

Zeitschrift: Saussurea : journal de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 19 (1988)

Artikel: Évolution des mitochondries foliaires lors de l'induction florale de l'épinard (*Spinacia oleracea* cv. Nobel)
Autor: Cao, Nguyễn-Dung / Greppin, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099208>

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: 17.04.2026

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

Evolution des mitochondries foliaires lors de l'induction florale de l'épinard (*Spinacia oleracea* cv. Nobel)

NGUYÊN-DUNG CAO
&
HUBERT GREPPIN

RÉSUMÉ

CAO, N.-D. & H. GREPPIN (1989). Evolution des mitochondries foliaires lors de l'induction florale de l'épinard (*Spinacia oleracea* cv. Nobel). *Saussurea* 19: 67-73. En français, résumés français et anglais.

Une étude des mitochondries foliaires, in situ, a été faite en microscopie électronique. L'allongement de la photopériode amène une augmentation des mitochondries longues aux dépens des mitochondries rondes. L'extraction, puis la séparation des mitochondries par centrifugation zonale montre un élargissement de la population mitochondriale dans le gradient de saccharose, lors de l'induction florale. Ces faits sont discutés et comparés avec l'évolution du chloroplaste dans les mêmes conditions.

ABSTRACT

CAO, N.-D. & H. GREPPIN (1989). Leaf mitochondria evolution during the spinach floral induction (*Spinacia oleracea* cv. Nobel). *Saussurea* 19: 67-73. In French, French and English abstracts.

A leaf mitochondria study has been made, in situ, by electronic microscopy. Photoperiod lengthening produces a rise of long mitochondria at round mitochondria expense. The extraction then the mitochondria separation by zonal centrifugation presents during the floral induction a broadening in the sucrose gradient of the mitochondrial population. These results were discussed in comparison with chloroplasts evolution under the same conditions.

La production, la circulation et la modulation de l'énergie cellulaire dans différentes parties de la plante, jouent un rôle important dans le processus de l'induction florale (MARCELLE & al., 1979; CHAMPAGNAT & JACQUES, 1979; VINCE-PRUE & al., 1984; ATHERTON, 1987). Ainsi, chez l'épinard (plante de jour long), l'induction photopériodique qui a lieu dans les cellules de la feuille se caractérise par l'atteinte, aux environs de la photopériode critique, d'une valeur maximale de la charge énergétique et rédox (BONZON & al., 1977, 1981, 1983) ainsi que de celle de la complexité du système chlorophyllien (GREPPIN & STRASSER, 1984); on observe aussi une valeur minimale de

l'entropie foliaire (LENK & al., 1981) et une plus grande hétérogénéité des chloroplastes dans un gradient de saccharose (BONZON & GREPPIN, 1973, 1977).

Les mitochondries deviennent beaucoup plus sensibles (inhibition) aux effets de l'azoture de sodium ainsi qu'aux agents chélateurs suivants: EDTA (éthylène diamine tétra-acétate de sodium), DDC (diéthyl-dithiocarbamate de sodium), manifestant ainsi un changement dans la circulation électronique terminale (CAO & GREPPIN, 1981). CHAILAKHYAN (1968) attribue un rôle important aux enzymes à métaux lourds (oxydases) lors de l'induction florale. A ce moment, il y a aussi enclenchement d'une voie de libération et de circulation des sucres que l'on peut inhiber par quelques piqûres préalablement faites dans le limbe, à proximité des nervures (DEGLI AGOSTI, 1985; DEGLI AGOSTI & GREPPIN, 1987a, b, 1988).

Nous présentons ici quelques résultats complémentaires sur les mitochondries foliaires de l'épinard lors du transfert inducteur de jours courts en lumière continue, suite à un travail précédent (CAO & GREPPIN, 1981).

Matériel et méthodes

Des épinards sélectionnés (*S. oleracea* cv. Nobel) sont cultivés en phytotron sur de la vermiculite. La température est de $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ et l'humidité relative de $80\% \pm 10$ à la lumière et $60\% \pm 10$ à l'obscurité. La durée du jour est de 8 h de lumière (tubes fluorescents Sylvania F40 daylight: $2500 \text{ ergs/sec/cm}^2$ sur les plantes) et 16 h d'obscurité. L'induction florale se fait par transfert, après 4 semaines de jours courts, en lumière continue. On utilise 160 plantes par expérience dont la procédure a été répétée quatre fois.

