

Partie 1 - Les tribulations du pommier cultivé en Eurasie

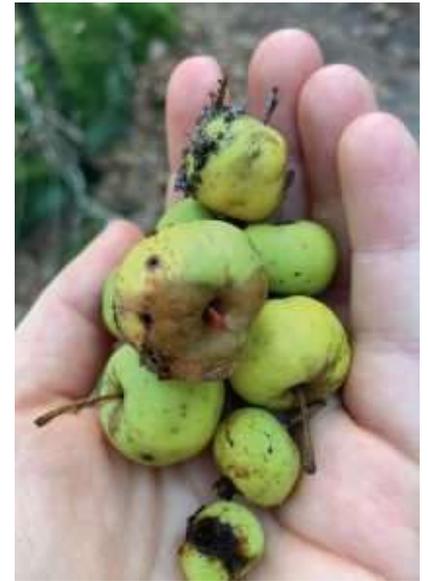
Domestiqué en Asie il y a plus de 4 000 ans, le pommier cultivé s'est ensuite hybridé plusieurs fois avec des pommiers sauvages durant son voyage jusqu'en Europe. Ces pommiers sauvages sont aujourd'hui menacés et des programmes de conservation sont mis en place pour les préserver.

Une histoire de domestication complexe

Quelle est l'origine des variétés de pommes que nous mangeons dans nos assiettes ? Des analyses génétiques d'échantillons de feuilles récoltées par des chercheur(e)s et le grand public depuis 2009, ont permis de répondre à cette question.

Ces analyses ont montré que le pommier cultivé, *Malus domestica*, a été domestiqué entre les 10 000 et 4 000 dernières années, dans les montagnes du Tian Shan en Asie Centrale à partir de l'espèce locale de pommier sauvage, *Malus sieversii* (Figure n° 1). Cette dernière présente des pommes aux goûts et aux formes très variés, et dans certains cas, très proches des pommes cultivées. Par la suite, le pommier cultivé a été amené en Europe, le long des routes de la soie, traversant ainsi l'Asie, le Caucase, puis l'Europe. Lors de ces tribulations en Eurasie, des échanges de gènes ont eu lieu entre le pommier cultivé et les espèces sauvages locales, tout d'abord, de manière anecdotique avec le pommier sauvage Caucasiens, *Malus orientalis*. Le pommier sauvage européen, *Malus sylvestris*, est ensuite entré en scène relativement récemment, lorsque le pommier cultivé a été amené en Europe par les Grecs et les Romains, il y a environ 1 500 ans. À ce moment-là, le pommier cultivé a été massivement introgressé* par le pommier sauvage européen. Les deux espèces sauvages, européenne et caucasienne, présentent des fruits petits et acides (Figure n° 1).

* Introgression : Transfert de gènes ou d'allèles d'une population ou espèce vers une autre.



