

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 67 (1958-1961)  
**Heft:** 305

**Artikel:** Analyse biocinétique et croissance des tissus végétaux  
**Autor:** Pilet, Paul-Emile  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-275118>

#### 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:** 13.01.2026

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

## Analyse biocinétique et croissance des tissus végétaux

PAR

PAUL-ÉMILE PILET

Laboratoire de Physiologie végétale (Université de Lausanne)

### *Introduction.*

Les recherches de HENRY<sup>1</sup>, de MICHAELIS<sup>2</sup> et de LINEWEAVER<sup>3</sup> (v. BLADERGROEN, 1955) ont ouvert à l'enzymologie des perspectives nouvelles. En effet, ces travaux ont permis la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse très commodes et basées essentiellement sur la cinétique même des réactions enzymatiques.

Dès 1952, BONNER et certains de ses collaborateurs<sup>4</sup> empruntèrent les types d'équations biocinétiques proposées pour rendre compte de l'activité des enzymes et les adaptèrent à l'étude de la croissance des tissus végétaux. Les publications de BONNER et FOSTER (1955 et 1956) donnèrent lieu à une première série de commentaires de la part de BENNET-CLARK (1956). En 1959, RICARD et JULIEN reprennent le problème, en le posant sur des bases un peu différentes, et sont amenés à proposer une nouvelle équation cinétique qui, à leur avis, exprime mieux les variations de croissance induites par un composé auxinique. En 1961, PILET et LAMPSIDIS consacrent deux notes à ces questions; ils relèvent certains inconvénients que présentent les équations de BONNER et proposent des formules nouvelles qui permettent, en outre, de tenir compte du catabolisme *in vivo* des auxines employées. Ces équations sont d'ailleurs reprises et discutées dans le travail de thèse que M. LAMPSIDIS a préparé dans notre laboratoire (LAMPSIDIS, 1961). Mentionnons enfin le chapitre (p. 252 à 258) que nous avons consacré à ces problèmes dans notre ouvrage sur les Phytohormones (PILET, 1961 a).

Nous nous proposons, dans cette publication, de résumer très sommairement les diverses conceptions développées jusqu'à ce jour relativement à l'expression biocinétique de la croissance, puis d'en

<sup>1</sup> V. HENRY. — Thèse Fac. Sc. Univ. Paris, 1903.

<sup>2</sup> L. MICHAELIS et M. L. MENTEN. — *Biochem. Z.* 49, 333, 1913.

<sup>3</sup> H. LINEWEAVER et D. BURK. — *J. Amer. Chem. Soc.* 56, 658, 1934.

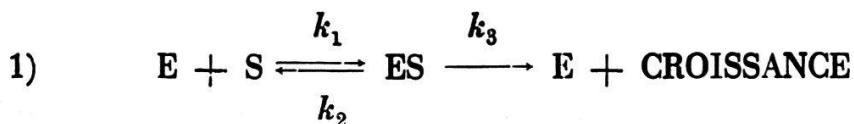
<sup>4</sup> Il s'agit surtout de travaux publiés par BONNER et FOSTER, BONNER et MCRAE; voir sous BONNER, FOSTER et MCRAE.

discuter la signification et de faire, à leur propos, quelques remarques critiques.

*Les équations fondamentales.*

Ces équations sont dues, avant tout, aux recherches de BONNER (1949), McRAE et BONNER (1952 et 1953), FOSTER, McRAE et BONNER (1952), McRAE, FOSTER et BONNER (1953), BONNER et FOSTER (1955 et 1956). Nous allons les discuter brièvement.

Désignons<sup>5</sup> par S le composé auxinique considéré et par E le récepteur biologique, nous pouvons écrire, en nous inspirant des équations cinétiques concernant l'activité enzymatique :



$k_1$ ,  $k_2$   $k_3$  étant des constantes biocinétiques.

