

Zeitschrift: Bulletin de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 17 (1925)

Artikel: Nouvelle théorie sur les lois de croissance
Autor: Luyet, Basile
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099601>

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>

Nouvelle théorie sur les lois de croissance ¹

par

Basile LUYET
Docteur ès sciences

(Communiqué en séance du 16 novembre 1925)

Parmi les conclusions auxquelles ont abouti les travaux des biologistes qui se sont occupés des lois de croissance pendant ces cinquante dernières années, il en est une qu'on peut considérer comme définitivement établie : à savoir que les courbes de croissance sont des courbes en S. Ce n'est plus actuellement une théorie, c'est un *fait*.

Pour rendre compte de ce *fait*, plusieurs *hypothèses* ont été proposées ; les unes ne sont que des comparaisons ou n'ont qu'une valeur descriptive (la *théorie de la courbe exponentielle*, celle des *intérêts composés*, celle des *dédouplements réguliers*) ² ; les autres ont une véritable valeur explicative et prétendent ramener les phénomènes de croissance à des phénomènes physico-chimiques connus (la *théorie de l'équilibre cellulaire*, celle des *réactions autocatalytiques* et celle du *catalyseur dilué*). La plus importante parmi ces dernières, celle aussi qui a eu le plus de succès, est la théorie des réactions autocatalytiques d'après laquelle, la cellule vivante étant son propre catalyseur, la vitesse de croissance serait à chaque instant proportionnelle à la fois à la quantité de substance déjà formée et à la concentration du milieu nutritif. Comme ces deux

¹ Parmi nos maîtres de l'Université de Genève plusieurs ont bien voulu s'intéresser au développement de cette théorie. Nous les en remercions tous vivement mais nous réservons un hommage particulier de gratitude à M. le professeur Schidlof dont la haute compétence dans le domaine des théories physiques nous a été plus d'une fois fort précieuse.

² Pour la liste des théories sur la croissance Cf. notre « Aperçu historique sur les lois de croissance ».

quantités varient en sens inverse, leur résultante est une courbe en S. C'est la courbe classique de formule :

$$\log \frac{Q}{Q_M - Q} = A (t - t_1)$$

Q = Quantité de matière vivante produite à l'instant t.

Q_M = Valeur maxima de cette quantité.

t₁ = Temps correspondant à Q_M, divisé par deux.

A = Une constante.

Formulée avec cette précision mathématique, la théorie devient des plus élégantes.

Mais en somme, M. Robertson, comme il le dit très bien lui-même, n'a fait que transporter en biologie la formule des réactions autocatalytiques, telle que les chimistes l'utilisent¹; il est utile, pensons-nous, de remonter plus haut et de voir dans quelle mesure les principes sur lesquels les physico-chimistes s'appuient pour établir leur formule — les principes de la théorie cinétique — s'appliquent au cas particulier des phénomènes vitaux.

I. Théorie électronique de la croissance.

Lorsque des molécules de deux espèces différentes — que ce soit deux gaz ou deux sels en dissolution — se trouvent en présence, la vitesse de leur réaction est à chaque instant proportionnelle au nombre de chocs intermoléculaires, ce sont, en effet, les chocs qui déterminent les réactions; le nombre de chocs, d'autre part, est proportionnel au nombre de molécules contenues dans l'unité de volume de l'espace considéré; la vitesse des réactions est donc proportionnelle à la concentration moléculaire des corps en présence: c'est la *loi de l'action des masses*.

Cette loi est-elle applicable au cas d'une cellule vivante en croissance? Les deux substances réagissantes sont l'élément vivant et son milieu nutritif. Mais l'élément vivant — que ce soit une micelle colloïdale ou un granule de plus faible dimension tel

