Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 45 (1918)

Artikel: Sur la perméabilité du protoplasme vivant pour quelques sels [suite et fin]

Autor: Troendle, Arthur

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-742984

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: 08.07.2025

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

SUR LA

PERMÉABILITÉ DU PROTOPLASME VIVANT

POUR QUELQUES SELS

PAR

Arthur TROENDLE

(Avec 4 fig.)

(Suite et fin.)

III. — Vitesse de pénétration de différents sels.

Nous avons trouvé au cours des expériences que nous allons présenter que la vitesse d'entrée dépend de la nature du sel, qu'elle est influencée par les deux constituants du sel, par le cation et par l'anion.

Traitons donc d'abord de l'influence du cation. La règle générale, c'est qu'il y a concordance très nette entre la vitesse d'entrée du sel et la position qu'occupe l'élément cation dans le système périodique des éléments. Dans un même groupe de parenté chimique, la vitesse d'entrée augmente avec le poids atomique du cation. Les preuves en sont réunies dans les tableaux suivants.

Lupinus albus, racine, région entre le 2me et le 3me millimètre, en arrière de l'extrémité, écorce moyenne et intérieure.
Oct.-Nov. 1916.

Sel	Longueur des racines millimét.	Nombre des racines	Température	Différence de conc. d. sol. mol	Durée de séjour dans les sol.	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
LiCl	11-20	8	18°	0,1	2 min.	0,40 mol	0,045 mol
	11-21	8	18	0,1	5 »	0,537 »	0,050 »
	13-19	8	17,5-18	0,1	10 »	0,787 »	
NaCl	15-20	8	18,5	0,1	2 »	0,425 »	0,062 »
	12-21	8	18-18,5	0.1	5 »	0,612 »	0,072 »
	16-20	8	18-18,5	0,1	10 »	0,975 »	
KCl	8-24	32	18-20	0,1	2 »	0,437 »	0,101 »
	12-24	24	18-19	0,1	5 »	0,741 »	0,097 »
	11-30	24	17-19,5	0,1	10 »	1,229 »	
RbCl	10-30	12	16-18,5	0,1	2 »	0,475 »	0,152 »
	10-19	12	16-19	0,1	5 »	0,933 »	

La différence entre le Na et le K a été vérifiée aussi dans le cas des palissades.

Acer platanoïdes, feuille, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
NaCl	18	2 minutes	0,520 mol	0,021 mol
	18	5 »	0,583 »	0,020 »
	18	10 »	0,683 »	
KCl	6	2 »	0,541 »	0,022 »
	6	5 »	0,608 »	0,029 »
	6	10 »	0,754 »	

Les deux tableaux suivants contiennent les résultats relatifs au Mg, Ca, Sr et Ba.

Lapinus albus (1915). Région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité

Sel	Longueur des racines, millimètres	Nombre des racines	Température	Différence de concentration des solutions, mol	Durée de séjour dans les solutions, minutes	Concentration plasmolysante, mol			Quantité absorbée par minute, mol		
						Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle	Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle
$MgCl_2$	15-22	16	18°,5-19	0,025	2	0,070	0,091	0,073	0,025	0,032	0,036
	17-22	16	18-19	0,05	5	0,146	0,187	0,182	0.020	0,030	0,021
	14-47	8	18,5-19	0,1	10	0,250	0,337	0,287	0,040	0,046	0,040
	13-26	16	17	0,2	20	0,656	0,799	0.696			
$CaCl_2$	13-34	16	18-18,5	0,234	2	0,066	0,086	0,074	0 [1]	0	0
	15-24	16	17-18	0,025	5	0,067	0,091	0,089			
	14-25	8	17-17,5	»	10	0,070	0,090	0,081			
	10-45	16	18-20	»	20	0,067	0,094	0,077			
$SrCl_2$	13-19	8	18	0,025	2	0,073	0,092	0,081	0,0026	0,0043	0,0040
	17-22	8	18-19	»	5	0,081	0,105	0,093	0,0038	0,0055	0,0036
	19-33	16	17,5-18	0,06	20	0,139	0,188	0,148			
$BaCl_2$	13-29	16	16-19	0,025	2	0,066	0,088	0,074	0,0063	0,0083	0,0100
	13-22	16	16-19	»	5	0,085	0,113	0,104			
	13-18	8	16,5-17	0,05	10	0.081	0,112	0,090			
	11-38	16	17-18	0,08	20	0.173	0,249	0,199	0,0058	0,0091	0,0063

[1] La quantité absorbée de $CaCl_2$ était trop minime pour être évaluée par la méthode employée.

