

bouche. Comme la capacité de cette dernière est de 0,3 litre, la girafe ingère près de 5 litres d'eau, ce qui correspond peu ou prou au volume de son œsophage (5 centimètres de diamètre et un peu plus de 2 mètres de long). Autrement dit, la girafe remplit presque complètement son œsophage d'eau. Puis elle se redresse et laisse la gravité agir.

Mais comment l'eau passe-t-elle de la bouche à l'œsophage à chaque succion ? Vraisemblablement, la girafe reproduit sans le savoir le mécanisme des pompes à piston (voir la figure page ci-contre, en bas). Elle bloque d'abord l'accès à l'œsophage avec son épiglotte, ouvre la bouche et la remplit d'eau en aspirant un peu. Elle ferme ensuite la bouche, rouvre l'épiglotte, bloque sa respiration et relève sa mâchoire inférieure. Ce mouvement réduit le volume de la cavité buccale et pousse ainsi l'eau dans l'œsophage.

Tout cela est relativement aisé : il suffit que la bouche supporte une surpression de 0,2 atmosphère et que la mâchoire pousse un poids équivalent à 5 kilogrammes (le poids de l'eau qui remplit l'œsophage).

L'exemple de la girafe nous montre aussi comment monter de l'eau à des hauteurs supérieures à 10 mètres : au lieu d'avoir une pompe en haut qui aspire, on fait fonctionner une pompe au fond qui refoule l'eau. On peut ainsi atteindre une surpression très importante, en tout cas sans limite supérieure dictée, comme dans le cas de l'aspiration, par les lois de l'hydrostatique. C'est ce que l'on fait pour récupérer l'eau des puits profonds ou pour vider les tunnels de mine remplis d'eau. Une pompe de dénoyage typique utilisée dans une mine peut ainsi fonctionner à 16 atmosphères et refouler l'eau jusqu'à près de 150 mètres de haut ! ■

BIBLIOGRAPHIE

P.-M. Binder et D. L. Taylor,
How giraffes drink,
The Physics Teacher,
vol. 53(9), pp. 518-520, 2015.

SUR LE WEB

Vidéo montrant une aspiration
avec une paille sur une hauteur
de 6 mètres :
www.youtube.com/watch?time_continue=343&v=HUmZrtiXDik



Retrouvez la rubrique
Idées de physique sur
www.pourlascience.fr



les conférences

À la Cité des sciences et de l'industrie Entrée libre dans la limite des places disponibles

[les mardis à 19h]

cycle

Villes du futur: de nouvelles utopies ?
Dans le cadre de l'exposition *Mutations urbaines* présentée du 14 juin au 31 décembre 2016.

31 mai Paris 2050: les cités fertiles
Avec Vincent Callebaut, architecte; Sandrine Berroir, géographe.

7 juin Habiter la mer: les cités flottantes
Avec Jacques Rougerie, architecte, océanographe; Idriss Aberkane, expert en bio mimétisme.

14 juin Vers une cité bio-numérique
Avec Claire Bailly, architecte urbaniste; Jean Magerand, architecte urbaniste; Thierry Paquot, philosophe de l'urbain.

programme complet sur cite.sciences.fr

Avec le soutien de **SCIENCE**



© shutterstock

QUESTION AUX EXPERTS

Les plantes ont-elles des cancers ?

Les tumeurs végétales existent, mais elles sont bien différentes de celles qui affectent les animaux.

Yves Dessaux



Galles dues à *Agrobacterium* / ©Université de Géorgie et USDA Forest Service

Comme il y a des cancers animaux, il y a des cancers végétaux : des tumeurs, rarement fatales à la plante, peuvent se développer en quelques semaines ou quelques mois sous la forme d'un gonflement de l'organe touché et mesurer jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres. Alors que les causes de cancer connues chez l'animal sont nombreuses et diverses – radiations, substances cancérigènes, virus, bactéries... –, on sait depuis le début du XX^e siècle que les cancers végétaux sont dus à des bactéries de trois genres : *Agrobacterium*, *Pseudomonas* et *Rhodococcus*.

