Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 61 (1951)

Artikel: Etude de la circulation des auxines dans la racine de lens culinaris Medikus

Autor: Pilet, Paul-Emile

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43015

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: 15.08.2025

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

Etude de la circulation des auxines dans la racine de lens culinaris Medikus

Par *Paul-Emile Pilet*

Laboratoire de botanique: Université de Lausanne

Manuscrit reçu le 5 mai 1951

I. Introduction

La question des auxines dans la racine est restée, malgré quelques travaux parus ces dix dernières années, fort complexe. Le problème de la répartition de l'origine et du rôle de ces hormones a été abordé ailleurs (Pilet, 39). C'est le problème de la circulation que je veux étudier ici. Les auxines adoptent dans la plante deux types de déplacements différents et d'importance variable: le déplacement longitudinal et le déplacement latéral ou transversal. J'examinerai ici successivement ces deux modes de circulation, puis les facteurs qui les modifient; je donnerai enfin quelques renseignements sur l'origine, d'ailleurs hypothétique, de ces transports.

II. Circulation longitudinale

a) Définition

Dans la racine, la circulation longitudinale peut se faire dans deux directions opposées:

1° courant collet—coiffe, ou base—pointe, ou encore basifuge;
2° courant coiffe—collet, ou pointe—base, ou encore basipète.

On peut expliquer l'origine de ces transports (II B, IV, V et VI) en admettant que le premier est lié à l'action de la pesanteur et le second à la transpiration.

b) Historique

Van der Weij (47, 48) 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, elle varie en outre d'une hormone à l'autre (vitesse de déplacement des auxines *a* et *b* 10 % plus forte que celle de l'hétéroauxine). Went (50) reprend la thèse de Beyer (3) et montre que dans la racine l'auxine circule vers la pointe. Gorter (19) trouve que le transport de ces hormones a lieu dans les deux directions à une vitesse presque égale de 1 mm/h. Pour Laibach et Kornmann (26) les auxines sont uniquement soumises à la pesan-

teur et adoptent ainsi une circulation basifuge. Boysen-Jensen (6, 7), à propos des racines de Vicia Faba, montre que les auxines partent de la pointe de la racine et diffusent vers le collet. Cholodny (9) applique des pointes de coléoptiles sur des surfaces apicales ou basales de racines décapitées, les résultats parlent en faveur d'une circulation basipète, malgré les recherches contradictoires de Heidt (20). Avery (2) pense que les auxines se déplacent dans les faisceaux libéro-ligneux. Czaja (16) admet le double courant auxinique qui entraînerait pour cet auteur l'inhibition du développement radiculaire[1]. Zimmerman et Wilcoxon (56) montrent l'existence d'un double courant auxinique, lié soit à l'action de la pesanteur, soit dépendant de la transpiration, Laibach et Fischnich (27) en proposant le test Coleus, montrent que les auxines circulent dans les nervures. Pour Snow (45) qui reprend les mêmes méthodes que Laibach et Kornmann (26), les auxines adoptent uniquement une circulation basipète. Faber (18) confirme le travail de Czaja (16). Cooper (14), à propos des tiges de Citrus, pense que les auxines circulent dans le liber (Pesanteur). Von Witsch (54) montre que le courant descendant est beaucoup plus important que le courant ascendant. Went et White (53) prouvent que la vitesse des auxines est indépendante de la longueur du fragment étudié, mais que la quantité transportée décroît lorsque cette longueur augmente. Meites (29) détermine l'existence dans la racine de la circulation coiffe-collet. Wurgler (55) montre que l'acide 2—4-dichlorophénoxyacétique n'agit pas seulement sur les parties de l'arbuste qui ont été traitées, mais qu'il circule de l'organe qui l'a absorbé vers le sommet et vers la base. Pourtant la circulation vers l'extrémité de la tige est plus rapide que vers le collet. Jacobs (22), à propos de l'hypocotyle de *Phaseolus vulgaris* montre que dans aucun cas la circulation ne peut se faire dans la direction racine-feuille, seule la circulation basifuge est possible. Rietsema (40) confirme les essais précédents. Pilet (39) prouve l'existence des deux transports (basifuge et basipète), le premier dépendant de la pesanteur est plus important que le second qui est lié au courant transpiratoire.

c) Technique

Il s'agit ici de faire diffuser dans des blocs d'agar de constitution donnée (Pilet, 37—39) les auxines de la racine et de doser ensuite ces blocs à l'aide du test Avena convenablement préparé, dans des conditions de culture décrites ailleurs (Pilet, 34—37). Pour indiquer la teneur de ces blocs en hormones, j'utilise une unité récemment proposée (Pilet, 36—37): le *mol ABIA*. Il convient d'en rappeler rapidement la signification.

1° Sur des coléoptiles décapitées je dispose des blocs d'agar de 1,3 mm. d'arête.

2° Ces blocs, qui contiennent une quantité donnée d'acide b. indolylacétique exprimée en mol/litre, entraînent au bout de cent minutes la courbure du test qu'on mesure.

3° Une courbe (voir à ce propos fig. 4, p. 8, Pilet, 37) exprimant la variation de l'angle d'inclinaison du test en fonction de la teneur en hétéroauxine du bloc est rapidement construite.

---

[1] Pilet (35, 38 et surtout 39) a montré que l'inhibition radiculaire était due avant tout à une augmentation exagérée de la concentration des auxines avec l'âge de ces racines.

