Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 82 (1972)

Heft: 3

Artikel: Effets physiologiques et ultrastructuraux du fluor sur des tissus de Ronce cultivés in vitro

Autor: Pilet, Paul-Emile / Roland, Jean-Claude

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-57668

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: 15.07.2025

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

Ber. Schweiz. Bot. Ges. *82* (3), 269–283 (1972)

Effets physiologiques et ultrastructuraux du fluor sur des tissus de Ronce cultivés *in vitro*

par *Paul-Emile Pilet et Jean-Claude Roland*

Institut de Biologie et de Physiologie végétales
Université de Lausanne,
Laboratoire de Cytophysiologie végétale,
Université VI de Paris

Manuscrit reçu le 24 mai 1972

Avant-propos

Le rôle joué par le fluor sur la physiologie des plantes supérieures a donné lieu à de très nombreuses publications (Thomas et Alther, 1966). La plupart traitent de problèmes pratiques en rapport avec la présence de ce polluant à proximité de certaines usines (Semrau, 1957). Les données fondamentales relatives aux propriétés biologiques du fluor sont par conséquent peu abondantes et ceci d'autant plus qu'il est rare que cet élément, combiné ou non, agisse isolément (Bohne, 1970). A cet égard diverses interactions entre le fluor et d'autres agents polluants de l'atmosphère ont été signalées (Pilet et Chollet, 1968).

Parmi les fonctions dont la cellule végétale est le siège et au niveau desquelles le fluor intervient, la croissance reste l'une des moins connues. On sait toutefois qu'à certaines doses, le fluor est un poison de l'auxèsis (Alther, 1961; Chollet, 1972). Christiansen *et al* (1949) et Bonner et Thimann (1950) furent parmi les premiers à établir un rapport entre cette propriété et les effets du fluor sur les échanges respiratoires, rapport qui devait être maintes fois confirmé (Pilet, 1964). L'intervention de ce polluant sur la croissance d'organes et de tissus végétaux a été mise en relation avec diverses réactions biochimiques. Il a été démontré, par exemple, que le fluor agit sur le taux en auxines endogènes en influençant la biodestruction de ces hormones (Pilet et Collet, 1964; Chollet, 1972) et en modifiant, en particulier, l'activité de certaines peroxydases (George, 1953). C'est par l'intermédiaire de la synthèse des protéines surtout que le fluor paraît contrôler la croissance cellulaire. Marks *et al* (1963, 1965), sur des cellules animales, ont établi que le fluor inhibe l'élaboration des protéines en agissant sur les polysomes qu'il est capable, pour certaines doses, de dissocier. A l'échelle

des acides nucléiques – et en confirmation des précédentes observations – il a été constaté, sur des racines, que le fluor modifie le taux en RNA (Pilet, 1968) intervenant essentiellement sur les ribonucléases (Pilet, 1969, 1970).

Le fluor agit sur la différenciation des tissus et, pour certaines concentrations, en active le vieillissement (Penot et Diouris, 1969). On ne sait pas encore clairement à quel niveau de l'ultrastructure cellulaire se situe son action. Il a été toutefois observé que le fluor pouvait intervenir sur le noyau et dérègler la mitose (Mohamed, 1969); il modifie également – comme l'a constaté Mohamed (1970) sur des plantules de maïs – la forme des chromosomes.

La plupart des travaux qui font état des propriétés biologiques du fluor en rapportent les effets à sa concentration exogène. Or, l'importance des phénomènes observés dépend essentiellement de la pénétration et de l'accumulation du fluor dans les tissus. Le taux en fluor endogène n'est pas nécessairement dans le même rapport que celui du fluor administré dans le milieu (Brewer *et al,* 1960; Pilet, 1963, 1967).

Le but de cette étude est d'établir le rôle joué par ce polluant – à différentes concentrations endogènes – sur la croissance et l'ultrastructure cellulaires.

Alors que divers essais ont été réalisés sur des tissus animaux cultivés *in vitro* (Albright, 1964; Matthews, 1970), aucun travail, à notre connaissance, fait état de recherches de ce genre sur des tissus végétaux en croissance *in vitro*. C'est pourquoi, étant donné les avantages que présente ce type de matériel pour l'étude de la physiologie cellulaire (Gautheret, 1959), nous avons choisi d'utiliser des explantats de Ronce.

Matériel et Methodes

Le *matériel biologique* employé dans cette étude a déjà été employé pour des recherches similaires relatives à l'effet de l'acide abscissique sur la croissance et l'ultrastructure cellulaires (Roland et Pilet, 1971; Pilet et Roland, 1971). Des morceaux de moëlle de tige de *Rubus hispidus* (explantats primaires) sont mis en culture puis repiqués et entretenus à l'état de néoformations tissulaires (explantats secondaires). Les souches sont cultivées (une quarantaine de jours) *in vitro* sur un milieu gélosé dont la composition est identique à celle que proposa Benbadis (1964) pour des tissus similaires. Les premiers jours de la culture (10 j.) se déroulent en lumière faible et constante, après quoi les tissus sont maintenus à l'obscurité. Les tubes sont conservés à 22° C. Le fluor, sous forme de NaF, est ajouté à la solution de base à 10^{-3} et à 10^{-5} M.

Il convient d'ajouter que les concentrations de fluor choisies sont nettement supérieures à celles de ce polluant dans l'air (Dässler et Lux, 1967) ou dans le milieu de culture (de Cormis, 1968). Des essais préliminaires, avec des doses de NaF plus faibles dans le milieu où se développent les néoformations de Ronce (10^{-7} M et en dessous) n'ont pas permis d'obternir des résultats significatifs. C'est pourquoi des concentrations plus élevées de NaF ont été finalement adoptées.

La *croissance* est rapportée soit à la mesure du *poids frais* relatif, soit à l'analyse du taux en *protéines totales.* Pour extraire et purifier les protéines, la technique de Lowri *et al* (1951) a été adoptée avec quelques modifications (Pilet *et al.* 1970). Le dosage de l'azote protéinique – d'après la méthode de Folin – se fait à 254 nm.

Le *taux en fluor endogène* est évalué, sur du matériel lyophylisé, à l'aide de la technique d'Oelschläger (1962, 1967) quelque peu modifiée par Sulzberger (1967). Cette méthode

repose sur la distillation des extraits selon Willard-Winter et un dosage spectrophotométrique à l'aide d'un réactif formé d'alizarine-complexane et d'un sel de lanthane en présence d'acétone (MacDonald, 1970).

Pour l'analyse de l'*ultrastructure,* des fragments d'explantats sont prélevés entre 2 et 6 semaines, fixés selon les méthodes habituelles de la microscopie électronique: fixation au glutaraldéhyde dans le tampon cacodylate de Na; postfixation par le tétroxyde d'osmium, inclusion dans l'épon. Les coupes, réalisées au microtone Sorvall-Porter Blum automatique, sont contrastées par des sels d'uranyl et de Pb. Les observations sont faites au microscope Phillips 300.

Résultats et Discussion

Nous examinerons successivement quelques données relatives à la croissance des explantats de Ronce, à leur teneur en fluor et à leur ultrastructure.

Variations de croissance

La croissance de tissus cultivés *in vitro* peut être exprimée de diverses façons (Heller, 1953). Il est bien évident que, de tous les paramètres envisagés, les moins mauvais sont ceux qui rapportent ce phénomène à des réactions physiologiques (Lance, 1963), au nombre des cellules des explantats ou au taux en protéines (Pilet et Roland, 1971). Malgré les échanges d'eau fort variables d'un explantat à l'autre, la mesure du poids frais (Heller,1953; Bouriquet, 1959) qui pourrait être fort criticable, reste un moyen commode que nous avons adopté comparativement à l'analyse de la teneur en protéines.

