

BULLETIN MENSUEL
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON

FONDEE EN 1822

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE PAR DECRET DU 9 AOUT 1937
des SOCIETES BOTANIKUES DE LYON, D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON
REUNIES
et de leurs GROUPES REGIONAUX : ROANNE, VALENCE, etc.

Siège social et Secrétariat général : 33, rue Bossuet, 69006 Lyon

TRESORERIE :

T A R I F 1 9 7 6

Abonnement France	45 F
Membre scolaire	22 F
Abonnement Etranger	50 F
Changement d'adresse, inscription ou réintégration en sus	7 F

N.B. — Les virements à notre C.C.P. **LYON 101-98** ou les chèques bancaires, doivent être rédigés au nom de la SOCIETE LINNEENNE DE LYON.

SOMMAIRE

PAULIAN R. — Les <i>Chironidae</i> (Col. Scarab.) de Madagascar	236
VIETTE P. — Nouveaux <i>Ethmia</i> de Madagascar et des Comores	239
BOUVET Y. et M.-J. TURQUIN. — Influence des modules d'ouverture du karst vers l'extérieur. Sur la répartition et l'abondance de son peuplement	245
MOURAVIEFF I. — Effet de l'hydratation et de l'obscurité prolongée sur les épidermes foliaires détachés. Variations du potentiel osmotique et de l'amidon dans les cellules stomatiques	257
ROMAN E. et VILLARD J. — L'intoxication par les Amanites du groupe de la Phalloïde..	I
DAVID L. — Les roches utilisées dans la construction de la ville de Lyon	VI
CARIÉ P. — Gisement où fut trouvé le Dronte	X

Les ressources trophiques étant très irrégulièrement réparties, en fonction de la fissuration, à partir des modules d'ouverture qui commandent l'entrée du flux énergétique, le peuplement troglobie sera essentiellement hétérogène.

Biologie souterraine - Lyon I,
43, boulevard du 11-Novembre, 69621 Villeurbanne.

OUVRAGES CITÉS

- BOUVET Y., 1971. — La diapause des Trichoptères cavernicoles. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 96 (4), 375-384.
- BOUVET Y., 1975. — Les Trichoptères du groupe de *Stenophylax* : conditions de vie et réactions aux variations des facteurs du milieu. *Ann. Spéléol.*, 30 (1), 207-229.
- BOUVET Y., TURQUIN M.-J., MICHALON E., 1972. — Etude des biocoenoses du tunnel artificiel de Drom (Ain). *Ann. Spéléol.*, 27 (3), 563-574.
- DELAY B., 1974. — Les conditions thermiques des milieux terrestres dans la zone d'hétérothermie des massifs calcaires et leurs influences sur le développement de *Speonomus longicornis*. *Ann. Spéléol.*, 29 (1), 121-136.
- GÈZE B., 1965. — La spéléologie scientifique. Ed. Seuil Paris, Rayon de la Science n° 22, 190 p.
- GIBERT J., LAURENT R., MATHIEU J., REYGROBELLET J.-L., 1975. — Contribution à l'étude des biocoenoses cavernicoles de la région de Torcieu. *Ain (Mémoires et Documents)*, 1, 21-46.
- GINET R., 1952. — La grotte de la Balme (Isère) ; topographie et faune. *Bull. Soc. Linnéen. Lyon*, 1, 4-17.
- GINET R., 1955. — Faune du gouffre du Caladaire (Basses-Alpes). *Notes biospéléol.*, X, 133-144.
- MANGIN A., 1974. — Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. Première partie : Généralité sur le karst et les lois d'écoulement utilisées. *Ann. Spéléol.*, 29 (3), 283-332.
- RENAULT Ph., 1967. — Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Ann. Spéléol.*, 22 (1), 1-553.
- TURQUIN M.-J., 1973. — Une biocoenose cavernicole originale pour le Bugey : le puits de Rappe. 96^e Cong. Soc. savantes, Toulouse 1971, Sciences t. III, 235-256.
- TURQUIN M.-J., BOUVET Y., 1974. — Un stage de Biologie Souterraine à Font d'Urle. *Spelunca*, n° 2, 38-39.
- TURQUIN M.-J., BOUVET Y., RENAULT Ph., PATTÉE E., 1975. — Essai de corrélation entre la géomorphologie d'une cavité et la répartition spatiale de son peuplement actuel. 5^e Cong. Soc. suisse Spéléol., Interlaken 1974, 46-60.
- TURQUIN M.-J., MORAND C., LAURENT R., GIBERT J., BOUVET Y., 1973. — Le Revermont : la faune cavernicole et son contexte hydrogéologique. *Bull. Soc. Nat. Archéol. Ain*, 87, 87-125, 5 Pl. h.-t.

