

Zeitschrift: Saussurea : journal de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 8 (1977)

Artikel: Évolution de l'activité peroxydasique dans les feuilles de l'épinard lors de l'ontogenèse en photopériode courte ou continue
Autor: Karege, Félicien / Penel, Claude / Greppin, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099287>

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>

Evolution de l'activité peroxydasique dans les feuilles de l'épinard lors de l'ontogenèse en photopériode courte ou continue

FÉLICIEN KAREGE, CLAUDE PENEL & HUBERT GREPPIN

Résumé

KAREGE, F., C. PENEL & H. GREPPIN (1977). Evolution de l'activité peroxydasique dans les feuilles de l'épinard lors de l'ontogenèse en photopériode courte ou continue. *Saussurea* 8: 75-83.

Les auteurs ont suivi l'évolution de l'activité peroxydasique dans les feuilles d'épinards cultivés en jours courts et en lumière continue. L'activité totale diminue pendant la période de croissance de la plante et augmente pendant la phase de vieillissement. Le niveau d'activité est différent pour chaque paire de feuilles; mais elles présentent toutes un minimum d'activité au même moment, ce qui démontre l'existence d'un mécanisme de coordination.

La technique d'électrophorèse sur gel d'amidon a permis de suivre les changements dans le profil isoperoxydasique. Il y a très peu d'isoperoxydases différentes chez les jeunes plantes (cotylédons et première paire de feuilles). Leur nombre augmente pendant le développement végétatif et reproducteur, avec un renforcement des bandes cathodiques au détriment des anioniques.

Abstract

KAREGE, F., C. PENEL & H. GREPPIN (1977). Peroxydase activity in Spinach leaves during the ontogenesis under short or long photoperiod. *Saussurea* 8: 75-83. In French.

Evolution of the peroxidase activity in the leaves of spinach plants grown under either short day or continuous light conditions has been studied. The total activity decreases during the growth stage and increases during the aging stage. The level of activity is different for each pair of leaves of the same plant but the different pairs reach their minimum at the same time. This demonstrates the existence of a coordination mechanism.

We also followed the changes in the profile of the isoperoxidases by starch gel electrophoresis. There are few different isoperoxidases in the young plants (cotyledons and first pair of leaves). Their number increases during the vegetative and reproductive developmental stages with a marked enhancement of the cathodic bands to the detriment of the anionic ones.

Introduction

La croissance et le développement d'une plante se manifestent par certaines caractéristiques macroscopiques telles que la variation des dimensions, l'apparition d'organes nouveaux, etc. Parallèlement à ces traits observables à l'œil nu, on enregistre l'apparition et l'évolution de certains constituants biochimiques. Parmi ceux-

ci, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux peroxydases solubles des feuilles de l'épinard et cela pour les raisons suivantes:

1. Il est connu dans la littérature que la croissance, le développement et la sénescence des tissus végétaux impliquent des changements dans les protéines et la composition enzymatique (BREWBAKER & al., 1968; SHANON, 1968; SCANDALIOS, 1969).
2. Les peroxydases sont des enzymes extrêmement répandues chez les végétaux (SHANON, 1968).
3. Les peroxydases interviennent dans l'oxydation de plusieurs constituants chimiques à rôle physiologique important, par exemple les composés phénoliques, les amines aromatiques et l'acide β -indolylacétique (AIA) d'où leur propriété d'être des auxine-oxydases (GALSTON, 1967; PILET & GASPARD, 1968); l'AIA étant une hormone de croissance, les peroxydases participent donc indirectement au contrôle de la croissance de la plante.

Matériel et méthodes

Les épinards (*Spinacia oleracea*, var. Nobel) sont cultivés en phytotron dans de la vermiculite. Ils sont arrosés trois fois par semaine avec de l'engrais Sinesol 3⁰/₀₀ (PENEL, 1974). Deux conditions photopériodiques ont été utilisées: jours courts de 8 heures (JC) ou lumière continue (JL). Les plantes sont éclairées avec des tubes Sylvania "daylight" (6000 lux). L'extraction est faite dans un tampon phosphate pH = 7 (0.1 M). Les feuilles sont prélevées et immédiatement broyées dans un mortier froid en présence du polyvinylpyrrolidone insoluble (Polyclar AT).