Microscopie électronique

L'échantillon est prélevé dans la zone centrale des deux premières feuilles; une bande de 5 mm de largeur est coupée au rasoir, perpendiculairement à la nervure centrale. La fixation et les coupes se font selon la procédure habituelle (CAO, 1981). Le plan de coupe est parallèle à la nervure centrale, l'observation se faisant toujours dans la même zone de la feuille, à l'aide d'un microscope Hitachi HS7S. Les négatifs (grossissement $6000 \times$) sont examinés à l'aide d'un planimètre Prado (grossissement $13.8 \times$). Le grossissement total est de $82.600 \times$.

Extraction et purification des mitochondries

La méthode utilisée est celle de ROCHA & TING (1970). Elle a déjà été décrite (CAO, 1981). Pour la centrifugation zonale et la détermination du poids spécifique rho, nous avons employé la même technique que celle utilisée par BONZON (1977), (BONZON & GREPPIN, 1973, 1977) pour le chloroplaste.

Activité enzymatique

La cytochrome c oxydase (marqueur de la mitochondrie) est dosée spectrophotométriquement (Unicam SP 1700) en mesurant la diminution de densité optique à 550 nm, lors de l'oxydation du cytochrome c réduit, ajouté à une suspension de mitochondries. Le milieu réactionnel est le suivant: 0.023 mM de Cyt. c réduit par le dithionite de Na (0.006 mM), tampon phosphate 0.15 M (pH 7.4), 0.1 ml de suspension de mitochondries; le volume total est de 1.25 ml. La cuve témoin contient le Cyt. c sous la forme oxydée (ROCHA & TING, 1970). L'activité de la cytochrome c oxydase est exprimée en nM de cyt. c oxydé par ml/min/mg de protéines mitochondriales à 20°C .

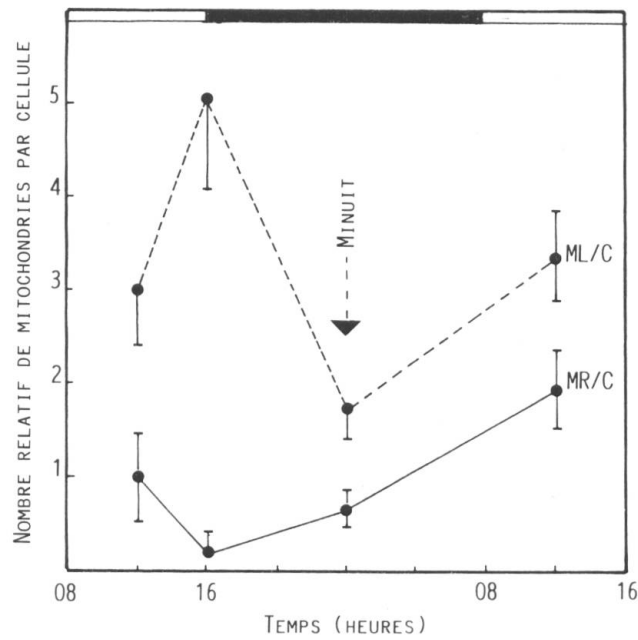
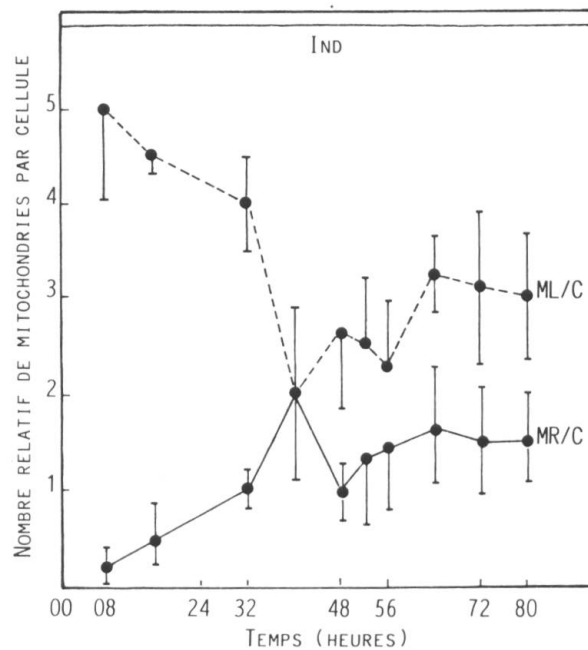


Fig. 1. — Evolution des mitochondries rondes (MR) et longues (ML) par cellules, lors de l'alternance jour (de 8 heures à 16 heures)-nuit (de 16 heures à 8 heures) d'un jour court (plantes de 4 semaines, végétatives). Il faut multiplier par 30 le nombre relatif de mitochondries pour estimer le nombre réel.

