

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 26 (1944)

Artikel: La composition ionique des végétaux et la température de culture (rôle thermorégulateur des cations)
Autor: Bachrach, Eudoxie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-742680>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LA COMPOSITION IONIQUE DES VÉGÉTAUX

ET

LA TEMPÉRATURE DE CULTURE

(Rôle thermorégulateur des cations)

PAR

Eudoxie BACHRACH

Dans un travail antérieur ¹ nous avons montré le rôle insoupçonné des cations — alcalins Na^+ et K^+ et alcalino-terreux Ca^{++} et Mg^{++} — lesquels doivent être considérés comme les *facteurs principaux* qui règlent la température des animaux vertébrés. Le potassium, antagoniste dans une certaine mesure du sodium, est responsable de l'élévation de la température de l'organisme. Plus le milieu intérieur de l'animal est riche en potassium, toutes conditions égales d'ailleurs, plus la température de l'être vivant est élevée. Mais le rapport Na/K ne doit pas être inférieur à 6,5. Les antagonistes des alcalins, les alcalino-terreux — calcium et magnésium — sont par contre responsables de l'abaissement de la température des animaux: plus le milieu intérieur est riche en ces cations, toutes conditions égales d'ailleurs, plus la température de l'organisme est basse.

¹ Eudoxie BACHRACH. La température des êtres vivants et la composition ionique du milieu. *Archives des Sciences physiques et naturelles* [5], vol. 25, p. 123 (1943); v. aussi *ibid.* Suppl. *C.R. Soc. de physique et d'histoire naturelle de Genève*, vol. 60, p. 190 (1943).

Nous nous sommes demandé si le même fait ne se retrouvait pas dans le règne végétal.

* * *

Cette fois-ci c'est dans des renseignements bibliographiques que nous allons chercher la solution du problème en étudiant notamment de près la richesse des cendres des Végétaux en alcalins et en alcalino-terreux conjointement avec la température de culture des mêmes plantes.

Presque tous les résultats expérimentaux sont puisés dans l'article de K. BORESCH publié dans les *Tables biologiques d'Oppenheimer et Pincussen*.

Microorganismes.

Levures. — On a incinéré trois sortes de levures — hautes, moyennes et basses — et analysé les cendres au point de vue de leur teneur en potassium, sodium, calcium, magnésium et phosphore ¹.

	Cen- dres	K	Na	Ca	Mg	P
Levure haute . .	76,5	21,1	—	0,55	2,79	18,6
» moyenne .	75,8	17,8	—	2,31	3,73	19,7
» basse . .	76,1	16,5	1,28	4,12	2,91	18,1

Il y a donc quasi identité quant à la teneur totale en cendres, en phosphore et magnésium chez les trois espèces. Par contre la levure qui est cultivée à haute température a une forte proportion de potassium, pas du tout de sodium et très peu de calcium. La teneur en potassium baisse chez la levure moyenne, c'est-à-dire chez l'espèce qui pousse à une température inférieure à la précédente; en même temps la teneur des cendres en calcium augmente. La levure basse a une quantité de potas-

¹ G. OPPENHEIMER und L. PINCUSSEN. *Tabulae biologicae periodicae*, vol. X, p. 322, Verlag W. Junk, Berlin-Den Haag 1925.

sium moins abondante encore; le sodium apparaît, tandis que la valeur du calcium s'élève toujours.

Rapport	K/Na	K/Ca
Levure haute	∞	45,6
» moyenne	∞	7,7
» basse	12,96	4,0

Chez la levure de même que chez le Vertébré (expériences personnelles sur la Grenouille intacte) la vie à haute température n'est possible que lorsque le milieu qui baigne les cellules contient une forte proportion de potassium. Et ainsi que nous l'avons constaté sur l'animal le cation alcalino-terreux abaisse la résistance du microorganisme aux hautes températures. Dans le cas exposé ci-dessus c'est le calcium qui impose à la levure basse une température optimale peu élevée.

Avant d'aborder l'étude des cendres chez la plante supérieure disons quelques mots au sujet du rapport entre cations sodium et potassium.

Si nous faisons le rapport des deux alcalins Na sur K chez l'Animal, chez le Végétal il sera inversé — K sur Na —, étant donné que le sodium est le cation principal (du point de vue quantitatif) du règne animal, le potassium le cation prépondérant du règne végétal.

Plante supérieure.

