

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 69 (1959)

**Artikel:** Etude de l'allongement de sections d'épicotyles (comparaison de tests auxiniques)  
**Autor:** Pilet, P.-E. / Collet, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-48669>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

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

# Etude de l'allongement de sections d'épicotyles (comparaison de tests auxiniques)

Par P.-E. Pilet et G. Collet

Laboratoire de Physiologie végétale / Université de Lausanne

Manuscrit reçu le 30 mars 1959

## Avant-propos

Pour doser les hormones de croissance des racines du *Lens* (techniques biochromatographiques), nous avons utilisé, pour l'analyse biologique, un test racine que nous avons appelé *test R* et qui était identique au matériel employé pour l'extraction des composés auxiniques (13). Cette similitude entre le sujet et le test, présente, on peut s'en rendre facilement compte, de gros avantages. On s'est servi du même test, en utilisant parallèlement le *test coléoptile* pour analyser les substances agissant sur la croissance et contenues dans les amandes du Bigarreau (14). L'emploi simultané de deux tests différents nous a paru indispensable pour déterminer la nature des facteurs actifs.

Il nous fallait donc, pour l'analyse des auxines des racines du *Lens*, deux tests différents quant à leur comportement à l'égard des auxines, mais identiques quant à leur provenance biologique.

Dans un travail préliminaire (12), nous avons eu recours tout à la fois, au test R et à un second test correspondant à des sections de tiges du *Lens* et que nous avons baptisé *test T*. La réactivité, vis-à-vis des substances de croissance, de ces deux tests, issus tous deux de plantules du *Lens*, étant très différente, elle nous a permis de mettre en évidence des composés assurant une stimulation (accélérateurs) ou une réduction (inhibiteurs) de l'allongement des tests R et T ou encore une accélération de croissance du test T et une inhibition d'allongement du test R (composés auxiniques).

D'autre part, les expériences que nous poursuivons sur le mécanisme d'action des gibberellines en général et de l'acide gibberellique en particulier<sup>1</sup>, en relation avec le métabolisme auxinique (11, 15), nous ont conduit à préférer un test basé sur l'emploi de sections d'épicotyles plutôt que de fragments de racines dont les réponses à un traitement à l'acide

<sup>1</sup> Une partie des recherches relatives à ces problèmes font l'objet d'un travail de doctorat que G. Collet prépare dans notre laboratoire.

gibberellique sont plus délicates à interpréter. C'est pourquoi, nous avons cherché à perfectionner le test T, en améliorant la méthode de préparation et de dosage.

Ce travail a précisément pour but la présentation d'une nouvelle technique, plus rationnelle, relative à ce test T. Nous étudierons en outre les variations de ce test et nous donnerons quelques-uns des résultats préliminaires obtenus à propos de l'action de l'acide  $\beta$  indolyl-acétique (ABIA) et de l'acide gibberellique. Nous comparerons, en guise de conclusion, les deux tests T et R.

### Quelques travaux

Si les premiers dosages auxiniques qui portèrent sur des tiges concernaient essentiellement des organes entiers, il faut attendre 1949, date à laquelle Galston et Hand (4) mesurent l'allongement de fragments de tiges du *Pisum*; cette méthode sera améliorée par Galston et Baker (3). Pacheco (10) utilise un test semblable mais moins précis (section de tige du *Lens*). Miller (8), Leopold et Guernsey (7), Christiansen et Thimann (2), Brian et Hemming (1) reprennent et perfectionnent le test *Pisum* de Galston. Mentionnons encore le test de Nitsch et Nitsch (9) qui porte lui, non pas exactement sur des tiges, mais sur le mésocotyle d'*Avena*. Pilet (12) avait utilisé déjà, pour des dosages biochromatographiques, des sections d'épicotyles du *Lens*. Nous avons repris et amélioré ce test et l'objet de ce travail consiste précisément dans la description de cette nouvelle méthode.

