

Zeitschrift: Saussurea : journal de la Société botanique de Genève
Herausgeber: Société botanique de Genève
Band: 7 (1976)

Artikel: Étude de l'apex caulinaire de l'épinard avant et après l'induction florale
Autor: Auderset, Guy / Greppin, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1099271>

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: 16.04.2026

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

Etude de l'apex caulinaire de l'épinard avant et après l'induction florale

GUY AUDERSET & HUBERT GREPPIN

Résumé

AUDERSET, G. & H. GREPPIN (1976). Etude de l'apex caulinaire de l'épinard avant et après l'induction florale. *Saussurea* 7: 73-103.

Une étude histologique et histophysiologique de l'apex caulinaire de *Spinacia oleracea*, var. Nobel, permet de préciser les points suivants:

- *en jours courts* dès le semis, la plante parcourt une phase de croissance végétative caractérisée par une zonation centro-latérale de l'apex. Si la photopériode défavorable à la floraison se poursuit, la zonation apicale disparaît progressivement dès la 4^e semaine (état intermédiaire). Après trois mois, l'apex acquiert une structure florale visible seulement à l'examen histologique;
- *en jours longs ou continus* dès le semis, la phase de croissance végétative est brève et l'apex acquiert rapidement une structure préflorale puis florale (14^e J.L.);
- *le transfert* de plantes végétatives (J.C.) en jours longs permet d'étudier les séquences apicales de l'induction florale. Les méthodes histologiques et histophysiologiques (index mitotiques, autoradiographie) permettent de ramener les premières manifestations d'induction à un délai d'environ 40 heures après le transfert.

Abstract

AUDERSET, G. & H. GREPPIN (1976). Study of the shoot apex of spinach before and after the floral induction. *Saussurea* 7: 73-103. In French.

A histological and histophysiological study of the shoot apex of *Spinacia oleracea*, var. Nobel, allows to state the following points:

- *in short days*, starting with the seedlings, the plant goes through a phase of vegetative growth, characterized by a centro-lateral zonation of the apex. If the flowering-unfavorable photoperiod is maintained, the apical zonation disappears progressively from the fourth week (intermediary state). After three months the apex acquires a floral structure evident only through a histological examination;
- *in long or continuous day*, the vegetative growth phase is brief and the apex acquires quickly a prefloral structure and later a floral one (14th L.D.);
- *the transfer* of vegetative plants (S.D.) in long or continuous days allows to study the apical sequences of the flower induction. The histological and histophysiological methods (mitotic index, autoradiography) allow to set back the first induction symptoms after the transfer by approximately 40 hours.

Introduction

Dans un grand nombre d'études concernant l'induction florale, on se contente souvent d'un relevé statistique des plantes ayant exprimé macroscopiquement leur état induit sous forme de bourgeons ou de fleurs; cette méthode demande généralement un délai assez long après le début réel de l'induction.

Cette approche, dont le résultat est une réponse globale de la plante au traitement inducteur, présente manifestement des lacunes:

- elle ne tient pas compte des relations précises entre la feuille (lieu d'élaboration du "stimulus floral") et le méristème caulinaire (cible du stimulus);
- elle ne permet pas d'évaluer la rapidité éventuelle de la réaction apicale aux conditions favorables à la floraison (évocation florale);
- elle ignore l'état structural du méristème caulinaire des plantes soumises au traitement expérimental, ce qui, à la suite des nombreux travaux des cytologistes (BUVAT, 1952; LANCE-NOUGARÈDE, 1958; NOUGARÈDE, 1965), permet des objections telles que, d'une part, la possibilité d'avoir appliqué un traitement lumineux à des plantes déjà évoquées ou, d'autre part, d'avoir omis de dénombrer des plantes dont l'état induit n'était perceptible qu'à l'examen histologique.

Nous avons, pour notre part, tenté d'aborder le problème de l'induction florale chez l'épinard, tout d'abord par une étude histologique de l'apex caulinaire, de manière à pouvoir disposer de critères précis concernant l'évocation.

Il nous a semblé indispensable, dans un premier temps, de procéder à une étude systématique de l'évolution apicale durant les différentes phases du développement de la plante, dès la germination. Cette étude a été effectuée sous différents régimes lumineux:

- *Jours longs ou continus*: croissance végétative, induction florale, floraison.
- *Jours courts*: croissance végétative.

En outre, dans l'espoir de répondre à la question concernant la rapidité de la réaction apicale au stimulus floral, nous avons adopté un artifice expérimental défini par BERNIER (1964):

après une période de croissance végétative en jours courts (J.C.), les plantes sont transférées en jours continus et des prélèvements fréquents permettent de suivre l'évolution de la structure et du métabolisme de l'apex, dès l'application de la photopériode favorable à la floraison (effet du *transfert*).

Cette étude en microscopie optique a été abordée au moyen de différentes techniques: histologie descriptive, relevés d'index mitotiques et autoradiographie (acides nucléiques).

Parallèlement à ce travail, nous avons effectué une étude systématique en microscopie électronique qui fait l'objet d'une autre publication.

Matériel et méthodes

1. Matériel

Des akènes d'épinard (*Spinacia oleracea*, var. Nobel, plante de jours longs) sont semées en terrines contenant du terreau de composition constante.

Les terrines sont placées dans les cellules du phytotron du Laboratoire de physiologie végétale, dans les conditions suivantes:

- humidité: 80%;
- température: 25°C;
- lumière: tubes Sylvania, type Daylight 40 W, intensité 4500 lux;
- photopériode: a) jours continus: 8 heures d'éclairement/16 heures d'obscurité (J.C.);
b) jours longs: 16 heures d'éclairement/8 heures d'obscurité (J.L.);
ou jour continu.

Après la germination, les plantules au stade de deux cotylédons sont repiquées en pots.

Dans l'étude du transfert, les plantes sont mises en jours continus après 3 à 4 semaines de croissance en jours courts.

2. Techniques

a) Microscopie: prélèvement apicaux

Des prélèvements d'apex sont effectués dans les différents systèmes photopériodiques adoptés.

En jours courts comme en jours longs, la collection des apex est faite de jour en jour, dès la germination durant les différentes phases définies plus haut. Pour chaque stade, il a été prélevé au moins 8 apex, et les séries expérimentales ont été répétées 4 à 6 fois.

Dans les cas de transfert, les prélèvements ont été faits toutes les 6 heures durant les 6 ou 7 jours qui ont suivi le début de la photopériode favorable à l'induction florale. L'étude globale porte sur près de 400 apex.

b) Techniques histologiques

La région apicale prélevée est plongée dans le fixateur formol-alcool-acide acétique (FAA, V/V: 5/90/5); après une légère infiltration sous vide, les pièces sont

laissées dans le fixateur durant 12 heures, puis, après déshydratation à l'alcool et au dioxane, sont incluses dans la paraffine.

Les apex sont ensuite eoupés à 5 microns d'épaisseur au moyen du microtome Minot, puis, après collage en série des coupes obtenues, sont colorés à l'hématoxyline ferrique de Regaud.

Cette méthode a l'avantage de permettre une reconstitution tridimensionnelle de l'apex caulinaire. La coloration, bien que délicate, permet une étude histologique générale convenable, tout en mettant bien en évidence les figures mitotiques.

Pour illustrer les différents stades, il a été fait un grand nombre de microphotographies (caméra et microscope Wild M 20) de même que de nombreux schémas structuraux à la chambre claire (Wild).

Dans l'étude descriptive, nous avons souvent utilisé du matériel provenant des apex fixés et manipulés en vue de l'étude ultrastructurale: les préparations semi-fines, utilisables en microscopie optique, se montrent particulièrement utiles dans l'étude cytologique générale de l'apex (coloration au bleu de toluidine).

c) Index mitotiques

La préparation des coupes sériées provenant de chaque apex permet de repérer sans difficulté la région sagittale de l'apex qui la concerne (épaisseur totale, 15 microns).

Sur des silhouettes apicales destinées à la chambre claire, on porte les figures de divisions cellulaires repérées dans les différentes zones apicales. Ces relevés sont portés dans des tableaux, en pourcentage du nombre moyen des cellules de chaque zone.

d) Autoradiographie

Dans l'espoir de déceler des événements apicaux plus précoces que la mitose, nous avons procédé à une étude autoradiographique après incubation relativement brève (4 heures) en présence de Thymidine tritiée (activité spécifique, 26 C/m M).

La méthode d'incubation est identique à celle de BERNIER & BRONCHART (1963) où la solution (10 microcuries) est appliquée directement sur l'apex.

Après fixation et coupe à 5 microns, les préparations sont recouvertes d'émulsion AR.10 de Kodak et exposées durant 15 jours, avant d'être révélées au D 19.

Les noyaux marqués sont relevés (noyaux en synthèse d'ADN) pour chaque stade du transfert étudié, zone par zone.

e) Culture à l'obscurité

Des akènes d'épinards sont disséquées sous la loupe binoculaire. Après élimination des téguments, les graines sont stérilisées 20 min à l'eau de Javel, puis, après un rinçage consciencieux à l'eau stérilisée, elles sont déposées à la surface d'un milieu nutritif stérile disposé dans des fioles coniques de 200 ml bouchées par du coton, à raison de 2 graines par fiole. Le milieu est celui de GENTCHEFF & GUSTAVSON (1940).

Les fiores sont déposées dans des boîtes hermétiques à la lumière, elles-mêmes placées dans les cellules du phytotron. Après 2 ou 3 semaines, des observations et des prélèvements sont effectués sous lumière verte de faible intensité.

Résultats

1. Histologie

a) Evolution de l'apex en jours continus dès le semis

(schémas I et II, fig. 1 à 9)

Quelques observations pratiquées sur des embryons en fin de maturation permettent de voir que l'apex caulinaire se construit et fonctionne avant le repos séminal: des coupes sagittales, pratiquées dans deux plans perpendiculaires montrent 2 cotylédons bien développés entourant un apex où naissent les primordiums F1 et F2, et où s'édifient les soubassements foliaires F3 et F4.

Phase végétative

La majorité des plantules sortent de terre pendant le 3^e jour suivant le semis: leur croissance est assurée par une élongation importante et rapide de l'axe hypocotylé. Des prélèvements apicaux, pratiqués chaque jour, permettent d'observer le fonctionnement du point végétatif; en voici trois étapes.

a) 5^e jour continu

Seuls les cotylédons sont macroscopiquement visibles: l'apex initie généralement F5 et F6. L'apex présente une structure nette: 2 tuniques précises recouvrent un corpus moins bien délimité; superposée à cette structure générale, on remarque, en tenant compte des dimensions et de l'aspect cellulaire, une zonation centro-latérale (fig. 1).

La zone apicale comprend les cellules des 2 tuniques et du corpus, de dimensions relativement importantes. La vacuome est bien développée, le rapport nucléoplasmique faible. Cette zone, de dimensions restreintes cependant, accuse une différenciation assez prononcée. Celle-ci est particulièrement évidente quand l'apex parcourt sa phase maximale, phase qui succède à la restauration latérale consécutive à une initiation foliaire.

La zone centrale est flanquée, de part et d'autre, de deux zones latérales comprenant les couches tunicales et les régions sous-jacentes du corpus. Les cellules, plus petites que celles de la zone centrale, ont un aspect méristématique prononcé. Elles présentent de fréquentes figures de divisions (flèche).

Les dimensions de la zone latérale varient selon le moment du plastochrone où l'apex est fixé. On distingue aisément trois phases:

Abréviations fréquemment utilisées dans les illustrations.

ZC: zone centrale;
 a.i.: anneau initial (zone latérale);
 m.m.: méristème médullaire;
 J.L.: jour long;
 J.C.: jour court.

Sauf indication "préparation semi-fine" les apex, coupés à 5 μ , sont colorés à l'hématoxyline de Regaud.

Echelle: 50 μ .

