

**Zeitschrift:** Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 10 (1950-1952)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Contribution à l'étude des hormones de croissance (Auxines) dans la racine de *Lens culinaris* MEDIKUS  
**Autor:** Pilet, Paul-Emile  
**Kapitel:** IV: Circulation des auxines dans la racine  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-256789>

### **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:** 14.01.2026

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

## CHAPITRE IV :

### CIRCULATION DES AUXINES DANS LA RACINE

#### A. HISTORIQUE

BEYER (1928) est le premier qui ait étudié le transport des hormones de croissance. Il a montré la relation très étroite entre la circulation de ces substances et la polarité. BRAUNER (1922) avait déjà proposé d'expliquer le transport des substances de croissance par les mouvements cytoplasmiques. WENT (1928) insiste sur la similitude de la vitesse de cyclose et celle des hormones végétales. PERRY (1932) confirme ces travaux. VAN DER WEIJ (1932-34) montre que la circulation des auxines varie suivant l'organe étudié. Dans une coléoptile intacte, il trouve que le transport atteint une vitesse de 15 mm/h, tandis que celle-ci ne dépasse pas 12 mm/h dans une coléoptile décapitée. Cette circulation n'est pas une simple diffusion de cellule à cellule et varie d'une hormone à l'autre, ainsi la vitesse de déplacement de l'auxine est de 10 % plus forte que celle de l'hétéroauxine ; la température n'a pas d'action sur la circulation auxinique (elle agit par contre sur la cyclose et la thèse de WENT est incomplète). WENT (1932) reprend la thèse de BEYER et montre que, dans la racine, l'auxine circule vers la pointe. GORTER (1932) montre, au contraire, que le transport de ces hormones a lieu dans les deux directions de façon presque égale à une vitesse de 1 mm/h. VAN DEN HONERT (1932) songe à l'énergie superficielle pour expliquer le déplacement auxinique. LAIBACH et KORNMAN (1933) établissent le sens de déplacement des auxines. Ils appliquent sur des coléoptiles intacts des blocs d'agar contenant des auxines et observent que les courbures n'ont lieu que sous les régions traitées. Les auxines descendraient donc et seraient ainsi soumises à la pesanteur. NUERNBERGK (1933) confirme les essais de VAN DER WEIJ, tandis que celui-ci, à propos d'*Elaeagnus angustifolius*, reprend sa thèse précédente (1933). VAN OVERBEEK (1934) parle en faveur de la thèse de la polarité ; il montre en particulier qu'un éclaircissement général serait sans action sur le déplacement auxinique. BOYSEN-JENSEN (1933), à propos des racines de *Vicia Faba*, montre que les auxines partent de la pointe de la racine et diffusent vers le collet. KÖGL (1933) reprend les travaux d'HONERT et les complète, il songe au potentiel électrique des cellules pour expliquer le transport des hormones de croissance. DIJKMAN (1934) pense que la gravité joue un rôle très important dans la circulation des auxines ; ses essais montrent en effet que le déplacement des hormones est troublé

par la pesanteur. PFAELTZER (1934) renouvelle ces essais sur *Avena sativa*. CHOLODNY (1934) applique des pointes de coléoptiles sur les surfaces apicales ou basales de racines décapitées et les résultats semblent parler en faveur de la circulation basipète des auxines, malgré les travaux contradictoires de HEIDT (1931). VAN DER WEIJ (1934) s'occupe de l'action de l'éther et montre que ce produit abolit le mouvement polaire et arrête le transport des auxines. BOTTELIER (1934) pense que la lumière ralentirait le transport des auxines en agissant sur le cytoplasme cellulaire. KOCH (1934) étudie le déplacement des auxines dans des blocs d'agar polarisés et constate que ces substances sont attirées par le pôle positif. VAN DER LAAN (1934), puis MICHENER (1935), CROCKER, HITCHCOCK et ZIMMERMAN (1935) insistent sur l'action de l'éthylène, qui n'agirait pas directement sur le transport des auxines, mais bien sur leur formation. WENT (1935) reprend les essais de BEYER, confirme la thèse de la polarité. Il montre ensuite que la vitesse de transport est bien inférieure à celle du mouvement cellulaire. Il admet pourtant que les auxines se déplacent grâce au cytoplasme et explique le ralentissement de leur mouvement par le passage de cellule à cellule. GOUWENTAK et HEL-LINGA (1935), puis HITCHCOCK et ZIMMERMAN (1935) reprennent la thèse de la polarité. Ces derniers admettent que les auxines suivent le courant transpiratoire. SKOOG (1935) montre que les radiations de Roentgen n'ont pas d'action sur le transport des auxines. Pour AVERY (1935), les hormones de croissance se déplaceraient dans les faisceaux libéro-ligneux. CZAJA (1935) est partisan du double courant auxinique dans la racine. Ce double déplacement entraînerait d'ailleurs l'inhibition du développement radiculaire. FABER (1936) et RAMSHORN (1934), CLARK (1935-36-37) se demandent si les différences de potentiel de l'organe ne permettent pas d'expliquer le transport des auxines. La tension une fois déterminée, CLARK soumet l'organe à une différence de potentiel égale, mais opposée; il n'observe aucune différence dans la circulation des auxines. ZIMMERMAN et WILCOXON (1935) montrent l'existence d'un double courant auxinique, le premier lié à l'action de la gravité, le second dépendant de la transpiration. LAIBACH et FISCHNICH (1936), en proposant le test *Coleus*, montrent que les auxines circulent dans les nervures. SNOW (1936) reprend les expériences précédentes et celle de LAIBACH et KORNMANN; il remplace les blocs d'agar par de la lanoline enrichie par des substances de croissance. Au lieu d'observer une courbure vers le bas (v. auteurs précédents), il constate un déplacement vers le haut. Les auxines circuleraient donc en sens inverse, soit vers le haut. HITCHCOCK et ZIMMERMAN (1936) reprennent les travaux antérieurs et confirment la relation entre la transpiration et le déplacement auxinique. FABER (1936) reprend le travail de CZAJA et ses conclusions, il admet le double courant auxinique dans la racine. COOPER (1936), à propos des tiges de *Citrus*, pense que les auxines circuleraient dans le liber et seraient ainsi soumises directement à l'action de la pesanteur. THIMANN (1936) admet que le transport des auxines se fait du collet vers la pointe;

