

L'amélioration des plantes et la production de matériel végétal

À partir des contributions de P. Feldmann (CIRAD) et H. Feyt (CIRAD)

LES OBJECTIFS DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

L'amélioration des plantes, à la fois art et science, vise à créer des variétés répondant aux besoins de l'agriculteur, mais aussi à ceux de tous les utilisateurs du produit récolté : consommateur, industriel, intermédiaires de la commercialisation, du stockage, de la transformation, etc.

Du point de vue génétique, elle peut être définie comme l'ensemble des processus qui, à partir d'un groupe d'individus n'ayant pas certains caractères au niveau recherché, permet d'obtenir un autre groupe d'individus, plus ou moins reproductible – *la variété* – apportant un progrès (Demarly, 1977).

L'amélioration des plantes est du domaine de l'ingénierie génétique. Mais c'est aussi une activité économique qui a pour objectif d'améliorer la production des plantes aux plans quantitatif et qualitatif. Elle doit donc être conçue pour obtenir les progrès génétiques les plus importants de la manière la plus durable possible avec la meilleure utilisation des moyens disponibles.

En pratique, toute sélection est nécessairement multivariable car il s'agit de progresser sur un ou plusieurs caractères sans perdre ceux déjà acquis. Or de nombreux caractères sont complexes et résultent de l'expression d'un grand nombre de gènes. Pour accumuler le maximum de gènes ou de combinaisons de gènes favorables dans un individu, il faut donc provoquer le maximum de recombinaisons.

L'amélioration des plantes comporte deux phases fondamentales :

- > la recherche et la création de variabilité (par prospection, hybridation, etc.) ;
- > la sélection et la fixation de cette variabilité (suivi des recombinaisons, homogénéisation).

Un programme d'amélioration performant et efficace nécessite de bien identifier les objectifs à atteindre pour répondre aux besoins des différents utilisateurs. L'évolution permanente des conditions climatiques, écologiques, sociales et économiques conduit à un ajustement continu des objectifs, de la manière la plus prospective possible en raison du temps et du coût élevé des opérations de production et de diffusion de nouvelles variétés. La sélection participative, c'est-à-dire associant directement à des

degrés variables les paysans, mais aussi les futurs consommateurs ou utilisateurs des variétés, diminue le risque de parvenir à de nouvelles variétés mal adaptées.

LES BASES BIOLOGIQUES DE LA REPRODUCTION DES PLANTES

Les méthodes de sélection doivent être adaptées aux caractéristiques spécifiques de l'espèce à améliorer, la structure génétique étant modelée par le régime de reproduction. On distingue ainsi deux régimes principaux de reproduction sexuée : l'autogamie et l'allogamie. L'apomixie¹ et la multiplication végétative sont d'autres modes de reproduction moins courants.

L'autogamie est caractéristique des espèces qui s'autofécondent habituellement et dont les individus sont globalement homozygotes. Chaque gène se retrouve sous une forme (allèle) identique sur les deux chromosomes que compte habituellement un individu. Ce régime est dominant chez les espèces comme l'arachide, le riz, le sorgho, la tomate.

L'allogamie, au contraire, est le régime de reproduction où sont favorisées les fécondations croisées avec pour conséquence une hétérozygotie élevée des individus. Le maïs, la canne à sucre, l'ananas, le palmier à huile ou le cacaoyer sont des espèces allogames. Ces espèces présentent naturellement une forte hétérozygotie, et corrélativement, supportent mal sa diminution par autofécondation. C'est la dépression de consanguinité ou *inbreeding*.

La multiplication végétative (asexuée) permet la multiplication conforme des plantes et aboutit à des ensembles homogènes appelés clones. C'est le cas de très nombreuses plantes importantes comme le bananier, la canne à sucre, l'hévéa ou les plantes à tubercules.

Il existe des situations intermédiaires² ou qui combinent plusieurs régimes de reproduction³. Cela a des conséquences déterminantes sur la structure génétique des cultivars et donc sur les stratégies d'amélioration.

Les espèces autogames ont développé divers mécanismes favorisant l'autofécondation dont le plus extrême est celui des fleurs cléistogames qui ne s'épanouissent pas. À l'opposé, les espèces allogames ont mis au point des mécanismes favorisant la fécondation croisée :

- > mécanismes génétiques, comme l'auto-incompatibilité ou la stérilité mâle ;
- > mécanismes physiques, comme le décalage des floraisons mâle et femelle dans l'espace ou dans le temps, la pollinisation par le vent (anémogamie), les insectes (entomogamie) ou même des mammifères (chauve-souris pour le baobab) ou des oiseaux (colibri pour les balisiers).

La connaissance du régime de reproduction est indispensable pour définir les stratégies de prospection et de conservation des ressources génétiques ainsi que les méthodes d'amélioration génétique.

1 L'apomixie est un mode de reproduction asexuée produisant des descendants non issus de la fusion de deux gamètes. Suivant l'origine cellulaire de l'embryon, on distingue la parthénogenèse (à partir d'un gamète seul), l'apogamie (à partir d'une cellule du sac embryonnaire), l'aposporie (à partir de tissus diploïdes).

2 Comme un taux d'autogamie partiel.

3 Par exemple une plante allogame à multiplication végétative.

L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES PLANTES CULTIVÉES

● Les sources de variabilité

On ne peut sélectionner que dans une structure présentant de la variabilité. La première étape d'un programme d'amélioration, une fois les objectifs de sélection bien définis, est donc d'identifier les populations sources présentant la variabilité génétique utile. Ces ressources génétiques d'origines diverses, cultivées ou sauvages, peuvent être réunies dans une collection ou issues d'une action de création de variabilité par brassage génétique (hybridations) ou induction de nouvelles variations par mutagenèse ou par l'utilisation de certaines biotechnologies.

