

LE CHÊNE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES. 3<sup>E</sup> PARTIE: LA PHYSIOLOGIE (III/III)

## Le chêne est une essence robuste

Ce troisième article est consacré aux phénomènes physiologiques, non visibles à l'œil, mais qui sont responsables du développement de la plante. Les résultats de cette expérimentation sont discutés et commentés dans l'optique de leur importance pour la pratique forestière.

Par P. Bonfils, M. Arend, T. M. Kuster, P. Junod et M. S. Günthardt-Goerg\*

Des chênes (pédunculés, sessiles et pubescents) de deux ans, issus chacun de quatre provenances autochtones (et une d'Italie) ont été soumis de 2007 à 2009, dans les chambres d'écosystème modélisé du WSL à Birmensdorf (ZH), à quatre traitements climatiques différents:

1. augmentation de la température de l'air
2. sécheresse
3. une combinaison des deux conditions précédentes, et
4. contrôle sans modification climatique.

Dans un premier article, (*La Forêt*, juillet/août 2013), les phénomènes mesurables de croissance (hauteur, diamètre, poids de la matière sèche) ont été présentés. Dans le deuxième article (*La Forêt*, octobre 2013), les aspects qualitatifs, tels que forme de la feuille, dégâts foliaires, structure du bois et des questions relatives aux particularités du sol, ont été discutés. Ce troisième article analyse des questions importantes relatives à la physiologie végétale (voir encadré ci-contre). Il présente plus particulièrement trois aspects spécifiques des différentes analyses réalisées dans l'expérimentation Quercu:

- la photosynthèse
- la formation d'hydrates de carbone et
- l'absorption de l'azote (voir fig. 2).

### Photosynthèse: un processus à rendement variable

En exploitant la lumière du soleil, la photosynthèse, qui a lieu dans les feuilles, transforme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'eau (H<sub>2</sub>O) en hydrates de carbone (surtout des sucres et de l'amidon). A partir de composés inorganiques, la plante réussit donc à synthétiser des produits organiques qui sont indispensables à sa survie.

La photosynthèse peut être considérée comme le processus biochimique fondamental pour la vie des plantes. Non seule-



Photo: N. Contran/WSL

Mesure de la photosynthèse au niveau des feuilles de chênes pubescents lors de l'expérimentation Quercu au WSL.

ment, elle assure leur survie, mais elle produit également de l'énergie pour d'autres formes de vie n'ayant pas cette capacité de photosynthèse. Tout ceci explique pourquoi les chercheurs du WSL se sont intéressés au rendement de la photosynthèse des jeunes chênes étudiés au cours du projet Quercu<sup>[1]</sup>.

Après trois ans de recherches, il a été constaté que l'élévation de la température de l'air conduit à une augmentation saisonnière (plein été-fin de l'été) de l'activité photosynthétique de façon semblable pour les trois espèces de chênes étudiés (cf. exemple du chêne sessile, fig. 1). L'interruption de l'arrosage pour les traitements sécheresse 1) et 2) a conduit à une dégradation du régime hydrique du sol (cf. deuxième article). Ceci a entraîné, à la fin de la période de sécheresse, une forte baisse du rendement de la photosynthèse (fig. 1), due à une réaction «volontaire» de la plante, à savoir la fermeture des stomates sur la face inférieure de ses feuilles. Une perte incontrôlée d'eau par évaporation est ainsi évitée.

En contrepartie, la plante absorbe moins de CO<sub>2</sub>, ce qui diminue le rendement de la photosynthèse. Pour le chêne pubescent, on a pu observer que les stomates (fig. 2) s'ouvrent lorsque la température de l'air<sup>[2]</sup> augmente et se referment lors d'une sécheresse.