Chez les animaux, un cancer résulte d'altérations génétiques qui entraînent la multiplication désordonnée des cellules. Ces altérations portent sur des gènes qui contrôlent le cycle cellulaire ou qui réparent l'ADN. Elles se produisent soit au moment de la réplication de la cellule, soit sous l'influence d'un agent cancérigène. Quoi qu'il en soit, la combinaison de plusieurs événements, suivie de la formation de vaisseaux sanguins, est nécessaire pour qu'une tumeur se développe.

Chez les végétaux, les processus de tumorigénèse sont différents, car les cellules végétales répondent à des stimuli d'organisation différents de ceux auxquels répondent les cellules animales. Un premier groupe de bactéries, des *Pseudomonas* et des *Rhodococcus*, a des gènes qui conduisent à la production d'auxines et de cytokinines, des hormones de croissance végétale. La libération d'auxine dans la plante indique

aux cellules végétales de se diviser et de s'engager vers la formation de racines. Les cytokinines, elles, indiquent aux cellules de se diviser et de s'engager vers la formation de tiges feuillées. Ces deux messages contradictoires déclenchent la multiplication anarchique des cellules.

Les tumeurs dues à *Pseudomonas* sont notamment celles de la tuberculose de l'olivier ; celles dues à *Rhodococcus* apparaissent par exemple dans la maladie du balai de sorcière. Elles régressent ou se stabilisent dès que la bactérie disparaît, par exemple sous l'effet d'un bactéricide.

Des tumeurs dues à trois genres de bactéries

Il en va tout autrement dans la seconde forme de cancer végétal, celle due aux bactéries du genre *Agrobacterium*. Ces agrobactéries provoquent par exemple le broussin de vigne (une maladie grave pour les vignes jeunes) et la galle du collet (maladie affectant les dicotylédones, plantes dont la vie commence par la sortie de deux feuilles primordiales de la graine). En pépinière où sont cultivées des dicotylédones, c'est particulièrement ennuyeux et il faut éliminer les plantes contaminées.

Comment agit *Agrobacterium* ? Il modifie aussi la balance hormonale végétale, mais c'est la cellule végétale elle-même qui surproduit les hormones, et non la bactérie. Pour cela, *Agrobacterium* exporte vers le noyau

de la cellule végétale visée un fragment de plasmide. Ce fragment d'ADN non chromosomique, appelé ADN-T, s'insère dans le génome de la cellule. Celle-ci se met alors à produire de l'auxine et une cytokinine, ce qui entraîne une prolifération cellulaire sans ordre ; une vascularisation s'ensuit et la tumeur commence à croître. Ainsi, une tumeur créée par *Agrobacterium* peut continuer à croître même quand la bactérie pathogène a disparu.

Un point remarquable est que l'ADN-T porte aussi des gènes qui déclenchent, aux dépens des réserves métaboliques du végétal, la synthèse de composés spécifiques des tumeurs : les opines. Or ces substances peuvent servir d'aliments aux agrobactéries à l'origine de la tumeur... Autre avantage pour *Agrobacterium*, elles favorisent le transfert de l'ADN-T depuis une bactérie pathogène vers une bactérie non pathogène. À l'aide des opines, *Agrobacterium* se ménage donc au sein de la tumeur une niche écologique favorable à la dissémination du pouvoir pathogène.

Notons pour finir que, depuis plus de trente-cinq ans, les améliorateurs végétaux mettent à profit la transformation génétique opérée par *Agrobacterium* pour obtenir des lignées végétales qui, en lieu et place des gènes de synthèse d'hormones, ont intégré des gènes d'intérêt agronomique. ■

Yves DESSAUX, directeur de recherche au CNRS, travaille à l'Institut de biologie intégrative de la cellule, à Gif-sur-Yvette.