Le rôle des sels minéraux en général et celui des alcalins et des alcalino-terreux en particulier se retrouve-t-il chez la plante supérieure ? Les végétaux des pays chauds sont-ils plus riches en sels minéraux, d'une part, et en potassium, d'autre part, que ceux qui vivent dans les régions tempérées ? Quel rôle est dévolu au sucre ?

L'analyse des substances minérales des uns et des autres montre une ressemblance dans l'action de ces cations chez l'Animal et le Végétal.

Nous présentons dans ce mémoire une multitude d'exemples qui démontrent le rôle des cations et du sucre dans la résistance

des végétaux vis-à-vis des variations de la température extérieure.

Graine. — On compare deux sortes de graines au point de vue de leur teneur en cendres totales et en potassium.

Exemple n° I a¹.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
a) Blé d'hiver	19,6	5,07	0,30	0,46	1,42
Blé d'été	21,4	5,42	0,27	0,43	1,54

La différence n'est pas très importante, mais elle existe néanmoins: le blé d'été qui doit se développer d'emblée à une température élevée est plus riche en substances minérales et en potassium que le blé d'hiver. Ce dernier passe parfois de nombreux mois enseveli sous des couches épaisses de neige. Il en est de même avec le Seigle et l'Orge.

	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
b) Seigle d'hiver ² . .	20,9	5,57	0,23	0,44	1,42
Seigle d'été	21,0	5,96	0,23	traces	1,57
c) Orge d'hiver ³ . .	19,9	2,70	0,61	0,11	1,51
Orge d'été	26,1	4,63	0,46	0,49	1,39

C'est la graine de *Hordeum* qui présente l'adaptation cationique la plus ample.

Exemple n° II.

La farine de *Soja* — légumineuse exotique — originaire de pays chauds a-t-elle une composition chimique autre que celle

¹ *Loc. cit.*, vol. I, p. 166.

² *Ibid.*, p. 166.

³ *Ibid.*, p. 168.

du *Blé*, céréale originaire des climats tempérés ? Dans le vol. III de C. Oppenheimer et L. Pincussen on trouve les chiffres suivants :

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

	Cendres totales
Farine de Soja . .	6,0
Farine de Blé . .	0,6

Les résultats de l'analyse sont nets et plaident en faveur de notre hypothèse : plus le climat est chaud, plus la plante est riche en sels minéraux.

Exemple n° III ¹.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

<i>Gramineae</i>	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
<i>Avena sativa</i>					
ter. arg.	29,6	5,06	0,18	0,67	1,20
ter. sab.	26,5	4,19	0,15	0,58	1,10
<i>Hordeum sativum</i> . .	21,9	4,82	1,70	0,66	1,59
<i>Zea mays</i>	45,4	13,73	1,60	6,81	2,51

Ci-dessus un autre exemple. On prend dans la famille des Graminées trois genres — l'Avoine, l'Orge et le Maïs — et analyse les substances minérales. C'est la graine de *Zea mays* adaptée aux climats relativement chauds qui a une quantité de cendres et une proportion plus importante de potassium que ne l'ont les graines d'*Avena* et de *Hordeum*.

Exemple n° IV.

Il est intéressant de constater le rapport existant entre la température limite supérieure et la composition saline de la graine. Si l'on chauffe jusqu'à 140° la graine d'*Helianthus annuus* (Com-

¹ *Loc. cit.*, vol. V, p. 141.

posée) pendant 15 minutes, l'organisme à l'état latent n'est pas encore tué. Placée dans des conditions favorables la graine germera. Mais il n'en est pas de même avec la graine de *Hordeum sativum*. Elle supporte pendant 70 minutes la température de 55°, et pendant 2 minutes seulement 70°¹.

Examinons la composition minérale de l'une et de l'autre graine².

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

	Cendres totales	K	Na	Ca *	Mg
<i>Hordeum sativum</i> . .	21,9	4,82	1,70	0,66	1,59
<i>Helianthus annuus</i> .	96,1	32,40	—	9,79	1,62

* Le rôle du calcium dans la germination est particulier.

Comme l'ont démontré nos expériences personnelles sur la levure, la température limite supérieure est déplacée vers les hautes températures lorsque le milieu est abondant en sels.

Pour qu'un organisme acquière des caractéristiques nouvelles que lui imposent les conditions du milieu, il faut que le facteur temps soit très appréciable.

Les données numériques ci-dessous montrent une différence dans la composition du tubercule de deux sortes de pommes de terre: l'une cultivée en Europe tempérée, l'autre au Paraguay.

Exemple n° V a.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

Tubercule³.

