

Les conditions du milieu et la morphologie de la plante en fin de croissance chez le haricot, *Phaseolus vulgaris* L.

par

Eugène DAGBA, Marguerite CHAMPAGNAT et Monique RÉMY

Laboratoire de Phytomorphogenèse, U.A. 45, C.N.R.S.,
4, rue Ledru - 63038 CLERMONT-FERRAND CEDEX*.

Résumé. — La morphologie du haricot en fin de croissance (nombre et longueur des entre-nœuds, longueur de la plante) a été étudiée en relation avec le port de la plante et les conditions du milieu, notamment la température.

Le nombre d'entre-nœuds, au moins chez les variétés naines, est déterminé très tôt, à la levée germinative, par les facteurs du milieu. Il est limité au maximum à 7 pour toutes les variétés naines alors qu'il s'élève le plus souvent à un nombre supérieur pour les variétés à rames, tributaires, elles aussi, des conditions du milieu. La différence fondamentale entre un haricot nain et un haricot à rames réside dans l'activité méristématique plus ou moins grande du bourgeon apical. La notion de croissance illimitée a été expliquée.

Un entre-nœud «moyen» a été défini chez les plantes en fin de croissance. Il est le premier entre-nœud, à partir de la base, à présenter une longueur supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-nœuds de la tige. Il admet un seuil (6 cm chez ^{**}Coco à rames, 9 cm chez les variétés naines) au-dessous duquel la plante est érigée et au-dessus duquel elle est volubile. C'est au moment de la pleine croissance de cet entre-nœud «moyen» que commence à apparaître le port futur (érigé ou volubile) de la plante suivant que la longueur de celui-ci est inférieure ou supérieure au seuil.

La relation entre la longueur et le port de la plante, étroite en champ, n'est pas toujours vérifiée en chambres conditionnées. Il n'y a donc pas de relation de cause à effet entre ces 2 paramètres.

Mots-clés: Haricot - Morphologie - Port - Milieu - Température - Génotype - Phénoype.^{**}

THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND THE MORPHOLOGY OF THE BEAN, PHASEOLUS VULGARIS L., IN THE END OF GROWING.

Summary. — The morphology of the bean after the finished growth (internode number and length, plant length) has been studied in relation of the plant habit and the environmental conditions, specially the temperature.

* Adresse où les travaux ont été exécutés.

Adresse actuelle de E. DAGBA: ORSTOM, B.P. 1286, Pointe-Noire (Congo).

*** chez (et non ches)
Phénotype (et non Phénoype)
26 AVR. 1990*

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 27.998 ex 1

Cote : B il VIII p 8

The number of internodes, at least in dwarf varieties, is controlled very early, at the raising from the soil of the seedlings, by environmental factors. It's limited at the maximum to 7 for all the dwarf varieties whereas it rises, the most often, to a superior number for the twining varieties, dependent also on environmental conditions. The fundamental difference between a dwarf and a twining bean lies in the more or less great meristematic activity of apex. The illimited growth notion has been explained.

The first internode longer than the mean of all internodes of the stem has been defined as «mean» internode. A limit of value for this length exists : 6 cm in Coco à rames, 9 cm in dwarf varieties. When the length of the «mean» internode is shorter than the limit, the plant is upright ; when it is longer, the plant is twining. During the active growth of the «mean» internode, the future habit (upright or twining) of the plant appears, according to its length is lower or higher than the limit.

The relation between the length and the habit of the plant, narrow in the field, is not always found in the conditioned-rooms. So, there is no obligatory causal relation, exclusive of any other, between these two paramaters.

Key-Words : Bean - Morphology - Habit - Environmental conditions - Temperature - Genotype - Phenotype.

INTRODUCTION

On a l'habitude d'admettre qu'une variété à rames est liée à une longueur de tige élevée et une variété naine à une longueur de tige faible. Or, selon les conditions de culture, une variété à rames peut ne pas s'enrouler mais croître constamment érigée c'est-à-dire dressée, et une variété naine s'enrouler, devenant ainsi volubile (DAGBA, 1985, 1988). Dès lors, une plante de variété à rames érigée est-elle toujours petite et une plante de variété naine devenue volubile est-elle toujours longue ? Puisque la longueur de la plante dépend du nombre et de la longueur des entre-nœuds, c'est donc l'étude de ces 2 paramètres qui apportera la réponse à la question posée. De plus, les variétés naines sont couramment considérées comme caractérisées par une croissance limitée et les variétés à rames par une croissance illimitée. En effet, après le développement de quelques nœuds et entre-nœuds, la croissance d'un haricot nain ralentit et s'arrête, le sommet se transformant, semble-t-il, en une inflorescence terminale. Au contraire, un haricot à rames en croissance forme d'une façon continue des nœuds et des entre-nœuds, et son sommet ne se transforme pas en une inflorescence terminale. Il s'ensuit une relation entre cette croissance limitée ou illimitée et le nombre de feuilles et d'entre-nœuds formés. Il devient donc nécessaire de bien préciser les caractères de ces deux types de croissance.

Ces différents points nous amènent à considérer, chez le haricot en fin de croissance, le nombre d'entre-nœuds, leur longueur (individuelle ou totale) et, au cours de cette dernière étude, les caractères volubiles (hauteur de la tige enroulée et nombre de tours de tuteur) dans le cas des plantes qui s'enroulent.

x ita (et non tita)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel et les méthodes employés ont été décrits précédemment (DAGBA, 1988). Le nombre d'entre-nœuds, évalué à la fin de la croissance de la plante, est égal au nombre de feuilles trifoliolées plus un puisque le premier nœud épicotylaire porte une paire de feuilles entières (donc non trifoliolées); il est ainsi possible de se référer soit au nombre d'entre-nœuds, soit au nombre de feuilles trifoliolées. Nous avons utilisé la notation A°/B° (exemple $30^\circ/20^\circ$ ou $20^\circ/30^\circ$) pour désigner une succession de 2 températures en lumière continue; la première température A° règne du semis à un stade donné (en général au stade de l'étalement de la première feuille trifoliolée) et la deuxième température B° , de ce stade à la récolte qui a lieu à la floraison. La première température (A°) a été nommée température initiale et sa durée, période initiale; la seconde (B°), température finale et sa durée, période finale.

