

## Apports des biotechnologies végétales

M.A. Serghini

Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire, Faculté des Sciences, B.P 8106, 80 000 Agadir, Maroc.  
E-mail : serghini.amine@caramail.com

### Mots clés : Biotechnologies végétales, amélioration des plantes, culture *in vitro*, OGM.

D'abord cueilleur, l'Homme a domestiqué les plantes et a toujours œuvré pour les rendre indépendantes des contraintes naturelles. Il n'a cessé de les améliorer pour en tirer au mieux son profit.

De nos jours, le paysage végétal est devenu très marqué par l'emprunt de l'homme. Dans l'amélioration continue des plantes, les biotechnologies végétales jouent un rôle central. Elles ont permis, entre autres, de franchir les barrières génétiques et de mieux exploiter les ressources végétales. Elles se définissent comme des technologies fondées sur les applications de la biochimie aux plantes.

La multiplication végétative, autrefois basée sur le bouturage, le greffage et le marquetage, connaît aujourd'hui un essor considérable grâce à la maîtrise de la culture *in vitro* et notamment à l'identification des régulateurs de croissances et la compréhension de leurs modes d'action. La culture *in vitro* comme un moyen de multiplication permet d'atteindre un bon pouvoir multiplicateur. Elle offre une garantie phytosanitaire pour les échanges internationaux de germoplasmes et présente un avantage au niveau des tailles réduites des vitroplants. L'échelle de multiplication peut atteindre quelques millions de plants par an pour les espèces végétales qui se prêtent bien au micro-bouturage et peut être pratiquement illimitée dans le cas de l'embryogenèse somatique.

Le rajeunissement du séquoia géant de Californie (*Sequoiadendron giganteum*) plusieurs fois millinaire est un exemple spectaculaire. Le matériel juvénile issu de cet arbre a été obtenu par micro-bouturage sur porte greffe originaire de semi de graines. Le cas de clonage homogène avec une synchronisation de la multiplication peut être illustré par les conifères (pin maritime) où le taux de multiplication à partir de bourgeons axillaires traités aux auxines atteint 5 individus par mois soit 64 millions de jeunes pousses par an !

L'utilisation du protoplaste "individu végétal" en biotechnologies végétales ouvre d'énormes champs d'application telles que la fusion somatique ou la transformation génétique et conduit après régénération et/ou multiplication somatique à des variétés végétales nouvelles à caractères intéressants

sur le plan agronomique ou au niveau de la résistance aux maladies.

Le bananier, plante tropicale la plus multipliée par culture *in vitro* avec plus de 75 millions de plants par an dans le monde, bénéficie d'une multiplication par prolifération/fragmentation de bourgeons issus de jeunes pousses ou encore par callogenèse à partir de jeunes pièces florales aboutissant à des proembryons avec de l'ordre de 1 million d'embryons potentiels par litre de culture. L'encapsulation d'embryons associée à la cryoconservation apporte une dimension supplémentaire dans la maîtrise chronologique et technique de cette multiplication. Cette dernière technique de multiplication réduit énormément le coût de production. Elle souffre encore des inconvénients des variations somaclonales qui sont tolérées à hauteurs de 3% et sont liées essentiellement au nanisme ou aux fruits incommercialisables.

Le remède contre les variations somaclonales de la culture *in vitro* du bananier passe par la réduction du nombre de cycles de multiplication, le repérage en serre, la dilution des clones hypervariants et le test du contenu en géberillines.

Les applications biotechnologiques au palmier à huile sont un exemple de choix. En effet, c'est la seconde source mondiale des corps gras d'origine végétale possédant le plus important rendement en huile/ha de tous les oléagineux. Le palmier à huile produit plus de 20 millions de tonnes d'huile de palme/an dans le monde sur une superficie globale de 3,5 millions d'hectares.

L'absence de rejet de cet arbre et le vieillissement des plantations impose une méthode puissante de multiplication d'arbres élites ayant un haut rendement, une faible hauteur, une haute teneur en acides gras insaturés et une résistance à la fusariose.

Le palmier à huile est aujourd'hui multiplié grâce à l'embryogenèse somatique. La callogenèse induite à partir d'explants foliaires conduit à des embryons somatiques capables de développer des pousses feuillées directement ou par amplification via une suspension d'embryons globulaires.

La micropropagation industrielle n'est intéressante que lorsqu'elle répond à une fiabilité technique et à un faible coût. Le palmier à huile est multiplié à raison d'environ 700 000 plants par an. Il présente des variations somaclonales dues à un déséquilibre au niveau des hormones endogènes. Ces variations se

manifestent par le nanisme, une anomalie au niveau de l'inflorescence ou par la stérilité de l'arbre.

