Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 15 (1970-1974)
Heft: 1

Artikel: Association fonctionnelle et problèmes cellulaires
Autor: Pilet, Paul-Émile
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-258949

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: 13.07.2025

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

Association fonctionnelle et problèmes cellulaires

PAR

PAUL-ÉMILE PILET
Professeur à l'Université de Lausanne

INTRODUCTION

Bien avant que ne paraissent les ouvrages d'AUGUSTE COMTE — le père du mot *sociologie* — un « Essai de physique sociale » avait été publié, en 1835, par A. QUÉTELET (1). Le statisticien belge, passionné de sciences naturelles, n'hésite pas à se servir de nombreux exemples empruntés au monde vivant pour tenter d'établir les premières lois de cette science nouvelle dont le propos est l'étude des sociétés humaines.

A ses débuts donc, la sociologie doit beaucoup aux sciences de la vie (2). Nous verrons — en concluant — dans quelle mesure la biologie, à son tour, pour amorcer le tournant décisif qu'elle doit prendre aujourd'hui, pourra utilement s'inspirer de certaines lois de la sociologie moderne.

Tout comme l'homme, la plupart des animaux et des plantes vivent en société. Les groupements végétaux s'établissent souvent grâce à des échanges complexes de facteurs chimiques spécifiques. En 1828 déjà, DE CANDOLLE soupçonne l'existence de principes chimiques élaborés par une espèce donnée et qui agissent sur une autre espèce. Cette *allélopathie* — comme l'appellera MOLISCH (3) — se traduit par une collaboration ou par une situation d'agression suivant la nature chimique des composés biosynthétisés. Je me contenterai de deux exemples (4).

Les graines du *Striga lutea* germent d'autant mieux qu'elles se trouvent dans le voisinage du *Sorghum vulgare*. Les racines de cette plante produisent une substance chimiquement voisine de l'allylthio-urée qui bloque les inhibiteurs de la germination du *Striga*. Par contre, les plantules de Tomate se développent mal si elles sont cultivées près de l'*Encelia farinosa* dont les feuilles, une fois à terre, émettent un inhibiteur des enzymes du cycle de Krebs, la 3-acétyl-6-méthoxybenzaldéhyde.

Ces exemples montrent les rapports d'ordre biochimique — synergiste et antagoniste — qui s'établissent entre certains individus. De telles inter-relations existent évidemment au niveau de la cellule — cette unité structurale et réactionnelle du vivant. A l'*échelle cellulaire*, les associations fonctionnelles seront plus faciles à mettre en évidence, leurs caractéristiques essentielles plus aisément décelables. Elles revêtiront en outre une plus grande généralité.

Le thème de cette étude portera donc sur l'analyse — par quelques exemples élémentaires — des rapports de collaboration à l'échelle de la cellule, ou plus exactement au niveau subcellulaire, cellulaire, pluricellulaire et... moléculaire.

ÉCHELLE SUBCELLULAIRE

C'est au sein de la cellule d'abord, à l'échelle des organelles — c'est ainsi que l'on désigne les constituants cellulaires — qui en forment la partie réactive, que je prendrai les premiers exemples d'association fonctionnelle. Trois séries d'observations illustreront cette collaboration subcellulaire.

Interréactions entre organelles

Pour que se réalise l'absorption d'un substrat exogène par la cellule — phénomène appelé *endocytose* (5) — d'innombrables organelles différentes s'associent, réagissant en chaîne pour assurer la pénétration superficielle (pinocytose), puis le transfert dans le cytoplasme et finalement l'incorporation au niveau du hyaloplasme, de ce substrat progressivement dépolymérisé (6). Une telle association est remarquable ; elle démontre qu'au niveau subcellulaire, les organelles distinctes se groupent pour accomplir une tâche commune. Certains des constituants concernés ont d'ailleurs une origine commune (7), d'autres — comme les lysosomes — posent encore certaines questions non résolues (5, 8). Tenant compte de quelques observations récentes, un schéma peut être proposé (fig. 1) que je commenterai brièvement :

1) Par invagination du plasmalemme, un pinocyte se forme qui évoluera en phagosome ; 2) à partir du dictyosome, une vésicule (dite golgienne) donne

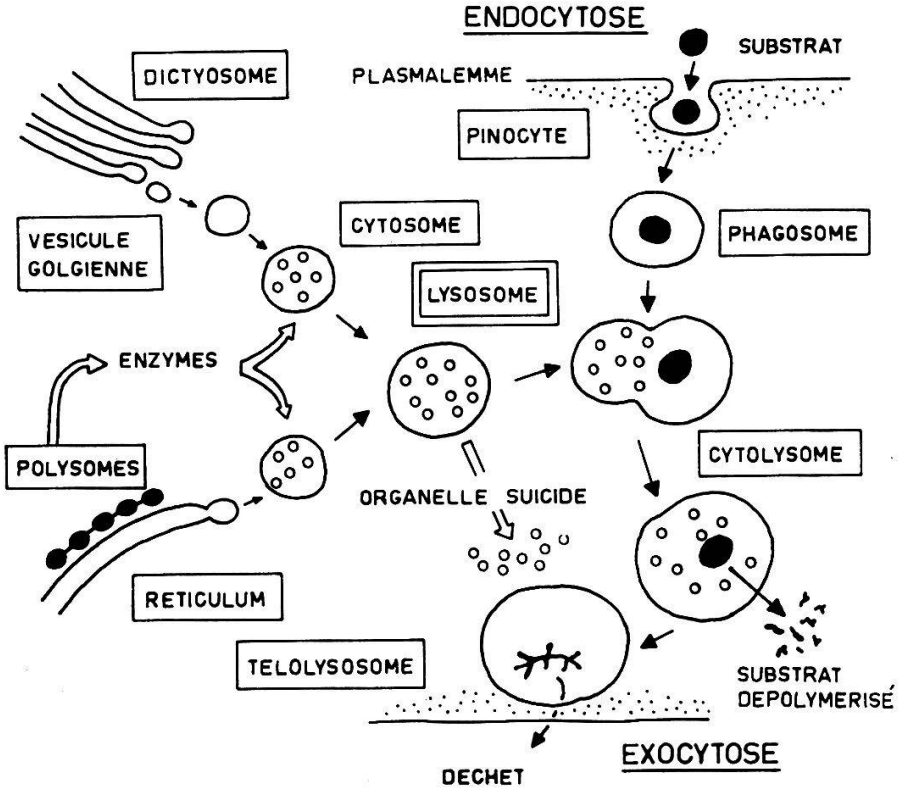

Fig. 1. — Quelques organelles engagées dans les processus d'endocytose et d'exocytose