Malus sylvestris
diamètre: 1-3 cm

Malus sieversii
diamètre: jusqu'à 6 cm



Malus orientalis
diamètre: 2-4 cm

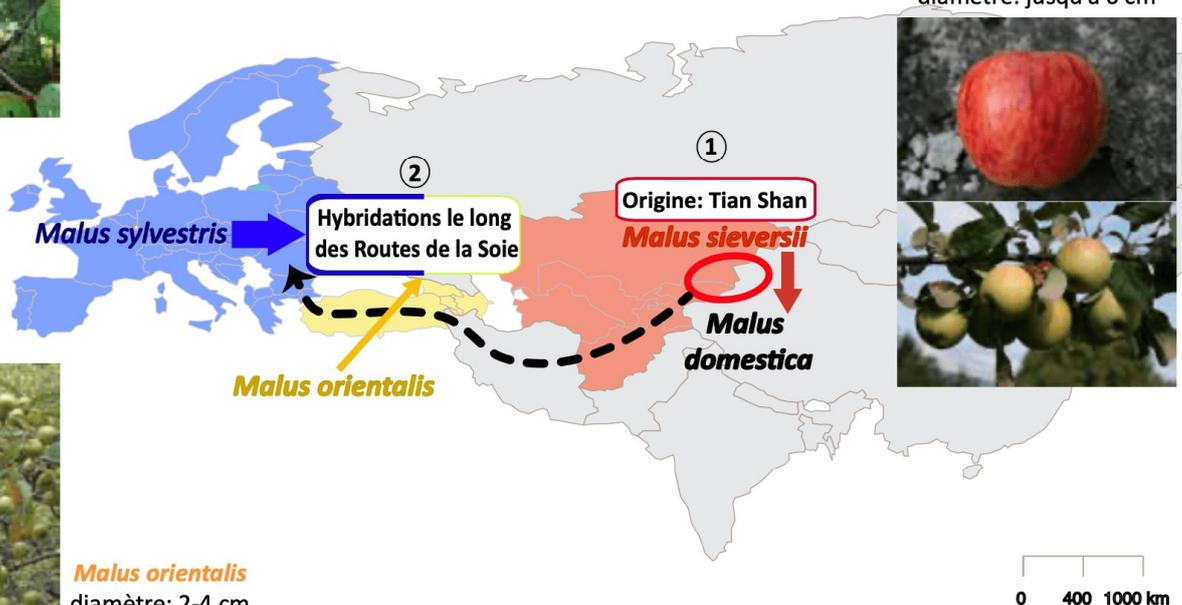


Figure n° 1: Tribulations du pommier cultivé (*Malus domestica*) en Eurasie.

1. Domestication du pommier il y a 4 000 à 10 000 ans dans les montagnes du Tian Shan en Asie Centrale à partir du pommier sauvage d'Asie Centrale, *Malus sieversii*.

2. Diffusion le long des routes de la soie durant laquelle les espèces sauvages locales, *Malus orientalis* dans le Caucase, et plus récemment, *Malus sylvestris* en Europe, ont contribué au génome du pommier cultivé par des hybridations. Il est à noter que les fruits des pommiers sauvages apparentés au pommier cultivé ont des formes et goûts très variés (figure adaptée de [1]).

Le pommier sauvage européen, cinq populations

À nouveau grâce à des marqueurs génétiques, l'histoire du pommier sauvage européen a pu être reconstruite depuis la dernière grande glaciation du Pléistocène. Ces marqueurs génétiques ont permis de montrer que, par le passé, le pommier sauvage européen a résisté au changement de climat. Il y a 20 000 ans, lors de la dernière glaciation, la baisse des températures a entraîné la migration des populations de pommier sauvage européen vers le sud de l'Europe. Plusieurs groupes se sont ainsi formés : en Scandinavie, dans les Balkans, à l'ouest et à l'est de la France et en Italie. Ces groupes ont évolué séparément et leurs génomes se sont différenciés. Il y a 10 000 ans, sous un climat qui se réchauffe à partir de l'Holocène, les pommiers sauvages ont regagné l'ensemble de l'Europe (Figure n° 2, voies de migrations suivies par le pommier sauvage) en conservant leurs particularités génétiques. De ce fait, on observe à présent cinq groupes génétiques de pommiers sauvages en Europe (Figure n° 3).

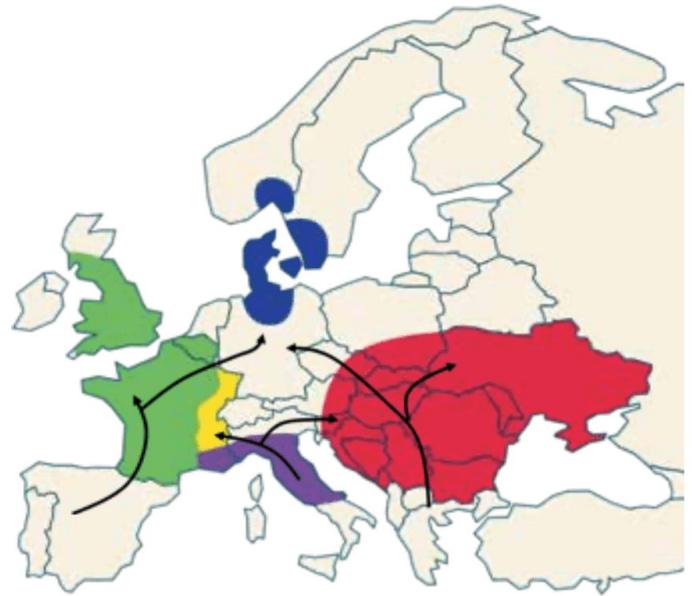


Figure n° 2 : Cinq populations actuelles de pommier sauvage (*Malus sylvestris*) en Europe, et voies de migration suivies lors de la colonisation postglaciaire © Cornille et al.