Tableau I

Effet du NaF et du NaC1 (10^{-3} M) sur la croissance (variations du poids frais) d'explantats de Ronce cultivés *in vitro.*

	Poids frais (mg/néoformation)		%*	%
	0 jour (V_0)	40 jours (V_{40})		par rapport au lot témoin
Témoin	572 ± 51	1133 ± 120	+ 98,1	0
+ NaF	516 ± 68	652 ± 79	+ 26,3	– 73,1
+ NaC1	601 ± 53	1106 ± 124	+ 84,0	– 14,3

* $\% = 100 \cdot (V_{40} - V_0) / V_0$

Chaque valeur correspond à la moyenne de 5 analyses portant chacune sur 20 à 30 explantats.

Le fluor étant administré, dans le milieu, sous forme de NaF, il convenait tout d'abord de préciser le rôle éventuel joué par le Na^+. Le NaCl a été choisi comme substance témoin puisque le Cl^- n'a que peu d'effet sur les processus d'auxèsis (Pilet, 1968). Des essais ont donc porté comparativement sur des explantats cultivés en milieu nutritif avec ou sans NaF ou NaCl; ces deux composés étant fournis à une concentration de 1.10^{-3} M. Les mesures concernent d'une part, des explantats cultivés pendant 40 jours et, d'autre part, des néoformations prêtes à la mise en culture (0 jour). Les résultats donnés dans le *tableau I* montrent que le NaF inhibe fortement l'augmentation du poids frais, alors que le NaCl – également inhibiteur – a un effet cinq fois moindre. On peut en conclure – étant donné la légère action exercée par le chlore (Pilet, 1968) – que le sodium n'a pas d'influence significative sur la croissance des tissus de Ronce et que, par conséquent, les propriétés du NaF – relevées ici – sont bien dues essentiellement au fluor.

Les résultats sur l'évolution du *poids frais* (valeurs moyennes par néoformation) en fonction du temps de culture (0 à 40 jours) sont donnés dans la *Figure 1*. On constate qu'après une période de latence (une dizaine de jours) au cours de laquelle la croissance est très lente (Pilet et Roland, 1971) et qui ne se marque pas par un effet significatif du fluor, l'accroissement des explantats témoins est

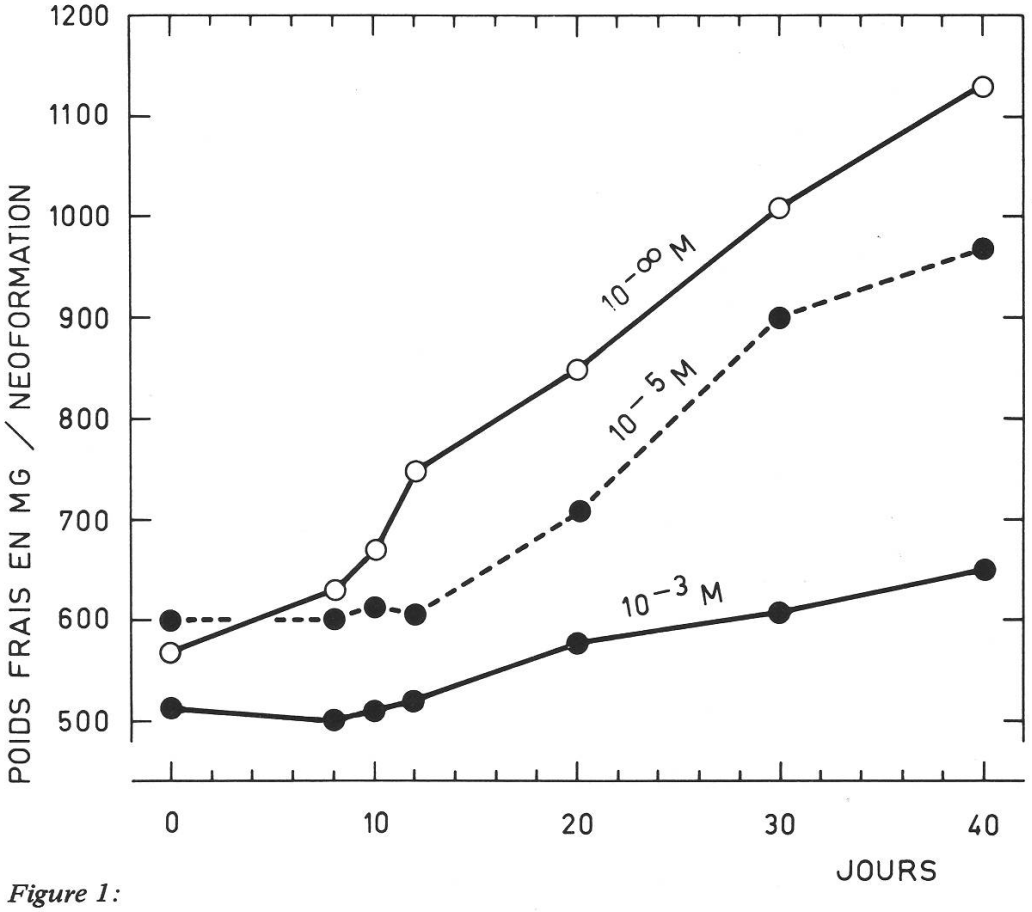


Figure 1:
Croissance (en mg de poids frais/néoformation) d'explantats de Ronce cultivés *in vitro* pendant 40 jours en présence de NaF (10^{-3} M et 10^{-5} M) ou sans NaF ($10^{-\infty}$ M).

très rapide (pendant cinq jours) – puis moins forte. Le fluor atténue l'amplitude de ces phases et se manifeste par une constante inhibition d'autant plus grande que sa concentration est plus élevée.

Les variations de la teneur en *protéines totales* (valeurs moyennes par néoformation) pour une période de culture comparable, sont rapportées dans la *Figure 2.* On peut relever – pour les lots témoins, et après un temps de latence identique à celui qui vient d'être noté pour les modifications du poids frais – une phase de croissance très rapide, mais qui se prolonge plus longtemps (une dizaine de jours). Là encore, la fluor paraît supprimer les phases d'auxèsis observées chez les témoins et se manifeste par des effets d'inhibition d'autant plus marqués que sa concentration est plus grande.

Teneur en fluor

Les résultats de l'analyse de la concentration (donnée en ppm) du fluor endogène sont rassemblés dans la *Figure 3.* On peut constater que l'accroissement du taux en fluor se manifeste exclusivement – et ceci pour les deux concentrations testées – durant les dix premiers jours de la culture. Or, ce temps coïncide précisément avec la phase d'installation des explantats au cours de laquelle –