Pour les plantes érigées, la hauteur de la plante est confondue avec sa longueur. À l'opposé, pour les plantes volubiles, la hauteur de la partie enroulée est différente de la longueur de celle-ci, toujours inférieure à elle mais variant dans le même sens; ceci constitue une des caractéristiques de la plante volubile.

Le nombre de plantes dans chaque condition de semis est, lorsqu'il n'est pas précisé, de 15 à 20 en champ, de 33 à la serre et de 12 à 20 en chambres conditionnées.

RÉSULTATS

I. — NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS

Le nombre d'entre-nœuds est évalué sur la plante en fin de croissance.

A. — EN CHAMP

1. — EXPÉRIENCES RELATIVES À L'EXPOSITION AU SOLEIL

1.1. — Chez deux variétés, l'une naine, l'autre à rames

Chez le Coco nain, le nombre moyen d'entre-nœuds est de 7,8 en plein soleil, de 7,5 à côté d'un bâtiment projetant de l'ombre l'après-midi, de 5,5 sous un couvert végétal assez dense avec un peu de soleil et de 3,5 sous un couvert végétal plus dense, sans soleil.

Chez le Coco à rames, il est de 29,2 en plein soleil, de 20,4 à côté du bâtiment et de 18,1 à l'ombre des arbres avec un peu de soleil.

Ainsi le nombre d'entre-nœuds varie avec l'exposition au soleil: faible à l'ombre et plus élevé au soleil. En outre, il est beaucoup plus élevé chez la variété à rames que chez la variété naine. Ce dernier résultat concorde avec

celui de BAILLAUD, BULLE et COURTOT (1962) qui mentionnent en champ 7 entre-nœuds végétatifs pour le Coco nain et 27 pour le Coco à rames.

1.2. — Chez 3 autres variétés naines

Le nombre d'entre-nœuds est plus élevé au soleil qu'à côté d'un bâtiment qui projette de l'ombre l'après-midi (mi-ombre) comme le montre le tableau I.

TABLEAU I

Influence de l'exposition au soleil sur le nombre moyen d'entre-nœuds de 3 variétés naines en champ.

Variété \ Conditions	Mangetout Princesse	Nabel	Arian
soleil	6,1	4,9	5,0
mi-ombre	5,1	4,5	4,5

Chez les variétés naines, ce nombre d'entre-nœuds est peu élevé (2 à 7; 4,5 à 6,1, dans les conditions de l'expérience); c'est pourquoi les variations sont parfois faibles.

2. — EXPÉRIENCES RELATIVES À LA DATE DE SEMIS

Semées les 1^{er} juin, 1^{er} juillet, 31 juillet et 14 août, les variétés Mangetout Princesse, Myrto, Nabel et Coco nain présentent un nombre moyen d'entre-nœuds faible pour le semis de juin, élevé pour les semis de juillet et faible pour le semis d'août. Chez Mangetout Princesse, par exemple, ce nombre est respectivement de 4,9, 6,1, 5,8 et 4,4.

3. — EN RÉSUMÉ.

En champ, le nombre d'entre-nœuds de la tige en fin de croissance varie non seulement avec la variété, mais aussi avec l'exposition au soleil et la date de semis, donc avec les conditions du milieu.

B. — À LA SERRE

Comme le montre la figure 1, le nombre d'entre-nœuds de la tige en fin de croissance dépend de la date de semis et du port de la plante. Ainsi, le nombre moyen de feuilles trifoliolées est :

- chez Coco nain de 4,0 à 5,0 en été et de 3,0 en hiver pour les plantes volubiles; de 4,2 au printemps et de 3,0 en hiver pour les plantes érigées; ce nombre, chez cette variété, subit cependant des fluctuations saisonnières et annuelles;