un courant contraire existerait, mais serait bien plus faible. RUGE (1937) étudie l'action de l'hétéroauxine sur la morphologie des membranes cellulaires. Le transport dans une direction se traduit par une déformation cellulaire, il est à la fois longitudinal et transversal. CHOLODNY et SANKEWITCH (1937) constatent qu'un courant électrique faible de la base à la pointe de la coléoptile accélère la croissance, et qu'un courant opposé la retarde. Ces auteurs pensent que le courant électrique n'influence pas directement le transport des auxines. DU BUY et OLSON (1938) montrent au contraire que la circulation auxinique est nettement liée à la polarité électrique des cellules. AMLONG (1939) ne semble pas d'accord avec les conclusions de CLARK, il observe, en particulier, que le courant auxinique se fait mieux de la pointe vers la base de la racine qu'en sens inverse, ce courant serait en relation avec la différence de potentiel observée. WENT et WHITE (1939) montrent que la vitesse de transport des auxines est indépendante de la longueur du fragment étudié, mais que la quantité d'auxines transportées décroît lorsque cette longueur augmente. La polarité du transport est parfaitement nette. Pour BORGSTROM (1939), le courant latéral est aussi important que le courant longitudinal, tandis que MEITES (1943) admet la conduction polarisée des auxines et la diffusion dans le sens coiffe-collet. LUNDEGARDH (1942) met en évidence dans des racines couchées des micro-courants qui lui permettent d'expliquer le transport des auxines (anions) dans les deux sens. SCHRANK (1948) montre qu'il existe une relation étroite entre la polarité électrique des cellules et la polarité de circulation auxinique, s'opposant ainsi aux conclusions de CLARK (1938). JACOBS (1950) pense que les auxines de l'hypocotyle de *Phaseolus* adoptent une circulation uniquement basifuge (Feuille-racine); en outre il n'observe aucune polarité de conduction et constate enfin que le transport augmente avec l'âge de l'organe.

A propos de l'action de la lumière sur la circulation des auxines, on peut donner quelques indications bibliographiques qui serviront d'introduction aux recherches citées en fin de chapitre<sup>1</sup>.

TOLLENAAR (1923), déjà à propos du phototropisme des racines, admet l'existence d'un trouble dans la circulation d'éventuelles hormones, sous l'action de la lumière. VAN OVERBEEK (1933) constate que la circulation des auxines est fortement modifiée par la lumière (hypocotyle de *Raphanus*). LAIBACH (1936), KÖNINGSBERGER et VERKAAIK (1938), OPPENOORTH (1939-41), STEWART et WENT (1940), YAMANE (1940), WENT (1942), PILET (1949-50) prouvent l'existence de réactions photochimiques assurant la désintégration et l'inactivation des auxines; ces derniers auteurs admettent que la lumière en provoquerait la déviation. Pour KÖGL, ERXLEBEN et KÖNINGSBERGER (1944) et KÖGL et SCHURINGA (1944), la lactone de l'auxine a serait inactivée seulement par des radiations ultra-violettes, néanmoins l'inactivation

<sup>1</sup> L'étude faite ici à propos de ce problème sera d'ailleurs très brève, car le phototropisme des racines de *Lens* fera l'objet d'une prochaine publication.



de cette substance pourrait être réalisée en lumière blanche grâce à la présence de caroténoïdes (pigments photo-sensibilisateurs). OPPENOORTH (1939) avait déjà songé à la riboflavine comme substance réceptrice. MANTEN (1948) attribue au b carotène un rôle essentiel dans la sensibilisation du tissu végétal aux quanta lumineux agissant sur la transformation des auxines. GALSTON et HAND (1939) montrent que la riboflavine et les carotènes peuvent assurer l'inactivation de l'hétéroauxine, l'acide  $\alpha$ -naphtylacétique et le 2.4.D.

## B. BUT DE CETTE ETUDE

Après avoir montré l'action de la lumière sur la teneur en auxines de la racine (chap. III, D. 3, c), il convenait de reprendre ce problème et de préciser le rôle des radiations lumineuses sur la circulation de ces hormones. C'est pourquoi, après l'étude du transport auxinique pour des racines à l'obscurité, le problème de ce transport sera abordé pour des racines exposées symétriquement ou non à la lumière.

## C. TRANSPORT AUXINIQUE POUR DES RACINES A L'OBSCURITE

### 1. Introduction.

Comme on l'a vu, la pesanteur a une action très nette sur le déplacement des auxines. A la suite des travaux résumés ci-dessus, on peut envisager l'existence de trois courants auxiniques distincts (fig. 13, G.) :

- a) courant coiffe-collet, ou pointe-base, ou encore basipète;
- b) courant collet-coiffe, ou base-pointe, ou encore basifuge;
- c) courant latéral ou transversal, ou encore horizontal (les deux premiers étant longitudinaux).

### 2. Circulation longitudinale.

Comme il est difficile de dissocier les courants basipète et basifuge, ils seront étudiés parallèlement dans les expériences suivantes :

- |   |            |
|---|------------|
| A) Pointes de racines en position renversée | Fig. 13, A |
| B) Pointes de racines en position normale   | B          |
| C) Racines complètes avec feuilles          | C          |
| D) Racines complètes sans feuilles          | D          |
| E) Racines incomplètes avec feuilles        | E          |
| F) Racines incomplètes sans feuilles.       | F          |

Dans tous ces essais, les racines, qui mesurent toujours  $5 \text{ cm} \pm 1$ , diffusent leurs auxines dans des blocs d'agar soumis au test *Avena*.

