

Zeitschrift: Bulletin de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 23 (1930-1931)

Artikel: Variation de l'acidité actuelle dans les feuilles de quelques Crassulacées alpines
Autor: Czech, Hella
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099542>

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: 19.04.2026

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

Variation de l'acidité actuelle dans les feuilles de quelques Crassulacées alpines*

par

D^r Hella CZECH

Les variations de l'acidité dans les feuilles des plantes grasses sont connues depuis le temps de TH. DE SAUSSURE. Au cours des expériences que le savant genevois fit sur le métabolisme des végétaux, il avait remarqué que, pendant la journée, les branches de l'*Opuntia vulgaris* dégageaient de l'oxygène, même dans une atmosphère dépourvue de gaz carbonique ; ces mêmes plantes absorbent pendant la nuit de l'oxygène sans rejeter une quantité correspondante d'acide carbonique. TH. DE SAUSSURE pensait que ce gaz acide s'emmagasinait pendant la nuit et se décomposait dès l'apparition de la lumière. En 1819, B. HEYNE, observa que les feuilles de *Bryophyllum calycinum* avaient un goût fortement acide le matin ; cette saveur disparaissait au cours de la journée. Le même fait fut ensuite vérifié pour d'autres plantes grasses. En 1875, A. MEYER déterminait par des mesures titrimétriques la quantité d'acide formée et en 1878 il identifiait l'acide isomalique comme substance acide principale des tissus de Crassulacées.

Jusqu'à cette époque, l'on ne songeait guère à mettre les variations quotidiennes de la teneur en acide en relation avec les phénomènes respiratoires.

* Cette étude a été faite sur le conseil et sous la direction de M. le prof. F. CHODAT.

La respiration est une combustion des substances ternaires aux fins de libérer l'énergie nécessaire à la vie végétale. C'est *l'étude chimique* des oxydations subies par les différents combustibles offerts à la plante (sucres, hydrates de carbone, huiles, etc.) et des produits de cette combustion lente (CO_2 en particulier) qui a permis de *rattacher la formation des acides* organiques au cycle respiratoire.

WARBURG trouva que la disparition de l'acidité à la lumière a lieu chez toutes les plantes munies de dispositifs spéciaux de nature à diminuer la transpiration ; il prouva en outre que ce procès n'a lieu que dans les tissus contenant de la chlorophylle. Il établissait ainsi une relation entre ce phénomène et celui de l'assimilation.

Des recherches systématiques sur la physiologie des plantes grasses ont été faites par E. AUBERT. Il trouve que le suc cellulaire des Crassulacées contient surtout de l'acide isomalique. Les jeunes rosettes de *Sempervivum* renferment une faible proportion d'acide malique ; quand elles se développent, la quantité d'acides va croissant, surtout dans les feuilles périphériques. AUBERT attribue ce fait, non à l'état de développement, mais surtout à la quantité de chlorophylle contenue dans la partie centrale (jeune) et périphérique de la rosette. La répartition des acides organiques chez une même plante dans ses divers organes et dans les diverses parties d'un même organe, est aussi en accord avec le développement de la chlorophylle, ce qui démontre une relation étroite entre la formation de ces acides et l'assimilation. Il y a en outre une relation entre la turgescence et la transpiration des plantes grasses et leur teneur en acides organiques, en ce sens que les acides organiques facilitent l'absorption de l'eau et qu'ils retardent la transpiration. La courbe de l'eau transpirée présente un minimum correspondant à un maximum de la courbe d'acide malique contenue dans les mêmes régions.

En fait, l'assimilation ne paraît intervenir que dans la mesure où elle fournit des substances ternaires destinées à la combustion respiratoire. Les recherches de WEHMER ont montré que l'*Aspergillus niger* formait de l'acide oxalique comme produit incomplet de la combustion des hydrates de carbone. D'autre part, l'on sait que certains acides organiques tels que l'acide tartrique, l'acide malique ou citrique, peuvent servir de source de carbone pour la respiration des mêmes champignons.