naissance au cytosome qui se remplit d'enzymes nées de l'activité polysomique ; 3) un lysosome se constitue qui peut soit fusionner avec le phagosome pour donner un cytolysome, soit se dissoudre (organelle suicide) ; 4) les enzymes vont attaquer le substrat qui se dépolymérise et passe dans le hyaloplasme pour y être immédiatement utilisé, alors que les déchets s'accumulent dans le télolysosome qui finira par être éliminé *(exocytose)*.

Organelles compagnes

Dans le parenchyme foliaire de certaines plantes (le Tabac par exemple), des organelles associées à d'autres organelles de nature différente ont été signalées ; on leur a donné le nom de *peroxysome* d'abord, puis de *glyoxysome* (9). Ces « microbodies » ne possèdent qu'un seul feuillet (alors que la membrane des chloroplastes en a deux). Leur stroma riche en protéines — parfois structurées en cristal dense et régulier — contient surtout la plupart des enzymes nécessaires au métabolisme du glycolate. Il semble bien démontré aujourd'hui que ces organelles — issues des chloroplastes — contribuent au travail de ces derniers. Voici donc un exemple montrant qu'au niveau de la cellule elle-même, des organelles sont capables d'utiliser des « collaborateurs » secondaires qui compléteront une partie de leurs propres réactions (10).

Collaboration entre cellule et organelles

Nous ne prendrons qu'un exemple, celui de la *mitochondrie* que certains biologistes n'hésitent pas à considérer comme une bactérie qui se serait introduite, à l'aube de la vie, à l'intérieur de la cellule primitive (11). Le régime symbiotique — avantageux et pour le parasite et pour la cellule-hôte — aurait peu à peu déformé cette bactérie pour en faire un constituant indispensable à la cellule entière, associé fonctionnellement avec les autres organelles et permettant à la cellule d'accomplir l'essentiel de ses réactions métaboliques. A l'appui de cette conception théorique — qu'il est évidemment difficile de démontrer expérimentalement — on peut citer quelques observations. Du point de vue de l'infrastructure d'abord, un certain nombre de similitudes doivent être relevées (fig. 2). Si les parois de la bactérie ont disparu dans la mitochondrie, son plasmalemme pourrait avoir donné le feuillet interne mitochondrial. Or, ce plasmalemme forme des mésosomes — précisément considérés comme les « ancêtres » des mitochondries. Le RNA et le DNA bactériens se retrouvent dans la mitochondrie et les ribosomes des bactéries eux-mêmes paraissent exister dans le stroma bien que partiellement dégénérés.

De plus, la mitochondrie se divise *in vivo* et nombreuses sont les données cytologiques (12) qui montrent que cette multiplication au sein du hyaloplasme est très comparable à celle d'une bactérie dans la cellule qui l'abrite. Par ailleurs, l'emploi de la choline tritiée a permis de vérifier ce fait puisque, au bout d'un certain temps, toutes les mitochondries sont radioactives, bien qu'au moment du traitement par ce traceur, la cellule contienne beaucoup

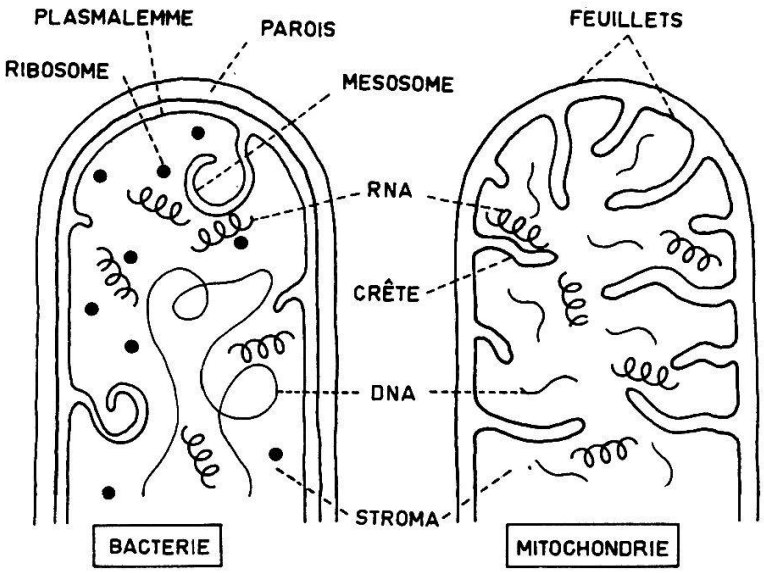

Fig. 2. — Schéma comparé d'une bactérie et d'une mitochondrie

moins de mitochondries (13). De plus, le DNA mitochondrial évoque un chromosome bactérien partiellement simplifié. On a d'ailleurs isolé d'un *Neurospora*, le DNA du stroma des mitochondries ; son PM est de l'ordre de 13 millions et il correspond au type circulaire propre à celui des chromosomes de la plupart des bactéries (14). Rappelons, d'autre part, les observations concernant l'hérédité non mendélienne chez les Levures et notamment les travaux qui ont porté sur des variétés de *Saccharomyces* offrant des déficiences respiratoires. Il est bien établi aujourd'hui (15) que c'est le DNA mitochondrial qui contrôle l'activité de la plupart des enzymes engagées dans la régulation du catabolisme oxydatif et qui est responsable — tout comme le chromosome bactérien — de la transmission de certains caractères physiologiques.