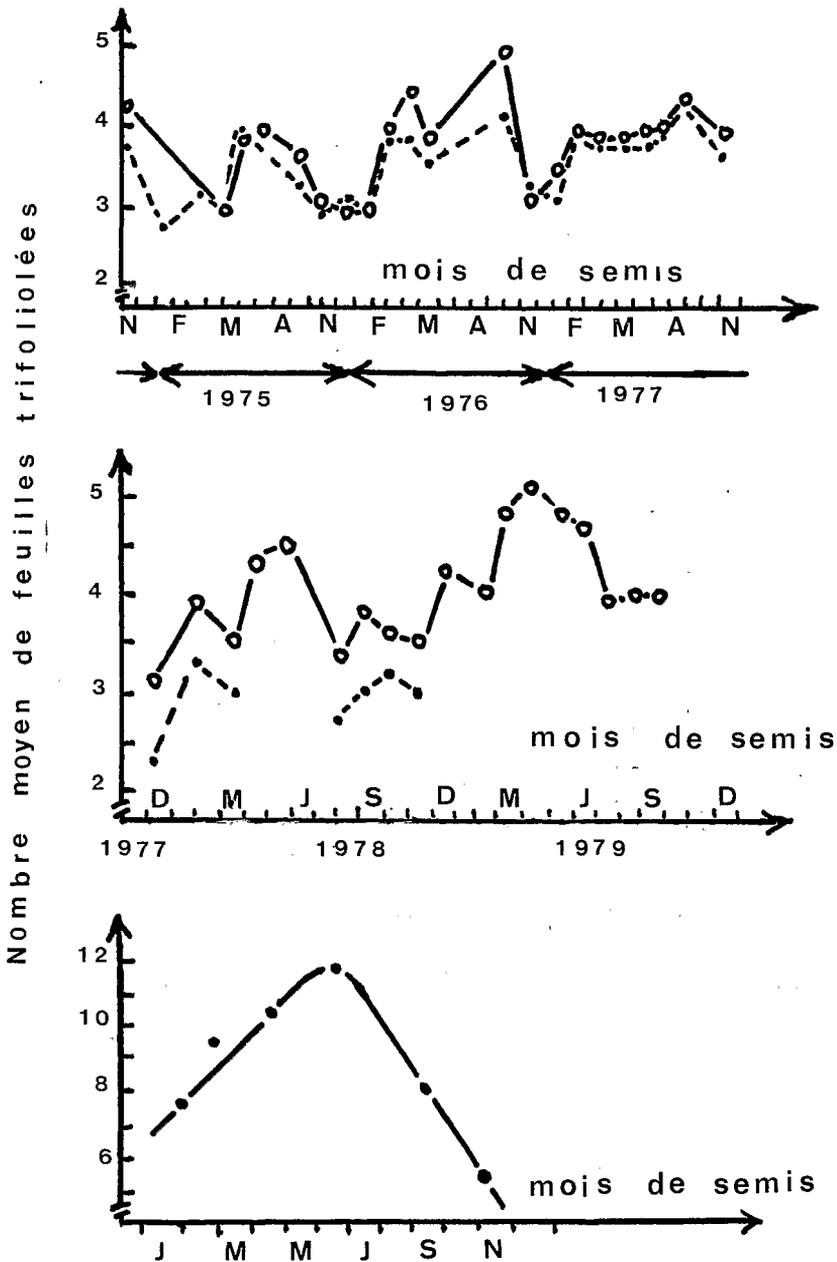


Fig. 1. — Nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la date de semis, chez *Phaseolus vulgaris*, à la serre.

- : plantes volubiles en fin de croissance.
- : plantes érigées en fin de croissance.
- graphique du haut : variété Coco nain
- graphique du milieu : variété Mangetout Princesse, variété naine
- graphique du bas : variété Coco à rames.

- chez Mangetout Princesse de 4,5 à 5,1 en été et de 3,5 en hiver pour les plantes volubiles; de 2,4 à 3,4 en hiver pour les plantes érigées, qui n'existent qu'en hiver;
- chez Coco à rames, volubile à la serre quelle que soit la date de semis, de 12 en été et de 5 à 6 en hiver.

Ce nombre est donc plus élevé en été qu'en hiver et plus élevé pour les plantes volubiles que pour les érigées dans les mêmes conditions.

Chez Coco nain cependant, il est le même en hiver pour les quelques rares plantes volubiles que pour les érigées, très nombreuses.

C. — EN CHAMBRES CONDITIONNÉES

1. — EN LUMIÈRE CONTINUE (ÉCLAIREMENT DE 21 W m⁻²)

1.1. — Une température constante au cours de la vie de la plante

Chez Coco nain cultivé à 16°C, 23°C et 30°C, le nombre de feuilles trifoliolées est respectivement de 3,4; 3,3; 5,3. Identique à 16°C et à 23°C, il s'élève entre 23°C et 30°C.

Il en est de même chez Mangetout Princesse, comme le montre le tableau II.

TABLEAU II

Influence de la température sur le nombre de feuilles trifoliolées chez Mangetout Princesse (13 plantes par condition).

Température (°C)	20°	23°	25°	27°	30°	32°
Nombre de feuilles trifoliolées	3,2	3,2	4,1	4,9	5,1	6,1

Entre 23°C et 27°C, le nombre de feuilles trifoliolées s'élève linéairement: test F hautement significatif ($F_{\text{calc.}} = 61,05$ et $F_{0,01} = 8,40$).

Cultivé entre 23°C et 27°C, Coco à rames présente respectivement 6 et 10 feuilles trifoliolées.

1.2. — Deux températures constantes successives au cours de la vie de la plante

1.2.1. — Importance de la température initiale (la première dans le temps) de 20°C et 30°C

La période initiale ou durée de la température initiale correspond à l'intervalle de temps entre le semis et l'étalement de la première feuille trifoliolée soit 10 à 16 jours. Le nombre de feuilles trifoliolées dépend de la température initiale: il est à peu près le même que chez le témoin resté constamment à la température initiale. C'est ce que montre le tableau III.

TABLEAU III

Influence de la température initiale sur le nombre moyen de feuilles trifoliolées chez Coco nain (9 plantes/condition) et Ocelo (13 plantes/condition).

- (a) = fin de la période initiale à l'étalement de la première feuille trifoliolée à 30°C (10 à 11 jours après le semis).
 (b) = fin de la période initiale à l'étalement de la première feuille trifoliolée à 20°C (16 jours après le semis).
 (c) = fin de la période initiale 10 jours après le semis à 20°C (avant l'étalement, plus tardif, de la première feuille trifoliolée).

Variété	Température (°C)				
	30°	30°/20°(a)	20°	20°/30°(c)	20°/30°(b)
Coco nain (14 W m ⁻²)	5,8	5,6	3,1	3,3	3,0
Ocelo (21 W m ⁻²)	4,5	4,7	2,9	3,1	3,0

La même constatation a été faite à 20°C, 30°C, 30°/20° sous un éclairage de 21 W m⁻² chez 8 autres variétés naines : Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Arian, Corel, Mangetout Constant, Beurre Findor et Mangetout Silvert.

Chez Coco à rames, les résultats s'accordent avec ceux des variétés naines :

10-11 feuilles trifoliolées à 30°/20° pour 11 feuilles trifoliolées à 30°C

4 feuilles trifoliolées à 20°/30° pour 4 feuilles trifoliolées à 20°C,

33 jours après le semis.

1.2.2. — Détermination de la durée minimale d'efficacité de la période initiale

Au lieu d'arrêter la période initiale à l'étalement de la 1^{ère} feuille trifoliolée nous la faisons varier de 1 à 15 jours pour en préciser la durée minimale. Les résultats sont présentés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Influence de la durée de la température initiale sur le nombre de feuilles trifoliolées chez Coco nain, en lumière continue, 21 W m⁻², à 30°/20° et à 20°/30° (13 plantes par condition).
 T° = température (°C)

T° initiale	Durée (jours)									
	1	2	3	3	6	9	9	12	15	Témoins
30°C	3,2	4,8	5,0	4,9	5,2	5,0	-	-	-	5,2
20°C	5,3	5,4	5,2	4,9	3,5	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2

Le nombre de feuilles trifoliolées, à 30°/20°, est déterminé 3 jours après le semis. Pendant ces 3 jours, il s'élève de 3,2 (nombre de feuilles d'une plante témoin à 20°C) à 5,0 peu différent de 5,2 (nombre de feuilles d'une plante témoin à 30°C). La durée minimale efficace de la température initiale de 30°C est de 3 jours. Or la levée germinative a lieu le 4^e jour après le semis, à 30°C. Elle est donc le signe extérieur de la fin de la détermination du nombre de feuilles.