### Racines fines fondamentales

Le comportement des chênes exposés à un stress hydrique fut révélateur. Après la reprise de l'irrigation, et indépendamment du rétablissement du régime hydrique du sol, les arbres furent à même de rétablir très vite la photosynthèse (fig. 1). Ceci s'explique par la présence de racines fines à la surface du sol. Elles absorbent immédiatement la moindre pluie, dès que l'eau atteint les premières couches du sol. La photosynthèse de ces chênes a retrouvé très rapidement le niveau de celle des arbres du traitement de contrôle, ce qui signifie que l'appareil de photosynthèse demeura intact, même lors de grande sécheresse. Seul le chêne

### La physiologie végétale

La physiologie végétale est le domaine qui s'intéresse aux phénomènes de la vie d'une plante et aux réactions chimiques ainsi que biochimiques responsables de sa bonne croissance. Et naturellement, dans le monde végétal, la photosynthèse en est le phénomène central. Mais aussi la croissance, la différenciation des organes et les réactions aux modifications de l'environnement sont des questions qui intéressent les physiologistes.

\* Patrick Bonfils, Bonfils-Naturavali (www.naturavali.com); Matthias Arend; Thomas Kuster; Madeleine S. Günthardt-Goerg, tous Institut fédéral de recherches WSL (www.wsl.ch); Pascal Junod, ingénieur forestier d'arrondissement forestier de Boudry (NE) et responsable du centre de compétence en sylviculture Lyss (www.bzwlyss.ch). Traduction: Laurent Goerg

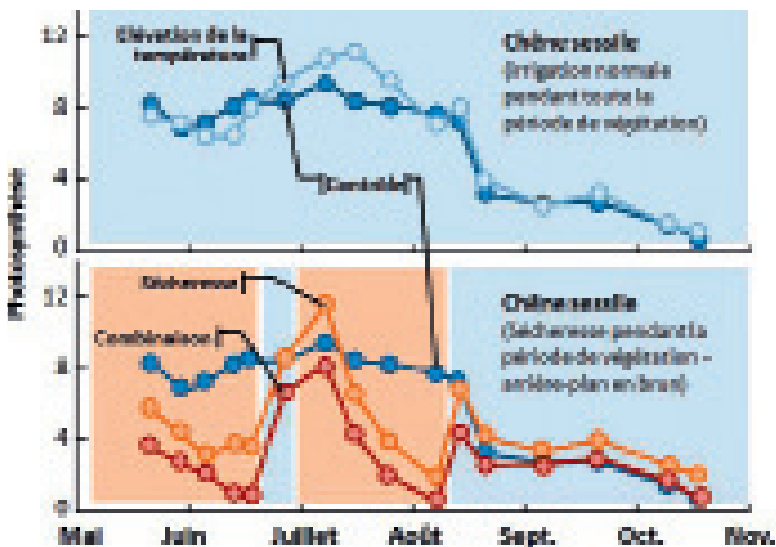


Fig. 1: Effet du traitement climatique sur la photosynthèse pour le chêne sessile.

pédonculé, après la deuxième période de sécheresse au mois d'août, ne retrouva pas un niveau de photosynthèse identique à celui des chênes du traitement de *contrôle*. Ce phénomène a aussi été observé lors du traitement combiné avec une élévation de la température<sup>[1]</sup>.

Les mesures réalisées au cours de l'expérimentation *Querco* montrent qu'en période de sécheresse les feuilles du chêne pédonculé contiennent moins de chlorophylle que celles des chênes sessiles et pubescents. Ceci pourrait expliquer pourquoi cette espèce de chêne a un rendement photosynthétique inférieur.

### Bilan énergétique assuré

Les hydrates de carbone, produits de la photosynthèse, fournissent de l'énergie (sucre), servent de médium de stockage (amidon) et produisent des substances structurelles (p. ex. cellulose) pour la plante. Il est connu que la synthétisation des sucres et de l'amidon peut être diminuée du fait d'un manque d'eau<sup>[2]</sup>. Comme les plantes utilisent pour leur propre respiration environ 30% des hydrates de carbone produits, les chercheurs du WSL ont voulu savoir si une augmentation de température combinée avec un stress hydrique avait une influence sur la production des hydrates de carbone des jeunes chênes.