Acer platanoïdes (1916), Feuille, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
$CaCl_2$	9	5 minutes	0,40 mol	0
	9	10 »	0,40 »	
	9	20 »	0,40 »	
	9	40 »	0,40 »	
$BaCl_2$	6	2 »	0,337 »	
	6	5 »	0,337 »	
	6	10 »	0,337 »	
	6	20 »	0,343 »	0,0007 mol

La règle énoncée plus haut se trouve confirmée pour les Ca, Sr et Ba. Quant au Mg, il ne paraît pas la suivre. Il me semble que cette différence n'est pas réelle, vu qu'au point de vue chimique les Ca, Sr et Ba se rapprochent très étroitement les uns des autres, tandis que le Mg occupe plutôt une position spéciale et se rapproche plus du Zn et du Cd. Mais, certainement, il y aura là de nouvelles expériences à faire pour élucider définitivement cette question.

D'autre part, ces mêmes expériences répondent d'une manière très précise à une autre question importante. Les particules du sel devant traverser la membrane cellulaire avant de pouvoir passer à travers le protoplasme, il s'agit de savoir si celle-ci, dans nos expériences plasmolytiques, a une influence sensible sur la vitesse d'entrée du sel. Il paraît d'autant plus justifié de poser cette question que quelques travaux importants (par exemple: Baumann et Gully 1910, Hansteen-Cranner 1914, Odén 1916, Skene 1915, Wieler 1912) nous ont fait connaître que la paroi cellulaire absorbe inégalement les deux ions, positifs et négatifs, d'un sel.

Maintenant, si nous comparons les concentrations plasmolysantes, après deux minutes des quatre sels: $MgCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$ et $BaCl_2$ nous voyons qu'elles sont à peu près de même grandeur. Elles sont équimoléculaires et la dissociation électrolytique des quatre sels étant à peu près la même, elles sont en même

temps isotoniques. Les quelques variations des chiffres sont irrégulières et dues à la variabilité du matériel. Dans la fig. 4 (p. 124), j'ai tracé les courbes d'absorption des quatre sels. On remarquera que ces courbes, partant toutes du même point, après deux minutes montent tout à fait différemment. Le $CaCl_2$ n'entrant pas d'une manière appréciable dans le protoplasme, sa courbe est tout à fait horizontale. Tout cela nous dit qu'après deux minutes, dans mes expériences, le pouvoir absorbant des parois cellulaires a dû être saturé et que l'entrée des sels dans le protoplasme ne commença qu'après ce temps-là. Les vitesses de pénétration constatées dans mes expériences, se rapportent donc exclusivement au protoplasme et ne sont pas influencées par le pouvoir absorbant des parois cellulaires.

Passons maintenant aux anions. Là aussi nous trouvons la même règle que dans les cations, mais à condition qu'il s'agisse des ions simples. C'est ce que nous montre le tableau suivant:

Lupinus albus, racine, région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité. Ecorce moyenne et intérieure.
Nov. 1916.

Sel	Longueur des racines millimét.	Nombre de racines	Température	Différence de concentration des sol.	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
NaCl	11-20	8	18°	0,1	2 minut.	0,40 mol	0,045 mol
	11-21	8	18	0,1	5 »	0,537 »	0,050 »
	13-19	8	17,5-18	0,1	10 »	0,787 »	
NaBr	10-18	8	16-17	—	2 »	0,360 »	0,089 »
	11-16	8	16-17	—	5 »	0,629 »	0,090 »
	11-14	8	16-17	—	10 »	1,082 »	
NaJ	9-21	8	18	0,1	2 »	0,387 »	0,088 »
	11-17	8	18-18,5	0,1	5 »	0,650 »	0,090 »
	15-21	8	17,5-18	0,1	10 »	1,100 »	

Quant aux anions composés, le tableau de la p. 122 nous montre que les azotates passent plus vite que les chlorures et que ceux-ci entrent plus vite que les sulfates.

