

Ces plantes qui jou

Les végétaux modifient leur appareil de photosynthèse pour qu'il maintienne un rendement optimal lorsque la luminosité change. Des chercheurs genevois ont découvert un des mécanismes clés responsables de ce processus chez les plantes supérieures. Explications

Ce qui est vrai dans la petite algue, reste valable dans la plante supérieure. C'est avec satisfaction que le professeur Jean-David Rochaix et ses collègues Stéphane Bellafiore et Frédy Barneche des Départements de biologie moléculaire et de biologie végétale ont montré qu'une protéine clé de la photosynthèse qu'ils ont découverte en 2003 chez l'organisme unicellulaire *Chlamydomonas reinhardtii* est tout aussi essentielle chez *Arabidopsis thaliana*, une plante de la même famille que le chou, le navet ou la moutarde. Publié dans la revue *Nature* du 24 février, l'article démontre que les plantes auxquelles il manque le gène STN7 n'arrivent plus à optimiser leur système photosynthétique en cas de variations brusques de luminosité. Résultat: ces spécimens se développent plus lentement et ont donc moins de chance de survie que leurs congénères sauvages.

Un maximum de profit

«Dans la nature, les plantes sont constamment confrontées à des variations plus ou moins rapides des conditions lumineuses, explique Jean-David Rochaix. Alors qu'elles exposent leurs feuilles aux rayons d'un soleil estival au zénith par exemple, le passage d'un nuage peut brusquement diminuer l'intensité de la lumière d'un facteur dix ou vingt. Les fluctuations sont tout aussi fréquentes pour les plantes des sous-bois où les rayons solaires sont filtrés par la canopée. Le système photosynthétique – qui permet aux végétaux de transformer de l'eau et du gaz carbonique en oxygène et en sucre – doit être sans cesse ajusté pour tirer le maximum de profit de chaque situation. Il doit d'ailleurs aussi bien exploiter la moindre source de lumière qu'amortir un excès brutal de rayonnement solaire en dissipant de la chaleur.»

Un des stratagèmes que les plantes ont développés pour y parvenir s'appelle «transition d'état». Il est connu depuis trente ans, bien que de nombreux mécanismes moléculaires impliqués restent encore méconnus. Ce phénomène permet de modifier le rendement du processus photosynthétique en le faisant passer d'un mode de fonctionnement à l'autre, selon les conditions d'ensoleillement. Durant la photosynthèse, l'énergie lumineuse fournie par le soleil est progressivement transformée par une chaîne de réactions photochimiques qui ont lieu dans les cellules des feuilles, en un «potentiel électrochimique». Celui-ci entraîne la production vitale de NADPH (un composé qui per-

met de fixer le gaz carbonique dans la plante) et d'ATP (le combustible universel des organismes vivants). Ce processus est entraîné par deux «moteurs» appelés photosystèmes I et II qui fonctionnent en série (l'un après l'autre). Chacun d'eux est muni d'une antenne composée de molécules de chlorophylle dont le rôle est de capter l'énergie des photons pour alimenter ces moteurs. Les deux antennes n'ont pas la même sensibilité puisqu'elles n'absorbent pas exactement les mêmes longueurs d'onde – 650 nanomètres pour l'une et 700 pour l'autre.

C'est cette petite différence qui fournit à la plante un moyen de réagir en cas de changement de luminosité. Suivant la

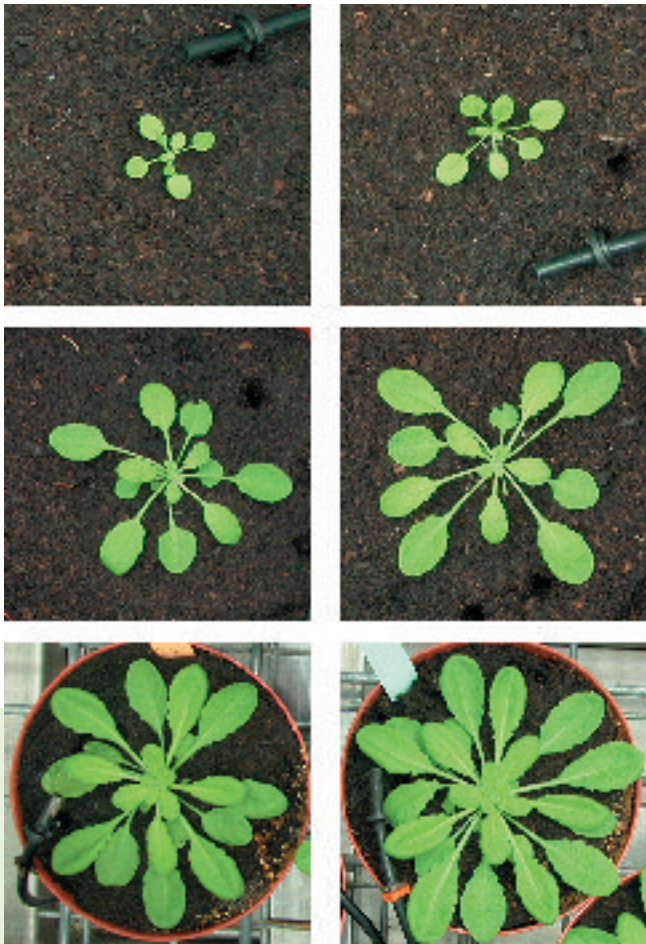
Usines à hydrogène

A première vue, l'étude de la faculté d'adaptation des plantes à des variations de lumière ne mène à aucune application concrète utile à la société si ce n'est à assouvir la curiosité des chercheurs. De manière inattendue toutefois, la découverte de la kinase décrite ci-contre, pourrait avoir des répercussions dans un domaine très éloigné de la botanique: la production d'hydrogène, potentiellement utile comme carburant des moteurs de demain.