Introduisons maintenant la notion de vitesse de réaction :

$$2) \quad v_1 = k_1 \cdot [E] \cdot [S] \quad \text{et} \quad v_2 = k_2 \cdot [ES]$$

Comme la formation de ES se fait avec la même vitesse que la réapparition de E, on a :

$$3) \quad v_1 = v_2 \text{ donc } k_1 \cdot [E] \cdot [S] = k_2 \cdot [ES]$$

ce qui donne  $K_S$  (analogue à la constante de MICHAELIS) :

$$4) \quad K_S = \frac{k_2}{k_1} = \frac{[E] \cdot [S]}{[ES]}$$

En admettant que le récepteur n'est pas complètement employé, on a :

$$5) \quad [e] = [ES] + [E]$$

nous pouvons donner alors à  $K_S$  une expression plus générale :

$$6) \quad K_S = \frac{([e] - [ES]) \cdot [S]}{[ES]}$$

d'où :

$$7) \quad [ES] = \frac{[e] \cdot [S]}{K_S + [S]}$$

On peut remarquer que  $k_3$  est beaucoup plus grand que  $k_2$ , ce qui nous permet de négliger la transformation  $ES \longrightarrow E + S$ ; on peut alors écrire :

$$8) \quad v = k_3 \cdot [ES]$$

<sup>5</sup> Pour faciliter la discussion, nous avons homogénéisé les divers symboles employés par les auteurs cités.

ce qui donne, à partir de l'équation 7), l'équation suivante :

$$9) \quad v = \frac{k_3 \cdot [e]}{1 + \frac{K_s}{[S]}}$$

Si  $[S]$  augmente, on voit que  $v$  tend vers une valeur limite que nous appellerons  $V$  (vitesse maximale); dans ces conditions on doit admettre que la totalité du récepteur est saturée par les auxines et forme le complexe ES, donc que  $[e] = [ES]$ . On peut alors exprimer  $v$  en fonction de  $V$ , et nous trouvons :

$$10) \quad v = \frac{V}{1 + \frac{K_s}{[S]}}$$

On exprime le plus souvent :

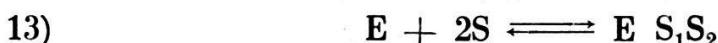
a) les variations de  $1/v$  en fonction de  $1/[S]$ ; alors l'équation 10) devient :

$$11) \quad \frac{1}{v} = \frac{K_s}{V} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V}$$

b) les variations de  $v$  en fonction de  $v/[S]$ ; alors l'équation 10) devient :

$$12) \quad v = - K_s \cdot \frac{v}{[S]} + V$$

Pour rendre compte de l'inhibition qui se poursuit lorsqu'on utilise des concentrations auxiniques élevées (v. PILET, 1961; p. 256-258; fig. 105 et 107), BONNER a été amené à adopter la théorie de fixation des auxines à un substrat (récepteur) où interviendraient deux points d'attache, théorie présentée essentiellement par HANSCH, MUIR et METZENBERG (1950 et 1951) et par MUIR et HANSCH (1953 et 1955) (v. PILET, 1961 a; p. 242 à 244; 258; 260). Chaque molécule de récepteur (ou substrat E) est donc capable (conditions d'équilibre et d'activité maximale) de fixer deux molécules de composés auxiniques ( $S_1$  et  $S_2$ ) et l'équation 1) devient :



et par suite l'équation 11) devient :

$$14) \quad \frac{1}{v} = \frac{K_s}{V} \cdot \frac{1}{[S]^2} + \frac{1}{V}$$

ou

$$15) \quad v = \frac{V \cdot [S]^2}{K_s + [S]^2}$$

BONNER et ses coll. n'acceptent toutefois pas cette équation qui résulte directement des calculs de la cinétique classique et proposent l'équation suivante, d'ailleurs très voisine de la précédente :

$$16) \quad v = \frac{V \cdot [S]}{K_s + [S] + \frac{[S]^2}{C}} \quad \text{où } C \text{ est une constante}$$