Figures 1 à 4: évolution en jour long, de la germination à la phase préflorale.

Fig. 1. – Apex de 5 J.L., peu après la sortie de terre. Les deux secteurs latéraux de l'a.i. sont particulièrement bien définis.

Fig. 2. – Apex de 7 J.L., aire maximale. Les mitoses sont surtout localisées dans les flancs (flèches).

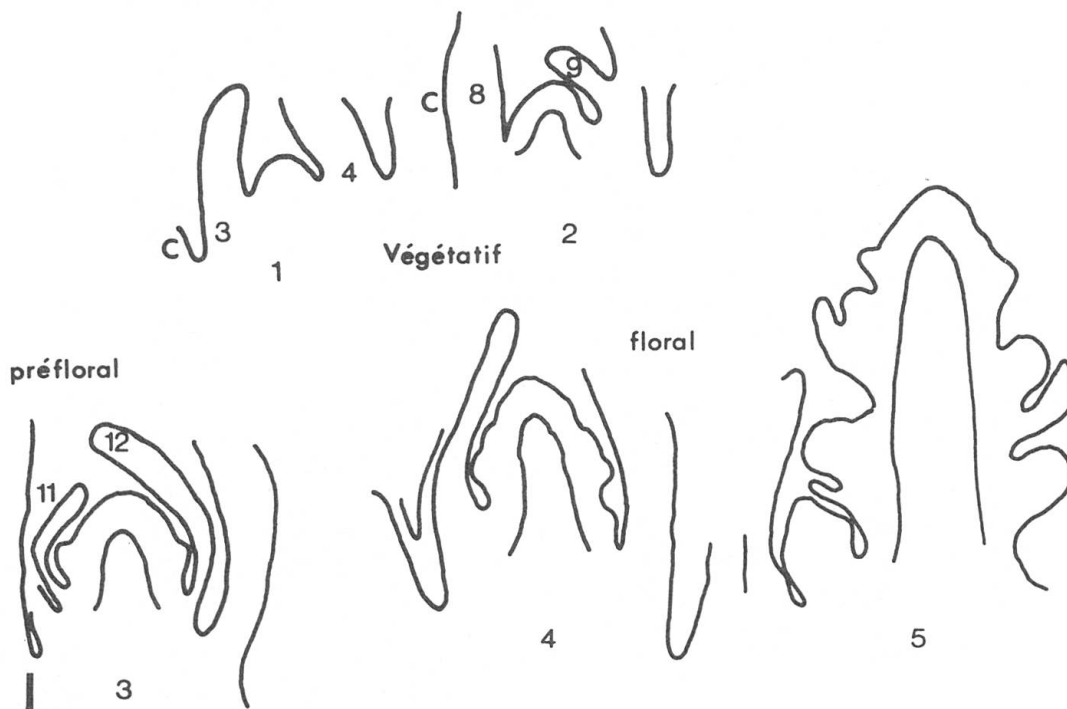
Fig. 3. – Apex de 10 J.L.: les mitoses fréquentes dans la zone centrale marquent l'activation de celle-ci et le passage à la phase préflorale. Les dimensions de l'apex augmentent sensiblement.

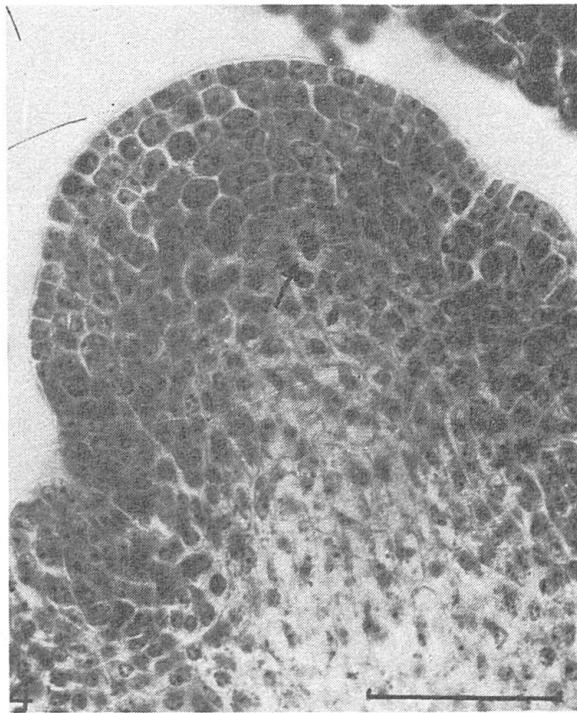
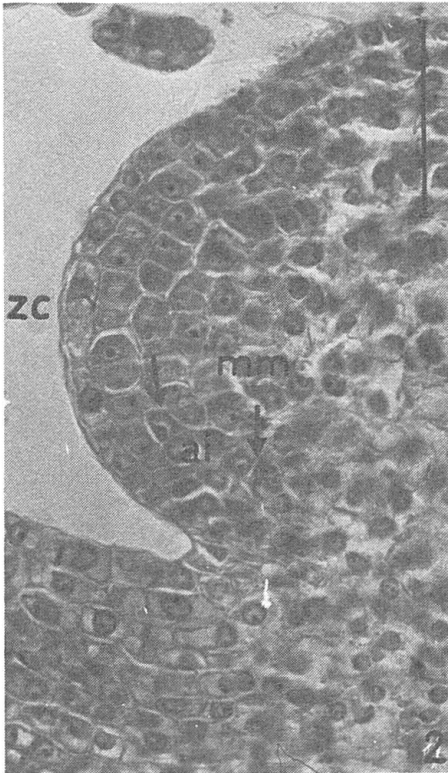
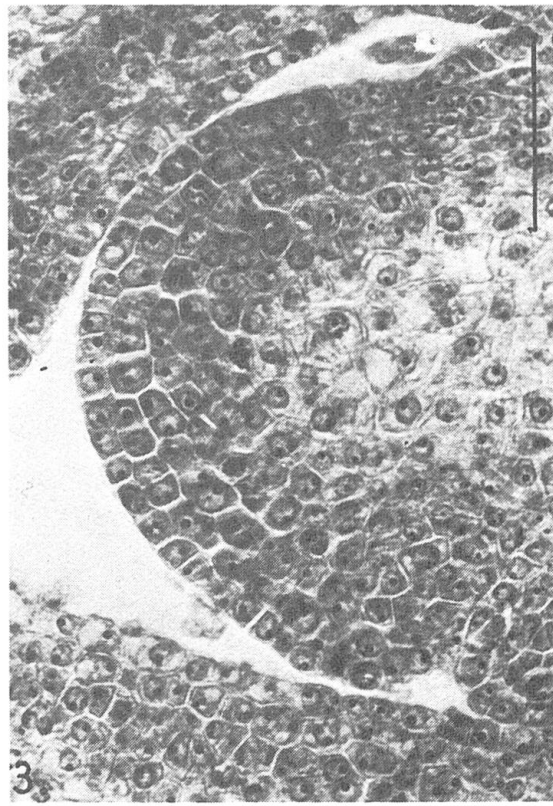
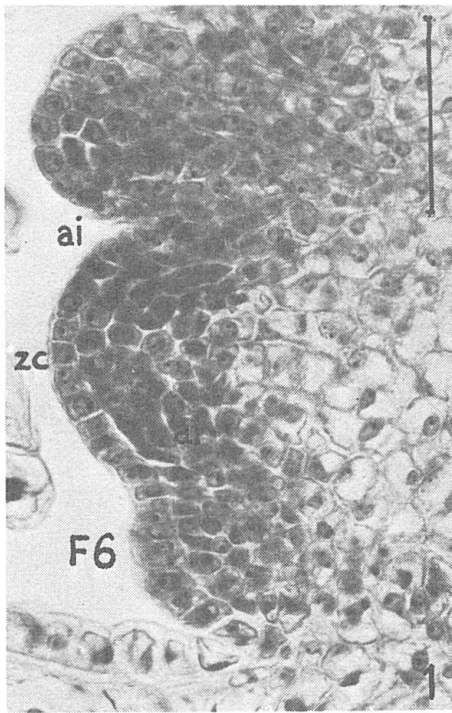
Fig. 4. – Apex de 13 J.L., phase préflorale. Activité mitotique uniforme dans tout l'apex. Différenciation du méristème médullaire (flèche).

Schéma I – Les différents diagrammes illustrent l'évolution apicale en J.L., du semis au 18^e jour.

[N.B.: les figures 1, 2 et 3 ont été, pour des raisons techniques de mise en page, tournées de 90° vers la gauche.]

EVOLUTION EN JOUR CONTINU





Figures 5 à 9: phase florale (J.L.).

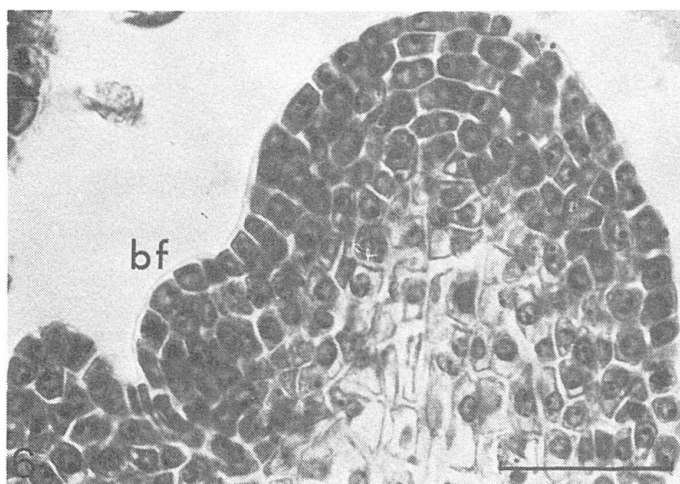
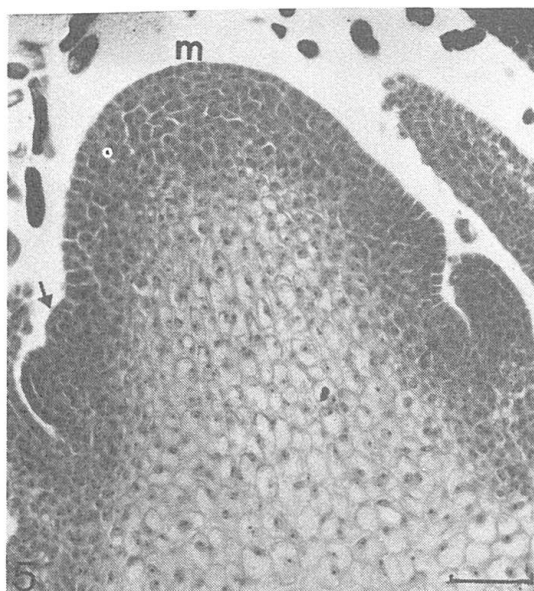
Fig. 5. — Apex de 15 J.L. Structure préflorale: l'activation du méristème médullaire et l'établissement du manchon méristématique (m) d'origine centrale confèrent à l'apex une structure en dôme et des dimensions importantes. Sur cet apex, on peut voir l'apparition de deux premiers bourgeons floraux (flèches).