4° Il suffit alors, connaissant l'angle de courbure du test sous l'action de blocs contenant des hormones à doser, de se rapporter à la courbe qu'on établit en principe pour chaque nouvelle série d'essais, et d'exprimer cette valeur en mol ABIA (mol/l d'*A*cide *B*. *I*ndolyl*A*cétique).

d) Mise en évidence et discussion

Pour étudier l'importance des deux types de circulation longitudinale, une série de six essais a été réalisée. Dans chaque cas, une cen-

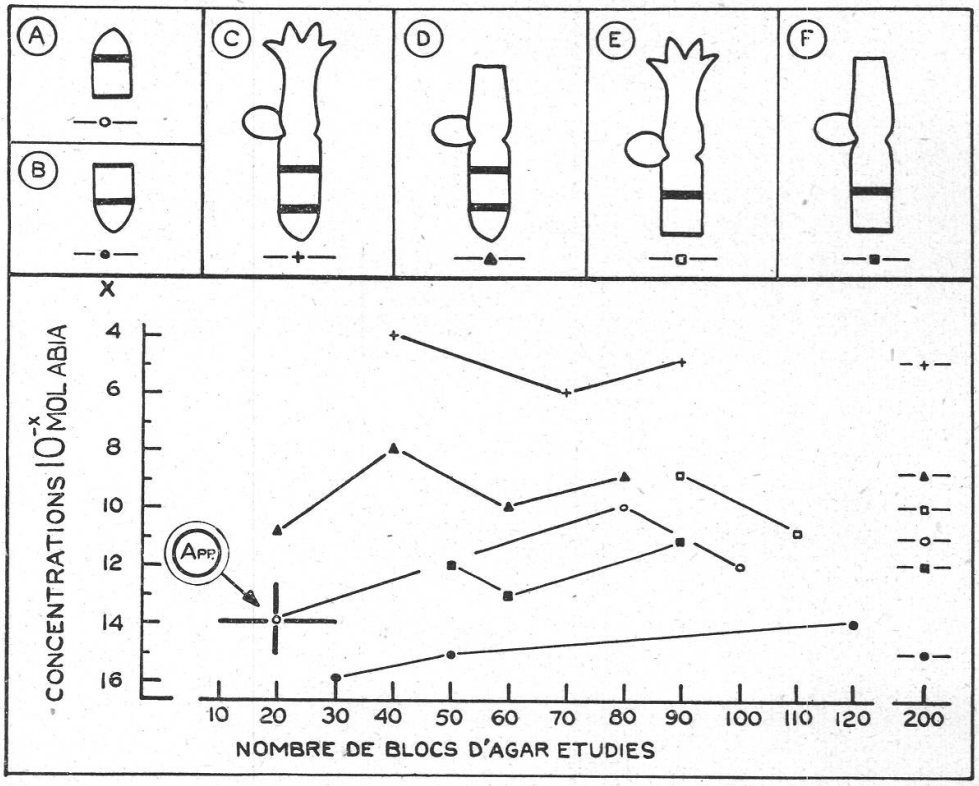

Figure 1
Variation de la circulation longitudinale. A, B, C, D, E, F Divers types d'essais réalisés. App. Approximation

taine de blocs ont été analysés. Le calcul des approximations a été fait pour chaque mesure selon la méthode habituelle (P i l e t, 39, p. 162). Le principe des essais consiste à placer entre des fragments d'organes des blocs d'agar pendant quarante-cinq minutes, puis de doser les auxines qu'ils contiennent. Nous ne retiendrons que les résultats consignés dans la fig. 1.

L'étude précédente a apporté un certain nombre de faits qu'il faut interpréter.

Les essais A et B ont montré l'existence dans la racine de deux types de courants longitudinaux. L'essai C prouve que la racine dépend,

du point de vue hormonal, strictement des organes supérieurs. La quantité d'auxines diffusées dans le bloc est élevée, elle provient des deux types de circulation précédents. L'essai D confirme l'idée que les feuilles sont le siège d'une intense élaboration d'auxines (ou activation). Les hormones provenant des feuilles ne peuvent qu'adopter une circulation basifuge qui, comme on le voit, doit être très importante. L'essai E prouve l'existence d'un courant basipète plus faible que le transport opposé. L'essai F confirme les deux essais précédents.

La circulation longitudinale double des hormones est donc nettement prouvée. Le transport basifuge est de loin le plus important, et on comprend pourquoi beaucoup d'auteurs n'ont pu mettre en évidence la circulation inverse.

III. Circulation latérale

a) Définition

Le transport des hormones dans un sens perpendiculaire au précédent peut être appelé circulation latérale, ou transversale, ou encore, si la racine est verticale (géotropiquement positive), circulation horizontale.

b) Historique

On connaît relativement peu de travaux ayant mis en évidence la circulation latérale des hormones. Il faut citer pourtant les recherches de Ruge (42), qui montre, en étudiant l'action de l'hétéroauxine sur les membranes cellulaires, que le transport est à la fois longitudinal et transversal. Pour Borgström (4), le courant latéral est aussi important que le courant longitudinal. Pilet (39) prouve l'existence de la circulation latérale dans les racines de Lens. Il montre que ce mode de transport, moins important que la circulation longitudinale atteint sa valeur la plus élevée au niveau du méristème. Un éclairage dissymétrique provoque une accélération de ce transport.

c) Technique

Des racines parfaitement verticales sont fendues longitudinalement jusqu'au collet. Une bande d'agar de 1,3 mm. de largeur est alors placée (fig. 2) entre les deux fragments obtenus; elle demeure cent minutes dans cette position puis est débitée en cubes de 1,3 mm. d'arête, placés à leur tour sur des coléoptiles d'*Avena* décapitées (le dosage se fait comme précédemment [II C]). Pour simplifier les mesures, je prendrai la moyenne de trois blocs voisins, ainsi tous les résultats rendront compte de la circulation générale pour une longueur de $3 \times 1{,}3$, soit 3,9 mm.

d) Mise en évidence et discussion

Deux séries d'essais ont été réalisées afin de montrer:

1° la variation de la circulation latérale pour des racines de 39 mm. de longueur suivant l'état de ces organes (fig. 3);

2° la variation de cette circulation suivant la longueur des racines (de 0,5 à 6 cm.). Celles-ci sont complètes (fig. 3, tableau 1).