La synthèse des hydrates de carbone du chêne pédonculé (plutôt sensible à la sécheresse) a donc été comparée à celle du chêne sessile (plutôt résistant à la sécheresse)<sup>[3]</sup>. L'analyse des hydrates de carbone dans les feuilles des deux espèces, sous le traitement *élévation de la température*, n'a pas montré de différences significatives avec celles du traite-

ment de *contrôle*. Par contre, le pourcentage des sucres solubles était plus élevé pour les chênes exposés aux périodes de sécheresse. Ce phénomène avait déjà été observé lors d'essais précédents. Il est expliqué par le besoin de la plante de maintenir son fonctionnement cellulaire en période de sécheresse (régulation de la pression intracellulaire). Par contre, les chercheurs ont été étonnés de constater qu'aucune différence n'apparaisse entre les provenances et les espèces de chênes.

### Azote non limitant

L'azote est un élément vital pour le bon fonctionnement des êtres vivants, particulièrement pour la production de protéines et de l'ADN. Bien que l'air contienne beaucoup d'azote sous forme gazeuse (N<sub>2</sub>), la plus grande partie de l'absorption (90%) se fait sous forme de nitrates et d'ammonium par le sol et le système racinaire des plantes. Ces deux composés azotés proviennent de la dégradation de matériaux organiques présents dans le sol (p. ex. des feuilles) par l'activité de micro-organismes (champignons, bactéries). L'azote est le nutriment des plantes qui a souvent un effet limitatif sur la croissance<sup>[4]</sup>. Comme composant de la chlorophylle, il est indirectement lié à la photosynthèse. De plus, il est présent dans de nombreuses enzymes et soutient la formation de substances nécessaires à la croissance des pousses et des racines.

En agriculture, il est reconnu que le manque d'azote limite la croissance des feuilles (feuilles petites et pâles) et le fonctionnement de la photosynthèse. De plus, les plantes sont nettement davantage sensibles au stress hydrique. Toutes ces raisons ont incité les chercheurs du

WSL à s'occuper de l'influence de l'azote sur les plantes et dans le sol<sup>[5]</sup>. Les résultats des analyses, à fin 2009, ont à nouveau surpris les scientifiques: bien que le stress hydrique ait diminué l'activité des bactéries, il n'a été trouvé aucun effet sur la disponibilité en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et en azote (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans le sol. De même, la concentration d'azote dans la biomasse des arbres n'a pas été réduite. Ceci montre que, dans l'expérimentation *Querco*, l'azote n'a pas été un facteur limitant la croissance en périodes de sécheresse.

### Considérations finales

Même lors d'une forte sécheresse, des processus vitaux, comme la photosynthèse, restent intacts. Ceci permet aux chênes de se remettre rapidement du stress subi. Ainsi, la synthèse d'éléments aussi importants que les hydrates de carbone reste assurée; ce ne serait pas possible si le processus d'assimilation de l'azote par le réseau de fines racines n'était pas garanti.

Les essais *Querco* montrent bien que le «système biologique» du chêne est tout à fait capable de surmonter de fortes sécheresses, même en combinaison avec une augmentation de la température. Les essais ont également permis de déceler des différences entre les espèces: le chêne pédonculé est un peu plus sensible à la sécheresse que les chênes sessile ou pubescent.

#### Autres informations:

[www.wsl.ch/querco](http://www.wsl.ch/querco)

#### Bibliographie:

- [1] Arend M., Kuster T.M., Günthardt-Goerg M.S. (2013): Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. *Plant Biology* 15 (Suppl. 1) 169–176.