Le pommier sauvage européen menacé par les activités humaines

Aujourd'hui, le pommier sauvage européen est menacé par la destruction et la fragmentation de son habitat ou encore l'hybridation avec les pommiers cultivés. Les échanges de gènes des vergers de pommiers cultivés vers les populations naturelles de pommiers sauvages en forêt sont en effet massifs en Europe. Ces flux de gènes peuvent menacer l'intégrité génétique à long terme des pommiers sauvages, alors même que cette espèce est déjà considérée en danger en Belgique et en République tchèque du fait de la fragmentation des paysages qui diminue drastiquement ses effectifs. Il est donc urgent de l'étudier, de le conserver et de le protéger.

Plateau de Saclay : une collection patrimoniale vivante de pommiers sauvages

Un projet multi-acteurs (académiques et non académiques, locaux, nationaux et internationaux) et multi-objectifs (recherche, conservation, pédagogie et paysager) a vu le jour : la mise en place d'un verger conservatoire, expérimental et pédagogique sur le territoire du plateau de Saclay. Ce verger s'inscrit à terme dans un projet de conservation de la diversité du pommier sauvage en France, et plus largement en Europe, de sa reforestation, et de la compréhension de l'impact du changement climatique chez les arbres fruitiers. Ce verger de pommiers sauvages du plateau de Saclay vise à répondre aux questions suivantes : Quelles sont les capacités de réponse des arbres fruitiers au changement climatique et aux attaques de ravageurs ? Comment, dans un contexte de changements globaux (perte de biodiversité, changement climatique, fragmentation des habitats, déforestation), conserver de manière raisonnée les ressources génétiques du pommier sauvage pour les futurs programmes de réintroduction dans les forêts et d'amélioration variétale de la pomme ? Ce site est aussi en cours de réplification en France (à plus petite échelle avec 100 pommiers par réplikat). Il est aussi à noter que les espèces sauvages dans le Caucase et en Asie Centrale sont menacées. Des programmes de conservation sont aussi envisagés : le verger de pommiers sauvages (*Malus sylvestris*) de Saclay représente les cinq populations de pommier sauvage européen, dont chaque individu a été caractérisé génétiquement.

Amandine Cornille Chercheure CRCN CNRS, Laboratoire génétique quantitative et évolution – Université Paris-Saclay, Inrae, CNRS, AgroParisTech, GQE – Gif-sur-Yvette

Source: <https://www.reseau-canope.fr/svt-taches-complexes/chapitre.html?page=tt2st2c2ua>

Autre source possible : www.jardinsdefrance.org/pommier-sauvage-limpact-du-climat-sur-sa-genetique/

Partie 2 – Etude à l’Institut Max Planck par le docteur Robert Spengler

Des découvertes archéologiques récentes de pépins de pomme conservés en Europe et en Asie occidentale, combinées à des données génétiques historiques, paléontologiques et récemment publiées, racontent une nouvelle histoire fascinante sur l'un de nos fruits les plus connus. Dans une nouvelle étude, Robert Spengler de l'Institut Max Planck pour la science de l'histoire humaine à Iéna retrace l'histoire de la pomme jusqu'à ses origines et constate que la pomme s'est propagée d'abord par la mégafaune de l'époque et plus tard à la suite de commerce le long de la route de la soie. Ces procédés ont permis le développement des variétés de pommes que nous connaissons aujourd'hui.

Des chevaux domestiques dans les montagnes du Tien Shan au Kazakhstan mangeant des pommes sauvages démontrent le processus de dispersion des graines que les pommiers sauvages ont développées il y a des millions d'années, lorsque de grands mammifères monogastriques comme celui-ci était répandus dans toute l'Eurasie.

