

La température des êtres vivants et la composition ionique du milieu

Autor(en): **Bachrach, Eudoxie**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **25 (1943)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-742308>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

LA TEMPÉRATURE DES ÊTRES VIVANTS

ET

LA COMPOSITION IONIQUE DU MILIEU

PAR

Eudoxie BACHRACH

De longue date les biologistes ont été amenés à examiner l'action exercée par la température sur les processus vitaux et l'on trouve dans la littérature de très nombreux travaux définissant pour les fonctionnements physiologiques les plus divers les températures extrêmes entre lesquelles ceux-ci sont possibles.

Il en est de même pour la température optimum pour laquelle ils présentent leur maximum d'intensité et cette action de la température caractérisée par un optimum se retrouve de la façon la plus générale.

Ainsi les graines germent d'autant plus vite, les œufs évoluent d'autant plus rapidement, la croissance des jeunes animaux, la vitesse de l'influx, le rythme cardiaque deviennent d'autant plus grands qu'on s'approche d'une certaine température optimum définissant en première approximation le fonctionnement considéré.

Quand on s'adresse aux fonctions d'organes ou de tissus provenant d'animaux homéothermes dont les cellules sont héréditairement accoutumées à une température de 38° à 42° l'optimum coïncide assez étroitement avec ces valeurs et la marge des températures supportables sans dommage est souvent assez restreinte. Il en est de même aussi pour les



d'organismes ne possédant aucune régulation thermique, mais qui ont accoutumé de vivre à une température bien définie, basse ou élevée (organismes sthénothermes). Au contraire, chez les êtres hétérothermes et eurythermes, la marge des températures supportables par les cellules est généralement plus étendue. Mais on retrouve, dans ces cas aussi, une température optimum parfois plus basse, mais souvent aussi égale à celle des homéothermes.

Nous apportons ici des faits expérimentaux personnels qui montrent que *l'optimum thermique, les températures limites inférieure et supérieure pour le fonctionnement d'une cellule, d'un organe isolé ou d'un animal entier ne doivent plus être considérés comme des caractéristiques immuables, mais se présentent actuellement comme des valeurs contingentes, mobiles, variables.*

Nos premiers résultats expérimentaux ont été obtenus sur un organisme unicellulaire, la *bactérie lactique*¹.

Si l'on soumet une culture sélectionnée à l'action d'une dose forte de chlorure de potassium, on constate qu'au bout d'un mois d'intoxication la température optimum pour la multiplication du microbe commence à se déplacer. Et ce fait s'accroît en fonction du temps, de sorte qu'après trois mois de culture, le déplacement vers les hautes températures a été de l'ordre de 7 à 8°.

Ce déplacement a lieu aussi bien pour la fonction de reproduction que pour l'activité biochimique, le pouvoir-ferment.

Ayant observé ces faits sur plusieurs races de bactéries lactiques, nous nous sommes adressée ensuite à un autre micro-organisme, la levure de bière. Avec *Saccharomyces cerevisiae*, nous avons retrouvé qualitativement le même phénomène².

Quelques points nouveaux ont été précisés.

Un facteur important à considérer est la température à laquelle l'intoxication a lieu. Pour obtenir l'effet maximum il

¹ E. BACHRACH et H. CARDOT, *C. R. Soc. de Biol.*, t. XCV, 962, 1926.

² E. BACHRACH et J. ROCHE, *C. R. Ac. Sc.*, t. CXCIV, 1932; *Annal. des Physiol.*, t. VIII, 399, 1932; *J. de Physiol. et Path. gén.*, t. XXXI, 1049, 1933.

faut placer la culture microbienne soit à la température qui est initialement optimum pour sa multiplication, soit à deux ou trois degrés au-dessus ^{1 2}.

Comme on pouvait songer déjà à un fait d'ordre général, nous avons voulu reprendre le problème sur un organe isolé de l'organisme — le *cœur de l'Escargot*.

Ce choix nous a été dicté parce que l'on sait d'après H. Cardot ³ que cet organe présente une tolérance remarquable vis-à-vis de la composition saline des milieux qui le baignent, de même qu'une assez faible adaptation aux variations de la température ambiante (0° à 45°). Il est aussi un des objets pour lesquels la composition d'une solution équilibrée capable de remplacer l'hémolymphe a été établie avec le plus de précision.