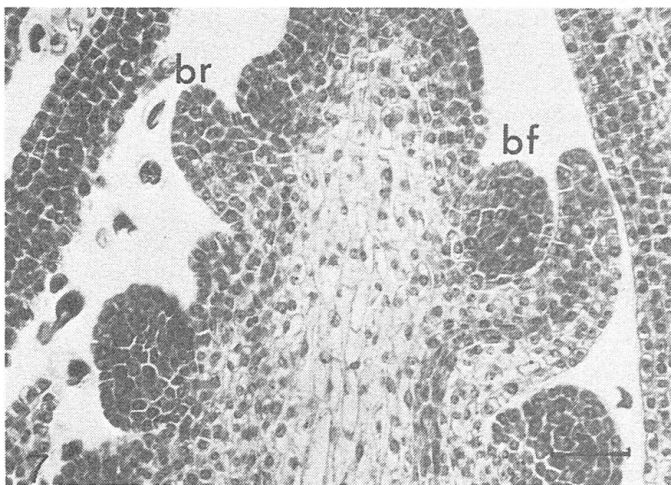
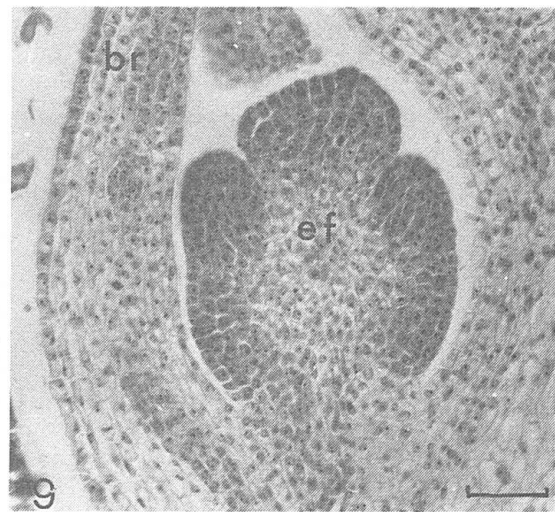
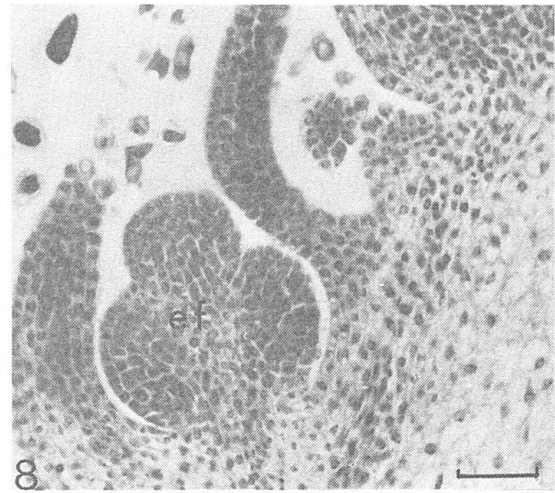
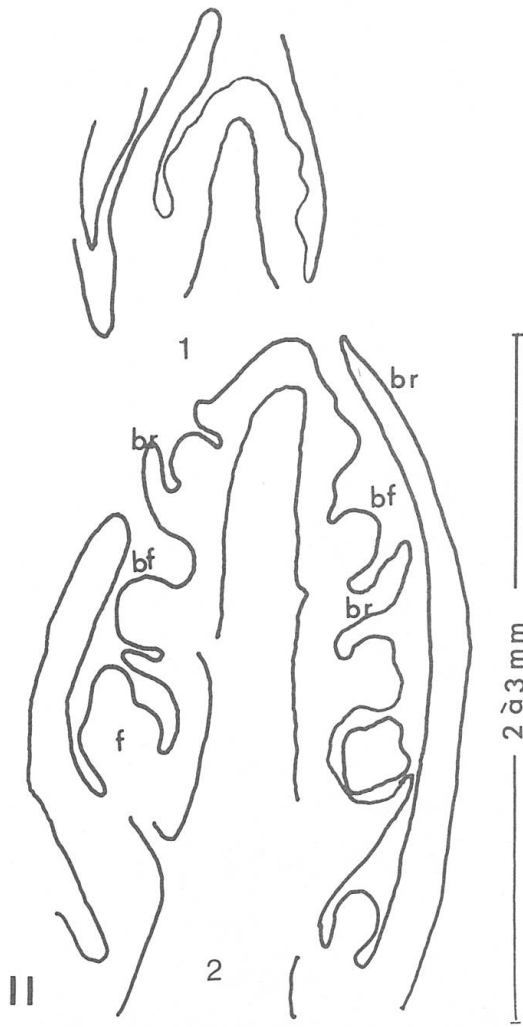
Fig. 6. — Apex de 18 J.L. Vue détaillée de l'apex proprement dit, initiant un bourgeon floral encore indifférencié (b.f.). La forte activité mitotique et la montaison primaire qui en résulte réduisent les dimensions de l'apex.

Fig. 7. — Même apex que celui de la figure 6. Vue topographique illustrant le stade "chou"; les ensembles bractéo-floraux les plus proches de l'apex sont encore indifférenciés (br: bractées; bf: bourgeons floraux).

Fig. 8 et 9. — Apex de 20 J.L. Ebauches florales mâles (ef) situées à la base du chou apical.

Schéma II — Diagramme 1: silhouette apicale illustrant la fin de la phase préflorale (env. 15 J.L.). Diagramme 2: silhouette du "chou" apical résultant d'une part de la montaison primaire et, d'autre part de la différenciation des ensembles bractéo-floraux (env. 20 J.L.).





1. Une phase d'initiation foliaire (plante à feuilles alternées): seul un secteur de l'anneau initial est concerné par l'érection d'un primordium foliaire.
2. Une phase de restauration: le secteur de l'anneau initial, entamé par la surrection foliaire, montre une activité mitotique importante: il se régénère à partir de cellules restantes.

La croissance est réalisée par mitoses périclines (corpus) et anticlines (tuniques), assurant ainsi le soubassement de la future feuille. Généralement, cette phase se déroule dans le secteur opposé à celui de l'initiation foliaire.

3. Une phase de repos: l'activité mitotique faiblit dans le secteur régénéré de l'anneau initial. Cette phase précède une nouvelle initiation foliaire.

On conçoit donc que l'aspect du méristème caulinaire est fort variable selon:

- a) le moment où il est fixé;
- b) le plan de coupe.

Concernant le second point, il arrive fréquemment que la coupe passe par un plan comprenant un secteur de l'anneau initial en repos relatif et un autre secteur, en fin de régénération, on décrit alors l'apex comme parcourant une phase *maximale*. De même, si la coupe sagittale passe dans le plan d'initiation de deux feuilles alternes, les dimensions générales de l'apex sont fortement réduites par l'édification foliaire; l'aire est dite *minimale*. Le méristème médullaire est peu développé à ce stade; situé directement à la base du corpus, il montre des cellules semi-différenciées, peu actives (ces différents aspects seront illustrés au paragraphe décrivant la phase végétative en J.C.).

Quant à l'aspect des *nucléoles*, critère souvent rencontré dans la littérature (NOUGARÈDE, 1965), il nous est impossible d'établir une différence de taille de ces organelles, d'une zone à l'autre. On remarque cependant une augmentation générale de leurs dimensions entre le 5^e jour continu et le début de l'étape pré-florale.

b) 7^e jour continu (fig. 2)

La majorité des apex initient F7 et F8, alors que macroscopiquement F1 et F2 mesurent entre 0.3 et 0.5 cm. Les dimensions de l'apex augmentent rapidement: il affecte une forme en dôme plus accusée qu'au stade précédent (dimensions max.: 80 microns de hauteur, 120 microns à la base). La zonation centro-latérale est moins évidente à ce stade; lors de la phase de restauration latérale, des mitoses peuvent figurer dans la zone centrale.

Histologiquement, la différenciation de la zone centrale se manifeste encore au niveau de quelques cellules de taille plus importante. Le méristème médullaire, mieux visible, commence à différencier des cellules vers le bas, provoquant en partie l'accentuation du dôme apical.

c) 10^e jour continu (fig. 3)

Dans la majorité des apex, on ne distingue plus de zonation centro-latérale (F11 et F12 sont initiées). La forme en dôme est très accentuée. L'uniformisation est totale: l'aspect général est très méristémqtique. La zone centrale montre de nom-

breuses cellules en division. Le méristème médullaire, de plus en plus actif, différencie des rangées cellulaires importantes.

Le 10^e jour continu marque une orientation nouvelle:

- a) la zone centrale entre en activité mitotique intense;
- b) le dôme méristématique se soulève considérablement;
- c) la structure histologique mise en place progressivement correspondra au début de la formation du "manchon méristématique" des auteurs français.

Cette étape, correspondant en fait qu au début de la phase dite *préflorale*, ne se distingue pas au niveau macroscopique; à l'œil nu, on peut voir F3 et F4, dont les dimensions atteignent 1/2 cm. Parfois F5 et F6 sont discernables. Ce stade histologique correspond au début de la formation du "chou" (AUDERSET, 1974) que l'on commencera à voir, au niveau macroscopique, 5 ou 6 jours plus tard (schéma II).

Phase préflorale (fig. 4 et 5)

Cette phase, qui dure 2 à 3 jours, marque le passage du type de fonctionnement végétatif, essentiellement latéral, à un type de fonctionnement marqué par une activité générale de l'apex; si les organes bractéofloraux, qui seront différenciés durant la phase florale, ont bien une origine latérale, *tout* l'apex participe à la mise en place des tissus floraux (type *Beta*, PLANTEFOL, 1957).

La phase préflorale peut se caractériser ainsi:

- mise en place d'un abondant matériel cellulaire par activité prolifératrice d'origine centro-apicale, accentuant naturellement les dimensions apicales: le dôme se soulève de plus en plus, tant par l'augmentation de sa population cellulaire que par la poussée sous-jacente du méristème médullaire très actif. On assiste, sur le plan histologique, à un début de montaison qui caractérisera plus tard la phase florale finale.

Il s'agit là d'une phase de croissance, quantitative plus que qualitative; la différenciation foliaire cesse, pour laisser place à une organogénèse rudimentaire; quelques bourgeons des futures bractées sont initiés. La fin de cette phase est marquée par l'apparition de bourgeons floraux, encore indifférenciés, à l'aisselle des dernières bractées (fig. 5).

Phase florale (organogénèse florale)

La première étape de cette phase se déroule à partir du 14^e jour: elle est caractérisée par l'apparition de nombreux bourgeons floraux encore indifférenciés et, conjointement, par une montaison de l'ordre de 2 à 3 mm de tout l'apex; macroscopiquement, le stade "chou" est atteint.

Les dimensions du dôme apical proprement dit sont réduites: la formation d'une vingtaine d'ensembles bractéo-floraux l'a fortement diminué (fig. 7). Les premiers bourgeons formés lors de la fin de la phase préflorale, sont situés au niveau inférieur du "chou histologique". Ils ont également l'aspect le plus différencié (fig. 8 et 9).

Figures 10 à 15: évolution apicale en jours courts.

Fig. 10. – Apex d'une plante de 5 J.C. L'activité mitotique au niveau de l'a.i. est importante.