● La gestion et l'évaluation des ressources génétiques

Les ressources génétiques sont constituées des variétés cultivées collectées dans les environnements les plus variés ainsi que des populations sauvages et des espèces apparentées, quand elles existent. Elles sont classiquement issues de prospections qui permettent de constituer des collections. La gestion de ces collections est une opération de longue haleine, coûteuse et difficile. Les individus qui les composent doivent être caractérisés et conservés pour pouvoir être utilisés efficacement. Le meilleur compromis est recherché entre une conservation *in situ* qui permet de gérer de manière dynamique la variabilité, que ce soit en milieu naturel ou cultivé, et les collections *ex situ* conservées à l'abri des aléas et des pressions de sélection : vitrothèques, banques de graines.

Les sélectionneurs disposent ainsi de larges collections pour améliorer la plupart des espèces cultivées. Mais un très faible pourcentage de plantes issues de ces collections est réellement utilisé. Cette sous-exploitation des ressources génétiques résulte en partie du manque de caractérisation des matériels en collection. L'évaluation de ces collections bénéficie aujourd'hui des avancées récentes des techniques de biologie moléculaire qui, alliées aux caractérisations morpho-agronomiques, permettent de créer des collections de travail de taille réduite, ou core-collection, représentatives de la variabilité disponible. Les marqueurs moléculaires permettent d'approcher de plus près le génotype et aident ainsi à une meilleure compréhension des processus de domestication, de la structure de la variabilité au sein des espèces, des apparentements entre populations ou encore des flux de gènes entre espèces sauvages et cultivées.

La constitution de ces collections de ressources génétiques, souvent issues de pays et d'environnement très divers, a des implications scientifiques mais aussi juridiques abordées dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, ainsi qu'en matière de contrôles phytosanitaires⁴.

● Hybridation, mutagenèse et biotechnologies

La voie classique de création de la variabilité génétique passe par le croisement entre deux génotypes présentant des caractères intéressants que l'on souhaite combiner. Leur descendance présentera, grâce au brassage des chromosomes et à leur recombinaison interne (*crossing over*), un nouveau polymorphisme sur lequel s'exercera la sélection.

⁴ Maladies, ravageurs, mais aussi risque d'invasion par des espèces exotiques, qui a souvent été sous-estimé.

Différentes méthodes permettent d'introduire de nouveaux caractères : la mutagenèse, l'induction de variation par culture *in vitro*, la modification du niveau de ploïdie ou encore la culture de gamétophytes *in vitro*, la fusion somatique de protoplastes⁵ ou la transgenèse⁶. Cette dernière, d'application récente, a été développée surtout chez le maïs, le cotonnier et le soja, principalement pour le transfert de gènes conférant une résistance à certains insectes ou herbicides. La diffusion des nouvelles variétés issues de ces programmes (OGM) a posé et pose des questions en matière de risques éventuels pour la santé et pour l'environnement ainsi qu'aux niveaux social et économique. Ce constat a conduit à la mise au point de plantes génétiquement modifiées permettant de mieux maîtriser et de mieux prendre en compte les préoccupations croissantes de sécurité et de sûreté alimentaire, de durabilité et de préservation de l'environnement.

Les hybridations interspécifiques, qui permettent d'aller chercher des caractéristiques intéressantes chez des individus génétiquement éloignés, ont été largement utilisées en amélioration des plantes, en particulier pour exploiter des caractères de rusticité et de résistance à des maladies présents chez les espèces sauvages. La réussite de tels croisements présente de nombreuses difficultés et conduit parfois à des hybrides non fertiles. Cette fertilité peut parfois être rétablie par un doublement du stock chromosomique de l'hybride conduisant à un amphidiploïde. Chez une espèce comme la canne à sucre, toutes les variétés modernes cultivées sont ainsi issues d'hybridations interspécifiques.

● La sélection et la fixation de la variabilité

Afin d'obtenir des variétés utilisables par les agriculteurs, il faut, à partir des populations de départ, obtenir des combinaisons génétiques mieux adaptées. La compréhension des effets génétiques intervenant dans le fonctionnement des espèces est à la base des stratégies de sélection.

● La valeur d'un individu en croisement

Les différents effets génétiques que sont l'additivité, la dominance et l'hétérosis permettent d'appréhender les facteurs conditionnant la valeur d'un individu en croisement. On sait empiriquement que, pour un caractère ou un ensemble de caractères donnés, certains individus ont la capacité d'influencer, plus que d'autres, leur descendance. Afin d'évaluer la valeur en croisement des génotypes, il a été nécessaire de définir des critères pour prévoir et mesurer cette capacité : l'héritabilité, les balances génétiques, les aptitudes à la combinaison.

● Les héritabilités

Lorsque l'on observe une population, on peut se demander tout d'abord si les différences observées entre individus sont liées à la constitution génétique des plantes ou aux facteurs du milieu (environnement).

On définit ainsi l'héritabilité au sens large : $h^2 = \text{Variance génétique} / \text{Variance phénotypique}$ et l'héritabilité au sens étroit : $h^2 = \text{Variance génétique additive} / \text{Variance phénotypique}$.