EFFET DE L'HYDRATATION ET DE L'OBSCURITE PROLONGEE SUR LES EPIDERMES FOLIAIRES DETACHES. VARIATIONS DU POTENTIEL OSMOTIQUE ET DE L'AMIDON DANS LES CELLULES STOMATIQUES

par I. MOURAVIEFF.

Résumé. — On a examiné le comportement des épidermes foliaires détachés de quatre espèces, placés sur l'eau à l'obscurité pour une durée allant jusqu'au stade *pre-mortem*.

Les épidermes des deux espèces hydrophiles ont bien supporté le contact prolongé avec l'eau. Le potentiel osmotique et l'adhérence protoplasme-membrane n'ont pas sensiblement varié aux termes des essais et même se sont renforcés. Par contre, les espèces terrestres ont accusé une diminution de ces caractères plasmiques.

La teneur en amidon diminue graduellement dans les stomates et peut même disparaître entièrement. Une nouvelle synthèse de l'amidon à partir de métabolites intermédiaires est fortement réduite après un séjour prolongé sur l'eau, ce qui reflète une altération des mécanismes responsables. L'auteur discute ces résultats à la lumière des idées récentes sur l'état de l'eau dans le protoplasme.

Summary. — The effect of prolonged hydration and obscurity on protoplasmic behaviour of epidermal foliar strips was studied on four ecologically different species. The cells of two hydrophilous plants easily endure the long contact with water. The osmotic potential and protoplasmic adhesivity on cell wall have not varied at the end of the experiences. The two terrestrial species display a net drop of this protoplasmic feature.

The starch content of guard cells is gradually reduced and sometimes disappears completely. After a long contact with water a new starch synthesis is strongly reduced.

The injuries caused by prolonged washing is discussed in agreement with modern view of water state in cytoplasmic phase of living cells.

INTRODUCTION

La mort des cellules végétales par excès d'hydratation protoplasmique (hyperhydratation) est mal connue. Elle l'est encore moins en ce qui concerne les cellules stomatiques. Pourtant le problème n'est pas nouveau. Ainsi GRAVIS en 1898 a constaté que les feuilles détachées ou des épidermes isolés de *Tradescantia virginica* L. maintenues sur l'eau pendant une dizaine de jours ont leurs stomates considérablement ouverts et un potentiel osmotique remarquablement élevé. Toutefois l'explication de ce phénomène n'a pas été correctement interprétée et il semble que depuis, il n'a pas attiré non plus l'attention des chercheurs.

Le KNO_3 utilisé comme agent plasmolysant dans ces expériences n'est pas un plasmolyticum valable. Il pénètre dans les cellules, modifie les propriétés des membranes et du cytoplasme et en s'accumulant peut faire monter le potentiel osmotique. D'autre part, le séjour prolongé des tissus dans l'eau peut avoir des effets pathologiques, se manifestant par l'ouverture excessive des stomates et une perte du pouvoir de se plasmolyser. Nous avons donc jugé utile de réexaminer le comportement des stomates des épidermes isolés placés à l'obscurité, dans des conditions d'une hyperhydratation prolongée. Ceci paraît d'autant plus intéressant que les effets sur les cellules des conditions créant une hyperhydratation ont considérablement moins préoccupé les chercheurs que les conséquences de la déshydratation.

Si le potentiel osmotique des cellules stomatiques subit réellement une élévation considérable comme le constate GRAVIS, celle-ci devrait se faire, comme le suppose IJIN (1933), au détriment des réserves amylicées contenues dans ses cellules. Pour cette raison nous avons jugé indispensable de faire des mesures comparatives de la teneur en amidon des cellules stomatiques en même temps que celles du potentiel osmotique, et cela avant et après le séjour sur l'eau.