Dans certaines conditions de croissance en anaérobiose (carence en oxygène), l'algue *Chlamydomonas reinhardtii* est capable de relâcher de l'hydrogène dans l'atmosphère, un peu comme une soupape de secours. Les quantités de gaz émises naturellement sont toutefois minimes et inexploitable pour l'industrie. Les augmenter représente un problème que les scientifiques n'ont toujours pas pu résoudre. Le problème principal est lié au fait que le système d'émission d'hydro-

gène de l'algue est très sensible à l'oxygène qui est produit par la photosynthèse. Or, il se trouve que la kinase Stt7 permet de faire basculer l'appareil photosynthétique d'un état associé avec la production d'oxygène à un état où cette dernière est fortement réduite. Il n'est donc pas exclu qu'en agissant sur cette protéine, on puisse doper la production d'hydrogène. Un projet de recherche au niveau européen, dont fait partie l'équipe du professeur Jean-David Rochaix, est d'ailleurs consacré à ce sujet. ■

ent avec la lumière



Comparaison de développement entre une plante mutante (à gauche), à laquelle il manque le gène STN7, et une plante sauvage. Les images ont été prises après 21, 30 et 41 jours.

qualité de lumière, c'est-à-dire de sa longueur d'onde, elle peut en effet synchroniser l'action de ses deux moteurs afin que la machinerie continue de fonctionner de manière optimale. Cette synchronisation est réalisée par un changement de la taille des antennes. Plus précisément, des groupes «phosphate» sont attachés à l'antenne du photosystème II dont une partie se détache pour être transférée au photosystème I. Cette action, qui est typiquement l'œuvre d'une protéine dite kinase, est

réversible et permet de naviguer à volonté entre deux états, chacun étant adapté à un type d'ensoleillement spécifique. La kinase en question a tenu en haleine les biologistes durant près de trois décennies. Ils étaient persuadés de son existence, mais, elle est restée longtemps introuvable. Ce sont les chercheurs genevois qui, grâce à leurs travaux sur des mutants de *Chlamydomonas reinhardtii* et le décryptage récent de son génome, ont décrit pour la première fois la protéine et son gène correspondant (Stt7) dans un article paru dans la revue *Science* du 7 mars 2003. «Après cette première étape, nous avons très vite découvert un gène homologue, c'est-à-dire très ressemblant, chez une plante supérieure, note Jean-David Rochaix. Il s'agit de *Arabidopsis thaliana*, la star des laboratoires, dont le génome a lui aussi été entièrement décrit il y a quelques années. Le gène en question, le STN7, code également pour une protéine kinase, ce qui montrait que nous étions sur la bonne voie, mais nous devions encore démontrer que sa fonction était la même que celle de son homologue de l'algue unicellulaire.»

La chance a voulu que, juste à cette époque, un institut de recherche américain fabrique un mutant d'*Arabidopsis thaliana* chez lequel le gène STN7 est rendu inopérant. Les Genevois ont immédiatement commandé des graines

et les ont plantées dans des pots pour étudier leur croissance. Les premières observations sont décevantes: les plantes ne présentent aucune anomalie visible. Il faut attendre les analyses physiologiques pour obtenir des mesures indiquant que les mutants ne parviennent plus à ajuster leur système photosynthétique. Ils semblent même vivre un stress constant plus élevé que la normale. Pour en savoir plus, les scientifiques décident alors de comparer en direct le développement des mutants à celui des plantes sauvages.

Conséquences énormes

L'expérience a été menée en conditions de laboratoire: huit heures de jour et seize de nuit. Durant la période diurne, en jouant sur la qualité de la lumière, les chercheurs ont forcé les plantes à passer d'un état à l'autre toutes les heures. Résultat: les plantes sauvages se développent mieux que les mutants (voir photo). La kinase, absente chez le mutant, joue donc bien un rôle dans l'optimisation de la photosynthèse.

«Même si la différence paraît petite, elle peut avoir à plus long terme des conséquences énormes, que ce soit pour la survie d'une plante individuelle ou de l'espèce, explique Jean-David Rochaix. En fait, il serait intéressant de répéter ces manipulations en plein air. C'est dans des conditions réelles, autrement plus dures que celles, douillettes, du laboratoire, que l'on peut mesurer les vrais bénéfices que peut apporter cette faculté d'adaptation à la lumière. Toutefois, comme ce mutant est un organisme génétiquement modifié, il est très difficile d'obtenir le feu vert pour effectuer ces expériences en Suisse. Mais nous envisageons une collaboration avec des chercheurs en Suède où ces pratiques sont autorisées.» ■

Anton Vos