

lopoides, une variété sans doute «férale», c'est-à-dire une sous-espèce sauvage qui dérive soit de plantes domestiquées, soit du croisement de végétaux domestiqués et sauvages. Notons que, pour certains botanistes, cette espèce est l'ancêtre des formes cultivées de blé engrain. Ces formes férales colonisent souvent les territoires modifiés par l'activité humaine.

Nous disposons de 1 400 grains sauvages ou cultivés de blé engrain, nous en avons choisi, d'après leur morphologie, 339 pour une analyse moléculaire ; 262 de ceux-ci avaient été prélevés dans les habitats primaires et secondaires de l'espèce sauvage, et leur lieu précis de prélèvement était connu, à cinq kilomètres près. Nous avons incorporé à notre analyse 68 échantillons de blé engrain cultivé dans diverses régions d'Europe, et 9 échantillons, proches de *Triticum monococcum aegilopoides*, recueillis dans les Balkans.

La recherche de proximité génétique fondée sur les marqueurs AFLP commence par l'extraction et la purification de l'ADN des plants obtenus à partir de chaque échantillon de graines mises en culture. Deux enzymes qui se lient à des sites particuliers de l'ADN et le coupent à ces sites engendrent de nombreux fragments. On sélectionne alors certains de ces fragments (pour simplifier l'analyse) et on les reproduit en de nombreux exemplaires par la technique d'amplification des gènes, ou PCR (*polymerase chain reaction*, soit «réaction en chaîne à la polymérase»). Dans nos études, nous avons ainsi amplifié 288 fragments.

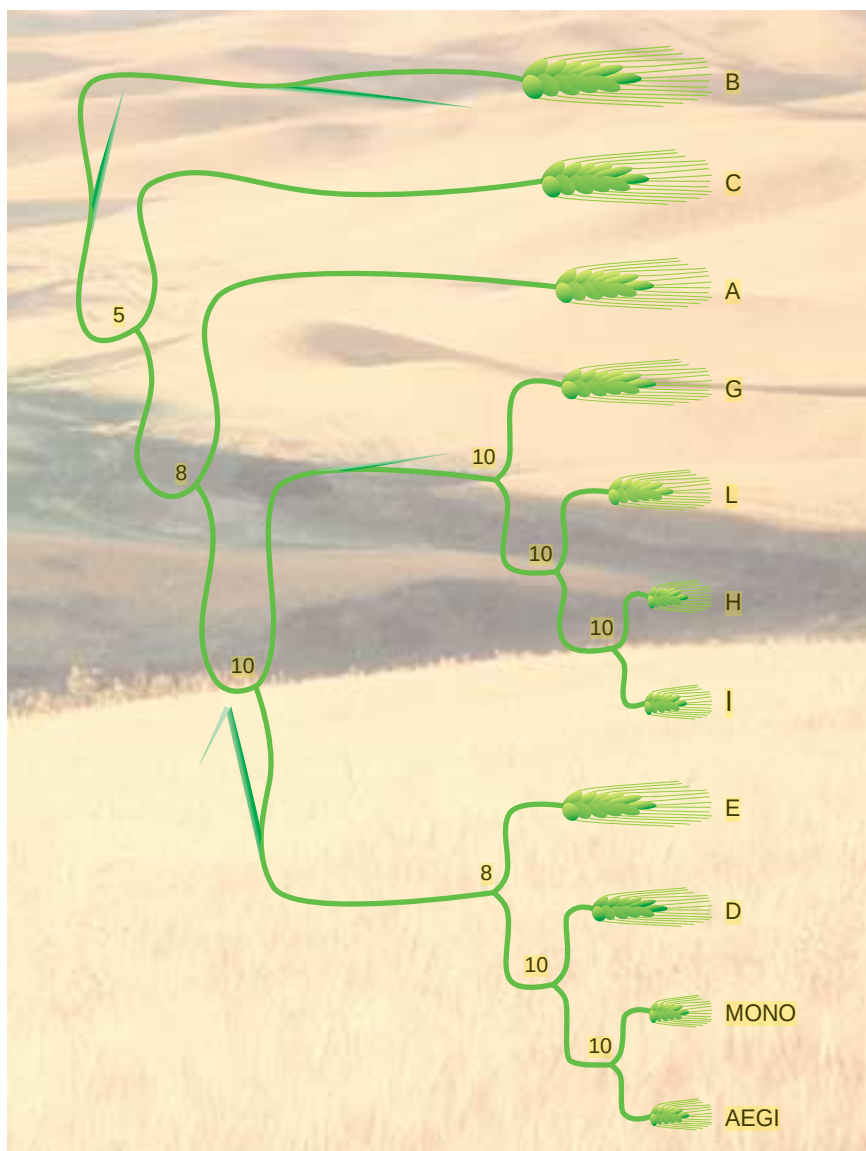
Lors de l'amplification, nous avons marqué les fragments amplifiés en y introduisant des atomes radioactifs, puis nous les avons séparés selon leur charge électrique (on les détecte alors à l'aide de plaques photographiques que les atomes radioactifs impressionnent).