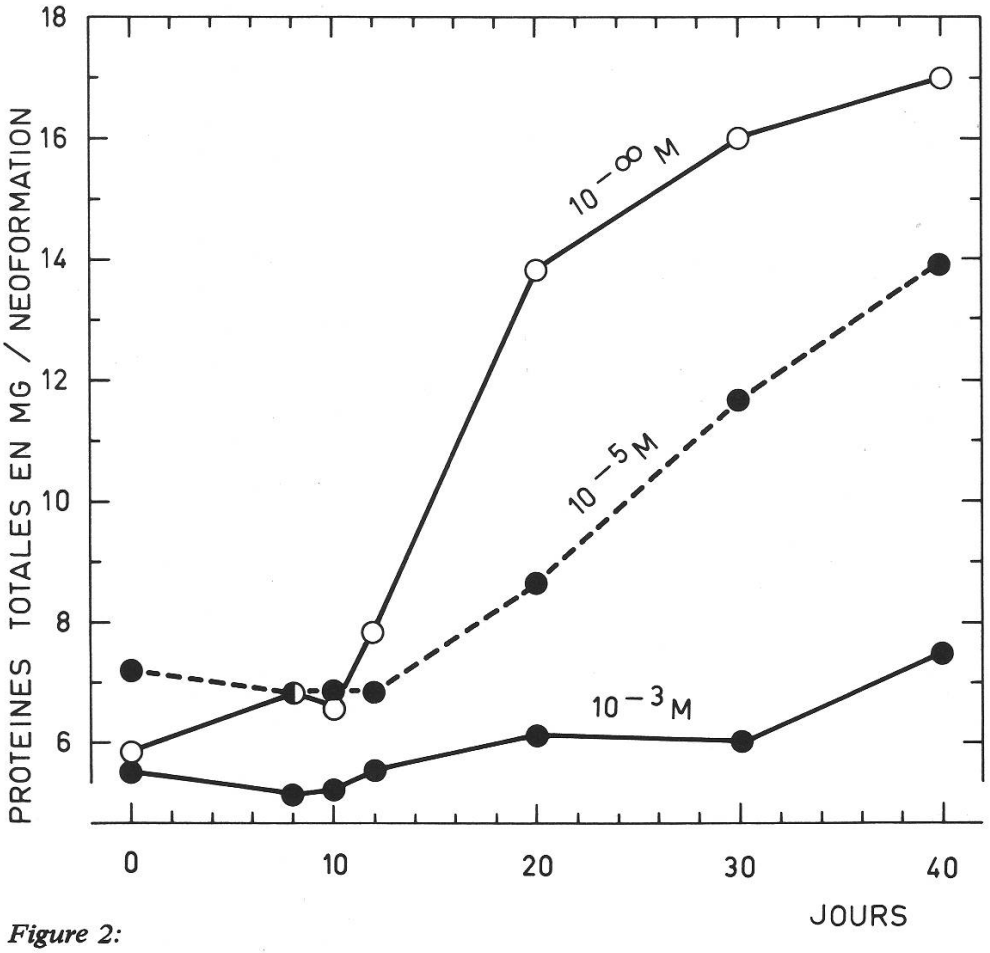


Figure 2:
Croissance (en mg de protéines totales/néoformation) d'explantats de Ronce cultivés *in vitro* pendant 40 jours en présence de NaF (10^{-3} M et 10^{-5} M) et sans NaF ($10^{-\infty}$ M).

comme on vient de le voir – le fluor n'a pas d'effet apparent sur l'évolution du poids frais et sur les variations du taux en protéines. Après ces dix jours de latence et bien que les tissus continuent à se développer sur un milieu riche en NaF, le taux en fluor baisse progressivement. Il est clair que ces données ne peuvent qu'être relatives, car c'est précisément au moment où nous observons une diminution du taux en fluor endogène que la croissance des tissus commence à se manifester. Et l'on peut se demander alors si cette chute de la concentration du fluor tissulaire n'est pas la conséquence d'une „dilution" au sein d'un explantat devenu de plus en plus volumineux.

Une comparaison entre l'évolution du poids frais et du taux en protéines d'une part et celle d'autre part, du taux en fluor endogène était nécessaire. Les résultats de cette analyse – qui porte sur la phase de croissance des tissus (entre 10 et 30 jours de culture) – figurent dans le *tableau II.* Ils montrent clairement que l'accroissement du poids frais et de la concentration des protéines est d'autant plus marqué que la réduction du taux en fluor est plus élevée, celle-ci étant, par ailleurs, directement dépendate de la concentration du fluor exogène. L'effet de dilution, évoqué plus haut, est donc bien réel.

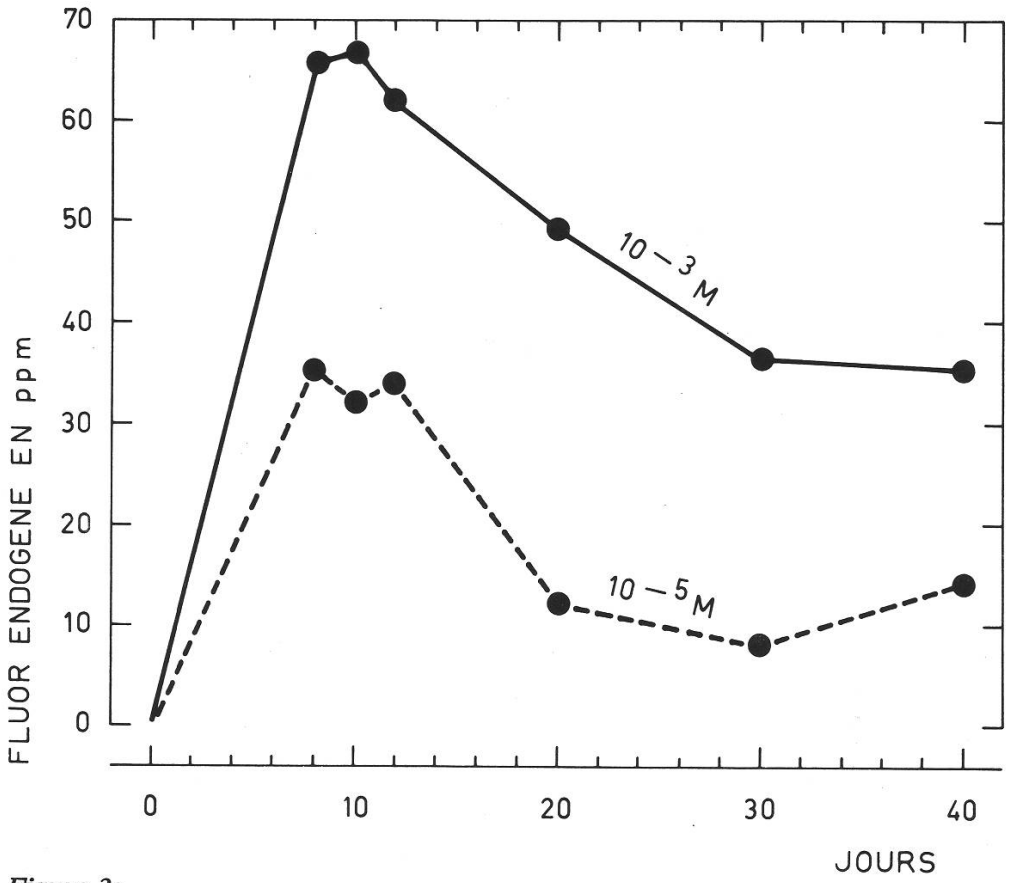


Figure 3:
Evolution de la teneur en fluor endogène (en ppm) au cours de la croissance d'explantats de Ronce cultivés *in vitro* pendant 40 jours en présence de NaF (10^{-3} M et 10^{-5} M).

Tableau II

Evolution de la croissance (exprimée en poids frais et en protéines totales) et du taux en fluor endogène d'explantats de Ronce cultivés *in vitro* en présence de NaF.

	NaF [1])	Valeurs à: 10 jours (V_{10})	30 jours (V_{30})	%*
Poids frais (mg/néoformation)	x = 3	514	608	+ 18,2
	x = 5	610	902	+ 47,8
Protéines totales (mg/néoformation)	x = 3	5,1	6,2	+ 21,5
	x = 5	6,8	11,6	+ 70,6
Fluor (ppm)	x = 3	67,2	36,8	− 45,2
	x = 5	32,0	8,1	− 74,6

