

chaleur, chez certaines autres plantes, chez des champignons et chez certains organismes unicellulaires. Dans les deux cas, l'énergie provient de diverses molécules énergétiques et d'oxygène, qui réagissent en formant une molécule riche en énergie nommée ATP (adénosine triphosphate) ; la décomposition ultérieure de celle-ci fournit l'énergie indispensable aux diverses activités cellulaires ou à la production de chaleur. On ignore toutefois si l'échauffement des cellules d'arums s'effectue par synthèse, puis dégradation d'ATP, ou si la chaleur est directement libérée par les voies métaboliques, sans production intermédiaire d'ATP.

Un philodendron à sang chaud

Nous avons d'abord étudié *Philodendron selloum* d'un tout autre point de vue : au lieu d'examiner des cellules ou des molécules individuelles, comme l'avaient fait la plupart des botanistes, nous avons étudié les inflorescences comme si elles étaient un animal complet. Comme G. Bartholomew et ses collègues de l'Université de Los Angeles effectuaient des études comparatives de la production de chaleur et de la régulation de la

température corporelle chez les animaux, nous disposions de toutes les méthodes et de tous les équipements requis. Nous avons également le matériel végétal à portée de main : de nombreux philodendrons étaient en fleur juste sous les fenêtres du laboratoire.

Nous avons d'abord vérifié que les inflorescences devenaient aussi chaudes qu'il nous l'avait semblé lors de la soirée donnée par G. Bartholomew : nous avons planté des sondes dans les spadices et relié celles-ci à un ordinateur qui enregistrait en continu les températures mesurées. Alors que la température de l'air extérieur était en moyenne de 20 °C, celle des spadices était proche de 40 °C!

Comme nous ne maîtrisions pas les variations de température à l'extérieur, nous avons coupé quelques spécimens et les avons placés dans des logettes climatisées où nous pouvions régler la température. De la sorte, nous pouvions, en outre, déterminer la production de chaleur par la mesure de la consommation d'oxygène, car ces deux phénomènes sont liés (chez les animaux, la consommation d'un centimètre cube d'oxygène s'accompagne d'une production de chaleur de 20 joules).

Nous avons alors examiné ces inflorescences à des températures variées, inférieures à 0 °C aussi bien que supérieures à 50 °C. Si certaines de ces inflorescences ne parvenaient pas à se réchauffer aux températures les plus basses, leur température atteignait 38 °C quand la température ambiante était seulement de 4 °C. Aux températures ambiantes supérieures à 4 °C, la température des inflorescences coupées continuait d'augmenter, mais avec une différence moindre entre la température ambiante et la température de la plante, la température des inflorescences atteignant 46 °C lorsque la logette climatisée était à la température de 39 °C.

Ainsi les philodendrons peuvent ajuster leur production de chaleur pour maintenir leurs inflorescences au chaud lorsque le temps est froid, mais aussi pour éviter une surchauffe quand il fait déjà chaud. Quelle surprise ! Non seulement ces fleurs produisaient de la chaleur, comme les animaux, mais elles assuraient leur régulation thermique, tout comme les animaux à sang chaud tels que les oiseaux et les mammifères.

Deux ans après ces expériences, Roger Knutson, du Collège Luther, dans l'Iowa, signala que le spadice du chou aux mouffettes, *Symplocarpus foetidus*, maintenait sa température entre 15 et 24 °C pendant au moins deux semaines, vers la fin de l'hiver, alors que les températures

étaient encore négatives (la plante serait même capable de faire fondre la neige autour d'elle). Puis, en 1996, Paul Schultz-Motel et moi-même avons découvert que le lotus sacré, *Nelumbo nucifera*, maintient sa température aux alentours de 32 °C pendant deux à quatre jours au milieu de sa

période de floraison estivale, même lorsque la température de l'air est inférieure à 10 °C. Dans ce cas, c'est le réceptacle, la partie centrale de la fleur en forme de cône spongieux, qui produit l'essentiel de la chaleur. Le lotus sacré appartient à une famille botanique différente de celle du philodendron et du chou aux mouffettes, ce qui suggère que le phénomène de régulation thermique a évolué de manière indépendante chez le lotus et chez les arums.