5 Protoplaste : cellule végétale débarrassée de sa paroi rigide pecto-cellulosique.

6 Transgenèse : transfert artificiel de matériel génétique issu d'une autre espèce.

● **Les balances génétiques**

La *balance* indique une adaptation de la constitution génétique d'un individu à un milieu donné. Quand le fonctionnement de l'ensemble des gènes est considéré comme bon, on dit que le génotype est bien balancé.

La nature des allèles présents le long d'une séquence génique sur le chromosome définit la qualité de la *balance interne*. Une hétérozygotie à chaque locus peut entraîner un bon équilibre entre allèles. On parle de *balance de relation*.

La balance interne dépend d'un bon arrangement linéaire des linkats⁷ (qui peuvent être détruits par les crossing-over) et la balance de relation de la qualité de l'interaction entre linkats homologues (Demarly, 1977).

● **Les aptitudes à la combinaison**

Elles apportent des éléments plus précis quant à la qualité de la transmission des caractères d'un parent à sa descendance.

L'aptitude générale à la combinaison (AGC) d'un géniteur est estimée par la valeur moyenne de ses descendants avec différents partenaires. C'est un effet principal. Dans le produit d'un croisement, on doit retrouver la somme des AGC des deux parents. En fait, pour un croisement donné, on observe presque toujours un écart par rapport à cette somme. Cet écart mesure l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) du croisement. Celle-ci n'est donc pas attachée à un parent mais à une combinaison précise. C'est une interaction.

Caractère A = Aptitude générale de X + Aptitude générale de Y + Aptitude spécifique de XY.

● **Comment estimer ces valeurs ?**

De nombreux systèmes de croisement peuvent être utilisés pour apprécier les qualités d'un individu en tant que géniteur selon que l'espèce est allogame ou autogame :

- > *les fécondations libres (allogames uniquement)* : on compare les descendance de chaque génotype librement pollinisé. Cela ne concerne que les AGC et présente un inconvénient : la population pollinique est rarement la même pour chaque individu ;
- > *le test top-cross* : on utilise le même testeur pour tous les géniteurs. Si le testeur est de base génétique large (population ou au minimum hybride) on estime l'AGC. Sinon cela revient à mesurer l'ASC ;
- > *le test poly-cross* : le testeur est constitué par la population pollinique des structures à étudier ;
- > *les croisements hiérarchiques* : un certain nombre de parents sont choisis à un premier niveau et ceux-ci sont croisés à des groupes différents qui constituent un deuxième niveau (cela permet d'associer des groupes de précocité et de diminuer le nombre de croisements par plante). Cela donne une bonne estimation de l'AGC. La variance intra-groupe de partenaires peut donner une idée de l'importance de l'ASC ;
- > *les croisements diallèles* : ils permettent d'estimer simultanément l'ASC et l'AGC. Ils consistent à réaliser tous les croisements deux à deux des géniteurs étudiés. L'utilisation de répétitions permet de contrôler l'effet du milieu. Divers modèles permettent d'en interpréter les résultats.

⁷ Linkat : association préférentielle d'allèles gènes dans une partie de génome se recombinant peu.

● Les méthodes de sélection

L'amélioration de plantes est une opération de longue haleine, il faut souvent plus de 10 à 15 ans pour créer ou sélectionner une nouvelle variété. Elle doit donc être optimisée par le développement de méthodes d'évaluation et de sélection efficaces, qui sont toujours un compromis entre durée et précision.

Les populations sauvages d'espèces autogames sont constituées en grande majorité d'individus homozygotes. Ces espèces possèdent donc une tolérance à la consanguinité acquise par sélection naturelle. Les structures homozygotes extraites par le sélectionneur d'une telle population sont donc des lignées pures. Les variétés ainsi sélectionnées sont donc stables, homogènes et facilement reproductibles. On peut toutefois essayer d'exploiter l'hétérosis ou vigueur hybride existant chez certaines espèces. Cela est pratiqué chez le sorgho, le blé ou le riz en faisant appel à divers mécanismes.

Chez une espèce allogame, l'hétérozygotie est la règle en raison du brassage allélique favorisé à chaque génération de croisements. Ces espèces sont mal adaptées aux régimes consanguins, la sélection naturelle ne pouvant éliminer les gènes récessifs défavorables qu'à l'état homozygote. Une bonne variété doit donc optimiser l'hétérosis mais être également facilement reproductible à l'identique : c'est le rôle des variétés hybrides.

● La sélection massale

C'est la sélection empirique pratiquée depuis des milliers d'années. Les individus qui participeront à la génération suivante sont choisis phénotypiquement. On réalise facilement que l'efficacité de cette sélection massale est liée à la corrélation entre phénotype et génotype et donc à l'héritabilité des caractères. Si la variance phénotypique est très supérieure à la variance génotypique, le choix sera sans effet sur le gain génétique à la génération suivante.

Ce type de sélection est très proche de la sélection naturelle. Il est cependant totalement inefficace si les caractères sélectionnés sont négativement corrélés. C'est donc une méthode simple mais sommaire, d'autant plus efficace qu'elle s'adresse à des critères en nombre limité, en corrélation positive et à forte héritabilité.

● La sélection généalogique

Elle consiste, à partir d'un croisement dirigé initial, à observer et sélectionner les individus des générations successives obtenues par autofécondation, jusqu'à la fixation complète en lignée⁸. Elle est classiquement pratiquée pour la plupart des plantes autogames : céréales à paille (blé, riz), oléoprotéagineux (soja, arachide), légumineuses (haricot, niébé) mais aussi pour l'obtention des lignées parentes d'hybrides. Les choix aux stades précoces (F_2 et F_3) posent une réelle difficulté du fait que les génotypes sont encore très hétérozygotes.