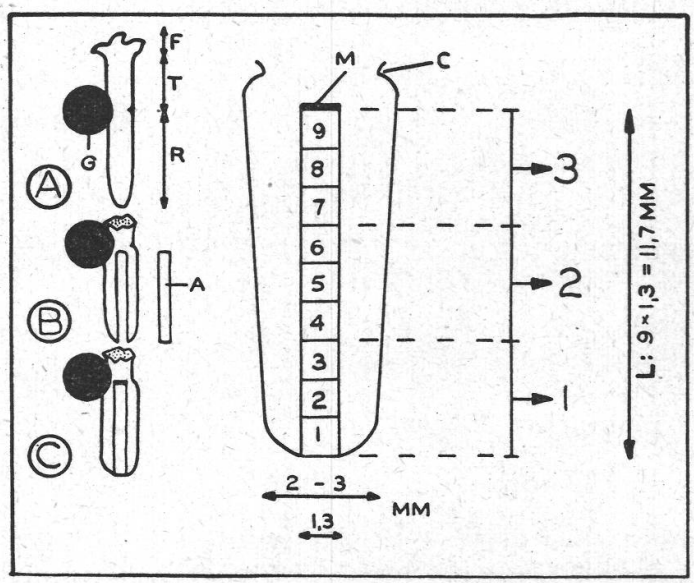

Figure 2
Technique pour étudier la circulation latérale
A, B, C Les étapes de la préparation de la racine. R racine, T tige, F feuille, G graine, C collet, M place de mica, A bloc d'agar. 1, 2, 3 Zones étudiées (moyenne de trois blocs voisins)

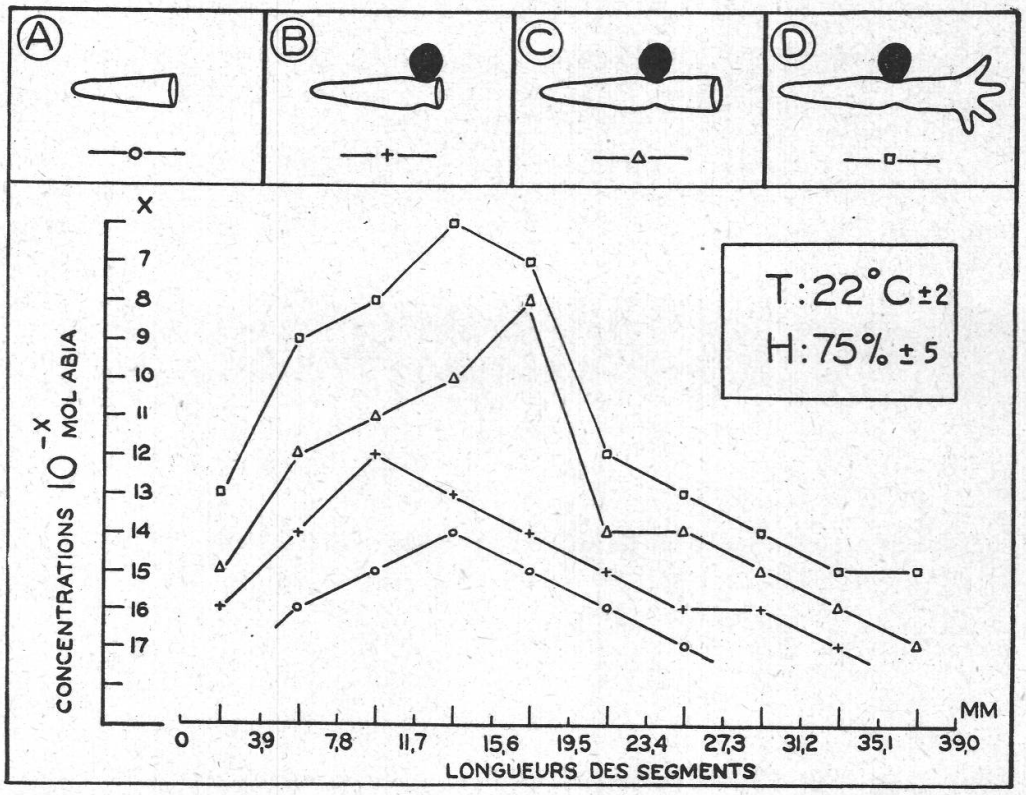

Figure 3
Variation de la circulation latérale. A, B, C, D Divers types d'essais réalisés. T Température, H Degré hygrométrique

Tableau 1

Teneur en auxines des blocs d'agar (puissances négatives de 10 mol ABIA) pour des racines complètes (fig. 3, D) de longueur variable. Les essais se font à 22° C. ± 1

Segments mesurés à partir de la pointe mm.	Longueurs des racines en cm.											
	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0[1]	4,5	5,0	5,5	6,0
2,5	19	19	18	18	17	17	17	17	15	14	13	12
5,0	18	17	16	16	15	14	13	10	9	9	8	7
7,5		18	12	14	12	11	11	10	8	7	6	5
10,0		18	15	11	9	9	8	6	5	4	4	3
12,5			16	15	14	10	9	5	3	3	3	3
15,0			17	17	15	14	12	9	7	6	4	3
17,5				17	15	14	13	10	8	7	5	4
20,0				17	16	15	13	11	9	9	8	6
22,5					16	15	14	11	11	10	8	6
25,0					17	15	14	13	11	10	8	7
27,5						16	14	13	11	11	9	7
30,0						16	15	14	12	11	9	8
32,5							15	14	12	12	9	8
35,0							16	14	13	12	10	9
37,5								15	13	12	10	9
40,0								15	13	13	11	9
42,5									14	13	12	10
45,0									15	13	12	10
47,5										13	13	11
50,0										14	13	11
52,5											13	11
55,0											13	12
57,5												12
60,0												12

[1] Ces résultats correspondent aux valeurs de la fig. 3, D.

L'étude précédente montre trois faits importants:

1° la circulation transversale augmente si la racine est liée aux parties supérieures de la plante;

2° elle croît avec la longueur de la racine;

3° elle passe par une valeur maxima autour du 5e mm. ± 2,5 à partir de la coiffe. (C'est précisément là qu'on doit localiser le méristème.)

