



# Richesses du règne végétal

*Les plantes vertes sont capables d'assimiler les quatre principaux éléments qui constituent la matière vivante : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote*

**Y**ves Tourte est professeur à la faculté des sciences fondamentales et appliquées de l'Université de Poitiers et dirige le laboratoire de biologie végétale de l'Institut de biologie moléculaire et d'ingénierie génétique de Poitiers (Ibmig).

**L'Actualité. – Comparativement aux cellules animales, quelles sont les particularités des cellules végétales ?**

**Yves Tourte.** – La grande particularité des cellules végétales est leur extrême richesse en organites intracellulaires. Comparativement aux cellules animales, les cellules végétales ne contiennent en effet aucun organite en retrait, certaines d'entre elles possèdent même un appareil cinétique très développé (c'est le cas des cellules gamétiques de fougères qui peuvent être dotées de 100 flagelles).

Les organites les plus spécifiques au règne végétal sont cependant la vacuole et le chloroplaste (qui contient la chlorophylle et permet le déroulement de la photosynthèse). À côté de ceux-ci, on trouve aussi des rhodoplastes chez les algues rouges ou rhodophycées, des cyanoplastes chez les algues bleues ou cyanophycées et des leucoplastes dans certaines cellules très riches en amidon, comme dans les graines. Au cœur des cellules, la vacuole est une réserve de produits hydrosolubles réutilisables, ce qui représente un système d'économie très développé. De plus, cet organe a un rôle très important de détoxification du milieu interne car la cellule végétale est capable soit de rejeter les molécules toxiques, soit de les stocker dans sa vacuole, qui dispose d'une membrane héli-perméable.

À l'extérieur des cellules végétales se trouve la paroi, qui n'a pas d'équivalent chez la cellule eucaryote animale. Elle assure trois rôles principaux. Elle protège la cellule des agressions extérieures, qu'elles soient mécaniques ou chimiques. Elle confère une certaine rigidité à la cellule unique mais aussi à la colonie à laquelle elle appartient (par exemple le bois des arbres). C'est la raison pour laquelle un séquoïa (le plus grand des végétaux) peut atteindre 110 mètres, dépassant largement le plus grand des animaux actuels. Enfin, cette paroi assure la circulation apoplasmique : des produits peuvent circuler directement au cœur de celle-ci. C'est le cas de certaines molécules telles que de petits fragments de sucres (des hepta-oses), qui jouent un rôle d'information ou de messenger hormonal.

**Existe-t-il des particularités métaboliques et génétiques propres aux cellules végétales ?**

Oui, le supplément de structure se retrouve au niveau d'une certaine supériorité métabolique. Si l'on considère les quatre principaux éléments constitutifs des cellules, qui sont le carbone, l'azote, l'oxygène et l'hydrogène, on constate que la cellule animale n'est capable d'en assimiler directement que deux : l'hydrogène et l'oxygène, pour fabriquer de l'eau. La cellule végétale est capable d'assimiler non seulement ces deux éléments, mais aussi le carbone (grâce à la photosynthèse), et l'azote, sous deux formes : organique ou atmosphérique (grâce à des symbioses avec des bactéries). Elles savent ensuite les combiner entre eux pour faire des molécules élaborées. Les végétaux sont donc très indépendants sur le plan énergétique.

● Propos recueillis par  
Laetitia Becq-Giraudon  
Photos Bruno Veysset,  
Marc Deneyer



Quant au génome contenu dans le noyau d'une cellule végétale, il peut être immense, jusqu'à huit fois plus important que celui présent dans le noyau des cellules animales. Mais à l'inverse de ces dernières, qui utilisent la presque totalité des gènes pour leur métabolisme, les cellules végétales en utilisent seulement 20% de façon habituelle.