Lupinus albus (1915), Racine. Région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité

Sel	Longueur des racines millimètres	Nombre des racines	Température	Différence de concentration des solutions mol	Durée de séjour dans les solutions minutes	Concentration plasmolysante, mol			Quantité absorbée par minute, mol		
						Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle	Ecorce extérieure	Ecorce moyenne	Péricycle
NaCl	13-23	8	19°	0,1	2	0,200	0.243	0,237	0,129	0,144	0,146
	17-22	8	18.5-19	0,2	5	0.587	0,675	0.675	0,071	0,101	0,094
	15-37	16	17,5-18	0,2-0,4	20	1,653	2,196	2,093			
$NaNO_3$	17-24	8	17,5-18	0,2	5	0,700	0,850	0,800	0,140	0,190	0,150
	17-24	8	17,5-18	0,4	10	1,400	1,800	1,550	0,114	0,120	0,145
	18-38	6	—	0,5	20	2,541	3,000	3,000			
Na_2SO_4	10-18	8	17-18	0,05	5	0,196	0,250	0,225	0.019	0,021	0,022
	15-22	8	17,5-18	0,05	10	0,293	0,356	0,337			
KCl	18-35	16	16-19	0,1	2	0,228	0,284	0,281	0.126	0,128	0,125
	18-24	16	16-19	0,2	5	0,606	0,668	0,650	0,143	0,196	0,168
	17-35	8	16-16,5	0,4	10	1,325	1,650	1,500	0,050	0,063	0,066
	11-38	15	18,5-17	0,4-0,5	20	1,833	2,280	2,166			
KNO_3	15-19	8	18-18,5	0,25	5	1,073	1,198	1,167	0,153	0,156	0,159
	17-23	8	18-18,5	0,25	10	1.841	1,981	1,965	0,059	>0,101	>0.103
	14-23	6	—	0,4	20	2,433	>3,0	>3.0			
K_2SO_4	21-33	8	19	0,1	5	0,425	0,506	0,456	0,070[1]	0,081[1]	0,075[1]
$CaCl_2$	13-34	16	18-18.5	0,025	2	0,066	0,086	0.074	0	0	0
	15-24	16	17-18	»	5	0,067	0,091	0,089			
	14-25	8	17-17,5	»	10	0,070	0,090	0.081			
	10-45	16	18-30	»	20	0,067	0,094	0,077			
$Ca(NO_3)_2$	14-21	8	18-18,5	0,025	5	0,059	0,091	0,060	0,0044	0,0048	0,0042
	21-27	8	19	0,05	10	0,081	0,115	0 081	0,0047	0,0049	0,0047
	14-21	6	—	0,062	20	0,128	0,164	0,128			

[1] Une seule concentration plasmolysante ayant été déterminée, la quantité absorbée a été calculée par cette formule-ci : $\frac{C - c}{5}$. C = concentration plasmolysante du K_2SO_4, c = concentration du K_2SO_4 isotonique à la concentration plasmolysante de la saccharose (= pression osmotique normale de la cellule). Coefficient isotonique = 2,35. Les concentrations plasmolysantes de la saccharose sont indiquées à la page 41.

Acer platanoïdes (1915). Feuille. Cellules palissadiques

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
$CaCl_2$	9	5 minutes	0,40 mol	0 mol
	9	10 »	0,40 »	
	9	20 »	0,40 »	
	9	40 »	0,40 »	
$Ca(NO_3)_2$	6	2 »	0,364 »	0,0033
	6	5 »	0,374 »	0,0042
	6	10 »	0,395 »	0,0024
	6	20 »	0,419 »	

Acer platanoïdes (1916). Feuilles, cellules palissadiques.