Cette solution est obtenue en mélangeant dans les proportions volumétriques suivantes des solutions des quatre chlorures de Na, de K, de Ca et de Mg, isotoniques à l'hémolymphe (NaCl 10 parties, KCl 1 partie, CaCl₂ 2 parties, MgCl₂ 2 parties).

Pour *Helix aspersa* Müll. var. major sur lequel nous avons opéré, les solutions utilisées avaient un Δ de 0°,55. Mais on peut maintenir en vie et en activité le cœur de l'Escargot dans des solutions isotoniques au milieu précédent, mais de compositions différentes; notamment dans des solutions isotoniques contenant soit MgCl₂ seul, soit NaCl seul, soit CaCl₂.

Si nous étudions le rythme ventriculaire en fonction de la température dans ces différentes solutions, nous constatons pour chacune d'elles une température optimum différente.

Tandis que dans la solution équilibrée l'optimum thermique est voisin de 36°, dans les solutions à un seul chlorure, on trouve les valeurs suivantes: avec NaCl 31°,5 avec CaCl₂ 29°, avec MgCl₂ 21°-23°, comme si chaque cation imposait un optimum thermique différent.

¹ E. BACHRACH et N. GUILLOT, *C. R. Soc. de Biol.*, t. CXXXII, 563, 1939.

² N. GUILLOT, *C. R. Soc. de Biol.*, t. CXXXI, 279, 1939; CXXXV, n° 19-20, 1649, 1941.

³ H. CARDOT et A. JULLIEN, *Arch. intern. Pharm. et Thér.*, XXXVIII, 122, 1930.

A. ARVANITAKI et H. CARDOT, *Ann. des Physiol.*, t. XII, 909, 1936.

Une solution du seul chlorure de potassium est incapable d'assurer le fonctionnement du ventricule isolé de l'Escargot; elle en détermine l'immédiat arrêt en systole. L'ion potassium n'en est pas moins un élément indispensable lorsqu'il s'agit de constituer une solution permettant une longue survie de l'organe.

De nombreuses expériences montrent sa grande importance lorsqu'on l'ajoute aux autres cations alcalins et alcalino-terreux. Vis-à-vis des cations Ca^{++} et Mg^{++} , on sait que dans nombre de cas il agit comme antagoniste d'eux sur les processus physiologiques.

Cependant en ce qui concerne l'optimum thermique cet antagonisme n'apparaît pas. En effet l'adjonction du KCl à diverses doses aux solutions de CaCl_2 ou de MgCl_2 n'élève en aucune façon la température optimum basse qui caractérise ces cations. Mais son effet est tout autre à ce point de vue lorsqu'on l'ajoute à la solution de chlorure de sodium.

Nous constatons, en effet, dans nos expériences sur le ventricule isolé de l'Escargot que, dès que KCl est ajouté à la solution isotonique de NaCl, l'optimum thermique s'élève et dépasse même largement la valeur observée en milieu équilibré comme le montre le tableau récapitulatif suivant:

Valeur du rapport Na/K dans la solution	Températures caractéristiques pour le fonctionnement automatique du ventricule		
	Limite inférieure	Optimum	Limite supérieure
∞	Voisine de 0°	$31^\circ,5$	45°
14	$33^\circ,7$	$37^\circ,4$	45°
9	$33^\circ,7$	40°	$42^\circ,7$
7	$38^\circ,7$	$41^\circ,7$	45°
6	$41^\circ,9$	$41^\circ,9$	$42^\circ,7$

Ces chiffres n'ont qu'une valeur relative. En valeur absolue ils peuvent présenter quelques variations suivant l'espèce d'*Helix* sur laquelle on a opéré. Ces légères modifications sont sans doute en rapport avec ce fait connu que la composition de l'hémolymphe de ces animaux n'est pas fixée de façon très stricte. Elle peut varier fortement au point de vue de sa concen-

tration saline totale suivant les conditions de vie, la saison et l'espèce.