Fig. 2. — Idem fig. 1, mais lors du transfert inducteur en lumière continue dès 16 heures (fin de la phase lumineuse du jour court).



Dosage des protéines

La méthode de HARTREE (1972) est utilisée. La lecture spectrophotométrique se fait à 650 nm et de la BSA (albumine sérique bovine) est employée pour la courbe d'étalonnage.

Dosage des chlorophylles

Les chlorophylles sont extraites à l'acétone 80% (CAO, 1981). La mesure spectrophotométrique se fait à 652 nm et la concentration est calculée selon la formule de BRUINSMA (1961). Les aliquotes des fractions issues de la centrifugation zonale sont examinées au spectrophotomètre à 436 et 480 nm pour apprécier le contenu en chlorophylles et ramenées à l'unité relative pour comparaison.

Résultats

Différents types de mitochondries peuvent être observées dans la feuille: organelles à matrice très dense que l'on trouve surtout dans le parenchyme vasculaire, spongieuses à matrice très claire dans les feuilles sénescentes, écrêtées dans les feuilles âgées. A côté de mitochondries végétales classiques, on peut trouver des organelles ayant de très longues crêtes (CAO, 1981). En outre, on peut diviser l'ensemble du chondriome en deux catégories: mitochondries longues (longueur $> 2 \times$ la largeur) et mitochondries rondes (longueur $< 2 \times$ la largeur).

La surface mitochondriale par cellule semble liée au photopériodisme. La fluctuation de surface est plus grande en régime alterné (jour/nuit) qu'en lumière continue. Le nombre de mitochondries longues augmente le jour et diminue la nuit (cf. fig. 1). Lors du transfert en lumière continue (induction photopériodique), il y a accélération de l'augmentation des mitochondries longues pour atteindre un pallier, après 48 heures de lumière (cf. fig. 2). L'ensemble des effets observés est plus accentué dans le parenchyme périvasculaire et le phloème que dans le mésophylle.

La séparation des mitochondries sur un gradient de saccharose, en centrifugation zonale (cf. figs. 3 et 4), n'a pas permis d'observer des différences significatives dans le poids spécifique (g/cm^3) de la majorité des mitochondries, avant et après l'induction florale: ce qui est par contre nettement modifié est la largeur de la distribution dans le gradient. Une plus grande hétérogénéité du fractionnement est constaté après induction photopériodique.

Discussion

En jours courts, il y a comportement antagonique des mitochondries et des chloroplastes. Ceux-ci s'allongent la nuit et s'élargissent le jour (raccourcissement) (BONZON & al., 1975), celles-là sont plus longues le jour que la nuit. La respiration est plus forte la nuit que le jour (CAO, 1981), la photosynthèse a lieu le jour, les deux types d'organelles sont, dans ces conditions, plus contractées (charge énergétique et rédox plus importantes, flux ionique plus grand, charge électrique et gradient pH plus élevés); dans les conditions inverses, il y a minimalisation des propriétés citées et les organelles sont flasques et plus allongées. Au cours des 48 heures de l'induction florale (transfert en lumière continue), le chloroplaste, dans un premier temps s'allonge, puis l'élargissement domine (poursuite d'un rythme hémicircadien), les mitochondries tendent à s'allonger très fortement, dès la photopériode critique dépassée. Ces phénomènes traduisent des modifications, tant