### Matériel et méthode

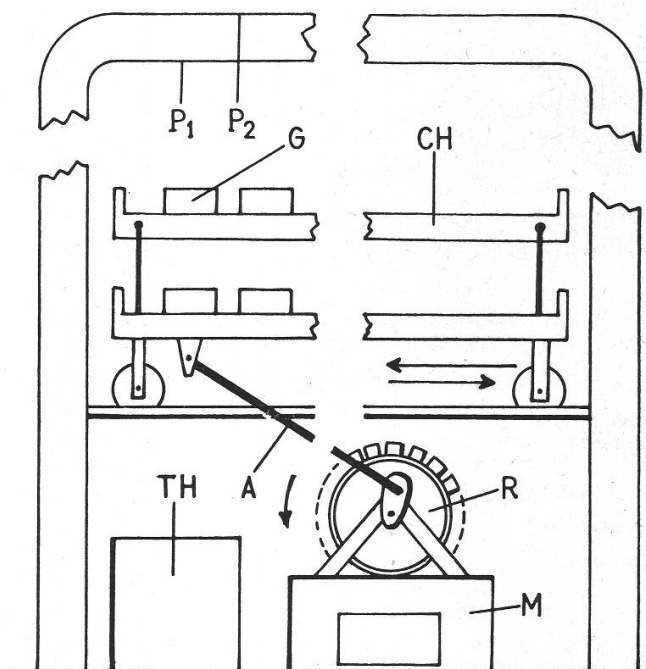
- a) *Préparation du matériel*: les graines du *Lens culinaris* (var. Medikus) sont imbibées dans de l'eau déionisée (25° C, obscurité). Après 12 h, on les met germer dans des boîtes de Petri sur papier filtre humide (mêmes conditions). Après 24 h, on sélectionne les plantules en ne conservant que celles dont les racines mesurent 3 mm  $\pm$  1. On les dépose dans de la vermiculite saturée d'eau déionisée (6 par godet). La croissance se poursuit dans une étuve spéciale (25° C  $\pm$  0,2), à l'obscurité et dans une atmosphère saturée et ventilée. Lorsque les épicotyles mesurent 40 mm  $\pm$  5 (après 6 à 8 jours), on procède à la préparation du test.
- b) *Préparation du test*: à l'aide d'un emporte-pièce, on découpe les fragments de 5 ou 10 mm, dans le deuxième entre-nœud (portion supérieure). Ces sections sont lavées et déposées provisoirement dans la solution de Loocke. Puis on les répartit dans des petites boîtes de Petri (diamètre 42 mm) contenant 4 ml de solution (tampon phos-

phate, pH 6,1, 2% de saccharose). Pour chaque essai, on utilise 60 fragments (20 par boîte). Ces godets sont agités à raison de 100 trajets/min et conservés à l'obscurité (25° C) dans un incubateur particulier

Figure 1

Schéma de l'étuve spéciale, comprenant un chariot mû par un petit moteur permettant une agitation de 100 trajets par min (amplitude du mouvement: 35 mm)

P<sub>1</sub>: paroi intérieure  
P<sub>2</sub>: paroi extérieure  
CH: chariot  
G: godet  
TH: thermostat  
A: axe d'entraînement  
R: rotor  
M: moteur



(figure 1). Pratiquement, les mesures se font après 9 h (sections de 5 mm) et 12 h (sections de 10 mm), à l'aide d'une loupe (grossissement 10 ×) et d'un oculaire micrométrique (précision: ±0,1 mm).

### Croissance de fragments de 5 mm

Afin d'étudier comment variait la réponse des sections traitées à l'ABIA, les mesures ont été répétées à des moments différents (de 0 à 24 h). A cet effet, la solution active est retirée des godets par aspiration. Après la mesure, on remet une autre solution fraîche et équivalente. Les résultats rapportés dans le tableau 1 permettent les conclusions suivantes:

1. Dans les conditions de culture précédemment décrites, les sections témoins (sans ABIA) présentent un allongement caractéristique.
2. En fonction du temps, on peut constater que les réponses à l'ABIA sont différentes (voir plus bas).
3. C'est en moyenne autour de  $1 \cdot 10^{-5}$  M d'ABIA que l'allongement est le plus grand.