Sel	Nombre des feuilles	Durée de séjour dans les solutions	Concentration plasmolysante	Quantité absorbée par minute
KCl	6	2 minutes	0,541 mol	0,022 mol
	6	5 »	0,608 »	0,029 »
	6	10 »	0,754 »	0,012 »
	6	20 »	0,875 »	
KNO_3	5	2 »	0,570 »	0,040 »
	5	5 »	0,690 »	0,028 »
	5	10 »	0,830 »	0,008 »
	5	20 »	0,910 »	

Dans ce travail, la perméabilité du protoplasme a été mesurée par la quantité de sel absorbée par minute. Autrefois je me suis servi des coefficients de perméabilité, calculés suivant la formule $\mu = 1 - \frac{i'}{i}$ (voir Troendle, 1910), où μ signifie le coefficient de perméabilité, i' le coefficient isotonique trouvé dans l'expérience plasmolytique et i le coefficient isotonique théorique (= facteur de dissociation électrolytique). Fitting, assez pompeusement, a traité cette méthode de «ganz unbrauchbar» et de «geradezu irreführend» (1915, p. 3). Il s'agit donc de savoir, si les différences de vitesse d'entrée trouvées par la méthode de Fitting ne se laissent pas exprimer aussi bien par la méthode incriminée des coefficients de perméabilité. J'ai donc calculé dans les expériences portant sur le *Lupinus albus* pendant l'année 1915, les coefficients de perméabilité pour les cellules de l'écorce moyenne.

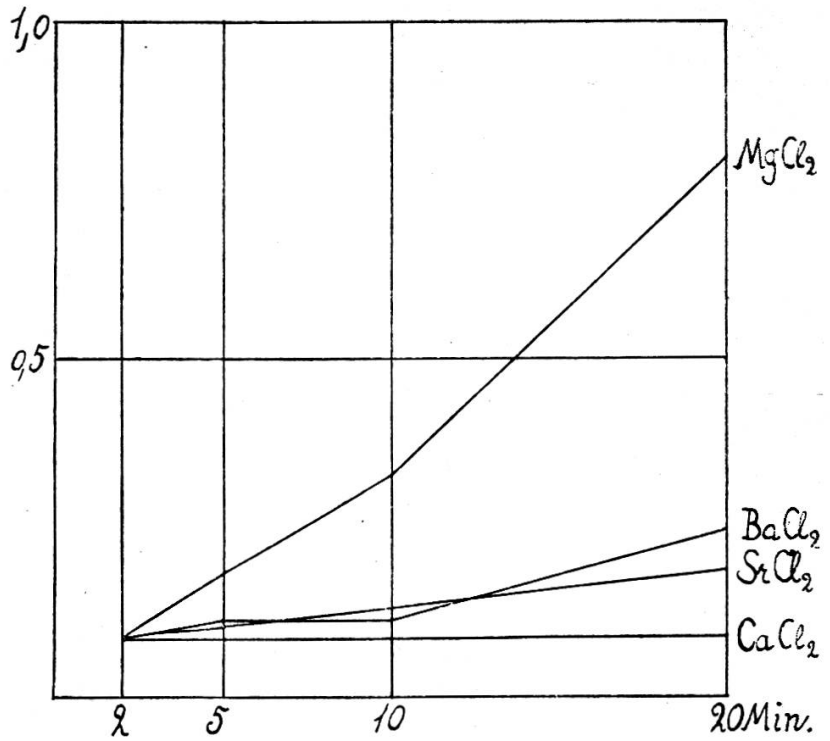

Fig. 4.

Courbes d'absorption de $MgCl_2$, $BaCl_2$, $SrCl_2$, et $CaCl_2$ (Lupinus albus).
Abscisses : Durée de séjour dans les solutions.
Ordonnées : Concentrations plasmolysantes.

Lupinus albus (1915). Racine, région entre le 2me et le 3me millimètre en arrière de l'extrémité, écorce moyenne.

Sel	i [1] (= coefficient isotonique)	μ				Quantité absorbée par minute [2]
		Après 2	5	10	20 minut.	
$CaCl_2$	—	0	0	0	0	0
$SrCl_2$	2,5	0	0,11	—	0,51	0,0049
$BaCl_2$	2.5-2,4	0	0,18	0,17	0,61	0,0087
$MgCl_2$	2,39-2,32-2,23	0	0,48	0,71	0,87	0,0360
NaCl	1.79-1,67	0,47	0,80	—	0,94	0,1440
KCl	1,80-1,74	0,55	0,80	0,92	0,95	0,1620
$Ca(NO_3)_2$	2,42		0	0,17	0,42	0,0048
$Sr(NO_3)_2$	2,42		0,15	0.20	0.41	0.0049
$NaNo_3$	1,65		0,84	0,93	0.96	0,1550
KNO_3	1,65		0.89	0,94	> 0.96	0,1560
Na_2SO_4	2,25		0,59			0,021
K_2SO_4	2,16		0,79			0,081

[1] Calculés d'après les données, dans HAMBURGER, tome I (1902), sur la conductivité électrique.