Il y aurait donc eu, à l'origine, une association fonctionnelle entre la cellule et une bactérie parasite. Cette bactérie, modifiée sur le plan de sa structure comme au niveau de ses réactions, par une lente et progressive adaptation, aurait donné naissance à une mitochondrie qui poursuivrait évidemment, et avec un rendement accru, cette collaboration initiale.

ÉCHELLE CELLULAIRE

On commence aujourd'hui à mieux comprendre les rapports qui lient une cellule à une autre cellule. Je me bornerai à l'examen rapide de deux cas de *symbiose* — laissant de côté tous les autres trop connus (par exemple la symbiose entre une algue et un champignon qui donne un Lichen, et celle qui associe certains champignons et les tissus d'Orchidée...).

Symbiose *in vitro*

La plupart des microorganismes ont besoin, pour croître et pour se développer, de facteurs métaboliques qu'on a pris l'habitude d'appeler *bios*. C'est ainsi que certains champignons inférieurs exigent pour leur développement la

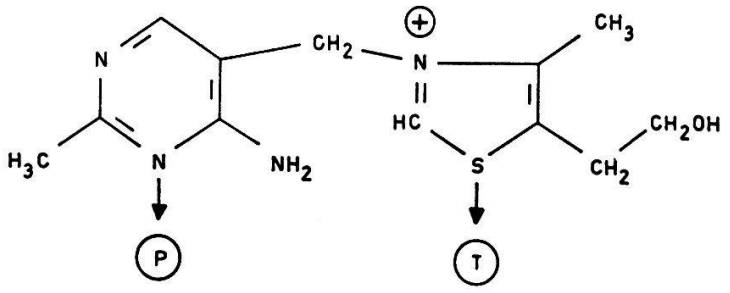

Fig. 3. — Structure chimique de la vitamine B_1

vitamine B_1 (fig. 3). Cette vitamine peut être dissociée en deux constituants, la pyrimidine (P) et le thiazole (T). *In vivo*, et par l'action d'une thiamine-synthétase (E), la vitamine B_1 peut se reformer à partir de P et de T (16) :

$$\underset{(P)}{\text{Pyrimidine}} + \underset{(T)}{\text{Thiazole}} \xrightarrow[(E)]{\text{Thiamine-synthétase}} \text{Vitamine } B_1$$

C'est à SCHOPFER et à ses élèves (17) que l'on doit toute une série de remarquables observations relatives à ce qu'on a appelé parfois une *symbiose artificielle*. Résumons, dans le *tableau* ci-dessous, quelques résultats qui vont nous permettre les remarques suivantes.

TABLEAU

Mise en évidence de la symbiose in vitro *entre divers microorganismes*

Effet comparé de la vitamine B_1 (V) et de ses deux constituants : la pyrimidine (P) et le thiazole (T)

Matériel biologique :	−V	+ V	+ P	+ T	+ P + T
Mucor Ramannianus	0	+	0	+	+
Rhodotorula Rubra	0	+	+	0	+
Phycomyces spec.	0	+	0	0	+
Phytophtora spec.	0	+	0	0	0

Croissance : + Pas de croissance : 0

Le *Mucor* et le *Rhodotorula* ne peuvent croître sans vitamine B_1. Par contre, le premier de ces champignons se développe fort bien en présence de T et le second peut vivre si on lui fournit P. Cela signifie qu'ils sont capables de synthétiser respectivement P et T et que, d'autre part, ils fabriquent E. Ainsi, sans leur fournir de substrat particulier, on peut cultiver, ensemble, le *Mucor* et le *Rhodotorula*, le premier fournissant au second — et réciproquement — la partie de la vitamine B_1 qui lui manque. Nous sommes donc en face d'une véritable association entre deux microorganismes qui se servent l'un de l'autre, pour synthétiser le facteur du Bios indispensable à leur croissance.

Examinons maintenant le comportement d'un *Phycomyces* et du *Phytophtora* qui, eux aussi, ont besoin de vitamine B_1. Cette fois, ni l'un ni l'autre ne synthétisent P et T et si on leur fournit les deux constituants de la vitamine B_1, on constate que le *Phycomyces* peut croître (il possède donc E qui lui permet de former la vitamine en question) alors que le *Phytophtora* est incapable de se développer. (Ce champignon ne synthétise donc pas E.) Par contre, si l'on cultive ensemble ces deux champignons, l'enzyme élaborée par le premier va permettre la synthèse de la vitamine B_1 qui rendra possible la croissance du second.

Ces deux exemples de symbiose *in vitro* montrent bien les possibilités de coopération, à l'échelle cellulaire, de certains microorganismes entre eux.

Symbiose *in vivo*

Les Légumineuses peuvent assimiler l'azote atmosphérique grâce à des nodules développés sur leurs racines (18). Ces *nodosités* contiennent des bactéroïdes qui, en culture pure, correspondent à des bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries envahissent les racines au niveau des poils absorbants. Elles doivent pour cela traverser la paroi cellulaire, localement dissoute par l'action d'une polygalacturonase élaborée par les cellules de la plante-hôte au contact des bactéries. Ces dernières passent alors du poil au cortex grâce à un cordon constitué par un cylindre de cellulose et d'hémicellulose renfermant une mésoglée gluante. Ces bactéries abandonnent le cordon conducteur pour se répandre dans les cellules mésenchymateuses ; elles prennent progressivement des formes d'involution qui correspondent aux bactéroïdes.

Dans les cellules-hôtes — qui commencent à se diviser activement pour donner des nodules — apparaît alors un chromoprotéide ferroporphyrinique (19) qui possède toutes les caractéristiques d'une hémoglobine, mais de PM inférieur (de l'ordre de 17 500). Cette *léghémoglobine* — c'est ainsi que VIRTANEN l'a baptisée — va permettre la fixation de l'azote atmosphérique et la formation, grâce à la participation de protons et d'électrons, d'azote ammoniacal :

$$\tfrac{1}{2}\,N_2 \xrightarrow[\text{léghémoglobine}]{\text{Fe } 3H^+ + 3\,e} NH_3 \quad (E'_0 = -\,0{,}2\ V).$$

Comme pour l'hémoglobine, cette ferroléghémoglobine se transforme en ferriléghémoglobine (ou légméthémoglobine) en libérant un électron par molécule. Le NH_3 ainsi formé (fig. 4) va se combiner (20) à l'acide α-cétoglutarique — issu des cellules-hôtes (glycolyse et oxydations respiratoires) — pour former l'acide α-iminoglutarique, puis l'acide glutamique.