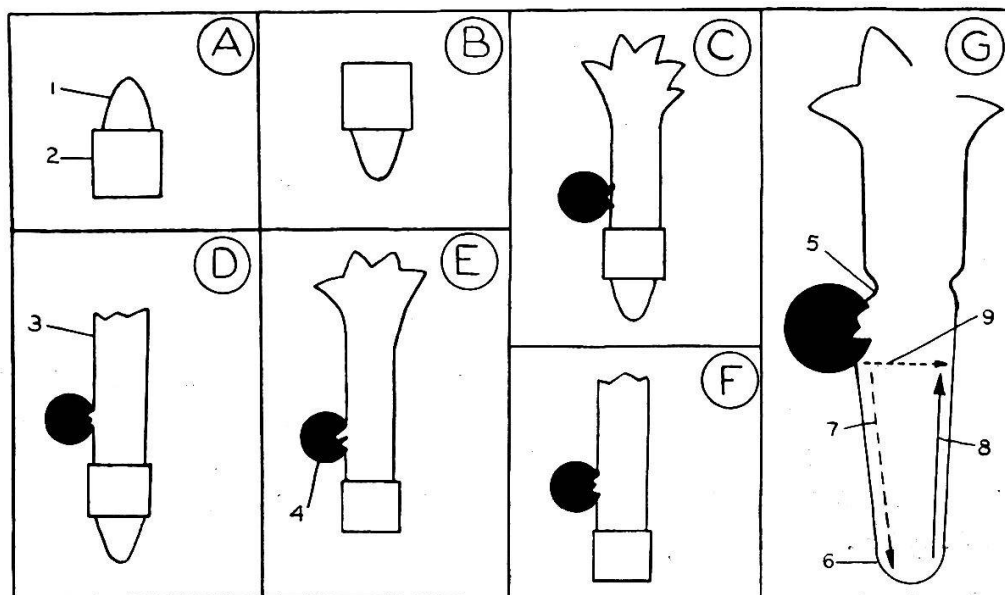


FIG. 13.

1. Pointes de racines. 2. Blocs d'agar. 3. Tige de *Lens*. 4. Graine.  
5. Collet. 6. Coiffe. 7. Courant basifuge. 8. Courant basipète.  
9. Courant transversal.

#### A. POINTES DE RACINES EN POSITION RENVERSÉE.

De tels essais ont été examinés plus haut (chap. III, C. 3). Voici les conclusions qu'on en peut tirer :

1. la teneur du bloc en auxines diffusées varie avec la durée de l'exposition de l'organe sur l'agar. La pointe se desséchant, cette durée est limitée à 45 minutes environ ;

2. l'importance des auxines diffusées dépend, assez faiblement d'ailleurs, de la longueur de la pointe et augmente avec celle-ci ;

3. la teneur ainsi évaluée pour des pointes de 1,5 mm est de  $10^{-11}$  Mol. ABIA. Le courant normal basipète existe donc. Mais la pesanteur joue aussi un rôle, provoquant dans ce cas un déplacement de haut en bas qu'on peut qualifier de basifuge dévié ou négatif.

#### B. POINTES DE RACINES EN POSITION NORMALE.

Les mesures sont consignées dans le tableau 30 ; on peut en tirer les conclusions suivantes :

1. l'angle moyen de courbure du test est de  $2^\circ$  ;
2. traduit en Mol. ABIA, cela donne  $10^{-15}$  ;

3. la quantité diffusée est donc plus faible que pour le cas précédent. Il paraît évident que les auxines, sous l'action de la pesanteur, s'accumulent dans la pointe et ne pénètrent pas dans l'agar. Comme les organes aériens sont absents, le courant basipète est inexistant, c'est pourquoi la teneur en hormones des blocs est si faible.

#### C. RACINES COMPLÈTES AVEC FEUILLES.

Pour préciser l'action de la température sur la circulation des auxines les mesures seront faites à deux températures différentes :

I. à  $18^{\circ}\text{C} \pm 2$  et II. à  $30^{\circ}\text{C} \pm 4$

Lorsque les racines mesurent 5 cm, elles sont coupées à 1,5 mm de la pointe ; il suffit d'intercaler ensuite entre la pointe et la racine un bloc d'agar qui adhérera à la racine et fixera la pointe. Au bout de 45 minutes, les blocs sont enlevés et analysés.

##### I. Essais à $18^{\circ}\text{C}$ .

Deux séries de mesures ont été prévues. La première portant sur des blocs habituels (T. 31) et la seconde (T. 32) sur des blocs enrichis de substances de croissance (ici  $10^{-9}$  Mol./ litre de b. indolylacétate de K). Cette seconde série était nécessaire, comme on l'a montré plus haut (chap. III, D. 3, a). En effet, le tableau 31 donne un angle moyen de  $11^{\circ}$  qui, traduit en Mol. ABIA, correspond à deux valeurs :

1)  $10^{-5}$  Mol. ABIA (inhibitrice) et 2)  $5 \cdot 10^{-8}$  Mol. ABIA (accélétratrice). Le tableau 32 nous donne par contre un angle plus petit de  $4,6^{\circ}$  environ. Le fait d'ajouter  $10^{-9}$  Mol. BIAK entraîne une inhibition, il faut donc prendre la première valeur, soit  $10^{-5}$  Mol. ABIA.

Cette valeur élevée (comparée aux précédentes) peut s'expliquer si l'on admet que le bloc a reçu d'une part les auxines de pointe (courant transpiratoire), d'autre part les auxines provenant des parties supérieures (action de la pesanteur).

##### II. Essais à $30^{\circ}\text{C}$ .

Nous trouvons (Tableau 33), un angle moyen de  $8,7^{\circ}$ , soit traduit en Mol. ABIA,  $5 \cdot 10^{-5}$  Mol. ABIA. La teneur en auxines a donc faiblement augmenté. On peut expliquer cette différence par les mesures précédentes, en admettant que la température en activant la transpiration a fait croître sensiblement le déplacement basipète des auxines (on pourrait aussi

admettre que sous l'action de la température la cyclose a augmenté ; nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de cette hypothèse (chap. IV, C. 4 c).

