

Les effets de la température

La vie animale ne peut exister que dans une gamme étroite de température, comprise *entre -2 °C et 50 °C*. Il existe des animaux ectothermes qui libèrent peu de chaleur (ex : crocodile), et d'autres endothermes qui libèrent de la chaleur (ex : humain).

Certains organismes peuvent survivre à des températures encore plus extrêmes ; les archéobactéries thermophiles peuvent survivre à des températures dépassant 100 °C, et un certain poisson vivant dans l'Antarctique peut survivre à -2 °C.

Il existe aussi des organismes qui peuvent supporter une congélation à des températures très basses en vivant au ralenti.

I Effets des changements de température

Un changement de température a de nombreuses répercussions sur les mécanismes physiologiques. On observe qu'une élévation de température accélère la plupart des mécanismes, en particulier la consommation d'O₂ (il faut fournir plus d'énergie aux mécanismes ...).

On peut alors déterminer la consommation d'O₂ en fonction de la température. Cette valeur est donnée par le Q_{10} , qui est le *nombre de fois que la consommation est augmentée quand on augmente la température de 10°C*. Cette consommation augmente de manière exponentielle avec la température. Il est donné par :

$$R_2 = R_1 \times Q_{10}^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad \text{ou} \quad Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

où R_1 et R_2 sont les consommations d'O₂ aux temps T_1 et T_2

Ainsi si la température double à chaque élévation de 10°C, $Q_{10} = 2$. La plupart du temps, Q_{10} vaut deux ou trois.

Remarque : dans la plupart des cas, Q_{10} n'est pas constant à toutes les températures.

II Températures compatibles avec la vie

Les températures compatibles varient en fonction des animaux, et les limites peuvent changer au cours de la vie pour un même animal. Attention, il ne faut pas confondre la température à laquelle un organisme *survit* à celle qui est *compatible pour effectuer son cycle complet de développement*.

Il est donc difficile de définir une température létale car la durée d'exposition est aussi un facteur important.

A. Températures élevées

Pratiquement aucun animal ne peut vivre et assurer son cycle de reproduction si la température dépasse 50 °C, mais quelques organismes unicellulaires sont plus résistants tels que les archéobactéries thermophiles.

Certains animaux peuvent passer par une étape de diapause : ils se déshydratent afin de supporter des températures très élevées.

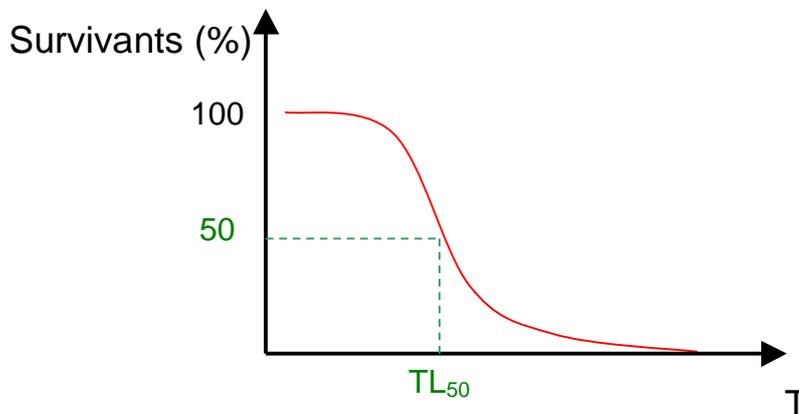
Un très vieux organisme appelé Triops, muni de trois yeux, beaucoup de pattes et une carapace, est d'ailleurs vendu sous forme desséchée afin d'être revitalisé chez soi ...



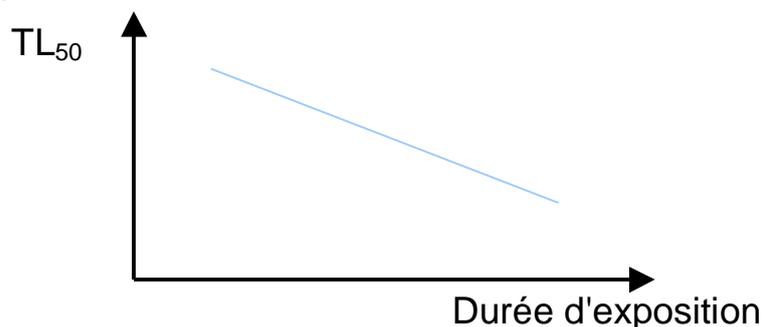
I TL₅₀ :

Pour pouvoir quantifier la température létale, on mesure la Température Létale à laquelle 50 % des organismes survivent (TL₅₀).

On identifie cette valeur par un graphique obtenu en exposant plusieurs lots d'un même organisme à des températures létales pendant la même durée.



On obtient alors une température létale pour la durée d'exposition choisie. Ainsi, on détermine l'effet de la durée d'exposition sur la létalité. On obtient souvent une courbe affine.