[2] Voir les tableaux p. 119 et 122.

On voit bien que les différences caractéristiques de perméabilité s'aperçoivent aussi bien par la méthode des coefficients de perméabilité que par la méthode de Fitting. Évidemment on ne peut comparer les chiffres de μ qu'après la même durée de séjour dans les solutions, et il est à remarquer aussi que μ n'est proportionnel à la quantité absorbée que sous certaines conditions. Je veux me borner ici à ces quelques remarques, car, dans un autre travail (1918), je traiterai d'une manière plus précise de la théorie et de la valeur des deux méthodes. Toutefois, les quelques chiffres du tableau que nous venons de dresser, démontrent déjà le peu fondé de l'opinion de Fitting.

Dans la littérature botanique, on trouve quelques indications qui, en somme, ne sont que des confirmations de ce que nous venons de présenter dans ce chapitre. Pour faire mieux ressortir cela, rappelons que les cations favorisent l'entrée des sels dans la série suivante :

$$Ca < Sr < Ba < Mg < Li < Na < K < Rb ,$$

tandis que les anions forment cette série-ci :

$$SO_4 < Cl < NO_3$$
$$Cl < Br , I .$$

Dans un travail entrepris dans le but d'étudier l'adaptation osmotique à la concentration du milieu chez *Aspergillus niger* Pantanelli (1904) a constaté que le temps que met la déplasmolyse dans des solutions isotoniques de différents sels varie comme suit :

Sel	Durée de la déplasmolyse
23 is de KNO_3	2-3 heures
» $NaNO_3$	2-3 »
» NaCl	10-12 »
» $CaCl_2$	24-30 »

Donc le Na favorisait de beaucoup l'entrée en comparaison avec le Ca, et le No_3 l'emportait sur le Cl.

Ruhland (1909), en opérant sur des *Spirogyra* coloriés sur le vivant par une couleur d'aniline et mis dans des solutions salines, arrive à la conclusion que le protoplasme laisse pénétrer

le plus vite les azotates de K et Na, tandis que l'azotate de Ca est absorbé plus lentement. L'entrée des chlorures de K et de Na se faisait un peu plus lentement que celle des azotates, mais plus vite que celle de $CaCl_2$.

Lundegardh (1911) a étudié les racines de *Vicia faba*. Des racines entières sont plongées dans des solutions salines hypertoniques suivant une méthode, dont les détails se trouvent dans le travail original. Dans les solutions il y a d'abord plasmolyse, donc raccourcissement des racines. Puis le sel commence à entrer dans les cellules, donc déplasmolyse et allongement des racines. Lundegardh détermine la durée de la déplasmolyse, c'est-à-dire le temps que met l'allongement, ayant atteint 25 %, pour arriver à 75 %. La concentration étant la même dans les différents sels, la déplasmolyse s'effectuera d'autant plus vite que la perméabilité pour le sel est plus grande. Lundegardh n'est pas arrivé à tirer une conclusion précise de ses expériences, mais quand on les arrange de la façon suivante, on fait ressortir la ressemblance avec ce que j'ai trouvé moi-même:

Sel	Durée de la déplasmolyse
NaCl	∞ minutes
LiCl	200 »
KCl	159 »
$Ca(NO_3)_2$	assez longue »
KNO_3	45 »
NaCl	∞ »
Na_3PO_4	298 »
Na_2SO_4	127 »
NaI	120 »
NaBr	100 »

La position du NaCl reste douteuse, Lundegardh ne trouvant pas de perméabilité pour ce sel. Mais il doit y avoir là une erreur, comme d'ailleurs Lundegardh le remarque lui-même (1911, p. 136/137).