8 Généralement 8 à 10 générations.

Une accélération de la fixation en lignées homozygotes et une réponse à la difficulté de sélectionner des structures hétérozygotes sont possibles par l'obtention d'haploïdes⁹ doublés chez certaines espèces, par hybridation interspécifique (cas de l'orge) ou par culture de gamétophytes *in vitro*¹⁰. L'androgénèse *in vitro* est ainsi largement pratiquée chez le riz et permet d'obtenir rapidement (en 1 à 2 ans) des lignées pures pour lesquelles la sélection phénotypique est une lecture directe du génotype.

● Les *back-cross*

Ce mode de sélection est particulièrement adapté à l'introduction d'un caractère simple dans une variété d'espèce autogame ou dans une lignée. Il consiste à croiser la variété à améliorer avec un individu présentant le caractère intéressant, puis à rétro-croiser pendant plusieurs générations les descendants possédant ce caractère avec cette variété. À chaque génération, le taux d'homozygotie augmente et le génotype se rapproche progressivement de celui de la variété d'origine, excepté pour le caractère introduit. Cette méthode a permis l'obtention de variétés de colza sans acide érucique ou d'introduire des caractères de résistances simples à des maladies. Le schéma diffère selon que l'on a affaire à un gène dominant ou récessif.

● La sélection récurrente

La sélection récurrente est un perfectionnement des méthodes classiques de sélection caractérisé par la succession de cycles comprenant une phase de brassage, favorisant les recombinaisons, et une phase de fixation et sélection. Elle présente l'avantage d'améliorer progressivement des populations, en favorisant la mise en place d'arrangements alléliques complexes et plus performants, et ainsi d'exploiter au mieux la variabilité génétique disponible. L'amélioration en parallèle de sous-populations les unes par rapport aux autres¹¹ permet d'aboutir à la sélection de variétés hybrides : maïs, sorgho.

Une des faiblesses des lignées réside dans leur homogénéité génétique, entraînant souvent leur faible homéostasie : la résistance à une race de pathogène, par exemple, est en général facilement surmontable. Une solution est alors d'utiliser des variétés composites multilignées¹² ou des hybrides quand cela est possible.

● Les variétés hybrides

La réalisation de variétés hybrides est un objectif classique pour l'amélioration des espèces allogames afin d'exploiter l'hétérosis. Elle est également applicable à certaines espèces autogames, même si cet effet y est souvent moins marqué.

Elle suppose de pouvoir contrôler la pollinisation entre un parent choisi comme mâle et un autre choisi comme femelle. Si les parents sont des lignées, les produits sont tous identiques (hybrides F1). Mais l'on peut aussi réaliser des croisements entre une lignée et un hybride F1 (hybride trois voies), entre deux hybrides (hybride double), entre deux génotypes multipliés végétativement (hybride de clone) etc., selon les possibilités qu'offre l'espèce à améliorer.

9 Haploïde : génome ne comportant qu'un stock unique de chromosomes (n).

10 Culture d'anthers = androgénèse ; culture d'ovules = gynogénèse.

11 Sélection récurrente réciproque.

12 Qui miment la structure des populations naturelles.

La création de variétés hybrides permet et suppose d'allier bonne balance interne et bonne balance de relation et s'effectue donc sur le schéma suivant :

- > sélection des structures parentales pour leur bonne balance interne ;
- > recherche des meilleures aptitudes à la combinaison (balances de relation) ;
- > production des hybrides à partir des meilleures combinaisons identifiées. La maîtrise des hybridations s'obtient par voie manuelle (castration chez le maïs), chimique (gamétocides) ou génétique (stérilité mâle génique ou cytoplasmique).

● Les variétés synthétiques

Pour de nombreuses espèces allogames, il n'est pas possible de produire des hybrides¹³. Un compromis est donc recherché en essayant de concilier vigueur hybride, homogénéité, fixation de caractères spécifiques et stabilité au sein de la variété.

● Les polyplœides

Plus de la moitié des espèces végétales sont polyplœides, c'est-à-dire qu'elles possèdent plus de deux copies du stock chromosomique de base (n). Suivant l'origine de la polyplœidie, on distingue l'autopolyploïdie et l'allopolyplœidie (présence de stocks chromosomiques différents). La polyplœidie a des conséquences importantes sur les stratégies de sélection car, si elle complique grandement la compréhension du fonctionnement génétique de la plante, elle est également un outil d'amélioration variétale : elle permet de rétablir la fertilité induite par une hybridation interspécifique et conduit à des structures génétiques présentant plus d'homéostasie et moins sensibles à la consanguinité. C'est un facteur clé du succès de certaines plantes parthénocarpiques comme le bananier qui est un triploïde. La compréhension de la polyplœidie bénéficie actuellement de progrès rapides grâce au développement des techniques d'hybridation *in situ* d'ADN.

● Les critères de sélection et l'adaptation à l'environnement

Les critères de sélection sont nécessairement multiples, l'objectif étant d'obtenir des variétés répondant mieux aux besoins, c'est-à-dire se rapprochant d'un type idéal : habituellement rendements plus élevés, meilleure qualité, et ceci dans une large gamme de conditions. Parmi les critères souvent déterminants en sélection, on peut citer les différents paramètres du rendement en quantité et en qualité mais aussi les caractères de résistance aux maladies qui nécessitent des essais spécifiques d'inoculation et d'évaluation, donc une bonne connaissance biologique et épidémiologique des pathogènes. Les outils moléculaires sont de plus en plus utilisés comme aide à la sélection quand on arrive à les relier à des caractères d'intérêt.