### Qu'est-ce que la photosynthèse ?

La photosynthèse est un immense atout énergétique pour les végétaux. Elle a lieu dans le chloroplaste, au niveau d'un système membranaire très développé. A celui-ci, sont associés des photosystèmes, c'est-à-dire des systèmes moléculaires complexes, capables d'utiliser l'énergie des photons de la lumière pour réaliser la photolyse de l'eau. Cette réaction chimique est en fait la séparation de l'eau en hydrogène et oxygène. Elle permet un dégagement d'oxygène gazeux et la création de protons ( $H^+$ ) et d'électrons. L'énergie ainsi récupérée (le rendement est de l'ordre de 1% seulement) est utilisée pour créer des molécules à haut potentiel énergétique, nécessaires à la synthèse de sucres : on a en général la fixation d'un atome de carbone supplémentaire sur un ose qui en contient déjà cinq. Pour résumer, la photosynthèse est la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

### A quoi est due la couleur des végétaux ?

La couleur verte des feuilles est due à la chlorophylle. C'est une molécule, présente en très grande quantité dans les membranes des chloroplastes. Elle absorbe toutes les longueurs d'ondes de la lumière, sauf le vert. C'est cette couleur restituée que nous voyons. La synthèse de la chlorophylle est très sensible à la lumière et en particulier à la durée jour-nuit. A l'automne, lorsque les jours diminuent, les gènes responsables de cette synthèse sont de moins en moins traduits, au profit de ceux responsables de la synthèse des carotènes, moins sensibles à ce rythme. C'est pourquoi les feuilles des arbres jaunissent en cette saison. La couleur des fleurs est, quant à elle, due aux anthocyanes, des pigments très hydrophiles qui s'accumulent dans la vacuole des cellules.

### Quels sont les moyens de défense des végétaux ?

Lors d'une agression, l'animal va, grâce à sa mobilité, se défendre par la fuite. Le végétal, qui a une vie fixée, n'a pas cette solution : il doit faire face aux attaques sans fuir. C'est ainsi que les végétaux ont développé, grâce à un métabolisme secondaire très important, une immense variété de molécules de défense. A un stress donné correspond une molécule don-

née (c'est l'exemple des phytostérols, très nombreux, que nous étudions au laboratoire). A l'extrême, l'apoptose, c'est-à-dire la solution suicide des cellules animales, est très peu répandue chez les végétaux. La plante fait face et survit en utilisant sa propriété de reviviscence, grâce à des moyens très développés que sont en particulier la graine et la spore. Un autre exemple est celui des cancers végétaux. Très rares, ils ne présentent jamais de métastases. La plante développe en effet un extraordinaire système de protection, en créant une barrière cellulaire infranchissable. Des molécules spécifiques sont sécrétées par les cellules de la barrière pour circonscrire le cancer. C'est le cas du chancre du châtaignier : en synthétisant du suber (c'est-à-dire du liège) les cellules isolent la branche atteinte par le champignon du reste de l'arbre.

### «Les agrobactéries sont capables de transférer une partie de leur génome à la grande majorité des cellules végétales»

#### Quels sont les atouts des cellules végétales les plus utilisés dans la recherche ?

La biologie végétale connaît actuellement un grand essor. En effet, comparativement aux cellules animales, les cellules végétales présentent une grande accessibilité à la transgénèse. En particulier, des bactéries spécifiques, appelées agrobactéries, sont capables de transférer une partie de leur génome à la grande majorité des cellules végétales (80%). Chez les animaux, les seuls vecteurs capables de réaliser ce transfert sont les virus, qui ne sont jamais vraiment anodins. En recherche végétale, on utilise des bactéries désarmées. Cela consiste en fait à remplacer dans leur chromosome l'oncogène (le gène qu'elles savent normalement transférer) par le gène que l'on veut transférer à la cellule végétale. Cela a permis par exemple de transférer à la plante des gènes animaux, tels que ceux codant pour la synthèse de l'hémoglobine ou de l'irridine de la sangsue (un anticoagulant), chez le tabac. La protéine ainsi synthétisée est très pure. Aux Etats-Unis des *Molecular Farms* se destinent déjà uniquement au développement de telles plantes.

En Europe, la législation est beaucoup plus stricte, et la culture de plantes dites transgéniques est encore pratiquement interdite en champ.

#### Quel est le risque réel dans la culture des plantes transgéniques ?

En ce qui concerne les végétaux, tels que le maïs transgénique, on ne connaît pas les risques réels que leur usage peut causer. Mais les dérives pourraient être grandes car il sera bientôt facile, avec les progrès rapides de la recherche, de mettre en terre, à l'insu des autorités, une bouture issue d'un laboratoire.