Pour trois concentrations distinctes ( $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$  et  $1 \cdot 10^{-3}$  M), nous avons étudié les variations d'allongement en fonction du temps; les résultats rapportés dans la figure 2 autorisent les remarques suivantes:

1. C'est après 9 h que la réponse est la plus forte.
2. Au-delà et pour des concentrations relativement faibles, le % d'allongement est réduit.
3. Pour des concentrations supérieures, il y a inhibition qui pour  $1 \cdot 10^{-3}$  M croît avec le temps.
4. Comme nous le révélons plus haut, c'est pour  $1 \cdot 10^{-5}$  M que la stimulation est optimale.

Tableau 1

Allongement absolu (mm) et relatif (%) de sections de 5 mm d'épicotyle du *Lens* (second entre-nœud) placées dans 4 ml de solution auxinique (voir texte). Mesures après 6 et 9 h (moyennes calculées pour 60 fragments)

| Valeurs                          | Temps | Concentrations d'ABIA (en M) |                   |                   |                   |                   |                   |
|----------------------------------|-------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                  |       | $1 \cdot 10^{-6}$            | $5 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ |
| Allongement absolu <sup>1</sup>  | 6 h   | 6,32                         | 6,47              | 6,72              | 6,44              | 6,36              | 6,21              |
|                                  | 9 h   | 6,41                         | 6,51              | 6,90              | 6,63              | 6,45              | 6,04              |
| Allongement relatif <sup>2</sup> | 6 h   | —                            | +11,59            | +30,53            | + 8,70            | + 3,05            | — 8,30            |
|                                  | 9 h   | —                            | + 7,09            | +34,80            | +15,30            | + 2,40            | —26,20            |

<sup>1</sup> Longueur moyenne d'une section en mm

<sup>2</sup> La valeur est donnée en %:

$$\frac{\Delta TR - \Delta TE}{\Delta TE} \cdot 100$$

$\Delta TR$ : variation d'allongement du lot traité

$\Delta TE$ : variation d'allongement du lot témoin

### Croissance de fragments de 10 mm

Comme précédemment, nous allons déterminer en fonction du temps et de la concentration en ABIA, les réponses des sections de 10 mm. Les résultats reportés dans la figure 3 montrent que la croissance est très fortement stimulée pour la concentration de  $1 \cdot 10^{-4}$  M et que l'allongement est maximum après 12 h.

### Comparaison entre la croissance des fragments de 5 et 10 mm

Pour faciliter la discussion, nous désignerons les fragments de 5 mm par  $T_5$  et ceux de 10 mm par  $T_{10}$ . A première vue la sensibilité de  $T_{10}$  est plus forte que celle de  $T_5$ . En fait, il ne s'agit là que d'une apparence, car 1. dans le calcul des % on fait intervenir la longueur initiale qui est différente suivant le lot considéré; 2. les variations du lot témoin (sans ABIA) sont susceptibles de fausser l'appréciation des mesures ainsi qu'on peut le voir dans le tableau 2.

Tableau 2

Variations d'allongement du lot témoin (sections de 5 mm:  $T_5$  et de 10 mm:  $T_{10}$ ) en présence d'une solution tampon (pH: 6,1) + saccharose (2%).  
Conditions de culture, voir page 49

| Lots                      | Caractéristiques      | Observations après |       |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|-------|
|                           |                       | 12 h               | 24 h  |
| $T_5$<br>$L_0 = 5$ mm     | $L_t$ en mm           | 6,55               | 6,57  |
|                           | $\Delta L$ en mm      | 1,55               | 1,57  |
|                           | $p$ en % <sup>1</sup> | 31,0               | 31,4  |
|                           | $dL/dt^2$             | 1,55               | 0,02  |
| $T_{10}$<br>$L_0 = 10$ mm | $L_t$ en mm           | 11,61              | 11,84 |
|                           | $\Delta L$ en mm      | 1,61               | 1,84  |
|                           | $p$ en % <sup>1</sup> | 16,1               | 18,4  |
|                           | $dL/dt^2$             | 1,61               | 2,3   |

$$^1 p \% = 100 \cdot (L/L_0) \quad ^2 \text{ en mm}/12 \text{ h}$$

Ce même tableau montre clairement qu'il est inutile, pour le test définitif, de poursuivre des mesures au-delà de 12 h, puisque la vitesse d'allongement après ce temps, est considérablement réduite. Le test  $T_5$  présente sur le test  $T_{10}$  un certain nombre d'avantages que nous examinerons brièvement :