Un objectif important est donc la prise en compte de l'adaptation fine aux conditions de l'environnement local, que ce soit le cycle de culture, les conditions socioéconomiques de production ou les conditions pédoclimatiques. Pendant longtemps la sélection visait des variétés à large adaptabilité, pouvant être cultivées dans un large spectre de conditions. C'est un objectif parfois difficile à atteindre, mais aussi un facteur de

13 Non maîtrise de la pollinisation, auto-incompatibilités gênant la création des lignées parentales, etc.

diminution de la diversité génétique et donc de la durabilité des variétés. La tendance actuelle pour l'amélioration de nombreuses espèces est donc d'optimiser l'adaptation à un environnement donné en prenant en compte, au-delà d'une adaptation générale, l'interaction génotype et environnement. Ceci nécessite des expérimentations multi-locales rigoureuses qui bénéficient du développement d'outils statistiques et informatiques nouveaux et performants.

LA MULTIPLICATION DE MATÉRIEL VÉGÉTAL

● **La production de semences**

La production vise à fournir à l'agriculteur un produit conforme au modèle mis au point par le sélectionneur et respectant les normes de qualité techniques en vigueur. On ne parlera que des principaux types de variétés déjà cités.

Les variétés lignées

On distingue cinq catégories de semences :

- > *le matériel de départ ou G0 ou breeder seed* : il est l'étalon de la variété, qui doit être à l'origine de chaque processus de multiplication. Sa conformité au type original – la maintenance – est assurée par l'obteneur, ou un mainteneur désigné si ce dernier fait défaut ;
- > *les semences de pré-base (G1, G2, G3)* : issues du matériel de départ, elles conduisent aux semences de base à travers deux ou trois générations maximum ;
- > *les semences de base (G4)* : ce sont les semences mères des semences commerciales ;
- > *les semences commerciales (certifiées) de première génération (R1)* ;
- > *éventuellement les semences commerciales de deuxième génération (R2).*

On voit qu'il y a au maximum cinq générations (six pour les R2) du sélectionneur à l'agriculteur, afin de limiter tout risque de dérive ou de pollution – improprement nommée dégénérescence – de la variété. Ce nombre de générations peut être réduit à deux ou trois pour les espèces à fort taux de multiplication.

Les variétés hybrides

La production compte deux étapes : la multiplication des lignées parentales en une ou deux générations à partir du matériel de départ selon le taux de multiplication de l'espèce ; la production des semences commerciales par culture simultanée des deux parents.

Les variétés synthétiques

Elles sont obtenues en multipliant en pollinisation libre, pour un nombre de générations défini et selon des dispositifs spécifiques à chaque formule un ensemble de génotypes choisis pour leur qualité propre et leur aptitude à se combiner entre eux. À chaque espèce, type variétal et génération de multiplication correspondent des normes et un cahier des charges qui doivent être respectés par les établissements semenciers et les agriculteurs multiplicateurs, sous contrôle direct ou indirect d'un service officiel.

De la formule génétique mise au point par le sélectionneur à la semence disponible à l'agriculteur, il y a donc un long processus, faisant appel à des métiers et des connaissances très diverses, dont chaque étape exige rigueur et professionnalisme. Le transfert du progrès génétique est à ce prix.

● **La production de plants**

● **Les méthodes classiques de production de plants**

La production de plants par la voie asexuée se fait classiquement soit à partir d'organes qui assurent naturellement la propagation de l'espèce (drageons, rejets, tubercules, rhizomes, bulbilles, cayeux), soit artificiellement à partir de fractions d'organes capables de régénérer une plante entière (bouturage et marcottage) ou par association forcée de deux plantes (greffage).

L'utilisation d'organes assurant naturellement la propagation des espèces ne sera pas traitée dans ce chapitre. Nous renvoyons pour ces aspects le lecteur aux fiches de la partie 5 (Agriculture spéciale) qui décrivent pour chaque espèce le mode de multiplication couramment utilisé ainsi que les techniques permettant d'en augmenter le rendement pour multiplier rapidement des cultivars intéressants. Dans ce chapitre, nous examinerons seulement les techniques de bouturage, de marcottage et de greffage.

● **Le bouturage**

Il consiste à reproduire une plante identique au pied-mère à partir d'un fragment de celui-ci. Il concerne des espèces variées : caféier, poivrier, théier etc. S'il existe des boutures de racines et de feuilles, les plus fréquentes sont les boutures de rameaux plus ou moins lignifiés, préparées à partir de rameaux d'un an. Certains ligneux peuvent également être multipliés par macro-boutures (tiges d'un mètre de longueur environ et de plusieurs centimètres de diamètre), ce qui est particulièrement intéressant pour constituer des haies par exemple.