	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
<i>Solanum tuberosum</i>					
Paraguay	41,6	23,94	—	0,96	1,21
Europe	43,0	19,91	0,93	0,59	1,21

¹ *Loc. cit.*, vol. II, pp. 9-10.

² *Loc. cit.*, vol. V, pp. 141, 151.

³ *Loc. cit.*, vol. V, p. 188.

Les deux sortes de pommes de terre se sont adaptées aux climats respectifs: celle du Paraguay chaud a davantage de potassium que le tubercule européen. Mais il n'en est pas de même avec le Soja, originaire du Japon, pays au climat chaud, qui se cultive avec beaucoup de difficultés et un rendement insuffisant, et qui est depuis très peu de temps importé en Europe.

Les cendres de la graine de *Soja hispida* cultivée dans divers pays aux climats variés — Chine, Autriche, Hongrie et France — gardent encore une composition identique.

Exemple n° V b.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

Graine ¹.

	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
<i>Soja hispida</i>					
Chine	48,6	19,95	—	3,39	2,63
Hongrie	48,7	20,38	—	2,52	2,12
France	51,5	21,31	—	1,82	2,91
Autriche	50,0	19,90	0,8	2,31	2,29

L'adaptation au climat n'est pas réalisée, comme c'est le cas de la pomme de terre. Le facteur temps n'a pas encore joué suffisamment.

Exemple n° VI.

Trois sortes de conifères de même âge sont cultivés sur le même terrain: *Abies alba*, *Picea excelsa*, *Larix decidua*.

La composition des cendres de leurs aiguilles est la suivante ²:

	K	Na	Ca	Mg
<i>Abies alba</i>	3,441	0,119	11,006	1,745
<i>Picea excelsa</i>	3,977	0,341	8,700	1,184
<i>Larix decidua</i>	12,867	0,268	4,211	2,491

¹ *Loc. cit.*, vol. V, p. 178.

² K. BORESCH, p. 138.

Deux faits frappent dans ce tableau: ce sont les fortes variations en potassium et en calcium.

Le Pin, qui est des trois conifères l'arbre qui supporte les plus grands froids, est celui qui est le plus riche en calcium et le plus pauvre en potassium. Par contre, les aiguilles du mélèze, caduques en hiver, sont les plus riches en potassium et les plus pauvres en calcium. La forte teneur en cation K doit être indispensable à la plante si particulière, qu'est le conifère-mélèze, pour résister à la chaleur de l'été.

Exemple n° VII.

Trouve-t-on dans la même famille des modifications de la composition ionique du fruit sous l'action de la température de culture ?

Famille des Rosaceae¹.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

Genres et espèces	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
<i>Pomoideae</i>					
<i>Cydonia vulgaris</i> .	21,45	11,40	0,54	0,94	0,61
<i>Pirus communis</i> .	16,80	6,26	—	0,66	0,66
<i>Pirus malus</i> . . .	19,80	7,14	—	1,00	0,64
<i>Rosoideae</i>					
<i>Rubus idaeus</i> . .	29,30	9,24	0,73	2,30	1,43
<i>Rubus spec.</i> . . .	30,37	7,05	0,46	3,07	1,96
<i>Fragaria vesca</i> . .	37,05	12,26	1,88	4,42	1,84
<i>Prunoideae</i>					
<i>Prunus domestica</i> .	21,40	10,38	0,75	1,17	0,86
Quetsch	23,80	12,76	0,93	0,93	0,54
Prune « Kirke » .	—	7,65	—	0,91	0,59
Reine-Claude verte	29,00	11,09	—	1,44	0,77
Mirabelle	24,60	10,20	—	1,09	0,62
Reine-Claude . . .	25,20	14,59	0,60	1,03	0,60
<i>Prunus avium</i> . .	25,13	11,43	0,78	1,08	0,88
Moyenne	26,12	11,25	0,85	1,44	0,92
<i>Prunus armenica</i> .	43,60	19,90	0,78	1,32	0,87
<i>Prunus persica</i> . .	34,80	16,65	0,98	1,00	0,83
Moyenne	39,40	18,27	0,93	1,16	0,85

¹ *Loc. cit.*, p. 172.

L'Abricotier et le Pêcher sont les Rosacées les plus méridionaux et leurs fruits sont aussi les plus riches en cendres totales et tout particulièrement en potassium.

Hydrates de Carbone.

Il y a chez l'animal une corrélation étroite entre la teneur du milieu intérieur en sucre et la température du Vertébré.