¹ Notre remarque sur la formule de Robertson où nous disions que cet auteur a « modifié » la formule des réactions autocatalytiques (Cf. Luyet Op. cit. p. 12 et thèse p. 26) a pu prêter à confusion. Par « modifier » nous ne voulons pas dire qu'il change les termes de la formule ou qu'il en introduit de nouveaux mais seulement qu'en assimilant complètement la croissance à une réaction autocatalytique, il préjuge nécessairement que la masse du catalyseur sera proportionnelle à la masse du corps résultant de la réaction comme dans une catalyse de substances minérales. On peut concevoir une autocatalyse dans laquelle le catalyseur se formera suivant une autre loi. Faire intervenir cette loi c'est « particulariser » (plutôt que « modifier») le principe général.

que celui dont on a été conduit à admettre l'existence sous le nom de biophore ou de bioplaste — l'élément vivant n'est plus comparable à la molécule d'un gaz ou d'un sel en dissolution. Il a une dimension considérable proportionnellement à ces molécules et on doit en tenir compte. Si l'on désigne par r le rayon du granule vivant qu'on suppose immobile dans un milieu contenant par unité de volume n molécules de diamètre négligeable se déplaçant dans toutes les directions possibles avec une vitesse c , le nombre N de chocs que subit le granule pendant l'unité de temps sera

$$N = K\pi r^2 nc.$$

(La formule n'est pas sensiblement modifiée si les granules sont supposés animés de mouvements produisant des déplacements relativement faibles tels que les mouvements browniens.)

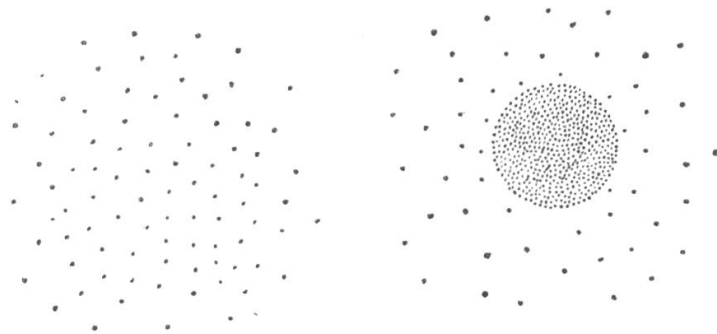


Fig. 1. — Représentation théorique d'un ensemble de molécules en réaction et d'un granule en croissance. Rapport des diamètres de ces éléments : $1/50$

Chaque molécule frappant l'élément vivant sera incorporée à celui-ci et contribuera à le faire grossir. Le nombre de chocs étant proportionnel à la surface du granule, le grossissement sera lui-même proportionnel à cette surface.

Sous l'action de quelle force les molécules de la solution nutritive s'incorporeront-elles au granule vivant ? En appliquant les théories électroniques, nous pouvons concevoir les choses de la façon suivante : on sait que dans une sphère conductrice les électrons sautent facilement d'une molécule à l'autre et qu'ainsi, de proche en proche à partir du centre, chaque molécule reçoit le nombre d'électrons qui lui convient et rentre à l'état neutre ; seules les molécules de la surface restent électrisées. D'autre part, de l'avis

de tous les biochimistes, les molécules de la matière vivante — nos granules — sont extraordinairement complexes et leur poids moléculaire est exceptionnellement élevé, ce qui veut dire qu'une molécule contient un nombre considérable d'électrons et de nucléons. Ces éléments sont disposés pour chaque espèce suivant une symétrie particulière. Les molécules du milieu nutritif devront perdre leur symétrie pour prendre celle du granule qui les incorpore. De plus, le rapport entre le nombre de nucléons et d'électrons chez le granule n'étant pas le même que le rapport correspondant chez la molécule nutritive (elle est, en effet, ionisée puisqu'elle est en dissolution), chaque apport nouveau sera la cause d'un déséquilibre électrique, tantôt positif, tantôt négatif, à la surface du granule. Ce déséquilibre étant produit par les chocs, et le nombre de chocs étant, comme nous l'avons vu, proportionnel à la surface de l'élément en croissance, le nombre de centres électrisés sera lui-même proportionnel à cette même quantité. La formule donnée précédemment ne doit donc pas être modifiée du fait que le granule est ionisé.