Après filtration et centrifugation (10 000 g pendant 10 min), le surnageant est concentré au moyen de Sephadex G25 et recentrifugé à 2000 g pendant 5 min. Cela permet d'éliminer les molécules de PM inférieur à 2500 (DETERMANN, 1969).

Les protéines ont été dosées selon la méthode de LOWRY & al. (1951), les peroxydases par l'oxydation du gaïacol mesurée à 470 nm après 1 min (PENEL, 1974).

L'électrophorèse a été faite sur un gel d'amidon (BDH) suivant la technique verticale de BREWBAKER & al. (1968) adaptée par DARIMONT & GASPARD (1972).

La révélation des bandes peroxydasiques est pratiquée au moyen d'une solution contenant 40 mg de benzidine dissoute dans 90 ml de tampon acétate pH = 4.5 et 10 ml de H₂O₂ 0.2 vol.

Chaque série d'expériences a été répétée 4 fois (6 plantes sont utilisées pour chaque dosage).

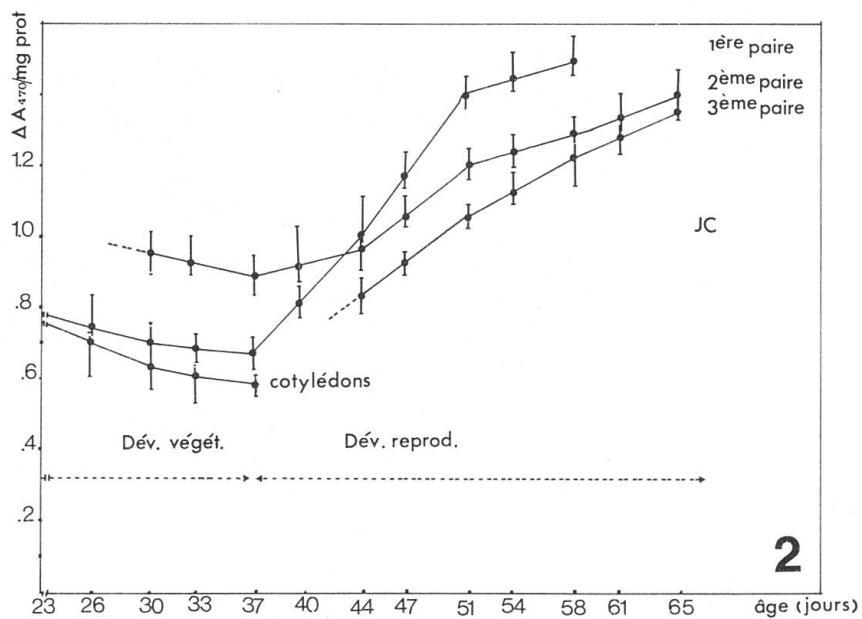
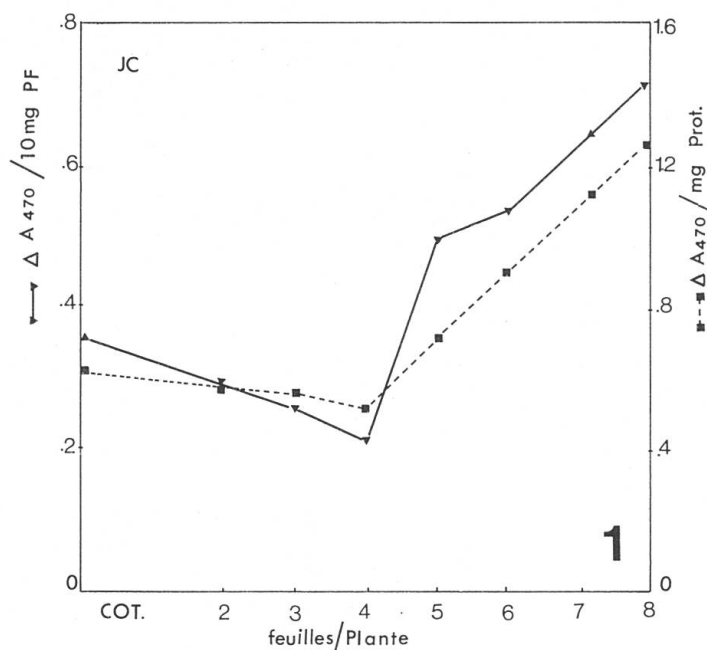