#### D. RACINES COMPLÈTES SANS FEUILLES.

Tous les organes aériens (feuilles-bourgeons, etc.) ont été coupés, et les mesures identiques aux précédentes sont rapportées dans le tableau 34. L'angle moyen obtenu est de 8°, soit de 10<sup>-9</sup> Mol. ABIA. Ce résultat s'explique aisément si l'on admet que le courant basipète est négligeable (absence de feuilles) et que le courant basifuge (freiné peut-être par le courant transpiratoire) aurait augmenté.

ANGLES DE COURBURE DES COLEOPTILES (°)  
SOUS L'ACTION DE BLOCS D'AGAR CONTENANT  
LES AUXINES RADICULAIRES (CHAP IV C<sub>2</sub>)

SÉRIES DE 20 MESURES	b FIG. 13b			c FIG. 13c								
	TABLEAU 30			I						II		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
I	0,4	1,3	1,7	10,2	12,2	10,6	11,8?	5,1	5,2	9,0	8,5	8,5
II	1,3	2,2	2,3	11,8	11,9	11,3	0,2	4,4	4,3	8,5	9,0	10,3
III	3,0	4,1	1,6	11,0	11,8	11,1	3,0	5,4	5,4	10,2	7,5	11,0
IV	3,3	2,0	2,1	10,3	10,0	10,0	2,0	4,2	5,4	8,3	11,0	9,3
V	2,0	0,9	1,4	10,7	11,1	10,5	4,0	4,3	5,1	9,5	7,5	6,9
MOYENNES	2,0	2,1	1,8	10,8	11,4	10,7	4,2	4,7	4,9	9,1	8,7	9,0

SÉRIES DE 20 MESURES	d FIG. 13d			e FIG. 13e			f FIG. 13f		
	TABLEAU 34			TABLEAU 35			TABLEAU 36		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
I	9,1	6,9	8,1	7,8	7,3	7,9	5,3	5,3	4,4
II	8,1	8,0	9,0	6,4	6,4	6,8	4,6	4,1	5,3
III	8,7	7,3	8,3	7,3	7,3	7,0	4,8	5,1	5,2
IV	7,0	7,3	8,9	7,0	6,5	7,3	5,1	4,3	5,1
V	8,2	8,0	8,3	6,4	6,4	6,4	5,2	5,2	4,2
MOYENNES	8,4	7,5	8,3	7,0	6,8	7,1	5,0	4,8	4,9

#### E. RACINES INCOMPLÈTES AVEC FEUILLES.

Les résultats consignés dans le tableau 35 donnent un angle moyen de 7°, soit 10<sup>-10</sup> Mol. ABIA. L'apport des auxines, dû à la circulation basipète, est supprimé car l'agar n'a reçu que les auxines provenant des parties supérieures. Cette expérience prouve donc l'importance de la circulation basipète. Lorsqu'on supprime une pointe de 1,5 mm (la circulation basipète est

donc supprimée également), la teneur en auxines passe de  $10^{-5}$  à  $10^{-10}$  Mol. ABIA.

#### F. RACINES INCOMPLÈTES SANS FEUILLES.

Dans le tableau 36, l'angle moyen est encore plus faible, soit  $5^{\circ}$  ou  $10^{-12}$  Mol. ABIA, la quantité d'auxines présentes dans l'agar décroît encore, le déplacement basifuge, seul pos-

TENEUR EN AUXINES ( $10^{-x}$  MOL ABIA) DE BLOCS D'AGAR  
CONTENANT LES HORMONES RADICULAIRES  
VALEURS DE X

MOYENNES DE 3 BLOCS	NIVEAUX EN MM.	TABLEAU 37			TABLEAU 38						TABLEAU 39		
		A	B	C	TEMP. : $18^{\circ}\text{C} \pm 2$			TEMP. : $30^{\circ}\text{C} \pm 4$			A	B	C
					A	B	C	A	B	C			
1	3,9	$\infty$	18	17	$\infty$	17	19	20	19	$\infty$	15	14	14
2	7,8	16	17	16	18	16	17	$\infty$	16	18	16	13	15
3	11,7	9	10	8	9	8	9	9	7	8	7	7	8
4	15,6	12	13	10	11	10	11	12	12	12	10	8	7
5	19,5	13	13	12	15	12	13	13	12	15	11	11	10
6	23,4	13	13	12	13	12	14	15	14	14	11	12	12
7	27,3	14	13	13	15	14	14	15	16	15	13	12	12
8	31,2	15	14	14	15	14	16	16	15	15	13	13	14
9	35,1	15	14	15	15	16	16	16	17	17	14	15	13
10	39,0	16	15	16	16	$\infty$	15	17	$\infty$	17	14	14	15

sible ici, a donc diminué. Mais comme les feuilles sont absentes, il faut admettre qu'elles possèdent le pouvoir d'élaborer des auxines qui descendent dans la racine. Nous reprendrons cet important problème plus loin (chap. V, D).

### 3. Discussion.

L'étude de la circulation longitudinale des auxines dans la racine a apporté un certain nombre de résultats qu'il n'est pas toujours aisé d'interpréter. En résumant sommairement ce que les expériences précédentes ont montré, je puis tirer les conclusions suivantes.

1. Les essais a et b ont montré l'existence dans la racine de deux types de courants longitudinaux qui existent parallè-

lement : le courant basifuge et le courant basipète (ce dernier moins important).

2. En supprimant les feuilles, la teneur en auxines de l'agar diminue. Deux explications sont à première vue valables : on peut admettre soit que le courant basipète, lié à la transpiration (c) a fortement diminué, soit que le courant basifuge, dépendant de la pesanteur et de la présence des feuilles (d et e), a lui aussi ralenti. En comparant e et c, il est facile de comprendre l'importance du courant basifuge, puisque la teneur des blocs d'agar passe de  $10^{-5}$  à  $10^{-10}$  Mol. ABIA, le rôle élaborateur des feuilles a été mis en évidence dans l'essai e.