Cet exemple d'association — au niveau de deux types de cellules (celles de la bactérie et celles de la racine-hôte) — rappelle une agression d'ordre pathogène et l'évolution des nodosités fait penser à une réaction de nature tumorale. Cependant, on estime aujourd'hui qu'une véritable symbiose s'établit entre le

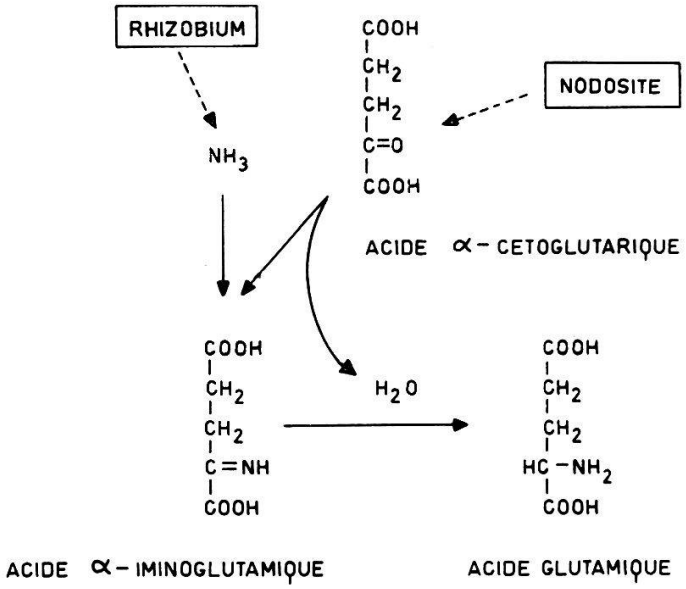

Fig. 4. — Synthèse de l'acide glutamique réalisée par l'action symbiotique du *Rhizobium* et des cellules de nodosité radiculaire

bactéroïde et les cellules de la légumineuse. Cette association va permettre, grâce à l'intervention de la léghémoglobine — donneur d'électrons et qui résulte de la symbiose de la nodosité — la synthèse de l'acide glutamique.

ÉCHELLE PLURICELLULAIRE

Des cellules, groupées entre elles, forment un tissu si elles conservent toutes une structure et des fonctions identiques. Au sein d'un organe ou à l'échelle d'un organisme, qui l'un et l'autre sont faits de plusieurs tissus et correspondent à un niveau pluricellulaire, il existe de nombreux cas d'association fonctionnelle. Je me bornerai à la description de quelques-uns d'entre eux.

Phloème et cellules compagnes

La sève organique est préférentiellement véhiculée par les tubes criblés, cellules vivantes de nature tubulaire qui constituent le phloème. Collées contre ces vaisseaux et ayant la même origine, des *cellules-compagnes* participent activement à la différenciation des tubes conducteurs et au mouvement de cette sève élaborée, transportée de l'appareil foliaire vers les racines. Cette collaboration complexe entre les cellules-compagnes et le phloème commence à être mieux connue (21). Sans les cellules-compagnes — et des études en microscopie électronique l'ont bien montré (22) — les tubes criblés ne sont plus fonctionnels et si ces vaisseaux n'assurent plus le transport de la sève, ces cellules meurent.

Des explications, souvent contradictoires et fort discutées, ont été proposées ces dernières années pour rendre compte des mécanismes nombreux qui assurent le transport de la sève organique (23). Je ne retiendrai que quelques faits qui

mettent bien en valeur la participation des cellules-compagnes et les réactions qui lient ces cellules au phloème.

Les cellules-compagnes sont très riches en enzymes diverses. Certaines de ces enzymes — les phosphatases notamment — vont démolir divers substrats et libérer des phosphates et de l'énergie ; cette énergie sera immédiatement utilisée pour le transport des composés organiques dans le tube criblé. D'autres enzymes seront dirigées dans le phloème et assureront la dégradation partielle de certaines réserves, facilitant ainsi — par dépolymérisation progressive — le transport des constituants de la sève organique.

A côté des gradients osmotiques et des forces de diffusion qu'on évoque pour expliquer la migration de la sève dans le phloème, il est bien établi aujourd'hui que des courants électro-osmotiques facilitent le passage de cette sève d'un côté du crible à l'autre. C'est ainsi, par exemple, que la polarisation des parois de la plage criblée serait due à l'absorption de K^+ d'un côté et à la sécrétion de cet ion de l'autre (24). Les cellules-compagnes seraient précisément responsables de ce « pompage actif » et collaboreraient ainsi directement au transport de la sève organique (figure 5).