Fig. 1. — Evolution de l'activité peroxidasique totale (extraite des feuilles), mesurée au début du jour court, en fonction du stade de développement de l'épinard (nombre de feuilles par plantes). *Prot.*: protéines; *PF*: poids frais; *A470*: absorption à 470 nm (réaction au gaïacol).
 Fig. 2. — Evolution de l'activité peroxydasique totale (extraite de chaque paire de feuilles séparément) des plantes en jours courts, en fonction de l'âge de la plante (chaque point est la moyenne de 4 dosages, les valeurs extrêmes ont été représentées).

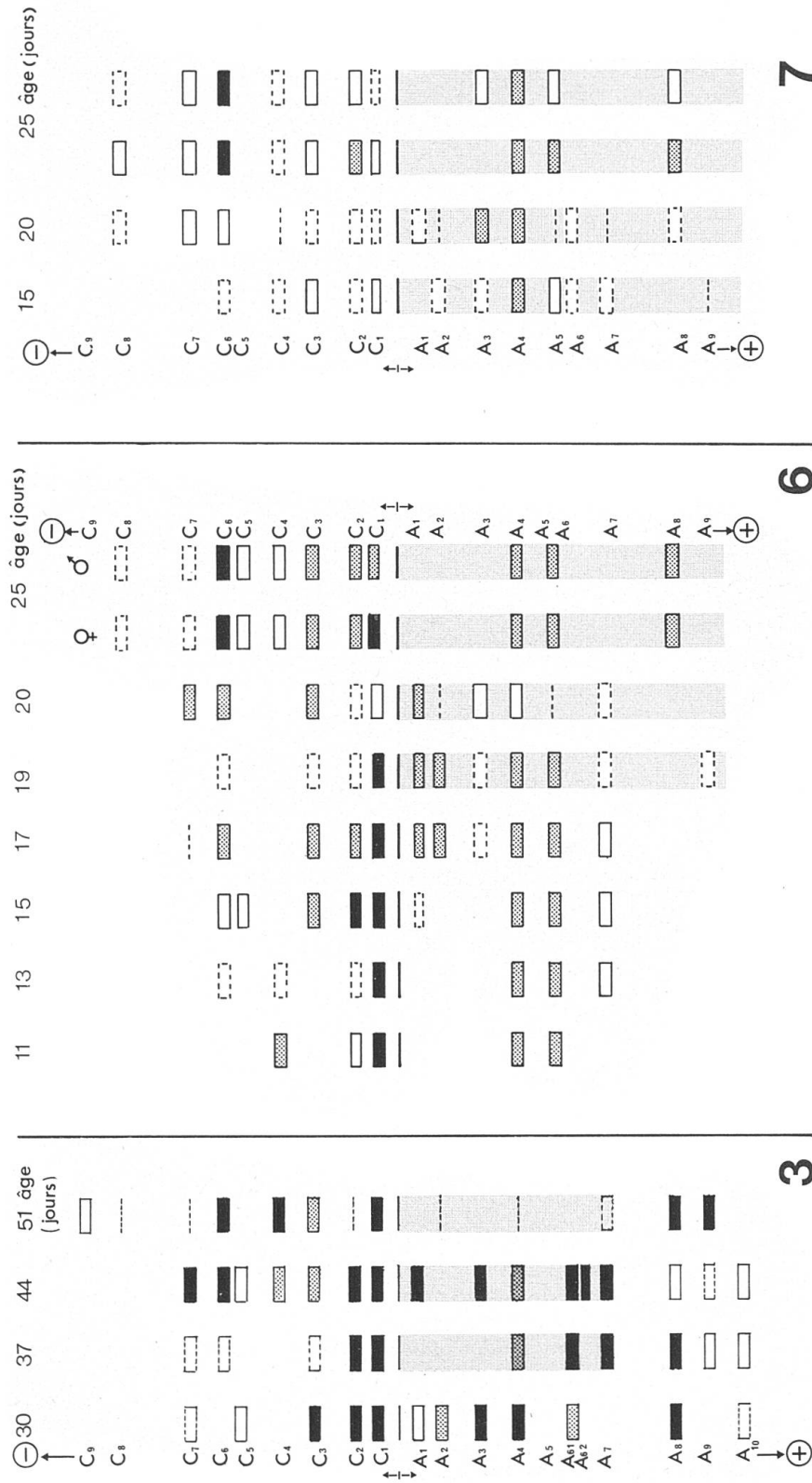


Fig. 3, 6, 7. — Evolution du profil isoperoxydasique de la première paire de feuille de l'épinard en jours courts (3); en jours longs (6); et de la deuxième paire de feuille de l'épinard en jours longs (7).

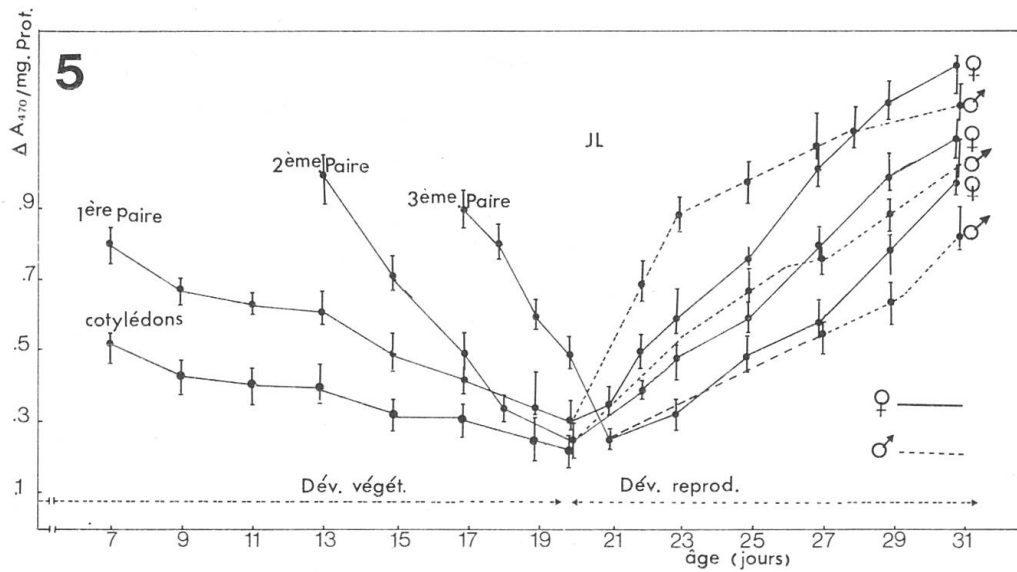
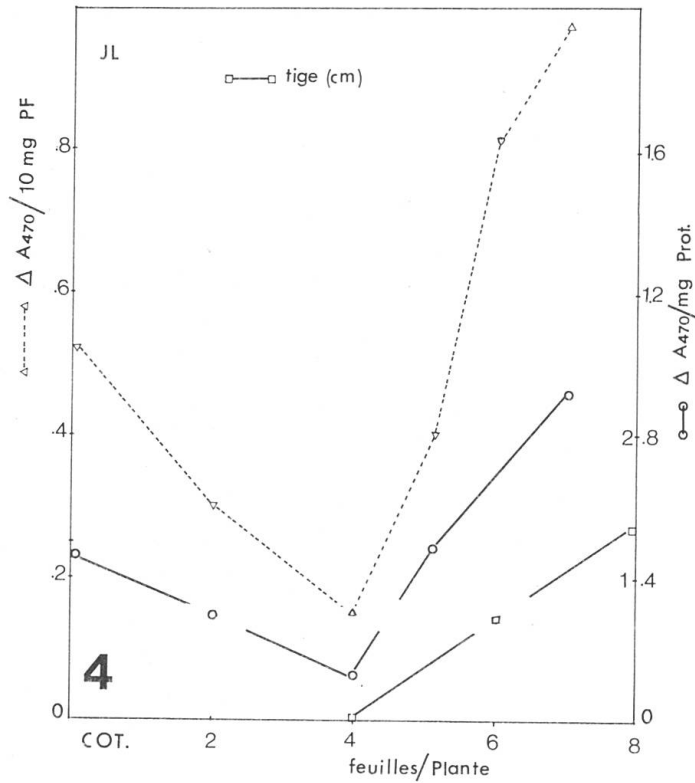