MANGIN, par une ingénieuse expérience d'injection d'acides organiques dans les tissus de feuilles maintenues à l'obscurité, augmente le dégagement de gaz carbonique de ces feuilles. Si nous rapprochons ces deux sortes d'observations : 1° fermentation par oxydation partielle (oxalique, citrique : WEHMER; gluconique : MOLLIARD), 2° combustion des acides organiques en CO_2 , nous pouvons considérer les acides organiques à la fois comme des produits d'oxydation des sucres et comme des matières de départ oxydables en gaz carbonique. En un mot, ce sont des produits intermédiaires de la respiration.

On s'est demandé s'il ne s'agit pas d'un phénomène général et si les acides gras, en particulier, ne jouaient pas un rôle important dans le phénomène respiratoire. Les sucres donneraient par oxydation tout d'abord naissance aux acides organiques et ce seraient ces derniers qui, en se décomposant, aboutiraient à un dégagement de gaz carbonique.

Durant la nuit, l'oxydation du sucre chez les plantes grasses est incomplète ; elle amène à la formation puis, à l'accumulation des acides organiques ; ce n'est que durant le jour que certains facteurs oxydants liés (?) aux radiations lumineuses ou à leurs effets dans les tissus, achèvent l'oxydation des acides organiques en CO_2 .

Les dernières investigations sur les plantes grasses datent de 1920 (BRAUNHOFER et ZELLNER, études sur la chimie de ces plantes) et de 1926, époque à laquelle A. MAYER a de nouveau insisté sur son opinion, à savoir que, dans ces végétaux, les acides organiques ne sont pas transformés en acide carbonique à la lumière, mais qu'ils sont directement utilisés dans la photosynthèse.

Ces fluctuations ont été jusqu'à présent enregistrées par les méthodes titrimétriques qui nous renseignent sur la teneur en acide des tissus étudiés.

Il nous a paru intéressant de suivre ces fluctuations au moyen de l'évaluation de l'acidité actuelle, exprimée par ses valeurs logarithmiques pH. Certes, cette méthode n'est pas capable, au même degré que la méthode titrimétrique, de constituer le bilan des oxydations, car il est difficile de mesurer par le pH, la concentration moléculaire d'un acide, surtout quand ce dernier est mêlé à des substances tampons de nature saline et protidique.

Par contre, la connaissance du pH à l'intérieur des tissus présente certains avantages au point de vue biologique, avantages que n'offre pas la méthode titrimétrique.

Ces mesures, pour présenter un intérêt, doivent être effectuées si possible sur le jus exprimé d'une seule feuille ou de quelques feuilles appartenant à une même plante. Elles comportent donc, pour les Crassulacées en observations, une quantité très faible de liquide à mesurer et ne sont possibles que grâce à l'emploi de microcomparateurs capillaires pour l'estimation du pH ; au moyen des appareils fournis par la Maison Hellige, on peut estimer l'acidité actuelle d'une seule goutte du jus de plante.

I. Mesures du pH des sucres cellulaires de feuilles cueillies à différentes époques de maturité.

Table des mesures

Plante	Heure	Jeune	Moyenne	Agée
<i>Sempervivum arachnoideum.</i>		4,1	4,5	4,3
		4,3	4,5	4,3
		4,3	4,3	4,3
	II (obscurité)	—	—	4,5
	18.	4,3	4,5	4,4
<i>S. arachnoideum</i> × <i>S. tectorum</i>		—	—	4,4
<i>S. arachnoideum</i> × <i>S. montanum</i>	17	4,3	4,5	4,3
<i>S. montanum</i>		4,3	4,5	4,3
		4,1	4,3	4,5
	17	—	4,5	4,3
<i>S. tectorum</i>	18	—	—	4,5
<i>Sedum anacampseros</i> ..		4,3	4,5	4,3
		4,5	4,7	—
		4,5	4,7	4,5
<i>Sedum album</i>		4,4	4,5	4,3
<i>Sedum rupestre</i>		4,3	4,5	4,3

