

Avant-propos

La rédaction de cet article fait suite à une mésaventure subie l'année dernière avec une femelle *Elaphe bimaculata*. Un jour de novembre, alors que je me rendais à quelques kilomètres de chez moi pour céder des animaux à une connaissance, un freinage violent pour éviter un accident retourne certaines boîtes que je pensais avoir pourtant bien calées. Malgré une remise en place fébrile quelques secondes plus tard, je constatais avec stupeur qu'il manquait un occupant dans une des boîtes. Outre le fait qu'avoir un serpent en maraude dans une voiture peut mettre mal à l'aise la plupart des personnes qui partagent mon véhicule, j'étais surtout préoccupé par les températures hivernales qui s'annonçaient. Malgré des heures de recherche, je ne pus déceler aucune trace de l'animal, et les températures chutant rapidement mes chances de la retrouver en bonne santé s'amenuisaient. Quand plusieurs nuits affichèrent des températures voisines de -10°C , je renonçais totalement à la retrouver vivante.

C'est pour répondre à la question « Comment pourrait-elle survivre ? » que je me suis mis à compiler ma bibliographie.

Introduction

Les reptiles sont des animaux poïkilothermes (à température interne variable) et, au moins partiellement, ectothermes (leur température est fonction du milieu extérieur). L'appellation "à sang froid", même si elle très souvent rencontrée, y compris dans des publications de vulgarisation, est inadaptée pour ces animaux.

Le métabolisme des reptiles est fonction de leur température interne, et donc dépendant de son environnement. La production d'énergie, mesurée par la quantité d'oxygène consommée par unité de poids, augmente de façon exponentielle à mesure que leur température augmente, jusqu'aux limites de tolérance, variables selon les espèces. Malgré cela le métabolisme basal d'un reptile reste inférieure à celui d'un vertébré homéotherme aux mêmes conditions de température ; tout simplement parce que l'énergie produite par le reptile n'est pas utilisée pour produire de la chaleur. Cette dépendance au climat extérieur est une des principales variables de la répartition des espèces parmi les reptiles. Elle conditionne également toute la biologie de ces animaux : prédation et alimentation, locomotion, reproduction etc. Les mécanismes physiologiques sont souvent plus complexes que pour les homéothermes : un reptile peut avoir plusieurs protéines enzymatiques pour une fonction donnée, chacune avec une plage de températures différente. Ainsi l'activité musculaire, le rythme cardiaque, la digestion sont directement liés à la température. Lors d'efforts musculaires violents (prédation, fuite, lutte etc.), le métabolisme aérobie est généralement supplanté par une réaction anaérobie et permet ainsi de fournir une puissance musculaire 2 à 3 fois supérieur à température égale. Les animaux, cependant, récupèrent lentement de ce type de mécanisme. La plage de températures idéale dépend d'une part de l'espèce et d'autre part de son état physiologique : digestion, déplacement, gestation etc. On peut ainsi distinguer la température minimale critique, la température minimale d'activité, la température moyenne préférentielle, les températures maximale et minimale tolérées (généralement peu de temps) et les températures maximale et minimale critiques. Il est alors facile de comprendre l'importance d'un gradient de température lorsqu'on élève des reptiles en captivité.

Régulation de la température.

La régulation de la température interne par les reptiles se fait d'une part par des adaptations physiologiques et anatomiques, et d'autre part par des schémas comportementaux. Ces deux aspects sont étroitement liés.

La première adaptation physiologique est la modification du flux sanguin. De façon générale, un reptile en demande de chaleur va dilater les vaisseaux sanguins de la circulation périphérique et augmenter son rythme cardiaque, et fera l'inverse pour se refroidir. Le cloisonnement cardiaque en trois chambres qui caractérise les reptiles à l'exception des crocodiliens, est ainsi formidablement adapté la thermorégulation. Il permet en effet de « court-circuiter » le passage du sang au niveau des poumons et ainsi éviter une perte de chaleur par l'évaporation se produisant au niveau des muqueuses respiratoires.

Par des modifications de la circulation sanguine, certaines parties du corps d'un reptile peuvent être maintenues à des températures différentes du reste du corps. Ce phénomène est appelé hétérothermie régionale.

La taille et la forme ont une influence importante sur la thermorégulation. Les animaux les plus gros ont une inertie thermique importante, leur seule masse permettant de maintenir une température corporelle stable plus longtemps que les plus petites espèces. Ces dernières bénéficient néanmoins de microsites de régulation thermiques plus nombreux que les espèces plus imposantes. La forme bombée de la carapace de nombreuses tortues terrestres permet à ces animaux de mieux supporter les variations de températures externes, parce que le ratio de la surface par rapport au volume est faible. Ce ratio est fort pour les serpents, mais l'enroulement en anneaux concentriques limite la déperdition de chaleur.