Aux Etats-Unis, si la culture des plantes transgéniques existe, les fermes sont cependant soumises à des contrôles répétés et leur périmètre est très surveillé.

Je pourrais citer un risque réel, tel que celui des bactéries. On sait modifier en laboratoire de simples souches bactériennes pour les rendre par exemple résistantes au froid. Par erreur ou malveillance, une telle souche pourrait être abandonnée dans la nature, de telle manière qu'elle puisse par exemple coloniser la surface de denrées alimentaires, les rendant ainsi rapidement impropres à la consommation. A quoi servirait alors toute la chaîne du froid, qui représente le moyen le plus simple de conservation des aliments ?

En matière de culture des plantes, on pourrait créer, en quelque sorte, une police du génome dans les champs, spécialisée dans l'identification des plantes transgéniques. Car le maïs par exemple, qu'il soit transgénique ou non, ressemblera toujours à du maïs.

#### Qu'en est-il de la connaissance fondamentale de la cellule végétale ?

La recherche fondamentale chez les végétaux existe, bien qu'elle ait presque toujours un objectif appliqué. Ainsi, la connaissance parfaite de la photosynthèse pourrait permettre la fabrication de membranes artificielles capables de générer de l'énergie.

De même, connaître les mécanismes et les gènes responsables de la nutrition azotée serait très intéressant pour la protection de l'environnement. La greffe, dans le génome du végétal, du ou des gènes de la bactérie permettant l'utilisation de l'azote atmosphérique pourrait remplacer l'usage des engrais azotés.

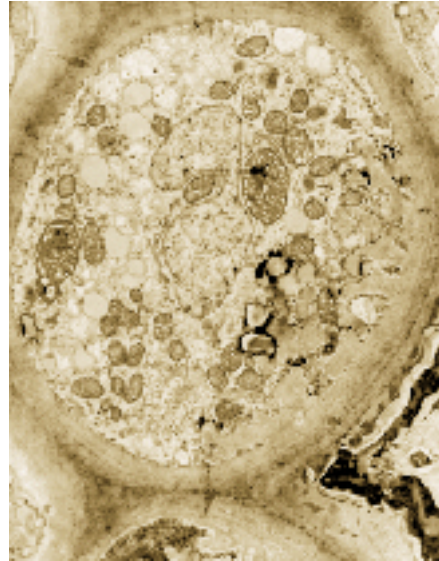
Enfin, la grande propriété du règne végétal est la totipotence. Cela signifie qu'à partir de toute cellule normale, on peut théoriquement reconstituer une plante entière. Ce phénomène de régénération, que l'on maîtrise très bien chez le tabac, est impossible à réaliser aujourd'hui chez l'animal, ce qui fait dire à certains chercheurs qu'en recherche, le XXI<sup>e</sup> siècle sera le siècle de la cellule végétale. ■

#### A PARAITRE

*Génie génétique et biotechnologies, appliqués à l'agriculture et aux bio-industries*, par Yves Tourte, éd. Dunod

*Initiation à la biologie cellulaire*, par Monique Tourte, coll. «Pavages» Diderot Multimédias.

# Cent mille milliards de cellules



La cellule est l'unité de base de tous les êtres vivants. C'est la plus petite portion de matière connue capable de vivre de façon autonome et de se reproduire. Il existe une immense variété aux formes et aux fonctions très diverses. Le corps humain est constitué de près de cent mille milliards de cellules distinctes ! Elles sont souvent regroupées et spécialisées pour assurer la fonction d'un système ou d'un organe.

Les cellules adipeuses, ou adipocytes, sont cylindriques. Ce sont des réserves d'énergie pour l'organisme qu'elles protègent aussi contre les pertes de chaleur. Les cellules du tissu nerveux, ou neurones, sont très ramifiées. Elles émettent des prolongements qui peuvent se propager loin du corps cellulaire, qui contient le noyau. Dans le cerveau et les nerfs, les neurones reçoivent et analysent des stimulus internes et externes et les transmettent aux effecteurs. Les cellules sanguines sont libres dans le plasma. Les globules rouges n'ont pas de noyau, leur rôle est en particulier de transporter les gaz respiratoires. Les globules blancs assurent la défense de l'organisme.