*Les recherches de BENNET-CLARK (1956).*

Cet auteur n'accepte les équations de BONNER qu'en faisant un certain nombre de réserves. Il remarque d'abord que l'utilisation des méthodes d'analyse cinétique pour rendre compte de la croissance est discutable; en effet, ces phénomènes sont la résultante d'un grand nombre de processus très complexes et c'est simplifier considérablement le problème que de vouloir le ramener à quelques équations élémentaires. D'autre part, la conception de BONNER ne permet pas, selon BENNET-CLARK, de tenir compte des réactions de diffusion que HOUSLEY et Coll. (1954) ont mises en évidence.

Enfin, BENNET-CLARK et KEFFORD (1954) n'obtiennent pas les mêmes résultats expérimentaux que BONNER; il ne saurait donc y avoir similitude dans les équations proposées. Pour BENNET-CLARK, la vitesse initiale (en présence de fortes concentrations d'auxines) est limitée; en d'autres termes, la courbe de la vitesse, en fonction de la concentration, est une hyperbole et sa courbe réciproque, une droite. BONNER proposait des courbes différentes. Pour BENNET-CLARK (1956, p. 312), l'inhibition auxinique aurait une autre origine que celle postulée par BONNER :

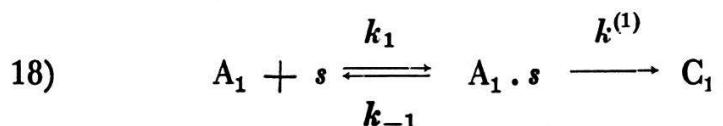
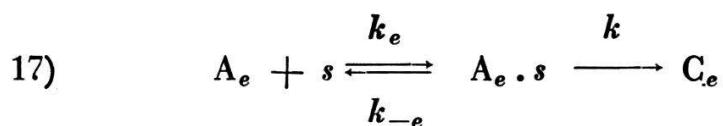
« The inhibitions which develop at high auxin concentration are due to secondary destruction of part of the cell mechanism rather than to a competitive attachment to one of the postulated pair of auxin attracting centres. The lack of reversibility following injury due to high auxin concentration is consistent with this view. »

*Les recherches de RICARD et JULIEN (1959).*

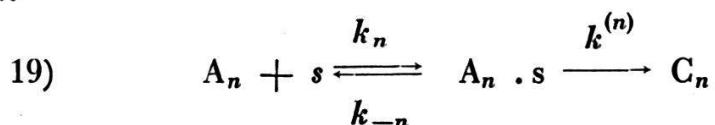
Pour ces auteurs, un certain nombre de faits expérimentaux ne sont pas susceptibles d'être expliqués par la théorie de BONNER. Tout d'abord, la constante de dissociation (v. PILET et ATHANASIA-DÈS-MERCANTON, 1959) du complexe auxine-substrat, calculée à partir de considérations cinétiques, varie avec l'âge des plantules et la position des segments prélevés le long de l'axe de l'organe (ici la coleoptile). Sous la forme proposée par BONNER et ses coll., cette théorie ne tient pas compte de ces modifications. RICARD et JULIEN présentent une autre critique, que nous développerons plus loin.

Les équations cinétiques de BONNER se basent sur l'existence d'une auxine qui est l'auxine externe (et que nous appellerons substance de croissance exogène). Il est évident que les tissus traités contiennent des composés auxiniques chimiquement distincts de la substance de croissance employée.

Pour éviter l'erreur commise par BONNER, ces auteurs proposent de généraliser à  $n$  auxines cette théorie cinétique. En appelant  $A_e$ , la substance de croissance (pour eux auxine externe) et  $A_1, A_2 \dots A_n$ , les  $n$  auxines naturelles; en désignant d'autre part le substrat par  $s^6$  et par  $C_e, C_1 \dots C_n$  les fractions de croissance contrôlées par les diverses auxines, on peut écrire :



.....



