

## Chapitre 3 – Évaluation des effets sur la diversité génétique

J. Berthaud et P. Gepts

### Résumé

La diversité phénotypique des formes locales de maïs se manifeste clairement dans la couleur du grain, dans la taille et la forme de l'épi et du grain, ainsi que dans des propriétés agronomiques telles que la hauteur de la plante et la durée du cycle de croissance. Traditionnellement, on s'est basé sur cette diversité pour classer les populations en « races ». À l'heure actuelle, 59 races de maïs ont été décrites au Mexique. Selon les analyses de l'ADN, ces races forment un continuum et leur différenciation est principalement attribuable à l'isolement créé par la distance. De récentes études des variétés locales dans l'État d'Oaxaca (Mexique) ont montré que le flux génétique entre les populations de maïs est quantitativement important, mais que la gestion des semences par les agriculteurs permet de maintenir une forte différenciation agromorphologique entre ces populations.

Dans les systèmes agricoles traditionnels, les agriculteurs jouent de multiples rôles dans la production et le maintien des semences. Ils conservent les ressources génétiques; ils sélectionnent et sèment des graines produites par leurs variétés; après la récolte, ils sont les principaux consommateurs des produits. Au Mexique, le système traditionnel d'agriculture de subsistance coexiste avec un secteur agricole moderne, mais s'étend sur un territoire beaucoup plus vaste. Dans ce système, les populations locales de maïs sont le fruit d'une constante évolution influencée par divers facteurs, dont les suivants. 1) *Le recyclage des semences* : La conservation des semences d'une saison de croissance à l'autre est une pratique adoptée par la quasi-totalité des petits producteurs agricoles du Mexique. Du point de vue de l'agriculteur, à tout le moins, le recyclage des semences peut être indispensable à la préservation de l'intégrité d'une forme locale, du fait que cette intégrité peut facilement être compromise par l'hybridation. 2) *Les échanges de semences* : Les petits agriculteurs mexicains se procurent souvent des semences auprès des autres producteurs agricoles ou auprès d'autres sources à l'intérieur ou hors de leur collectivité, et ce, pour diverses raisons, notamment : expérimentation, entrée en exploitation, quantité insuffisante de semences. Ainsi, les agriculteurs traditionnels assurent activement le maintien des formes locales en tant qu'entités dynamiques.

Les agriculteurs modifient volontiers les cultivars de maïs non indigènes par hybridation répétée avec le matériel génétique local (procédé de « créolisation ») afin d'accroître leur productivité et de rendre leurs produits plus attrayants pour les consommateurs. Ils ne considèrent pas ces croisements comme une « contamination ». Néanmoins, si l'introduction de variétés modernes devient un processus permanent et généralisé, on pourrait atteindre un seuil où le transfert de gènes de ces cultivars réduirait ou éliminerait la diversité génétique des populations locales. De plus, l'évolution de ces populations, qui repose sur l'hybridation, la recombinaison et la sélection, peut emprunter des voies inconnues dans les variétés modernes. Par recombinaison, des gènes appartenant à une variété donnée pourraient migrer dans de nouveaux génotypes où de

nouvelles liaisons et interactions génétiques seraient susceptibles de modifier de façon imprévisible l'expression des transgènes.

Le téosinte, espèce sauvage la plus étroitement apparentée au maïs, est considéré comme une mauvaise herbe au Mexique et les agriculteurs tentent de l'éliminer de leurs champs. Dans plusieurs régions du pays, le maïs et le téosinte sont cooccurrents (Balsas, Chalco, Plateau central). En général, le téosinte fleurit deux ou trois semaines après le maïs, mais il peut y avoir chevauchement de la floraison des deux espèces. En outre, certains systèmes génétiques limitent les croisements entre le maïs et le téosinte, mais ne l'excluent pas complètement. Les données sur l'étendue de l'introgession des allèles du maïs dans le téosinte sont contradictoires. L'exemple le plus convaincant d'introgession a été fourni par *Z. diploperennis*. En revanche, Kato (1984) n'a pu découvrir aucune preuve génétique d'introgession. La présence, dans les champs, de plantes qui semblent être des hybrides F<sub>1</sub> issus de croisements entre le maïs et le téosinte est bien documentée, mais on manque d'information sur le comportement des lignées avancées. Il reste par ailleurs à établir si l'hybridation entre des génomes différents engendre une instabilité génomique et des mouvements de gènes à l'intérieur du génome du maïs.