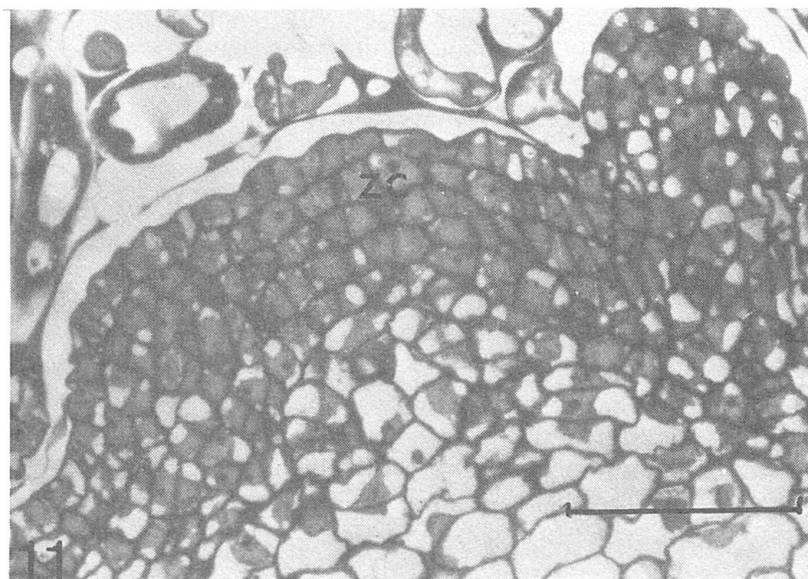
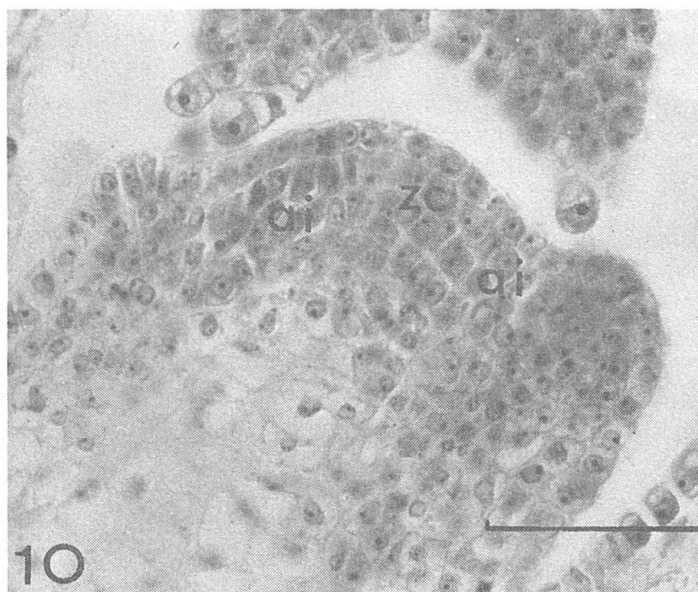
Fig. 11. – Apex de 15 J.C.: la zonation centro-latérale est encore nette (préparation semi-fine).

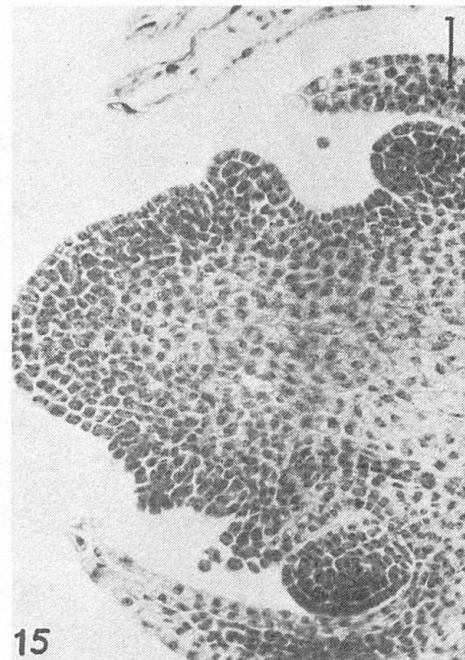
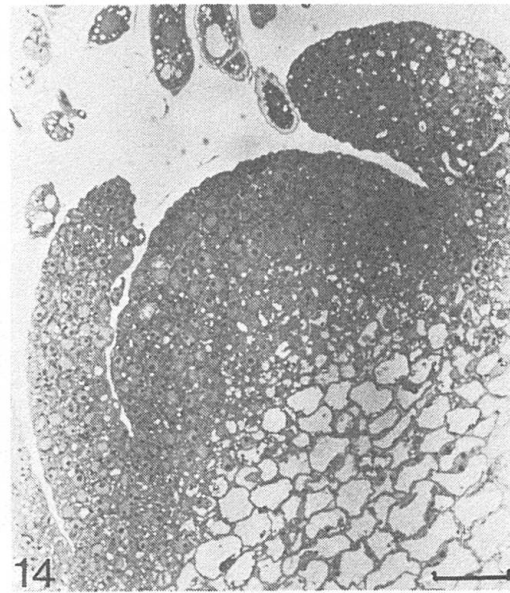
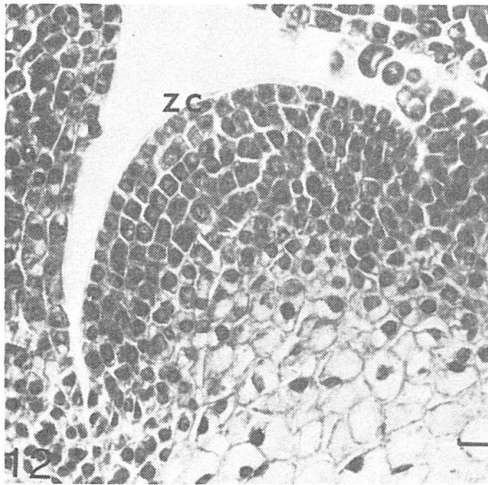
Fig. 12. – Apex de 24 J.C.: la zonation centro-latérale devient plus difficile à établir.

Fig. 13. – Apex de 30 J.C. (aire maximale). *Etat intermédiaire*: la zonation apicale a disparu. L'apex prépare sur son flanc droit une initiation foliaire.

Fig. 14. – Apex de 35 J.C. (préparation semi-fine). *Etat intermédiaire*: aspect uniforme du dôme apical.

Fig. 15. – *Floraison en J.C.*: apex de 93 J.C.: l'état induit ("chou apical" rudimentaire) est manifeste.

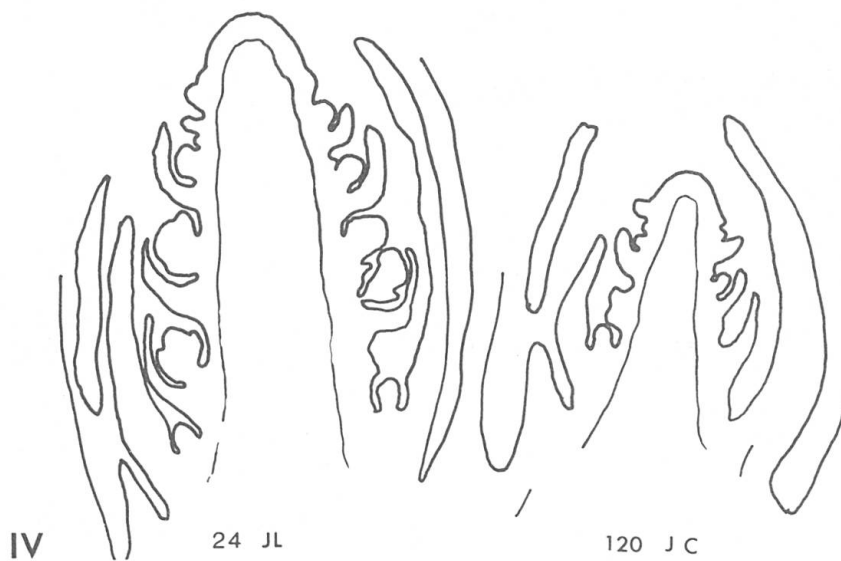
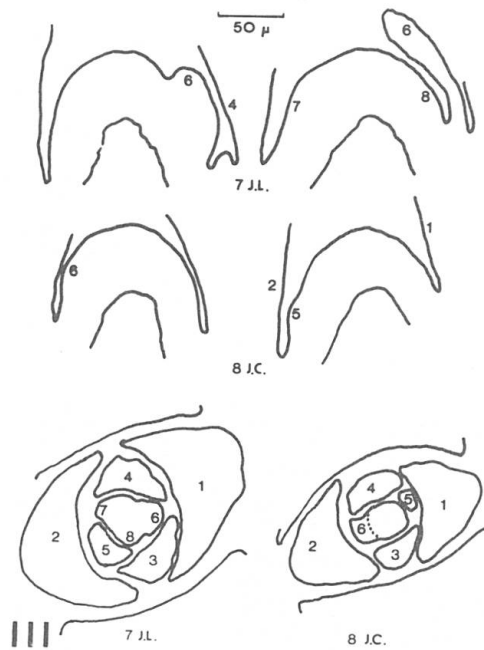




[N.B.: la figure 15 a été, pour des raisons techniques de mise en page, tournée de 90° vers la gauche.]

Schéma III – Phase végétative: comparaison entre plantes de 7 J.L. et plantes de 8 J.C. (coupes sagittales et coupes transversales): les chiffres indiquent le rang des initiums foliaires formés. A 8 J.C., les plantes préparent l'initiation de la 6^e feuille, alors qu'à 7 J.L. elles initient F8.

Schéma IV – Comparaison des "choux" floraux de J.L. (24^e J.L.) et de J.C. (120^e J.C.). Les structures, bien que de dimensions fort différentes, sont comparables.



Les derniers bourgeons initiés, situés à proximité immédiate du dôme apical, montrent les modalités de leur histogénèse; des mitoses périclinales profondes (1^{re} et 2^e assise du corpus) soulèvent de petits bourgeons, à la surface desquels les tuniques croissent par mitoses anticlines (fig. 6).

A mesure que l'apex continue son ascension (montaison primaire, stade "chou") les bourgeons se différencient en pièces florales, dont l'histogénèse est parfaitement superposable à celle démontrée par LANCE & RONDET (1958) pour *Beta vulgaris*. L'organogénèse ne retiendra pas plus longtemps notre attention, si ce n'est pour noter que les plantes les plus précoces quant à l'évocation florale au niveau histologique, sont toujours des plantes mâles. Le déroulement du stade histologique que nous qualifions ici de montaison *primaire*, et qui correspond à l'édification du stade "chou" visible au niveau macroscopique, nécessite 5 à 7 jours. Ce stade correspond à la mise en place et à la différenciation déjà avancée (mâles) de la majorité des pièces bractéo-florales qui jalonnent l'axe caulinaire édifié lors de la montaison véritable, étape que nous qualifierons de montaison secondaire. L'édification de la tige florifère débute par la montaison proprement dite après le 21^e jour continu. Notons encore que, d'une manière identique à ce qui se déroule lors de l'histogénèse du "chou apical", les plantes les plus précoces, tant par leur vitesse de montaison que par l'expression macroscopique des premières fleurs (30 jours environ), sont encore les plantes mâles.

b) Evolution en jours courts de 8 heures dès le semis

(fig. 10 à 15)

Phase végétative

Cette phase de développement végétatif est comparable à celle qui se déroule en jour continu. Elle en diffère cependant sur quelques points:

- la zonation centro-latérale est plus évidente et persiste d'une manière nette jusqu'aux environs du 15^e jour, pour s'estomper progressivement par la suite (fig. 12 et 13);
- la vitesse d'initiation foliaire est ralentie, en comparaison avec les plantes de jour continu (schéma III).

Pendant la première partie de cette phase végétative, le méristème médullaire est tout de suite mieux différencié et plus fonctionnel qu'en jour continu. Les plantes placées en jours courts accusent, dès les premiers stades, une légère montaison apicale; le premier entre-nœud est rapidement de l'ordre du millimètre.

Entre le 15^e et le 30^e jour court, l'apex développe une structure nouvelle:

- ses dimensions s'accroissent par augmentation de la population cellulaire totale. On assiste, d'autre part, à une disparition progressive, mais évidente, de la zone centrale, formée jusque-là de grandes cellules; la dédifférenciation de la zone centrale est marquée en particulier par l'augmentation de la taille des nucléoles de cette zone. La tendance à l'uniformisation apicale, débutant vers le 15^e jour, s'accroît pendant les 10 jours qui suivent. Cette structure nouvelle est liée à l'apparition du 10^e et du 11^e primordium foliaire (fig. 13).

Etat intermédiaire

Cet état a été défini chez de nombreuses plantes par l'Ecole française (voir en particulier NOUGARÈDE, 1965). Cette phase est caractérisée par la continuation d'un fonctionnement végétatif au niveau latéral (phyllogénèse) et par une activation progressive du méristème d'attente: dédifférenciation et activation mitotique. Ces deux tendances ont pour résultat, à plus ou moins brèves échéances, la disparition de la zonation centro-latérale qui caractérisait le fonctionnement apical durant la phase de croissance végétative. En conditions photopériodiques défavorables, cet état se perpétue indéfiniment, du moins pour les plantes ayant des exigences strictes.