S'inspirant des recherches de BRIGGS<sup>7</sup>, RICARD et JULIEN démontrent que la vitesse de croissance  $v$  due à l'auxine externe (par ex. de l'acide  $\beta$ -indolyl-acétique : ABIA) en fonction de la concentration, est donnée par l'équation :

$$20) \quad v = \frac{V_e \cdot [A_e]}{\bar{K}_{a_e} + [A_e] + \bar{K}_{a_e} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{[A_i]}{\bar{K}_{a_i}}}$$

$V_e$ , étant la vitesse maximale due à l'ABIA et les constantes<sup>8</sup> correspondant aux valeurs suivantes :

$$21) \quad \bar{K}_{a_e} = \frac{k_{-e} + k}{k_e}$$

<sup>6</sup> RICARD et JULIEN utilisent le symbole S ; nous le remplacerons par  $s$  pour éviter une confusion.

<sup>7</sup> G. E. BRIGGS et J. B. S. HALDANE. — *Biochem. J.* 19, 338, 1925.

<sup>8</sup> Il convient de remarquer, avec RICARD et JULIEN d'ailleurs, que ces constantes ne sont en fait pas de vraies constantes de dissociation au sens que l'entendent MICHAELIS et MENTEN (v. note 2) puisqu'elles ne sont pas définies par le rapport de deux constantes de vitesse.

$$22) \quad \bar{K}_{a_1} = \frac{k_{-1} + k'}{k_1}$$

.....

$$23) \quad \bar{K}_{a_n} = \frac{k_{-n} + k^{(n)}}{k_n}$$

Dans l'équation 20) seul  $[A_e]$  varie; la courbe donnant  $1/v$  en fonction de  $1/[A_e]$  est donc une droite dont la pente serait :

$$24) \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\dot{K}_{a_e}}{V_e} \quad \text{ou} \quad \dot{K}_{a_e} = \bar{K}_{a_e} \left( 1 + \sum_{i=1}^n \cdot \frac{[A_i]}{\bar{K}_{a_i}} \right)$$

Ainsi, la constante apparente de dissociation du complexe ABIA-substrat est égale au produit de la vraie constante de dissociation par un facteur qui rend compte de l'activité biologique des auxines endogènes différentes de l'ABIA exogène.

Si l'on accepte la théorie de RICARD et JULIEN, nous devons toutefois faire à son propos, quelques remarques :

1) dans cette nouvelle équation il n'est tenu aucun compte des variations de la concentration en auxines endogènes qui, comme on l'a montré à plusieurs reprises (PILET, 1951 a et b; 1953), varie très nettement avec l'âge des tissus considérés;

2) d'autre part, ces auteurs font une hypothèse qui est loin d'être confirmée aujourd'hui (v. PILET, 1961, p. 258-262); ils supposent en effet, que chacune des auxines distinctes et endogènes ( $A_e, A_1 \dots A_n$ ) se fixe de la même façon et sur un substrat identique. Si l'on admet, ce qui est probable, que les « attaches » à un substrat, qui n'est pas nécessairement toujours le même, diffèrent suivant les composés en présence, les équations de RICARD et JULIEN ne traduisent qu'imparfaitement le phénomène.

#### *Les conceptions de PILET et LAMPSIDIS (1961 a et b).*

Dans une première note, nous avons tout d'abord montré que l'équation fondamentale de BONNER (équat. 16) se rapprochait de celle qui caractérise l'*inhibition compétitive* d'un système enzymatique<sup>9</sup>; en effet, si l'on appelle I l'inhibiteur et K la vitesse avec laquelle il se fixerait sur l'enzyme, nous aurions :

$$25) \quad \frac{1}{v} = \frac{K_s}{V} \left( 1 + \frac{[I]^2}{K_I} \right) \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V}$$

<sup>9</sup> V. G. S. EADIE, *Science* 116, 688, 1952.