Quand l'élément vivant atteint un certain volume, il doit nécessairement se fragmenter; le seul moyen d'expliquer son augmentation en nombre est, en effet, de supposer une division, à moins qu'on admette des générations spontanées. Chaque partie continuerait à s'accroître suivant la même loi que le tout. Un granule qui aurait un millimicron carré de surface croîtrait, par exemple, jusqu'à atteindre un volume double, à ce moment, il se fragmenterait en deux, la surface totale passerait brusquement à la valeur de 2 millimicrons carrés; le même phénomène continuant à se produire à intervalles de temps réguliers, la surface croîtrait comme les nombres 1, 2, 4, 8, etc., c'est-à-dire en progression géométrique pendant que le temps augmenterait en progression arithmétique. L'augmentation de la surface totale, cette surface étant prise immédiatement après les fragmentations successives, sera exprimée, en fonction du temps, par la relation :

$$S = S_0 e^{kt}$$

S étant la surface au temps t, S_0 la surface initiale et k une constante. Etant donné le nombre considérable de granules et l'irrégularité du temps de fragmentation, on n'enregistrera que des valeurs moyennes, les variations brusques de la surface ne seront pas

perceptibles. Remarquons que, la masse se divisant quand son volume devient double, la surface prise aux points indiqués augmentera comme le volume, et que la formule précédente pourra être remplacée par la suivante :

$$Q = Q_0 e^{kt}$$

Q et Q_0 étant les volumes ou les masses au temps t et au temps 0 . Comme la plupart des théories sur les lois de croissance, notre « *théorie électronique* » se réduit encore à cette forme simple, représentée par la courbe exponentielle.

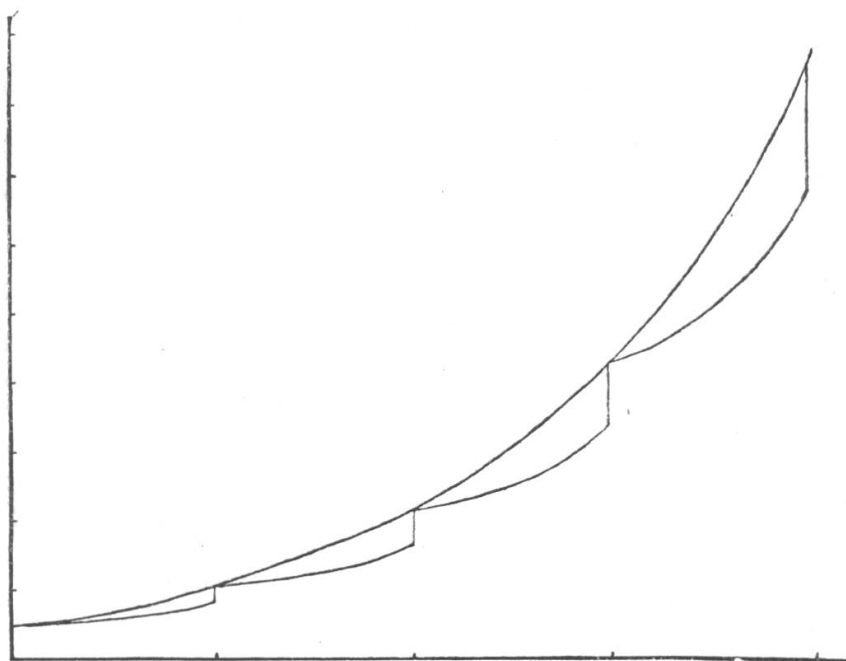


Fig. 2. — Représentation graphique de l'augmentation du volume (courbe continue) et de la surface (courbe en escalier) d'un granule dont la vitesse de croissance en masse serait à chaque instant proportionnelle à la surface, et qui se fragmenterait quand son volume serait devenu double.