I Causes de la mort par la chaleur :

Les animaux ne meurent pas tous à la même température. Quelles peuvent être les causes de leur mort ?

q Dénaturation des protéines

Quand la température augmente, les protéines se dénaturent. Mais alors pourquoi un poisson vivant dans l'Antarctique meurt-il à partir de 6°C ?

q Inactivation des enzymes

Les enzymes peuvent fonctionner mieux ou moins bien selon la température. Pourquoi alors meurt-on à des températures différentes ?

q Apport insuffisant d'O₂

Pour les poissons, ce serait possible, mais pas pour les animaux terrestres.

q Q₁₀ différent dans les voies métaboliques

Si une voie métabolique est influencée différemment par une température, les quantités de molécules produites vont être modifiées.

q Effets sur la structure membranaire

Les propriétés des membranes peuvent changer avec la température. L'agitation thermique peut facilement modifier les interactions entre protéines et membrane, et peut considérablement dérégler le fonctionnement des membranes.

è Les deux dernières causes sont sûrement les principales.

B. Températures basses

Certains animaux sont résistants à de très basses températures, tandis que d'autres peuvent mourir à des températures relativement élevées. Par exemple, un poisson tropical ne peut survivre à une température inférieure à 10°C, alors que les animaux polaires sont souvent soumis à des périodes froides.

La survie de ces organismes est possible grâce à des caractéristiques biochimiques et biologiques appelées résistance au froid. Afin de pouvoir comprendre comment fonctionnent ces mécanismes, il faut comprendre comment naît le gel.

1) Physico-chimie du gel

Lorsque l'eau est refroidie à 0°C, elle peut se transformer en glace, mais pas toujours. On peut par exemple refroidir de l'eau pure à des températures négatives ; c'est la surfusion.

La formation de glace dépend alors de plusieurs paramètres : la température, la durée d'exposition à cette température et la présence d'un germe de glace (poussière, etc ...).

Remarque : De l'eau pure peut rester en surfusion jusqu'à - 20°C voire - 40. Dès l'apparition d'un germe de glace, la congélation se déclenche.

On remarque que la présence d'un soluté dans l'eau abaisse le point de congélation. Plus le soluté est concentré, et plus la température de congélation est faible.

2) Résistance par la surfusion

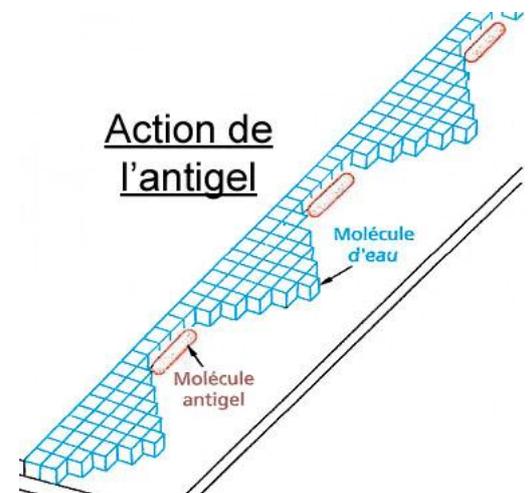
Ainsi, une des manières de résister au froid serait d'empêcher la formation de gel à l'intérieur du corps en profitant du principe de surfusion. Un bon nombre d'animaux résistent de cette façon, mais lorsque les conditions sont exceptionnelles.

On trouve souvent du glycérol en grandes quantités chez les insectes résistants à l'hiver. Ce composé semblerait abaisser efficacement le point de fusion de l'eau.

Chez les poissons vivant dans le froid, le phénomène de surfusion est difficile à contrôler car l'eau du milieu est en contact avec les liquides internes, souvent en

contact avec des cristaux de glace. Ces animaux possèdent alors un liquide antigel dans le sang et les liquides interstitiels, qui abaisse la température de congélation (mais pas celle de surfusion).

Un de ces antigel a été identifié ; c'est une glycoprotéine qui empêche la fixation de molécules d'eau à la surface d'un cristal de glace, l'empêchant de se répandre.



3) Résistance par osmose

D'autres animaux sont capables de supporter la formation de gel à l'intérieur de leur corps. Certains invertébrés peuvent connaître et survivre à des variations élevées et rapides de température.

Ces organismes maintiennent des solutions très concentrées dans le milieu externe des cellules. Lorsque de la glace se forme, la concentration des liquides extracellulaires augmente encore, et l'eau sort des cellules par osmose. Elles se déforment considérablement, et les cristaux finissent par se former hors des cellules. Lorsque l'eau dégèle, elle retourne dans les cellules qui se remettent alors à fonctionner.

Ces organismes possèdent souvent beaucoup de glycérol ou de sorbitol. Ces composés abaissent la température de surfusion, mais aussi, protègent les cellules des dégâts du gel. Ils possèdent en outre des agents de nucléation qui favorisent la formation de glace dans le milieu extracellulaire.

La tolérance à la formation de glace constitue un cas relativement rare chez les vertébrés. La plupart des vertébrés supérieurs ne supportent pas le gel.