#### 4. Circulation latérale.

Pour mettre en évidence la circulation latérale des auxines dans la racine, on a entrepris un certain nombre d'expériences. Le principe, toujours le même, est le suivant : les racines, parfaitement verticales, sont fendues longitudinalement jusqu'au collet : une bande d'agar, large de 1,3 mm, est alors placée entre les deux fragments obtenus. Cette bande demeure 100 minutes entre les deux parties de la racine, puis elle est débitée en cubes de 1,3 mm d'arête. Si la coléoptile d'*Avena* ne se courbe pas sous l'action de ces blocs, c'est que la circulation latérale est nulle (ou, ce qui est peu probable, trop forte : inhibition du test); dans le cas contraire, le déplacement horizontal est prouvé. Pour faciliter les mesures, je prendrai la moyenne de trois blocs voisins, ainsi tous les résultats rendront compte de la circulation pour trois blocs, soit pour une longueur de  $3 \cdot 1,3 \text{ mm} = 3,9 \text{ mm}$ . Chaque courbure est déterminée par la moyenne de 20 mesures. Les essais suivants ont été faits<sup>1</sup>.

- a) Racines seules (sectionnées au collet) de 4 cm (T. 37).
- b) Racines seules (sectionnées au collet) de longueur variable (fig. 14).
- c) Racines seules (sectionnées au collet) de 4 cm.

La température est variable (T. 38).

- d) Racines liées aux parties supérieures (T. 39).

##### A. RACINES SEULES, VARIATIONS SUIVANT LES NIVEAUX.

La racine mesure toujours  $4 \text{ cm} \pm 0,5$ . La bande d'agar aura par conséquent 4 cm de longueur et sera débitée en 31 blocs de 1,3 mm d'arête. Comme on prend la moyenne de trois blocs consécutifs, on aura 10 moyennes. Les résultats consignés dans le T. 37 suggèrent les remarques suivantes :

1. la circulation latérale des auxines dans la racine existe, mais elle est très faible ;

<sup>1</sup> Une étude plus approfondie paraîtra ailleurs (*Bull. soc. bot. suisse*).



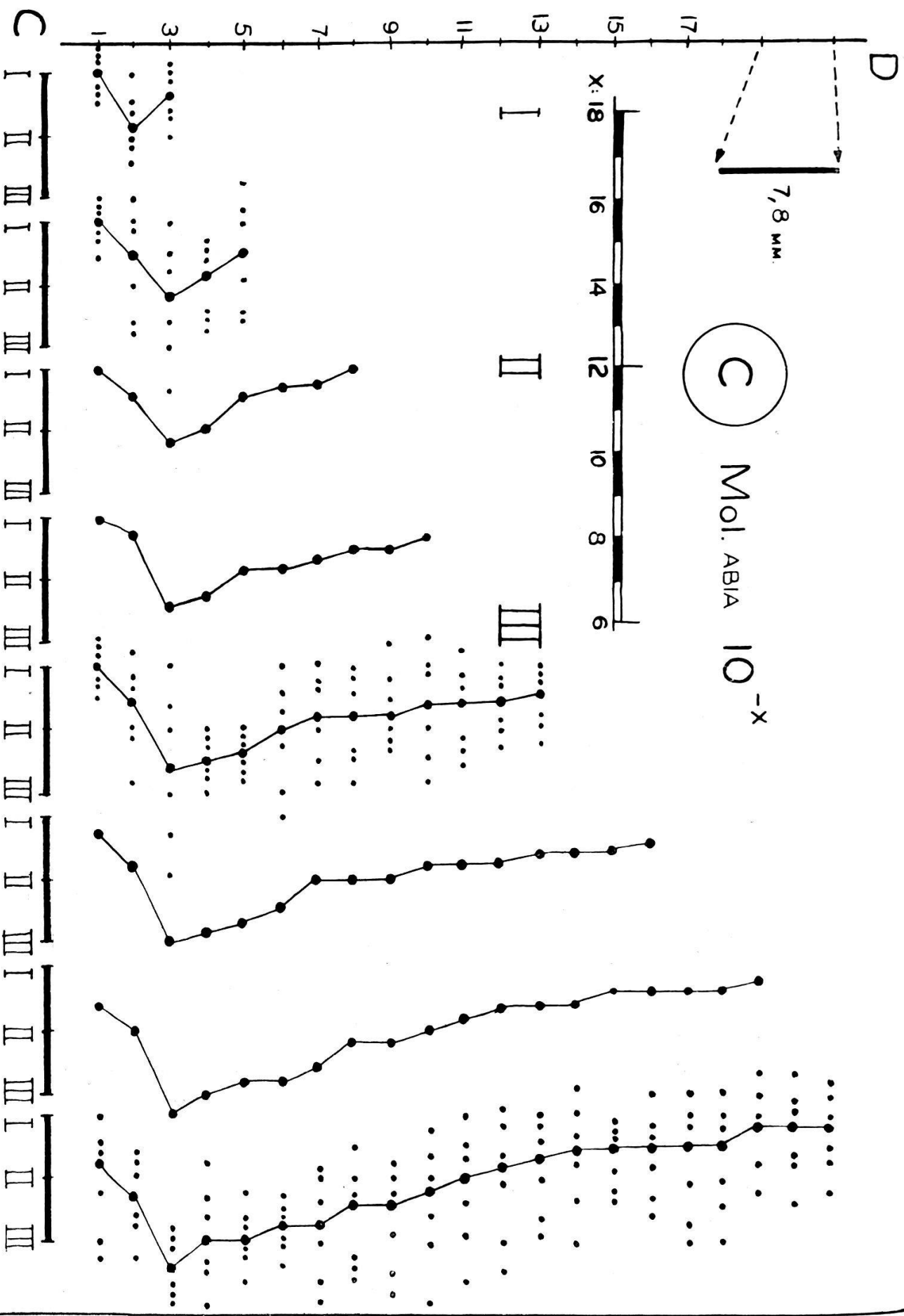


Fig. 14.

D. Divisions des racines (même signification que pour le tableau 38); ainsi 1 : 3,9 mm, 2 : 7,8 mm ..... 20 : 78,0 mm.  
 C. Concentrations.  
 Les valeurs extrêmes obtenues n'ont été reportées que pour quelques mesures.  
 « Correction : le trait noir correspond à 15,6 mm et non 7,8 mm ».