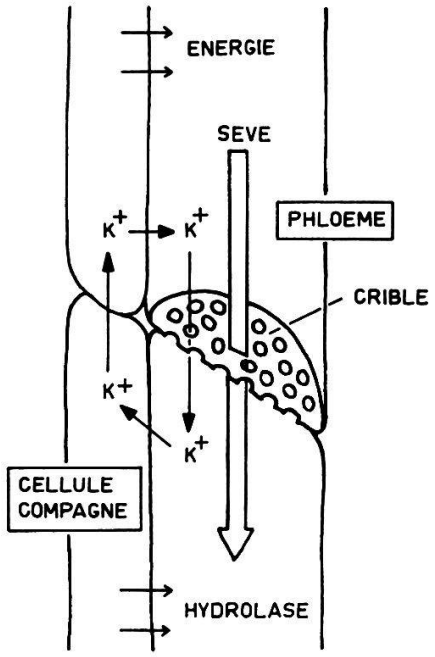

Fig. 5. — Structure schématique du phloème et des cellules-compagnes

Néoformation et culture de tissus *in vitro*

Des fragments d'organes cultivés *in vitro* montrent bien les rapports qui lient les tissus entre eux et pas seulement ceux qui sont voisins les uns des autres. A titre d'exemple, je prendrai le cas de morceaux prélevés dans des racines de Carotte qui, placés dans un milieu nutritif donné, développent, au niveau de la face opposée, une néoformation (25). Celle-ci sera beaucoup plus abondante, si le fragment a été préalablement retourné dans le milieu (fig. 6 A). La néoformation ne dépend pas uniquement d'une polarité de distribution des substances trophiques, mais encore — et peut-être surtout — d'une répartition préférentielle des hormones de croissance (26), engagées non seulement dans la régulation des processus d'auxésis mais encore dans toute une série de réactions biochimiques. La croissance de ces néoformations est donc très strictement dépendante des tissus situés à la base de la culture. Par ailleurs, et dans le cas d'une hyperauxinie (17), il peut se former, au niveau des néoformations des racines qui évidemment, au début, ne sont pas fonctionnelles (fig. 6 B).

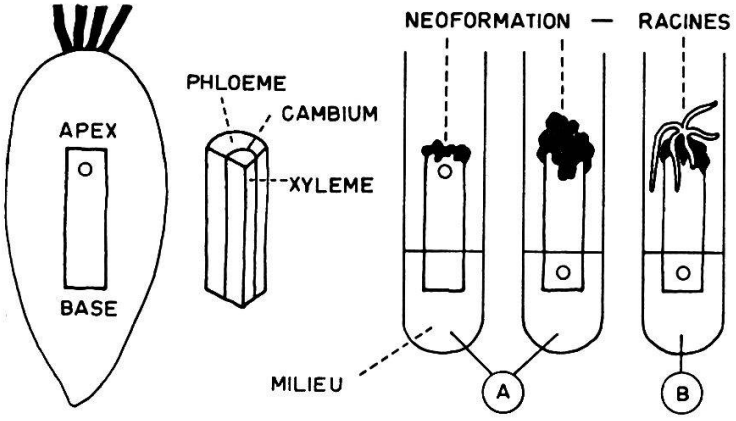

Fig. 6. — Culture de tissus de Carotte *in vitro*

Greffe et culture de tissus *in vitro*

Des expériences de greffe sur des cultures de tissus fourniront un bon exemple de ces relations à distance déjà évoquées. Ainsi, l'influence exercée par des bourgeons greffés sur des fragments de racines d'Endive cultivés *in vitro*, a été étudiée (28). Lorsque le greffon est placé dans la région foliaire, au niveau du phloème, il entraîne — à l'intérieur du fragment — des phénomènes d'histogenèse et de redifférenciation. On voit alors apparaître des formations cribro-vasculaires qui traversent la ligne de suture de la greffe pour s'orienter obliquement au travers du phloème vers la zone génératrice du fragment. Cette induction, qui met en évidence les rapports entre des groupes de cellules différenciées, paraît dépendre d'un processus hormonal plutôt que d'une action de contact exigeant une continuité tissulaire. Sur le matériel présenté plus haut, une expérience intéressante a été réalisée. Une pellicule perméable de cellophane, interposée entre le greffon et le fragment de racine d'Endive, n'empêche pas l'action inductrice de se manifester. Au sein du phloème du fragment de racine, portant le greffon, une plage différenciée formée de nombreuses petites cellules apparaît, contenant, entre autres, des trachéides néoformées et des tubes criblés.

ÉCHELLE MOLÉCULAIRE

Des organelles cellulaires, nous avons passé à la cellule elle-même, puis à quelques tissus. Cette démarche est, en fait, l'inverse de celle que le biologiste a l'habitude de suivre (29). A l'individu — aux dépens duquel l'expérience ne fournit pas toujours des résultats qu'il est aisé d'interpréter — le chercheur préfère les constituants les plus petits, ceux qui se laissent isoler sans trop de mal et que l'on peut faire réagir en quelque sorte *in vitro*.

Depuis des années, la cellule est devenue un objet d'étude de choix, et, après elle, ou parallèlement, ses propres organelles ont donné lieu à de passionnantes recherches. Mais en vingt ans, la biologie cellulaire s'est peu à peu « molécularisée », pour donner une biologie nouvelle — baptisée par ASTBURY, biologie moléculaire (30).

A cette échelle de la vie subcellulaire — ou des réactions subcellulaires devrais-je plutôt écrire — les exemples d'associations fonctionnelles sont innombrables. Je me bornerai à discuter la très remarquable collaboration qui existe entre certaines cellules et une petite protéine, l'interféron.

On a pris l'habitude de désigner par *interférence* l'immunité qu'une cellule peut acquérir contre un virus après avoir été mise en contact avec un autre virus. Une telle immunité est due à une protéine baptisée *interféron* (31) qui provoque l'inhibition de la multiplication, dans la cellule-hôte, du virus. Nous sommes, avec cet exemple, placés devant une sorte de collaboration entre une molécule spécifique et la cellule.

Nous allons résumer les étapes essentielles (32) qui caractérisent l'intervention de l'interféron.

