



LE POIVRON A VU SES FORMES ET SES COULEURS SE DIVERSIFIER PAR RAPPORT À LA MINUSCULE BAIE DU *CAPSICUM SAUVAGE* COMME, ICI, LE PIMENT DOUX, LE PIMENT FORT ET LE POIVRON
© C. SLAGMULDER - INRA

LA DOMESTICATION DES PLANTES À L'ÉCHELLE DE LA GÉNOMIQUE

Par Jacques David

La domestication est la première étape de notre histoire partagée avec les plantes cultivées. Cette histoire s'est ensuite enrichie de migrations, de plusieurs millénaires d'interactions dans le cadre d'une agriculture familiale et de pratiques très diverses. Le génome des plantes a donc continué à se modifier et continue à l'être.

— UN CHANGEMENT RADICAL DANS LA RELATION ENTRETENUE AVEC LA NATURE —

L'agriculture a pris naissance dans plusieurs endroits du monde au Néolithique. Les hommes commencent à élever les animaux et ensemencent les premiers champs, transformant les écosystèmes de manière radicale. Ces nouvelles pressions évolutives ont amené la domestication des plantes, des animaux et parfois de micro-organismes

(levures, champignons, bactéries). Si les archéologues ont identifié les théâtres géographiques et les cadres temporels, et si des botanistes curieux ont caractérisé les grandes transitions morphologiques lors de la domestication, la génétique s'est associée récemment à ce conte pour en relater des aspects plus intimes, cachés au fond des génomes. L'ADN est, en effet, un formidable grimoire qui garde la mémoire des événements passés.

— POUR ÊTRE UTILE À L'HOMME —

Les données archéologiques suggèrent que les céréales sauvages ont été d'abord cultivées sans qu'une sélection consciente soit effectuée. La domestication démarre par une sélection inconsciente des plantes qui réussissent le mieux et procurent le plus de ressources. Ainsi, la taille des grains augmente, leur dormance disparaît dès les premiers siècles tandis que l'acquisition d'un épi solide, facilitant la

récolte mettra plus de 1 500 ans à se fixer. Pour la tomate, la sélection sur la taille du fruit a amené aux formes de types « cerise », la forme sauvage ayant des fruits très petits. La sélection, consciente ou inconsciente, a progressivement modifié les espèces afin de les faire produire des organes (graines, tiges, feuilles, tubercules, baies) utiles à l'homme.

— DES GÈNES MAJEURS IDENTIFIÉS —

Le labour, l'enfouissement des grains, les méthodes de récolte ont amené des modifications sur des caractères, perceptibles à l'œil ou aux sens (précocité, taille, couleurs, teneur en composants toxiques) ou imperceptibles (dormance, physiologie de la nutrition minérale, appareil racinaire, chaînes métaboliques).

Le fruit de la tomate a vu son poids multiplié par 100. Le poivron a vu ses formes et ses couleurs se diversifier par rapport à la minuscule baie du *Capsicum* sauvage. Ces modifications commencées lors des premières étapes de la domestication se perpétuent aujourd'hui dans les pratiques d'amélioration des plantes. Dans quelques espèces, des gènes majeurs de domestication ont été identifiés : perte de l'aptitude à la dispersion (chez le blé et le riz), changement d'architecture ou taille du fruit chez la tomate, perte de l'amertume du fruit (mais pas de la feuille) chez le concombre. Nombre de gènes à effet plus faibles n'ont pas encore été détectés et ne le seront pas sans une approche plus fine des génomes.

— RETROUVER LES DESCENDANTS DES POPULATIONS SAUVAGES FONDATRICES —

Dans l'étude de la domestication, l'accès au génome a permis de retrouver la trace des populations fondatrices des plantes cultivées. Beaucoup de situations ont été clarifiées : maïs, orge, mil, sorgho, blé, haricot, concombre, riz, pommier. Quelquefois, la situation est bien plus complexe et la génomique des populations amène à valider ou invalider des hypothèses. La carotte cultivée (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*) est habituellement séparée en deux groupes selon sa pigmentation : les carottes de l'Est, cultivées en Asie ont des pigmentations jaunes ou pourpres tandis que celles de l'Ouest, cultivées en Europe, sont plutôt orange, jaune ou rouge. L'origine des carottes de l'Ouest était incertaine. Sur la base de différences morphologiques, l'hypothèse d'une domestication secondaire à l'Ouest



DIVERSITÉ OBSERVÉE CHEZ LES BLÉS DURS (*T. DURUM*) ET APPARENTÉS SAUVAGES AU CENTRE DE RESSOURCES GÉNÉTIQUES DE CLERMONT-FERRAND
© E. BOULAT/A. DIDIER - INRA

faisant intervenir une hybridation de carottes déjà domestiquées à l'Est avec des carottes sauvages locales (*D. carota* L. ssp. *carota*) restait à prouver.