1. Ainsi que le montre nettement le tableau 2, l'allongement relatif du lot témoin est plus grand pour  $T_5$  que pour  $T_{10}$ .
2. Si l'on compare les figures 2 et 3, on constate que le test  $T_5$  est plus sensible, puisque le maximum de réaction est observé pour une concentration plus faible ( $1 \cdot 10^{-5}$  M au lieu de  $1 \cdot 10^{-4}$  M). On peut expliquer cette différence de réactivité en faisant intervenir le pouvoir de pénétration de l'ABIA qui est évidemment supérieur pour des sections plus petites.
3. Il est en outre plus aisé de prélever des fragments de 5 mm que des sections de 10 mm dans le second entre-nœud. On évite ainsi d'avoir sur la section des bourgeons axillaires qui compliqueraient les réactions de croissance. Ajoutons que l'entre-nœud n'atteint pas toujours 10 mm.
4. La mesure de l'allongement de  $T_5$  est enfin plus commode, car elle peut se faire à la loupe et au micromètre oculaire avec une précision de  $\pm 0,1$  mm, alors que pour  $T_{10}$ , dont les sections sont généralement plus grandes que le diamètre du champ d'observation, la précision sera évidemment inférieure.

Pour ces différentes raisons, nous avons décidé d'adopter exclusivement pour les essais qui vont suivre des sections d'épicotyle de 5 mm ( $T_5$ ).

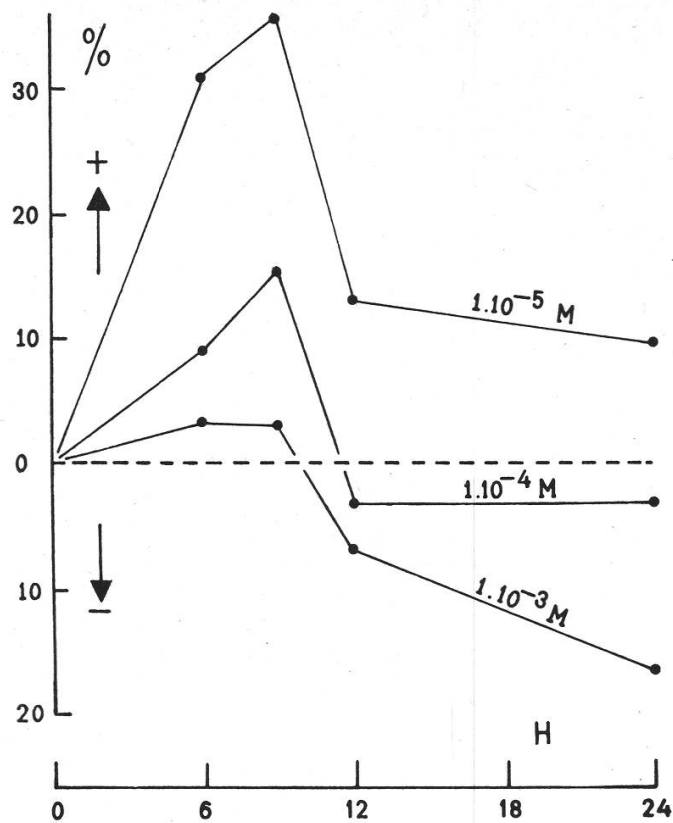


Figure 2  
Accélération (+) et inhibition (—) d'allongement en % (calculées par rapport au lot témoin) du test T<sub>5</sub> en fonction du temps et pour 3 concentrations d'ABIA. Chaque point représente la moyenne de 60 fragments