En remplaçant I par S et en posant  $K_I / K_S = C$ , on obtient :

$$26) \quad v = \frac{V \cdot [S]}{\frac{K_S + [S] + [S]^2}{C}}$$

Une telle équation montre nettement que c'est le substrat S qui est le vrai responsable de l'inhibition de la croissance. Et là, nous revenons à l'hypothèse de BENNET-CLARK, discutée plus haut. Tout en admettant, comme point de départ, l'équation 11, cet auteur estime que l'inhibition due à de fortes concentrations d'auxines est causée par une destruction du récepteur. Ceci étant, comment expliquer certaines levées d'inhibition auxinique observées par divers chercheurs (par ex. JEREBOFF-QUINTIN, 1959) ?

D'autre part, le problème de l'antagonisme et du synergisme biochimiques entre auxines (PILET et coll., 1959; PILET, 1961 a, p. 357 à 379) ne peut guère être traduit par de telles équations.

Il faut donc, pour lever ces difficultés, supposer que le substrat est lui-même la source de ces facteurs d'inhibition. A ce propos, il est soutenable d'admettre que les composés auxiniques, qui subissent une dégradation *in vivo* par voie enzymatique (v. PILET, 1961 a, p. 301 à 356), forment des substances inhibitrices. Cette hypothèse est plausible puisque certains auteurs (RAY, 1956 et 1958; GOOD et Coll., 1956; KLAEMBT, 1960; PILET, 1957, 1960 a et b; PILET et LERCH, 1960) ont montré que dans des tissus, préalablement traités par l'ABIA, apparaissaient, par dégradation catabolique de cette substance, de nombreux composés.

On peut alors proposer le schéma suivant :



P . Q ... I étant des produits résultant du catabolisme de l'ABIA (donc de S) et I pouvant être considéré, en outre, comme un inhibiteur. Ceci nous a alors amenés à définir la vitesse réelle de la croissance ( $v_r$ ) qui caractérise la « dualité » des processus relatifs à

- a) l'action stimulante de S ou de P, Q ... ( $v_S$ );
- b) l'action inhibitrice de I ( $v_I$ ),

cette vitesse réelle étant définie comme suit :

$$28) \quad v_r = v_S - v_I$$

d'où

$$29) \quad \frac{v_r}{V} = \frac{K_I - K_S}{[S] + \frac{K_I \cdot K_S}{[S]} + K_I + K_S}$$

Il est facile de constater que  $v_r$  est d'autant plus grand que la différence ( $K_I - K_S$ ) est plus élevée, en d'autres termes que l'affinité de l'inhibiteur pour son substrat est plus faible. Lorsque  $K_I$  est égal à  $K_S$ , la croissance est évidemment nulle;  $K_I$  doit donc être toujours supérieur à  $K_S$ . En dérivant l'équation 29) on obtient la valeur de  $S$  pour une vitesse réelle  $v_r$  maximale, que nous désignerons par  $S_{V_{ex}}$  ( $V_{ex}$ : vitesse maximale expérimentale) :

$$30) \quad S_{V_{ex}} = \sqrt{K_S \cdot K_I}$$

et  $S$  pour la vitesse maximale théorique ( $V_T$ ) sera alors :

$$31) \quad S_{V_T} = S_{V_{ex}} \cdot \frac{(\sqrt{K_S \cdot K_I})^2}{K_I - K_S}$$

Dans une seconde note, nous avons développé cette hypothèse en modifiant d'abord la présentation de l'équation 29) :

$$32) \quad \frac{v_r}{V} = \frac{1}{\frac{K_S}{[S]} + 1} - \frac{1}{\frac{K_I}{[S]} + 1}$$

Comme on l'a dit plus haut, plusieurs voies de dégradation de l'ABIA sont possibles, ce qui nous permet d'envisager un certain nombre de catégories d'inhibiteurs et de généraliser notre équation :