Le tableau ci-dessus indique que lorsque le rapport Na/K est égal à l'infini, la marge de fonctionnement du ventricule isolé dans l'échelle des températures est sensiblement celle d'un cœur d'Escargot dans les conditions normales avec un optimum thermique relativement bas ($31^{\circ},5$). Mais lorsque le rapport ionique est égal à 14, l'optimum thermique prend une valeur ($37^{\circ},4$) voisine de celle qui caractérise le cœur des Vertébrés dans les conditions normales. Et pour une valeur plus forte du rapport, 7 par exemple, la température optima s'élève à près de 42° , ce qui est sensiblement l'optimum thermique pour la fréquence cardiaque des Oiseaux.

Dans ces cas, en outre, l'élévation de l'optimum est accompagnée d'un rétrécissement de la zone du fonctionnement automatique, essentiellement par l'élévation de la température limite inférieure.

Ainsi le cœur d'un hétérotherme à optimum thermique situé bas dans les conditions physiologiques normales peut en présence d'une dose convenable de potassium, être amené à se comporter au point de vue de l'action de la température comme celui d'un Mammifère ou d'un Oiseau.

Soulignons de plus que la marge de fonctionnement automatique pour la limite inférieure est d'une ampleur impressionnante, à savoir de l'ordre de 46 degrés.

Les chiffres extrêmes obtenus dans nos expériences et qui ne figurent pas dans le tableau ci-dessus sont -2° et $+44^{\circ}$. Le premier est obtenu avec la solution pure de NaCl ($\Delta = 0,55$), le second avec une solution isotonique de NaCl et KCl dans le rapport $Na/K = 6$.

Pour ce qui concerne la valeur du déplacement constaté de la température optimum pour le fonctionnement automatique elle représente environ 20 degrés.

Il nous apparaît donc comme un fait de portée générale que l'augmentation de la teneur en ion K^+ vis-à-vis du cation Na^+ dans le milieu ambiant entraîne une élévation de l'optimum thermique. Dès lors, lorsqu'on détermine celui-ci dans des expériences *in vitro* ou sur des organes isolés perfusés avec des solutions artificielles, la valeur trouvée doit dans une large mesure, être considérée comme une donnée contingente,

dépendant des conditions expérimentales où l'on s'est placé, et nullement comme une caractéristique stable de la fonction physiologique envisagée.

On peut en dire autant des températures extrêmes qui limitent la zone de fonctionnement possible et nous l'avons notamment montré plus haut pour la température limite inférieure ^{1 2}.

La série d'expériences relatées ci-dessus attire l'attention sur un autre fait nouveau — l'immédiat déplacement des caractéristiques thermiques.

Devant l'action du cation K^+ , la question se posait de savoir si l'augmentation de sa concentration dans le milieu d'un être relativement élevé en organisation ne modifierait pas sa façon de réagir vis-à-vis de la chaleur, autrement dit, si elle ne lui conférerait pas une résistance accrue aux températures élevées.

Ci-dessous un certain nombre d'expériences qui montrent la modification de la température limite supérieure sur un Vertébré intact — la Grenouille.

Technique: Les solutions injectées dans les sacs lymphatiques sont des mélanges salins obtenus à partir de quatre solutions mères de NaCl, KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$ ayant un Δ de 0,55.

La quantité des liquides injectés représente 3% du poids du corps de l'animal.

On compare avant tout la survie des animaux injectés par un liquide équilibré à quatre cations et par une solution isotonique de NaCl (à la température de la salle). Etant donné que les résultats sont quasi identiques dans les deux cas, nous employons pour les grenouilles-témoins tantôt une de ces solutions, tantôt l'autre.

Nous nous sommes assurée, d'autre part, que toutes les solutions utilisées étaient inoffensives pour l'animal lorsqu'il était maintenu à la température de la salle (11°).

Chaque expérience comporte une intervention sur six individus — trois témoins et trois animaux déséquilibrés en faveur des alcalins ou alcalino-terreux. Les grenouilles sont placées

¹ E. BACHRACH, *Science ?* 1941 ?

² E. BACHRACH et N. GUILLOT, *C. R. Ac. Sc.*, CCXII, 929, 1941.

dans le même récipient en verre, recouvert d'un grillage métallique. Un thermomètre plonge dans le vase et indique la température de l'étuve.