II. Facteurs de ralentissement.

Mais, on le sait, cette courbe est indéfiniment ascendante. Nous n'avons pas parlé jusqu'ici des facteurs retardant la croissance. Comme il existe des organismes — les organismes monocellulaires — qui croissent et se fragmentent indéfiniment en suivant la loi que nous venons de donner (du moins en première approximation), les facteurs de ralentissement ne doivent pas se trouver dans l'élément vivant primordial, ils doivent résulter de l'association

de ces éléments. La présence de la membrane dans la cellule, le voisinage gênant des autres cellules chez les organismes supérieurs, les produits toxiques excrétés et non expulsés, l'impossibilité pour la solution nutritive d'atteindre tous les éléments vivants, l'action des sécrétions internes, etc., sont autant de causes qui entrent en jeu pour décharger le granule, pour augmenter la viscosité du liquide dans lequel il nage et pour contribuer finalement à la formation d'un gel ou d'une floculation et déterminer la vieillesse et la mort. L'influence combinée de ces nombreux facteurs peut intervenir de plusieurs façons pour ralentir la croissance, on pourra donc obtenir la courbe en S de tout autant de manières par la simple addition des ordonnées de la courbe exponentielle de croissance et de la courbe de ralentissement. En somme nous n'avons que des données très incertaines sur tous les facteurs que nous venons d'énumérer et il serait bien difficile actuellement d'exprimer leur action par des formules. M. Robertson ne fait entrer dans sa formule qu'un seul « limiting factor », l'épuisement du milieu nutritif, parce qu'il assimile complètement la croissance à une réaction chimique où la diminution de concentration est, en effet, la seule cause de ralentissement. Notre but n'étant pas seulement de fournir une expression commode des phénomènes, mais de démêler les processus intimes des réactions vitales, nous ne donnerons pas de formule définitive de croissance, contrairement à ce qu'ont fait plusieurs auteurs (Robertson, Mitscherlich). Notre formule et notre théorie n'expliquent que le mouvement ascendant des courbes de croissance. Les expérimentateurs, il est vrai, aiment à comparer leurs résultats avec les courbes en S complètes dites *courbes théoriques* ; la formule de Robertson, utilisée en France et dans les pays de langue anglaise, et la formule de Mitscherlich, employée en Allemagne et dans l'Europe du nord, conviennent assez généralement à ce genre de comparaison et il n'y a pas utilité d'en créer de nouvelles.

III. Accord avec les faits.

Notre « théorie électronique » étant du domaine de la physico-chimie, ne sera que difficilement vérifiable par les méthodes biologiques ; pour l'instant, elle n'est encore qu'une vue de l'esprit. Nous signalons cependant ici les faits et les théories avec lesquelles elle est en accord.

1. Elle aboutit à la formule générale des courbes exponentielles auxquelles conduisent, plus ou moins directement, toutes les explications et les comparaisons qu'on a faites pour rendre compte de la croissance ¹. Elle arrive donc, en appliquant les théories modernes sur la constitution de la matière, à interpréter les résultats obtenus par des considérations d'un tout autre ordre.

2. Elle s'accorde avec les théories colloïdales en admettant des granules, électriquement chargés, doués du pouvoir de croissance, floculant dès qu'ils ont perdu leur charge électrique et qu'ils ne peuvent plus se repousser mutuellement ².

3. Elle permet d'expliquer à la fois la croissance indéfinie des organismes inférieurs et l'arrêt des multiplications cellulaires chez les organismes plus compliqués. Elle établit donc le raccord entre la théorie des *dédouplements réguliers* (Fauré-Fremiet) et les autres théories. Peut-être aussi la division cellulaire doit-elle s'expliquer en partie par la répulsion électrique des granules devenus trop nombreux et distendant la membrane de la cellule.

4. Enfin, il est un fait, facilement vérifiable, qui pourra confirmer ou infirmer notre théorie, c'est celui de l'influence de la température. La vitesse de croissance, si nos hypothèses sont conformes à la réalité, doit être liée à la température absolue par une relation exponentielle. Les quelques résultats expérimentaux que nous avons examinés concordent généralement avec les résultats prévus mais ne nous permettent pas encore de conclure de façon certaine. Il reste de ce côté bien des points à éclaircir.

¹ Cf. Luyet. op. cit. où la plupart des théories sont ramenées à une expression exponentielle.

² Cf. Auguste Lumière, *Théorie colloïdale de la biologie et de la pathologie*. Chez Chiron, Paris, 1922.