IV. Facteurs agissant sur la circulation

a) Historique

Nous allons étudier le rôle de quelques facteurs importants agissant sur le déplacement des auxines. Seule l'étude expérimentale de l'action de la lumière et de la température sera traitée ici. Le rôle de la polarité électrique sera mis en évidence dans une autre publication.

1. *Lumière*

Van Overbeek (32) constate que la circulation des auxines est fortement modifiée par la lumière, Boysen-Jensen (6, 7) montre l'action certaine de la lumière sur la circulation du cytoplasma, donc sur le déplacement latéral des auxines. Bottelier (5) insiste sur le rôle retardateur de la lumière sur le transport des hormones. Laibach (27), Köningsberger et Verkaaik (24), Oppenoorth (31), Stewart et Went (46), Went (52) prouvent l'existence de réactions photochimiques assurant la désintégration et l'inactivation des auxines. Skoog (44) montre que les radiations de Rœntgen n'ont pas d'action sur le transport des auxines. Pilet (39) confirme les essais précédents et montre que la lumière est capable de dévier les hormones de croissance.

Les travaux modernes cherchent plutôt à préciser la nature des transformations chimiques des auxines sous l'action de la lumière et en présence de photorécepteurs dont quelques-uns sont déjà connus.

2. *Température*

La plupart des travaux sur la circulation des auxines n'abordent pas le problème de la température. Toutefois, Van der Weij (47, 48) admet que la température n'a pas d'action sur le transport des hormones, tandis que Pilet (39) montre que la température, en accélérant le courant transpiratoire agit nettement sur la circulation longitudinale des auxines sans entraîner de variations importantes du courant latéral.

3. *Polarité électrique* [1]

Koch (23) songe au potentiel électrique pour expliquer la circulation des auxines, il montre en particulier que ces substances sont attirées par le pôle + d'un bloc d'agar polarisé. Ramshorn (41), Faber (18) et Clark (11, 12, 13) pensent que les différences de potentiel celllulaires ne permettent pas d'expliquer le transport auxinique. Du Buy et Olson (8), Amlong (1) s'opposent à cette conception. Lundegardh (28) met en évidence dans des racines couchées des microcourants qui lui permettent d'interpréter par la thèse de la polarité électrique, le déplacement des hormones de croissance. Ces recherches sont confirmées par Schrank (43).

4. *Pesanteur*

Beyer (3), puis Went (50) prouvent que les auxines sont directement soumises à l'action de la pesanteur et circulent vers la pointe de la racine. Dijkman (17) pense que la gravité trouble la circulation auxinique. Zimmerman et Wilcoxon (56) expliquent qu'une partie du déplacement des auxines est due à l'action de la pesanteur. Cooper (14), à propos des tiges de Citrus pense que les auxines circulant dans le liber sont directement soumises à l'action de la pesanteur. Pilet (34, 36, 37) montre, à propos des étamines d'Hosta, que les auxines qu'elles contiennent sont directement soumises à la gravité. Il vérifie cette règle pour les feuilles de Ramonda (38) et prouve que les hormones circulent dans les nervures. Enfin il est amené à prouver le rôle de la pesanteur dans le transport basifuge pour la racine de Lens (39).

5. *Facteurs chimiques*

Van der Weij (47, 48) montre que l'éther fait cesser tout transport auxinique. Van der Laan (25), puis Michener (30), Crocker, Hitchcock et Zimmerman (15) insistent sur l'action de l'éthylène qui n'agirait pas directement sur le transport des auxines, mais sur leur formation. Pilet (34) prouve que l'éosine ralentit le déplacement des auxines.

---

[1] Une étude plus détaillée paraîtra ailleurs.

6. *Facteurs internes*

Went (49) insiste sur la similitude de la vitesse de cyclose et celle des hormones. Perry (33) confirme ces travaux. Van der Weij (48), montre que la température augmente la cyclose, elle reste pourtant sans action sur le déplacement des auxines. Van der Honert (21) songe à l'énergie superficielle des cellules pour expliquer le déplacement des hormones. Went (51) signale que la vitesse de transport des auxines est bien inférieure à celle du mouvement cellulaire; comme il admet que ces corps se déplacent grâce au cytoplasme, il explique ce ralentissement par leur passage de cellule en cellule. Pilet (39) montre que la cyclose n'est qu'un agent indirect de circulation hormonale, et qu'elle peut expliquer tout au plus le déplacement intracellulaire.

7. *Autres facteurs*

L'action de la pression partielle des gaz, de l'humidité, du *p*H, de la nature chimique du milieu, des conditions atmosphériques, etc., a été étudiée. Il n'y a pas lieu de passer en revue ici les travaux correspondants. On trouvera ailleurs une étude détaillée de ces agents (Pilet, 39).

b) Rôle de la lumière

J'étudierai l'action de la lumière distribuée sur les racines d'une façon symétrique et asymétrique.

1. *Eclairage symétrique*

Des racines traitées comme précédemment (III C) sont exposées pendant cent minutes sur un clinostat (force centrifuge faible, donc pas d'inclinaison) et éclairées par diverses sources. Les résultats sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2

Teneur en auxines des blocs d'agar (puissances négatives de 10 mol ABIA) pour des racines éclairées symétriquement

Longueurs en mm. mesurées à partir de la coiffe	Radiations utilisées (intensité: 400 lux) Distance de la source à la racine: 25 cm.)				
	Obscurité —	Bleues $\lambda = 4600$ Å	Rouges $\lambda = 6700$ Å	Blanches —	Ultra-violettes $\lambda = 3600$ Å
3,9	18	18	18	17	15
7,8	17	17	15	15	13
11,7	9	10	8	7	6
15,6	11	10	9	9	7
19,5	13	12	10	10	9
23,4	13	13	10	11	12
27,3	14	14	13	12	12
31,2	15	15	14	13	13
35,1	15	16	15	14	13
39,0	16	16	16	15	14

On déduit du tableau 2 les remarques suivantes:

1° les radiations bleues et rouges ne modifient pas la circulation latérale;

2° la lumière blanche active cette circulation;
3° la lumière ultra violette l'active encore davantage;
4° les radiations lumineuses sont donc capables de provoquer non seulement une inactivation des hormones (ou une destruction), mais aussi une déviation de celles-ci.