33)



.....



nous aurons alors :

$$34) \quad \frac{v_r}{V} = \frac{1}{\frac{K_S}{[S]} + 1} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{1}{\frac{K_{I_1}}{[S]} + 1} + \frac{1}{\frac{K_{I_2}}{[S]} + 1} + \dots + \frac{1}{\frac{K_{I_n}}{[S]} + 1} \right]$$

Il est clair que si  $K_I$  augmente, l'inhibition est réduite et la fraction correspondante tend vers 0. Si ( $n - 1$ ) des inhibiteurs postulés sont inactifs, l'équation générale devient alors :

$$34) \quad \frac{v_r}{V} = \frac{1}{\frac{K_S}{[S]} + 1} - \frac{1}{\frac{n \cdot K_{I_n}}{[S]} + n}$$

Une telle équation montre que :

a) plus  $n$  est grand (donc plus nombreux seront les inhibiteurs endogènes), plus une concentration élevée d'auxines exogènes est capable de stimuler la croissance,

b) la croissance n'est donc ainsi jamais totalement inhibée.

Cette seconde remarque, qui rejoint les conceptions de BENNET-CLARK, peut se justifier expérimentalement et nous avons montré, sur des racines, qu'un traitement par l'ABIA n'entraîne jamais une inhibition complète de l'allongement (PILET, 1953 ; PILET et Coll., 1960). Si nous désignons par TR la variation de croissance du lot traité et par TE celle du lot témoin, on a :

$$35) \quad p \% = \frac{TR - TE}{TE} \cdot 100$$

si l'inhibition était totale, TR vaudrait 0, donc  $p = -100\%$ , or  $p$  est toujours supérieur à  $-100\%$ .

### *Discussion.*

En examinant les diverses conceptions relatives aux équations cinétiques de la croissance, nous avons déjà relevé un certain nombre de remarques et présenté quelques critiques qu'il n'est pas nécessaire de reprendre ici.

Rappelons cependant une objection, déjà partiellement soulevée par BENNET-CLARK (1955) à propos des équations de BONNER, qui nous paraît d'une portée très générale. Si l'on examine les diverses théories qui attribuent aux auxines un rôle dans la régulation de la croissance, il est évident (PILET, 1961 c) que ces hormones interviennent dans d'innombrables et complexes processus. On peut se demander alors s'il est valable de ramener ces phénomènes à quelques équations élémentaires qui traduisent déjà assez incorrectement des réactions enzymatiques compliquées mais plus simples que celles qui correspondent à la croissance.

Une autre remarque doit être faite qui n'est pas sans rappeler une des critiques formulées par RICARD et JULIEN (1959) à propos des équations de BONNER. Dans les équations biocinétiques initiales, il est tenu compte uniquement de la substance exogène employée; c'est évidemment oublier qu'il existe, dans les tissus, des auxines et que ces composés ne sont pas nécessairement identiques à la substance utilisée. RICARD et JULIEN ont proposé de tenir compte de ces auxines, mais ils postulent que le substrat reste identique; nous avons introduit un système d'inhibiteurs (PILET et LAMPSIDIS, 1961), mais là encore, nous n'avons pas envisagé la possibilité de substrats différents et de composés auxiniques distincts. Sans doute,

ces équations ont-elles été proposées pour faciliter l'expression de la croissance; des modifications, qui permettraient de tenir compte de l'existence des diverses auxines, comme aussi d'éventuels récepteurs, les compliqueraient considérablement.

D'autre part, même sans tenir compte de la nature chimique des composés auxiniques endogènes, et en les ramenant tous (ce qu'on fait par exemple au cours de mesures biologiques) à l'ABIA, on constate — et nous l'avons montré pour les racines du *Lens* (PILET, 1951, 1953) — que la concentration en hormones change très nettement en fonction de l'âge des organes considérés. En d'autres termes, *l'état auxinique endogène* (PILET, 1960 c et 1961 b) doit intervenir dans la croissance. Or, il n'est guère possible d'en tenir compte dans les équations cinétiques.