Cette table nous montre que, suivant les phases du développement, le pH des sucres cellulaires des feuilles varie dans des limites appréciables et assez constantes. C'est au moment de la floraison que l'on

enregistre la plus faible acidité actuelle ; on peut interpréter ce minimum en disant que c'est aussi l'époque des respirations les plus intenses (v. les courbes de RISCHAVI, signalées par MOLLIARD, dans l'ouvrage : *Nutrition de la plante*, O. DOIN, édit., Paris ; germination et floraison, les deux époques où l'intensité respiratoire est maximale). On pourrait encore faire la supposition que c'est à cette période que le pouvoir tampon des substances accompagnant le suc vacuolaire est le plus fort ; il y aurait ainsi, non pas une augmentation réelle de l'acidité, mais une action tampon plus fortement exercée. Cette interprétation impliquerait la solubilisation de protides à l'époque de la floraison.

Il faut remarquer d'autre part, que le pH des feuilles jeunes et âgées est à peu près le même : il y a aussi, bien entendu, des variations suivant les genres et les espèces auxquels on s'adresse. Nous concluons en disant que l'époque de maturité est caractérisée par un minimum d'acidité actuelle.

Chose intéressante, ces différences en fonction de l'âge se maintiennent si l'on expérimente avec des plantes qui ont été conservées dans des conditions satisfaisantes mais à l'obscurité. Ni le lieu d'origine de ces plantes (sous-bois, clairière, platebande) ni le moment où l'on a cueilli les plantes, ne paraissent masquer ou troubler les valeurs signalées.

II. *Pouvoir réducteur des sucs cellulaires.*

Pour caractériser les 3 étapes de la vie physiologique de ces Crassulacées, état jeune, c'est-à-dire avant que les fleurs soient ouvertes, en floraison et après la floraison (fleurs fanées et feuilles souvent flétries), nous avons fait une enquête sur le pouvoir réducteur présenté par les sucs de divers échantillons aux divers âges précités :

Quelques mesures furent exécutées par la méthode de Fehling. Le réactif est dilué, de sorte que 20 cm³ de la solution Fehling correspondaient à 0,00125 g. de saccharose. Le jus des plantes fut allongé avec une quantité d'eau correspondant à son volume (dilution 1 : 2).

Les chiffres de sucre correspondent aux quantités de cm³ nécessaires pour décolorer 1 cm³ de la solution de Fehling.

Plante	Jeune	Moyenne	Agée
<i>S. montanum</i>	0,12	0,14	0,09
id.	0,10	—	0,09
	—	0,19	—
id.	0,14	0,18	—
	—	0,20	0,15
od.	0,12	0,18	0,10
<i>S. tectorum</i>	0,15	0,20	0,15
<i>S. tectorum</i> × <i>S.</i>	0,10	0,20	0,16
<i>arachnoideum</i> ...	0,10	0,21	0,12
	,	0,15	—

Nous n'attacherons pas une importance exagérée à ces chiffres qui constituent une documentation préliminaire. Il ressort cependant qu'en moyenne, les jus des plantes en floraison accusent les taux les plus faibles en substances réductrices. Sans doute, la mise en évidence de principes réducteurs est-elle plus difficile à ce stade de maturité. Le sucre est alors rapidement consommé par l'intense respiration.

III. *Variations journalières.* Nos mesures de l'acidité actuelle fournissent des résultats parallèles à ceux fournis par les méthodes titrimétriques jusqu'à présent employées : l'acidité est plus élevée de nuit que de jour.

<i>Sempervivum Laharpi</i> ¹				
Date	pH		Sucre	
	Matin	Soir	Matin	Soir
14. VIII	4,1	—	0,12	—
15. VIII	—	4,5	—	0,16
17. VIII	4,3	4,5	0,10	0,18
18. VIII	4,3	4,7	0,10	0,12
19. VIII	4,3	4,7	0,12	0,15
20. VIII	4,3	4,5	0,10	0,15

¹ *S. Laharpi* = forme rupicole du *S. ruthenicum*.