D'autre part, en fournissant aux cellules des métabolites intermédiaires de l'amylyse, la dégradation de l'amidon devrait se ralentir ou même s'arrêter, si les cellules n'ont pas subi des dommages provoqués par l'eau. Nous avons donc aussi cherché à voir dans quelle mesure nos coupes ont conservé le pouvoir de resynthétiser l'amidon.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Quatre espèces ont été sélectionnées : *Centranthus ruber* D.C., *Plantago lanceolata* L., *Veronica beccabunga* L., et *Bacopa moniera* Wettst. Elles sont

cultivées en serre froide sur sol modérément humecté pour les deux premières espèces et bien saturé d'eau pour les deux autres.

Les feuilles sont prélevées le soir, soigneusement lavées et gardées la nuit en chambre humide la base de la feuille dans l'eau. Les coupes paradermales fines sont effectuées sur la face abaxiale des feuilles et placées sur l'eau d'Evian (pH 7,7) préalablement filtrée, à l'obscurité à 20° C pour une durée de 4 à 10 jours suivant les espèces. Il est très important d'avoir des coupes autant que possible de même surface et épaisseur. Il est aussi préférable de laisser les débris des cellules sous-épidermiques sur place sans chercher à les enlever, sauf les chloroplastes, car les manipulations de nettoyage endommagent les épidermes.

La teneur en amidon des cellules stomatiques est mesurée au microphotomètre MPW de Leitz, comme il a été décrit dans notre publication précédente (MOURAVIEFF, 1973) au début et à la fin des expériences. Il est à souligner que la teneur en amidon au terme des essais varie considérablement d'un stomate à l'autre, ce qui rend difficile d'établir une moyenne. De toute façon elle est toujours très inférieure à celle du départ.

Le potentiel osmotique des cellules stomatiques est évalué au début et à la fin des essais par la recherche de la plasmolyse limite, cinq minutes après avoir placé les coupes dans les solutions de glucose. Bien que cette méthode ne soit pas parfaite, elle permet d'observer les cellules et les modifications survenues au contact protoplasme-paroi, consécutive aux effets de l'hydratation et de la conservation à l'obscurité.

Enfin l'aptitude des cellules stomatiques à resynthétiser l'amidon est éprouvée en plaçant les épidermes pour 48 heures, avant la fin des expériences, sur des solutions à 0,04 M de divers métabolites cités dans le tableau 2. Il n'y a pas eu de contamination des coupes.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Comme le montre le Tableau 1 les quatre espèces examinées réagissent différemment au contact prolongé avec l'eau. Alors que les épidermes de *Centranthus* ne résistent guère quatre jours et ceux de *Plantago* cinq jours, les épidermes de *Veronica* et *Bacopa* sont encore en vie dix jours après le début des expériences. *Centranthus* est une espèce des lieux ensoleillés et secs, *Plantago* abonde dans les prairies et pâturage. *Veronica* est une espèce semi-aquatique, fréquente aux endroits souvent immergés, tandis que *Bacopa* est franchement aquatique. On aurait tendance à voir une adaptation aux conditions du milieu bien que les épidermes isolés se comportent différemment à beaucoup d'égards des organes entiers.

Le Tableau 1 montre aussi que le potentiel osmotique à la plasmolyse limite baisse régulièrement chez *Centranthus* et *Plantago* tant que les cellules stomatiques et épidermiques sont en vie. Il augmente légèrement chez *Veronica* et *Bacopa*. Cette dernière espèce possède dans son épiderme des plastes amylières et dans les stomates un ou deux gros liposome. Les vacuoles s'hydratent et le volume des stomates augmente. C'est à partir du moment qui précède de peu la mort des cellules que les stomates s'incurvent exagérément et prennent la forme de deux fers à cheval joints par leurs bouts. GRAVIS (1898) et ILJIN (1933) ont figuré l'aspect étrange de ces stomates et l'ont attribué à l'augmentation considérable du potentiel osmotique. A notre avis cette courbure excessive pourrait bien être provoquée par une croissance de la membrane. A

Espèces végétales	Durée des expériences en jours	O _{pl} des cellules stomatiques	O _{pl} des cellules épidermiques	Pourcentages de l'amidon av. et après l'expérience
<i>Centranthus ruber</i> D.C.	1	0,47	0,42	100
	4	0,33	0,32	5
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1	0,47	0,46	100
	5	0,46	0,45	0
<i>Veronica beccabunga</i> L. ...	1	0,35	0,33	100
	10	0,47	0,58	0
<i>Bacopa monniera</i> Wettst. ...	1	0,35	0,32	100
	9	0,46	0,53	20

TABLEAU 1. — Variations du potentiel osmotique à la plasmolyse limite (O_{pl}) et du pourcentage de l'amidon des cellules stomatiques après un séjour à l'obscurité sur l'eau. Chaque chiffre du tableau est une moyenne de 30 mesures.