Date	Survie témoins Moyenne	Survie déséquilibrés Moyenne	Rapport	T°
22.XII.41	20'	Supér. à 30'	Na/K = 5	35°
7.I.42	24'	» 45'	Na/K = 10	37°
15.I.42	11'	» 20'	Na/K = 12	38°,5
16.XII.41	Supér. à 91'	38'	Ca	35°-37°
16.XII.41	» 55'	18'	Mg	35°

Les résultats expérimentaux sont nets: la survie est augmentée chez la grenouille à haute température lorsque le milieu intérieur de l'animal est déséquilibré par un excès de potassium. La survie des animaux déséquilibrés en faveur du calcium ou du magnésium est par contre diminuée aux hautes températures comparativement avec celle des témoins.

Et ce fait ne doit pas nous surprendre car nous savons que les cations alcalino-terreux exercent certains effets antagonistes de ceux du potassium. Ainsi en modifiant la composition ionique du milieu intérieur en faveur du potassium on renforce la résistance des grenouilles aux températures élevées, tandis qu'un excès d'alcalino-terreux abaisse la survie des animaux dans les mêmes conditions. Dans ces deux cas contraires la température limite supérieure est modifiée¹.

L'expérimentation nous induit donc à penser que, pour le jeu d'une fonction physiologique chez un organisme supérieur dans les conditions les plus normales, c'est-à-dire dans la mesure où nous pouvons examiner l'action de la température sur l'organisme intact, les valeurs trouvées pour les températures caractéristiques sont, pour une large part, imposées par la composition ionique du milieu intérieur.

Puisqu'il nous est jusqu'à un certain point possible de conférer à un cœur isolé d'hétérotherme placé dans des solutions

¹ E. BACHRACH et N. GUILLOT, *C. R. Soc. de Biol.*, CXXXVI, n° 15-16, 537, 1942.

artificielles la possibilité de réagir vis-à-vis de la température à la façon d'un cœur d'Oiseau ou de Mammifère, on peut se demander si l'adaptation des organes ou des cellules de ces derniers animaux aux températures relativement hautes de 37° à 43° n'est pas conditionnée par le même facteur que nous avons rencontré dans les expériences *in vitro*, à savoir, une convenable prépondérance des ions K^+ dans le milieu intérieur de l'animal.

Certes, nous n'entendons pas lier ce point de vue de façon directe et, dans une relation de cause à effet, au mécanisme de l'homéothermie. Mais on pourrait admettre que l'acquisition de divers facteurs (nerveux, circulatoires, hormonaux et composition des tissus) qui maintiennent haute et constante la température des êtres supérieurs n'aurait commencé à devenir possible qu'à la faveur d'une évolution préalable dans la composition du milieu intérieur, évolution dont la conséquence était de reporter vers des températures plus élevées le maximum d'activité des cellules.

* * *

Les documents bibliographiques donnent entièrement raison à notre hypothèse ¹.

Si l'on examine la valeur des constituants minéraux dans le sérum des Mammifères et des Oiseaux on constate: 1° le sérum des Oiseaux est en général plus riche en sels que celui des Mammifères. Même après soustraction de l'acide phosphorique (sa quantité est triple chez les Oiseaux) qui est produit par le phosphore organique calciné, la teneur en d'autres substances minérales du milieu intérieur des Oiseaux est de 9,7 pour mille contre 8,8 pour mille des Mammifères; 2° le rapport Na sur K est plus faible chez les Oiseaux que chez les Mammifères, la valeur du K est trois fois et demie plus grande que chez les Mammifères.

¹ Les récents travaux de MM. CHEVALIER et MONNIER confirment notre façon de voir. Ils montrent notamment l'importance de l'action combinée des cations et de la température sur un fonctionnement physiologique-autorythmicité du nerf. *C. R. Soc. de Biol.*, t. CXXXVI, 470, 471, 1942.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des constituants minéraux dans 1.000 parties de sérum ¹.

	Mammifères	Oiseaux
Na ₂ O	4,360	4,018
K ₂ O	0,259	0,927
Ca O	0,120	0,166
Mg O	0,043	0,081
Cl	3,790	4,514
P ₂ O ₅	0,250	0,740

Insistons sur ce fait surprenant que si la différence relative de la teneur en substances minérales du sérum des Oiseaux par rapport à celle des Mammifères est de 10% environ, la différence relative de la température de ces deux sortes d'homéothermes (37°-39° à 42°-43°) est du même ordre de grandeur.