Voici une série de fruits secs. Les uns mûrissent à une température élevée — datte, raisin, figue; les autres — pommes, poires — sont originaires de pays tempérés.

Exemple n° VIII.

En grammes dans à kilo de subst. sec.¹

	Cendres totales	Sucre
Dattes	1,8	73
Figues	2,5	61
Raisins	1,7	64
Moyenne	2,0	66,1
Pommes	1,6	60
Poires	1,7	61
Moyenne	1,65	60,5

Comme on pouvait le prévoir, datte, figue et raisin, fruits des végétaux de pays relativement chauds, sont plus riches en cendres minérales et en sucre que les pommes et poires, provenant d'arbres fruitiers des régions tempérées.

¹ *Loc. cit.*, vol. III, p. 562.

Exemple n° IX.

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.¹

Analyse de fruits de trois climats différents:

*Régions chaudes :**Régions méditerranéennes :*

	Cendres totales	Sucre		Cendres totales	Sucre
Ananas . .	0,90	13,90	Orange . .	0,50	14,0
Banane . .	0,90	23,00	Citron . . .	0,50	9,0
Cacao . .	5,75	37,00	Raisin . .	0,50	18,00
Amande douce . .	2,30	14,00	Melon . .	0,50	16,30
			Châtaigne .	1,60	40,00
			Abricot . .	0,70	12,00
Moyenne	2,46	21,65	Moyenne	0,72	18,00

Régions tempérées :

	Cendres totales	Sucre
Pommes	0,40	14,00
Poires	0,40	14,00
Mûres	0,50	9,00
Fraises	0,70	9,00
Myrtilles	0,40	12,00
Framboises	0,60	8,00
Groseille rouge . .	0,70	10,00
Cerise	0,50	16,00
Quetsch	0,50	17,00
Groseille à maquer.	0,50	10,00
Moyenne . .	0,52	11,90

Ainsi ces trois groupes de plantes montrent une diminution de la concentration en sels et en sucre au fur et à mesure que l'on s'éloigne des pays tropicaux ou subtropicaux.

¹ *Ibid.*

Exemple n° X.

Enfin un tableau d'un grand intérêt sur la teneur des quatre cations dans les fruits de divers spécimens de plantes à travers des climats différents ¹:

En grammes dans 1 kilo de subst. sec.

	Cendres totales	K	Na	Ca	Mg
Plantes pays chauds:					
<i>Coffea arabica</i> (graine)	31,9	16,55	0,39	1,44	1,86
<i>Theobroma cacao</i> (graine, écorce) .	56,90	15,43	1,23	5,81	3,48
<i>Sterculia acuminata</i> .	37,1	16,93	traces	traces	1,91
<i>Musa Cavendishii</i> .	} 42,95	22,43	6,47	0,35	1,02
<i>Musa paradisiaca</i> .					
<i>Ananas sativus</i> . .	50,00	31,90	0,50	1,29	0,34
<i>Cocus nucifera</i> (lait).	140,00	64,20	0,76	3,68	5,58
Moyenne . .	59,81	30,18	1,87	2,31	2,36
Plantes pays méditerranéens:					
<i>Vitis vinifera</i>	41,90	24,22	0,55	3,99	1,32
<i>Olea europaea</i>	} 31,40	15,25	—	3,47	0,77
<i>Olea de Lisboa</i>					
<i>Citrus aurantium</i> . .	29,70	12,52	0,49	4,49	0,96
<i>Citrus medica</i>	32,60	11,86	0,54	7,62	0,94
<i>Ficus carica</i>	29,22	13,65	0,50	2,21	0,98
Moyenne . .	32,90	15,50	0,52	4,36	1,00
Plantes pays tempérés froids:					
<i>Vaccinium myrtillus</i>	20,2	8,66	0,92	1,53	0,81
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	14,9	5,32	0,41	1,05	0,63
Moyenne . .	17,55	6,99	0,66	1,29	0,72

Les fruits des pays chauds sont les plus riches en cendres totales et en potassium. Viennent ensuite les plantes des régions méditerranéennes. Les plus pauvres en cendres sont adaptées au climat tempéré froid.

¹ *Loc. cit.*

Exemple n° XI¹.

Dans 100 g de substance fraîche en milligrammes.