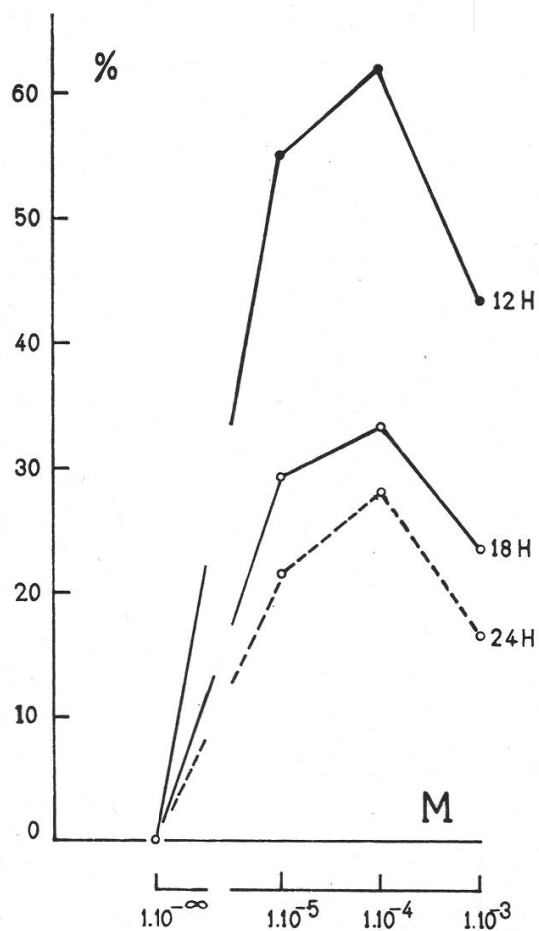


Figure 3  
Stimulation d'allongement en % de fragments de 10 mm, en fonction de la concentration de l'ABIA (en M). Mesures après différentes périodes de culture. Chaque point représente la moyenne de 60 fragments

## Effet de position

Il était intéressant de voir dans quelle mesure la position de la section dans l'entre-nœud et la longueur de celui-ci pouvaient influencer l'allongement des fragments utilisés comme test. A cet effet nous avons prélevé sur des deuxièmes entre-nœuds de dimensions variables (10 à 40 mm) des sections de 5 mm soit dans la région supérieure, soit dans la région médiane. Les résultats reportés dans le tableau 3 autorisent les remarques suivantes :

1. Si la section provient de la région supérieure de l'entre-nœud, son allongement est plus grand.
2. Plus l'entre-nœud est long, moins la croissance de la section est forte.

Tableau 3

Effet de position des sections de 5 mm prélevées sur le second entre-nœud dont la longueur varie; mesure après 9 h ( $L_9$ )

| Longueur de l'entre-nœud<br>en mm $\pm$ 5 | Régions de l'entre-nœud |       |            |      |             |       |            |      |
|---|-------------------------|-------|------------|------|-------------|-------|------------|------|
|   | supérieures             |       |            |      | inférieures |       |            |      |
|   | $L_0$                   | $L_9$ | $\Delta L$ | %    | $L_0$       | $L_9$ | $\Delta L$ | %    |
| 10  | 5                       | 6,23  | 1,23       | 24,6 | 5           | 6,23  | 1,23       | 24,6 |
| 20  | 5                       | 6,03  | 1,03       | 20,6 | 5           | 5,75  | 0,75       | 15,1 |
| 30  | 5                       | 6,06  | 1,06       | 21,2 | 5           | 5,60  | 0,60       | 12,0 |
| 40  | 5                       | 5,91  | 0,91       | 18,2 | —           | —     | —          | —    |

Pourtant au sujet de cette seconde observation, il nous faut noter que des essais réalisés avec des entre-nœuds plus petits que 10 mm, nous ont donné des allongements plus faibles.

## Action de l'acide gibberellique

Afin de préciser le mode d'action des gibberellines sur la croissance, nous avons réalisé toute une série d'essais comparables à ceux que Haya-shi et Murakami (6), Brian et Hemming (1) et Galston et Warburg (5) ont entrepris sur des sections de tiges. A titre d'exemple et en guise d'application du test T, nous donnerons dans le tableau 4 quelques résultats préliminaires relatifs à l'action de l'acide gibberellique<sup>1</sup> sur l'allongement de sections d'épicotyle du *Lens*.

L'examen du tableau 4 suggère les conclusions suivantes :

1. L'acide gibberellique (AGB) n'a pratiquement aucune action sur l'allongement du test T.

<sup>1</sup> Ce produit nous a aimablement été offert par le Département de recherches chimiques de la Maison Abbott (North Chicago). Nous tenons à remercier M. P. Gaimard pour sa constante obligeance.