Nous constatons, chez l'épinard, que cet aspect structural intermédiaire est celui que l'on observe dès la 4^e semaine de J.C. L'absence de zonation apicale est conforme aux données de la littérature: elle résulte d'une activation centrale progressive, voisinant encore avec un fonctionnement latéral de type végétatif (fig. 13). L'état intermédiaire tel qu'il est défini ici ne se perpétue pas chez l'épinard; si cette structure se retrouve chez la majorité des plantes entre la 4^e et la 6^e semaine de J.C., des prélèvements ultérieurs montrent une tendance à l'évolution florale, en conditions défavorables à l'expression florale.

Evolution prolongée en J.C. (fig. 15)

Des prélèvements effectués après 7 et 8 semaines de J.C. montrent qu'environ 70% des apex ont une structure comparable à celle des apex de phase préflorale étudiés en jour continu. Ils sont donc induits. 20% des plantes ont des bourgeons floraux rudimentaires et 10% conservent un aspect intermédiaire classique. Après 3 à 4 mois de J.C., environ 70% des apex étudiés présentent une structure florale comprise entre l'apparition des premiers bourgeons floraux et celle du stade "chou histologique". Il y a toutefois de notables différences entre cet état floral obtenu après 3 ou 4 mois de J.C. et celui enregistré après 3 à 4 semaines de jours continus. Au niveau macroscopique, comme nous l'avons vu, on n'observe jamais d'expression florale complète en J.C. (6 à 7 mois). La floraison en J.C. reste bloquée au stade "chou", avec uniquement la montaison primaire définie plus haut. Les apex montrent des différences histologiques importantes avec ceux de jours continus; il est rare de distinguer une différenciation sexuelle, même aux étages bractéo-floraux les plus âgés. Dans les quelques cas de différenciation sexuelle observés, seul le sexe mâle est enregistré (étamines différenciées). Les bourgeons floraux sont plus petits et moins bien structurés que ceux de J.L. Les dimensions de l'apex proprement dit, et celles du stade chou, sont plus petites en J.C. qu'en J.L. Les "choux floraux" en jours courts montrent fréquemment, à l'aisselle des bractées les plus âgées, des méristèmes axillaires ou axes caulinaires secondaires. Cette tendance, du reste, se remarque fréquemment dès la 6^e semaine de J.C. Le schéma IV illustre les analogies et différences entre la floraison observée en J.C. et en J.L.

c) Evolution à l'obscurité (milieu saccharosé)

(fig. 21 à 23)

L'étude histologique de tels apex a été menée à deux stades de culture soit, 14 et 21 jours. Sur les 12 apex observés, après 14 jours de culture, 9 montrent

une structure intermédiaire où la zonation centro-latérale est pratiquement effacée, alors que 3 apex présentent une structure préflorale ou même florale. Parmi les échantillons âgés de 21 jours, nous avons choisi une série d'apex provenant de plantes fleuries (5 apex) et une série d'apex provenant de plantes fortement étiolées non fleuries (4 apex).

Les plantes en fleurs ont une structure apicale typique de cet état bien que l'apex soit de dimensions nettement plus petites que ceux des plantes normalement éclairées (fig. 21). Le nombre des bourgeons floraux est moins élevé que chez les plantes témoins et les seules différenciations observées sont celles d'étamines normales ou rudimentaires (fig. 23).

Les plantes fortement étiolées ont des apex non floraux, d'aspect uniforme, de dimensions plus faibles que chez les témoins. On peut manifestement les qualifier "d'intermédiaires", mais l'initiation foliaire latérale paraît inexistante à ce stade (fig. 22).

d) Etude de l'effet de transfert

(schéma V, fig. 16 à 18)

De nombreux effets de transfert ont été étudiés sur des lots de plantes d'âge végétatif variable, allant de 3 à 7 semaines (J.C.). De l'ensemble des expériences, il ressort que:

- les plantes âgées de 2 semaines (J.C.), ayant des apex en début de phase intermédiaire, donnent une réponse tardive (apparition des premiers primordiums floraux après 7 à 8 jours) et hétérogène: environ la moitié des plantes sont histologiquement fleuries, l'autre moitié ne manifeste aucun remaniement apical après la même période de transfert;
- les plantes dont l'âge végétatif se situe entre 3 et 5 semaines de J.C. (apex intermédiaires) donnent une réponse rapide et homogène. Moins de 10% des apex ne montrent pas de structures préflorales ou florales, après cinq jours continus;
- les plantes dont l'âge végétatif se situe entre 6 et 7 semaines, donnent une réponse encore plus rapide (de l'ordre de 5 à 7 jours) et hétérogène: certaines plantes, environ 1/3, sont très "avancées dans la floraison", alors que les deux autres tiers présentent une activation florale plus tardive.

Les renseignements obtenus lors de l'étude histologique de l'évolution en J.C., nous ont fait abandonner des tentatives de transfert sur des plantes de plus de 8 semaines de J.C. (la plupart étant déjà induites). L'étude histologique développée ici est celle que nous avons pratiquée sur des plantes ayant reçu 1 mois de J.C., âge que nous pensons être le plus favorable à cette étude et que nous qualifions de "maturité végétative" (apex intermédiaire).

Des prélèvements effectués toutes les quatre heures après le transfert en jours continus, ne montrent pas de remaniements décelables par une telle étude histologique, avant le troisième jour qui suit le transfert. Après ce délai on constate une activation progressive de la zone centrale dont les figures de divisions sont de plus en plus nombreuses (fig. 16).

L'organogénèse foliaire, qui était déjà ralentie depuis le début de la phase intermédiaire, cesse. Durant les 48 heures suivantes (4^e et 5^e jour continu), l'apex augmente considérablement ses dimensions (la base passe de 115 microns à 195;

Schéma V – Effet de transfert de J.C. en jour continu.

Diagramme et répartition des mitoses chez les plantes transférées (b, c) et chez les plantes restées en J.C. (a).

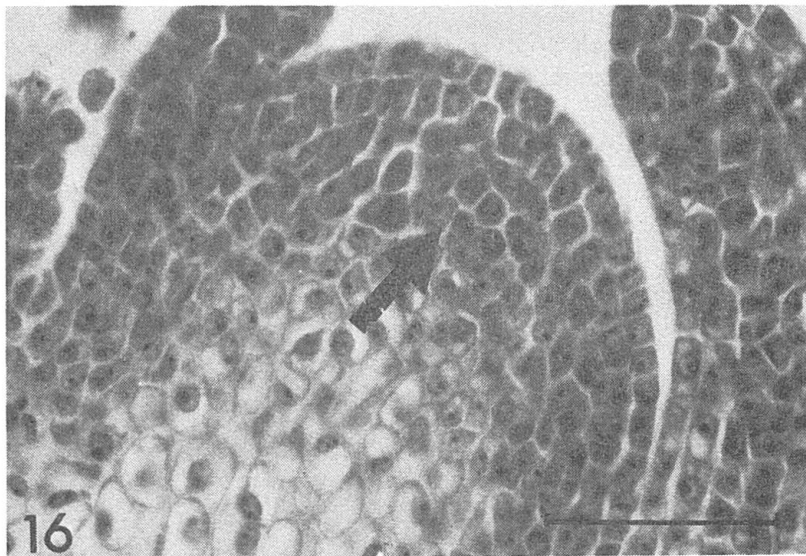
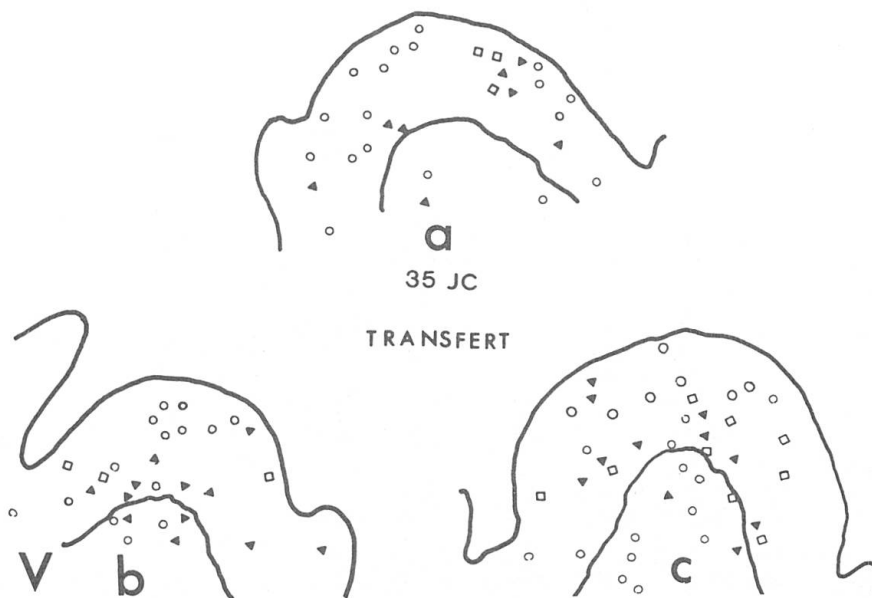
(○: prophases; □: métaphases; ▲: anaphases, télophases).

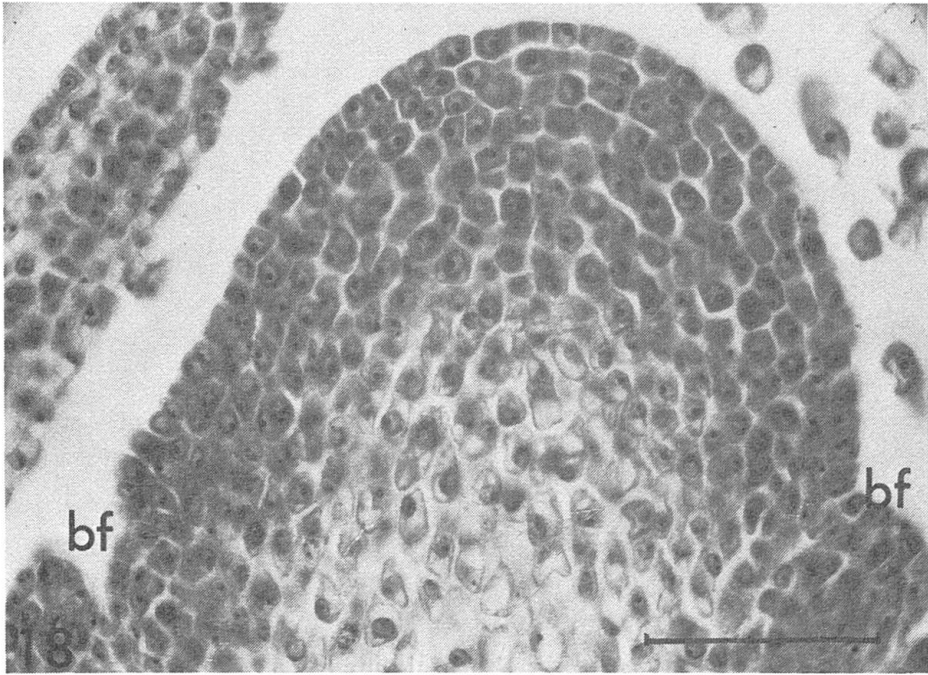
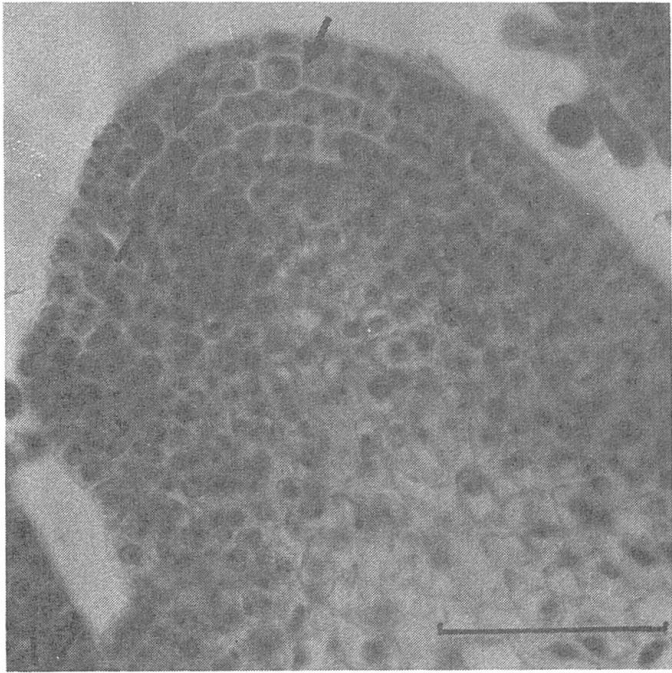
Figures 16 à 18: effet cytologique du transfert en jour continu.

