

Chez ces derniers, la régulation thermique est complexe : elle nécessite la présence de capteurs de température dispersés sur tout le corps, et un système nerveux qui intègre toutes les informations et qui envoie ensuite les commandes indispensables aux diverses parties du corps pour qu'elles modifient leur température. Par exemple, le système nerveux commande le gonflement des plumes ou le hérississement des poils, en réaction à un refroidissement : ainsi l'organisme augmente l'isolation thermique et réduit les pertes de chaleur. Comme cette stratégie a des limites, les animaux doivent également augmenter leur production de chaleur lorsque leur environnement devient trop froid : ils frissonnent alors, faisant ainsi fonctionner leurs muscles pour leur faire consommer de l'ATP ; simultanément le rythme respiratoire et la vitesse de circulation du sang augmentent pour accélérer l'apport des substances nutritives et de l'oxygène aux tissus producteurs de chaleur.

Toutefois les plantes n'ont ni fourrure, ni plumes, ni système nerveux, ni muscles, ni poumons, ni sang, ni cerveau. Comment le philodendron se réchauffait-il ou se refroidissait-il, alors, dans une gamme de températures comprise entre 38 et 46 °C ?

Nous avons d'abord cherché quelle partie de l'inflorescence produisait la chaleur : nous avons séparé les fleurons des divers types de la tige qui les porte et avons mesuré la consommation d'oxygène pour chaque type. Ces mesures ont révélé que les fleurons mâles stériles étaient ceux qui consommaient la plus grande partie de l'oxygène fourni ; les fleurons mâles fertiles en consommaient un peu, et les fleurons femelles, comme la tige, quasiment pas. Des études ultérieures confirmèrent que la régulation thermique de l'inflorescence et montrèrent que les fleurons peuvent très bien se passer des systèmes complexes de régulation de la température dont disposent les animaux, car ils contiennent leurs propres thermostats, leurs propres sources d'approvisionnement en nourriture et leur propre dispositif de captation de l'oxygène.

Pour démontrer l'existence des thermostats, nous avons enlevé les fleurons mâles stériles du spadice et avons placé ces fleurons isolés dans des incubateurs réglés à des températures fixes. Livrés à eux-mêmes, les fleurons n'interagissaient plus, de sorte que nous pouvions déterminer quelle la quantité de chaleur ils produisaient.

Les fleurons isolés dégageaient peu de chaleur lorsqu'ils étaient placés à une température proche de 0 °C, vraisemblablement parce que leurs enzymes nécessaires à la production de chaleur fonctionnent lentement à basse température. En revanche, à température supérieure, la production de chaleur variait, en fonction de la température ambiante, comme sur le spadice intact, où les fleurons gagnent quelques degrés supplémentaires en raison de la chaleur dégagée par leurs voisins. À mesure que les fleurons s'échauffent, leur vitesse de production de chaleur augmente, ce qui les réchauffe davantage : cette amplification a lieu jusqu'à ce que la température des fleurons atteigne 37 °C. Aux températures supérieures, les fleurons réduisent brusquement leur production de chaleur.

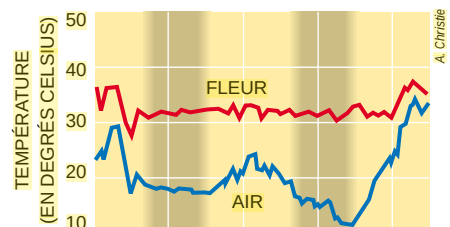
Ainsi les conditions environnementales déterminent l'amplitude de cette diminution. Si la température de l'air est voisine de 4 °C, les fleurons perdent rapidement leur chaleur, et leur température se stabilise vers 38 °C (avec une production intense de chaleur). En revanche, si l'environnement est chaud, par exemple à 39 °C, leur déperdition calorifique est ralentie et leur température se stabilise vers 46 °C (avec une production de cha-



