peut varier selon les étapes et l'objectif final de sélection (McGuire *et al.*, 1999). Le choix d'une sélection participative associant les paysans dans leur environnement, de manière décentralisée, repose sur trois hypothèses :

- les paysans ont des connaissances et des savoir-faire importants et complémentaires de ceux des sélectionneurs ;
- la décentralisation à la ferme des dispositifs de sélection permet une meilleure prise en compte des interactions génotypes-environnement ;

– l'association des paysans à l'établissement du cahier des charges du sélectionneur et au processus de sélection assure que les variétés produites répondent aux critères de qualité, d'adaptation locale et à la diversité des usages de la production demandés par les paysans.

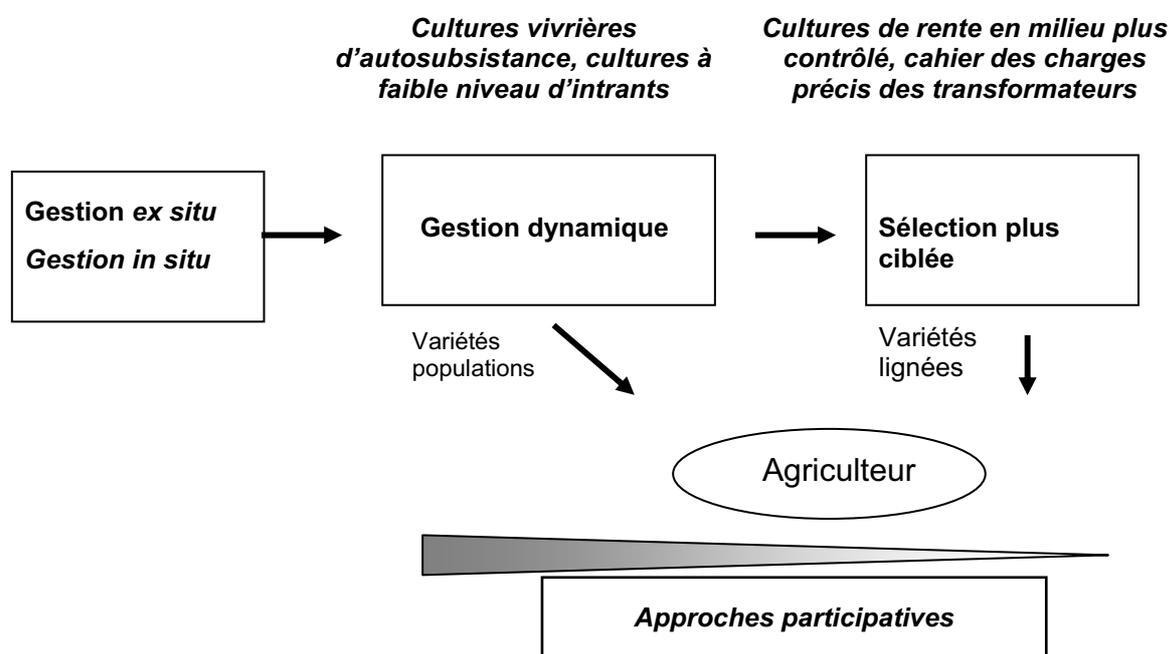
En intégrant du germplasm local dans les populations de brassage, les programmes de sélection participative peuvent concilier sélection et conservation *in situ* (Witcombe *et al.*, 1996). Ils parviennent alors à recombinaer des allèles locaux, provenant de variétés rares ou en voie de disparition, dans des variétés améliorées.

En sélection classique, la diversité génétique initiale des populations de brassage est souvent assurée par des croisements entre des variétés locales et du matériel exotique. Les variétés locales procurent des gènes d'adaptation au milieu tandis que le matériel exotique est retenu pour des caractères particuliers de rendement, de résistance ou de qualité. A ce niveau, la complémentarité entre gestion *ex situ* et *in situ* de la diversité est évidente, la sélection participative ne se distingue que par la plus grande attention portée aux critères paysans de qualité d'une variété au moment de la définition des idéotypes et par un rapport germplasm local / germplasm exotique peut être plus élevé dans le choix des géniteurs. Néanmoins, il faut bien noter une différence importante d'approches entre le recours aux variétés paysannes et à celles conservées dans des banques de gènes dans un programme de sélection : la disponibilité des semences et d'informations agronomiques associées est généralement le facteur qui détermine le choix des parents dans un programme de sélection classique. Faire appel à des variétés locales nécessite au préalable une description agronomique du matériel (cycle, sensibilité à des ravageurs, qualité). A ce titre, la sélection participative se positionne bien à l'interface entre des enjeux de description de la diversité *in situ* et de valorisation du matériel végétal. Un renforcement de la complémentarité entre la gestion *in situ* et *ex situ* de la diversité des plantes cultivées consisterait à créer et partager des bases de données locales sur les caractéristiques agronomiques et génétiques des variétés paysannes, et décentraliser les banques de semences en unités nationales voire régionales pour rendre plus accessible le matériel végétal aux programmes de sélection.