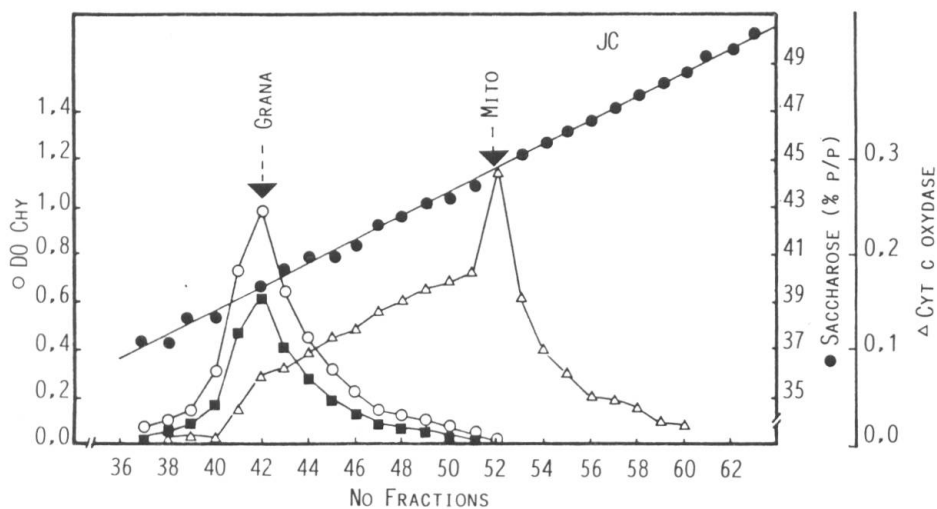
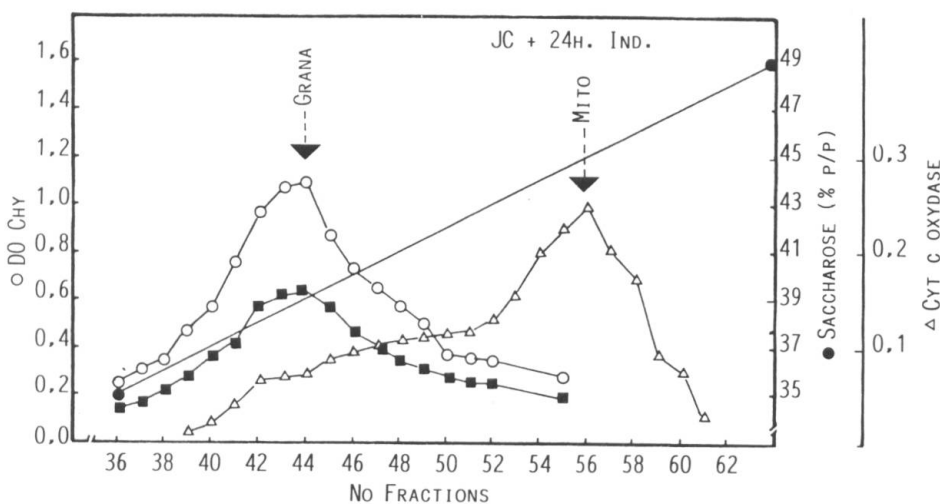


Fig. 3. — Profil de séparation par centrifugation zonale d'un extrait de mitochondries foliaires de plantes végétaives (4 semaines de jours courts). Gradient de saccharose en % p/p. Activité de la cytochrome c oxydase des fractions en nM cyt. c oxydé/ml/min/mg protéine. Absorption de la chlorophylle dans les différentes fractions (densité optique à 436 et 480 nm): fragments de chloroplastes.

Fig. 4. — Idem fig. 3, mais après 24 heures d'induction par la lumière continue.



énergétiques que ioniques lors de l'induction florale, conditionnant la forme des organelles. Dans le cas des mitochondries qui peuvent s'allonger considérablement durant l'induction, on peut envisager la stimulation de la fusion de petites mitochondries (type de jour court), en raison de changements dans l'état colloïdal des membranes, suite aux modifications de l'environnement physico-chimique par le transfert en lumière continue et du nouvel ajustement par les horloges physiologiques (GREPPIN & al., 1978, 1986; WAGNER & al., 1985).