[1]) Concentrations: 1.10^{-x} M

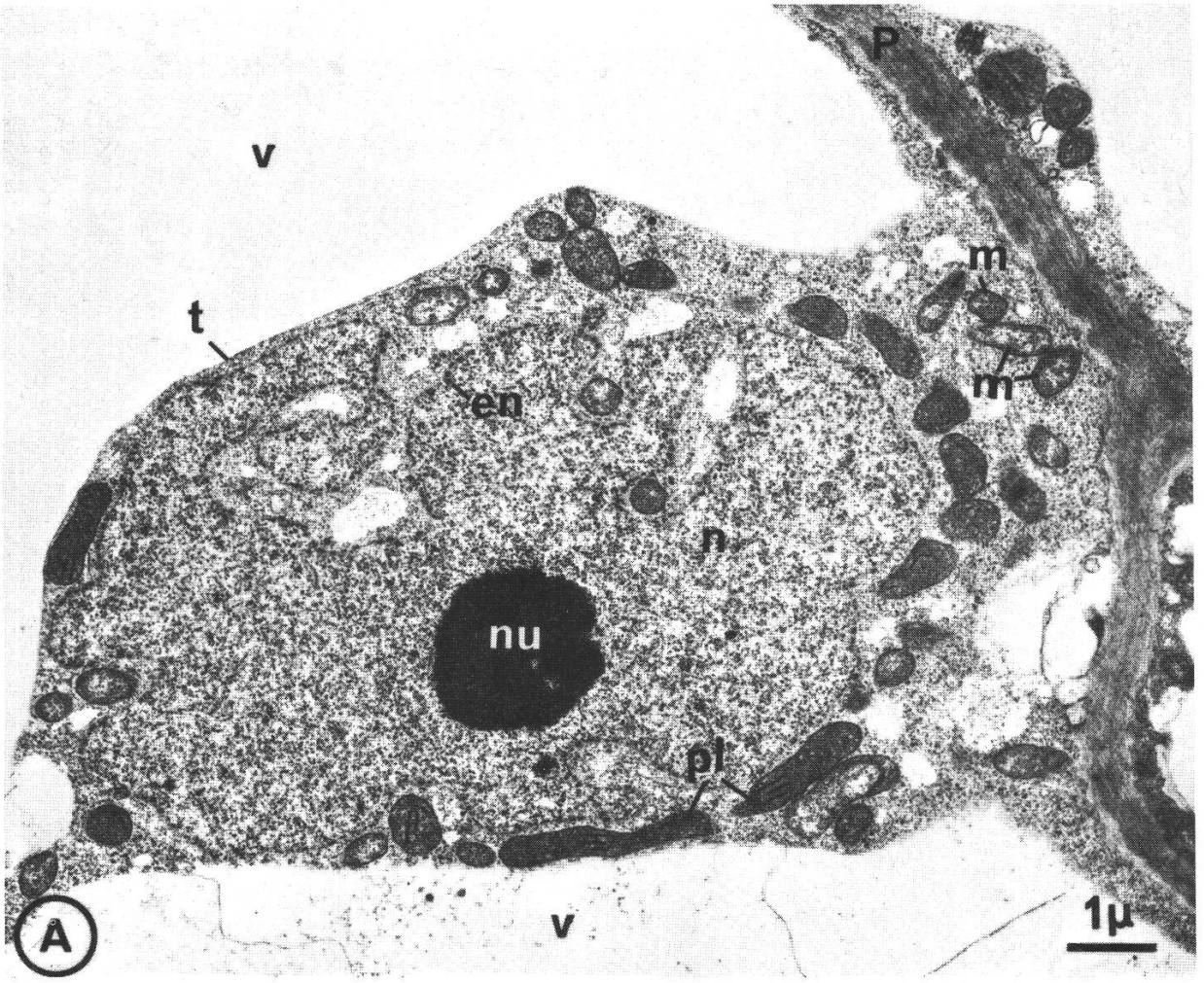
* $\% = 100 \cdot (V_{30} - V_{10}) / V_{10}$ (V. Tableau I).

Ultrastructure

Les transformations les plus caractéristiques portent sur les mitochondries et le reticulum endoplasmique.

Dans les lots témoins *(planches I et IIIA)*, les mitochondries sont abondantes. Elles possèdent un stroma dense et des crêtes moyennement développées. Dans les lots traités *(planches II, III et IVA)*, le stroma est encore plus dense. Les crêtes s'allongent, s'enroulent et parfois se ramifient. Les mitochondries elles-mêmes prennent des formes souvent bifurquées. Ces transformations se repèrent dans les cellules encore jeunes et dont le cytoplasme est basophile *(planche II)*; elles se maintiennent au cours du vieillissement cellulaire. Il faut noter, par ailleurs, que toutes ces altérations observées au niveau de la structure mitochondriale doivent être en relation plus ou moins directe avec les effets exercés par le fluor sur les échanges respiratoires (Pilet, 1964).

Le reticulum endoplasmique, pour les lots témoins *(planche IB)* forme de longues nappes souvent parallèles dans le cytoplasme pariétal. Ce reticulum est presque toujours granulaire. Dans les lots traités, l'évolution du reticulum est marquée par des modifications qui suivent celles des mitochondries. Elles se manifestent essentiellement après un appauvrissement en ribosomes libres du hyaloplasme *(planches II et IV)*. Ce reticulum se dilate, par places, en vésicules sphériques dont la membrane demeure cependant granulaire. D'autre part, des contacts s'établissent entre le reticulum et le plasmalemme *(planche II)*.