La gestion dynamique de populations à base génétique large devrait être bien adaptée aux approches participatives. Ce devrait être particulièrement vrai dans des environnements marginaux, très hétérogènes où les pressions de sélection d'origine environnementale et anthropique agissent sur l'évolution des populations (Ceccarelli, 1994). La réponse génétique des populations à ces pressions de sélection est rapide et durable comme ont montré plusieurs études menées sur le blé en France ou l'orge aux USA. Dans ces études, en moins de 10 générations, les pools génétiques issus d'une même population initiale très variable, deviennent plus homogènes à l'intérieur d'un site et se différencient entre environnements différents à la fois pour des marqueurs génétiques RFLP neutres (Enjalbert *et al.*, 1999) et pour des gènes de résistance à des pathogènes (Paillard *et al.*, 2000). A l'échelle du réseau de populations, la diversité génétique initiale est maintenue (Enjalbert *et al.*, 1999). Des travaux sur l'orge aux Etats-Unis ont établi que des populations menées en gestion dynamique répondaient encore aux pressions de sélection exercées par des pathogènes après plus de 40 générations (Allard, 1990). Cette méthode produit des variétés de populations qui conservent une variabilité génétique intra-variétale. Ces variétés maintiennent ainsi un potentiel évolutif et peuvent être cultivées par les paysans de la même manière qu'une variété locale, sans modification majeure des pratiques culturales. De plus, la gestion dynamique conduit à une adaptation rapide du matériel exotique utilisé durant la phase de création variétale. Elle peut fonctionner sous certaines conditions comme un dispositif de présélection en vue d'un programme de sélection plus ciblé (Goldringer *et al.*, 1994).

Les approches participatives sont d'autant plus nécessaires aux programmes de sélection que les paysans bénéficiaires sont à la fois producteurs et consommateurs de leur récolte. La figure 1 indique la place des modes de gestion *in situ* et *ex situ* dans un programme de sélection. Cette place dépend du type de culture, vivrière ou de rente. En début de création variétale, le sélectionneur fait appel à des collections *in situ* et *ex situ*, et aussi à des variétés élites issues de programmes préalables de sélection. Ce faisant, il intègre dans sa population de sélection des caractères de rusticité et d'adaptation à la zone géographique ciblée, mais aussi des caractères de productivité voire de résistance spécifiques à des pathogènes. Cette population peut ensuite être gérée de manière dynamique et participative, avec des tests multilocaux, résultant en l'identification de génotypes prometteurs par les paysans. Ces génotypes peuvent tout aussi bien être adoptés en l'état par les paysans sous la forme de variétés populations ou servir de base génétique pour un travail d'amélioration plus spécifique en station. Dans des contextes de culture à forte contrainte et

hétérogénéité environnementale (e.g. agrosystèmes traditionnels à faible niveau d'intrants, cultures pluviales, zone arides ou d'altitude) ou sociale (e.g. l'exigence de qualité de grains de sorgho requise par les consommateurs en Afrique sahélienne), la sélection participative constitue une approche déjà reconnue pour l'amélioration génétique des plantes cultivées. Nous pouvons citer entre autres les cas du Mil dans les zones arides de l'Inde (Weltzien *et al.*, 2000, 2003), de l'orge au Moyen-Orient (Ceccarelli *et al.*, 1994), ou du riz d'altitude au Népal (Sthapit *et al.*, 1996). On attend toutefois une diminution de la participation paysanne et un renforcement de l'intervention des sélectionneurs et des qualitiens-technologues, pour des productions faisant l'objet d'un cahier des charges plus contraignant, établi par des transformateurs ou des exportateurs. C'est le cas des cultures de rente. Mais les travaux sur le blé dur dans le sud de la France (Desclaux *et al.*, 2006) et sur le coton au Bénin (Lançon *et al.*, 2004), témoignent de l'intérêt de la sélection participative pour certaines espèces commercialisées. Ce mode de sélection peut répondre à une attente des producteurs (agriculture biologique, volonté d'indépendance vis-à-vis des multinationales semencières), ou à une tentative d'adaptation d'un nouveau matériel amélioré aux conditions locales de culture.