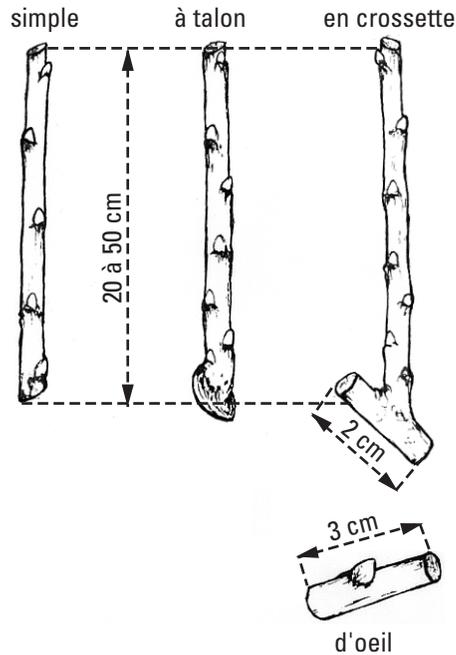
La préparation des boutures comporte les opérations suivantes :

- > *le prélèvement* : la position des rameaux est importante, et selon les espèces, on prélève des rameaux orthotropes (kapokier, poivrier, caféier) ou plagiotropes (cacaoyer) ; le rameau est sectionné à proximité d'un nœud et de longueur variable (un entrenœud vert avec sa feuille dans le cas du théier par exemple) ;
- > *l'habillage*, qui consiste à supprimer ou réduire la surface évaporante (feuilles) ;
- > *les soins sanitaires éventuels* (trempage des plaies) ;
- > *un hormonage éventuel* du nœud où doivent se développer les racines.

Il est important de travailler avec des outils propres (serpette, sécateur) et bien aiguisés pour produire des coupes franches.

Les boutures devront après installation être protégées contre les maladies et ravageurs et les pertes en eau limitées jusqu'au développement d'un chevelu racinaire fonctionnel : ombrage, couverture anti-transpirante etc. Des arrosages fréquents sont parfois nécessaires.

Le bouturage permet de reproduire une plante à l'identique. C'est une technique relativement lourde à mettre en œuvre¹⁴, onéreuse, et permettant un taux de multiplication dépendant du type de bouture utilisé¹⁵.



► Figure 1 : Différents types de boutures¹⁶

● Le marcottage

Il consiste à faire raciner de jeunes rameaux avant qu'ils ne soient séparés de leur pied d'origine. C'est une technique utilisée pour des espèces dont le taux de reprise des boutures est faible ou nul. Selon les espèces, on procède par couchage¹⁷, par buttage¹⁸ ou par marcottage aérien¹⁹.

14 Constitution d'un parc à bois pour prélever les boutures, création d'une pépinière.

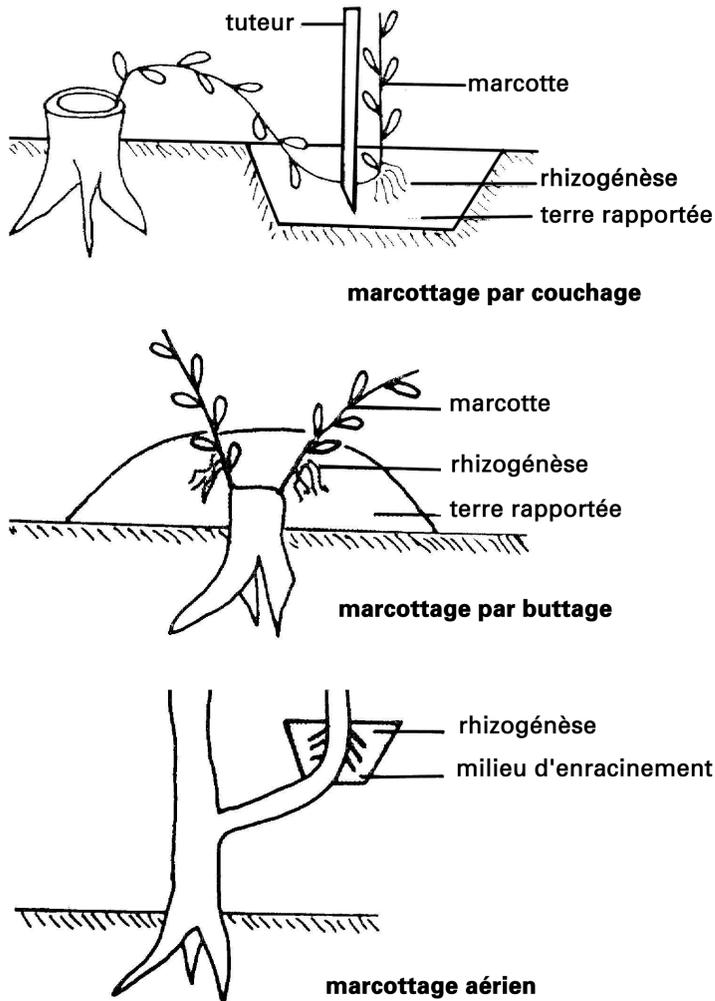
15 Les boutures à talon et en crossette ne permettent que de faibles taux de multiplication.

16 Extrait de « BRETAEU J., FAURE Y., 1992, *Atlas d'arboriculture fruitière*, Lavoisier, coll. Tec & Doc, Paris ».

17 Espèces à rameaux longs et flexibles.

18 Espèces à rameaux courts et rigides comme le goyavier.

19 Espèces à rameaux longs et rigides ; fixation aérienne d'un milieu d'enracinement : litchi par exemple.



► Figure 2 : Différentes techniques de marcottage

● Le greffage

C'est l'insertion d'une portion de rameau (greffon), issue de la plante à multiplier, sur un jeune plant (sujet) qui est le porte-greffe.

Après reprise, l'individu possède des qualités liées au greffon et au porte-greffe : la partie greffée possède les qualités de la variété qui a fourni le greffon et la partie souterraine possède les qualités de vigueur et de fixation au sol déterminées par le choix du porte-greffe.

La technique réclame :

- > une exécution minutieuse avec des outils adaptés (greffoir) ;
- > un état végétatif convenable : on greffe en général en période de repos végétatif ;
- > des soins particuliers pour assurer la vie du greffon avant soudure ;
- > une bonne compatibilité entre sujet et greffon.