Lorsque la température initiale est de 20°C, on observe un phénomène similaire mais plus ralenti. Le nombre de feuilles est déterminé à la fin du 9^e jour et la levée germinative a lieu entre le 9^e et le 10^e jour après le semis, à 20°C, constituant également le signe extérieur de la fin de cette détermination.

1.2.3. — Histologie

Pour essayer de comprendre les faits observés, nous avons analysé la structure et le fonctionnement du méristème apical de Coco nain cultivé sur terreau à 30°C en lumière continue, depuis la graine jusqu'à 4 jours après le semis. Les techniques classiques de fixation, d'inclusion et de coupe (M. CHAMPAGNAT, 1961) ont été utilisées.

On peut alors noter l'apparition successive des différentes ébauches foliaires (Fig. 2: a, b, c, d, e) voir feuille de commentaires (p. 248):

- jour du semis (dans la graine): le jeune embryon présente les 2 jeunes primordiums des 2 premières feuilles trifoliolées;
- 1 jour après le semis: les 2 jeunes primordiums sont plus nets;
- 2 jours après le semis: le troisième primordium est amorcé;
- 3 jours après le semis: on compte 3 feuilles trifoliolées; les premiers cloisonnements du primordium de la quatrième feuille trifoliolée apparaissent;
- 4 jours après le semis: 5 feuilles trifoliolées peuvent être comptées et la sixième se trouve à l'état de très jeune primordium.

Ainsi, les 2 premiers jours, il y a révélation des ébauches préformées dans la graine. Cette période correspond à un temps de latence. La néoformation d'ébauches n'apparaît qu'à partir du 3^e jour et s'étend au 4^e jour. Dès lors, la détermination du nombre de feuilles à la levée germinative correspond à la formation et à la mise en place des ébauches foliaires de ces feuilles. Par la suite, il n'y a plus qu'élongation.

2. — SOUS UN RYTHME QUOTIDIEN DE TEMPÉRATURE ET D'ÉCLAIREMENT

Nous désignons par thermopériode quotidienne (ou thermopériode à rythme quotidien) une alternance thermique quotidienne; dans nos expériences il s'agit d'une alternance de 2 températures se superposant à une photopériode journalière.

2.1. — Importance de la température (ou de la thermopériode quotidienne) initiale

Plus la durée de la période initiale chaude est longue, plus le nombre moyen final de feuilles trifoliolées est élevé (comme à 30°/20°). Ainsi, sous $L_{32^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12 \xrightarrow{5 \text{ à } 19 \text{ jours}} L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$, on peut noter :

- chez Mangetout Princesse, pour les périodes initiales de 5, 10, 19 jours, respectivement 3,8; 5,0; 5,8 feuilles trifoliolées, 140, 70 et 81 jours après le semis.
- chez Coco à rames, pour les périodes initiales de 10 et 19 jours, respectivement 4,8 et 6,7 feuilles trifoliolées, 70 et 81 jours après le semis.

Plus la durée de la période initiale fraîche est longue, plus le nombre moyen de feuilles trifoliolées est faible (comme à 20°/30°). Ainsi pour la thermopériode quotidienne finale $L_{32^{\circ}}D_{12^{\circ}}$, on peut le constater dans le tableau V.

TABLEAU V

Relation entre la durée de la période initiale fraîche et le nombre de feuilles trifoliolées.
(Période finale: $L_{32^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12$)

Variété	Mangetout Princesse		Coco à rames		
	$L_{20^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$
Thermopériode initiale	$L_{20^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$	$L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$
Période initiale (jours)	6	12	31	53	70
Nombre moyen de feuilles trifoliolées	5,0	3,3	12,6	11,0	8,0
Nombre de jours après le semis	47	40	112	165	114

2.2. — Importance de la température (ou de la thermopériode quotidienne) finale

L'influence de la température finale, imperceptible à 20°C, apparaît nettement lorsque la température finale est très fraîche (12°C). Ainsi, chez Coco à rames, le nombre moyen de feuilles trifoliolées est de :

4,8 sous $L_{32^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12 \xrightarrow{10 \text{ jours}} L_{13,5^{\circ}}D_{13,5^{\circ}}16:8$ témoin

3,1 sous $L_{32^{\circ}}D_{12^{\circ}}12:12 \xrightarrow{10 \text{ jours}} L_{12^{\circ}}D_{12^{\circ}}16:8$

respectivement 70 et 132 jours après le semis.

L'effet de la température (ou de la thermopériode quotidienne) initiale est confirmé. Il apparaît un effet de la température (ou de la thermopériode quotidienne) finale lorsque celle-ci est très fraîche.

D. — ARRÊT DE CROISSANCE

Puisqu'il y a toujours un nombre faible d'entre-nœuds chez les variétés naines et, en général, un nombre beaucoup plus élevé chez les variétés à rames, existe-t-il une différence dans le processus d'arrêt de croissance de ces deux groupes de variétés ?

1. — PROCESSUS DE L'ARRÊT DE CROISSANCE DANS LE CAS DES VARIÉTÉS NAINES

La tige d'un haricot comprend, à partir de la base, l'hypocotyle, un certain nombre d'entre-nœuds et, au sommet, le bourgeon terminal. Chez la variété naine, au-dessus du nœud cotylédonaire, il y a les deux feuilles primaires, entières opposées, puis des feuilles trifoliolées alternes, au nombre de 6 au maximum, puis des écailles alternes et enfin le bourgeon terminal. Nous avons appelé sommet subterminal florifère à écailles un tel sommet.

Quand les bourgeons floraux apparaissent à l'aisselle des écailles, l'extrémité supérieure du sommet florifère, située au-dessus de la dernière écaille, vigoureuse au départ, devient, par la suite, grêle, jaunâtre. Elle est courte, de l'ordre de 1 à 2 mm. Rejetée latéralement par le (ou les) dernier pédoncule floral qui se développe verticalement dans l'axe de la tige, elle tombe bientôt par abscission ; il s'ensuit l'arrêt de l'augmentation du nombre d'entre-nœuds et, par la suite, de la longueur totale des entre-nœuds.

Ce processus apparaît après un nombre d'entre-nœuds faible ou élevé suivant que le potentiel énergétique du milieu de culture (température, éclairage, élément minéraux, eau, ...) est faible ou élevé.