La pomme est probablement le fruit le plus connu au monde. Elle est cultivée dans les climats tempérés du monde entier et son histoire est étroitement liée à celle de l'homme. [...] Ce qui est clair, c'est que les gens s'occupent intensivement des populations de pommiers sauvages depuis des milliers d'années. Cependant, le processus de domestication et le changement évolutif de ces arbres par la domestication sont mal compris.



Les pommiers sauvages des monts Tien Shan représentent la principale population ancestrale de nos pommiers actuels, ces arbres portent de gros fruits souvent rouges aux saveurs différentes. Ce sont les ancêtres des arbres que les gens ont commencé à cultiver et à répandre le long de la route de la soie.

© Prof. Dr. Martin R. Stuchtey

Plusieurs études génétiques récentes ont montré que la pomme moderne est un mélange (hybride) d'au moins quatre espèces de pommes sauvages, et

la recherche a suggéré que ces espèces ont été réunies et croisées via les routes commerciales de la route de la soie. Des restes de pommes sous forme de pépins de pommes conservés ont été trouvés sur des sites archéologiques à travers l'Eurasie, et ces découvertes appuient l'idée que les arbres fruitiers et à noix faisaient partie des marchandises transportées sur ces premières routes commerciales. Spengler a compilé les preuves archéobotaniques et historiques des cultures de la Route de la Soie dans son prochain livre, *Fruit from the Sands*, publié par l'Université de Californie. La pomme a un lien profond avec la route de la soie - une grande partie du matériel génétique de la pomme moderne provient du cœur d'anciennes routes commerciales dans les montagnes du Tien Shan au Kazakhstan. De plus, l'échange a provoqué le processus d'hybridation qui a conduit au développement des gros fruits rouges et sucrés sur nos marchés.

Comprendre comment et quand les pommiers ont commencé à porter des fruits plus gros est important pour la recherche car les arbres fruitiers ne semblent pas avoir été domestiqués de la même manière que d'autres cultures, comme les céréales ou les légumineuses, dont la domestication est mieux connue. Une grande variété d'influences naturelles et humaines exerce une pression sélective sur les plantes dans nos champs, et il n'est pas toujours facile de reconstruire quelle influence a causé quel changement évolutif. Par conséquent, l'examen des processus évolutifs des plantes modernes et fossiles peut aider les chercheurs à comprendre le processus de domestication. Les fruits sucrés charnus ont évolué pour attirer les animaux à se nourrir et disperser leurs graines ; les gros fruits se développent spécialement.

Les gros fruits ont évolué pour attirer les gros animaux

[...] Selon Spengler [le docteur responsable de cette étude], comprendre le processus évolutif des gros fruits dans la nature nous aidera à comprendre le processus de leur domestication. "Si vous considérez les fruits comme des adaptations évolutives pour la dispersion des graines, savoir quels animaux ont utilisé ces fruits comme nourriture dans le passé est la clé pour comprendre le développement de ces fruits", explique Spengler.

De nombreuses plantes fruitières de la famille des pommiers (Rosaceae), comme les cerises, les framboises et les roses, portent de petits fruits. Ces petits fruits sont facilement avalés par les oiseaux, qui dispersent alors les graines. Cependant, les fruits d'autres arbres de la famille, tels que les pommes, les poires, les coings et les pêches, se sont développés à une taille qui empêchait un oiseau de disperser leurs graines. Des preuves fossiles et génétiques montrent également que ces gros fruits ont évolué plusieurs millions d'années avant que les humains ne commencent à les cultiver. Qui, alors, ces grands fruits devaient-ils attirer ?

Aujourd'hui, seuls quelques grands mammifères mangent des pommes, comme les ours et les chevaux domestiques. Cependant, avant la fin de la dernière période glaciaire il y a environ douze mille ans, il y avait beaucoup plus d'espèces de grands mammifères sur le continent européen, comme les chevaux sauvages et les grands cerfs. Il est prouvé que la dispersion des graines des parents sauvages à gros fruits de la pomme a été lente au cours des dix mille dernières années, car bon nombre de ces animaux ont disparu. De plus, les stocks de pommiers sauvages semblent coïncider géographiquement avec les zones de retrait de la période glaciaire. Cela suggère que ces plantes ne pouvaient pas se propager sur de longues distances ou coloniser de nouvelles zones après la disparition des propagateurs originaux de leurs graines.