Cette table nous donne les mesures effectuées sur une même plante vivant au jardin ; les mesures faites le matin sont réalisées avant que les rayons du soleil soient tombés sur la colline, c'est-à-dire aux environs de 6 à 7 heures. Les oscillations du pH sont constantes pour les jours observés, avec un écart de 0,2 à 0,4 unité pH par jour. Il faut rappeler ici que chaque 3/dixièmes d'unité pH correspond à un doublement du nombre absolu des ions hydrogène libre. Il y aura lieu, dans une prochaine campagne, de mettre l'ordre de grandeur de la fluctuation quotidienne en rapport avec les conditions thermiques et lumineuses.

Des mesures préliminaires de la quantité de substances réductrices dans ces mêmes feuilles aux mêmes instants sont figurées dans la table ci-dessus, en regard des valeurs de l'acidité actuelle.

Ces chiffres représentent les fractions de cm³ de jus cellulaire nécessaire pour décolorer un cc. de solution de Fehling.

Nous voyons donc, par ces premières recherches, que le matin, quand il y a beaucoup d'acides accumulés au cours de la nuit, c'est encore le moment où il y a le plus de substances réductrices (sucre).

Peut-être la consommation de principes réducteurs (sucre) est-elle moins forte quand les acides organiques sont encore présents ? Le soir, après l'activité respiratoire diurne, le taux des substances réductrices a diminué.

IV. Variation journalière du titre acide.

<i>Sempervivum rubicundum</i> Schur		
Date	Matin	Soir
19. VIII	—	6,9 cm ³
20. VIII	16,3	5,5
21. VIII	17,3	5,4

On voit dans cette table que, du matin au soir, il y a une diminution importante des acides. La saison trop avancée ne nous a pas

permis de continuer les mesures titrimétriques, car il devenait impossible en ce moment de récolter un nombre suffisant d'échantillons jeunes et moyens.

V. *Examen du pouvoir tampon de ces liquides.*

L'action tampon des jus de différents âges a aussi été déterminée par la méthode micro-colorimétrique, en comparant le pH naturel du jus avec le pH modifié par l'addition de NaOH n/10 ou d'HCl n/10.

Table I : 2 cm³ de jus, 1/2 cm³ de la soude ou de l'acide.

Table II : 2 cm³ de jus, 1 cm³ de la soude ou de l'acide.

Effet tampon : Table I

<i>Sempervivum tectorum L.</i>									
	pH	Jeune	Tampon	pH	Moyenne	Tampon	pH	Agée	Tampon
jus normal.		4,2			4,5			4,7	
+ n/10 NaOH.	4,5		0,3	4,7		0,2	5,1		0,4
+ n/10 HCl	3,9		0,3	4,5		0	4,7		0
<i>Sempervivum Laharpi</i>									
jus normal.		4,3			4,3			4,7	
+ n/10 NaOH.	4,7		0,4	4,7		0,4	5,1		0,4
+ n/10 HCl	3,9		0,4	4,3		0	4,7		0
<i>Sempervivum tectorum L.</i>									
jus normal.					4,3			4,7	
+ n/10 NaOH.	4,7			4,7		0,4	5,1		0,4
+ n/10 HCl	4,0			4,3		0	4,7		0

Table II :

<i>Sempervivum hirtum Jacq.</i>				<i>Sempervivum hirtum Jacq.</i>		
	pH	Jeune	Tampon	pH	Moyenne	Tampon
jus normal.		4,1			4,3	
+ n/10 NaOH.	4,7		0,6	4,9		0,6
+ n/10 HCl	3,9		0,2	4,1		0,2
<i>Sempervivum admontensis</i>				<i>Sempervivum hirtum Jacq.</i>		
jus normal.		4,2			4,3	
+ n/10 NaOH.	5,1		0,9	4,9		0,6
+ n/10 HCl (Bouton tout jeune)	3,9		0,3	4,1		0,2
<i>Sempervivum Heuffelii Schott</i>				<i>Sempervivum Laharpi</i>		
jus normal.		4,3			4,3	
+ n/10 NaOH.	4,7		0,4	4,7		0,4
+ n/10 HCl	4,1		0,2	4,1		0,2
<i>Sempervivum tectorum L.</i>				<i>Sempervivum Laharpi</i>		
jus normal.		4,3			4,3	
+ n/10 NaOH.	5,1		0,8	4,7		0,4
+ n/10 HCl (Bouton tout jeune)	3,9		0,4	4,1		0,2