III L'acclimatation à la température

Lorsqu'un animal est exposé à des températures proches de sa limite létale, l'animal peut s'adapter et survivre à des températures qu'il n'aurait pas pu supporter auparavant. Ainsi une même espèce résiste à des températures différentes, selon le climat dans lequel elle vit.

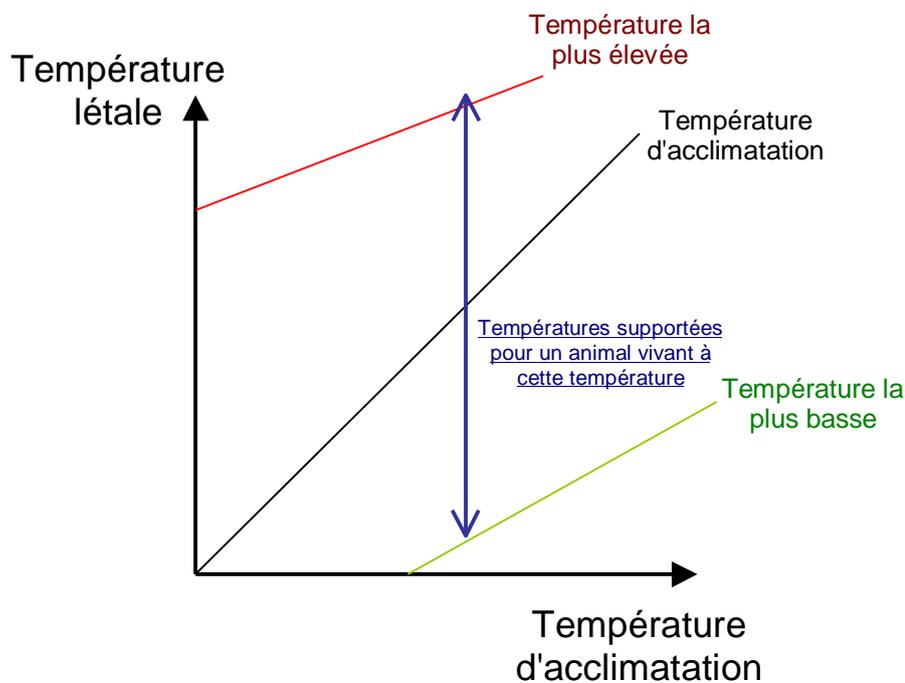
A. Différences géographiques

L'emplacement géographique des animaux dépend fortement de leurs températures de conditions de vie, notamment leur position par rapport aux pôles.
Ex : adaptation géographique des grenouilles dépend des conditions d'acclimatation des têtards.

B. Limites de tolérance thermiques

Selon la saison, les animaux résistent à des températures différentes. Ainsi les conditions d'acclimatation varient en fonction des températures vécues. On peut alors établir un diagramme de tolérance, qui établit les températures létales en fonction de la température du milieu d'origine.

La surface des températures de tolérance (en $^{\circ}\text{C}^2$) peut être calculées pour estimer si un animal peut être relativement tolérant à la plupart des températures.
Ex : 1062°C^2 pour le poisson rouge (espèce tolérante) et 468°C^2 pour le thon (espèce peu tolérante)



Ces limites de tolérance sont importantes pour déterminer les pollutions thermiques industrielles acceptables.

C. La vitesse d'acclimatation

Le temps nécessaire à certains poissons pour s'adapter à une température élevée est relativement court : moins de 24 heures pour obtenir un ajustement complet pour passer de 20 à 28°C.

Ce processus d'acclimatation à la température dépend beaucoup d'un apport suffisant en dioxygène ; l'acclimatation est plus lente s'il y a peu d'oxygène. L'acclimatation serait due à des changements du système enzymatique.

Lorsque l'on donne à un poisson la possibilité de choisir sa température, il se déplace vers une température qui dépend de celle à laquelle il vivait. On observe qu'ils finissent toujours par préférer une certaine température, appelée thermopreferendum.

Ex : poisson tropical

Température d'acclimatation	Température préférée		
	Immédiatement	Après 10h	Après 24h
7	16	25	29
15	21	25	29
24	26	29	29
32	31	30	29

On remarque que le changement de tolérances est beaucoup plus lent lorsque l'on va vers un température plus froide que lorsque l'on va vers une température plus chaude.

D. Acclimatation thermique et métabolisme

Cette adaptation ne se limite pas qu'à un changement des températures létales, l'organisme peut aussi s'acclimater par une adaptation du métabolisme. En effet sans une compensation de la part du métabolisme, l'organisme aurait besoin de beaucoup d'oxygène à des températures élevées.

Cette compensation, après un certain temps d'adaptation, peut être nulle partielle ou totale. Parfois il y a surcompensation, l'organisme consomme alors moins d'oxygène parce qu'il fonctionne moins bien.

Ex :

Puce de mer : faible compensation à lorsque la température diminue, ils vivent de manière ralentie.
Crabe des sables : compensation élevée à lorsque la température diminue, ils sont toujours autant actifs.