Soulignons aussi que le rapport Na/K dans le sérum des Oiseaux des données bibliographiques est le même que celui de nos expériences personnelles sur le cœur de l'Escargot.

C'est dans une solution saline à Δ 0,55 constituée par deux sels NaCl et KCl dans les rapports voisins de 7 que l'optimum thermique de la fréquence des battements d'un cœur du Mollusque est devenu celui d'un Oiseau.

D'après le tableau ²:

	Ions Na/ions K	Ions K/ions Ca + Mg	Ions Na + K/ions Ca + Mg
Sérum Oiseaux . .	6,7- 6,9	3,7-4,2	30-33
» Mammifères .	25,0-27,0	1,5-1,7	45-46

Les résultats expérimentaux et analytiques permettent de tirer la conclusion suivante: dans une très large mesure un

¹ H. WINTERSTEIN, *Handbuch der vergleichenden Physiologie*, t. I, p. 1130.

² H. CARDOT, *Rapport Assoc. des Physiol.*, VII^e Réunion, Liège, p. 138, 1933.

milieu intérieur dans lequel les ions Na et K se trouvent dans le rapport environ de 7 assure à l'animal une température de 42° à 43°.

Examinons d'autres facteurs capables de modifier la résistance des cellules vivantes à diverses températures.

Peut-on réaliser expérimentalement, en changeant la concentration saline du milieu, une augmentation de la résistance aux hautes températures chez les cellules en culture ?

Nos expériences personnelles sur *Saccharomyces cerevisiae* répondent par l'affirmative.

Si l'on se place à cinq ou six degrés au-dessus de l'optimum thermique de multiplication, celle-ci s'arrête chez la levure. Mais si l'on ajoute au milieu de culture de fortes concentrations de NaCl ou de KCl (solutions équitoxiques pour le développement des cellules) la température limite supérieure est déplacée vers les hautes températures.

Chaque expérience comporte six fioles. Les cultures qui ont poussé ont le signe +, celles qui sont vierges de levures le signe —.

Expérience du 15.XII.1941.

	Températures d'essai				
	35°,2	35°,6	35°,8	36°,2	37°,2
Milieu-témoin	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	—	—	—
	+	+	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
Milieu contenant 37°/00 de KCl	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—

Expérience du 3.III.1942.

	Températures d'essai				
	35°,0	35°,4	35°,8	37°,0	37°,8
Milieu-témoin	+	+	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
Milieu contenant 29°/00 de NaCl	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—
	+	+	+	+	—
	+	+	—	—	—
	+	+	—	—	—
	+	+	—	—	—

Ces expériences mettent en évidence la protection qu'exerce à haute température la teneur en sel du milieu où baignent les cellules vivantes.

Y a-t-il un rapport entre la teneur du milieu en sucre et la température limite supérieure sur la multiplication de Saccharomyces cerevisiae ?

Expérience du 14.IV.1942.

	Températures d'essai				
	35°,0	35°,8	36°,5	36°,9	37°,2
Milieu-témoin	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
	+	—	—	—	—
Milieu contenant 150°/00 de glucose	+	+	—	+	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—
	+	+	+	—	—

Ainsi l'augmentation de la teneur en sucre du milieu renforce la résistance des cellules aux hautes températures.

Nos expériences sur *Saccharomyces cerevisiae* montrent le rôle important que jouent les sels et le sucre pour permettre aux cellules vivantes de s'adapter aux températures élevées ¹.

Adressons-nous maintenant à la bibliographie et recherchons s'il existe un rapport entre la pression osmotique du milieu intérieur et la température des êtres vivants ?

Le tableau ci-dessous ² nous donne les chiffres moyens pour l'abaissement du point de congélation des sérums des Mammifères terrestres, des Oiseaux terrestres, des Amphibiens et des Reptiles.