Une étude histologique (Fig. 3 : a, b, c, d, voir feuille de commentaires) a été faite à la fois sur l'apex et sur des bourgeons prélevés le long de l'axe de la tige de Coco nain à des stades différents de la vie de la plante : étalement des différentes feuilles. On constate que le point végétatif ne devient jamais floral. Il perd brusquement toute aptitude à l'organogenèse sans cesser pour autant de croître et de se transformer en une colonnette de 500 μm environ de hauteur et de 120 μm de diamètre (Fig. 3c). Cet axe est encore très méristématique et ne montre pas de signes de sénescence. Ces derniers apparaissent plus tard (Fig. 3d) et conduisent au flétrissement et à la chute de l'organe. Ce mode de fonctionnement du point végétatif n'est pas particulier à la tige principale. Nous l'avons retrouvé sur toutes les pousses latérales qui atteignent des dimensions suffisantes.

2. — PROCESSUS DE L'ARRÊT DE CROISSANCE DANS LE CAS DES VARIÉTÉS À RAMES

Nous avons observé également ce sommet subterminal florifère à écailles chez Coco à rames sous

$L_{13,5^\circ} D_{13,5^\circ} 16:8 \xrightarrow{31 - 53 - 70 \text{ jours}} L_{32^\circ} D_{12^\circ} 16:8$

En général cependant, le sommet subterminal florifère chez cette variété, est feuillé (Fig. 4b comparée à Fig. 4a, voir feuille de commentaires). Après avoir formé un certain nombre de feuilles trifoliolées étalées, en général supérieur à 6, la tige porte une succession de petites feuilles non étalées mais pas d'écaillés typiques. La partie terminale du sommet évolue de la même façon que dans le cas du sommet florifère à écaillés (Fig. 5: a, b, voir feuille de commentaires). Ici, en outre, le jaunissement, le dessèchement et l'abscission peuvent concerner des portions d'axe (tige ou rameau) plus ou moins longues, portant même des feuilles étalées et atteignant parfois jusqu'à 20 cm (Fig. 5: c, d, voir feuille de commentaires).

3. — EN RÉSUMÉ

Le bourgeon terminal, chez les variétés naines comme chez les variétés à rames, est toujours végétatif. Rejeté latéralement en fin de croissance par le dernier pédoncule floral, il tombe bientôt par abscission chez la variété naine. Au contraire, chez la variété à rames, ce rejet latéral et cette abscission concernent non seulement le bourgeon terminal mais aussi la portion de tige sous-jacente (entre-nœuds et feuilles).

E. — REMARQUES

1. — NOMBRE D'ENTRE-NŒUDS ET MASSE DE LA GRAINE

La masse de la graine n'a pas d'effet sur le nombre d'entre-nœuds. En effet deux séries de semences, les grosses et les petites, ont été constituées chez Mangetout Princesse puis mises en terre le même jour. Le poids moyen d'une grosse graine est de 0,3144 g avec un écart-type de la population de 0,0151 g; celui d'une petite graine est de 0,1778 g avec un écart-type de la population de 0,0160 g. Les plantes à nombre d'entre-nœuds élevé proviennent davantage des petites graines que des grosses, mais la différence n'est pas significative (bas du tableau VI).

Le nombre d'entre-nœuds de la plante ne s'élève pas avec la masse de la semence. Les réserves de la graine ne sont donc pas la cause de la variation du nombre des entre-nœuds.

2. — NOMBRE D'ENTRE-NŒUDS ET SEMIS ÉCHELONNÉS

— Le tableau de fréquence (tableau VI) se répartit sur un nombre d'entre-nœuds variable: un (semis du 14.05.79), deux (semis du 25.07.79), trois (semis du 23.12.77) ou quatre (semis du 02.06.78). Comme ces semis proviennent tous du même lot de semences, ce qui devrait impliquer leur pureté génétique, *l'hétérogénéité observée à l'intérieur d'un même semis n'est alors pas génétique; elle est liée, à notre avis, aux conditions du milieu.* Elle provient peut-être des différents microclimats du milieu de culture. C'est par le jeu de cette variation que la plante répond aux conditions écologiques en développant le nombre d'entre-nœuds propre à ce milieu de culture. Cela lui per-

TABLEAU VI

Fréquence du nombre d'entre-nœuds chez Mangetout Princesse à la serre:
la fréquence (nombre de plantes) maximale a été soulignée.

- Influence de la date de semis en semis échelonnés
- Influence de la grosseur des graines.

Date de semis	Nombre d'entre-nœuds					Nombre total de plantes
	3	4	5	6	7	
23.12.77	6	<u>20</u>	4			30
14.05.79			<u>33</u>			33
25.07.79				<u>32</u>	1	33
17.10.79			9	<u>24</u>		33
05.12.79		10	<u>23</u>			33
25.04.78		<u>18</u>	11	1		30
02.06.78		3	<u>17</u>	11	1	32
11.07.78			13	<u>15</u>		28
Grosses graines		6	<u>11</u>			17
Petites graines		2	<u>14</u>	1		17

met, lors d'une série de semis échelonnés, de passer graduellement du nombre d'entre-nœuds correspondant à l'un de ces semis au nombre d'entre-nœuds correspondant au semis suivant.

— Dans un même semis, les plantes présentant le nombre d'entre-nœuds le plus élevé indiquent le sens de l'évolution lorsque l'on va de l'hiver vers l'été (c'est-à-dire lorsque l'énergie solaire reçue est croissante) tandis que les plantes présentant le nombre d'entre-nœuds le plus faible indiquent le sens de l'évolution lorsque l'on va de l'été vers l'hiver (énergie solaire décroissante). Ainsi:

- énergie solaire croissante: l'unique plante (3% du lot) à 6 entre-nœuds du semis du 25.04.78 laisse prévoir l'existence future des 11 plantes (31% du lot) à 6 entre-nœuds du semis du 02.06.78 et des 15 plantes (54% du lot) à 6 entre-nœuds du semis du 11.07.78;

- énergie solaire décroissante: les 9 plantes (27% du lot) à 5 entre-nœuds du semis du 17.10.79 laissent prévoir l'existence future des 23 plantes (70% du lot) du semis du 05.12.79.