2. La stimulation de croissance provoquée par l'ABIA seul est nettement augmentée si on ajoute à la solution auxinique de l'AGB.
3. Après 9 h, cet effet est d'autant plus accusé que la concentration en AGB est plus forte.
4. Ces observations qui confirment celles de Brian et Hemming (1), indiquent clairement que l'AGB ne peut accélérer les processus d'élongation qu'en présence d'ABIA.

Tableau 4

Action de l'acide gibberellique (AGB) seul ou en présence d'ABIA sur le test T

| Essais   | Mesures après | Témoins                                       |   | Concentration d'AGB en M |           |           |
|--|---------------|---|---|--------------------------|-----------|-----------|
|  |               | AGB $10^{-\infty}$ M<br>ABIA $10^{-\infty}$ M | AGB $10^{-\infty}$ M<br>ABIA $10^{-\infty}$ M | $10^{-5}$                | $10^{-4}$ | $10^{-3}$ |
| <b>I. AGB seul</b>                                 |               |   |   |                          |           |           |
| a) Longueur <sup>1</sup> .                         | 9 h           | 6,34  | —   | 6,31                     | 6,35      | 6,37      |
|  | 12 h          | 6,54  | —   | 6,37                     | 6,46      | 6,60      |
| b) % .....   | 9 h           | 0   | —   | — 2,2                    | +0,7      | +2,2      |
|  | 12 h          | 0   | —   | —11,0                    | —5,2      | +3,9      |
| <b>II. AGB +<br/>ABIA (<math>10^{-5}</math> M)</b> |               |   |   |                          |           |           |
| a) Longueur ..                                     | 9 h           | 6,42  | 6,97  | 7,19                     | 7,25      | 7,45      |
|  | 12 h          | 7,02  | 7,46  | 7,56                     | 7,47      | 7,64      |
| b) % .....   | 9 h           | 0   | +35,2   | +54,2                    | +58,4     | +72,5     |
|  | 12 h          | 0   | +21,8   | +26,7                    | +22,3     | +30,7     |

### Comparaison des tests R et T

Ainsi, le même matériel biologique nous permet de préparer deux tests distincts dont l'un est obtenu à partir de racines (test R) et l'autre à partir de tiges (test T). Il nous a paru intéressant de comparer tout d'abord les caractéristiques de ces deux tests et nous avons reporté à cet effet, dans le tableau 5, les éléments essentiels des deux méthodes (voir 13).

Comparons maintenant les courbes d'action de ces tests et reportons pour la gamme des concentrations entre lesquelles ces tests peuvent être efficacement employés, leur activité biologique (% de croissance). Les résultats sont reportés dans la figure 4 et permettent les conclusions suivantes :

1. Si le test R est essentiellement un test d'inhibition, le test T lui, est un test de stimulation.
2. Le test R est plus sensible que le test T, puisqu'il permet de travailler à des concentrations plus faibles.

<sup>1</sup> La longueur est donnée en mm (moyenne pour 60 sections).

3. La zone où les concentrations sont efficaces diffère pour ces deux tests, et si l'on peut utiliser le test R entre  $4 \cdot 10^{-3} \gamma / 10 \text{ ml}$  et  $1 \gamma / 10 \text{ ml}$ , le test T est actif entre  $2 \gamma / 10 \text{ ml}$  et  $8 \cdot 10^3 \gamma / 10 \text{ ml}$ .
4. Il s'ensuit que ces deux tests sont complémentaires et que leur emploi simultané permet de travailler pratiquement entre  $4 \cdot 10^{-3}$  et  $8 \cdot 10^3 \gamma / 10 \text{ ml}$ .

Tableau 5

Comparaison (caractéristiques des techniques) des tests R et T

Test R: section de racines du *Lens*Test T: section de tiges du *Lens*

| Caractéristiques                   | Test R                      | Test T                      |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Fragments:</i>                  |                             |                             |
| Nature                             | pointe de racine            | entre-nœud d'épicotyle      |
| Longueur                           | 5 mm                        | 5 mm                        |
| Nombre de sections/<br>essai       | 100                         | 60                          |
| <i>Solutions:</i>                  |                             |                             |
| Volume                             | 10 ml                       | 4 ml                        |
| Concentration en<br>glucose        | $5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ | —                           |
| saccharose                         | —                           | $6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ |
| pH                                 | 5,7                         | 6,1                         |
| <i>Culture:</i>                    |                             |                             |
| Température                        | 20,5° C                     | 25° C                       |
| Nature                             | sur filtre                  | immersion, agitation        |
| Mesure de l'allonge-<br>ment après | 48 h                        | 9 h                         |

