

Zeitschrift: Saussurea : journal de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 25 (1994)

Artikel: Investigation par HRMN du mouvement foliaire du haricot
Autor: Kayali, Saad / Lenk, Rudolf / Greppin, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099151>

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: 16.04.2026

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

Investigation par $^1\text{HRMN}$ du mouvement foliaire du haricot

SAAD KAYALI
RUDOLF LENK
&
HUBERT GREPPIN

RÉSUMÉ

KAYALI, S., R. LENK & H. GREPPIN (1994). Investigation par $^1\text{HRMN}$ du mouvement foliaire du haricot. *Saussurea* 25: 83-87. En français, résumés français et anglais.

Les poids frais et sec, ainsi que le temps de relaxation spin-réseau (T_1) et le spectre $^1\text{HRMN}$ de pulvini du haricot ont été déterminés dans deux situations extrêmes du rythme de la feuille: acrophase et bathyphase. La dynamique moléculaire de l'eau est plus restreinte en acrophase (feuille horizontale) et particulièrement dans la face inférieure du pulvinus, siège d'une activité importante des pompes à protons membranaires. L'élargissement des spectres $^1\text{HRMN}$ est plus marqué à l'état relaxé (feuille verticale), de même que dans la partie supérieure du pulvinus.

ABSTRACT

KAYALI, S., R. LENK & H. GREPPIN (1994). $^1\text{HRMN}$ investigation of the leaves bean motion. *Saussurea* 25: 83-87. In French, French and English abstracts.

Fresh and dry weights as spin-lattice relaxation time (T_1) and $^1\text{HNMR}$ spectrum of bean pulvini have been determined in two extreme situations of the leaves rhythm: acrophase and bathyphase. The water molecular dynamics is more restricted in acrophase (horizontal leaves) and particularly concerning the lower pulvinus face, where an important activity of the membranes proton pumps is occurring. The $^1\text{HNMR}$ spectrum broadening is more important at the relaxed state (straight down leaves) and in the upper part of the pulvini.

Introduction

Le mouvement circadien des feuilles et, en particulier celui du haricot, est bien connu (BÜNNING, 1973, 1975; SATTER & GALSTON, 1981; DEGLI AGOSTI & al., 1981, 1989, 1990; KAYALI & GREPPIN, 1993). Celui-ci est la résultante d'une déformation dynamique hydraulique issue du jeu d'un gradient osmotique et de contre-pressions des parois cellulaires entre la face inférieure (abaxiale, extensor) et supérieure (adaxiale, flexor) d'organes moteurs spécialisés du pétiole: les pulvini. La fluctuation périodique

et différentielle de la pression osmotique est contrôlée par des pompes à protons (ATPases membranaires) qui énergétisent le transport circadien du K^+ vers la face inférieure pour ériger (acrophase) la feuille (le Cl^- accompagnant le flux de potassium); l'équilibre osmotique tend à se rétablir entre les deux faces lors de la relaxation de la pompe et de la feuille (bathyphase). Le biopotential du plasmalemme est simultanément modulé (dépolérisation, repolarisation) en conséquence (SATTER & GALSTON, 1981; GALSTON, 1983; DEGLI AGOSTI & al., 1989). La capacité de contrôle dépend essentiellement des pompes de la face inférieure (EDMUNDS, 1988).

La $^1\text{HRMN}$ est une technique non invasive susceptible de nous informer sur l'état de l'eau dans la feuille lors de son mouvement (FRANCKS, 1972; LENK & al., 1979, 1981; 1987; LENK, 1993). Nous l'avons donc utilisée, mesurant le temps de relaxation spin-réseau (T_1) et le spectre RMN dans deux situations extrêmes de la feuille: acrophase et bathyphase du rythme circadien.

Matériel et méthodes

Des graines de *Phaseolus vulgaris* L., cv. Blanc de juillet sont semées dans de la vermiculite (1 plante par pot) et arrosées trois fois par semaine avec une solution nutritive Sinesol 237 à 1‰. La température est de $20^\circ\text{C} \pm 0.5$ et l'humidité relative de $75\% \pm 10$. Le régime lumineux est de 12 heures de lumière blanche (tubes luminescents Sylvania de 40 W: 4500 lux) suivis de 12 heures d'obscurité. Les plantes cultivées dans un phytotron, puis dans un dispositif *ad hoc* (KAYALI & GREPPIN, 1993) sont utilisées à l'âge de 24 jours.

Les prélèvements des pulvini sont faits quelques heures après le début du jour: limbe à l'horizontale (acrophase), pulvini dressés vers le haut et tout au début de la phase obscure (bathyphase): limbe à la verticale, pulvini courbés vers le bas.

Sitôt excisés, les organes moteurs entiers ou sectionnés en deux moitiés (abaxiale et adaxiale) sont colmatés avec de la graisse de silicone et pesés dans des tubes fermés. Le poids sec est obtenu après déshydratation dans une étuve à 95°C pendant 24 heures.