Les individus marginaux (trop grands ou trop petits ou présentant des caractères éloignés des caractères moyens), négligés en général dans une étude statique, ont une grande importance dans une étude dynamique; ils indiquent le sens de l'évolution.

3. — NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS ET PORT DE LA PLANTE

Chez une même variété cultivée dans des conditions différentes, le nombre d'entre-nœuds peut être parfois plus élevé pour les plantes érigées que pour les plantes volubiles. Toutefois la différence est faible à cause du nombre faible d'entre-nœuds des variétés naines et des plantes érigées. Ainsi, en lumière continue, la variété Ocelo présente 5 entre-nœuds pour les plantes érigées cultivées à 20° (12 ou 21 jours)/30° et seulement 4 entre-nœuds pour les plantes volubiles cultivées à 20°.

F. — CONCLUSION

Le nombre d'entre-nœuds de la plante varie suivant les conditions du milieu. Il s'élève avec la température et, en lumière continue, est déterminé très tôt, au moins dans le cas des variétés naines, par la température qui règne avant la levée germinative. Cette détermination correspond à la formation de toutes les ébauches foliaires. Après la levée germinative, il n'y a plus que croissance et élongation de ces jeunes ébauches mises en place. La différence fondamentale entre les variétés naines et les variétés à rames réside dans le nombre de feuilles trifoliolées dont la formation est liée à l'activité méristématique: 6 au maximum chez les variétés naines et plus de 6 chez les variétés à rames.

II. — LONGUEUR DES ENTRE-NOEUDS

A. — LONGUEUR INDIVIDUELLE DES ENTRE-NOEUDS

La courbe de longueur des entre-nœuds le long de la tige est une courbe en cloche, entière et partielle.

Dans une population mixte, la longueur des entre-nœuds de la tige d'une plante volubile est en général plus élevée que celle de leurs homologues chez la plante érigée. Ainsi à la serre, on peut noter :

TABLEAU VII

Longueur moyenne (cm) de chaque entre-nœud de plantes érigées ou volubiles à 3 feuilles trifoliolées à la serre.

Variété	Date de semis	Entre-nœud 2		Entre-nœud 3		Entre-nœud 4	
		érigé	volubile	érigé	volubile	érigé	volubile
Coco nain	09.05.75	6,3	6,9	9,1	10,1	12,6	13,1
Mangetout Princesse	01.04.78	4,5	7,0	4,6	9,8	20,1	25,5

De même, en chambres conditionnées, on peut noter :

TABLEAU VIII

Longueur moyenne (cm) de chaque entre-nœud de plantes érigées ou volubiles de Mangetout Princesse en chambres conditionnées.

Conditions	Port	EN ₂ (cm)	EN ₃ (cm)	EN ₄ (cm)
L _{13,5°} D _{13,5°} 16:8	érigé	4,6	3,5	-
	volubile	9,1	13,9	-
20°C $\xrightarrow{FT_2}$ 30°C (lumière continue)	érigé	5,6	12,5	16,1
	volubile	8,8	13,8	18,8

EN_n = entre-nœud de rang (n)

FT₂ = étalement de la feuille trifoliolée de rang (2)

Ainsi, une longueur élevée d'entre-nœud va de pair avec le port volubile.

B. — LONGUEUR MOYENNE DES ENTRE-NŒUDS DE LA TIGE (OU LONGUEUR DE L'ENTRE-NŒUD «MOYEN»)

Un entre-nœud «moyen» a été défini. C'est le premier entre-nœud, à partir de la base de la plante, à présenter une longueur supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-nœuds de la tige. Et nous nous proposons d'examiner si un tel entre-nœud serait le révélateur d'un facteur jouant quel rôle dans l'édification du port de la plante.

1. — SEUIL DE LONGUEUR DE L'ENTRE-NŒUD «MOYEN»

Tout d'abord, existe-t-il une longueur d'entre-nœud qui serait une ligne de démarcation entre le port érigé et le port volubile? Pour répondre à cette question, nous avons établi un tableau de fréquence de la longueur de l'entre-nœud «moyen» (= nombre de plantes par classe de longueur de l'entre-nœud «moyen») chez toutes les variétés étudiées et dans toutes les conditions de milieu utilisées (tableau IX).

On constate alors que :

— pour les variétés naines

- lorsque la plante est érigée, courte ou longue, la longueur correspondant à la fréquence maximale de la longueur de l'entre-nœud «moyen» est de 3 à 6 cm en champ, 5 à 7 cm à la serre et de 5 à 8 cm en chambres conditionnées ;
- lorsque la plante est volubile, cette longueur débute à 6 et surtout à 7 cm à la serre, à 8 et surtout 9 cm en chambres conditionnées pour souvent dépasser largement 12 cm. Il faut noter qu'elle est plus fai-

TABLEAU IX

Tableau de fréquence : nombre de plantes caractérisées par une longueur donnée de l'entre-nœud «moyen» chez plusieurs variétés dans différentes conditions de milieu.

Variété	Milieu	Port	Intervalle de longueur de l'entre-nœud "moyen" (cm)										
			1,9 - 2,0	2,0 - 2,9	3,0 - 3,9	4,0 - 4,9	5,0 - 5,9	6,0 - 6,9	7,0 - 7,9	8,0 - 8,9	9,0 - 9,9	10,0 - 10,9	11,0 - 11,9
Coco à Ramen	Champ	V								3	0	15	28
	Serre	V						8	0	17	0	15	44
	Chambres	E			59	0	8	3					
		V				8	11	7	1	13			
Toutes les variétés naines étudiées	Champ	E	29	145	151	149	56	3					
	Serre	E			15	90	102	34	16				
		V			4	23	45	90	94	105	66	23	260
	Chambres	E		1	10	42	38	60	21	20	11	2	3
		V					7	6	20	40	19	46	205
Coco nain	Serre	E			8	91	94	30	12				
		V			4	23	45	79	44	40			
Ocalb	Chambres	E						14	16	11	11	2	1
		V							2	1	1	0	33
Mangetout Princesse	Champ	E	4	5	8	6							
	Serre	V				5	6	0	2	0	4	0	6
	(transfert)												

E = érigé

V = volubile

ble quand une plante s'enroule peu comme Coco nain à la serre ou Mangetout Princesse en population mixte (essai de transfert champ-serre par exemple);

- si l'on considère que les plantes à port intermédiaire, classées ici parmi les plantes volubiles, ont pu avoir une longueur de l'entre-nœud «moyen» comprise entre 6 et 9 cm, on peut admettre un seuil

de 9,0 au-dessus duquel la plante est volubile et au-dessous duquel elle est érigée.