Fig. 16. – Apex, 72 heures après transfert: activation mitotique de la zone centrale (flèche).

Fig. 17. – Apex, 120 heures après transfert: établissement du manchon méristématique préflora d'origine centrale.

Fig. 18. – Apex, 7 jours après transfert: fin de la phase préflorale, apparition des premiers bourgeons floraux (bf).



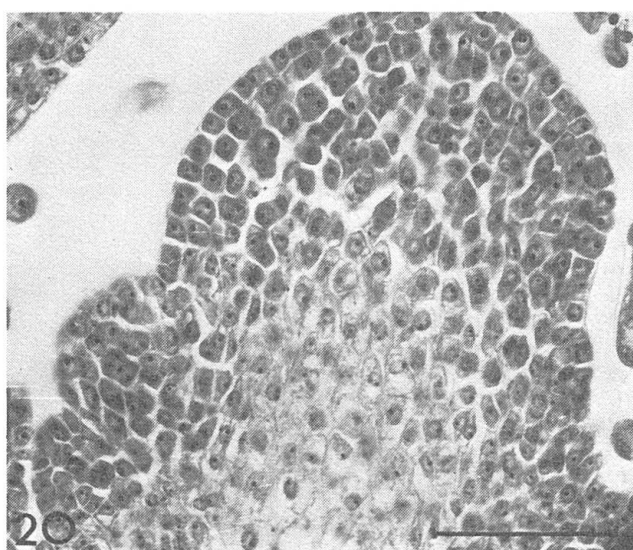
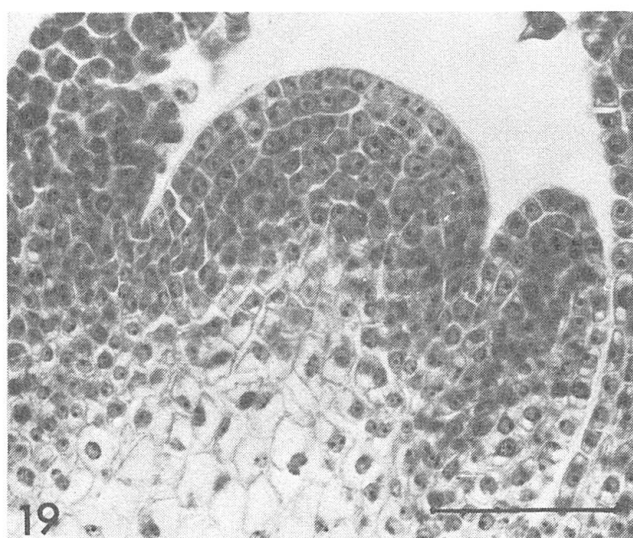
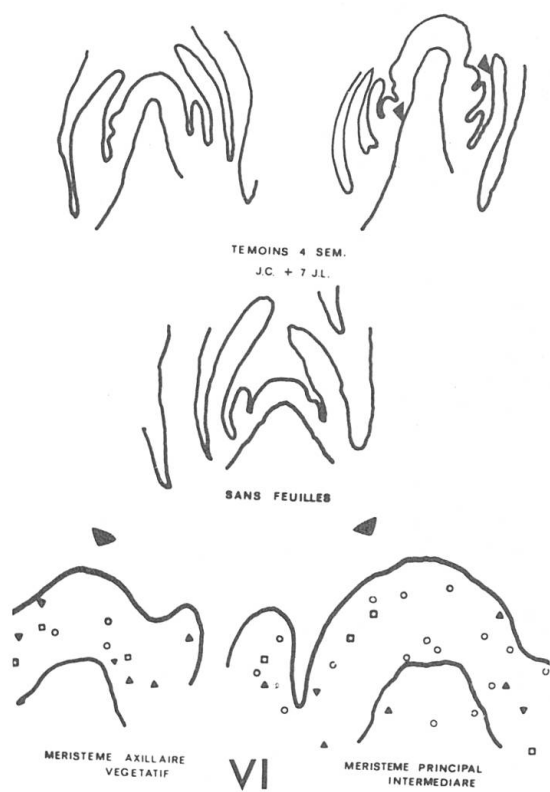


Figures 19 et 20: transfert en jour continu après ablation des feuilles.

Fig. 19. — Apex de la plante mutilée, 7 jours après transfert en jour continu. L'apex ne montre aucune activation de la zone centrale.

Fig. 20. — Apex de plante témoin transférée en jour continu, sans mutilation: l'état préfloral est évident.

Schéma VI — Résumé des observations concernant le transfert avec ou sans feuille.



la hauteur de 65 microns à 90). Il acquiert une forme en dôme caractéristique, due à l'augmentation de sa population cellulaire d'une part et, d'autre part, à la poussée sous-jacente du méristème médullaire d'abord fortement activé à ce stade, puis en différenciation rapide (fig. 17). Les mitoses sont, dès le 5^e jour, uniformément répandues dans tout l'apex devenu pré-floral (fig. 18). La description de cette période correspond à la phase préflorale décrite en jour continu: elle est caractérisée par une activation de la zone centrale dont la population va progressivement constituer l'apex floral (voir également la disparition de l'anneau initial). Durant le 5^e jour, on assiste généralement à l'histogénèse latérale des premiers bourgeons bractéofloraux. Plusieurs phénomènes contribuant à l'édification du "chou floral", encore invisible à l'œil nu:

1. l'activation mitotique, puis la différenciation active du méristème médullaire (dès la 60^e heure après le transfert);
2. le relai pris par la zone centrale activée dans la fourniture du matériel cellulaire contribuant à la moelle préflorale;
3. l'histogénèse des primordiums floraux, histogénèse, latérale, mais à laquelle contribue *tout* l'apex préfloral.

Ces événements concordent parfaitement avec ceux enregistrés plus haut lors de la phase préflorale.

e) Les feuilles, récepteurs photopériodiques

(schéma VI, fig. 19 et 20)

L'origine foliaire du stimulus floral et son existence ne font plus de doute actuellement, malgré l'impossibilité jusqu'ici d'extraire et d'isoler une substance spécifique. Existe-t-elle réellement?

Des plantes, après quatre semaines en J.C. ont été placées en jour continu après élimination des feuilles macroscopiquement visibles; seuls sont laissés en place des primordiums ou initiums de quelques millimètres. Le schéma VI illustre la réponse histologique de tels apex, une semaine après le transfert. Ce schéma, dans sa partie supérieure résume la réponse obtenue chez les plantes témoins, transférées sans mutilation. L'absence d'induction florale, chez les plantes mutilées, est manifeste: le méristème apical reste à l'état intermédiaire, alors que les quelques méristèmes axillaires (secondaires) subsistent à l'état végétatif.

2. Index mitotique

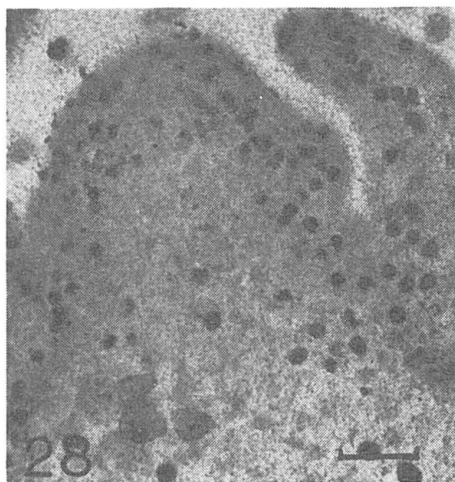
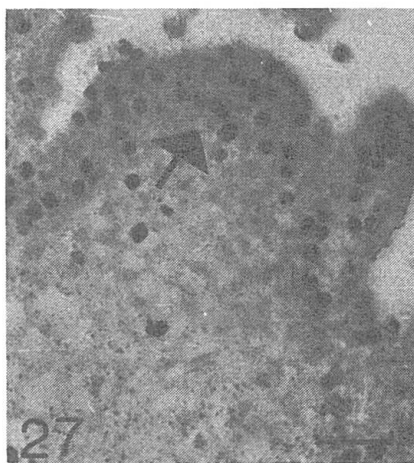
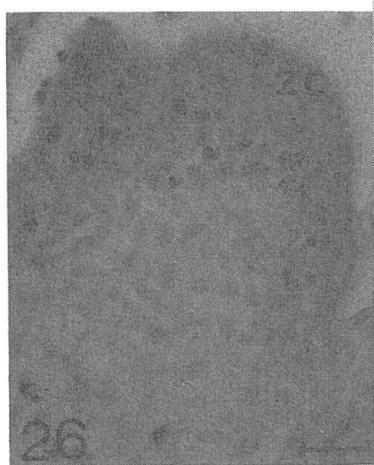
Le relevé du pourcentage moyen des noyaux en division a été effectué sur deux coupes sagittales consécutives par apex (épaisseur des coupes 5 microns) et 6 à 8 apex ont été utilisés pour chaque stade, l'étude étant répétée trois fois.