### Conclusion

Grâce au test R (13), nous avons la possibilité de doser des quantités relativement faibles d'ABIA. Le test T (12), moins sensible, nous permet de «titrer» des concentrations plus élevées d'ABIA. Ainsi, ces deux tests facilitent l'analyse des composés auxiniques puisqu'en les utilisant simultanément, il est désormais possible de doser des concentrations d'ABIA allant de  $2 \cdot 10^{-9} \text{ M}$  à  $4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .

Si le test T est avant tout un test d'accélération de croissance, le test R est un test d'inhibition d'allongement. L'action des auxines sur ces deux tests complémentaires est par conséquent fondamentalement différente<sup>1</sup>, c'est pourquoi leur utilisation parallèle peut permettre un certain nombre de comparaisons intéressantes.

<sup>1</sup> P.-E. Pilet: L'action des auxines sur la croissance des cellules, «Handbuch der Pflanzenphysiologie, W. Ruhland Ed., Springer Verlag, Berlin, 1959».

Dans la mesure du possible, il convient d'employer pour l'analyse des composés actifs sur la croissance et extraits d'un matériel donné, un test proche de ce matériel. Nous avons, dans nos recherches précédentes, utilisé le test R (13), nous avons maintenant la possibilité de nous servir d'un test T dont la préparation est plus rationnelle que celle qui avait été décrite précédemment (12).

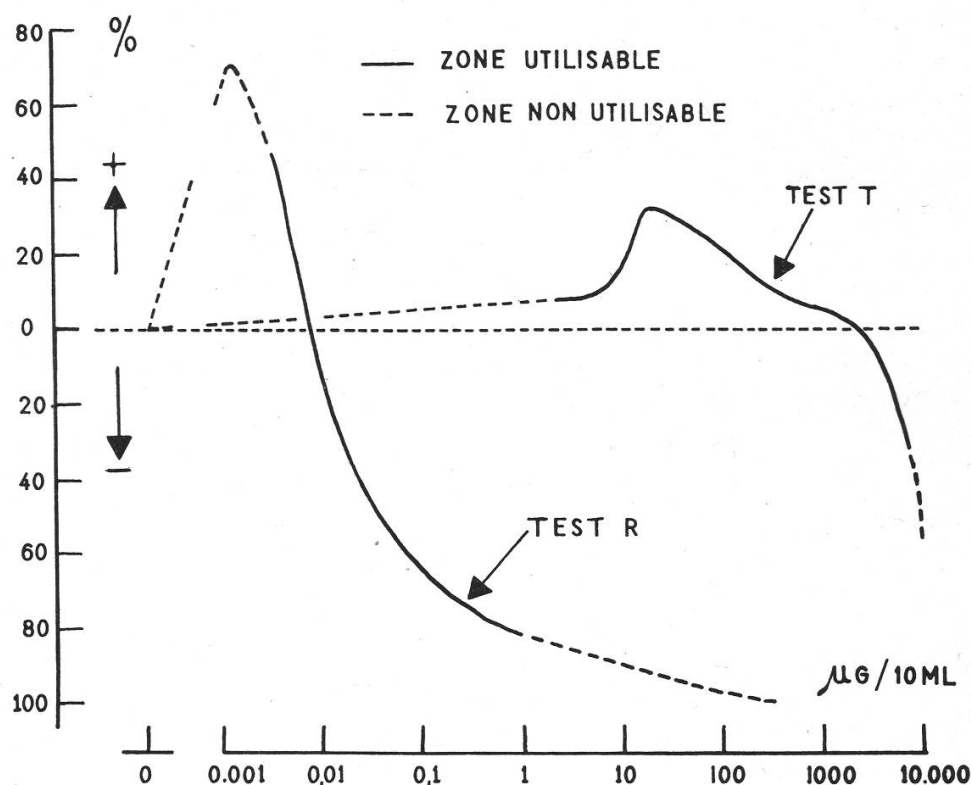


Figure 4

Comparaison des courbes d'action des tests R et T.