<i>Amphibiens et Reptiles</i> (sérum)	<i>Mammifères terrestres</i> (sérum)
<i>Rana esculenta</i> — 0,560	Homme — 0,568
» » — 0,440	Porc — 0,613
» » — 0,440	Chien — 0,603
» » — 0,400	Chat — 0,660
<i>Rana temporaria</i> — 0,470	Bœuf — 0,566
<i>Bufo vulgaris</i> — 0,430	Mouton — 0,580
» » — 0,450	Lapin — 0,600
<i>Bufo viridis</i> — 0,540	Rat — 0,620
<i>Salamandra maculata</i> — 0,480	
<i>Emys europea</i> — 0,440	
» » — 0,470	
<i>Testudo graeca</i> — 0,600	
Moyenne — 0,477	Moyenne — 0,601

Oiseaux terrestres (sérum)

Poule	— 0,620
Dinde	— 0,620
Autruche	— 0,660
Canard	— 0,570
Oie	— 0,550

Moyenne — 0,613

Ainsi le point de congélation est de — 0,613 chez les Oiseaux dont la température est de 42°-43°, de — 0,601 chez les Mam-

¹ E. BACHRACH et N. GUILLOT, *C. R. Soc. de Biol.* (sous presse).

² *Loc. cit.*, pp. 1289-1292.

mifères, dont la température oscille entre 37° et 39°, et de — 0,477 chez les Amphibiens et Reptiles — animaux hétérothermes — dont la température subit l'influence de la température extérieure, mais qui est dans tous les cas très basse, comparativement à celle des homéothermes — Mammifères et Oiseaux.

On ne peut ne point voir un parallélisme entre le degré de l'élévation de la température de l'animal et la richesse de son sérum en particules dissoutes, et les résultats expérimentaux sur les levures se confirment dans la nature sur les animaux supérieurs ou inférieurs.

RELATION ENTRE LA TEMPÉRATURE DES VERTÉBRÉS
A SANG CHAUD ET A SANG FROID ET LA TENEUR DE LEUR SANG
OU SÉRUM EN SUCRE.

En faisant la moyenne des sangs de tous les Oiseaux, de tous les Mammifères, de tous les Vertébrés à sang froid (la Tortue mise à part) on obtient les chiffres pour mille :

Teneur en sucre (glucose), sang.

Oiseaux	Mammifères	Vertébrés à sang froid
212,0	80,0 (105,0) ¹	38,0

Nous parlerons ailleurs de la Tortue, qui est un animal très particulier.

Ainsi, si nous faisons la moyenne de la teneur en sucre du sérum des Mammifères — homéothermes parfaits — en laissant de côté les Ruminants, on obtient le chiffre de 105,0.

Ce sont les Vertébrés à sang froid qui ont la teneur en sucre la plus faible, 38,0; viennent ensuite les Mammifères, 80,0 (avec Ruminants) et 105,0 (sans ce groupe), et enfin les Oiseaux, qui ont la température la plus élevée avec la valeur du glucose égale à 212,0.

¹ Mais nous attirons ici l'attention sur la faible teneur en sucre du sérum des Ruminants. Ceci ne doit pas nous surprendre, car on sait que la vache dans l'étable, en hiver, pendant les grands froids, présente une chute considérable de la température, chute de quelques degrés.

Et voici encore d'autres chiffres pris à la même source sur la teneur du sang total en substances sucrées réductrices :

Oiseaux	201 mg %
Mammifères	81 mg %
Reptiles	65 mg %
Poissons	50 mg %

La nature confirme une fois de plus nos résultats expérimentaux sur la levure.

Homme et Cheval.

Comme nous l'avons déjà dit, la température des Mammifères homéothermes parfaits, oscille entre 37° et 39° selon les espèces animales.

Deux espèces en apparence éloignées, l'Homme et le Cheval, ont néanmoins une température identique de 37°-37°,5.

Si l'hypothèse que nous émettons a sa raison d'être, nous devons trouver dans le sérum de ces animaux une composition chimique analogue ou presque.

Teneur du sérum en cations¹.

	Na	K	Ca	Mg	K/Ca	Mg/Ca	Mg/K	Na/K
Homme	3,250	0,190	0,100	0,020	0,960	0,330	0,320	29,0
Cheval	3,280	0,200	0,105	0,022	1,000	0,350	0,350	28,0

La distribution des quatre cations se trouve être la même, tant au point de vue global que dans les rapports entre eux.