Quelle que soit leur fonction, toutes les cellules sont construites sur le même modèle. Une cellule est entourée d'une enveloppe continue, la membrane plasmique, constituée essentiellement de phospholipides et de quelques protéines. Cette membrane cellulaire n'est pas seulement une barrière sélective ; c'est aussi un lieu d'échanges dynamique et de communication avec le milieu externe. Parmi les protéines présentes dans la membrane, on distingue en particulier les récepteurs membranaires et les canaux ioniques. Ce sont, en quelque sorte, les portes d'entrée des messages envoyés à la cellule.

A l'intérieur, le cytoplasme renferme les organites intracellulaires, de formes et de dimensions très variées. Les cellules animales et vé-

gétales ont un noyau isolé du cytoplasme par la membrane nucléaire et constituent en ce sens le groupe des eucaryotes. Les bactéries, par contre, n'ont pas de noyau distinct. Elles forment le groupe des procaryotes. Outre le noyau, on trouve aussi dans le cytoplasme les mitochondries, le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi. Chaque organite a un rôle bien défini. Les mitochondries assurent l'ultime transformation des aliments, en particulier du glucose, afin de créer l'énergie utilisable par la cellule pour son métabolisme. La synthèse des protéines a lieu en partie au niveau du réticulum endoplasmique. Dans l'appareil de Golgi, les molécules protéiques sont achevées avant d'être acheminées vers leur destination ou stockées dans des vésicules.

Les quatre éléments primordiaux de la cellule et de la vie sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, auxquels on peut ajouter le phosphore. Ceux-ci sont combinés entre eux pour former de plus grosses molécules. Les glucides, les protéines et les lipides sont des molécules de constitution, de stockage, de reconnaissance. Elle peuvent aussi être porteuses d'information, mais l'information génétique est portée par les acides nucléiques, c'est-à-dire l'ADN et l'ARN.

L'ADN est essentiellement présent dans le noyau où il est condensé dans les chromosomes. Il détermine notre patrimoine héréditaire. Il est copié en molécules d'ARN par un mécanisme appelé transcription. Ces copies sont alors acheminées vers le cytoplasme où le message qu'elles contiennent est traduit pour aboutir à la synthèse de protéines. Le maintien en vie d'une cellule, son adaptation à l'environnement et son intégration dans un tissu, ne sont alors que les manifestations de l'activité de ces protéines, expression de messages provenant des chromosomes. *L B-G ■*

## Des images de l'infiniment petit

Le Service interdisciplinaire de microscopie et d'imagerie scientifique (Simis) de l'Université de Poitiers a été créé il y a trente ans à l'initiative de biologistes. Il s'adresse aujourd'hui aux laboratoires des sciences de la vie, des sciences de la terre et de la chimie. « Notre objectif est de mettre en commun non seulement les différentes techniques de la microscopie et de l'imagerie, mais aussi le matériel nécessaire aux préparations et bien sûr les compétences d'un personnel spécialisé », explique Colette Besse, ingénieur de recherche et directrice technique du service.

65 chercheurs, ingénieurs et techniciens font appel à ce service qui dispose de trois microscopes électroniques, à transmission ou à balayage. Les grossissements peuvent aller de 1 000 à 400 000 fois. Pour une cellule, et avec un microscope à transmission, on peut accéder à des détails de l'ordre de 1 micromètre à 10 nanomètres, c'est-à-dire un cent millième de millimètre ! On peut par exemple voir des détails de la paroi des cellules végétales ou de l'enveloppe du noyau tels que les pores nucléaires (qui permettent en particulier la sortie des ARN messagers). On peut aussi voir les détails d'un virus et même sa structure. A un tel grossissement de 100 000 fois, une mouche mesurant un centimètre à l'œil nu atteindrait ici un kilomètre de long !

*Ci-dessus, section de cellule épidermique de suçoir de mousse : base de la soie (sporophyte) insérée dans la tige feuillée (gamétophyte), Pierrette Fleurat, ERS 6099 CNRS, Simis.*