À quoi sert la régulation de la température chez les plantes ? Chez les oiseaux et chez les mammifères, la régulation de la température permet aux cellules de

Chou des mouffettes

Température de la fleur : 15 à 22 °C

Pour des températures de l'air comprises entre -15 et 10 °C

Durée de la période de régulation : deux semaines ou plus



Lotus sacré

Température de la fleur : 30 à 37 °C

Pour des températures de l'air comprises entre 10 et 35 °C

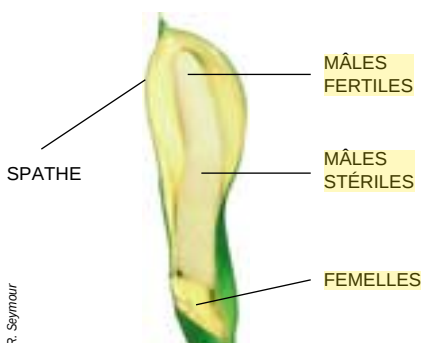
Durée de la période de régulation : deux à quatre jours



G. Gottsberger, University of Ulm

G. Bryce

G. Gottsberger, University of Ulm



2. DES COLÉOPTÈRES assurent la pollinisation de *Philodendron selloum*. Les inflorescences, ou parties florales, de cette plante sont constituées de trois types de petites fleurs : des fleurons mâles fertiles, des fleurons mâles stériles et des fleurons femelles, qui se développent au bout d'une tige (*ci-contre*). Au cours de la période pendant laquelle la plante règle la température de son inflorescence, la structure en forme de feuille qui entoure l'inflorescence s'ouvre et laisse ainsi entrer les insectes qui accèdent aux fleurons (*en haut à gauche*). Les coléoptères déposent alors le pollen dont ils sont déjà chargés sur les fleurons femelles ; puis, lorsque la plante se refroidit, le spathe se replie, emprisonnant quelques-uns de ces visiteurs. Plus tard, la spathe se rouvre partiellement (*au centre*), et les fleurons mâles libèrent alors leur pollen. L'étroitesse de l'ouverture ainsi ménagée force les coléoptères à ramper à travers le pollen (*à droite*), qui se colle sur leur corps alors qu'ils partent vers d'autres inflorescences. Cette coïncidence entre les périodes de réchauffement de la plante et les périodes de reproduction conduit à penser que la régulation thermique du philodendron favorise l'attraction des coléoptères pollinisateurs.

fonctionner à une température optimale, où les réactions biochimiques sont coordonnées et efficaces. Les animaux qui ont le sang chaud et disposent d'une régulation thermique restent actifs et continuent de chercher leur nourriture quand le froid ralentit les réactions cellulaires et l'activité des animaux à sang froid, tels les reptiles. La forte production énergétique des tissus des oiseaux ou des mammifères dont le thermostat est réglé à une température élevée (proche de 40 °C) permet des exercices physiques prolongés, tels la course ou le vol. Pour les plantes, ces descriptions ne tiennent pas, et une autre explication doit être trouvée.

Les avantages de la régulation

Des botanistes avaient supposé que les arums et certaines autres plantes se chauffaient afin d'évaporer des substances odoriférantes qui auraient attiré des insectes pollinisateurs. Si l'hypo-

thèse explique que ces plantes dégagent de la chaleur, elle ne justifie pas pourquoi cette production de chaleur est augmentée ou diminuée selon la température ambiante. Nous proposons deux autres hypothèses pour expliquer comment certaines espèces de plantes ont progressivement été dotées d'une régulation thermique.

Tout d'abord, les plantes « à sang chaud » pourraient créer un environnement stable et chaud pour des insectes pollinisateurs qui faciliteraient ainsi la reproduction végétale. Chez les gros insectes qui transportent le pollen, le vol, les déplacements et les interactions sociales sont des activités qui nécessitent une température corporelle élevée, laquelle n'est maintenue qu'au prix d'une dépense énergétique importante. Les individus qui visitent des plantes « à sang chaud » profiteraient d'un chauffage directement fourni par la plante ; ils mangeraient, digéreraient, s'accoupleraient et vaqueraient à diverses occupations sans gaspiller leur propre

énergie pour maintenir leur température corporelle. D'autre part, on peut également imaginer que la fleur elle-même ait besoin d'une température constante pour développer ses structures reproductrices ou pour protéger ses parties sensibles des dommages qui résulteraient d'une production de chaleur incontrôlée.

Chacune de ces deux hypothèses expliquerait pourquoi des plantes règlent leur température. Toutefois les interactions de *Philodendron selloum* et des insectes pollinisateurs sont en faveur de la première solution. Gerhard Gottsberger, de l'Université d'Ulm, a étudié une telle interaction au Brésil, d'où cette plante est originaire.

L'inflorescence de *Philodendron selloum* comporte trois types de fleurons. À la partie supérieure, des fleurons mâles fertiles produisent du pollen ; à la base de l'inflorescence, les fleurons femelles produisent les fruits après fécondation ; entre les fleurons fertiles mâles et femelles, une