Une méthode inventée par Osterhout (1912) permet de déterminer la résistance qu'un tissu, plongé dans une solution saline, oppose au passage du courant électrique. A la plus petite perméabilité du protoplasme répond la plus grande résistance électrique. Par cette méthode, Osterhout a trouvé que les cel-

lules du thalle de *Laminaria* laissent passer facilement NaCl, LiCl, KCl, RbCl, CsCl et NH_4Cl, que le $MgCl_2$ pénètre plus lentement, et que $CaCl_2$, $SrCl_2$ et $BaCl_2$ ne passent que très lentement (1915, 1916).

Le même auteur, opérant sur des *Spirogyra* (1911), a indiqué que la déplasmolyse se fait très vite dans une solution de CsCl, moins vite dans les KCl et NaCl, et lentement dans le $CaCl_2$.

Quant aux cellules épidermiques de *Tradescantia (Rhœo) discolor,* Fitting (1915) trouve que Na et K entrent à peu près avec la même vitesse, mais que le Li pénètre moins vite. Pour les chlorures et les azotates de Mg, Ca, Sr et Ba, Fitting n'en pouvait pas constater l'entrée dans la cellule. Br se comporta comme le No_3 et le Cl et, en comparaison avec le So_4, favorisait l'entrée.

Nous avons à nous demander maintenant si ces différences de vitesse peuvent nous donner des indications sur le mécanisme de pénétration.

Les substances constitutives du protoplasme se trouvant dans un état colloïdal, le plus naturel serait certainement d'admettre que ce sont les forces d'adsorption qui jouent le rôle principal. Voyons ce qu'il en est et comparons nos résultats expérimentaux aux règles d'adsorption. Les données physico-chimiques servant de base à cette comparaison se trouvent dans Höber (1914).

Nous avions trouvé que l'entrée du sel a été favorisée par les cations dans l'ordre de la série suivante :

$$Ca < Sr < Ba < Mg < Li < Na < K < Rb.$$

Les cations univalents l'emportent ainsi sur les bivalents. C'est contraire à la règle de Hardy qui exprime que les suspensoïdes adsorbent plus fortement les cations bivalents.

Si nous regardons isolément les cations univalents et bivalents, nous arrivons à ceci :

Cations univalents : Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :

Précipitation de sulfure d'arsenic	$Li < Na < K$
» d'albumine alcaline	$Li < Na << K < Rb < Cs$
Absorption par la cellule	$Li < Na < K < Rb$.

Cations bivalents : Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :

Précipitation de sulfure d'arsenic	$Mg < Ca < Sr$
» de lécithine	$Mg < Ca < Sr < Ba$
Absorption par la cellule	$Ca < Sr < Ba < Mg$.

Excepté le Mg, dans chacun des deux groupes, il y a concordance entre la vitesse d'entrée et l'adsorption. Nous pourrions donc conclure de cela, si nous osions négliger la position du Mg, ce qui serait toujours dangereux que, dans chaque groupe, la vitesse d'entrée dépend directement de l'adsorption ; mais alors la différence des deux groupes serait à expliquer autrement.

Les règles physico-chimiques que nous venons d'énumérer se rapportent aux suspensoïdes. Quant aux colloïdes hydrophiles nous ne possédons pas de données aussi précises. Toutefois il est à remarquer que ces colloïdes n'adsorbent les ions des deux catégories qu'avec la même force, et que seuls les précipités dus à l'action des ions univalents sont réversibles.

Les doutes relatifs au rôle principal de l'adsorption sont augmentés encore de beaucoup, si nous apprenons que, par exemple, la saponification des éthers-sels par les alcalis est accélérée comme suit :

$$Li < K < Rb < Cs.$$

Un processus chimique, la formation d'une vraie combinaison chimique des ions avec quelque partie constitutive du protoplasme, pourrait donc aussi bien intervenir que l'adsorption purement physique.

Pour les anions, nous arrivons au même résultat peu satisfaisant :

Anions	Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :
Absorption par la cellule.	$SO_4 < Cl < NO_3$, $Cl < BrI$
Précipitation de $Fe(OH)_3$ (Suspens.)	$Cl < NO_3 < SO_4 <$ Citrate
» d'albumine acide. .	$CH_3COO < Cl < NO_3 < Br < I < SCN$
» » alcaline.	$CH_3COO > Cl > NO_3 > Br > I > SCN$
» de blanc d'œuf et de gélatine.	Citrate-Tartrate $> SO >_4 CH_3COO >$ $Cl > NO_3 > ClO_3 > I > SCN$

Anions	Sont favorisés dans l'ordre de la série suivante :
Diminution de solubilité de CO, N_2O, H etc.	$SO_4 > Cl > Br > I > SCN$
Augmentation du frottement intérieur de l'eau.	$SO_4 > Cl > NO_3, Br > I$
Augmentation de la tension superficielle de l'eau	$SO_4 > Cl > NO_3 > Br > I > SCN$
Saponification des éthers-sels . .	$SO_4 > CH_3COO > Cl > Br > NO_3 > I$.