L'hétérogénéité dans le poids spécifique, lors de l'induction, s'observe aussi bien pour le chloroplaste (BONZON & GREPPIN, 1972, 1977) que pour la mitochondrie et amène à proposer le même type d'explication: modification des membranes lors de l'induction, augmentation rapide par la photopériode de propriétés différentes par différenciation des organelles, manifestant la diversité génétique des plantes utilisées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATHERTON, J. G. (1987). *Manipulation of flowering*. Butterworths, Londres, 438 pp.
- BONZON, M. (1977). *Etude du chloroplaste d'épinard (Spinacia oleracea cv. Nobel) avant et après l'induction florale*. Univ. Genève, thèse n° 1696, 224 pp.
- BONZON, M., R. BUIS & H. GREPPIN (1975). Analyse factorielle de l'ultrastructure du chloroplaste d'épinard à l'état végétatif et floral I et II. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 85: 265-287.
- BONZON, M. & H. GREPPIN (1973). Evolution du chloroplaste d'épinard lors de l'induction florale. *Bull. Soc. Bot. France, Mém. 1972, Coll. Morphologie*: 223-228.
- BONZON, M. & H. GREPPIN (1977). Migration of adult spinach chloroplasts in the S-rho space before and after photoperiodic induction. *Z. Pflanzenphysiol.* 81: 260-268.
- BONZON, M., H. GREPPIN & J. DE GREEF (1977). Contenu en ATP des feuilles de l'épinard sous différents régimes photopériodiques, inducteurs ou non de la floraison. *Arch. Int. Physiol. Biochim.* 85: 953-955.
- BONZON, M., M. HUG, E. WAGNER & H. GREPPIN (1981). Adenine nucleotides and energy charge evolution during the induction of flowering in spinach leaves. *Planta* 152: 189-194.
- BONZON, M., P. SIMON, H. GREPPIN & E. WAGNER (1983). Pyridine nucleotides and redox-charge evolution during the induction of flowering in spinach leaves. *Planta* 159: 254-260.
- BRUINSMA, J. (1961). A comment on the spectrophotometric determination of Chlorophyll. *Biochem. Biophys. Acta* 52: 576-578.
- CAO, N. D. (1981). *Etude du chondriome foliaire de l'épinard (Spinacia oleracea L. cv. Nobel) lors de l'induction florale*. Univ. Genève, thèse n° 2005, 165 pp.
- CAO, N. D. & H. GREPPIN (1981). Respiration et induction florale chez *Spinacia oleracea*. *Saussurea* 12: 15-23.
- CHAILAKHYAN, M. K. (1968). Internal factors of plant flowering. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 19: 1-36.
- CHAMPAGNAT, P. & R. JACQUES (1979). *La physiologie de la floraison*. CNRS, Paris, 241 pp.
- DEGLI AGOSTI, R. (1985). *Etude du contenu en sucres de l'épinard et d'autres plantes pendant la variation de photopériode*. Univ. Genève, thèse n° 2174, 232 pp.
- DEGLI AGOSTI, R. & H. GREPPIN (1987a). Extraction, identification et dosage des sucres du pétiole de l'épinard (*Spinacia oleracea* L. cv. Nobel) pendant la variation de la photopériode. *Bot. Helv.* 97: 329-340.
- DEGLI AGOSTI, R. & H. GREPPIN (1987b). Mise en évidence de deux types de contrôle du glucose chez l'épinard (*Spinacia oleracea* L. cv. Nobel): analyse mathématique et modèle en jour court et lors de la variation photopériodique inductrice de la floraison. *Saussurea* 18: 45-54.
- DEGLI AGOSTI, R. & H. GREPPIN (1988). Glucose content in spinach, mustard and *Chenopodium rubrum* plants during photoperiodic floral induction. *Life Sci. Adv. Pl. Physiol.* 7: in press.
- GREPPIN, H. & R. STRASSER (1984). Complexity and entropy change in the photosynthetic apparatus during floral induction of spinach plants. In: SYBESMA, C., *Advances in photosynthesis research*, M. Nijhoff & W. Junk Publ., The Hague, 4 vols., 3480 pp.
- GREPPIN, H., G. AUDERSET, M. BONZON & C. PENEL (1978). Changement d'état membranaire et mécanisme de la floraison. *Saussurea* 9: 83-101.

- GREPPIN, H., G. AUDERSET, M. BONZON, R. DEGLI AGOSTI, R. LENK & C. PENEL (1986). Le mécanisme de l'induction florale. *Saussurea* 17: 71-84.
- HARTREE, E. F. (1972). Determination of protein, a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Anal. Biochem.* 48: 422-424.
- LENK, R., M. BONZON & H. GREPPIN (1981). Irreversible thermodynamics and biological evolution in spinach leaves as studied by NMR. *Z. Pflanzenphysiol.* 101: 108-118.
- MARCELLE, R., H. CLYSTERS, & M. VAN POUCKE (1979). *Photosynthesis and Plant Development*. W. Junk Publ., The Hague, 376 pp.
- ROCHA, V. & I. P. TING (1970). Preparation of cellular plant organelles from spinach leaves. *Arch. Biochem. Biophys.* 140: 398-407.
- VINCE-PRUE, D., B. THOMAS & K. E. COCKSHULL (1984). *Light and the flowering Process*. Academic Press, New York, 301 pp.
- WAGNER, E., M. BONZON & H. GREPPIN (1985). Membrane oscillator hypothesis of metabolic control in photoperiodic time measurement and the temporal organization of development and behaviour in plants. In: PACKER, L., *Recent advances in biological membranes studies*: 525-546, Plenum Publ.