— pour Coco à rames. Le seuil ne peut être déterminé ni en champ ni à la serre où la plante est constamment volubile. Il l'a donc été en chambres conditionnées, notamment aux températures favorables au port érigé ou à la coexistence des 2 ports au sein d'une même population :

- lorsque la plante est érigée, courte ou longue, la longueur correspondant à la fréquence maximale de la longueur de l'entre-nœud «moyen» est de 4 à 5 cm ;
- lorsque la plante est volubile, cette longueur débute à 6 cm pour dépasser 12 cm ;
- on peut donc admettre un seuil de 6 cm au-dessus duquel la plante est volubile et au-dessous duquel elle est érigée.

Ainsi, pour les variétés étudiées, il existe un seuil de longueur de l'entre-nœud «moyen», ligne de démarcation entre le port érigé et le port volubile. Ce seuil, dans les conditions de nos expériences, est d'environ 6 cm pour le Coco à rames et d'environ 9 cm pour les variétés naines. Il est compris entre 6 et 9 cm pour les plantes à port intermédiaire et les plantes qui s'enroulent peu.

2. — RELATION ENTRE LA PÉRIODE DE CROISSANCE EN LONGUEUR DE L'ENTRE-NŒUD «MOYEN» ET LE DÉBUT DE L'ÉTABLISSEMENT DU PORT DE LA PLANTE

Nous nous sommes demandé s'il existe une relation entre le moment de la pleine croissance de l'entre-nœud «moyen» et l'apparition de l'enroulement de la plante volubile. Pour répondre à cette question, nous avons étudié cette relation chez Mangetout Princesse (essai de transfert champ-serre, 20°C, 23°C, 25°C, 27°C, 30°/20°) et Coco à rames (serre, L₃₂° D₁₂°/L_{13,5}° D_{13,5}°, L₂₀° D₁₂°/L₃₂° D₁₂°). Il existe une coïncidence frappante entre l'apparition du mouvement et la période de plein développement de l'entre-nœud «moyen» (quelquefois de l'entre-nœud situé immédiatement au-dessus). Quelques résultats chez Mangetout Princesse sont présentés dans le tableau X.

TABLEAU X

Relation entre la période de croissance de l'entre-nœud «moyen» et l'apparition de l'enroulement.

Température (°C)	23°	25°	27°
Période de croissance de l'entre-nœud "moyen" (n jours après le semis : début et fin de croissance)	14-17	12-13	10-12
Apparition de l'enroulement (n jours après le semis)	17	12	11

C'est donc au moment de la pleine croissance de l'entre-nœud «moyen» que commence à apparaître le port futur (érigé ou volubile) de la plante, suivant que sa longueur est inférieure ou supérieure au seuil (6 cm pour Coco à rames et 9 cm pour les variétés naines).

C. — DISCUSSION ET RÉSUMÉ

La longueur moyenne de tous les entre-nœuds de la tige est évaluée à la fin de la croissance de la tige. L'entre-nœud «moyen» ne peut donc être défini qu'à la fin de la croissance de tous les entre-nœuds. Or, c'est pendant le plein développement de cet entre-nœud «moyen» que commence à apparaître le port de la plante. Tout se passe comme si, à partir de la courbe de longueur des entre-nœuds le long de la tige, établie entre la levée germinative et le développement de l'entre-nœud «moyen», on pouvait prévoir la courbe entière de longueur de tous les entre-nœuds de la plante. On peut, on le sait, y parvenir par ajustement de la courbe partielle obtenue au développement de l'entre-nœud «moyen» à une courbe en cloche entière qui correspond, en principe, à la courbe de tous les entre-nœuds présents et futurs. Il s'ensuit que, pour une variété donnée cultivée dans des conditions de milieu définies, tout se passe comme s'il existait un programme préétabli dont l'exécution progressive au cours du temps conduit au port de la plante : nombre d'entre-nœuds défini à la levée germinative, longueur des différents entre-nœuds définie au plus tard au développement de l'entre-nœud «moyen».

Des programmes similaires ont déjà été mis en évidence chez la plante au sujet du mécanisme de la floraison (MARESQUELLE, 1976) ou des corrélations entre organes (DESBIEZ, 1975).

III. — LONGUEUR DE LA PLANTE

A. — RELATION ENTRE LONGUEUR ET PORT DE LA PLANTE

En général, la plante érigée est moins longue que la plante volubile comme le montre le tableau XI.

TABLEAU XI

Longueur (cm) de la tige et port de la plante en fonction des conditions du milieu.

Variété	Port	Date de semis (serre)		Température (°C)		
		23.12.77	01.03.78	L _{13,5°} D _{13,5°} 16:8	32° - 33° (lumière continue)	L _{32°} D _{12°} 12:12 → L _{12°} D _{12°} 16:8
Mangetout Princesse	érigé	26,1	41,5	18,2	-	33,8
	volubile	46,4	58,9	36,9	72,6	-
Coco à rames	érigé	-	-	27,6	73,6	27,4
	volubile	-	-	35,1	141,9	-

Si dans une population mixte (où les deux ports coexistent dans les mêmes conditions du milieu), la plante érigée est moins longue que son homologue volubile, on peut observer la situation inverse lorsque les conditions du milieu sont différentes: Mangetout Princesse érigé à la serre au semis du 01.03.78 (41,5 cm) et volubile à 13,5°C (36,9 cm), Coco nain érigé à 30°C (55,0 cm) et volubile à 30°/20° (46,3 cm), Ocelo érigé à 20° (12 jours)/30° (72,1 cm) et volubile à 20°C (44,8 cm).

B. — RELATION ENTRE LA LONGUEUR (OU ENTRE LA HAUTEUR) DE LA TIGE ET LES CARACTÈRES VOLUBILES

La hauteur de la partie enroulée étant une caractéristique de la plante volubile, nous avons noté également la hauteur de la plante entière.