La quantité de bandes communes à deux échantillons mesure leur ressemblance génétique. Après avoir comparé toutes les paires d'échantillons, on crée des arbres phylogénétiques et l'on représente graphiquement les relations de parenté génétique entre les sous-espèces étudiées. Par précaution, pour obtenir les arbres, nous avons utilisé dix méthodes d'analyse différentes, dont les résultats ont été combinés en un arbre phylogénétique dit de consensus (voir la figure 3).

Les échantillons issus de la même zone sont génétiquement plus semblables que ceux qui proviennent de zones différentes, et il existe une parenté étroite entre le blé engrain cultivé et *Triticum monococcum aegilopoides* (cette ressemblance est confirmée par les caractéristiques morphologiques) : cette sous-espèce est une forme intermédiaire entre les blés sauvages et les blés cultivés. Elle présente des signes de domestication qui, outre son habitat – les Balkans –, l'excluent du groupe des ancêtres possibles du blé engrain cultivé. Dans les dix arbres phylogé-

nétiques, les grains de blé engrain sauvage du groupe D, recueillis dans les monts Karaca Dag, sont génétiquement plus proches du blé engrain cultivé que des autres formes sauvages de *Triticum monococcum boeoticum*.

Une autre représentation graphique (voir la figure 4) montre que le groupe D se distingue nettement des autres groupes : il est le plus proche parent des différentes sous-espèces de blé engrain domestiqué. Ainsi, les montagnes du Karaca Dag, une zone réduite du Croissant fertile, sont le lieu unique de la domestication du blé engrain.



3. CET ARBRE PHYLOGÉNÉTIQUE CONSENSUS est établi à partir de dix gènesalogies obtenues par diverses méthodes d'analyse des données génétiques, de formes sauvages et cultivées de blé engrain. Les formes cultivées *Triticum monococcum monococcum* (MONO) sont génétiquement très proches des formes semi-sauvages de blé engrain des Balkans, *Triticum monococcum aegilopoides* (AEGI). L'ancêtre sauvage des formes cultivées appartient au groupe D (ainsi désigné d'après la zone de prélèvement, voir la figure 2) d'échantillons de blé engrain sauvage *Triticum monococcum boeoticum*. Les nombres sur chaque branche indiquent le nombre de fois, dans les dix arbres gènesalogiques différents, où la situation «consensus» a été observée.

L'histoire du blé engrain (*Triticum monococcum*)

Le blé diploïde (son génome, nommé par convention AA, a deux exemplaires de chaque gène) est communément appelé engrain, ou petit épeautre (*Triticum monococcum*) : ce fut une des premières plantes cultivées, vers 9 500 avant notre ère. Lors d'hybridations et de croisements — naturels ou humains —, un autre blé, *Triticum tauschii* (génome DD), et une plante de l'espèce *Aegilops speltoides* (génome BB) ont apporté des gènes au blé engrain pour former les blés cultivés actuels : le blé poulard *Triticum turgidum*, tétraploïde (génome AABB), et le blé tendre *Triticum aestivum*, hexaploïde (génome AABBDD). Avec l'amidonniér (épeautre moyen) et le grand épeautre, le blé engrain appartient au groupe des blés à « grain vêtu » : à la maturation, les enveloppes nommées glumes adhèrent aux grains.

Cette graminacée a été domestiquée, en une seule fois, à proximité des montagnes du Karaca Dag, au Sud-Est de la Turquie, dans l'actuel Kurdistan. Puis, du Croissant fertile, le blé engrain a d'abord diffusé dans les régions adjacentes de l'Anatolie septentrionale et du Caucase. Ensuite, en passant par les Balkans et par la Méditerranée, il a rejoint l'Europe et a colonisé l'Afrique du Nord-Ouest, à partir de l'Espagne.