Induction de l'interféron (fig. 7)

1) le virus pénètre dans la cellule ;
2) le virus se décapsule et libère son RNA constitué d'une chaîne simple ;
3) le RNA du virus subit une réplication et forme un RNA double ; de plus l'alerte est donnée au noyau ;

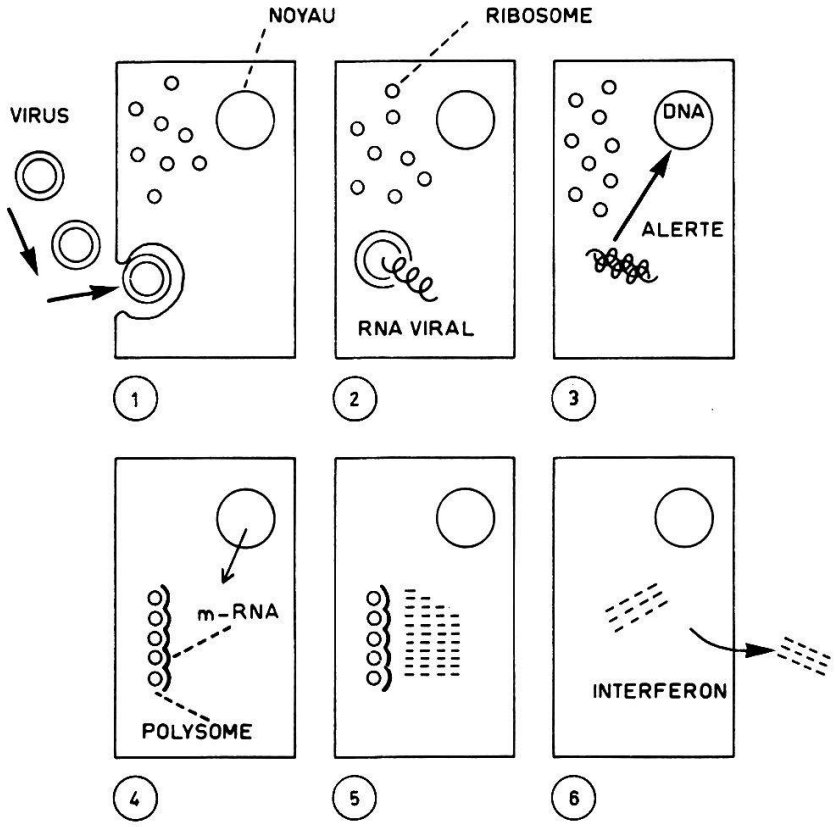

Fig. 7. — Induction de l'interféron

4) la dérépression du cistron du DNA de la cellule-hôte permet la synthèse du m-RNA qui assure le regroupement des ribosomes et la formation de polysomes ;
5) ces polysomes permettent la synthèse de l'interféron ;
6) cet interféron sort de la cellule.

Interférence avec la synthèse virale (fig. 8)

1) l'interféron pénètre dans une cellule non infectée ;
2) l'alerte est donnée au noyau ;
3) la dérépression du cistron du DNA nucléaire entraîne la synthèse de m-RNA et la mise en place des polysomes est assurée ;
4) ces polysomes assurent la formation de protéines inhibitrices de traduction (TIP) ;
5) les TIP s'associent aux ribosomes pour donner un « pool » de ribosomes-TIP ;
6) le m-RNA synthétisé par le noyau permet la formation de polysomes ; les polysomes-TIP assurent la traduction des messages du m-RNA cellulaire ;
7) le virus pénètre dans la cellule mais l'association des TIP avec les ribosomes empêche la traduction du m-RNA viral. Dans certains cas, les TIP s'opposent à la formation de polysomes au niveau du m-RNA viral (33).

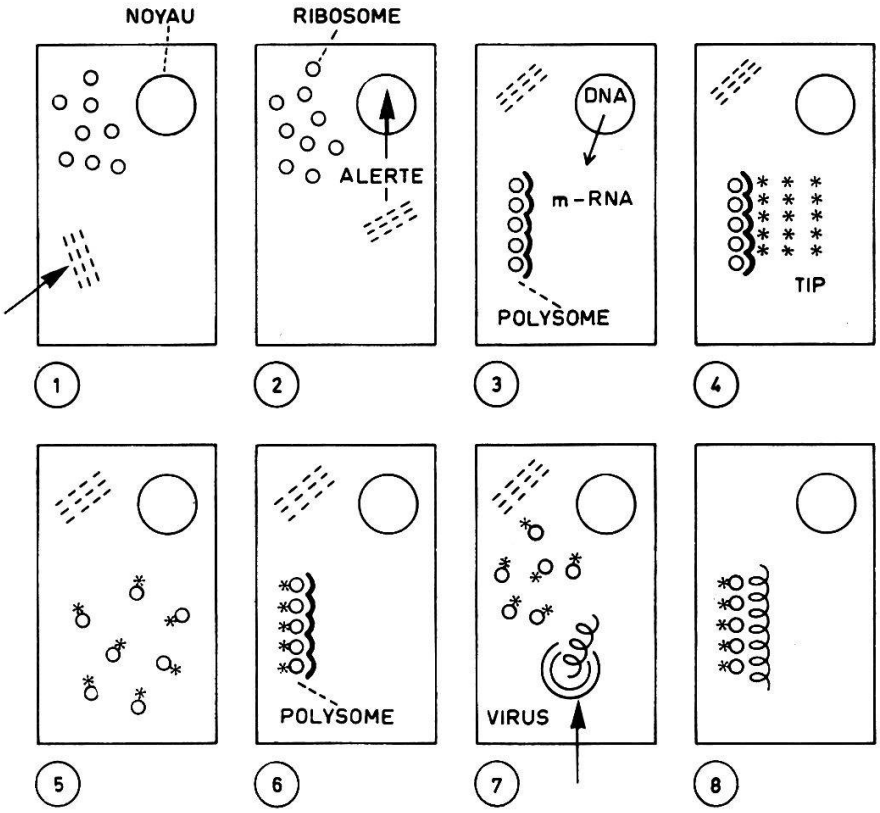

Fig. 8. — Interférence avec la synthèse virale

CONCLUSIONS

Les mécanismes les plus complexes de la cellule commencent donc à être expliqués par une collaboration entre un certain nombre de molécules réactionnelles (34). Il convient cependant de ne pas oublier que les données les plus récentes — les plus spectaculaires aussi — ont été obtenues par l'analyse de fractions isolées. Dans une perspective méthodologique, la sociologie pourrait rappeler utilement et opportunément aux biologistes — certains l'ont parfois oublié — combien il est discutable de formuler des lois d'un tout lorsque seules certaines propriétés de quelques-unes des parties de ce tout ont été appréhendées. La sociologie encore devrait montrer à ces mêmes biologistes le danger de raisonner sur des comparaisons — ce qui est fréquent — comme s'il s'agissait d'identités.