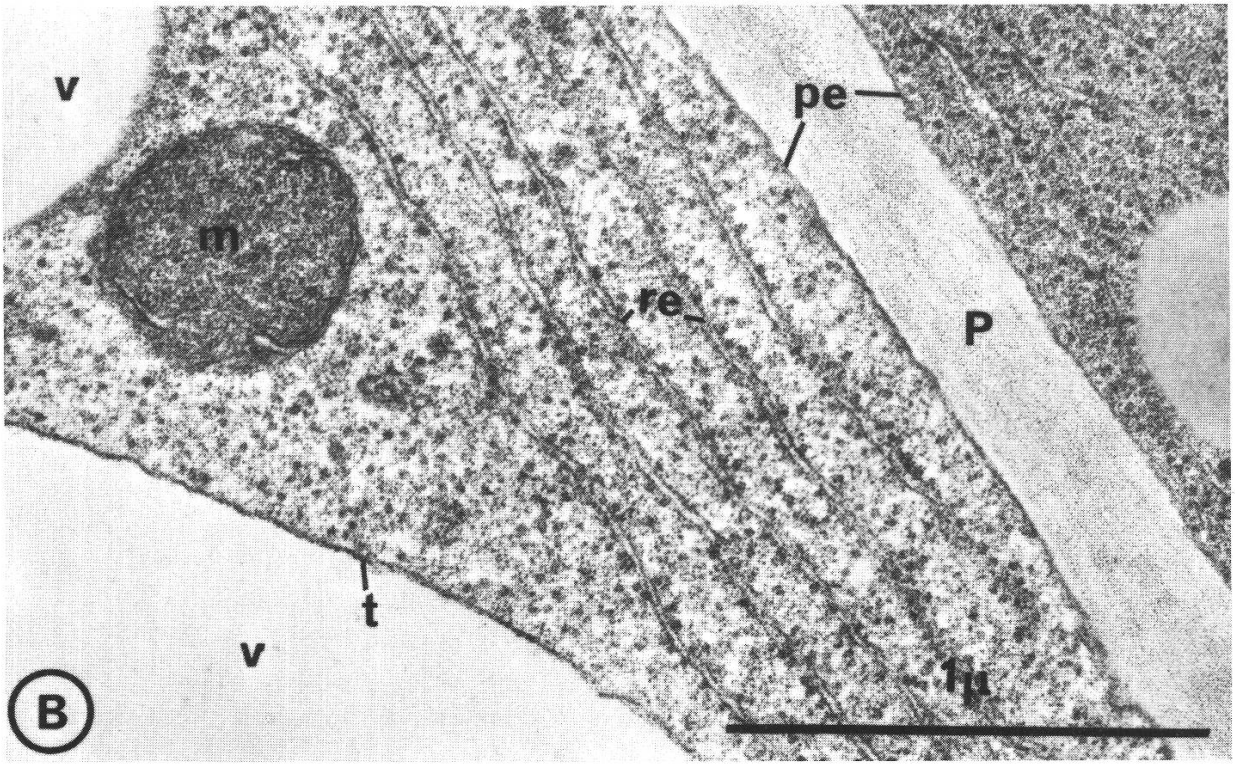
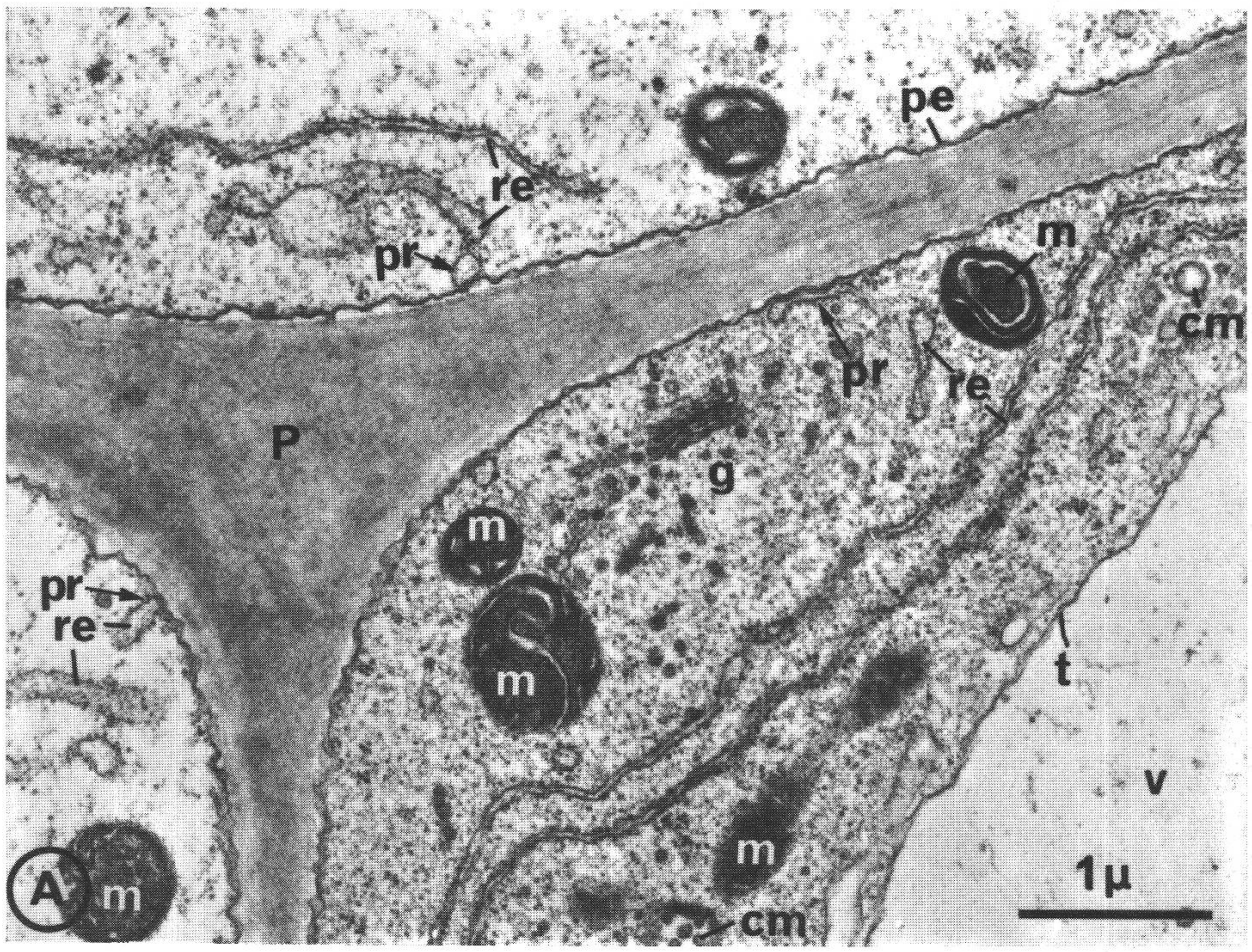


Planche I.



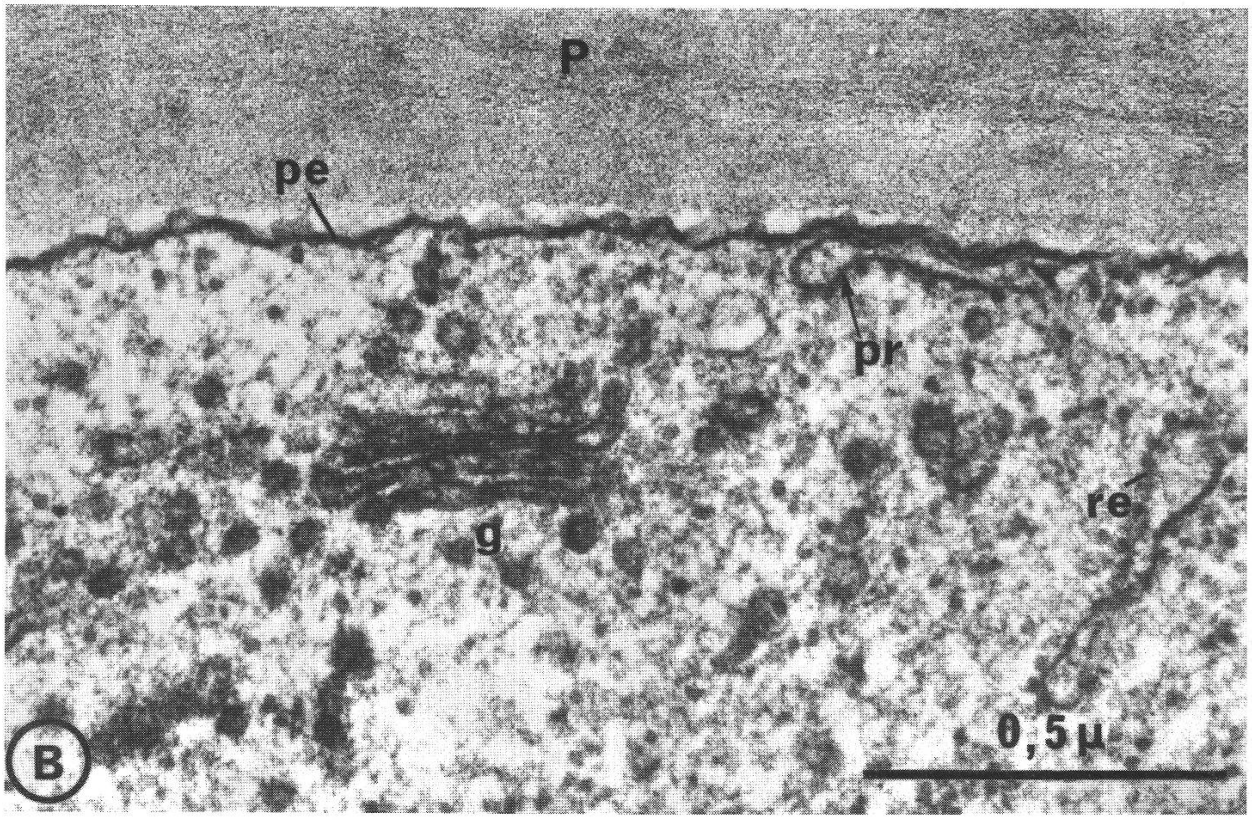
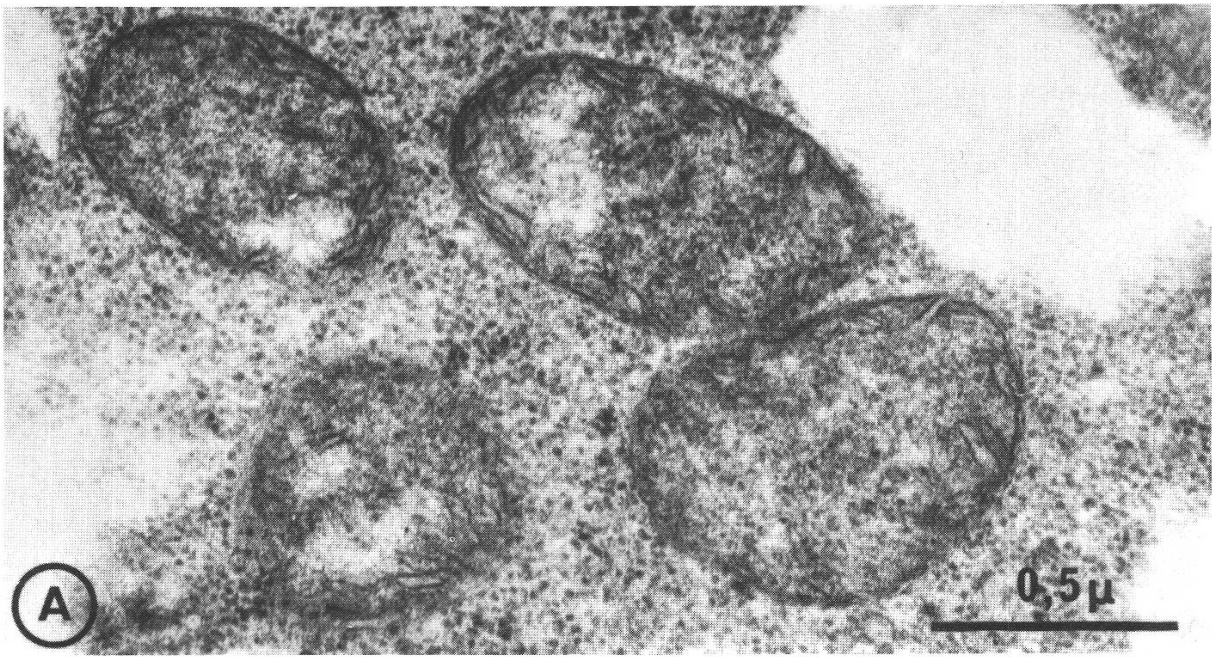