Voici un autre tableau plus détaillé qui donne la composition chimique comparative des sérums des deux espèces animales².

Les deux colonnes de chiffres montrent une très légère différence entre les constituants organiques, mais une analogie presque complète en ce qui concerne les composés minéraux.

Les principaux cations sont représentés de façon quasi identique au point de vue global et en ce qui concerne chaque élément pris isolément.

¹ A. BERNARD, *Thèse Sciences*, Lyon, 1941, p. 138.

² *Loc. cit.*

	Homme	Cheval
Cendres	95,8	95,4
Eau	904,2	904,6
Albumines	77,0	80,2
Sucre	1,766	1,340
Cholestérine	1,770	1,360
Lécithine	2,000	1,733
Graisse	1,100	1,067
Acides gras	—	0,604
Na ₂ O	4,464	4,408
K ₂ O	0,302	0,262
Fe ₂ O ₃	0,0	0,0
CaO	0,145	0,111
MgO	0,042	0,046
Cl	3,600	3,725
P ₂ O ₅ (total)	0,272	0,241
P ₂ O ₅ (minéral)	0,067	0,074

Et c'est ainsi qu'une fois de plus nous constatons une dépendance très étroite entre la température de l'animal et la composition minérale de son sang (sérum).

Ne l'oublions pas cependant, il s'agit ici d'un Mammifère — homéotherme parfait — omnivore et d'un autre homéotherme parfait, herbivore.

Pour finir disons deux mots d'une espèce animale très spéciale, la *Tortue*. Sa température oscille autour de 30°: elle est plus élevée que celle des Vertébrés à sang froid, mais elle est plus basse que celle des Mammifères.

La composition chimique de son sérum l'apparente aux deux grands groupes, les homéothermes et les hétérothermes. Sa pression osmotique est de — 0,60; la richesse de son sérum en sucre de 90⁰/₀₀, mais le rapport Na/K est égal à 60, ce qui est le plus élevé parmi les Vertébrés à sang froid. Ainsi peut-on considérer dans un certain sens cette étrange espèce animale comme un pont entre les Vertébrés à sang chaud et les Vertébrés à sang froid.

Pour conclure nous dirons que *la température des Vertébrés est imposée, dans une large mesure, par la teneur du sérum en sels, en sucre, et par le rapport des divers cations, tout spécialement Na/K.*

Le schéma que nous proposons ci-dessous exprime la température des divers Vertébrés en rapport avec la composition chimique de leur milieu intérieur.

Animaux	Température des organismes	Pression osmotique	Teneur en sucre	Na/K	
VERTÉBRÉS					
Sang chaud	Oiseaux . .	42°-43°	— 0,613	212	6,7- 6,9
	Mammifères	37°-39°	— 0,601	80 (105)	24,7-27,0
	Tortue . .	30° ?	— 0,600	90	60
Sang froid	Amphibiens	}	— 0,477	38	35
	Reptiles . .				
	Poissons . .				

Conclusions:

1° *Les caractéristiques biologiques — température limite inférieure, optimum, limite supérieure — sont des valeurs contingentes, fluctuantes.*

2° *Le déplacement des caractéristiques thermiques biologiques peut se réaliser de façon rapide (ventricule isolé du cœur de l'Escargot, animaux intacts — Grenouille) ou bien de façon progressive en fonction du temps (Bactéries, Levures).*

3° *La température limite inférieure du fonctionnement automatique va de — 2° à + 44° environ; la marge du fonctionnement automatique pour la température optimale peut varier d'une vingtaine de degrés, de même pour la température limite supérieure.*

4° *La labilité des caractéristiques biologiques vis-à-vis de la température est conditionnée dans une large mesure par les cations — Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ — contenus dans les milieux qui baignent les cellules vivantes.*

5° *Il faut tenir compte aussi bien de la quantité que de la qualité des cations en question et de leurs rapports.*

6° *A côté des cations, le sucre (glucose) intervient aussi dans la détermination de la température.*

7° *Les températures de culture (Bactéries, Levures) et d'essai (Grenouilles) jouent un rôle primordial.*