Enfin la couleur est aussi un facteur important de la thermorégulation parce qu'elle modifie de façon très significative l'absorption de la chaleur. Le changement de coloration peut augmenter de 75 % l'absorption d'énergie à partir du rayonnement solaire. L'assombrissement, voire le mélanisme de certaines espèces ou populations des biotopes froids sont très probablement une adaptation à ces environnements.

Les mécanismes comportementaux sont nombreux : exposition au soleil, aux sources de radiations thermique (comme le thigmotactisme), modifications de l'activité journalière, enfouissement total ou partiel (comme les espèces désertiques sabulicoles, ex : *Echis carinatus*), modification de la profondeur de plongée pour les espèces marines etc. En plus de l'augmentation du volume sanguin périphérique, de nombreuses espèces de serpents ou de lézards s'aplatissent pour augmenter la surface corporelle exposée au soleil. Hors déplacements la température est maintenue en plaçant une partie plus ou moins grande du corps à une source de chaleur. Associés à la plasticité vasomotrice évoquée plus haut, ces stratégies permettent une régulation relativement fine de la température corporelle tout en évitant d'être vulnérable pour les prédateurs.

Contrairement à l'appellation "sang froid", encore une fois, il est étonnant de constater que la température des reptiles, grâce à ces mécanismes, varie peu lorsque les conditions extérieures sont optimales.

Adaptation au froid.

L'adaptation des reptiles aux baisses de températures est assez hétérogène.

Certaines espèces, dites sténothermes, ne tolèrent que des variations de température interne de

faible amplitude tandis que d'autres, dites eurythermes, sont actives à des plages de températures plus étendues. Les espèces des climats tropicaux, dont les températures varient peu et où les saisons sont peu ou pas marquées, sont moins adaptés à ces changements que les espèces des milieux tempérés. Les réponses biologiques au froid sont donc surtout observées chez les reptiles des zones tempérées ou à saisons contrastées.

La physiologie "basale" des reptiles joue un rôle prépondérant dans leur adaptation à un climat tempéré. La vipère péliade (*Vipera berus*) peut par exemple digérer une proie à une température interne de seulement 10°C, alors que la vipère aspic (*Vipera aspis*) ou la vipère ammodytes (*Vipera ammodytes*) ne le peuvent qu'à partir de 15°C.

L'adaptation au froid hivernal typique de nos régions n'implique donc pas seulement un mécanisme de torpeur uniquement dû à la température, puisque les reptiles "tropicaux" sont incapables d'y faire face, mais aussi des processus physiologiques, biochimiques et comportementaux.

La première réponse est d'ordre comportementale, comme vu au-dessus pour les mécanismes de thermorégulation : les animaux recherchent, ou préparent, un abri protégé du gel. Ce peut être une cavité naturelle (les fameux snake den de crotales aux Etats-Unis), creusée (*Testudo horsfieldi* par exemple), le fond d'un étang : le but est de trouver un milieu tamponné c'est-à-dire dont les variations de températures sont faibles. Même si les reptiles ne produisent pas de chaleur corporelle, l'enchevêtrement de reptiles à un point d'hibernation peut ralentir la vitesse de dissipation de la chaleur.

Les réponses physiologiques et biochimiques sont de deux ordres, selon que l'espèce est tolérante ou non au gel.

Pour comprendre les phénomènes de gel sur une entité biologique il est nécessaire de donner quelques explications sur le problème physique. Une solution biologique, lorsqu'elle atteint une température légèrement inférieure à 0°C, est à sa température de congélation à l'équilibre : on parle de liquide en surfusion car il n'est pas encore cristallisé. Si la température descend encore, la surfusion s'arrête et la solution se cristallise : la congélation débute. Chez de nombreux reptiles comme chez d'autres animaux c'est la formation de glace qui est fatale par lyse des cellules.

Intolérance au gel

Chez les reptiles intolérants au gel l'adaptation consiste donc à augmenter leur capacité de surfusion pour conserver leurs fluides liquides malgré des températures basses. La congélation est amorcée par des agents nucléateurs de glace (ANG). Ainsi il a été montré expérimentalement que de l'eau extrêmement purifiée, donc pratiquement sans ANG, peut descendre à -40°C sans geler. La suppression de ces ANG augmente donc la capacité de surfusion, et c'est le mécanisme qui a été mis en évidence chez les reptiles, notamment par l'arrêt de la prise de nourriture associée à une "purge" du tube digestif. Chez les tortues peintes (*Chrysemys picta*), il a aussi été remarqué que la peau se modifiait pour offrir une meilleure résistance à la glace entourant l'animal.