En abscisses sont reportées, suivant une échelle logarithmique, les diverses concentrations utilisées. En ordonnées, la réaction d'allongement en % (+ : stimulation; — : inhibition).

La courbe du test R a été reprise d'un travail antérieur (Pilet, 13) et la courbe du test T a été établie à partir des résultats analysés dans cette étude

L'emploi simultané de deux tests biologiques (R et T) est d'un grand intérêt pour dissocier des facteurs de croissance, isolés par exemple par chromatographie (14). La réactivité différentielle de sections de racines et d'épicotyles permettant de distinguer des composés identiques à l'ABIA (qui le plus souvent vont entraîner une inhibition d'allongement du test R et une stimulation de croissance du test T), de ceux qu'on peut ranger parmi les inhibiteurs (réduction de l'allongement des tests R et T) ou les accélérateurs (accroissement d'allongement des tests R et T).

Ajoutons que l'emploi du test T nous a permis de préciser une des propriétés de l'acide gibberellique, substance qui ne se montre capable de

stimuler la croissance de sections de tiges qu'en présence d'ABIA; dans ce cas, l'accélération observée est beaucoup plus forte que celle qu'on obtient avec de l'ABIA seul.

---

#### Bibliographie

- (1) Brian, P. W., et Hemming, H.G. Complementary action of gibberellic acid and auxins in pea internode extension. *Ann. Bot.*, **22**, 1, 1958.
- (2) Christiansen, G.S., et Thimann, K.V. The metabolism of stem tissue during growth and its inhibition. I. Carbohydrates. *Arch. Biochem.*, **28**, 117, 1950.
- (3) Galston, A.W., et Baker, R.S. Studies on the physiology of light action. IV. Light enhancement of auxin-induced growth in green peas. *Plant Physiol.*, **26**, 311, 1951.
- (4) — et Hand, M.E. Studies on the physiology of light action. I. Auxin and the light inhibition of growth. *Amer. J. Bot.*, **36**, 85, 1949.
- (5) — et Warburg, H. An analysis of auxin-gibberellin interaction in pea stem tissue. *Plant Physiol.*, **34**, 16, 1959.
- (6) Hayashi, T., et Murakami, Y. The biochemistry of the bakanae fungus. The physiological action of GB. The effect of GB on the straight growth of etiolated pea epicotyl sections. *J. Agr. Chem. Soc. Japan*, **27**, 675, 1953.
- (7) Leopold, A.C., et Guernsey, F.S. (Expériences citées dans Leopold, A.C. *Auxins and plant growth*. Univ. California Press., 1955).
- (8) Miller, C.O. The influence of cobalt and sugars upon the elongation of etiolated pea stem segments. *Plant Physiol.*, **29**, 79, 1954.
- (9) Nitsch, J.P., et Nitsch, C. Studies on the growth of coleoptile and first internode sections. A new sensitive straight growth test for auxins. *Plant Physiol.*, **31**, 94, 1956.
- (10) Pacheco, H. Sur la biochimie de l'acide indole-acétique et de quelques substances synthétiques à propriétés phytohormonales. Thèse Facult. Sc. Lyon, 1952.
- (11) Pilet, P.-E. Action des gibberellines sur l'activité auxines-oxydasique de tissus cultivés *in vitro*. *C.R. Acad. Sc. (Paris)*, **245**, 1327, 1957.
- (12) — Etude chromatographique des facteurs de croissance radiculaires. *C.R. Acad. Sc. (Paris)*, **246**, 2399, 1958.
- (13) — Analyse biochromatographique des auxines radiculaires. Techniques et résultats. *Rev. gén. Bot.*, **65**, 605, 1958.
- (14) — et Mimault, J. Etude biochromatographique des composés auxiniques de l'amande du Bigarreau. *Rev. gén. Bot.* (sous presse) 1959.
- (15) — et Wurgler, W. Action des gibberellines sur la croissance et l'activité auxines-oxydasique du *Trifolium ochloreucum*. *Bull. Soc. Bot. suisse*, **68**, 54, 1958.