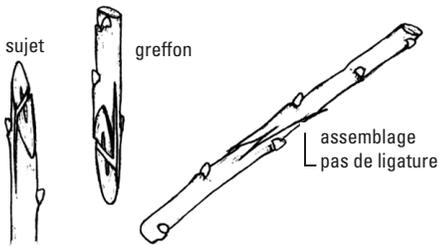
Elle consiste à faire affleurer le cambium du sujet et celui du porte-greffe puis à les rapprocher pour assurer le plus grand contact possible entre les deux. Tant que la soudure n'est pas assurée, ce contact est opéré artificiellement par exemple par ligature avec du raphia ou une bande adhésive.

L'âge du porte-greffe est indifférent dans le cas des espèces ligneuses. Le greffon doit par contre être prélevé sur du bois de l'année ou du bois d'un an.

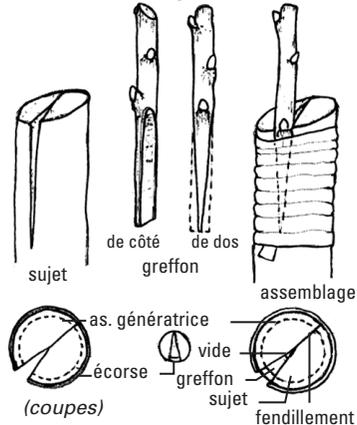
Les méthodes de greffage les plus courantes :

- > les greffes par rameau détaché : terminales en fente, en couronne, en incrustation, anglaise simple ou compliquée (manguier, litchi, ramboutan) ; latérales (de côté sous écorce) : manguier, anacardier ;
- > les greffes par oeil (bourgeon végétatif) : greffes en écusson (hévée, anacardier, agrumes) et chip-budding (agrumes) ;
- > les greffes par approche (en placage ou en arc-boutant), qui soudent entre elles deux parties de végétaux non détachées de leur pied d'origine.

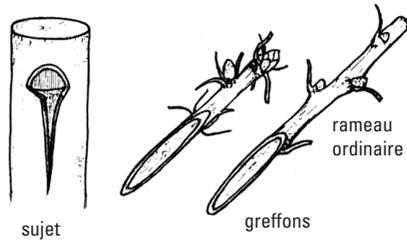
Grefe anglaise compliquée



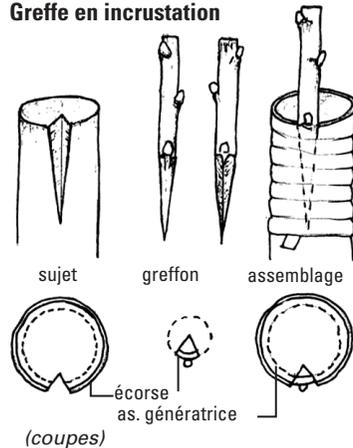
Grefe en fente simple



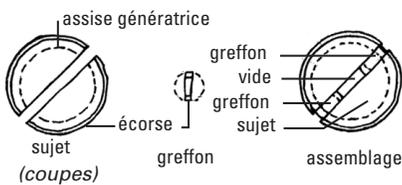
Grefe de côté sous écorce



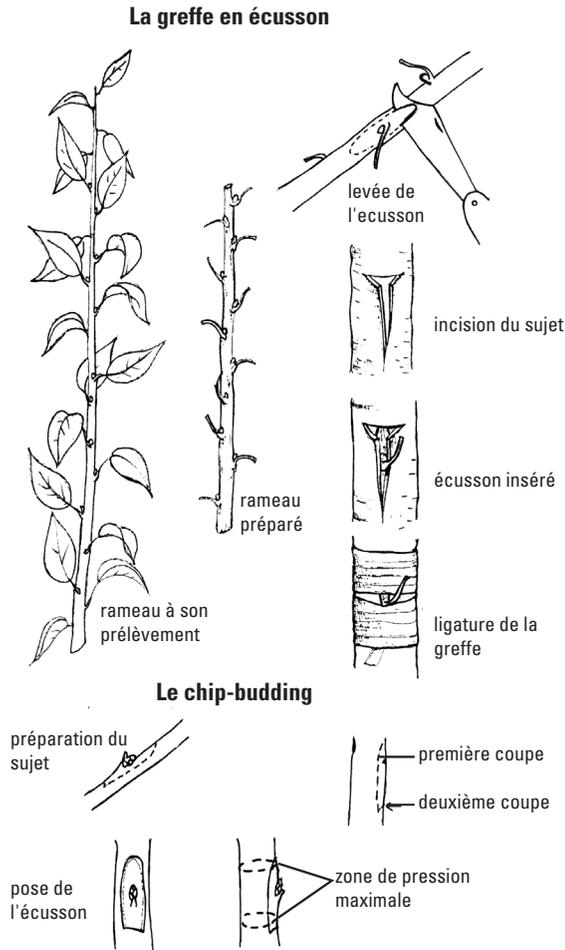
Grefe en incrustation



Grefe en fente double



► Figures 3 : Principaux types de greffes utilisés pour les espèces tropicales



► **Figures 4 : Principaux types de greffes utilisés pour les espèces tropicales**

Les plaies de greffage doivent être désinfectées, pansées pour les isoler de l'extérieur (protection sanitaire) et protégées contre le dessèchement avec des mastics à greffer.

Le greffage permet d'exploiter divers types de sol en utilisant différents porte-greffe, de moduler la vigueur du greffon par l'intermédiaire du sujet et de multiplier facilement des clones d'une variété hétérozygote ou d'un individu mutant. Les plants greffés produisent en général plus rapidement que les plants issus de semis.