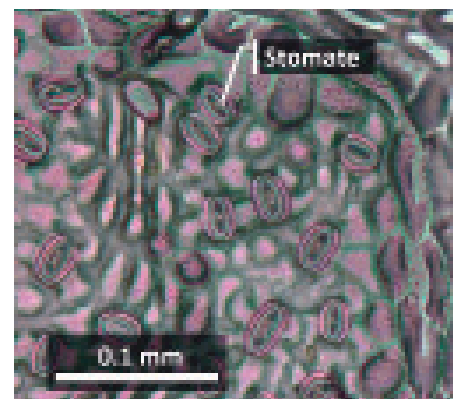


Fig. 2: Pour survivre à une sécheresse, les stomates de la partie inférieure de la feuille de la plante jouent un rôle essentiel. Lors d'une forte sécheresse, elles se ferment, minimisant ainsi le déficit hydrique par évaporation. Le rendement de la photosynthèse s'en trouve diminué.

Photo: Terry Menard/WSL

<sup>[2]</sup> Contran, N., Günthardt-Goerg, M. S., Kuster, T. M., Cerana, P., Crosti, R., Paoletti, E. (2013): Physiological and biochemical responses of *Quercus pubescens* to air warming and mild soil drought. *Plant Biology*, 15 (Suppl. 1) 157–168.

<sup>[3]</sup> Li M.-H., Cherubini P., Dobbertin M., Arend M., Xiao W.-F., Rigling A. (2012): Responses of leaf nitrogen and mobile carbohydrates in different *Quercus* species/provenances to moderate climate changes. *Plant Biology*, 15 (Suppl. 1), 177–184.

<sup>[4]</sup> Rennenberg H., Dannenmann M., Gessler A., Kreuzwieser J., Simon J., Papen H. (2009) Nitrogen balance in forest soils: nutritional limitation of plants under climate change stresses. *Plant Biology*, 11, 4–23.

<sup>[5]</sup> Kuster T.M., Schleppe P., Hu B., Schulin R., Günthardt-Goerg M. S. (2013). Nitrogen dynamics in oak model ecosystems subjected to air warming and drought on two different soils. *Plant Biology*, 15, 220–229.

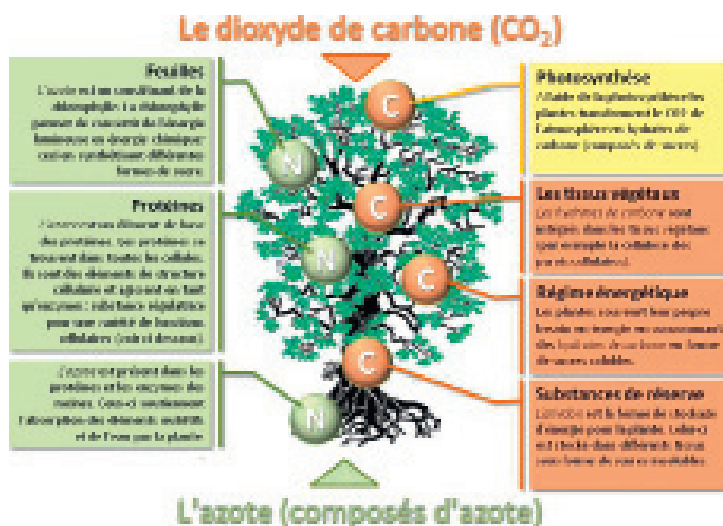


Fig. 3: Sans les composés organiques du carbone et de l'azote, aucune vie végétale n'est imaginable; idem pour la photosynthèse. Ces trois éléments ont été étudiés dans l'expérimentation Quercu, afin de vérifier le bon fonctionnement d'importants processus physiologiques chez le chêne.

Cet article clôt la série consacrée directement à l'expérimentation Quercu. Nous traiterons des applications pratiques que les forestiers peuvent tirer de ses résultats dans un prochain numéro de LA FORÊT, où paraîtra aussi la troisième interview que nous a accordée Pascal Junod.