2. *Eclairage asymétrique*

Les racines mesurant 4 cm. ± 0,5 sont coupées longitudinalement (fig. 4, A). Un des deux fragments obtenus est détaché de l'organe (fig. 4, B), tandis qu'on applique sur l'autre une bande d'agar de 1,3 mm. d'épaisseur et de 4 cm. de longueur (fig. 4, C). Une plaque de mica sup-

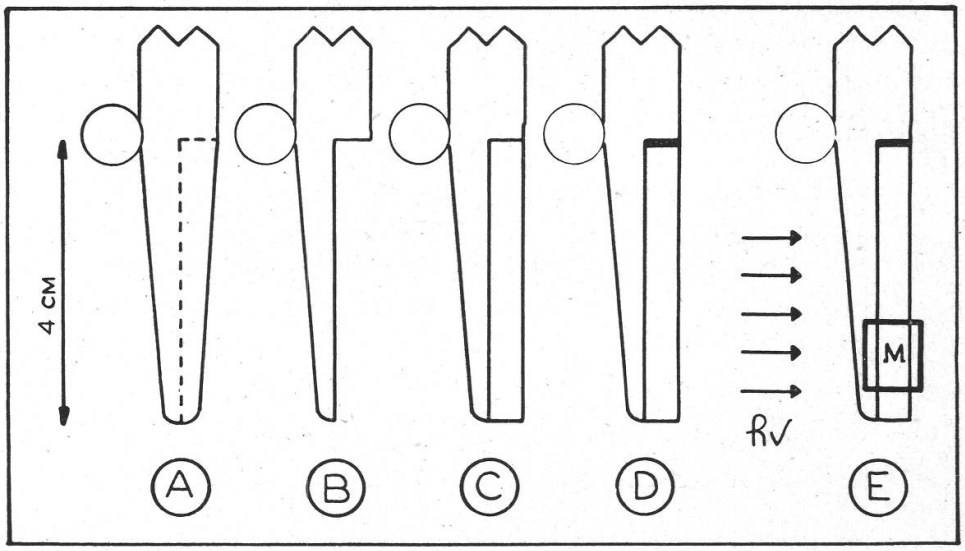

Figure 4
Technique pour étudier le rôle de la lumière asymétrique
A, B, C, D, E Divers types d'essais réalisés. hv Energie lumineuse
M Méristème (région étudiée spécialement)

prime toute diffusion basifuge (fig. 4, D). Le fragment intact de la racine est exposé à diverses radiations (fig. 4, E), mais la plaque d'agar reste dans l'ombre. La durée d'exposition varie de quinze à cent trente-cinq minutes. La bande d'agar est alors débitée en blocs de 1,3 mm. d'arête. Seule la région méristématique (siège de la circulation latérale maxima) sera étudiée.

Les résultats consignés dans la fig. 5 permettent les remarques suivantes:

1° même à l'obscurité, la circulation latérale existe (III), mais elle est évidemment plus faible, puisque nous sommes en présence de la moitié de la racine;
2° l'éclairement entraîne d'abord une augmentation de cette circulation, puis une diminution;

3° de telles variations sont plus marquées pour les radiations ultraviolettes, moins nettes pour la lumière blanche, nulles pour les radiations rouges et bleues;

4° la lumière doit donc agir en activant la circulation latérale (courbe ascendante), puis en provoquant une destruction des hormones (courbe descendante au-delà de soixante minutes d'exposition).

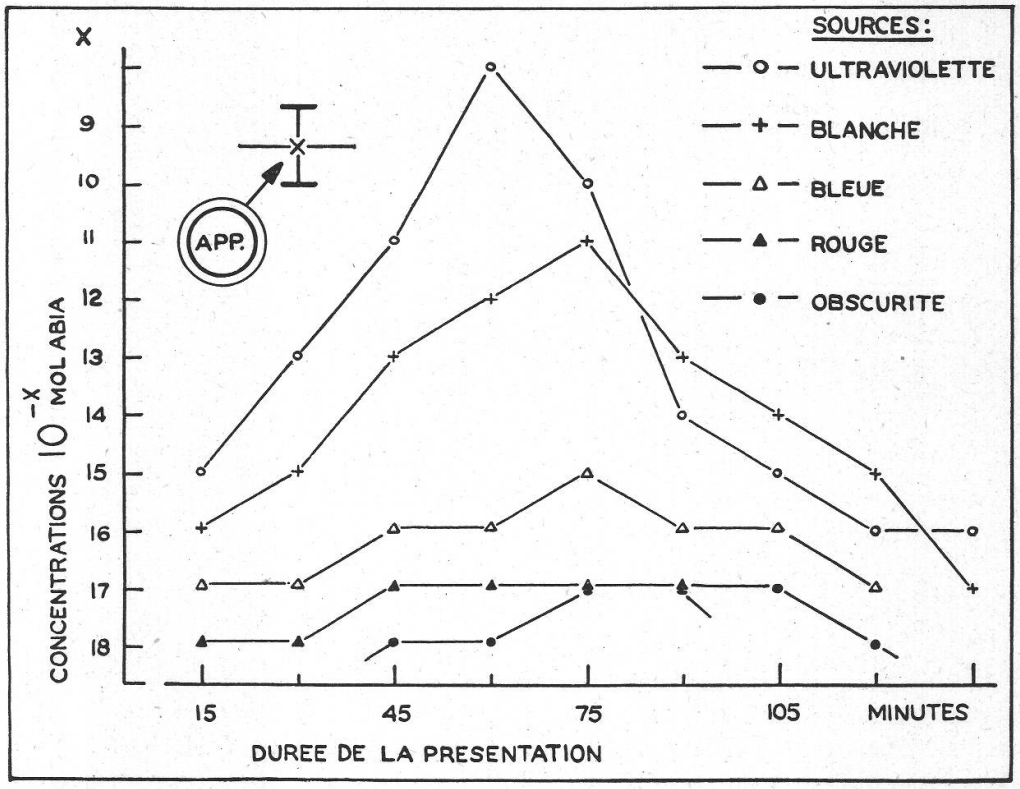

Figure 5
Variation de la circulation latérale sous l'action de la lumière
App. Approximation

c) Rôle de la température

Nous allons examiner l'action de la température sur la circulation longitudinale et latérale, en reprenant les techniques précédentes, pour des racines de 4 cm. $\pm$ 0,5 de longueur. (Voir tableau 3.)