**Figure 1.** Représentation schématique de la complémentarité entre la gestion *ex situ* et la gestion *in situ* des ressources génétiques dans un programme de sélection participative. Nous faisons l'hypothèse que la place des approches participatives dans un programme de sélection diminue au fur et à mesure que le contrôle du milieu et la précision du cahier des charges du sélectionneur augmente. La sélection participative pour des cultures de rente dans des agrosystèmes intensifiés reste une voie encore peu explorée, mais en cours de développement (Djaboutou *et al.*, 2006).

## Conclusion

Conservation *in situ* et conservation *ex situ* de l'agrobiodiversité se complètent pour répondre à un même objectif : préserver la diversité génétique existant chez les plantes cultivées, cette diversité génétique représentant un potentiel génétique pour l'immédiat et pour les futures générations. La sélection participative peut associer ces deux modes de gestion de la diversité, lorsqu'elle fait appel à du germplasm exotique provenant de banques de gènes et à des variétés locales conservées *in situ* par les paysans.

La gestion dynamique de populations à base génétique large pourrait concilier les objectifs d'amélioration et de conservation des ressources génétiques. Notamment, pour les espèces alimentaires d'autosubsistance, dans des agricultures traditionnelles à faible niveau d'intrants, la gestion dynamique permettrait de produire des variétés populations particulièrement bien adaptées. Ces variétés seraient plus étroitement adaptées aux conditions du milieu, elles répondraient mieux aux exigences des paysans-consommateurs, et elles seraient issues en grande partie de la recombinaison de gènes locaux. Elles seraient disponibles pour des programmes de sélection ciblés sur les demandes particulières de transformateurs ou d'exportateurs.

A ce jour, peu de résultats scientifiques ont permis de mesurer l'évolution des populations gérées de manière dynamique dans les pays du Sud. Cette approche est-elle compatible avec la recherche d'une augmentation des rendements agricoles ? Pour en juger, il faudrait mesurer l'évolution d'indicateurs de diversité génétique, neutre et sélectionnée, dans un réseau de populations en gestion dynamique et participative.

## Références bibliographiques

ALLARD R.W., 1992. Reproductive systems and dynamic management of genetic resources. In Dattée Y., Dumas C., Gallais A. (eds) Reproductive biology and plant breeding, XIII Congress Eucarpia, Angers, France, p. 325-334.

BROWN A.H.D., 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. In Brush S.B. (ed) Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity, Lewis Publishers, Boca Raton, USA, p. 29-48.

BRUSH S.B., 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany* 45 : 153-65.

BRUSH S.B., 1995. In situ conservation of landraces in centres of crop diversity. *Crop Science* 35 : 346-54.

BRUSH S.B., 2000. The issues of in situ conservation of crop genetic resources. In Brush S.B. (ed) Genes in the Field: On-Farm Conservation of Crop Diversity, Lewis Publishers, Boca Raton, USA, p. 3-23.

CECCARELLI S., 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica* 77 : 205-220.

CECCARELLI S., GRANDO S., SINGH M., MICHAEL M., SHIKHO A., AL ISSA M., AL SALEH A., KALEONJY G., AL GHANEM S.M., AL HASAN A.L., DALLA H., BASHA S., BASHA T., 2003. A methodological study on participatory barley breeding, II. Response to selection. *Euphytica* 133, 185-200.

DESCLAUX D., CHIFFOLEAU Y., MATHIEU J.J., JOUNIAUX M., DUFAU F., GARDEY DE SOOS F., HAEFLIGER M., 2006. Création et gestion de variétés pour une agriculture biologique territorialisée : cas du blé dur en région méditerranéenne. In Lançon J., Floquet A., Weltzien E., (éditeurs scientifiques), 2006. Partenaires pour construire des projets de sélection participative. Actes de l'atelier recherche, 14-18 mars 2005, Cotonou, Bénin. Cirad, Inrab, Coopération française, Montpellier, France..