La culture *in vitro* est également utilisée comme moyen de sélection. En effet, les vitrovariations sont utilisées comme source pour la sélection des variétés à valeurs ajoutées. En exerçant une pression de sélection sur le milieu et/ou les conditions de culture, il est possible d'orienter les vitrovariations vers l'acquisition d'un caractère intéressant par la plante. C'est le cas du riz où une tolérance au froid et à la salinité du sol ont été obtenues ou encore chez le blé où des variétés particulièrement tolérantes à la sécheresse ont été développées par cette technique.

Les viroses des plantes à quelques rares exceptions (cas du *Tobacco Ringspot virus* -TRSV par exemple) sont incurables. La culture *in vitro* des cellules méristématiques a été utilisée avec succès comme une méthode curative pour assainir les viroses d'un nombre important de plantes tels que le fraisier et la vigne.

Les biotechnologies végétales ont permis l'obtention de lignées végétales fixées dans un temps beaucoup plus court que celui des croisements classiques. Ces lignées fixes sont d'une utilisation très pratique dans les programmes de sélection, le suivi des caractères génétiques ou la détermination de la carte génétique de l'espèce. L'haplodiploïdisation est une méthode de choix pour obtenir des lignées stables. Elle passe par la culture de cellules gamétiques mâles (androgenèse) ou femelles (gynogenèse), le croisement interspécifique ou intergénérique ou la fécondation par un pollen irradié. Le doublement chromosomique spontané ou par traitement à la colchicine permet d'obtenir des plantes haploïdes doublées dont les embryons peuvent être destinés à la production de semences artificielles encapsulées et maintenues par cryoconservation.

Chez les végétaux, les recherches moléculaires ont été focalisées sur deux plantes modèles :

- *Arabidopsis thaliana* pour les dicotylédones : plante à génome réduit et à cycle de vie très rapide dont la séquence entière est connue depuis la fin des années 2000 ;
- Le riz (*Oryza sativa* / *O. glaberrima*) pour les monocotylédones dont la séquence entière est connue depuis la fin de l'année 2003.

Les connaissances acquises sur ces plantes modèles sont d'un intérêt précieux pour l'étude des autres plantes à intérêt agronomique.

Par manque de communication et de vulgarisation des résultats de la recherche, le grand public associe souvent les biotechnologies végétales aux organismes génétiquement modifiés pour lesquels il affiche une réticence accrue. La résistance dérivée du pathogène sur laquelle étaient fondés de grands espoirs dans la lutte contre les virus des plantes, a été à l'origine de l'idée de transformation de plantes par une partie de l'information génétique de l'agent viral. En effet, la prémunition basée sur la présence dans une plante

d'une souche virale hypovirulente qui la rend tolérante vis-à-vis d'une souche surinfectante mais hypovirulente a permis par exemple de sauver de grandes plantations d'agrumes au Brésil du virus du Tristeza. Le risque de mutation de la souche peu agressive en virus virulent a orienté la stratégie de lutte non pas vers l'utilisation du virus entier mais vers une partie de son information génétique et a conduit l'équipe Américain de Beachy *et Col.* à l'obtention en 1986 du premier tabac transgénique exprimant la protéine capsidaire du Virus de la Mosaïque du Tabac et tolérant à l'infection par ce même virus.

De nos jours, un grand nombre de plantes a été transformé pour améliorer leurs performances agronomiques ou leur tolérance, voir leur résistance aux agents pathogènes. Si les avancées de la biologie moléculaire ont facilité l'obtention de constructions génomiques prêtes à être intégrées dans la plante et si les techniques de transformation incluent aussi bien le traitement chimique de cellules végétales, l'électroporation des protoplastes ou encore la biolistique (bombardement de tissus végétaux par de l'ADN associé à un métal lourd grâce à un canon de particules sous pression d'hélium), le succès d'obtention de plantes génétiquement modifiées reste intimement lié à la faculté de régénération *in vitro* des cellules transformées.

La stratégie d'intégration dans une plante de l'antisens d'un messenger capable de bloquer son expression *in situ* a permis de commercialiser depuis 1994, une variété de tomate « longue vie » dont le ramollissement est lent et qui est dû à l'inhibition du gène de la polygalacturonase impliqué dans la maturation. Cette même stratégie a permis d'apporter un résultat spectaculaire au niveau de la coloration des fleurs de pétunia dont l'intensité varie du rouge vif au blanc cassé d'une manière proportionnelle au taux d'inhibition par le messenger antisens du gène de la chalcone synthase responsable de la pigmentation de la fleur de pétunia transgénique.

Aujourd'hui, plus de 68 millions d'hectares sont cultivés avec des plantes transgéniques (2 millions seulement en 1996). C'est le soja qui vient en-tête des plantes transgéniques avec un taux de 61%, suivi du maïs (23%) et du coton (11%)... 73% des OGM sont transformés pour une tolérance à un herbicide. Les pays qui utilisent le plus des OGM au niveau de leur agriculture sont par ordre d'importance, les Etats-Unis d'Amérique, l'Argentine, le Brésil, la Chine ...