Ces organelles isolées possèdent-elles réellement les mêmes caractéristiques que lorsqu'elles se trouvent intégrées dans leur milieu naturel ? En d'autres termes, sont-elles fonctionnellement identiques *in vitro* et *in vivo* ? N'oublions-nous pas souvent, en les obligeant à travailler hors du contexte cellulaire, les chaînes de réactions auxquelles elles participent, sans en être d'ailleurs les seules responsables ? En opérant de la sorte — et ceci par commodité expérimentale — ne supprimons-nous pas précisément ces « relations sociologiques » entre les diverses organelles qui se groupent ou qui s'opposent au sein de la cellule vivante ?

Ces problèmes de l'*environnement* au niveau subcellulaire sont essentiels ; ils n'ont donné lieu, jusqu'à maintenant qu'à un nombre très restreint de travaux. Avant de terminer, j'aimerais discuter, très brièvement, quelques observations — en rapport avec ce qui précède — en citant les recherches sur l'infrastructure des mitochondries qui ont conduit à la découverte de l'*allotopie* (35).

Il est admis aujourd'hui (36) que les feuillets de *mitochondries* sont tapissés de particules — les *oxysomes* — engagées dans les réactions de transfert de protons et d'électrons et permettant notamment la réalisation des processus respiratoires. Par action des ultra-sons, il est possible de séparer les constituants (fig. 9) et l'on obtient des oxysomes des parois et un facteur (dit F_1) de « recombinaison ». On peut alors faire agir (fig. 10), sur les oxysomes et les feuillets séparés ou recombinés, la trypsine et l'oligomycine. On constate alors que les oxysomes et les parois, respectivement traités par ces deux composés, se comportent de façon inverse (sensible et non sensible) suivant qu'ils sont isolés *(in vitro)* ou au contraire, réunis *(in vivo)*. L'allotopie est précisément cette propriété très caractéristique qui fait que le comportement d'une organelle change, et, dans le cas étudié, s'inverse, suivant les conditions expérimentales.

La biologie expérimentale de maintenant porte préférentiellement son attention — par nécessité méthodologique d'abord — sur les microconstituants de la matière vivante. Il faudra bien, un jour, regrouper toutes les notions

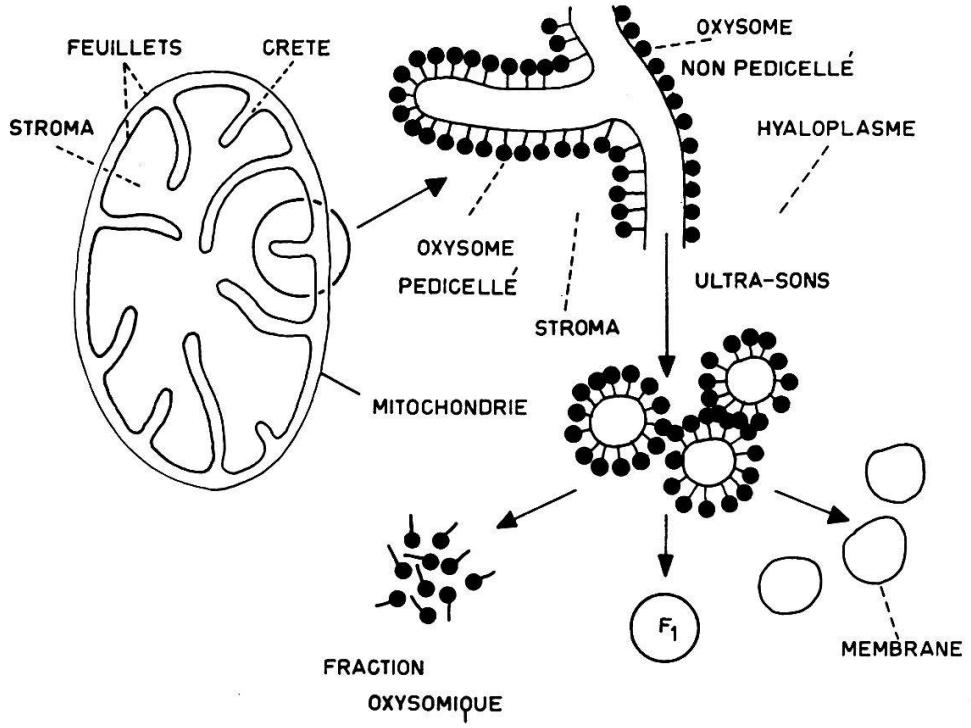

Fig. 9. — Nature substructurale et fractionnement d'une mitochondrie

accumulées et les réintégrer dans un ensemble équilibré. Le but final de la Biologie n'est-il pas, précisément, la connaissance du vivant et non celle de quelques propriétés de certains de ses composés essentiels, isolées pour les besoins d'une meilleure expérimentation (37) ?

Les associations fonctionnelles — mises en évidence au niveau tissulaire, cellulaire, subcellulaire et moléculaire — montrent d'une façon particulièrement nette, à quel point les constituants de la matière vivante — cellules, organelles et molécules — sont solidaires, obligés de collaborer sans cesse, sollicités par des échanges permanents, livrés à de constantes compétitions. Les analyses réalisées *in vitro* trahissent souvent plus qu'elles ne traduisent les

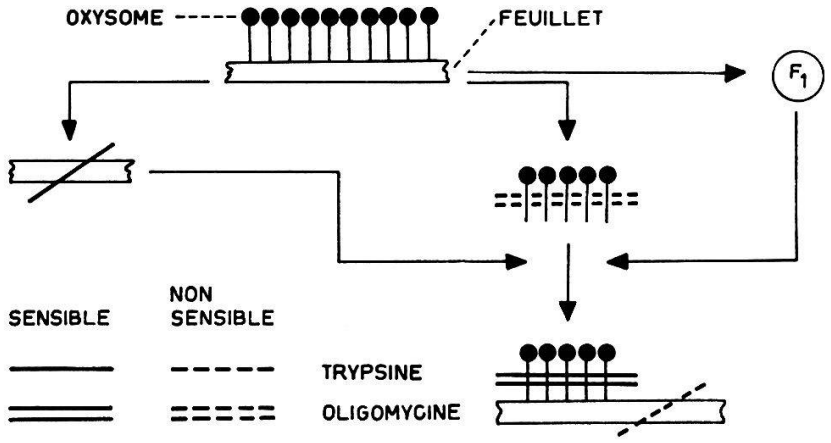

Fig. 10. — Mise en évidence de l'allotopie

réactions *in vivo*. Le biolologiste d'aujourd'hui est un peu comme celui qui bloquerait les aiguilles de sa montre pour savoir plus facilement l'heure qu'il est. Plus le temps d'arrêt est prolongé, moins les renseignements espérés sont exacts. A l'échelle de la vie, cette interruption, exigée par l'expérience, demeure encore considérable.