2. pour une racine de 4 cm, le transport horizontal des auxines est maximum entre le 8<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> mm (méristème !).

#### B. RACINES SEULES, VARIATIONS SUIVANT LA LONGUEUR.

Au lieu de prendre uniquement des racines de 4 cm, il était intéressant d'étudier la circulation latérale dans des racines de différentes longueurs (de 11,7 mm à 78,0 mm). Les résultats consignés dans la fig. 14 permettent les conclusions suivantes :

1. le déplacement horizontal des auxines radiculaires est prouvé ;

2. quelle que soit la longueur de la racine, ce déplacement est maximum entre le 3<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> mm (soit approximativement le méristème) ;

3. l'amplitude de cette circulation augmente légèrement si la racine s'allonge.

#### C. RACINES SEULES, VARIATIONS SUIVANT LA TEMPÉRATURE.

On a vu (chap. IV, C. 2, c) que la température, en accélérant le courant transpiratoire, entraîne une augmentation sensible du déplacement longitudinal des auxines. On a admis que la variation de la cyclose sous l'action de la température n'en saurait être la raison; il convenait de vérifier cette hypothèse.

Voici notre raisonnement.

1. Il est évident que le courant transpiratoire n'a aucune action sur le déplacement latéral des auxines.

2. Il est en outre évident que l'élévation de la température entraîne une accélération de la cyclose.

3. Par conséquent, si une élévation de la température n'entraîne pas une augmentation du transport latéral, c'est que la cyclose ne joue aucun rôle dans cette circulation.

Les résultats consignés dans le T. 38 confirment l'hypothèse précédemment exposée.

#### D. RACINES LIÉES AUX PARTIES SUPÉRIEURES.

Il convenait de voir si la présence des parties supérieures (tige, feuilles et bourgeons) modifiait les résultats précédents. La technique est identique, mais pour empêcher les auxines de diffuser longitudinalement dans l'agar (circulation basifuge), une lame de mica a été placée au sommet de la bande d'agar chargée de récolter les auxines diffusant latéralement. Le T. 39 montre nettement que la circulation latérale est augmentée en présence des organes supérieurs. Il faut alors admet-

tre que les feuilles assurent une plus forte distribution des auxines dans les parties souterraines de la plante.

## 5. Discussion.

Si la circulation longitudinale (basipète ou basifuge) semble être admise par la majorité des physiologistes, il n'en va pas de même pour la circulation latérale normale<sup>1</sup>. Pourtant les expériences précédentes semblent avoir prouvé l'existence d'un déplacement transversal, dont l'amplitude, variant suivant les niveaux de la racine, est déterminée par la teneur en hormones de blocs d'agar intercalés entre deux fragments de racine. La vitesse de déplacement latéral passe par un maximum dans le premier centimètre à partir de la pointe. Ce maximum reste à peu près invariable quelle que soit la longueur de la racine étudiée. En outre si la température ne trouble pas la circulation (preuve en faveur du rôle essentiel joué par le courant transpiratoire dans le déplacement basipète des auxines), la présence des feuilles augmente légèrement le transport horizontal.

## D. TRANSPORT AUXINIQUE POUR DES RACINES A LA LUMIERE

### 1. Introduction.

L'action de la lumière sur les auxines a fait l'objet de recherches citées plus haut (chap. I, E. 5) et (chap. III, D. 3, c). Nous avons pu remarquer que des radiations ultra-violettes ou autres entraînaient une destruction ou une inactivation des auxines et que ces phénomènes chimiques se traduisaient par des variations de croissance caractéristiques. Il convenait de préciser le rôle de la lumière dans la circulation des hormones radiculaires. Pour étudier ce problème, il fallait comparer l'action de l'éclairage, symétrique et asymétrique, sur ce déplacement.

### 2. Eclairage symétrique.

Lorsque les racines, développées à l'obscurité et sur de la sciure humide, mesurent  $4 \text{ cm} \pm 0,5$ , elles sont fendues longitudinalement et reçoivent la bande d'agar (chap. IV, C. 4).

<sup>1</sup> Comme je le montrerai plus loin (D, 3), il existe une circulation latérale anormale dont la cause est due à un éclairage asymétrique.

Elles sont alors placées sur un clinostat (force centrifuge faible donc pas d'inclinaison) et éclairées ainsi d'une façon symétrique (fig. 15). Le T. 40 rend compte des résultats obtenus de la même façon que pour le T. 37.

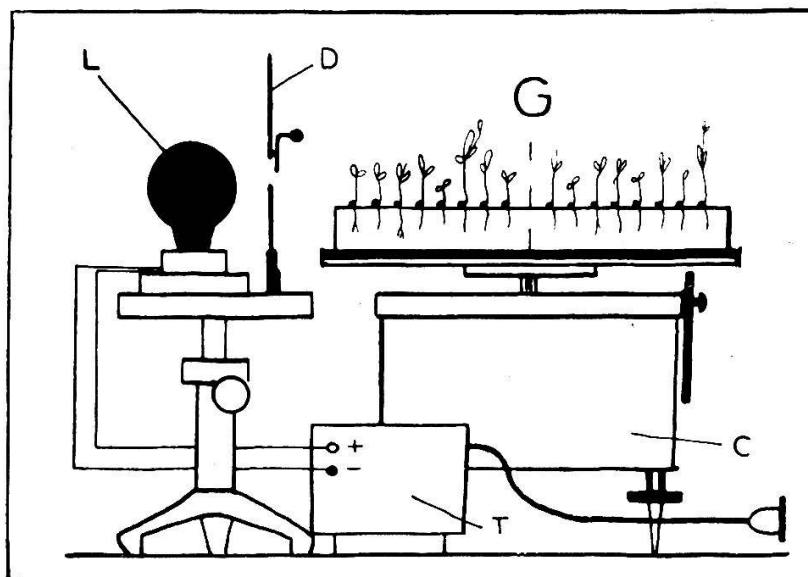


FIG. 15.