D'autres animaux associent cette suppression d'ANG avec la synthèse d'antigels biogènes (alcool polyhydrique, sucres simples) et la formations d'agents cryoprotecteurs pour atteindre une température de congélation de l'ordre de -60°C.

Tolérance au gel

La tolérance au gel implique des mécanismes différents, et souvent les espèces tolérantes au gel utilisent autant que possibles les phénomènes de surfusion précédemment mentionnés. La formation de gel implique une préparation cellulaire afin d'éviter que :

- la glace intracellulaire en se formant détruit les membranes plasmiques et les compartiments

cellulaires

- la glace extracellulaire crée un choc osmotique, déshydratant puis brisant les cellules.

L'adaptation des animaux doit donc prévenir une formation de glace trop rapide et de cristaux trop gros, éviter une formation de glace intracellulaire et permettre aux cellules de résister à une anoxie (absence d'oxygène).

Chez les reptiles, la résistance à la congélation a été seulement démontrée par la formation d'ANG biologiques, un mécanisme inverse de celui de la surfusion. Le but de ces ANG est de diriger la formation de glace, lentement et dans les compartiments extracellulaires. D'autres phénomènes physiologiques sont probablement impliqués dans la résistance des reptiles aux températures inférieures à 0°C, mais aucun n'a été mis en évidence à ce jour.

Épilogue et réflexions

Par une belle après-midi du mois de mars, j'eus l'agréable surprise de découvrir la couleuvre lovée sur le tapis de sol de la voiture. La belle n'avait rien perdu de sa vivacité ni de ses couleurs, et après quelques jours d'acclimatation progressive à des températures plus clémentes elle reprenait son alimentation. Elle pondra 4 œufs tous fécondés au milieu du mois de juin, issus de son accouplement de la fin de l'été précédent. Quatre serpenteaux parfaitement formés ont éclos une vingtaine de jours plus tard...

Peut-on supposer que cette femelle aurait survécu à l'extérieur de mon véhicule ? A l'évidence oui. Il est aussi raisonnable de penser sans faire preuve d'une imagination débordante qu'elle aurait pu pondre et que ces œufs auraient pu arriver à terme. Après tout les conditions d'incubation ne sont pas si éloignées de celles que rencontrent nos *Natrix natrix* locales. Quant à la question de savoir si l'espèce aurait pu faire souche, j'estime que cela est assez improbable du fait de la faible représentativité de cette espèce dans nos élevages. Mais en regard du seul facteur climatique la question reste entière pour d'autres espèces plus présentes en élevage. Plus encore que l'image médiatique défavorable que cela peut entraîner, c'est le risque de voir certaines de nos espèces favorites inscrites sur la liste des espèces invasives qui doit nous rappeler de bien fermer nos terrariums.

Bibliographie

Collectif, sous la direction de Roland Bauchot. 1994. Grand guide encyclopédique des serpents. *Artémis*.

Lowell Ackermann. 1997. Volume I, The Biology of Reptiles. *T.F.H. Publications*.

Storey, K.B. & Storey, J.M. 1996. Natural Freezing Survival in Animals. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1996. 27:365–

Voituron, Y. 2005. La tolérance au froid chez les reptiles. *Bull. Soc. Herp. Fr.* 113-114 : 53-68.

Encart : le cas particulier de la tortue luth *Dermochelys coriacea*

La tortue luth est un cas à part au regard de la thermorégulation chez les reptiles. Avec une masse dépassant parfois les 600 kg elle fait partie des plus gros reptiles actuels. Contrairement à la plupart des autres reptiles, elle dispose d'une épaisse couche de tissu graisseux sous-cutané faisant office d'isolant. Cette particularité, combinée à sa forme particulière et à sa forte inertie thermique due à sa masse, évite une trop forte déperdition de chaleur. Mais l'exception ne s'arrête pas là puisque cette tortue peut conserver la chaleur produite par ses muscles grâce à un mécanisme de contre-courant sanguin. Le sang froid venant des extrémités de l'animal va se réchauffer en passant à proximité d'un réseau de vaisseaux amenant le sang chaud à partir du cœur. Cette stratégie commune à d'autres vertébrés mais peu présente chez les reptiles crée ici un recyclage de la chaleur, et permet à cette tortue d'élever sa température interne jusqu'à 18°C supérieure à celle de son environnement aquatique.