On peut résumer les documents fournis par ces deux tables de la manière suivante : « Tous ces jus cellulaires sont relativement peu tamponnés contre l'action des alcalis. Ils exercent une action tampon beaucoup plus marquée, sauf un cas de très jeune échantillon, contre les acides. Cette constatation fait supposer l'existence de principes à fonction basique chez les plantes moyennes et vieilles. Il semble, d'autre part, qu'il n'y ait pas dans les jus cellulaires des principes acides fonctionnant comme tampons directs contre l'alcalinisation. Des principes agissant contre l'acidification ne se trouvent que chez des plantes moyennes et vieilles. »

Ajoutons, pour terminer, que nous avons fait une analyse isoélectrique de l'acidité des jus en expérience en les précipitant par l'alcool à 95°. On trouve, en effet, que ce sont les jus de l'époque de la floraison qui flocculent le plus facilement. Les jus de ces plantes ont une réaction plus voisine que les autres de la réaction caractérisant le point isoélectrique des albumines (pH = 4,7).

Dans le même ordre d'idée, signalons le fait qu'en chauffant le suc avec la solution de Fehling, les vieux jus se sédimentaient vite et très nettement, tandis que les autres donnaient un résidu colloïdal qui sédimentait avec difficulté. Il y a donc dans les jus des jeunes feuilles de *Sempervivum* une substance mucoïde (pectine, p. e.) qui leur donne une viscosité appréciable. Ce principe disparaît dans les feuilles plus âgées. Il est difficile de séparer ce phénomène purement chimique (existence d'une matière et de sa consommation) du phénomène purement physico-chimique de la viscosité qui est une fonction du pH.

CONCLUSIONS

I. Il y a une variation du pH dans les feuilles des Crassulacées de différents âges.

II. La mesure du pH confirme l'existence d'une variation diurne et nocturne de l'acidité dans les feuilles, déjà connue par les mesures titrimétriques.

Ce premier essai nous a montré que la méthode du micro-pH peut bien être utilisée pour suivre les variations du métabolisme des Crassulacées. Plus tard, ces variations devront être mises en relation avec les phénomènes de l'assimilation et de la transpiration.

III. La quantité de substances réductrices dans ces feuilles varie avec l'âge.

IV. L'action tampon des sucres cellulaires est faible vis-à-vis des bases, plus marquée vis-à-vis des acides. Ce pouvoir tampon varie avec l'âge.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT. — Recherches sur la turgescence et la transpiration des plantes grasses. Annales des Sciences naturelles, VII, série, 1892, vol. 16, p. 1.
- BRAUNHOFER u. ZELLNER. — Zur Chemie der Sukkulente. Zeitschrift für physiologische Chemie 1920, vol. 109, p. 12.
- CHODAT, F. — Sur l'importance des points isoélectriques dans la préparation et l'activité des ferments. Compte rendu de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève, vol. 44 (1927) No 1.
- CZAPEK. — Biochemie der Pflanzen, 1913. vol. 1, p. 525.
- HEYNE. — Jahrbücher der Gewächskunde Sprengel, Schrader u. Link 1819, Heft 2, p. 70.
- MAYER. — Landwirt. Versuchstat. 1875 ; 1878, 21, 298 ; 1884, 30, 217 ; 1900, 51, 336.
Sauerstoffabscheidung aus Sukkulente bei Abwesenheit von CO². Jahrb. für wissenschaftl. Bot. 1926, vol. 65, p. 636.
- MOLLIARD, R. — Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires. O. Doin, Ed., Paris,
- SAUSSURE, Th. DE — Recherches chimiques sur la végétation, 1804,
- WARBURG. — Untersuchungen aus dem bot. Institut Tübingen. 1886, vol. II, p. 75.
- WEHMER. — Pflanzenstoffe, 1929, p. 421-422.