Le commerce le long de la route de la soie a probablement permis le développement de la pomme que nous connaissons aujourd'hui

Les peuplements de pommiers sauvages ont été isolés les uns des autres après la fin de la dernière période glaciaire, jusqu'à ce que les humains commencent à transporter les fruits à travers l'Eurasie, en particulier le long de la route de la soie. Une fois que les humains ont remis ces différentes lignées en contact les unes avec les autres, les abeilles et autres pollinisateurs ont fait le reste du travail. La progéniture hybride résultante avait des fruits plus gros, un résultat courant de l'hybridation. Les gens ont remarqué les fruits plus gros et ont amélioré ce trait en greffant et en plantant des boutures des arbres les plus populaires. Ainsi, les pommes que nous connaissons aujourd'hui n'ont pas été principalement créées par un long processus de sélection et de dispersion des graines des arbres les plus populaires, mais par mélange et greffage. Ce processus peut avoir eu lieu assez rapidement et, dans certains cas, n'était probablement pas intentionnel. Le fait que les pommiers soient des hybrides et n'aient pas été "correctement" domestiqués est la raison pour laquelle là où nous plantons un pépin de pommier, un pommier sauvage pousse souvent.

Cette étude remet en question la définition de « domestication » et montre qu'il n'existe pas de modèle universel expliquant le développement des plantes sous culture humaine. Pour certaines plantes, la domestication a duré des millénaires sous la pression de sélection exercée par l'homme - pour d'autres plantes, l'hybridation a conduit à un changement morphologique rapide. "Le processus de domestication n'est pas le même pour toutes les plantes, et nous savons encore peu de choses sur ce processus chez les arbres, où les générations sont distantes de plusieurs années", explique Spengler. "Il est important que lorsque nous étudions la domestication des plantes, nous ne regardions pas seulement les graminées annuelles, comme le blé ou le riz. Il existe des centaines d'autres plantes domestiquées dans le monde.

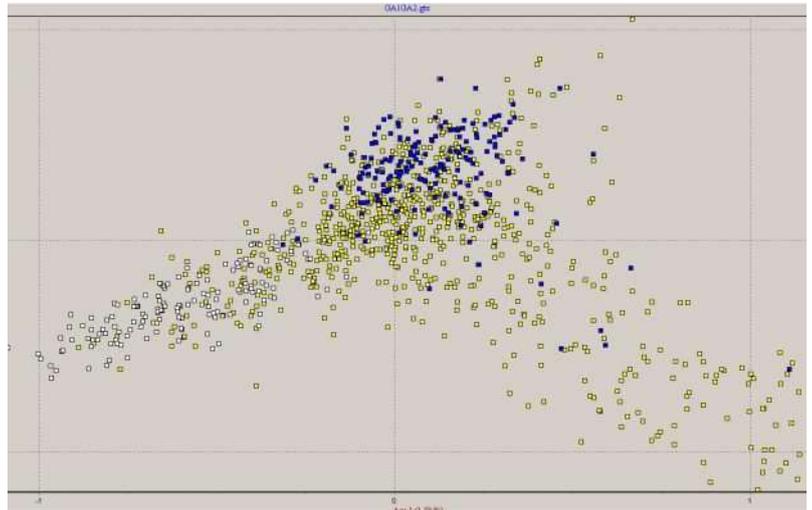
Partie 3 – Retracer l’histoire des variétés de pommes actuelles

En France, les variétés anciennes de pommier sont conservées par de nombreux organismes (associations, collectivités locales, institut de recherche ...). Elles constituent une richesse patrimoniale remarquable qui témoigne de la diversité régionale des usages et de la variabilité génétique en matière d’adaptation aux terroirs. Le projet « CorePom »[1] a eu pour objectif de caractériser la diversité génétique d’un large ensemble de vieilles variétés de pommier en veillant à représenter au mieux les diverses régions françaises et les divers usages (pomme à couteau, pomme à cidre, pomme à cuire ...).