	K ₂ O	Na ₂ O	Ca O	Mg O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S O ₂	Cl
<i>Espèce végétale</i>								
Cacao (décor- tiqué) . . .	4170	170	120	820	17	1960	200	70
Noix de Coco .	720	98	83	98	31	360	65	240
Datte	750	71	74	96	2,5	115	430	130
Figue	340	15	70	35	14	80	24	13
Amande (dou- ce)	1280	11	410	810	25	2000	17	23
Banane . . .	435	74	21	53	27	97	72	123
Orange . . .	280	17	135	34	8,1	75	30	4,8
Mandarine . .	350	1,4	100	40	52 ?	69	17	2,9
Pastèque . . .	460	4,4	66	34	3,3	140	32	30
Citron	430	26	290	49	7,3	93	3	4,6
Abricot . . .	490	83	23	24	6,7	85	20	3,1
Châtaigne . .	690	87	50	91	1,7	220	47	63
Moyenne .	866,2	54,8	121	182	16,3	524,5	98,6	60,6

Rapport: K/Na = 16,0; K/Ca = 7,24; K/Mg = 4,75.

	K ₂ O	Na ₂ O	Ca O	Mg O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S O ₂	Cl
<i>Espèce végétale</i>								
Pomme . . .	92	67	10,6	23,0	3,6	35	16	2,8
Poire	180	27	25	17	23,2	18	19	19
Fraise	70	94	47	71	2,4	280	150 ?	36
Myrtille . . .	310	28	43,5	34	6,1	95	17	5
Framboise . .	220	—	70	53	—	110	—	—
Groseille rouge	130	? 0,9	12	8,4	0,1	22	63	3,9
Cerise	73	130 ?	20	9,0	2,5	38	45	54,0
Prune	310	15	20	23	5	57	11	1,5
Airelle . . .	110	5,2	34	16	2,2	29	390	0,6
Quetsch . . .	260	14	29	15	21	70	39	3,2
Groseille à maq. verte	290	30	79	22	0,9	64	29	1,1
rouge	340	98	14	32	0,4	87	40	0,8
Noix	510	37	140	210	21	710	150 ?	40
Moyenne .	222,7	45,5	41,85	41,0	5,7	126,5	80,75	13,97

Rapport: K/Na = 4,8; K/Ca = 5,4; K/Mg = 5,4.

¹ *Loc. cit.*, vol. III, pp. 562-565, 1925.

Nous avons réuni dans la première partie du tableau quelques fruits de pays chauds et de la région méditerranéenne. La température moyenne de ces deux climats est environ de 18°. Dans la deuxième partie figurent les fruits de plantes des régions tempérées adaptées à une température moyenne de 12° environ. Or, si nous examinons les rapports K/Na nous constatons qu'il est de 16 chez les fruits originaires des pays plus ou moins chauds et de 4,8 chez ceux originaires de pays tempérés. Pour une différence de 6° il y a trois fois et demi plus de potassium dans les cendres des fruits méridionaux.

Ceci nous incite à souligner un fait d'une grande portée générale: la moyenne des températures du climat nord-africain et de celui de la côte méditerranéenne est de 18° environ; la moyenne de la température de la France métropolitaine oscille autour de 12°. Et nous constatons aussi que la teneur en potassium par rapport au sodium chez les fruits des plantes des pays ayant comme température moyenne 18° est trois fois et demie plus élevée que celle des fruits des régions européennes, dont la température moyenne est de 12° environ.

D'autre part, la différence des températures propres entre Oiseaux et Mammifères est du même ordre de grandeur, soit de 6° (37°-43°).

Et dans nos publications nous avons indiqué que le sérum de l'Oiseau contenait trois fois et demie plus de potassium que celui du Mammifère.

La ressemblance des réactions du règne animal et du règne végétal est frappante.

* * *

Les multiples exemples puisés un peu partout avec des spécimens aussi divers que le sont les Graminées et les Palmiers — plantes herbacées et arbres fruitiers — dans les fruits, les tubercules, les graines, etc., situés en Afrique, dans le midi, dans le centre et dans le nord de la France, montrent avec une netteté éclatante la dépendance de la composition ionique des végétaux de la température ambiante.

Chez l'animal, nous le savons, la température propre est

fonction de la composition du milieu intérieur ou plutôt de sa richesse en sels et en sucre.

Chez le végétal qui n'a point de température propre, il s'agit d'une résistance « passive » vis-à-vis des fluctuations des températures ambiantes. C'est ainsi qu'on pourrait dans un certain sens considérer les végétaux comme des organismes hétérothermes. Mais chez la Plante de même que chez l'Animal, c'est le milieu intérieur — cations et sucre — qui joue le rôle thermorégulateur.

Le mécanisme d'action des facteurs chimiques énumérés sera précisé par nos recherches en cours.