Fig. 4. — Evolution de l'activité peroxydasique totale (extraite des feuilles) des plantes en jours longs, en fonction du stade de développement de l'épinard (nombre de feuilles par plante).

Fig. 5. — Evolution de l'activité peroxydasique totale (extraite de chaque paire de feuilles séparément) des plantes en jours longs, en fonction de l'âge de la plante (chaque point est la moyenne de 4 dosages, les valeurs extrêmes ont été représentées).

Résultats

Plantes en jours courts

L'activité peroxydasique totale de l'ensemble des feuilles présente une évolution caractéristique au cours de l'ontogenèse (fig. 1). Cette activité diminue progressivement jusqu'à ce que la plante ait quatre feuilles (soit onze à douze feuilles au niveau microscopique), après quoi elle augmente régulièrement. La période correspondant au minimum d'activité (5 à 6 semaines de culture) est le moment où débute l'évocation florale du méristème caulinaire et où s'amorce le développement reproducteur (PENEL, 1974).

On sait que souvent un méristème ne peut passer à l'état floral qu'après avoir formé un certain nombre de feuilles (AUDERSET, 1974). En jours courts le développement reproducteur de l'épinard est fortement inhibé.

L'alternance des jours et des nuits s'accompagne de variations journalières de l'activité peroxydasique totale des feuilles (tabl. 1). Celle-ci s'inscrit dans le cadre de l'évolution générale citée précédemment.

Peroxydases totales

	Heures	$\frac{\Delta A_{470}}{100 \text{ mg PF}}$	$\frac{\Delta A_{470}}{\text{mg prot.}}$
Début 35 ^e JC	8	3.30	2.83 (± 0.20)
Fin 35 ^e JC	16	2.90	2.13 (± 0.15)
Milieu de la nuit	24	3.78	2.60 (± 0.22)

Tabl. 1. — Dosages des activités peroxydasiques et des protéines à différents moments du cycle jours courts/nuits longues.

Si, à un même moment de la journée, nous suivons au cours de l'ontogenèse l'évolution de l'activité peroxydasique de chaque paire de feuilles (cotylédons, première paire, deuxième paire, etc.), nous observons, suivant leur ordre d'apparition, une évolution propre s'inscrivant toutefois dans celle de l'ensemble de la plante (fig. 2). D'autre part, nous constatons qu'il existe un gradient de l'activité peroxydasique, en fonction de l'âge de la feuille, qui s'inverse après le passage du point singulier constitué par le moment où l'activité peroxydasique totale est minimale.

Dans un premier temps (développement végétatif), il y a corrélation négative entre l'âge de la feuille et son activité peroxydasique, puis dans un deuxième temps (développement reproducteur) après le passage du point minimum, il y a corrélation positive (fig. 2).