Le blé, le riz et le maïs assurent 40% de l'alimentation mondiale. L'amélioration des céréales fait appel à une large gamme de technologies impliquant le croisement interspécifique et intergénérique (+/- sauvetage d'embryons), la fusion de chloroplastes, les variations somaclonales, les marqueurs moléculaires en plus de la cartographie et le séquençage. Les résultats les plus importants concernent l'obtention du *Triticum* qui résulte du

croisement du blé avec le seigle (avec comme première lignée expérimentale, le cultivar commercial Canadien Rosner) et l'obtention de lignées résistantes au virus de la jaunisse nanisante de l'orge ou à la maladie de la tache pale de l'orge ou encore au charbon de l'épi de l'orge.

Le colza est sans aucun doute la plante industrielle qui a bénéficié le plus des biotechnologies végétales. Il est intéressant pour son usage alimentaire par la production d'huile et de tourteau pour l'alimentation du bétail et comme engrais mais aussi par ses débauchés non alimentaires liés à production de biocarburants (le slogan "je roule 100% colza" est désormais une réalité), la production de lubrifiants et d'alcool. Ces produits sont attrayants par leur innocuité, leur caractère renouvelable par rapport aux huiles fossiles et leur biodégradabilité.

Par haplodiploïdisation, des lignées pures du colza ont été obtenues avec un gain de 40% en temps par rapport à la sélection généalogique par schéma classique et ont débouché vers la variété DIVERGOELAND de haute performance qui est utilisée sur plus de 40% des surfaces cultivées en Europe. La transformation génétique de cette plante a abouti, entre autres, au colza résistant à la maladie de la nécrose du collet ou à une nouvelle composition en a.a. de son tourteau grâce à la stratégie antisens. Les efforts entrepris au niveau de l'hybridation interspécifique de cette espèce visent l'amélioration de la qualité de la graine, le raccourcissement du cycle de la plante, l'augmentation de sa teneur en acide stéarique et oléique et la production par le colza de l'acide laurique.

C'est l'importance économique d'une plante qui dicte l'engagement de la recherche scientifique pour son amélioration. Chez les espèces légumières, les biotechnologies végétales ont surtout investi les solonacées (pommes de terre, tomate, aubergines et courgettes), les crucifères (choux-fleurs) et les cucurbitacées (melon, concombre).

Comme plante tropicale, l'ananas, originaire du bassin amazonien avec plus de 600 génotypes est multiplié par culture *in vitro*. L'assainissement et la reproduction de ses géniteurs sont réalisés dans les pays méditerranéens où les parasites habituels de cette plante sont absents.

Le cocotier, cultivé sur 10 millions d'hectares dans 90 pays situés dans les zones intertropicales humides avec une croissance en hauteur qui avoisine 1,5 m/an est multiplié par pollinisation assistée où un hectare

d'arbres est capable de produire 15 000 semences /an destinées aux germoirs. Sa multiplication par culture *in vitro* est pratiquée à partir de bourgeons axillaires. La canne à sucre quant à elle, s'apprête bien à la culture *in vitro* et représente un des meilleurs exemples de vitrothèques : ses apex enrobés dans l'alginate sont cryoconservés à - 196°C pour constituer des banques de vitroplants.

Les plantations du cotonnier sont extrêmement sensibles à l'attaque des insectes (lépidoptères). Elles consomment à elles seules la moitié des insecticides utilisés dans le monde. L'acquisition de toxicité par le cotonnier contre ces ravageurs après sa transformation par le gène de la toxine de *Bacillus thuringiensis* est un résultat fort intéressant pour le coût de production et sur le plan écologique. Cette plante se prête bien à la multiplication par embryogenèse somatique.

Le caféier, connu pour sa grande diversité génétique, est sélectionné aujourd'hui par culture *in vitro*. Sa multiplication est assurée, en plus du microbouturage, par embryogenèse somatique à partir d'explants foliaires après callogenèse.

Comme espèce florale, le croisement interspécifique associé à la culture *in vitro* a permis l'obtention d'un grand nombre de nouvelles variétés du Pélagonium à différentes colories. Cette plante ornementale communément confondue avec le géranium est vendue à plus de 5 millions de boutures par an rien qu'en Europe.

De nos jours, les biotechnologies végétales connaissent un essor considérable. L'embryogenèse somatique et les semences artificielles ont marqué un progrès incontestable pour l'agriculture.

Les plantes de demain ne seront probablement pas très différentes de celles d'aujourd'hui et s'ajusteront mieux à la production intensive et à l'industrialisation. Les biotechnologies futures s'orienteront plus vers la compréhension des stades de développement des plantes, le contrôle de la floraison et de l'appareil de fructification (précocité de fructification, apyrénie...). La maîtrise des mécanismes de l'assimilation chlorophyllienne aura un impact fort sur le rendement. C'est au niveau des génopôles que la recherche à moyen terme trouvera son épanouissement. L'agriculture sera plus engagée dans les premiers stades de développement des plantes.