Des agroécosystèmes différents sont susceptibles d'exercer des pressions sélectives très dissemblables. Ainsi, on ne peut pas supposer que l'effet bénéfique d'un transgène dans le contexte de l'agriculture industrielle, par exemple, se reflétera dans un milieu agricole traditionnel ou parmi des espèces sauvages apparentées comme le téosinte. Au Mexique, les principaux parasites du maïs sont les lépidoptères, qui peuvent être sensibles à la plupart des variétés Bt commercialisées aux États-Unis. Toutefois, il faut recueillir davantage de données pour déterminer dans quelle mesure ces parasites ont un effet limitatif sur le maïs cultivé de façon traditionnelle et sur le téosinte. Si des gènes de tolérance aux herbicides sont introduits dans d'autres génotypes, ces derniers sont susceptibles de devenir tolérants aux herbicides. Cela pourrait être avantageux pour les petits agriculteurs, s'ils peuvent utiliser les herbicides appropriés et sont disposés à le faire, et si le propriétaire du brevet tolère cette dissémination fortuite et n'intente pas de poursuites contre les petits producteurs. Si le flux génétique conduit à l'introduction de la tolérance aux herbicides dans le téosinte, cela pourrait entraîner la disparition d'un outil de lutte contre cette espèce dans les champs de maïs.

La propagation ou non d'un transgène dans les populations locales ou sauvages dépend de plusieurs facteurs, notamment l'intensité du flux génétique au cours d'une même saison de croissance et d'une saison à l'autre, ainsi que l'effet sélectif du transgène. Si un transgène possède un avantage sélectif, la sélection peut engendrer une réduction de la diversité génétique dans le voisinage génomique du gène en question. L'étendue de la région touchée par la diminution de la diversité génétique (la « fenêtre » génomique) est proportionnelle à l'avantage sélectif que possède le gène et inversement proportionnelle au niveau de recombinaison. Dans le cas du maïs, dont le niveau de recombinaison est élevé, la région génomique présentant une diversité réduite par suite de la sélection d'un seul gène serait limitée (0,01 %). Ainsi, les effets d'un transgène isolé sur la diversité génétique d'une forme locale ou du téosinte sont susceptibles d'être négligeables du point de vue biologique, à moins que le flux génétique des cultivars transgéniques vers les formes locales et les populations de téosinte ne soit intense, auquel cas la forte diversité des espèces indigènes pourrait être supplantée par la diversité limitée des cultivars transgéniques.

Pour l'instant, tous s'accordent à dire que des séquences transgéniques sont présentes dans les populations locales de maïs au Mexique, mais non dans la banque de gènes du *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* (Centre international d'amélioration du maïs et du blé). De nombreuses questions demeurent toutefois sans réponse, par exemple dans les domaines suivants : l'étendue géographique de la dissémination des transgènes (jusqu'à quel point ceux-ci sont-ils répandus?); leur intensité à l'échelle locale (à quelle fréquence se retrouvent-ils dans les diverses zones touchées?); la nature précise des transgènes (ceux-ci proviennent-ils uniquement des variétés commercialisées, comme celles qui confèrent une résistance au Bt et aux herbicides, ou proviennent-ils de génotypes non encore commercialisés tels que le maïs transformé pour la fabrication de produits pharmaceutiques?); leur présence possible dans le téosinte; leurs sources (réserves gouvernementales locales, émigrants aux États-Unis, sociétés productrices de semences, autres origines); le devenir des transgènes dans les formes locales et le téosinte; le rôle des agriculteurs et d'autres facteurs contributifs dans le flux génétique de séquences transgéniques par dissémination du pollen et des semences.

Les processus à l'origine de la diversité génétique du maïs sont très dynamiques; le maintien de cette diversité devrait être basé tant sur la préservation des processus en question que sur la conservation des populations locales en soi. Nous estimons que l'adoption de méthodes de sélection plus efficaces par les agriculteurs pourrait motiver ceux-ci à préserver leurs espèces locales. On pourrait enseigner aux agriculteurs à procéder à un certain degré d'amélioration végétale s'ils ne font pas déjà appel à cette technique. Il faudrait qu'une intervention de ce genre soit soutenue par des activités d'information et de sensibilisation, par un réseau d'organisations non gouvernementales ou de coopératives locales ou par un réseau d'écoles techniques. On peut contribuer à la préservation de la diversité génétique en exploitant et en commercialisant de façon plus active les multiples formes locales et leurs produits variés, particulièrement en milieu urbain où, actuellement, les produits du maïs sont dans une large mesure standardisés et uniformes. En sensibilisant les consommateurs urbains à la diversité du maïs et de ses produits, on pourrait les inciter à acheter un plus grand nombre de ces produits et favoriser ainsi la préservation de la diversité des espèces que les petits producteurs choisissent de cultiver. Il faudra faire des recherches additionnelles dans les domaines de la biologie de la reproduction, du flux génétique et de l'isolement reproductif du maïs. En outre, il faudra mener des études afin de documenter l'étendue de la dissémination des transgènes dans les populations locales de maïs et les populations de téosinte, et publier les résultats dans des revues soumises au processus de révision par les pairs; ces études devront respecter des protocoles basés sur la répétition des analyses et la réalisation d'essais à l'insu, sous la surveillance de conseillers externes.