Nous sommes donc amené à la conclusion que le mécanisme d'entrée des sels reste à élucider. La solution de cette question dépendra autant des progrès de la chimie physique que de nouvelles expériences physiologiques. Mais, en tout cas, la comparaison que nous venons de faire montrera que le mécanisme d'entrée est plus compliqué qu'on ne le pense au premier abord.

Je pense que l'hypothèse qui classe ces phénomènes d'entrée des sels parmi les ripostes répond par cela à cette complication. Quelque facteur extérieur, irritant le protoplasme vivant, y provoque une réaction. Les moyens par lesquels le protoplasme exécute cette réaction sont de nature physique et chimique. L'irritation libère dans le protoplasme des énergies jusqu'alors à l'état potentiel, ou dirige des énergies dans de nouvelles voies. Il y aura ainsi tout un jeu de forces qui aboutit à accomplir une réaction bien définie. Dans notre cas spécial, il se pourrait très bien que les forces d'adsorption entrent en jeu ; mais cela ne suffirait point. En effet, si l'on admet l'adsorption des ions à la surface de la membrane plasmique, cela n'expliquerait quand même pas la déplasmolyse. Pour que la cellule soit déplasmolysée, il faut que les ions traversent le protoplasme et arrivent dans la vacuole. Les ions adsorbés par les particules de la surface du protoplasme devraient donc être transportés par un mécanisme quelconque à travers le protoplasme pour être expulsés dans le suc cellulaire.

Conclusions.

1. Les sels, dans les solutions hypertoniques, sont absorbés d'abord avec une vitesse constante, caractéristique pour chaque sel. Une fois une certaine quantité de sel absorbée, la vitesse

d'entrée diminue de plus en plus. Dans la première partie de la courbe d'absorption, il y a proportionnalité entre la concentration et le temps, dans la seconde partie il y a proportionnalité entre la concentration et le logarithme du temps.

2. L'entrée des sels à travers le protoplasme vivant, ne suit pas la loi de diffusion de Fick.

3. Les différences de vitesse d'entrée dépendent autant de la qualité du cation que de celle de l'anion. Dans un même groupe chimique, il y a concordance entre l'influence d'un ion sur la vitesse d'absorption et sa position dans le système périodique des éléments.

4. Les faits expérimentaux peuvent être reliés par cette hypothèse-ci: Les sels irritent le protoplasme qui répond par le transport à son intérieur du sel. Pendant l'exécution de cette réaction, des changements de nature inconnue arrivent dans le protoplasme, changements qu'on peut désigner par le mot de fatigue. Cette fatigue, en s'accroissant, suit la loi de Weber.

BIBLIOGRAPHIE

BAUMANN et GULLY, Untersuchungen über die Humussäuren, 2, *Mitt. d. k. bayr. Moorkulturanstalt*, 1910, Heft 4.

CZAPEK, F., Ausblicke auf biologische Adsorptionserscheinungen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 56, 1915, p. 84-111.

FITTING, H., Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 56, 1915, p. 1-64.

ID., Untersuchungen über isotonische Koeffizienten, etc. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 57, 1917, p. 553-612.

HAMBURGER, H. J., Osmotischer Druck und Jonenlehre in den medizinischen Wissenschaften, tome I, Wiesbaden, 1902.

HANSTEEN-CRANNER, Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen, III. Beiträge zur Biochemie und Physiologie lebender Zellen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 53, 1914, p. 536-598.

HÖBER, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, 4me édition, Leipzig, 1914.

LUNDEGARDH, H., Über die Permeabilität der Wurzelspitzen von Vicia faba unter verschiedenen äusseren Bedingungen. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 47, 1911, N° 3, p. 1-254.