G. Cuve à germination (verre). C. Clinostat de Pfeffer.  
D. Diaphragme réglable. T. Transformateur. L. Lampe de Wood.

L'examen du T. 40 autorise les remarques suivantes : <sup>1</sup>

1. les radiations bleues et rouges ne modifient pas la circulation latérale ;
2. la lumière blanche et plus encore la lumière ultra-violette, activent légèrement le déplacement latéral ;
3. si la lumière entraîne une destruction (ou une inactivation) des auxines (v. à ce propos chap. I, E. 5 et chap. II, H. 3), elle provoque un trouble de la circulation auxinique.

Une plaque de mica supprime toute diffusion basifuge. Le fragment intact de la racine est exposé et l'agar reste dans l'ombre (source à 10 cm de l'organe).

<sup>1</sup> Il y aurait lieu de tenir compte d'une élévation de température unilatérale résultant de l'éclairage asymétrique. Ce problème complexe sera repris dans des travaux ultérieurs.

TABLEAU 40. — Teneur en auxines (puissances de 10 Mol. ABIA) de blocs d'agar ayant reçu les hormones radiculaires (circulation latérale). Racines éclairées symétriquement.

Moyennes de 3 blocs	Longueurs en mm de la pointe	Radiations utilisées				
		Obscurité (V. T, 37)	Bleues	Rouges	Blanches	Ultra-violettes
1	3,9	—18	—18	—18	—17	—15
2	7,8	—17	—17	—15	—15	—13
3	11,7	— 9	—10	— 8	— 7	— 6
4	15,6	—11	—10	— 9	— 9	— 7
5	19,5	—13	—12	—10	—10	— 9
6	23,4	—13	—13	—10	—11	—12
7	27,3	—14	—14	—13	—12	—12
8	31,2	—15	—15	—14	—13	—13
9	35,1	—15	—16	—15	—14	—13
10	39,0	—16	—16	—16	—15	—14

### 3. Eclairage asymétrique.

Seule l'étude de la circulation des auxines sera abordée ici. Il est bien évident qu'un organe éclairé dyssymétriquement répondra par une courbure phototropique dont la variation est fort complexe chez la racine.

Trois questions méritent notre attention :

1. quelle est l'importance de la durée de l'exposition à la source lumineuse sur la circulation auxinique ? (v. A);

2. quel est le rôle de l'intensité de la source dans cette circulation ? (v. B);

3. quelle est l'influence de la nature de la source sur ce transport ? (Cette question a déjà été étudiée plus haut, D. 2).

Lorsque la racine mesure  $4 \text{ cm} \pm 0,5$ , elle est coupée longitudinalement, un des deux fragments obtenus est détaché de l'organe, tandis qu'on applique sur l'autre une bande d'agar de 1,3 mm d'épaisseur et de 4 cm de longueur (fig. 16 A). Une plaque de mica supprime toute diffusion basifuge. Le fragment intact de la racine est exposé et l'agar reste dans l'ombre (source à 10 cm de l'organe).

## A. DURÉE DE L'EXPOSITION.

La région comprise entre 7,8 mm et 15,6 mm est le siège d'une circulation auxinique latérale maxima (T. 37), c'est celle-là que nous étudierons.

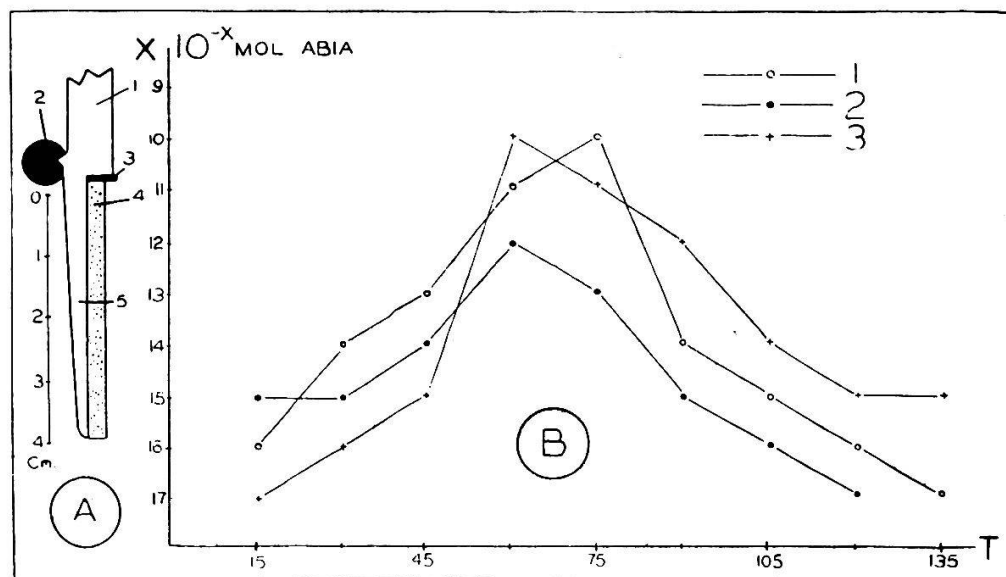


FIG. 16.

T. Temps en minutes. X. Puissance négative de 10 (concentration des blocs d'agar exprimée en Mol. ABIA).

1. Tige de *Lens*. 2. Graine. 3. Plaque de mica. 4. Bande d'agar. 5. Racine sectionnée.

Les résultats, consignés dans la fig. 16 B, permettent les remarques suivantes :

1. la teneur des blocs en auxines augmente d'abord si la durée d'exposition croît ;

2. mais pour une exposition plus longue, la concentration en auxines diminue ;

3. il en résulte que la circulation latérale due à une exposition asymétrique croît avec la durée de cette exposition (à l'obscurité, elle existe encore : c'est la circulation latérale normale C. 4) ;

4. mais comme la teneur en auxines de l'agar décroît, il faut admettre que les hormones diffusées dans le bloc sont à leur tour détruites ;

5. donc la lumière agit en provoquant la déviation et la destruction des auxines.



## B. INTENSITÉ DE LA SOURCE.

On utilisera une source ultra-violette (lampe de Wood avec diaphragme réglable). Le dosage des auxines se fait comme précédemment.