Une nouvelle et décisive métamorphose de la Biologie est donc inévitable. Logiquement, elle s'inscrit avec évidence, dans le cadre remarquablement constructif de la *méthodologie ouverte* qui doit tant à mon éminent ami et collègue, le professeur FERDINAND GONSETH (38).

L'étude des associations fonctionnelles, englobant tous les aspects de cet environnement intracellulaire, nous engage — que le veuille ou non la biologie traditionnelle — vers une nouvelle orientation des sciences expérimentales de la vie. Une *sociologie cellulaire* est en marche, encore à ses débuts, elle finira sans aucun doute par donner de la vie et du vivant une image fidèle, cohérente et complète.

BIBLIOGRAPHIE

(1) MADGE, J. 1962. — *The origins of scientific sociology*. The Free Press, Glencoe.

(2) BOUTHOUL, G. 1964. — *Biologie sociale*. PUF, Paris.

(3) MOLISCH, H. 1937. — *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere. Allelopathie*. Fischer Ed., Jena.

(4) EVENARI, M. 1961. — *Chemical influences of other plants (allelopathy)*. Encycl. Plant Physiol. Springer Verlag, Berlin, XVI, 691.

(5) FREY-WYSSLING, A. 1953. — *Submicroscopic morphology of protoplasm*. Elsevier Publ. Comp.

(6) PILET, P.-E. 1968. — *La cellule, structure et fonctions*. Masson Ed., Paris (3e édit.).

(7) CLOWES, F. A. L. et JUNIPER, B. E. 1968. — *Plant cells*. Blackwell Ed., Oxford.

(8) MATILE, PH. 1968. — *Planta*, 79, 181.

(9) FREDERICK, S. E. et NEWCOMBE, E. H. 1969. — *Science*, 163, 1353.

(10) DAVIES, D. D., GIOVANELLI, J. et AP REES, T. 1964. — *Plant Biochemistry*. Blackwell, Oxford.

(11) NASS, S. 1969. — *Interu. Rev. Cytol.*, 25, 55.

(12) NOUGARÈDE, A. 1969. — *Biologie végétale : Cytologie*. Masson Ed., Paris.

(13) CLÉROT, J.-C. 1968. — *M. Microscopie*, 7, 980.

(14) LUCK, D. J. L. et REICH, E. 1964. — *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 52, 931.

(15) LAMOTTE, M. et L'HÉRITIER, P. 1968. — *Biologie générale (II) : Lois et mécanismes de l'hérédité*. Doin Ed., Paris.

(16) MAHLER, H. R. et CORDES, E. H. 1969. — *Biological chemistry*. Harper Ed., New York.

(17) SCHOPFER, W. H. 1943. — *Plants and vitamins*. Waltham Ed., Mass.

(18) BÜRRIS, R. H. 1956. — *Symp. on Inorganic Nitrogen Metabolism*. J. Hopkins Ed., Baltimore, p. 316.

(19) JAVILLIER, J. et coll. 1959. — *Traité de Biochimie générale* (I). Masson Ed., Paris, p. 1244.

(20) STRAFFORD, G. A. 1965. — *Essentials of plant physiology*. Heinemann Ed., London.

(21) RICHARDSON, M. 1968. — *Translocation in plants*. Arnold Ed., London.

(22) BUVAT, R. 1963. — *Portugal. Acta Biol.* 7, 249.

(23) WEATHERLEY, P. E. et JOHNSON, R. P. C. 1968. — *Intern. Rev. Cytol.*, 24, 149.

(24) SPANNER, D. C. 1958. — *J. exp. Bot.*, 9, 332.

(25) GAUTHERET, R. J. 1959. — *La culture des tissus végétaux*. Masson Ed., Paris.

(26) PILET, P.-E. 1963. — *Coll. intern. Cultures des tissus*. Paris. *Rev. Cytol. Biol. vég.* 1964, 27, 269.

(27) — 1961. — *Les phytohormones de croissance*. Masson Ed., Paris.

(28) CAMUS, G. 1949. — *Rev. Cytol. Biol. vég.* 11, 1.

(29) PILET, P.-E. 1963. — *Colloque sur l'expérience*. Centre intern. Synthèse. Albin Michel Ed., Paris, p. 171-205.

(30) CLAUDE, A. 1965. — *Colloque sur les acquisitions récentes en Biologie*. Centre intern. Synthèse. Aubier Ed., Paris, p. 13-34.

(31) ISAACS, A. et LINDENMANN, J. 1957. — *Proc. Royal Soc.*, 147, 258.

(32) HILLEMAN, M. R. 1968. — *J. Cell Physiol.*, *71*, 43.

(33) — 1969. — *Atomes*, 24, 561.

(34) COHEN, G. 1967. — *Le métabolisme cellulaire et sa régulation*. Hermann, Paris.

(35) RACKER, E. 1968. — *Scient. Amer.*, 218, 32.

(36) GREEN, D. E. et FLEISCHER, S. 1963. — *Biochim. Biophys. Acta*, 70, 554.

(37) MOYSE, A., 1948. — *Biologie et physico-chimie*. PUF, Paris.

(38) GONSETH, F. 1954. — *Philosophie néo-scolastique et philosophie ouverte*. PUF, Paris.