Les plants greffés ont cependant une moindre longévité que les plants issus de semis. La compatibilité sujet-greffon doit être bien vérifiée au préalable. Le greffage est une technique délicate à maîtriser, dont il faut bien vérifier l'intérêt avant de vouloir la généraliser.

● La vitroculture

La culture de tissus *in vitro* permet de propager rapidement des génotypes intéressants. Elle est également un outil précieux pour l'assainissement, la conservation et l'échange de ressources génétiques en limitant les risques phytosanitaires. Les méthodes les plus utilisées sont la culture de bourgeon, d'apex ou de méristème, mais parfois d'autres organes sont employés (feuilles, tiges, racines). La propagation rapide est généralement obtenue par l'induction de la prolifération des tissus grâce à des substances de croissance apparentées aux auxines et aux cytokinines.

L'embryogenèse somatique met à profit ce phénomène pour aboutir à une amplification considérable des taux de multiplication de certaines espèces. Les techniques de culture *in vitro* sont des outils puissants pour la production en masse de plants mais nécessitent de contrôler les risques de contamination des cultures et d'instabilité inhérents à la méthode. Elles sont largement utilisées aujourd'hui dans certains domaines comme l'horticulture (où elles sont parfois le seul mode de multiplication commercial comme chez les Orchidées ou les *Anthurium* hybrides) mais aussi pour des cultures industrielles comme la canne à sucre ou le bananier.

LA PROTECTION, LE CATALOGUE OFFICIEL ET LA CERTIFICATION

La création d'une nouvelle variété végétale et son lancement en culture est un processus long et coûteux : environ dix ans, plus pour les espèces pérennes. Cet investissement important peut être réalisé par la recherche publique (État) ou l'initiative privée, qui en attendent légitimement des revenus pour assurer leur pérennité. De son côté, l'agriculteur doit pouvoir trouver sur le marché des semences de qualité. Enfin, au travers de dispositions spécifiques, les Etats peuvent agir de manière efficace sur l'évolution de leur production agricole.

Pour répondre à ces différents objectifs, des mesures législatives et réglementaires ont été progressivement élaborées, accompagnant le développement de l'agriculture. Leur degré de mise en place est donc fonction du développement économique de chaque pays. Elles touchent trois domaines.

● *La protection de la propriété intellectuelle des variétés*

Elle vise à garantir au sélectionneur de nouvelles variétés des conditions correctes pour la rémunération de son travail. Il appartient à chaque Etat d'élaborer un système de protection, qui peut relever du brevet, d'un système *sui generis*, ou d'une combinaison des deux²⁰. Le système UPOV²¹ est le plus généralement adopté²². L'Etat adhérent délivre un certificat d'obtention végétale (COV), valable sur le territoire national, sous réserve que la nouvelle variété réponde à trois critères techniques : distinction, homogénéité et stabilité (DHS), plus deux exigences : nouveauté commerciale et dénomination. Ce titre de propriété donne à son titulaire l'exclusivité de l'exploitation commerciale de la variété pour une durée limitée : minimum vingt ans pour les espèces annuelles, vingt-cinq pour les pérennes.

²⁰ Les accords TRIPS en font désormais une obligation pour tous les pays membres de l'OMC.

²¹ Union internationale pour la protection des obtentions végétales.

²² Quarante-cinq pays au 31 juillet 2000.

Ce droit prévoit cependant trois exceptions importantes :

- > lorsque la variété est utilisée à des fins privées à but non commercial ;
- > pour la recherche ou l'expérimentation ;
- > pour une utilisation en tant que géniteur dans de nouveaux programmes d'amélioration génétique.

● **L'inscription sur le catalogue officiel des variétés**

Chaque Etat peut instituer un catalogue officiel des variétés et semences cultivables sur son territoire. C'est un outil puissant pour protéger les consommateurs et orienter la production agricole. Les conditions d'inscription relèvent de deux approches :

- > identité et description : la variété candidate doit être reconnue DHS. et posséder une dénomination ; pas de critère de nouveauté commerciale ;
- > avantage comparatif au plan agronomique ou technologique par rapport aux variétés déjà inscrites, mesuré par une étude *valeur agronomique et technologique* (VAT)²³. Des systèmes de cotation des caractères peuvent être mis en place pour la prise de décision.

● **Le contrôle de la qualité des semences commerciales**

Il revient à chaque Etat d'établir les normes de qualité minimales attachées à chaque type de semences et plants ainsi que les règles pour y parvenir. Les règlements techniques correspondants font le plus généralement référence aux usages de la profession, au plan national et international : OCDE, FAO, FIS²⁴, ISTA²⁵.

Ce contrôle est exercé par un service officiel de contrôle (SOC) placé généralement sous l'autorité de l'Etat, en végétation (visites au champ), par prélèvement d'échantillons à chacune des étapes du processus de production et de commercialisation des semences et par leur analyse au laboratoire et *in vivo* (contrôle *a posteriori*). Les semences satisfaisant à l'ensemble de ces exigences sont alors certifiées.

Cependant, pour la plupart des espèces potagères ou florales et beaucoup de variétés hybrides, le contrôle qualité est souvent placé sous la responsabilité des établissements semenciers eux-mêmes. Le contrôle officiel s'exerce alors uniquement au niveau de la distribution.

²³ Etant donné la diversité de leurs modes de production et d'utilisation, il n'y a généralement pas de VAT pour les espèces maraichères et horticoles.

²⁴ Fédération internationale des semences.

²⁵ International Seed Testing Association.