Planche II.



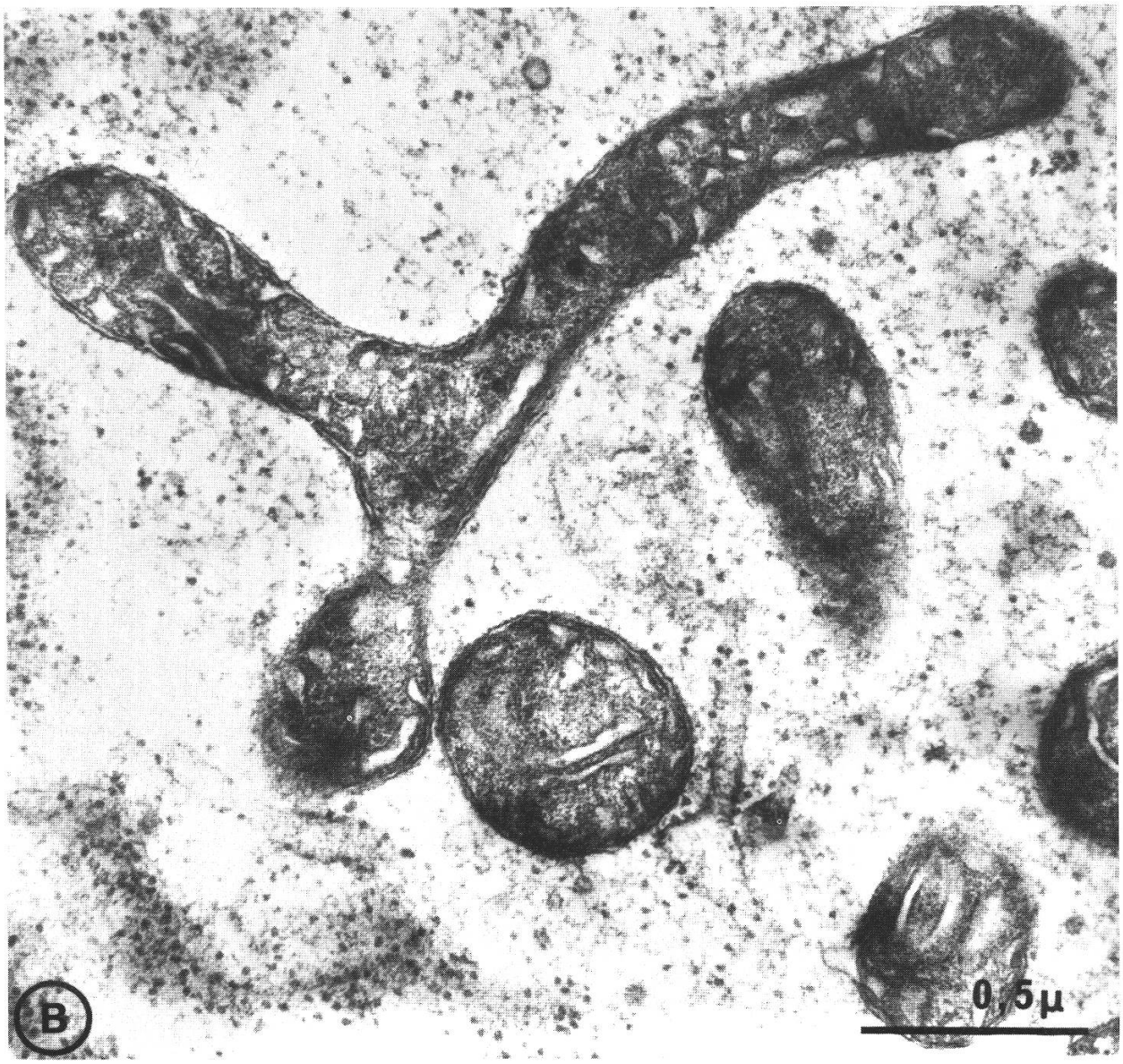
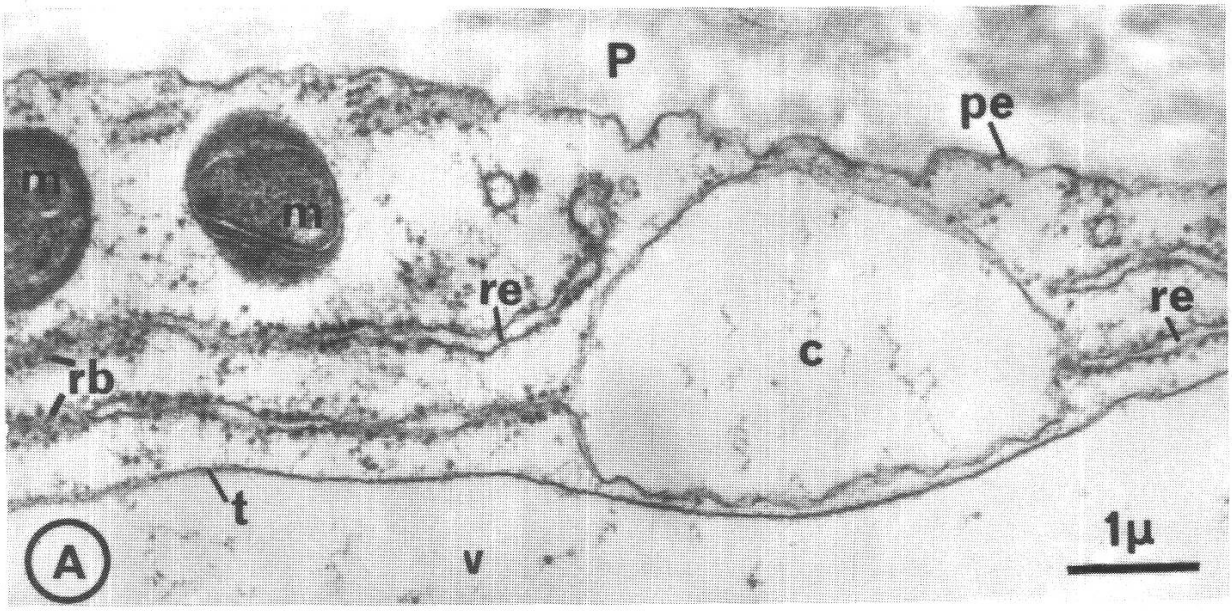


Planche III.