Produits	Teneur en amidon	Produits	Teneur en amidon
Saccharose	55	Acide glycolique tamponé.	0
Glucose-6-phosphate	40	Dihydroxyacétone phosphate	0
Glycérophosphate de Sodium	40	Acide glutanique	0
Glycéraldéhyde	20	Acide céto-glutarique	3
Uridine-5'-Monophosphate diNa	5	Glycérine bi-distillée	0
Phospho (énole) pyruvate monoK	3	Témoin sur eau	0

TABLEAU 2. — Pourcentages (approximatif de l'enrichissement en amidon des cellules stomatiques de *Veronica beccabunga* en amidon après un séjour à l'obscurité sur eau pendant 48 heures et sur les solutions de divers métabolites.

ce stade d'ailleurs il est impossible d'obtenir une plasmolyse, même avec des concentrations très élevées de glucose pour la simple raison que *les cellules sont mortes*. Il en est de même des cellules épidermiques. Tout se passe comme si la membrane plasmique altérée était devenue perméable au glucose et celui-ci rentré dans le mésoplasme. Lorsqu'aux fortes concentrations de l'ordre de 1,0 à 1,5 M par exemple, on arrive à détacher la surface du protoplasme de la paroi, celui-ci a un aspect irrégulier et mamelonné au lieu d'être régulier et lisse comme dans une plasmolyse normale. Le protoplasme paraît visqueux tout en restant limpide et clair (*Veronica* et *Bacopa*). Ce n'est que plus tard au moment de la mort qu'il prend un aspect granuleux.

Les mouvements du protoplasme au contact avec l'eau à l'obscurité s'arrêtent assez tôt, sauf chez *Bacopa* où nous les avons observé nettement 8 jours après le début de l'expérience. Les mitochondries et les sphérosomes, bien visibles au début, deviennent de plus en plus difficile à distinguer et le cytoplasme lui-même s'hydrate, mais à l'approche de la mort devient plus visqueux à en juger par l'effet des microponctions.

Le Tableau 1 montre aussi que l'amidon diminue progressivement dans les stomates. Il disparaît entièrement chez *Veronica* et *Plantago* peu avant la mort des cellules, mais il reste encore au moment de la mort 7 % chez *Centranthus* et 20 % chez *Bacopa*. Dans les épidermes détachés l'amylolyse est donc plus rapide que chez les organes entiers, comme l'a déjà constaté PALLAS (1964) qui semble avoir ignoré les recherches de TAUJA-THILMAN (1942). Ces deux auteurs ont aussi examiné le pouvoir de l'amylogénèse à partir de divers sucres. Mais en plus, nous avons voulu voir, si l'amylogénèse pouvait se réaliser à partir de certains autres métabolites de la glycolyse et de la photosynthèse. Comme le montre le Tableau 2, seule le saccharose et dans une certaine mesure le glycérrophosphate de Na se sont montrés intéressants. Il est clair qu'un long séjour sur l'eau à l'obscurité a désorganisé l'appareil enzymatique indispensable, ce que les auteurs précités n'ont pas remarqué.

Quel peut être l'effet de l'hydratation sur le protoplasme ? La question est difficile et n'est pas encore résolue. Le protoplasme extravacuolaire est formé de 80 % d'eau et de 16 % à 20 % de protéines. C'est dire l'importance de la phase aqueuse. Les recherches récentes sur l'état de l'eau dans les systèmes biologiques, effectuées à l'aide des mesures de la relaxation diélectrique, résonance magnétique nucléaire à pulsation en phase cohérente, spectre de dichroïsme circulaire, etc... pour ne citer que les nouvelles techniques, ont confirmé et précisé l'organisation « ordonnée » des molécules d'eau au contact des protéines et polypeptides. Celle-ci est différente par ses propriétés de l'eau ordinaire (KUNTZ et al. 1974). Les assemblages des biomolécules possèdent alors des propriétés additionnelles supramoléculaires qui gouvernent le métabolisme hydrique cellulaire (COPE, 1973).