Enfin, il ne suffit pas de fournir à un organe des substances de croissance, encore faut-il que ces composés pénètrent dans les tissus et qu'ils soient transportés vers les zones d'allongement. Comme nous l'avons souligné (PILET, 1961 a, p. 267 à 276), les *conditions d'efficacité* d'un composé auxinique ne consistent pas seulement dans la structure même de sa molécule (*conditions d'activité*) mais dans un certain nombre de propriétés : *pénétration* plus ou moins facile, *transport* plus ou moins rapide, etc....

Ainsi les équations biocinétiques, initialement établies pour l'analyse de l'activité enzymatique, doivent être considérées avant tout comme un moyen commode d'aborder quelques aspects de la croissance des tissus et des organes végétaux et d'en rendre compte. Leur utilisation implique certaines réserves qu'il convient de faire avant d'en discuter l'application. Ces équations, relativement simples malgré l'apparente complication de certaines d'entre elles, ne permettront jamais d'envisager à la fois tous les facteurs — et nous n'en connaîtrons jamais que quelques-uns — qui interviennent dans la régulation de la croissance; elles conserveront donc, malgré les quelques corrections qu'on a pu faire, un caractère d'approximation qu'il est nécessaire de ne pas oublier.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- BENNET-CLARK T. A., 1956. — The kinetics of auxin-induced growth. The chemistry and mode of action of plant growth substances. Symp. Wye Coll., R. L. WAIN and F. WIGHTMAN Edit., p. 310-312.
- et KEFFORD N. P., 1954. — The extension growth time relationship for *Avena* coleoptile sections. *J. exp. Bot.* 5, 293.
- BLADERGROEN W., 1955. — Einführung in die Energetik und Kinetik biologischer Vorgänge. Wepf Edit., Bâle.

- BONNER J., 1949. — Limiting factors and growth inhibitors in the growth of the *Avena* coleoptile. *Am. J. Bot.* 36, 323.
- et FOSTER R. J., 1955. — The growth time relationships of the auxin-induced growth in *Avena* coleoptile sections. *J. exp. Bot.* 6, 293.
- et — , 1956. — The kinetics of auxin-induced growth. The chemistry and mode of action of plant growth substances. Symp. Wye Coll. R. L. WAIN and F. WIGHTMAN Edit., p. 295-309.
- FOSTER R. J., McRAE D. H. et BONNER J., 1952. — Auxin-induced growth inhibition, a natural consequence of two-point attachment. *Proc. nat. Acad. Sc. (Washington)* 38, 1014.
- GOOD N. E., ANDREAE W. A. et YSELSTEIN VAN M. V. H., 1956. — Studies on 3-indoleacetic acid metabolism of exogenous indole-acetic acid in plant tissues. *Plant Physiol.* 31, 231.
- HANSCH C. et MUIR R. M., 1950. The ortho effect in plant growth-regulators. *Plant Physiol.* 25, 389.
- , — et METZENBERG R. L., 1951. — Further evidence for a chemical reaction between plant growth-regulator and a plant substrate. *Plant Physiol.* 26, 812.
- HOUSLEY S., BENTLEY J. A. et BICKLE A. S., 1954. — Studies on plant growth hormones. III. *J. exp. Bot.* 5, 373.
- JEREBOFF-QUINTIN S. — 1959. — Sur le rôle de certains acides organiques comme antagonistes de l'action inhibitrice de l'auxine chez *Nectria galligena*. *C. R. Acad. Sc. (Paris)* 248, 1389.
- KLAEMBT H. D., 1960. — Indol-3-acetylasparaginsäure, ein natürlich vorkommendes Indolderivat. *Naturwiss.* 47, 398.
- LAMPSIDIS E., 1961. — Croissance des entre-nœuds et des vrilles du *Vitis vinifera* et problèmes auxiniques. Thèse Fac. Sc. Univ. Lausanne. *Bull. Soc. bot. suisse* 71, 57.
- McRAE D. H. et BONNER J., 1952. — Diortho substituted phenoxy-acetic acid as antiauxins. *Plant Physiol.* 27, 834.
- et — , 1953. — Chemical structure and antiauxin activity. *Physiol. Plant.* 6, 485.
- , FOSTER R. J. et BONNER J., 1953. — Kinetics of auxin interaction. *Plant Physiol.* 28, 343.
- MUIR R. M. et HANSCH C., 1953. — On the mechanism of action of growth regulators. *Plant Physiol.* 28, 218.
- et — , 1955. — Chemical constitution as related to growth regulator action. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 6, 1.
- PILET P. E., 1951 a. — Contribution à l'étude des hormones de croissance dans les racines du *Lens*. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.* 10, 137.
- , 1951 b. — Répartition et variations des auxines dans les racines du *Lens*. *Experientia* 7, 262.
- , 1953. — Physiologie des racines du *Lens culinaris* et hormones de croissance. *Phyton (Austria)* 4, 247.
- , 1957. — Variations de l'activité des auxines-oxydases dans les racines du *Lens*. *Experientia* 13, 35.
- , 1960 a. — Dégradation de l'acide  $\beta$ -indolyl-acétique C<sup>14</sup>. *Rev. gén. Bot.* 67, 298.
- , 1960 b — *In vitro* destruction of auxin labeled with C<sup>14</sup>. *Physiol. Plant.* 13, 766.