Pour la mesure $^1\text{HRMN}$, nous plaçons les pulvini dans des tubes RMN de 5 mm de diamètre. Comme témoin, nous utilisons de l'eau et des solutions de KCl de 0.1M à 0.6M. Les spectres $^1\text{HRMN}$ sont mesurés sur un spectromètre Perkin-Elmer-Hitachi à 60 Mhz. Le temps de relaxation T_1 est déterminé sur un appareil "home made" déjà décrit (DEGLI AGOSTI & al., 1992). Cette mesure (25 Mhz) est obtenue par la méthode de "Inversion-recovery", grâce à la séquence de deux impulsions des radio-fréquences: $180^\circ-t-90^\circ$, où t est l'intervalle entre deux impulsions (LENK, 1993). Les expériences ont été répétées six fois sur des lots de 15 plantes.

Résultats

La tableau 1 résume les données mesurées sur les pulvini dans deux positions extrêmes: érigées ou relaxées. Le poids sec ne variant presque pas, c'est donc l'eau et la pression osmotique (potassium) qui sont responsables des phénomènes. L'expression en % des paramètres, lors de la variation d'état, est fort différente selon la nature du facteur et la référence utilisée.

L'augmentation de la concentration en eau lorsque l'organe est turgescent et érigé est accompagnée par une diminution du temps de relaxation spin-réseau et de la variation

Tableau 1. - Mesures en acrophase (turgescence) et bathyphase des pulvini du haricot: poids frais, poids sec, T_1 (entre parenthèses, valeurs minimale et maximale). Les variations sont exprimées en % de l'acrophase et de la bathyphase. La variation de l'entropie de fluctuation est calculée, selon LENK (1993).

Paramètres	Acrophase (jour)	Bathyphase (nuit)	
Poids frais min.-max.	12.9 ± 0.1 mg (11.9 - 14.0)	6.9 ± 0.3 mg (5.7 - 7.7)	
Variation	+ 6 mg (186%)	- 6 mg (- 53%)	
Poids sec min.-max.	1.0 ± 0.05 mg (0.8 - 1.2)	0.9 ± 0.06 mg (0.8 - 1.0)	
Variation	~ 0	~ 0	
T_1	457 ± 14 ms	543 ± 14 ms	
Min.-max.	(352 - 641)	(444 - 730)	
Variation	- 86 ms (- 15%)	+ 86 ms (+ 18%)	
% eau	92.3%	86,6%	
Min.-max.	(91.1 - 93.5)	(86.0 - 88.5)	
Variation	+ 5.7%	- 5.7%	
$\left(\frac{T_{1A}}{T_{1B}}\right)^2$	- $\Delta S : 0.70$	$\left(\frac{T_{1B}}{T_{1A}}\right)^2$	+ $\Delta S : 1.5$
90 plantes; T_1 eau 25°C ~ 3.5 sec.			

d'entropie de fluctuation des protons; celle-ci augmentant lors de la relaxation de l'organe (position de la feuille vers le bas).

Les mesures faites sur la moitié supérieure (adaxiale) et inférieure (abaxiale) du même pulvinus, en acrophase ou bathyphase, mettent en évidence un gradient de concentration d'eau entre les deux parties, la valeur la plus élevée étant dans la moitié inférieure (la plus active pour la pompe à protons): le gradient étant particulièrement élevé lors de l'acrophase, beaucoup plus faible en bathyphase. Enfin, la valeur de T_1 , en acrophase, est plus élevée dans la moitié supérieure (adaxiale) qu'inférieure (variation de 30 à 40 ms du T_1).

L'analyse spectrale en ¹HRMN montre que l'intégrale des spectres est plus importante en acrophase qu'en bathyphase (concentration en eau plus forte). La largeur de bande est plus forte en bathyphase de même que le nombre de doublets. Lors de l'examen spectral en acrophase de la moitié inférieure et supérieure du pulvinus, on observe que la largeur de bande est nettement plus grande dans la face supérieure de même que l'apparition de doublets; en bathyphase, les deux faces sont à peu près semblables: élargissement de la bande spectrale et apparition de doublets. La largeur de bande est de 0.5 ppm sur la face inférieure (acrophase) et de 1 à 2 ppm sur la face supérieure des pulvini.

Discussion

La variation observée de T_1 entre les deux positions extrêmes des pulvini correspond, en équivalent KCl, à une fluctuation de 318 mM (27 ms de variation de T_1 pour 100 mM, entre 0.1 et 0.6 M de KCl). La même comparaison faite, lors de l'acrophase, entre le T_1 de la face inférieure et celui de la face supérieure des pulvini donne une fluctuation de 148 mM en équivalent KCl. Cette différence entre la situation à la lumière, par rapport à l'obscurité, peut être attribuée, en partie, à l'effet général de la photosynthèse sur le métabolisme des cellules à la lumière provoquant un flux ionique général plus important qu'à l'obscurité, d'où un plus grand contrôle de la dynamique des molécules d'eau dont les degrés de liberté sont plus restreints (LENK & al., 1980, 1981) qu'à l'obscurité.