L'eau est un donneur et un accepteur de protons pour les sites de liaisons hydrogène à la surface des protéines, tels que les groupes hydroxyles aux extrémités des chaînes latérales de sérine, thrénine et thyrosine et tend à s'associer avec eux par des liaisons hydrogène et de polarité. De même, les groupes imino et carbonyle peuvent s'associer à l'eau. Les groupes amido sont impliqués dans la résonance et de ce fait s'unissent aussi à l'eau (LEWIN, 1974). Par contre, les groupes hydrophobes, tels que les chaînes latérales amino tendent à repousser les molécules d'eau et à renforcer la rigidité de la couche de l'eau autour des protéines. Ces modifications de la structure de l'eau provoquées par

les macromolécules augmentent la stabilité de l'eau liée et font croire à la présence d'une structure semicristalline (COPE, 1973) et même à une structure « ice-like » qui lui donne des propriétés d'un semi-conducteur (MUHLIG, 1974; REINISH et al. 1975).

D'autre part, la situation dans le protoplasme est rendue plus complexe encore par la présence générale de cations, anions et surtout de lipides qui interrégissent avec les molécules d'eau. Ainsi les cations désagrègent la structure de l'eau liée, tandis que les anions la consolident. La surface fortement chargée des micelles des lipides polaires restreignent la mobilité de l'eau. L'énorme différence entre la tension interfaciale des membranes et celle de l'eau est un facteur important de la pénétration de l'eau.

L'ensemble eau, protéines, lipides et ions, forment un complexe délicat et instable. Pour essayer d'interpréter en termes mathématiques cet état physico-chimique métastable, LING (1962) a proposé sur la base de ses calculs statistiques une hypothèse « association-induction » qui paraît mieux expliquer actuellement, le comportement très particulier du protoplasme vivant. Dans un article récent (LING et al., 1973), cette hypothèse est renforcée par des arguments et expériences nouvelles. Il pense que les groupes fonctionnels des chaînes latérales des protéines ont des propriétés qui s'expriment en terme de « c- et c'-value » qui est une mesure de la densité électronique et qui font que les mêmes groupes carboxyle β et γ peuvent tantôt préférer les ions K^+ aux ions Na^+ tantôt les ions Na^+ aux ions K^+ . En plus les valeurs c- et c'- sont contrôlées à leur tour et modulées par les « cardinaladsorber », dont l'un des plus importants est l'ATP. GULATI et al. (1973) ont montré qu'il existe une relation quantitative entre la concentration des ions K^+ et celle de l'ATP et que chaque molécule d'ATP absorbe et contrôle aux sites d'absorption environ 20 ions K^+ ou Na^+ . Or on sait quel rôle important revient aux ions K^+ dans les mouvements des stomates (RASCHKE, 1975) et encore récemment il a été confirmé (KUBICHEK, 1974) la relation entre la teneur en ATP des cellules stomatiques et le degré de l'ouverture des stomates.

Bien entendu toutes ces considérations s'appliquent aussi aux membranes, et ce sont bien les membranes qui sont exposées en premier lieu au contact avec l'eau. Il est intéressant de noter que les recherches récentes sur les membranes d'origine animale ont montré l'existence d'une mobilité de diffusion latérale de l'eau organisée qui se ferait avec une vitesse de $2 \cdot 10^{-9}$ cm^2/s , alors que celle de l'eau non liée est de $\approx 10^{-5}$ cm^2/s (FINICH et al. 1975) comparable à celle des lipides et à certaines protéines membranaires. Cette eau serait même le vecteur de la mobilité latérale de ces macromolécules. Les membranes sont minces 100 Å environ et de consistance visqueuse, semi-fluide avec une distribution moléculaire en « ordre-désordre ». Elles sont essentiellement formées par l'association de divers protéines-phospholipides, dont une certaine partie est soluble dans l'eau non physiologique (à pH et tension ionique différente). Ils se désagrègent alors et se séparent en vésicules (GULIK-KRZEWICKI, 1975). Diverses enzymes membranaires, telles que l'ATPase, d-Glycéraldéhyde-3-phosphate deshydrogénase, aldolases ou le Phytochrome associés aux membranes se détachent dans l'eau.