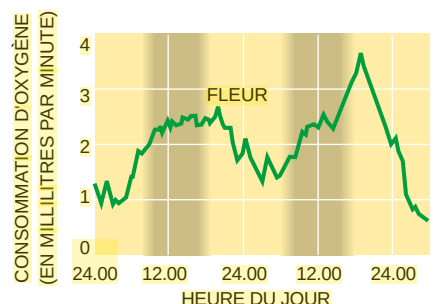
R. Seymour



R. Seymour

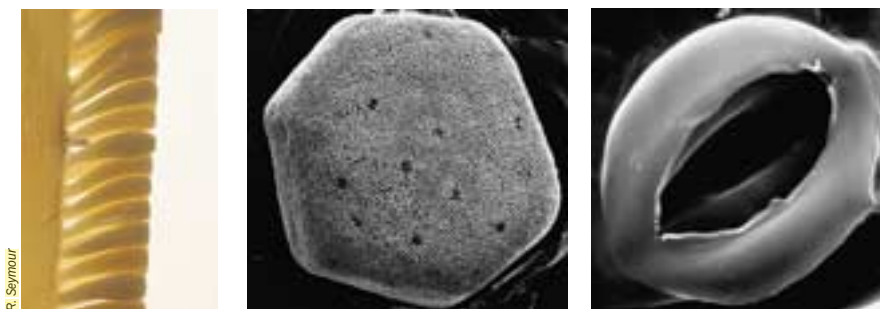


A. Christie



3. TOUS LES STADES DE LA FLORAISON du lotus sacré sont visibles sur la photographie centrale. La régulation de la température commence entre la formation du bouton (à droite du centre de la photographie) et l'épanouissement des pétales (à gauche), quand les insectes pénètrent dans la fleur. Elle se termine lorsque les pétales s'épanouissent entièrement (en haut). Après la pollinisation, les pétales tombent, et le réceptacle, qui contient les graines, commence à se développer. Ce réceptacle, la structure spongieuse jaune visible sur la coupe transversale de

la fleur (à gauche), est le principal organe générateur de chaleur. Les graphiques, qui indiquent la température de l'une des fleurs, montre comment le lotus sacré commande sa température. En effet, la température de sa fleur reste quasi constante (courbe supérieure) malgré les importantes variations de la température ambiante. De même, la fleur parvient à assurer une régulation en augmentant sa consommation d'oxygène (et, par conséquent, sa production de chaleur) lorsque l'air est froid et la réduit lorsque l'air se réchauffe (courbe inférieure).



4. LES FLEURONS STÉRILES du *Philodendron selloum* (à gauche) laissent pénétrer l'oxygène par des pores appelés stomates. Plusieurs stomates (taches sombres) sont visibles sur la micrographie de gauche, qui montre la pointe d'un fleur. La micrographie de droite est un agrandissement d'un stomate isolé.

leur réduite). Le comportement thermique des fleurons est réversible : un fleur qui a réduit sa production de chaleur aux heures chaudes du jour reprend celle-ci lorsque la température diminue, la nuit venue.

Apparemment la production de chaleur diminue d'elle-même dans les fleurons déjà chauds, parce que la température élevée inhibe les voies métaboliques responsables de la production de chaleur. On ignore encore si la chaleur agit directement sur les enzymes qui gouvernent ces voies de production, ou indirectement, en perturbant la structure des membranes sur lesquelles se fixent ces enzymes.

Un rendement record

Ayant déterminé comment le thermostat des fleurons réglait la production de chaleur, nous avons cherché comment les fleurons obtiennent l'oxygène et les substances nutritives nécessaires à la production de chaleur, et quelle quantité de chaleur ils produisent. Nos études antérieures avaient donné une estimation de la quantité de chaleur produite sur la base de la consommation d'oxygène, mais nous avons confirmé que toute l'énergie investie dans le réchauffement de l'inflorescence de *Philodendron selloum* est présente dans les fleurons (pour d'autres plantes capables de régulation thermique, tel le chou aux mouffettes, le combustible est importé de la racine). Puis nous avons constaté que les fleurs « brûlent » des graisses plutôt que des sucres comme le font les autres arums : les observations au microscope électronique des fleurons mâles ont révélé que leurs tissus contiennent des gouttelettes de matière grasse et de nombreuses mitochondries ; ainsi leur

structure ressemble remarquablement à celle du tissu adipeux brun, un tissu des mammifères qui est spécialisé dans la production de chaleur (dans l'espèce humaine, ce tissu n'est abondant que chez le nouveau-né). Les animaux comme les plantes utilisent généralement les mitochondries pour convertir en ATP la majeure partie de l'énergie qu'ils dérivent des substances nutritives ; mais, comme la graisse brune, l'inflorescence de *Philodendron selloum* utilise directement les nutriments et l'oxygène pour produire de la chaleur.

La thermogenèse de *Philodendron selloum* a un rendement énergétique exceptionnel : un spadice de 125 grammes produit environ neuf watts pour maintenir l'inflorescence à 40 °C à une température ambiante de 10 °C, soit la même puissance que celle rayonnée par un chat de trois kilogrammes, placé dans les mêmes conditions. Un rat pesant 125 grammes ne rayonne que deux watts, parce que, bien isolé par sa fourrure, il perd moins de chaleur et peut consacrer son énergie à d'autres fonctions.

Rapportée à la masse de l'organe, la production de chaleur par les fleurons de *Philodendron selloum* rapproche ces derniers des oiseaux et des insectes volants : avec une masse de huit milligrammes, ils fournissent 0,16 watt par gramme de tissu, contre 0,2 à 0,7 watt par gramme chez les oiseaux et les insectes volants. D'autres arums sont encore plus efficaces : *Arum maculatum* produit 0,4 watt par gramme de fleurons, soit à peine moins que la puissance de un watt par gramme produite par le tissu adipeux brun du hamster de Sibérie, ou de 2,4 watts par gramme des muscles du vol chez l'abeille, champion de la thermogenèse animale.