Une séparation électrophorétique a été faite sur l'extrait des trois paires de feuilles; nous présentons ici le profil enzymatique de la première paire (fig. 3). Nous observons une douzaine "d'isozymes". La phase de développement reproducteur et de la sénescence qui est inéluctablement associée, laissent apparaître le remplacement des bandes basiques au détriment des bandes acides.

Plantes en jour continu

Nous observons la même allure générale de l'évolution d'activité peroxydasique totale que celle observée en jours courts, mais le phénomène se produit plus rapidement. Le niveau minimum d'activité coïncide avec le début de la montaison et le développement de la tige (fig. 4). La figure 5 montre, pour toutes les paires de feuilles et les cotylédons examinés, les faits suivants:

- a) L'activité peroxydasique, forte au début du développement végétatif, diminue pendant les jours qui suivent pour atteindre un minimum (11 à 12 feuilles microscopiques). Pour toutes les feuilles dosées, ce minimum est atteint presque en même temps, ce qui traduit une certaine coordination entre les différentes feuilles.
- b) Bien que l'âge des plantes au moment du minimum ne soit pas toujours fixe (il oscille entre 17 et 23 jours), il correspond à trois événements physiologiques de la plante: sénescence des cotylédons, début de la montaison (forte activité auxinique), acquisition de l'état induit qui sera suivie de l'évocation florale de l'apex caulinaire (AUDERSET, 1974).
- c) Pendant le développement reproducteur et la sénescence de la plante, l'activité peroxydasique va régulièrement et rapidement augmenter; ceci a été observé par plusieurs auteurs sur des espèces différentes (BREDMEIJER, 1973; GALSTON, 1967; KAMINSKI, 1971). Une différenciation existe en fonction du sexe, l'épinard étant dioïque (fig. 5); chez les femelles l'augmentation est plus forte et plus régulière.

L'examen du profil "isoperoxydasique" de la première paire de feuilles, après électrophorèse des extraits (fig. 6), montre une pauvreté du nombre d'"isozymes" bien que l'activité totale soit très intense. Lors du développement végétatif, ce nombre augmente alors même que l'activité totale diminue; cette activité ne semble donc pas être fonction du nombre d'"isozymes" présentes. Sur l'ensemble de l'ontogenèse il y a fluctuation tant du nombre de bandes que de leur intensité; le vieillissement voit un changement important de la balance peroxydase-acides versus basiques, au profit de ces dernières (PENEL, 1974). Il y a donc des similitudes avec les observations faites en jours courts.

Le profil "isozymique" de la deuxième paire de feuilles (fig. 7) met en évidence que si chaque feuille présente quelques spécificités, il n'empêche que le nombre de bandes est beaucoup plus fonction de l'âge de la plante que de celui de la feuille elle-même (PENEL, 1974).

Conclusions

L'activité peroxydasique totale des feuilles est liée à de nombreux facteurs: régime photopériodique, stade de l'ontogenèse, âge de la plante, position et âge de la feuille; toutefois, la fin de la période végétative et le passage au développement reproducteur est caractérisé par un minimum de cette activité, après quoi cette dernière augmente en même temps que le vieillissement général de la plante. A ce passage est associée l'apparition de "traînées" lors de la révélation de la zone anodique de l'électrophorégramme (changement dans la force ionique, actions de composés phénoliques?, etc.).

La diminution de l'activité observée dans les feuilles pendant le développement végétatif peut se justifier par le fait que les peroxydases contrôlant le taux en auxines (auxine-oxydases; PILET & GASPARD, 1968), il y a donc corrélation inverse entre leur activité et l'importance de la croissance végétative. Des résultats similaires ont été trouvés par plusieurs auteurs sur des sujets différents (BREDMEIJER, 1973; GALSTON, 1967; KAMINSKI, 1971). L'augmentation de l'activité peroxydasique au cours du développement reproducteur et de la sénescence est également un fait connu (GALSTON, 1967; KAMINSKI, 1971). Ainsi, si la sénescence s'accompagne d'une diminution de l'activité auxinique (PILET & GASPARD, 1968), il va de soi que l'activité peroxydasique puisse augmenter.