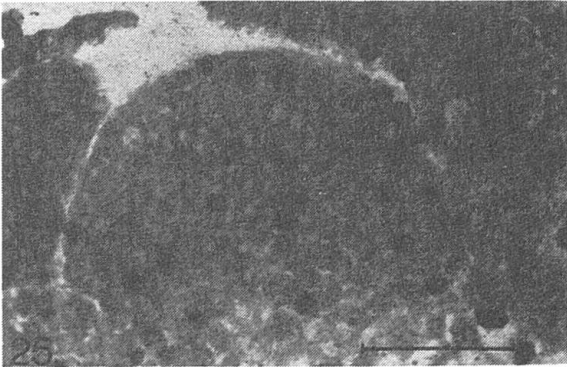
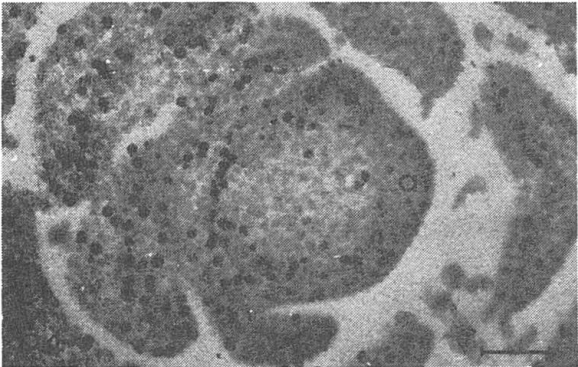
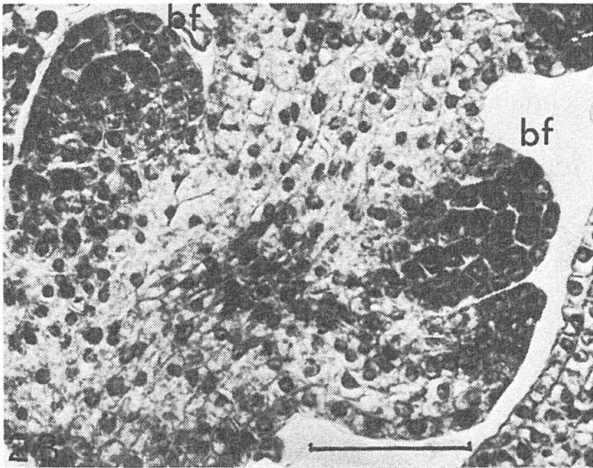
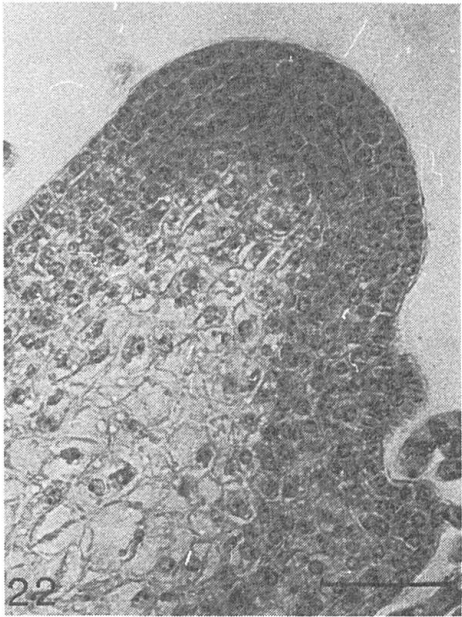
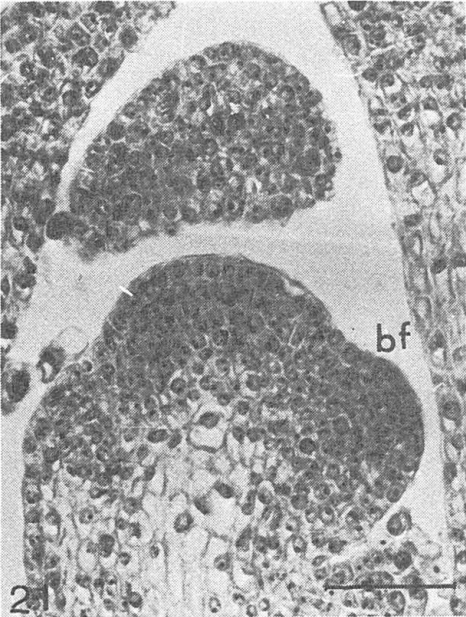
Figures 21 à 23: apex de plantes cultivées à l'obscurité sur milieu saccharosé.

- Fig. 21. – Apex de plante fleurie initiant un bourgeon floral (bf).
 Fig. 22. – Apex de plante fortement étiolée: aspect uniforme de type intermédiaire.
 Fig. 23. – Etages floraux d'une plante identique à celle de la figure 21 montrant une différenciation d'étamines rudimentaires (bf).

Figures 24 à 28: autoradiographies.

- Fig. 24. – Coupe transversale, à un niveau sub-apical, matérialisant l'anneau initial (a.i.) qui regroupe la majorité des noyaux marqués.
 Fig. 25. – Etat intermédiaire: les noyaux marqués sont répartis dans tout l'apex.
 Fig. 26. – Plante témoin maintenue en J.C. (24 J.C.): la zone centrale est encore, à ce stade, caractérisée par des synthèses nucléaires, plus faibles que dans les flancs.
 Fig. 27. – Apex d'une plante transférée en jour continu depuis 48 heures: les synthèses d'ADN sont fortement activées au niveau de la Z.C. (flèche).
 Fig. 28. – Apex préfloral, 6 jours après le transfert. Les mitoses en préparation sont uniformément réparties dans tout le manchon méristématique.





a) *Jour continu dès le semis**Phase de croissance végétative*

| <i>Zone latérale</i> | <i>Zone centrale</i> | <i>Méristème médullaire</i> | <i>Temps</i> |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------|
| (%) | (%) | (%) | (J.L.) |
| 18.1 | 10.4 | 8.3 | 4 |
| 17.1 | 11.9 | 7.8 | 6 |
| 24.2 | 9.7 | 11.1 | 8 |
| 16.4 | 18.0 | 16.6 | 10 |

Les fluctuations enregistrées au niveau de l'anneau initial sont vraisemblablement dues aux oscillations plastochroniques dont nous n'avons pas tenu compte dans ce relevé. SAINT-CÔME (1965) le démontre dans une étude détaillée concernant les activités mitotiques des zones apicales de *Coleus blumei*. Notre but étant surtout de voir s'il existait une activité différentielle entre les trois zones, on peut constater:

- une différence centro-latérale nette;
- une augmentation de l'activité mitotique dans la zone centrale entre le 8^e et le 10^e J.L. (début de la phase préflorale).
- une activation, au niveau du méristème médullaire, correspondant à une entrée en action, au début de la phase préflorale (montaison primaire établissant dans les cinq jours le "chou histologique").

Phase préflorale et florale

Des relevés sont effectués durant la phase préflorale (12 à 14 J.L.) et le début de la phase florale (16 à 17 J.L.) marquée par l'apparition des premiers primordiums floraux.

| <i>Zone latérale</i> | <i>Zone centrale</i> | <i>Méristème médullaire</i> | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
| (%) | (%) | (%) | |
| 6.0 | 18.5 | 11.0 | préfl. |
| 6.9 | 20.1 | 11.1 | fl. |

L'induction florale est donc caractérisée, lors de l'évolution en J.L., par une entrée en activité importante de la zone centrale, une activité soutenue du méristème médullaire (montaison primaire) et une diminution importante de l'activité de l'anneau initial.

b) *J.C. dès le semis**Phase végétative*

Les valeurs moyennes obtenues pendant la phase végétative de croissance en J.C., sont plus faibles que celles obtenues pour la même période en J.L. Ces valeurs s'observent durant les trois semaines précédant le début de la phase intermédiaire.

| <i>Zone latérale</i> | <i>Zone centrale</i> | <i>Méristème médullaire</i> | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------|
| (%) | (%) | (%) | |
| 8.6 | 1.6 | 1.0 | 7 J.C. |
| 9.0 | 4.0 | 3.3 | 15 J.C. |

Phase intermédiaire

| <i>Zone latérale</i> | <i>Zone centrale</i> | <i>Méristème médullaire</i> |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| (%) | (%) | (%) |
| 8.6 | 8.0 | 6.6 |
| 7.7 | 9.3 | 8.3 |

La phase *intermédiaire*, s'établissant progressivement dès la 3^e semaine de J.C., marque une tendance à l'égalisation de l'activité mitotique de la zone centrale et de la zone latérale. Ce phénomène peut se superposer à celui observé lors de la fin de la phase végétative en J.L. (environ 10 J.L.), annonçant la phase préflorale. Cependant, en J.C., cette égalisation se fait à un taux mitotique environ deux fois moins élevé qu'en J.L.

c) Effet du transfert (index mitotique)

Des plantes sont, après 35 J.C. transférées en J.L.; le moment du prélèvement est indiqué en heures après le transfert. Les relevés mitotiques sont pratiqués de la même manière que précédemment.

| <i>Zone latérale</i> | <i>Zone centrale</i> | <i>Méristème médullaire</i> | <i>Temps après le transfert (h)</i> |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| (%) | (%) | (%) | |
| 8.6 | 8.0 | 6.6 | 36 |
| 7.2 | 9.1 | 11.6 | 48 |
| 6.5 | 13.1 | 9.3 | 72 |
| 4.6 | 13.3 | 10.5 | 96 |
| 8.2 | 17.3 | 9.4 | 120 |
| 12.4 | 20.1 | 15.0 | 144 |
| 18.0 | 21.4 | 16.2 | 160 |

L'effet du transfert est marqué au niveau de l'activité mitotique de la zone centrale et ceci, d'une manière très significative, après 70 h de jour continu. Nous avons vu, dans la description de l'aspect histologique de l'effet de transfert, qu'aucune manifestation n'était décelable avant ce délai correspondant à trois jours continus, si ce n'est un début d'activité mitotique au niveau de la zone centrale.

3. Etude autoradiographique de l'effet de transfert

(fig. 24 à 28)

Cette étude a pour but d'enregistrer le comportement des populations *nucléaires* des différentes zones apicales, durant l'évocation florale, après incubation ou présence de thymidine tritiée.

L'effet de transfert a été analysé sur des lots de plantes d'âge végétatif différents:

- plantes en début de phase intermédiaire (25 J.C., tabl. 1);
- plantes en phase intermédiaire avancée (45 J.C., tabl. 2).

Ces deux tableaux appellent les commentaires suivants:

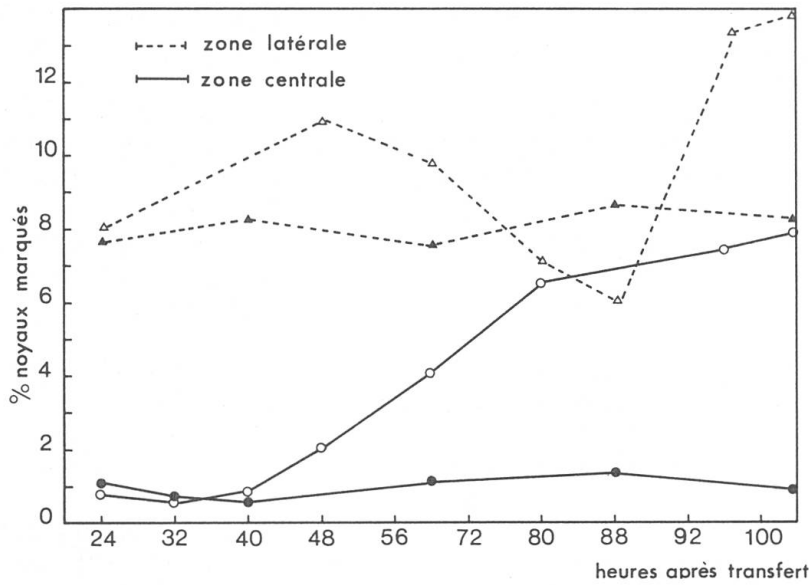
1. la réponse des plantes jeunes (25 J.C.) est plus nette, du moins en ce qui concerne l'activation centrale, Le taux de synthèse de DNA devient plus important entre la 48^e et la 50^e heure qui suit le transfert, pour augmenter régulièrement jusqu'à la 90^e heure environ. Cette augmentation de synthèse au niveau de la zone centrale, précède l'activation mitotique que la cytologie décèle dans cette zone d'où va s'établir l'apex reproducteur.
2. chez les plantes plus âgées (45 J.C.), l'activation est moins marquée et paraît augmenter plus tardivement, d'une manière significative (60 à 70 heures). Il est à noter cependant que chez ces plantes, l'activité mitotique centrale au moment du transfert, est sensiblement plus importante que chez les plantes plus jeunes. Ceci nous oblige, une fois de plus, à considérer l'état intermédiaire prolongé, de par l'activation centrale qu'il provoque, comme une tendance à l'évocation florale;
3. en ce qui concerne les synthèses de DNA nucléaire, au niveau de l'anneau initial, le comportement *général* est identique tant pour les expériences menées avec des plantes de 25 J.C. que de 45 J.C.: une diminution importante du marquage précède une augmentation de celui-ci après un délai d'environ 70 heures de jour continu. Cette diminution du % des noyaux marqués, correspond sans aucun doute, à la différenciation et à la disparition de l'anneau initial.

La reprise d'une activité mitotique latérale intense qui fait suite n'est plus le fait de l'anneau initial, mais celui du méristème central devenu préfloral et qui s'est étendu. L'autoradiographie par elle-même ne permet pas la mise en évidence de ce "remplacement latéral", mais elle montre que sur les flancs du dôme apical, les synthèses de DNA diminuent fortement durant l'évocation puis reprennent après la 70^e heure qui suit le transfert.