DJABOUTOU M., LEWICKI S., LANÇON J., SEKLOKA E., ASSOGBA L., TAKPARA D., OROU MOUSSE B.I., 2006. Le dispositif de partenariat dans le programme d'amélioration génétique participative du cotonnier au Bénin. In Lançon J., Floquet A., Weltzien E., (éditeurs scientifiques), 2006. Partenaires pour construire des projets de sélection participative. Actes de l'atelier recherche, 14-18 mars 2005, Cotonou, Bénin. Cirad, Inrab, Coopération française, Montpellier, France.

DUDNIK N.S., THORMANN I., HODGKINS T., 2001. The extent of use of plant genetic resources in research. A literature survey. *Crop science* 41 : 6-10.

FRANKEL O.H., 1984. Genetic perspectives of germplasm conservation. In Arber W., Llimensee K., Peacock W.J., et Starlinger P. (eds) Genetic manipulation, impact on Man and Society, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume Uni.

- GOLDRINGER I., PHAM J.-L., DAVID J.L., BRABANT P., GALLAIS A., 1994. Is dynamic management of genetic resources a way of pre-breeding? In Balfourier F., Perretant M.R. (eds) Proceeding of the genetic resources section meeting of EUCARPIA on evaluation of genetic resources : Pre-breeding, INRA, Versailles, France, p 163-170.
- HOISINGTON D., KHAIRALLAH M., REEVES T., RIBAUT J.-M., SKOVMAND B., TABA S., WARBURTON M., 1999. Plant genetic resources: What can they contribute toward increased crop productivity? Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States 96 : 5937-5943.
- KOO B., PARDEY P.G., WRIGHT B.D., 2003. The economic costs of conserving genetic resources at the CGIAR centres. *Agricultural economics* 29 : 287-297.
- KOURESSY M., 2002. Etude de la durée du cycle des sorghos locaux du Mali. Comparaison avec la durée des saisons de pluies Evolution sur les 20 dernières années. Mémoire de Dea, Université de Bamako, Mali.
- LANÇON J., LEWICKI S., DJABOUTOU E., *et al.*, 2004. Decentralised And Participatory Cotton Breeding In Benin: Farmer-Breeders' Results Are Promising. *Expl Agric.*, 40 : 419-431.
- LE BOULC'H V.L., DAVID J.L., BRABANT P., de VALLAVIEILLE-POPE C., 1994. Dynamic conservation of variability: responses of wheat populations to different selective forces including powdery mildew. *Génétique, Sélection, Evolution* 26 : 221-240.
- McGUIRE S., G. MANICAD, SPERLING L., 1999. Technical and institutional issues in participatory plant breeding – Done from a perspective of farmer plant breeding: a global analysis of issues and current experience. Working Document No. 2. CGIAR, Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation. Cali, Colombia.
- PAILLARD S., GOLDRINGER I., ENJALBERT J., DOUSSINAULT G., de VALLAVIEILLE-POPE C., BRABANT P., 2000. Evolution of resistance against powdery mildew in winter wheat populations conducted under dynamic management. I- Is specific seedling resistance selected? *Theoretical and Applied Genetics* 101 : 449-456.
- STHAPIT B.R., JOSHI K.D., WITCOMBE J.R., 1996. Farmer participatory crop improvement. III- Farmer participatory plant breeding in Nepal. *Experimental agriculture* 32 : 479-496.
- WELTZIEN E., SMITH, M.E., MEITZNER L.S., SPERLING L., 2000. Technical and institutional issues in participatory plant breeding- from the perspective of formal plant breeding. A global analysis of issues, results, and current experience. Working document. CGIAR Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation.
- WELTZIEN E., SMITH M.E., MEITZNER L.S., SPERLING L., 2003. Technical and institutional issues in participatory plant breeding - from the perspective of formal plant breeding. A global analysis of issues, results, and current experience PRGA Program Coordination Office, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Columbia
- WITCOMBE J.R., JOSHI A., JOSHI K.D., STHAPIT B.R., 1996. Farmer participatory cultivar improvement. I: Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Experimental Agriculture* 32, 445-460.
- WOOD D., LENNÉ J.M., 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm : questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6 : 109-129.