— CAROTTES DE L'EST ET DE L'OUEST —

Après séquençage d'un large échantillon de carottes cultivées et sauvages, il est désormais clair que les carottes domestiques forment un groupe clairement séparé des carottes sauvages. Les carottes de l'Ouest apparaissent comme un sous-échantillon des carottes cultivées de l'Est, validant l'hypothèse d'une domestication principale, probablement en Afghanistan. Des indices assez nets d'introgession de formes sauvages vers les cultivés ont malgré tout été détectés, montrant que la diversité du pool de l'Ouest aurait été enrichie par des croisements avec les plantes sauvages. En termes pratiques, même si la diversité génétique des cultivars de l'Ouest est encore élevée (85 % du pool de départ) leur amélioration future pourrait faire appel à la diversité des formes de l'Est et pourquoi pas des formes sauvages.

— LA DOMESTICATION EST UN ÉCHANTILLONNAGE DANS LA DIVERSITÉ INITIALE —

Schématiquement, la domestication est tout d'abord un échantillonnage d'un nombre réduit d'individus au sein de quelques populations locales de plantes sauvages. Les générations suivantes sont produites par les semences récoltées sur ce premier compartiment cultivé avec de moins en moins d'introductions de graines sauvages. Ainsi, l'échantillonnage se prolonge durant la mise en place de la forme domestique. L'isolement reproducteur vis-à-vis de la forme sauvage lui permet d'accumuler les différences génétiques de plus en plus marquées qui en feront *in fine* une plante domestique. Ces échantillonnages successifs conduisent à une perte de diversité génétique globale dans le compartiment domestique comparativement au compartiment sauvage. Ce schéma ne nécessite pas encore d'hypothèse sélective, les généticiens parlent du modèle d'évolution neutre, les gènes sont soumis à la seule force évolutive liée au hasard, la dérive génétique, dont l'intensité est directement liée à la taille de la population échantillonnée. Plus l'échantillon est petit, plus la perte de diversité est marquée. Ainsi, cette force évolutive, responsable de la perte de diversité et de la différenciation sauvage/cultivée, touche l'ensemble du génome avec une intensité similaire, que le gène soit soumis à la sélection ou pas. Ce goulot d'étranglement est d'autant plus fort que la période de domestication est longue. Chez le Maïs, la comparaison des indices de diversité sur plusieurs centaines de gènes indique que la perte a été de 43 %.

— RESSOURCE GÉNÉTIQUE REMARQUABLE POUR LA TOMATE —

Quant à la tomate, originaire de la région andine d'Amérique du Sud, une étude récente a passé au scalpel de l'analyse génomique 360 accessions représentatives de sa riche histoire. Grossièrement, la diversité de la tomate s'organise en trois groupes principaux : le groupe des tomates sauvages prospectées en Amérique du Sud, celui des tomates à petits fruits (le type cerise) et celui des tomates à gros fruits. Le niveau de diversité de ces groupes est cohérent avec un scénario évolutif de domestication par pas successifs. Ainsi le groupe sauvage contient une diversité moléculaire très importante qui est absente du compartiment élite le plus avancé. Cette diversité, perdue au cours




FRUITS DE L'ESPÈCE SAUVAGE DE TOMATE *LYCOPERSICON PIMPINELLIFOLIUM*, IMPORTANTE SOURCE DE GÈNES DE RÉSISTANCE AUX MALADIES ET DE CARACTÈRES D'ADAPTATION À DIFFÉRENTS MILIEUX - © H. LATERROT - INRA PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

de l'histoire, représente ainsi une ressource génétique remarquable utile pour améliorer la rusticité de la tomate, sa résistance aux maladies, aux stress abiotiques, sa qualité nutritionnelle et gustative ou diversifier ses usages.

— LES EMPREINTES LAISSÉES PAR LA SÉLECTION —

L'effet de la sélection s'ajoute à celui de la dérive génétique dans les zones où des allèles favorables à la forme domestique ont été sélectionnés. Si la sélection est forte à un locus (par exemple, un seul allèle mutant porte la forme domestique favorable), la réduction de diversité est très forte, supérieure à celle observée dans des zones soumises à la dérive seule. Si la sélection a été forte, la réduction de diversité peut s'étendre à une zone assez large autour du locus soumis à sélection. Il est alors question de balayage sélectif. Chez le Concombre, la domestication a laissé une empreinte sélective forte. Cent douze régions du génome, couvrant environ 8 % de celui-ci montrent des signes de balayage sélectif. Certaines régions correspondent à des gènes connus impliqués dans la taille du fruit ou de la feuille. Les études de domestication montrent ici leur intérêt pour aider à l'identification de gènes importants, différenciant sauvages et cultivés.

Le recul que les données génétiques nous apportent, invite à réfléchir nos futures pratiques, notamment dans le cadre d'une agriculture plus tournée vers des préceptes agro écologiques : utilisation de la diversité perdue, variétés plus hétérogènes et évolutivement dynamique. ■



CHEZ LE CONCOMBRE,
LA DOMESTICATION A
LAISSÉ UNE EMPREINTE
SÉLECTIVE FORTE.
ICI, UN CONCOMBRE
ÉPINEUX DE TYPE
« MARKETER »
(TYPE « SLICER »)
© D. BLANCARD - INRA
BORDEAUX-AQUITAINE