Toutefois, la variation de T_1 allant dans le même sens entre la face supérieure et inférieure (pompes actives), on peut en conclure que la mesure faite sur les pulvini correspond essentiellement aux effets de la pompe à protons de la face inférieure (ce qui est confirmé par les mesures en lumière continue). Il y a plus d'eau en présence du même poids sec, mais la dynamique moléculaire de l'eau est plus restreinte due aux interactions électrochimiques plus fortes en raison de l'activité cellulaire dirigée et polarisée par les pompes à protons.

Il en résulte aussi que la variation de l'entropie de fluctuation (thermodynamique statistique, LENK, 1993) est plus forte en bathyphase par rapport à l'acrophase, et plus importante dans la face supérieure du pulvinus en comparaison de la face inférieure du même système.

L'interprétation des variations de la largeur de bande des spectres $^1\text{HRMN}$ et de l'apparition de doublets est plus délicate. On aurait dû s'attendre à un élargissement du spectre avec la diminution de T_1 , ce qui n'est pas le cas. C'est dans l'organe relaxé, ou dans la partie de celui-ci qui l'est le plus (face supérieure) que l'élargissement est le plus fort: ces systèmes sont à la fois moins riches en eau et moins actifs sur le plan métabolique; ces conditions nous semblent favorables aux effets géométriques et physico-chimiques de l'organisation des cellules, des parois et espaces extracellulaires sur l'orientation générale des molécules d'eau qui disparaît, plus ou moins, dans les systèmes très actifs et turgescents où l'eau est surtout contrôlée par les ions (hydratation) et l'activité des pompes membranaires. L'existence de doublets signifie l'apparition d'alignement momentané.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BÜNNING, E. (1973). *The physiological clock*. Springer Verlag, Berlin.
- BÜNNING, E. (1975). *Wilhelm Pfeffer*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart.
- DEGLI AGOSTI, R., J. DE PRINS, M. BONZON & H. GREPPIN (1981). Analyse des données de phénomènes rythmiques: le mouvement foliaire du haricot. *Saussurea* 12: 1-14.
- DEGLI AGOSTI, R., M. O. BLAISE & B. MILLET (1989). Redistribution du potassium dans le pulvinus secondaire de *Phaseolus vulgaris* L. au cours du mouvement foliaire circadien. *Bot. Helv.* 99: 179-188.
- DEGLI AGOSTI, R., C. NAIDET & B. MILLET (1990). Métabolisme du glucose dans le pulvinus secondaire de *Phaseolus vulgaris* L. au cours du mouvement foliaire. *Bot. Helv.* 100: 249-256.
- DEGLI AGOSTI, R., R. LENK & H. GREPPIN (1992). Proton spin relaxation study of the germination of barley grains. *Arch. Sci.* 45: 61-68.
- EDMUNDS, L. N. (1988). *Cellular and molecular bases of biological clocks*. Springer Verlag, New York.
- FRANKS, F. (1972). *Water, a comprehensive treatise*, 5 vol. Plenum Press, New York.
- GALSTON, A. W. (1983). Leaflet movement in *Samanea*. In: *Symp. Soc. Exp. Biol. No. XXXVI*: 541-559. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- KAYALI, S. & H. GREPPIN (1993). Point de singularité et propriétés rythmiques des feuilles de *Phaseolus vulgaris* L. *Arch. Sci.* 46: 347-360.
- LENK, R., M. BONZON, P. DESCOUTS & H. GREPPIN (1979). La résonance magnétique nucléaire: une approche nouvelle en biologie végétale. *Saussurea* 10: 11-48.
- LENK, R., M. BONZON & H. GREPPIN (1980). Dynamically oriented biological water as studied by NMR. *Chem. Phys. Lett.* 76: 175-177.
- LENK, R., M. BONZON & H. GREPPIN (1981). Irreversible thermodynamics and biological evolution in spinach leaves as studied by NMR. *Z. Pflanzenphysiol. Stuttgart* 101: 107-118.
- LENK, R., P. CRESPI & H. GREPPIN (1987). Evolution de l'entropie et de la néguentropie en biologie. *Arch. Sci.* 40: 351-362.
- LENK, R. (1993). *Biophysical application of NMR*. Verlag Dr. Kovac, Hamburg.
- SATTER, R. L. & A. W. GALSTON (1981). Mechanisms of control of leaf movements. *Annual Rev. Pl. Physiol.* 32: 83-110.