Il faut encore remarquer que les blocs d'agar séjournent en moyenne quarante-cinq minutes sur ou contre les racines. Pour la circulation latérale, seuls les blocs situés à 7,8 mm. de la pointe (méristème) ont été examinés.

Le tableau 3 autorise les remarques suivantes:

1° la circulation longitudinale croît si la température s'élève;

2° cette augmentation du transport axial est plus sensible encore si la racine est liée aux feuilles;

Tableau 3
Teneur en auxines des blocs d'agar (puissances négatives de 10 mol ABIA) pour des racines soumises à différentes températures

Températures en °C.	Circulation longitudinale		Circulation latérale	
	Racine seule	Racine avec feuille	Racine seule	Racine avec feuille
	Fig. 1, B	Fig. 1, C	Fig. 2	
18 ± 2	16	7	15	6
22 ± 2	15	5	14	6
26 ± 2	15	4	14	6
30 ± 3	15	4	14	6
34 ± 3	14	4	13	6
40 ± 4	13	3	13	5

3° il résulte des deux faits précédents que le courant transpiratoire évidemment accéléré assure un déplacement basipète plus important;

4° par contre la circulation latérale demeure plus ou moins constante. Pourtant la cyclose augmente sous l'action de la température, on ne saurait par conséquent attribuer au cytoplasme l'origine du transport auxinique (V).

d) Discussion

La lumière et la température agissent sur le transport des auxines. Mais si les radiations lumineuses provoquent une déviation de ces hormones et par conséquent une augmentation de la circulation latérale, la température, elle, en accélérant le courant transpiratoire, assure une élévation de la vitesse de transport longitudinal, sans agir d'une façon directe sur le déplacement transversal.

V. Origine de la circulation des auxines

Malgré les travaux contradictoires que nous avons passés en revue (IV, A) et à la suite de nos essais, on peut attribuer l'origine de la circulation auxinique à plusieurs facteurs distincts:

1° le plus important est la pesanteur qui assure le déplacement basifuge de ces hormones;

2° puis le courant transpiratoire qui entraîne une plus faible quantité d'auxines vers les parties supérieures;

3° la cyclose qui permettrait d'expliquer la circulation intracellulaire de ces hormones;

4° la polarité électrique enfin, dont l'importance est certaine. On peut ainsi fort bien imaginer que dans la cellule les mouvements cytoplasmiques dirigés par la dissymétrie électrique assureraient

le transport des auxines. N'oublions pas que ces corps sont des acides qui existent à l'état ionisé dans la plante et qui sont par conséquent dissociés de la façon suivante:

$$\underset{\text{Hormone}}{R-COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{Anion}}{R-COO^-} + \underset{\text{Cation}}{H^+}$$

L'hormone peut être l'acide auxentriolique (auxine *a*), l'acide auxenolonique (auxine *b*) ou l'acide *b*-indolylacétique (hétéro-auxine). Pourtant la thèse de la polarité électrique, loin d'être admise par tous les auteurs, devra être reprise systématiquement.