MAGOWAN, Fl., The toxic effect of certain common salts of the soil on plants, *Bot. Gazette*, 45, 1908, p. 45-49.

MASSART, J., Essai de classification des réflexes non nerveux. *Recueil de l'institut botanique, Université de Bruxelles*, 5, 1902, p. 297-345.

NATHANSOHN, A., Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von Dahlia, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 39, 1904, p. 607-644.

ODÉN, S. Zur Frage der Acidität der Zellmembranen, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, 34, 1916, p. 648-660.

OSTERHOUT, W. J. V., On the importance of physiologically balanced solutions for plants, *Bot. Gazette*, 42, 1906, p. 127-134.

ID., The antagonistic action of magnesium and potassium, *idem*, 45, 1908, p. 117-124.

ID., Die Schutzwirkung des Natriums für Pflanzen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 46, 1909, p. 121-136.

ID., The permeability of living cells to salts and balanced solutions. *Science*, N. S., 34, 1911, p. 181-189.

ID., The permeability of protoplasme to ions and the theory of antagonism, *Science*, N. S., 35, 1912, p. 112.

ID., Extreme alterations of permeability without injury, *Bot. Gazette*, 59, 1915, p. 242-253.

ID., On the decrease of permeability due to certain bivalent kations, *idem*, 59, 1915, p. 317-330.

ID., The effect of some trivalent and tetravalent kations on permeability, *idem*, 59, 1915, p. 464-473.

ID., Reversible changes in permeability produced by electrolytes, *Science*, N. S., 36, 1916, p. 350-352.

OVERTON, E., Über die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzen- und Tierzelle, *Vierteljahresschrift d. naturf. Ges. Zürich*, 40, 1895, p. 1-43.

ID., Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie, *idem*, 41, 1896, p. 383-406.

ID., Über die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der Zelle, ihre vermutlichen Ursachen und ihre Bedeutung für die Physiologie, *idem*, 44, 1899, p. 88-135.

ID., Studien über die Aufnahme der Anilinfarben durch die lebende Zelle, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 34, 1900, p. 669-701.

PANTANELLI, E., Zur Kenntnis der Turgorregulation bei Schimmelpilzen, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 40, 1904, p. 303-367.

PFEFFER, W., Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize, *Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen*, 1, 1881-1885 (Heft 3, 1884), p. 363-482.

ID., Über die Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen, *idem*, 2, 1886-1888, p. 179-329.

RUHLAND, W., Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 46, 1909, p. 1-54.

ID., Studien über die Aufnahme von Kolloiden durch die pflanzliche Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 51, 1912, p. 376-431.

ID., Weitere Beiträge zur Kolloidchemie und physikalischen Chemie der Zelle, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 54, 1914, p. 391-447.

RYSSELBERGHE, Fr. van, Influence de la température sur la perméabilité du protoplasme vivant pour l'eau et les substances dissoutes, *Recueil de l'institut botanique, Université de Bruxelles*, 5, 1902, p. 209-249.

SKENE, M., The acidity of Sphagnum and its relations to chalk and mineral salts, *Annals of Botany*, 29, 1915, p. 65-86.

SZÜSS, J., Studien über Protoplasmapermeabilität. Über die Aufnahme der Anilinfarben durch die lebende Zelle und ihre Hemmung durch Elektrolyte, *Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss., Wien, math.-nat. Klasse*, 119, Abt. I, 1910, p. 737-773.

TROENDLE, A., Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 48, 1910, p. 171-282.

ID., Untersuchungen über die geotropische Reaktionszeit und über die Anwendung variationsstatistischer Methoden in der Reizphysiologie, *Nouveaux Mémoires de la Société helvétique d. sc. naturelles*, 51, 1915, p. 1-83.

ID. Über die Permeabilität der Wurzelspitze für Salze, *Actes de la Soc. helvétique d. sc. nat.*, 97me session, 1915, 2me partie, p. 203-205.

ID., Über den Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabilitätskoeffizienten. *Vierteljahresschrift d. Naturf. Ges. in Zürich*, 63, 1918.

DE VRIES, H., Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 14, 1884, p. 427-601.

WIELER, Die Acidität der Zellmembranen, *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, 30, 1912, p. 394-406.