Le séjour prolongé des épidermes à l'obscurité a pour conséquence d'appauvrir les cellules en substances énergétiques. La disparition de l'ATP et d'autres métabolites de première importance est à l'origine de l'exocytose des sels et ions. Les molécules de l'eau qui ont sensiblement les mêmes dimensions que

les ions K^+ s'infiltrant, ce qui provoque une fluidification du cytoplasme, une disjonction des protéines membranaires et protoplasmiques par rupture des liaisons ioniques, rupture des associations liées par les ponts hydrogène, rupture des adhérences hydrophobes, avec repliement vers l'intérieur des groupes impliqués et la dénaturation. Les désordres ainsi créés amènent la mort des cellules par ce qu'on pourrait appeler le « syndrome de l'hyperhydratation ».

Les recherches que nous poursuivons sur les épidermes d'autres espèces devront nous montrer dans quelle mesure, l'aptitude de supporter un long contact avec l'eau est générale chez les hydrophytes, ou si comme dans notre cas, elle serait un caractère des Scrofulariacées.

Présenté à la Section de Botanique en sa séance du 10 avril 1976.

I. MOURAVIEFF,

Laboratoire de Physiologie végétale,
93, boulevard du 11-Novembre-1918, 69100 Villeurbanne.

BIBLIOGRAPHIE

- COPE F. W. 1973. — Supramolecular Biology: A solid state physical approach to ion and electron transport. Ann. New-York Acad. Sci., 204, 416-433.
- FINCH E. D., SCHNEIDER A. S., 1975. — Mobility of water bound to Biological membrane. A proton NMR relaxation study. Bioch. Bioph. Acta, 406, 146-154.
- GRAVIS A., 1898. — Recherches anatomiques et physiologiques sur *Tradescantia virginica* L., Bruxelles, 304 pp.
- GULATI J., OCHSENFELD M. M., 1971. — Metabolic cooperative control of electrolyte level of adenosin triphosphate in the frog muscle. Bioph. J. II, 973-82.
- GULIK-KRZYWICKI T., 1975. — Structural studies of the association between biological membrane components. Biochim. Bioph. Acta, 415, 1-28.
- ILJIN W. S., 1933. — Über Öffnen der Stomata bei starkem Welken der Pflanzen. Jahrb. f. vissentchaftl. Bort., 77, 220-51.
- KUBICHEK S. A., 1974. — Répartition de l'adénosine triphosphate dans les cellules stomatiques. Bjull. glavn. bot. Sada, SSSR. N° 92, 56-59.
- KUNTZ I. D., KAUZMANN W., 1974. — Hydratation of Proteins and Polypeptides. Advan. Protein Chem., 28, 239-245.
- LEWIN Sh., 1974. — Displacement of water and its control of Biochemical Reactions. Acad. Press, N.Y.
- LING G. N., 1962. — A physical theory of the living state. Blaisdell Publ. Waltham, U.S.A.
- LING G. N., G. MILLER, OCHSENFELD M. M., 1973. — The physical state of solute and water in living cells according to the association-induction hypothesis. Ann. New-York Acad. Sci., 204, 6-50.
- MOURAVIEFF I., 1973. — Microphotométrie des fluctuations de la teneur en amidon des stomates éclairés par la lumière de 436 nm et 665 nm en absence ou en présence de gaz carbonique. Ann. Sci. Natur., 14, 377-383.
- MUHLIG P., 1974. — Interface phenomena et mitochondrial membrane *in vivo*. Studium biophysica, Berlin, 45, 221-28.
- PALLAS J. E., 1964. — Guard-cell starch retention and accumulation in the dark. Bot. Gaz., 125, 102-107.
- RASCHKE K., 1975. — Stomatal action. Ann. Rev. Plant Physiol. 26, 309-340.
- REINISCH G. B., NOWICK A. S., 1975. — Piezoelectric properties of bone as funktion of moisture content. Nature, 253, N° 5 493, 626-627.
- TAUJA-THIELMAN M. J., 1942. — Über Stärkebildung aus Zuckerarten in Blattgewebeschnitten. Beih. Bot. Centralbl. LXI, A, 310-328.
- BULLETIN DE LA SOCIETE LINNEENNE DE LYON, 45^e année, n° 7, septembre 1976.