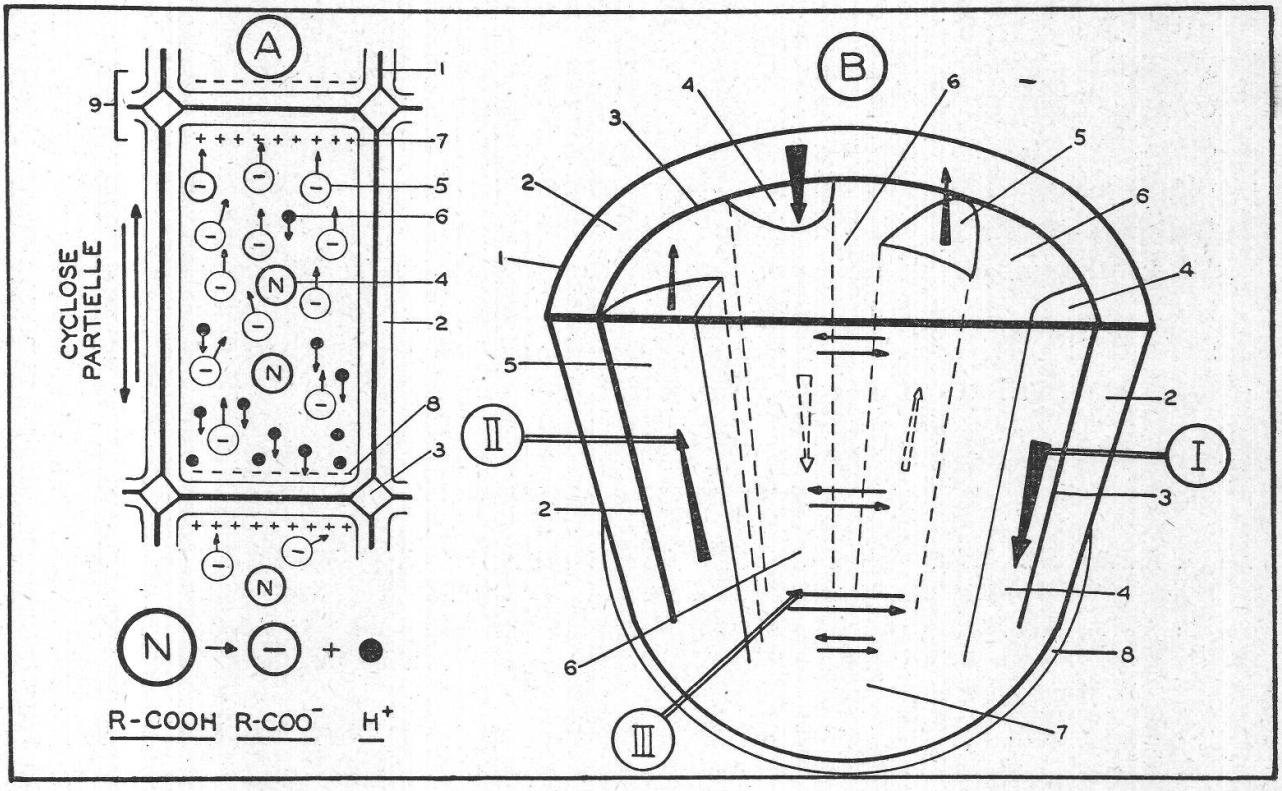

Figure 6
A. Hypothèse basée sur la polarité cellulaire
1. Lamelle pectique. 2. Lignine ou cellulose. 3. Méat. 4. Molécule d'auxine non dissociée. 5. Anion. 6. Cation. 7. Couche positive. 8. Couche négative. 9. Double couche d'Helmoltz
B. Circulation des auxines dans une racine schématique
1. Epiderme et assise pilifère. 2. Parenchyme cortical. 3. Endoderme et péricycle. 4. Liber. 5. Bois. 6. Moelle. 7. Méristème. 8. Coiffe
I. Courant basifuge. II. Courant basipète. III. Courant transversal

VI. Conclusion

J'ai montré que les auxines radiculaires adoptent dans leur circulation 3 voies distinctes. La première et la plus importante est la circulation longitudinale basifuge (collet-pointe), la deuxième, la circula-

tion longitudinale basipète (pointe-collet) et la troisième, la circulation latérale.

A l'échelle cellulaire, on peut expliquer cette circulation en faisant intervenir la polarité électrique et la cyclose. Les éléments actifs des hormones dissociées sont des anions et se dirigent par conséquent vers le pôle positif. La cyclose participe éventuellement, mais dans une faible mesure, à ce déplacement (voir fig. 6, A). La circulation basifuge a lieu dans le liber et les cellules voisines (parenchyme libérien cellulosique ou lignifié), elle est liée à l'action de la pesanteur. La circulation basipète a lieu dans le bois et les cellules voisines (parenchyme ligneux cellulosique ou lignifié), elle est liée au courant transpiratoire. On pourrait songer à un entraînement de ces hormones par la sève ascendante (basipète) et descendante (basifuge) (voir fig. 6, B). Je ne tiens pas compte dans cette hypothèse concernant la circulation des auxines, des éléments inactifs, précurseurs d'auxines, qui doivent adopter dans la plante une circulation identique. Ce transport peut être troublé par des facteurs extérieurs. Un éclairement prolongé augmente le transport latéral, tandis qu'une élévation de température fait croître le transport longitudinal basipète. Expliquer le premier fait me paraît difficile, quant au second, il suffit de songer qu'une élévation de la température entraîne une accélération du courant transpiratoire.

VII. Bibliographie

1. Amlong, H. V. Untersuchungen über Wirkung und Wanderung des Wuchsstoffes in der Wurzel. J. f. wiss. Bot., **88,** 1939.
2. Avery, G. S. Jr. Differential distribution of a phytohormone in the developing leaf of *Nicotiana,* and its relation to polarized growth. Bull. Torr. Bot. Club, **62,** 1935.
3. Beyer, A. Beiträge zum Problem der Reizleitung. Z. f. Bot., **20,** 321, 1928.
4. Borgström, G. The transverse reactions of Plants. Lund. 1939.
5. Bottelier, H. P. Über den Einfluß äußerer Faktoren auf die Protoplasmaströmung in der *Avena*-Koleoptile. Rec. Trav. Bot. néerl., **31,** 474, 1934.
6. Boysen-Jensen, P. Über die durch einseitige Lichtwirkung hervorgerufene transversale Leitung des Wuchsstoffes in der *Avena*-Koleoptile. Planta, **19,** 335, 1933.
7. — Über den Nachweis von Wuchsstoff in Wurzeln. Planta, **19**, 345, 1933.
8. Buy, H. G. du, Olson, R. A. Protoplasmic streaming and dynamic of transport throught living cells. Biodynamica, **2,** 1, 1938.
9. Cholodny, N. Über die Bildung und Leitung des Wuchshormons bei den Wurzeln. Planta, **21,** 517, 1934.
10. Clark, W. C., Sankewitsch, E. C. Influence of weak electric courent supon the growth of the coleoptile. Plant. Physiol., **12,** 385, 1937.
11. — Note on the effect of light on the bioelectric potentials in the *Avena* coleoptile. Proc. Nat. Acad. Sc., **21,** 681, 1935.
12. — Electrical polarity and auxin transport. Plant Physiol., **12,** 409, 1939.
13. — Idem. Plant. Physiol., **13,** 529, 1938.