- PILET P. E., 1960 c. — Gradients de croissance et problèmes auxiniques. I. Critères de référence. *Bull. Soc. bot. suisse* 70, 268.
- , 1961 a. — Les phytohormones de croissance : méthodes, chimie, biochimie, physiologie et applications pratiques. Masson Edit., Paris.
- , 1961 b. — Gradients de croissance et problèmes auxiniques. II. Etats statique et dynamique. *Bull. Soc. bot. suisse* 71, 25.
- , 1961 c. — L'action des auxines sur la croissance des cellules. Handbuch d. Pflanzenphysiologie (Dir. W. RUHLAND), Bd XIV. Springer Verlag, Berlin (sous presse).
- et ATHANASIADES-MERCANTON M., 1959. — Quelques données physico-chimiques à propos de l'acide  $\beta$ -indolyl-acétique. *Phyton (Austria)* 8, 210.
- , BONHÔTE J. et BAILLOD M., 1959. — Etude de deux effecteurs auxiniques : le scatole et l'indole. *C. R. Acad. Sc. (Paris)* 249, 2098.
- , KOBR M. et SIEGENTHALER P. A., 1960. — Proposition d'un test « Racine » (*Lens*) pour le dosage auxinique (Méthodes et applications). *Rev. gén. Bot.* 67, 573.
- et LAMPSIDIS E., 1961 a. — Une équation biocinétique de l'inhibition auxinique. *C. R. Acad. Sc. (Paris)* 252, 309.
- et — , 1961 b. — Equation biocinétique et catabolisme auxinique. *C. R. Acad. Sc. (Paris)* 252, 2435.
- et LERCH P., 1960. — Etude du catabolisme des auxines marquées par du radiocarbone. (Méthodes et premiers résultats). *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.* 12, 213.
- RAY P. M., 1956. — The destruction of indoleacetic acid. II. Spectro-photometric study of the enzymatic reaction. *Arch. Biochem. and Biophys.* 64, 193.
- , 1958. — Destruction of auxin. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9, 81.
- RICARD J. et JULIEN E., 1959. — Contribution à l'étude cinétique de la croissance induite par l'auxine. *C. R. Soc. Biol.* 153, 1811.

*Manuscrit reçu le 2 avril 1961.*

---