TABLEAU 41. — Teneur en auxines (puissance de 10 Mol. ABIA) de blocs d'agar ayant reçu les hormones radiculaires (circulation latérale due à un éclairage asymétrique d'intensité variable). Durée de présentation : 60 min. ; luxmètre à 20 cm.

Séries	Intensité en lux								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	—18	—17	—16	—15	—12	—11	—10	—13	—15
2	—19	—18	—17	—14	—13	—12	—9	—12	—17
3	—17	—15	—13	—12	—11	—10	—11	—12	—14

Le T. 41 montre que :

1. la circulation latérale augmente si l'intensité croît (les blocs d'agar contiennent plus d'auxines) ;
2. si l'intensité augmente (au delà de 700 Lux.), la teneur des blocs diminue (déviation puis destruction).

## C. EMPLOI D'UNE AUTRE TECHNIQUE.

Il était particulièrement indiqué de reprendre la technique de la diffusion (chap. III, C) pour étudier l'action des radiations ultra-violettes sur le transport auxinique. Des pointes de racines développées à l'obscurité sont placées sur des blocs d'agar pendant 45 minutes. Les résultats ont montré que la concentration des auxines diffusées variait peu suivant la longueur de la racine. L'angle obtenu par le test *Avena* était de 6,2°, soit 10<sup>-11</sup> Mol. ABIA. Il était intéressant d'irradier les racines pendant 60 minutes par des radiations ultra-violettes, puis de déterminer, par la méthode précédente, la teneur en auxines des régions éclairées et demeurées à l'obscurité.

La technique est alors la suivante :

- a) les pointes de racines de 1,5 mm sont placées sur des blocs d'agar ;
- b) le bloc mesure 1,3 / 2,6 / 1,3 mm (autrement dit deux blocs accolés) ;
- c) une lame de mica sépare ces deux blocs ; le premier recevra les auxines de la partie éclairée, le second celles de la partie dans l'ombre ;

Quelques essais ont porté sur des racines éclairées symétriquement.

TABLEAU 42. — Angles de courbure des coléoptiles portant des blocs ayant reçu par diffusion les auxines de pointes ou de fragments de racines.

Essais	Séries de 25 mesures (en degrés)										Moyennes
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1. Pointes à l'obscurité	9,0	4,0	7,0	6,0	3,0	2,5	10,0	9,6	4,1	8,0	6,2
2. Pointes à la lumière											
A	4,2	4,0	3,2	4,0	4,3	4,6	3,2	4,3	4,0	5,2	4,1
B	3,6	3,7	4,2	4,0	3,1	4,5	3,9	3,9	3,4	5,2	3,8
C	3,7	3,5	3,8	5,1	2,7	4,0	3,7	3,2	3,6	3,8	3,7
D	4,6	4,5	4,7	3,5	4,6	5,3	4,2	4,3	4,1	3,9	4,4
3. Fragments à l'obscurité											
A	4,0	3,8	2,9	3,6	4,0	3,8	4,0	3,5	3,7	4,1	3,8
B	3,6	3,0	3,4	3,1	3,7	3,2	3,8	3,6	3,4	3,6	3,4
4. Fragments à la lumière											
A	0,9	0,8	1,5	1,2	1,1	1,1	1,3	0,7	1,4	1,0	1,1
B	1,6	1,5	1,7	1,0	1,3	1,6	1,7	1,4	1,2	1,0	1,4

Le T. 42 autorise les remarques suivantes :

1. Des racines éclairées (Es. 1 et 2) contiennent moins d'auxines que des racines placées à l'obscurité. Ces résultats confirment les expériences précédentes (chap. III, D. 3).

2. Les portions de racines placées à la lumière (Es. 3 et 4) contiennent moins d'auxines que celles à l'obscurité.

#### 4. Discussion.

La lumière agit donc nettement sur la circulation des auxines, entraînant ainsi non seulement une destruction (ou une inactivation) de ces hormones, mais provoquant aussi un accroissement de leur vitesse de déplacement. Les radiations ultraviolettes, à ce point de vue, sont plus actives que les autres. Si l'intensité de la source ou la durée d'éclairement augmente, on constate que la circulation est accélérée pour diminuer ensuite. A la déviation succède la destruction.

## E. CONCLUSION

Comme un résumé détaillé des résultats acquis a été présenté à la fin de chaque expérience, la conclusion sera brève et peut se réduire aux faits importants.

1. La circulation longitudinale des auxines est nette et paraît composée de deux courants distincts : le premier, le moins important, est basipète (pointe-collet) et lié au courant transpiratoire. Le deuxième, basifuge, résulte de l'action directe de la pesanteur.

2. La circulation latérale complique, dans la racine, le problème de la circulation des auxines. Maxima au niveau du méristème, elle augmente lorsque la racine est en relation avec les parties supérieures de la plante.

3. Si la lumière provoque la destruction (ou l'inactivation) des auxines, elle modifie la circulation latérale en l'accéléralant. Les auxines semblent fuir la lumière.

4. La température, lorsqu'elle augmente, entraîne une accéléralation de la circulation longitudinale, tandis qu'elle ne modifie pas le transport latéral. Son action est donc indirecte, elle modifie probablement l'importance du courant transpiratoire et par suite la valeur du déplacement longitudinal. La cyclose ne semble donc pas intervenir dans la circulation auxinique.

## CHAPITRE V : ORIGINE DES AUXINES RADICULAIRES

### A. HISTORIQUE

Déjà, à la suite des essais de SACHS (1873), CHOLODNY (1924) et BÜNNING (1928), on pouvait prévoir que la pointe de la racine, présentant une action inhibitrice sur le développement du reste de l'organe, est le siège d'une élaboration d'hormones de croissance. CHOLODNY (1928) dépose des pointes de racines de *Zea Mays* sur des coléoptiles décapitées et observe des courbures. Ces pointes sont donc des sources d'auxines. HEIDT (1931) montre que la décapitation des racines entraîne une accéléralation de croissance de celles-