Des caractéristiques génétiques intéressantes

Figure 1 : Représentation de la diversité génétique des variétés de pomme analysées par marqueurs moléculaires dans le cadre du projet CorePom.

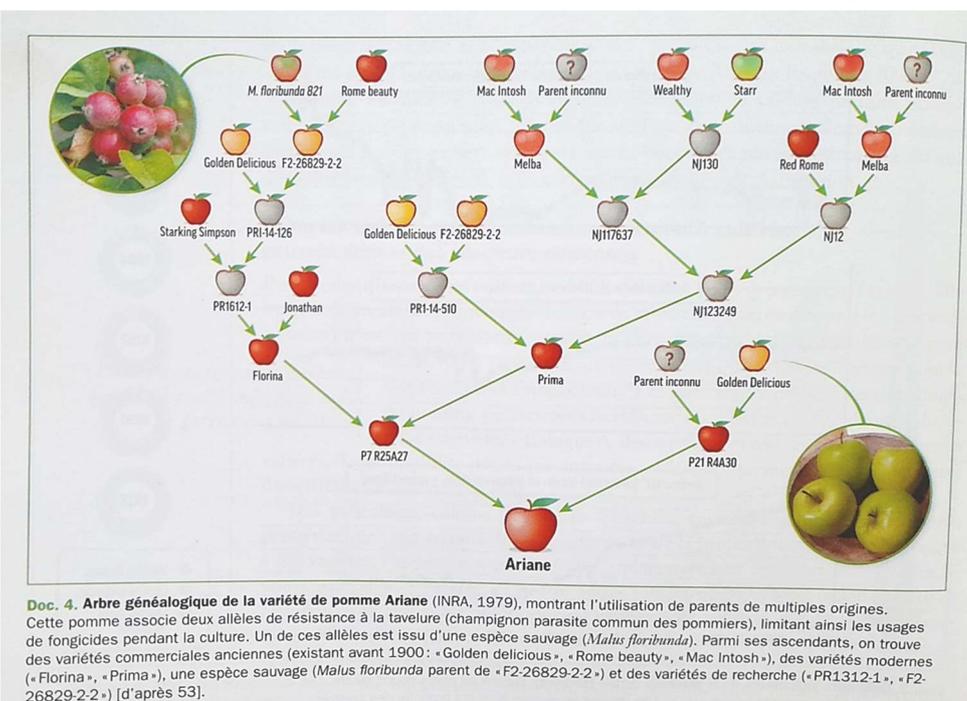
En jaune : variétés à couteau anciennes ;
 en bleu : variétés à cidre anciennes ; en
 blanc : variétés récentes (essentiellement
 à couteau).



Le pommier est une espèce diploïde et possède 17 paires de chromosomes. Parmi les variétés analysées, il a été surprenant d’observer qu’environ 20% d’entre elles sont triploïdes (chaque chromosome est présent en triple exemplaire et non en double). Cette caractéristique pourrait avoir été sélectionnée inconsciemment par les fermiers et jardiniers au long des siècles car elle est généralement associée à des fruits plus gros. Les marqueurs ont aussi permis de montrer qu’il n’y a pas de différences génétiques très fortes entre les variétés

originales de différentes régions françaises ou à usage particulier. [...]

Cela provient très vraisemblablement de l’importance des échanges de greffons au long des siècles et des croisements entre variétés de diverses origines européennes qui en ont découlé. Les marqueurs moléculaires ont ainsi permis de retrouver les parents de variétés anciennes à la manière d’une recherche généalogique humaine.



Source de l’illustration : Le défi alimentaire S. Rebulard

En conclusion, ces informations génétiques permettent à la fois de retracer l’histoire des ressources génétiques du pommier et de raisonner le choix de certaines variétés à étudier plus en détail afin de mieux comprendre les bases héréditaires des caractères agronomiques et les exploiter en sélection de nouvelles variétés. Face au changement climatique, ces ressources sont indéniablement la matière première de l’adaptation variétale.