14. Cooper, W. C. Transport of root-forming in woody cuttings. Plant. Physiol., **11,** 779, 1936.
15. Crocker, W., Hitchcock, A. E., Zimmerman, P. W. Similirities in the effects of ethylene and the plant auxins. Contr. Boyce Thompson Inst. Plant. Res., **7,** 231, 1935.
16. Czaja, A. T. Polarität und Wuchsstoff. Ber. d. Bot. Ges., **53,** 197, 1935.
17. Dijkman, M. J. Wuchsstoff und geotropische Krümmung bei *Lupinus*. Rec. Trav. bot. néerl., **31,** 391, 1934.
18. Faber, E. R. Wuchsstoffversuche an Keimwurzeln. J. wiss. Bot., **83,** 439, 1936.
19. Gorter, C. J. Groeistofproblem bij Wortels. Thèse Utrecht, 1932.
20. Heidt, K. Über das Verhalten von Explantaten der Wurzelspitze in nährstofffreien Kulturen. Arch. f. exp. Zellf., **11,** 693, 1931.
21. Honert, T. H. van den. On the mechanism of transport of organic materials in plants. Proc. K. Akad. Wetensch. Amsterdam, **35,** 1104, 1932.
22. Jacobs, W. P. Auxin-transport in the hypocotyl of *Phaseolus vulgaris*. Amer. J. Bot., **37,** 248, 1950.
23. Koch, K. Untersuchungen über den Quer- und Längstransport des Wuchsstoffes in Pflanzenorganen. Planta, **22,** 190, 1934.
24. Köningsberger, V. J., Verkaaik, B. On phototropic curvatures in *Avena* caused by photochemical inactivation of auxin via its lactone. Rec. Trav. bot. néerl., **35,** 1, 1938.
25. Laan, P. A., Vander. Der Einfluß von Äthylen auf die Wuchsstoffbildung bei *Avena* und *Vicia Faba*. Rec. Trav. bot. néerl., **31,** 690, 1934.
26. Laibach, F., Kornmann, P. Zur Frage des Wuchsstofftransportes in der Haferkoleoptile. Planta, **21,** 396, 1933.
27. Laibach, F., Fischnich, O. Über eine Testmethode zur Prüfung der kallusbildenden Wirkung von Wuchsstoffpasten. Ber. d. Bot. Ges., **53,** 469, 1935.
28. Lundegardh, H. Eine neue geoelektrische Reaktion in Wurzelspitzen. Naturwiss., **30,** 144, 1942.
29. Meites, M. Sensibilité particulière de la zone de différenciation dans les méristèmes radiculaires de *Lupinus albus* et *d'Allium sativum*. C. R. Acad. Sc., **217,** 548, 1943.
30. Michener, H. D. Effects of ethylene on plant growth hormone. Science, **82,** 551, 1935.
31. Oppenoorth, W. F. F. On the role of auxin in phototropism and light growth reactions of *Avena* coleoptiles. Rec. Trav. bot. néerl., **38,** 287, 1941.
32. Overbeek, J. van. Wuchsstoff, Lichtwachstumsreaktion und Phototropismus bei *Raphanus*. Rec. Trav. bot. néerl., **30,** 537, 1933.
33. Perry, J. T. A possible hormone-secreting region in the grass coleoptile. Science, **76,** 215, 1932.
34. Pilet, P. E. Contribution à l'étude du géotropisme des étamines d'*Hosta caerulea Tratt*. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., **64,** 185, 1949.
35. — Etude de l'action de l'a. naphtacétylglycinate de K, sur le développement de *Salvinia natans* L., All. Exper., **V,** 119, 1949.
36. — Le géotropisme des étamines. Act. Soc. helv. Sc. nat. Lausanne, **155,** 1949.
37. — Nouvelle contribution à l'étude du géotropisme des étamines d'*Hosta caerulea* Tratt. Bull. Soc. bot. suisse, **60,** 5, 1950.
38. — Enracinement des feuilles du *Ramonda Myconi* L. à l'aide d'un sel de l'hétéroauxine. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., **64,** 433, 1950.
39. — Contribution à l'étude des hormones de croissance (Auxines) dans la racine de *Lens culinaris Medikus*. Mémoires Soc. vaud. Sc. nat. **64.** Vol. **10,** 137, 1951.

40. Rietsema, J. Action and penetration of growth substances with special reference to *Avena* coleoptile sections. Thèse Utrecht, 1950.
41. Ramshorn, K. Experimentelle Beiträge zur elektrophysiologischen Wachstumstheorie. Planta, **22,** 737, 1934.
42. Ruge, U. Untersuchungen über den Einfluss des Heteroauxins auf das Streckungswachstum des Hypokotyls von *Helianthus annuus*. Z. f. Bot., Bd. **31,** 1, 1937.
43. Schrank, A. R. Experimental control of phototropic bending in the *Avena* coleoptile by application of direct current. J. Cell. Comp. Physiol., **32,** 143, 1948.
44. Skoog, F. The effect of X-irradiation on auxin and plant growth. J. Cell. Comp. Physiol., **7,** 227, 1935.
45. Snow, R. Upward effects of auxin in coleoptiles and stems. New. Phytol., **35,** 292, 1936.
46. Stewart, W. S., Went, F. W. Light stability of auxin in *Avena* coleoptiles. Bot. Gaz., **101,** 706, 1940.
47. Weij, H. G., Van der. Der Mechanismus des Wuchsstofftransportes. Rec. Trav. bot. néerl., **29,** 379, 1932.
48. — Idem. Rec. Trav. bot. néerl., **31,** 810, 1934.
49. Went, F. W. Wuchsstoff und Wachstum. Rec. Trav. bot. néerl., **25,** 1, 1928.
50. — Eine botanische Polaritätstheorie. J. wiss. Bot., **76,** 528, 1932.
51. — Auxin, the plant growth-hormone. Bot. Rev., **1,** 162, 1935.
52. — Growth auxin an tropism in decapited *Avena* coleoptiles. Plant. Physiol., **17,** 236, 1942.
53. — White, R. Experimente on the transport of auxin. Bot. Gaz., **100,** 465, 1939.
54. Witsch, H., von. Untersuchungen über die Umstimmbarkeit plagiotrop und positiv geotrop reagierender Organe durch zusätzlichen Wuchsstoff. Ein Beitrag zur Wuchsstofftheorie pflanzlicher Reizbewegungen. J. f. wiss. Bot., **87,** 1, 1938.
55. Wurgler, W. Observations sur le transport de l'acide 2—4-dichlorophénoxyacétique dans les plantes ligneuses. Rev. hort. suisse, **21,** 239, 1948.
56. Zimmerman, P. W., Wilcoxon, F. Several chemical growth substances which cause initiation of roots and other responses in plants. Contr. Boyce Thompson Inst. Plant. Res., **7,** 209, 1935.