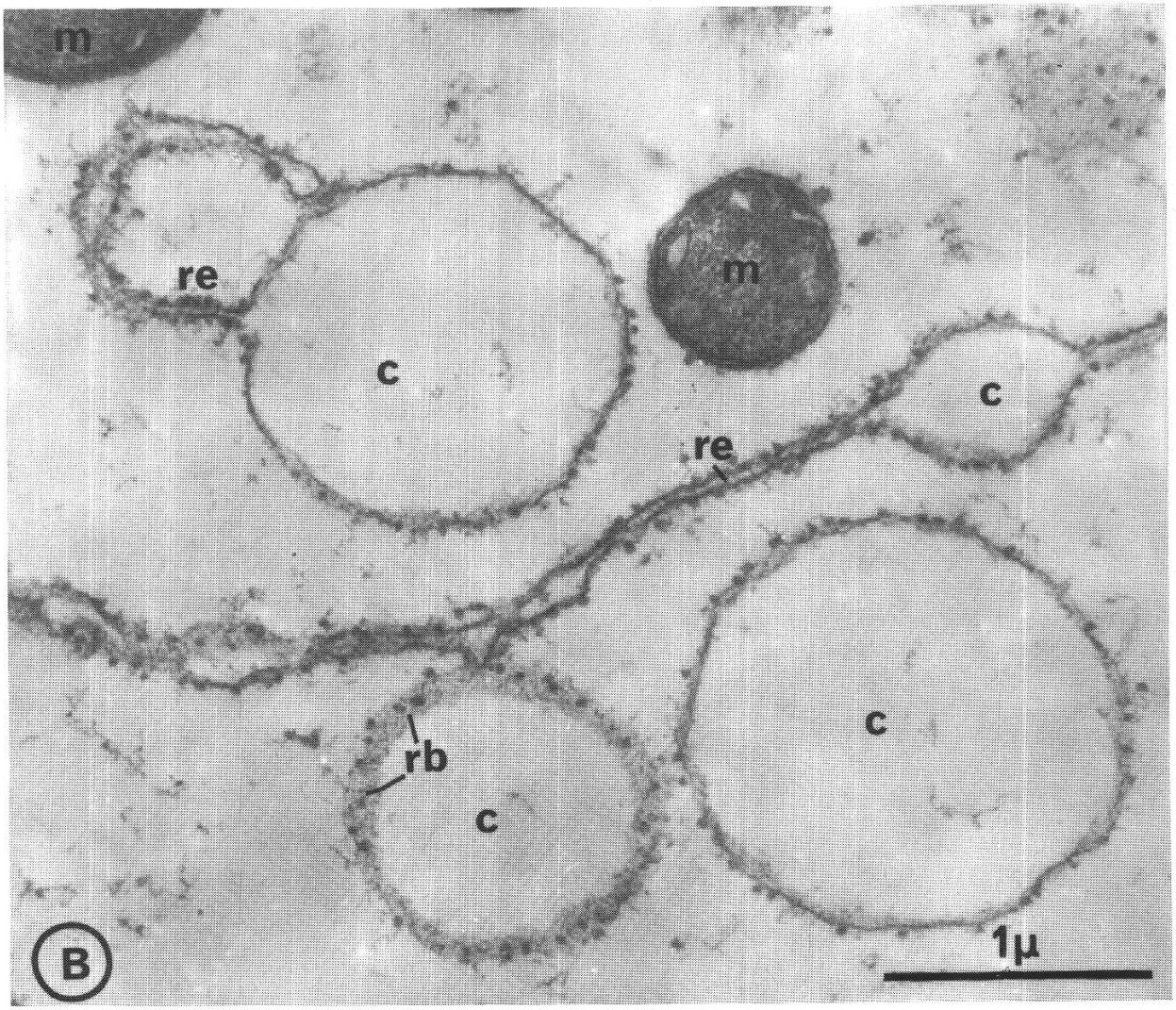


Planche IV.

Conclusions

Le fluor exerce donc un effet sur la croissance des explantats de Ronce cultivés *in vitro*. A des doses qui – il faut le rappeler – sont nettement supérieures à celles qui caractérisent le polluant lorsqu'il intervient dans la nature, le fluor inhibe notablement les processus d'auxèsis et de mérésis. Il réduit l'augmentation du poids frais et celle du contenu en protéines totales. A ce propos, il convient de remarquer que le fluor agit sur la structure des ribosomes et nous avons relevé, dans ce travail, qu'il en réduisait la densité.

Les effets du fluor, sur les tissus de Ronce, ne sont pas immédiats. Mais la période de latence à partir de laquelle la présence du fluor se manifeste coïncide précisément avec la phase d'installation des néoformations sur le milieu de culture témoin. C'est d'ailleurs au cours de cette période que l'absorption du fluor exogène par les tissus est maximale. L'action du fluor sur la croissance et sur l'ultrastructure se manifeste significativement alors que sa concentration endogène décroît régulièrement. Ce phénomène peut être expliqué par un incontestable effet de dilution dû à l'accélération de croissance des tissus traités et qui persiste même si, par rapport au lot témoin, l'augmentation du poids frais demeure toujours plus faible.

Au niveau de l'ultrastructure, un certain nombre de modifications, sous l'action du fluor, ont été enregistrées.

Elles portent. nous venons de le rappeler, sur la densité des ribosomes libres qui décroît d'une part et, d'autre part, surtout sur les mitochondries et le reticulum endoplasmique. Les mitochondries sont fortement altérées (crêtes et stroma). Ces changements de structure, visibles déjà dans de jeunes cellules, doivent être associés aux modifications, souvent relevées, qu'exerce le fluor sur la respiration. Quant au reticulum endoplasmique, il est notoire qu'il réagit presque toujours à toutes les formes d'agression extérieure.

Planche I.:

Ultrastructure cellulaire d'explantat de Ronce cultivé 3 semaines *in vitro* en milieu normal (témoin).
Abbréviations utilisées: en: enveloppe nucléaire; *m:* mitochondrie; *n:* noyau; *nu:* nucléole; *P:* paroi; *pe:* plasmalemme; *pl;* plaste; *re:* reticulum endoplasmique; *t:* tonoplaste; *v:* vacuole.
A: noyau et cytoplasme périnucléaire. B: cytoplasme pariétal.

Planche II.:

Ultrastructure cellulaire d'explantat de Ronce cultivé 3 semaines *in vitro* en présence de NaF (10^{-5} M).
Abbréviations utilisées: v. pl. I. *cm:* corps multivésiculaire; *g:* dictyosome (appareil de Golgi); *pr:* contact entre le plasmalemme et le reticulum.
A: Limite de trois cellules à des stades différents d'évolution. B: détail.

Planche III.:

Mitochondries d'explantat de Ronce cultivé 3 semaines *in vitro* en milieu normal (A) et en présence de NaF à 10^{-3} M (B).

Planche IV.:

Reticulum endoplasmique d'explantat de Ronce cultivé 3 semaines *in vitro* et en présence de NaF (10^{-3} M).
Abbréviations utilisées: v. pl. I. *c:* cavité dilatée d'une portion de reticulum granulaire.

Resumé

A hautes concentrations (10^{-3} et 10^{-5} M de NaF), le fluor inhibe la croissance – exprimée en variations de poids frais et de la teneur en protéines totales – des explantats de *Rubus,* cultivés *in vitro.* L'absorption maximale du fluor coïncide avec la phase d'installation (dix jours environ) des tissus. Le fluor provoque des altération significatives des mitochondries et du reticulum endoplasmique.