Dès l'Âge du bronze (à la fin du Néolithique), l'espèce est cultivée ; des fouilles archéologiques menées dans les Alpes ont mis au jour des vestiges de pains à pâte levée datés de 3 500 à 5 000

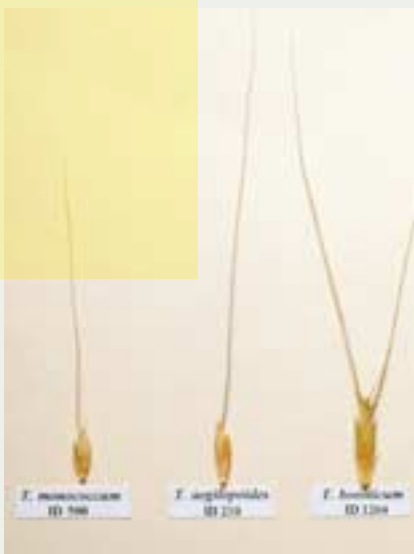
ans avant notre ère : Lanfranco Castelletti, directeur du Musée de Côme, a démontré que l'un de ces pains carbonisés était fait de farine de blé engrain.

La technique de panification des pâtes levées a sans doute été adoptée indépendamment et environ à la même période en Europe, avec de la farine de blé engrain, et en Égypte, à partir de farine de blé amidonnier tétraploïde. Ötzi, le berger qui fut congelé il y a 5 000 ans dans le glacier de Similaun, en Autriche, portait un vêtement de fibres végétales tissées où l'on a découvert deux grains de blé engrain.

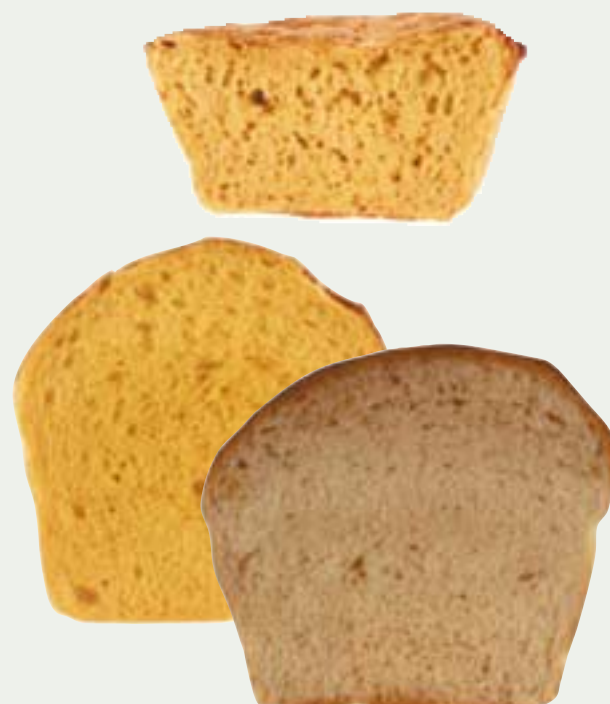
À cette époque, le blé engrain est progressivement remplacé dans les champs cultivés par les espèces de blé polyploïdes, d'abord à grains vêtus, puis à grains nus. À l'époque des Romains, il était confiné à l'alimentation animale.

Aujourd'hui, la culture du blé engrain ne persiste qu'à l'état de vestige dans des zones limitées d'Italie, ainsi que dans la région de Vaison-la-Romaine. Après avoir étudié les caractéristiques du blé engrain, des agronomes tentent d'augmenter les quantités produites et de sélectionner des lignées à grain nu. Certaines variétés sont adaptées à la panification : le pain obtenu a une couleur jaune

d'or, due à la quantité élevée de pigments de la classe des caroténoïdes (certaines molécules de cette famille donnent leur couleur aux carottes).



L'analyse des grains révèle les différences morphologiques entre les trois sous-espèces de blé engrain (à gauche) : *Triticum monococcum monococcum* (a), *Triticum monococcum boeoticum* (b) et *Triticum monococcum aegilopoides* (c). La photographie supérieure montre les épillets (les épis secondaires de la plante) de chacune



des sous-espèces (de gauche à droite, *Triticum monococcum monococcum*, *Triticum monococcum aegilopoides* et *Triticum monococcum boeoticum*). Les pains obtenus à partir de variétés de blé engrain adaptées à la panification sont jaunes, tandis que le pain obtenu à partir de blé tendre est blanc (à droite).