Discussion

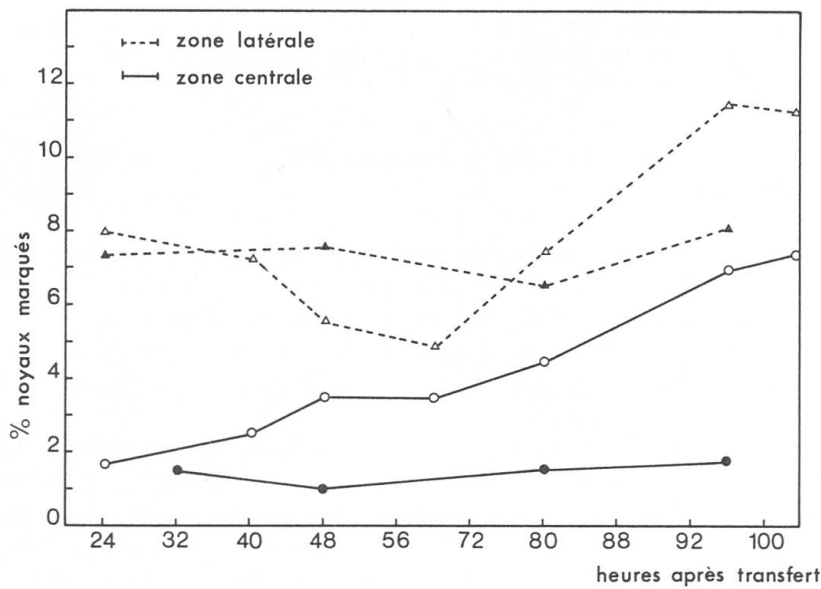
a) Evolution histologique en J.L. et J.C.

L'étude histologique de l'apex caulinaire de l'épinard montre clairement que cette plante répond parfaitement au schéma fonctionnel proposé par l'Ecole française pour les Composées (LANCE, 1958).



Tabl. 1. — Evolution du pourcentage de marquage nucléaire durant le transfert de plantes âgées de 25 J.C. Temps d'incubation: 4 heures.

Traits pleins: noyaux de la zone centrale de plantes témoins laissées en J.C. (●) et de plantes transférées en jour continu (○). Traits pointillés: zone latérale de plantes témoins (▲) et de plantes transférées (△).



Tabl. 2. — Evolution du pourcentage de marquage nucléaire durant le transfert de plantes âgées de 45 J.C.

Mêmes symboles que ceux du tableau 1.

En jour continu, à une phase végétative caractérisée par une initiation foliaire latérale succède une phase préflorale, marquée par une activation de la zone centrale, jusque-là relativement inerte. L'initiation bractéoflorale, qui marque la phase reproductrice, est le produit de l'activité latérale de tout l'apex inflorescentiel, issu de la croissance de la zone centrale. L'évolution apicale, en jour continu, est donc caractérisée par une phase végétative rapide. Ces observations rejoignent celles de GIFFORD & TEPPER (1962) chez *Chenopodium album*. Les tests de Brachet, que nous avons pratiqués, démontrent une teneur plus faible en RNA, au niveau de la zone centrale, mais cette zonation histologique s'estompe rapidement dès les 4^e et 5^e jours qui suivent le semis: la teneur en RNA est très rapidement élevée dans tout l'apex.

Si la séquence des phases *végétative* → *préflorale* → *florale "chou"* → *florale terminale* est nette, on peut cependant constater que leur durée n'est pas comparable: le virage floral (évocation) se situe en jour continu, après 10 à 12 jours. On peut considérer la plante comme induite, à la fin de cette période, pendant laquelle l'anneau initial a fonctionné 10 ou 11 fois.

Le temps nécessaire à l'expression microscopique de cette induction (apparition des bourgeons floraux) demande 5 à 7 jours (chou), et l'expression florale (apparition des fleurs macroscopiques) 10 à 12 jours supplémentaires. Ces observations soulignent le décalage existant entre les niveaux macroscopique et microscopique de l'observation. D'où la nécessité constante du recours aux méthodes histologiques.

De ces constatations, il ressort en outre, qu'au stade "chou" visible macroscopiquement, la différenciation florale est avancée, voire à peu près terminée, du moins en ce qui concerne les plantes mâles; BONZON (1970) l'avait envisagé lors d'une étude de la croissance globale de l'épinard, sans l'étudier systématiquement par des méthodes histologiques. L'examen histologique indique que la phase d'histogénèse du "chou apical", comprenant ce que nous appelons la montaison primaire, pendant laquelle l'apex se soulève de 1 à 3 mm, dure obligatoirement 5 jours, délai que nous retrouverons dans l'étude des effets de transfert (voir schéma II).

b) Effet du transfert

Sur le plan histologique, aucune manifestation apicale n'est enregistrable par la méthode utilisée, avant 70 à 80 heures de jour continu.

L'analyse cytologique d'une part, les index mitotiques et l'autoradiographie d'autre part, nous apportent des renseignements sur des effets se déroulant beaucoup plus précocement au niveau apical (évocation florale: AUDERSET & GREPIN, 1972; AUDERSET, 1974).

L'examen histologique de l'apex peut nous renseigner sur le virage floral pour autant qu'il soit pratiqué trois jours, au minimum, après le transfert en photopériode favorable à la floraison. Il n'en reste pas moins que ce type de critère habituel de l'induction florale (examen mitotique) est très éloigné des événements primaires, événements dont la relation avec l'arrivée du stimulus floral ne fait pas de doute.

Quant à l'expression *macroscopique* de la floraison, il a été constaté depuis longtemps qu'il fallait autant de temps pour amener à fleurir des plantes placées directement en J.L. que des plantes ayant préalablement séjourné un mois en J.C. et transférées en jour continu (délai de 15 à 18 jours environ). On peut considérer

que, si les événements primaires de l'évocation sont rapides, les événements subséquents sont identiques chez les plantes ayant atteint leur maturité végétative en J.C. ou en J.L.; cette identité de délai peut s'expliquer par l'analogie des phases *pré-florale* (structuration du "chou apical") puis *florale* (organogénèse et montaison proprement dite), dans les deux systèmes photopériodiques.

c) Synthèse du DNA dans la zone centrale lors de l'induction

Nous voyons qu'un des phénomènes les plus importants durant l'induction florale se localise au niveau de la zone centrale (méristème d'attente), et qu'il se traduit par une activation significative de la synthèse de DNA nucléaire. Cette activation débute relativement tard: entre la 50^e et la 70^e heure, selon l'âge des plantes transférées. Ce fait enregistré depuis plusieurs années a parfois fait l'objet d'études autoradiographiques très précises (SAINT-CÔME, 1965).

En particulier, une étude détaillée a été faite par BERNIER & al. (1967), chez *Sinapis alba*. La courbe d'activation des synthèses nucléaires au niveau de la *zone centrale*, est de même type que celle enregistrée chez l'épinard. Chez *Sinapis*, cependant, les synthèses débutent beaucoup plus rapidement. Il n'y a pas concordance entre les synthèses de DNA nucléaire au niveau de la zone latérale de l'épinard et de *Sinapis alba*. Les auteurs enregistrent dans ce deuxième cas, dès la 20^e heure qui suit le transfert, une activation des synthèses, alors que chez l'épinard, nous constatons à ce stade une diminution importante du marquage nucléaire.

L'explication de cette différence peut sans doute être trouvée dans les différences du fonctionnement apical existant entre les Crucifères et les Chénopodiacées: chez les Crucifères, en effet, la persistance de la zonation centro-latérale, lors de l'évocation florale, est connue depuis longtemps (BERNIER, 1964). L'apex des Crucifères ne semble pas devoir entreprendre les remaniements importants constatés chez la majorité des autres plantes étudiées, en particulier les Chénopodiacées. L'activation de la zone centrale et la persistance de l'activité latérale originale peut expliquer l'aspect zoné de tels méristèmes reproducteurs. Au contraire, chez l'épinard, la zone centrale doit d'abord proliférer et remplacer l'ancienne zone latérale totalement épuisée par la phyllogénèse, pour assurer le fonctionnement reproducteur.

L'absence du besoin de restructuration apicale chez *Sinapis alba* explique vraisemblablement aussi la rapidité de l'évocation florale chez cette plante: environ 60 heures après le transfert, apparaissent les premiers bourgeons floraux. L'épinard demande généralement plus du double de ce délai.

Conclusion

Cette étude systématique de la structure apicale a permis de mettre en évidence différents points qui paraissent devoir être soulignés. En photopériode longue, appliquée dès le semis, la majorité des plantes peuvent être considérées comme étant

évoquées environ 12 jours après le semis. Cette évolution ne peut s'observer qu'au niveau histologique. En photopériode courte, une phase intermédiaire succède à la phase végétative, mais celle-ci n'est que transitoire: après deux mois de J.C., le nombre d'apex qui ont une structure florale est de plus en plus important, bien que cet état floral ne s'exprime jamais à l'œil nu; seul un examen histologique peut le révéler. Ce point permet de mettre en doute la place qu'occupe la variété Nobel parmi les plantes de J.L. strictes.

Lors de l'étude de l'effet de transfert, l'utilisation de méthodes histologiques et autoradiographiques permet de ramener le délai de l'observation de l'effet du stimulus floral à une quarantaine d'heures environ après le transfert des plantes en conditions favorables à la floraison.

Ce travail a bénéficié de l'aide du Fonds national de la recherche scientifique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUDERSET, G. (1974). *Etude du méristème caulinaire de l'Epinard avant et après l'induction florale*. Thèse, Université de Genève.
- & H. GREPPIN (1972). Différenciation au cours de l'induction florale chez *Spinacia oleracea* (var. Nobel): évolution du méristème caulinaire. *Physiol. Vég.* 10: 206.
- BERNIER, G. & R. BRONCHART (1963). Application de la technique d'histoautoradiographie à l'étude de l'incorporation de thymidine tritiée dans les méristèmes caulinaires. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* 3-4: 269.
- (1964). Etude histophysiologique et histochimique de l'évolution du méristème apical de *Sinapis alba* L. cultivé en milieu conditionné et en diverses durées de jour favorables ou défavorables à la mise à fleurs. *Mém. Acad. Roy. Sci. Belgique Cl. Sci. (8^o)* 16: 1.
- R. BRONCHART & J. M. KINET (1970). *Nucleic acids synthesis and mitotic activity in the apical meristem of *Sinapis alba* during floral induction*. In *Cellular and molecular aspects of floral induction*. Symposium de Liège 1967. Longman, Londres.
- BONZON, M. (1970). *Etude de la croissance chez l'Epinard*. Travail de diplôme, Université de Genève.
- BUVAT, R. (1952). Structure, évolution et fonctionnement du méristème apical de quelques Dicotylédones. *Ann. Sci. Nat. Bot.* 13: 199.
- GIFFORD, E. & H. TEPPER (1962). Histochemical and autoradiographic studies of floral induction in *Chenopodium album*. *Amer. J. Bot.* 49: 706.
- GENTCHEFF, G. & A. GUSTAFFSON (1940). The cultivation of plant species from seed to flower and seed in different agar solutions. *Hereditas* 26: 250.
- LANCE, A. (1958). *Recherches cytologiques sur l'évolution de quelques méristèmes apicaux et sur ses variations provoquées par des traitements photopériodiques*. Thèse, Université de Paris. Masson Ed.
- & P. RONDET (1958). Sur le fonctionnement du méristème apical de *Beta vulgaris* L. (var. Cerès sucrière) depuis la phase adulte jusqu'à la fleur terminale. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.* 246: 3177.
- NOUGARÈDE, A. (1965). *Organisation et fonctionnement du méristème apical des végétaux vasculaires*. Travaux dédiés à Lucien Plantefol. Ed. Masson, Paris.

PLANTEFOL, L. (1957). Sur deux notes relatives à l'ontogénie d'inflorescences. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.* 245: 603.

SAINT-CÔME, R. (1965). L'apex du *Coleus bleumei* durant les phases végétatives, préflorale et reproductrice. *Bull. Soc. Franç. Physiol. Vég.* 11: 139.