Summary

At high levels (10^{-3} and 10^{-5} M of NaF), fluoride causes an inhibition of growth – expressed in terms of changes in fresh weight and total protein – of the tissues of *Rubus* cultivated *in vitro.* The maximal uptake of fluoride coincides with the first period (ten days) of the tissues culture. Fluoride reduces the ribosomes density and significantly changes the structure and the forms of the mitochondria and the endoplasmic reticulum.

Zusammenfassung

Fluor hemmt in hohen Konzentrationen (10^{-3} und 10^{-5} M NaF) das Wachstum (ausgedrückt in Veränderungen des Frischgewichtes und des totalen Proteingehaltes) von Gewebekulturen von *Rubus in vitro.* Die maximale Fluorabsorption fällt in die erste Phase (10 Tage) der Gewebekulturen. Das Fluor bewirkt wesentliche Veränderungen der Mitochondrien und des endoplasmatischen Reticulums.

Bibliographie

Albright J.A. Inhibitory levels of fluoride on mammalian cells: *Nature, 203,* 976, 1964.

Alther E.W. Chemisch-biologische Untersuchungen zur Fluorose des Rindes: Diss. Landw. Hochschule, Hohenheim, 1961.

Benbadis A. Analyse de la croissance et de la multiplication de cellules isolées *in vitro: Rev. Cytol. Biol. vég., 27,* 225–237, 1964.

Bohne H. Fluorides and sulfur dioxide as causes of plant damage: *Fluoride, 3,* 137–142, 1970.

Bonner W.D. et Thimann K.V. Studies on the growth and inhibition of isolated plant parts. III. The action of some inhibitors concerned with plant metabolism: *Am. J. Bot., 37,* 66–75, 1945.

Bouriquet R. Recherches sur l'action de quelques facteurs de croissance à l'égard des tissus végétaux cultivés *in vitro.* Thèse Fac. Sc., Paris, 1959.

Brewer R.F., Sutherland F.H., Guillemet E.B. Sorption of fluorine by Citrus foliage from equivalent solutions of HF, NaF, NH_4F and H_2SiF_6: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., *76,* 215–219, 1960.

Chollet R. Contribution à l'étude des effets du fluor et du Sulfite sur les racines (Lens culinaris Med.): Thèse Fac. Sc. Lausanne, 1972.

Christiansen G.S., Kunz L.J., Bonner W.D. et Thimann K.V. Action of growth inhibitors on carbohydrate metabolism in the pea: *Plant Physiol., 24,* 178–181, 1949.

De Cormis L. Absorption des fluorures en solution et migration du fluor chez la Tomate: *Ann. Physiol. vég., 10,* 155–169, 1968.

Dässler H.G. et Lux H. Zur Luftbelastung in der Umgebung von Flusssäurewerken. Ergebnisse luftanalytischer Untersuchungen in Bereich des VEB Fluorwerke Dohna: *Luft- und Kältetechnik, 6,* 252–255, 1967.

Gautheret R. La culture des tissus végétaux: Masson Ed., Paris, 1959.

George B. The chemical nature of the second hydrogen peroxide coumpound formed by cytochrome c peroxidase and horseradish peroxidase. II. Formation and decomposition: *Biochem. J., 55,* 220–230, 1953.

Heller R. Recherches sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés *in vitro:* Thèse Fac. Sc. Paris, 1953.

Lance Cl. Recherches sur la croissance et le métabolisme respiratoire de tissus végétaux normaux et tumoraux cultivés *in vitro:* Thèse Fac. Sc., Paris, 1963.

Lowry H.H., Rosebrough N.Y., Farr A.L. et Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent: *J. Biol. Chem., 193,* 265–275, 1951.

MacDonald A.M.G. Methods of analysis for fluorine in Handb. of experimental pharmacology: XX/2, pp. 1–47, 1970.

Marks P.A., Burka E.R., Rifkind R.A., Danon D. Polyribosomes active in reticulocyte protein synthesis: *Symp. Quant. Biol., 28,* 223–226, 1963.

– Burka E.R., Conconi F.M., Perl W., Rifkind R.A. Polyribosome dissociation and formation in intact reticulocytes with conservation of messenger ribonucleic acid: Proc. Nat. Acad. Sc., *53,* 1437–1443, 1965.

Matthews J. Changes in cell function due to inorganic fluoride. In: „Handbook of experimental pharmacology", XX/2, 98–143, 1970.

Mohamed A.H. Cytogenetic effects of hydrogen fluoride on plants: *Fluoride, 2,* 76–84, 1969.

– Chromosomal changes in maize induced by hydrogen fluoride gas: *Can. J. Genet. Cytol., 12,* 614–620, 1970.

Oelschläger W. Zur Bestimmung geringster Fluormengen: Z. Anal. Chem., *191,* 408–416, 1962.

– Fehlermöglichkeiten bei der Bestimmung von Fluor: Coll. Centre Rech. Alusuisse Neuhausen, 93–116, 1967.

Penot M. et Diouris M. Quelques aspects de l'action des fluorures alcalins sur la perméabilité cellulaire: *Bull. Soc. Fr. Physiol. vég., 15,* 173–191, 1969.

Pilet P.E. Sur la pénétration du fluor dans les feuilles: action de l'acide β-indolylacétique: Bull. Soc. bot. suisse, *73,* 58–92, 1963.

– Action du fluor et de l'acide β-indolylacétique sur la respiration des tissus radiculaires: Rev. gén. Bot., *71,* 12–21, 1964.
– Quelques problèmes relatifs à l'analyse du fluor dans les tissus végétaux: Coll. Centre Rech. AluSuisse, Neuhausen, 10–73, 1967.
– Effet du fluor et de l'acide β-indolylacétique sur la teneur en acide ribonucléique des racines du Lens: C.R. Acad, Sc., *266,* 1574–1576, 1968.
– Effet du fluor sur la teneur en RNA et l'activité RNasique des racines du Lens: C.R. Acad. Sc., *269,* 954–957, 1969.
– RNA metabolism and fluoride action: *Fluoride, 3,* 153–159, 1970.
– et Chollet R. Action du fluor et du sulfite sur les aiguilles du Pinus sylvestris: *Ann. Physiol. vég., 10,* 17–18, 1968.
– et Collet G. Action *in vitro* et *in vivo* du fluor sur le catabolisme de l'acide β-indolylacétique: *Bull. Soc. bot. suisse, 74,* 215–228, 1964.
– Lavanchy P. et Sevhonkian S. Interactions between peroxidases, polyphenol-oxidases and auxin-oxidases: *Physiol. Plant., 23,* 800–804, 1970.
– et Roland J.Cl. Effets de l'acide abscissique sur la croissance et l'ultrastructure de tissus cultivés *in vitro: Cytobiologie, 4,* 41–61, 1971.

Roland J.Cl. et Pilet P.E. Modifications ultrastructurales de parois de cellules de Ronce sous l'effet de l'acide abscissique: C.R. Acad. Sc., *272,* 72–75, 1971.

Semrau K.T. Emission of fluorides from industrial processes: *J. Air. Poll. Cont. Ass., 7,* 92–108, 1957.

Sulzberger R. Erfahrung mit der Alizarin-Komplexan-Methods zur photometrischen Fluor-Bestimmung: Coll. Centre Rech. AluSuisse Neuhausen, 74–92, 1967.

Thomas M.D. et Alther E.W. The effects of fluoride on plants. In Handb. of experimental pharmacology: XX/1, 230–306, 1966.

Prof. P.E. Pilet
Institut de Biologie et de Physiologie végétales
Université de Lausanne
CH-1005 Lausanne

Prof. J.Cl. Roland
Laboratoire de Cytophysiologie végétale
Université de Paris VI
9, Rue chomond
F-75 Paris