Si l'on s'en tient à l'hypothèse des inhibiteurs phénoliques de TAKEO & KATO (1971), ce sont donc ces derniers qui, par leurs variations, contrôlent le phénomène; on peut aussi mettre en cause l'apparition de cofacteurs stimulant l'activité peroxydasique.

Nos résultats ont montré également que le nombre de bandes n'est pas fonction de l'activité totale. Ce manque de relation de cause à effet avait été mis en évidence par MacNicol travaillant sur le pois (MACNICOL, 1973). Il en a même tiré la conclusion suivante: au sein des "isoenzymes" il existe des spécialisations physiologiques dont par exemple les AIA-oxydases fonctionnelles. STUBER & LEWINGS (1969) ont avancé que chaque groupe de peroxydases pourrait avoir une sensibilité et une activité différente vis-à-vis des auxines. Tout cela peut constituer, nous semble-t-il, l'explication du manque de corrélation entre l'activité totale et le profil isozymique.

La similitude entre les courbes d'activité des différentes feuilles est en faveur de l'existence d'une coordination entre les feuilles d'une même plante. Nous avons montré également que la synthèse des isoenzymes est en relation étroite avec l'âge de la feuille. Ceci fait penser qu'il existe un mécanisme de régulation interne (génétique et hormonal); cette information n'a pas lieu à la même date pour toutes les bandes, mais une fois ce système déclenché, il se distribue d'une façon uniforme dans toutes les paires de feuilles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUDERSET, G. (1974). *Etude du méristème caulinaire de Spinacia oleracea à l'état végétatif et floral*. Thèse, Université de Genève.
- BREDMEIJER, G. M. M. (1973). Peroxidase activities and peroxidase isoenzyme patterns during growth and senescence of the unpollinated stylea and corolla of tobacco plants. *Acta Bot. Neerl.* 22: 40-48.

- BREWBAKER, J. L., M. D. UPADHYA, Y. MAKINEN & T. MAC DONALD (1968). Isoenzyme polymorphism in flowering plants. III. Gel electrophoretic methods and applications. *Physiol. Plant* 21: 930-940.
- DETERMAN, H. (1969). *Chromatographie sur gel*. Masson, Paris. 193 pp.
- DARIMONT, E. & TH. GASPAR (1972). A propos du nombre et du poids moléculaire des isoenzymes peroxydasiques de la racine de *Lens culinaris*. *Soc. Bot. France, Mémoires (coll. Morphologie)*: 211-222.
- GALSTON, A. W. (1967). Regulatory systems in higher plants. *Amer. Sci.* 55: 144-160.
- KAMINSKI, C. (1971). Variations des activités peroxydasiques et phénoloxidasiques au cours de la croissance de *Coleus blumei* Berrith. var. Automne. *Planta* 99: 63-72.
- LOWRY, O. N., N. J. ROSEBROUGH, A. L. FARR & R. J. RANDALL (1951). Protein measurement with Folin Phenol reagents. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275.
- MACNICOL, P. K. (1973). Isoperoxidase pattern and internode length genotype in *Pisum*. *Phytochem.* 12: 1273-1279.
- PENEL, C. (1974). *Activité peroxydasique et développement chez Spinacia oleracea*. Thèse, Université de Genève.
- PILET, P. E. & TH. GASPAR (1968). *Le catabolisme auxinique*. Masson, Paris. 148 pp.
- SCANDALIOS, J. G. (1969). Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants. *Biochem. Genetics* 3: 37-39.
- SHANON, L. M. (1968). Plants isoenzymes. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 19: 187-210.
- STUBER, C. W. & C. LEWINGS (1969). Auxin induction and repression of peroxidase isozyme in oats. *Crop. Sci.* 9: 415-476.
- TAKEO, T. & Y. KATO (1971). Tea leaf peroxidase. Isolation and partial purification. *Pl. Cell Physiol.* 12: 217-223.