Pour une variété donnée, Mangetout Princesse par exemple, cultivée à des températures constantes, de 20°C à 32°C, en lumière continue, la hauteur de la tige et les caractères volubiles correspondants évoluent parallèlement comme le montre le tableau XII.

TABLEAU XII

Variation de la hauteur de la tige et des caractères volubiles (hauteur de la partie enroulée, nombre de tours de tuteur) en fonction de la température chez Mangetout Princesse.

Température (°C)	20°	25°	27°	30°	32°
Hauteur moyenne (cm) de la tige	56,1	101,9	122,5	125,3	81,4
Hauteur moyenne (cm) de la partie enroulée	24,4	80,1	92,0	85,0	31,4
Nombre moyen de tours de tuteur	1,7	6,5	8,1	8,7	2,9

Ce tableau montre cependant une certaine dissociation entre la hauteur de la tige (maximale à 30°C) et la hauteur de la partie enroulée (maximale à 27°C). Cette dissociation apparaît plus nettement avec un couple de températures constantes successives comme le montrent les résultats groupés dans le tableau XIII.

TABLEAU XIII

Dissociation entre la hauteur (cm) de la tige et les caractères volubiles (hauteur de la partie enroulée et nombre de tours de tuteur) chez Ocelo à 30°/20° comparativement à 30°C.

Nombre d'entre-noeuds	5		6	
	30°	30°/20°	30°	30°/20°
Hauteur moyenne (cm) de la tige	92,6	84,9	115,5	105,0
Hauteur moyenne (cm) de la partie enroulée	31,2	46,7	44,5	56,9
Nombre moyen de tours de tuteur	1,7	3,6	3,8	4,5

Les plantes cultivées à 30°C sont plus longues (92,6 cm) que celles cultivées à 30°/20° (84,9 cm). Pourtant les plantes les plus longues sont celles qui s'enroulent le moins : une hauteur enroulée de 31,2 cm pour les plus grandes et de 46,7 cm pour les plus petites, un nombre moyen de tours de tuteur de 1,7 pour les plus grandes et de 3,6 pour les plus petites. Il apparaît clairement que l'enroulement n'est pas lié à la longueur de la plante et que, par conséquent, il y a lieu de dissocier longueur de la plante et volubilisme. Des résultats analogues observés sur les autres variétés naines confirment ce point de vue.

Ainsi, une relation entre la longueur de la plante et l'intensité des caractères volubiles se manifeste à des températures constantes favorables à une croissance rapide : de 20° à 27°C, plus la température est élevée, plus la tige est grande et plus les caractères volubiles sont intenses. Au contraire, lorsque les plantes sont cultivées à températures extrêmes chaudes (30°C à 34°C), il y a dissociation entre la longueur de la tige et l'enroulement :

— Exemple d'une variété naine. Chez Ocelo cultivé à 30°/20° et à 30°C comme témoin (tableau XIII), à la longueur de tige la plus faible (à 30°/20°) correspond l'enroulement le plus fort.

— Exemple du port érigé long. On peut rencontrer des plantes non volubiles, beaucoup plus grandes (au moins 60 cm) que les plantes érigées habituelles (25 à 35 cm). Elles doivent être maintenues au tuteur par des attaches pour rester dressées. Nous appelons érigé long un tel port. Il apparaît aux températures extrêmes chaudes. Citons, entre autres, 2 cas :

- Mangetout Princesse (variété naine) à
 - L_{32°} D_{12°} 16:8 (longueur = 65 cm)
 - L_{32°} D_{12°} 12:12 (longueur = 62 cm)
- Coco à rames (variété volubile) à
 - 32°-33°C (longueur = 74 cm - tableau XI)
 - 20° (3 jours)/30° (longueur 101 cm)
 - L_{32°} D_{12°} 12:12 (longueur = 97 cm).

Comme le montrent ces différents exemples, la température joue un rôle important dans le déterminisme du port et dans la morphologie de la plante.

CONCLUSION

Il a été montré, tout le long de cet exposé, que la morphologie du haricot en fin de croissance dépend, comme le port de la plante, des conditions du milieu, notamment de la température, facteur le plus étudié.

En général, lorsqu'une variété naine devient volubile, elle est plus grande que lorsqu'elle est érigée. De même, lorsqu'une variété à rames est érigée, elle est, en général, plus petite que lorsqu'elle est volubile.

Un haricot génétiquement nain, même devenu volubile, est limité dans sa croissance par son nombre faible d'entre-nœuds (correspondant à 6 feuilles

trifoliolées au maximum et à quelques écailles) tributaire des conditions du milieu. Or la longueur de chaque entre-nœud, elle aussi tributaire des conditions du milieu, est limitée à un maximum, pour une même variété. La longueur d'un tel haricot, somme des longueurs de chaque entre-nœud, ne peut alors atteindre celle d'une variété à rames dont le nombre d'entre-nœuds est, habituellement, beaucoup plus élevé.

Cependant la notion de nanisme est toute relative. Une relation étroite entre la longueur et le port de la plante, observée en champ, n'existe pas toujours en chambres conditionnées; des plantes volubiles peuvent être moins longues que des plantes érigées d'une même variété, dans des conditions différentes :

- milieu chambres conditionnées, comparé à milieu serre
- milieu 30°/20° comparé à milieu 30°C
- milieu températures extrêmes chaudes (30°C à 34°C) comparé à milieu températures moins élevées (15°C à 27°C).

Quant à la notion de croissance illimitée (ou indéterminée), elle mérite d'être reconsidérée. L'arrêt de croissance est lié à la chute soit du bourgeon végétatif terminal (sous forme de colonnette) chez les variétés naines, soit du bourgeon végétatif terminal et de la portion sous-jacente de ce bourgeon (sous forme de fragment feuillé) chez les variétés à rames. Or la présence d'un bourgeon végétatif terminal définit une croissance illimitée ou indéterminée tandis que la présence d'une fleur (ou d'une inflorescence) terminale, une croissance limitée ou déterminée. Il s'ensuit que, pour toute variété de haricot, naine ou à rames, la croissance est illimitée. Cependant dans les deux cas, elle est arrêtée par la chute de la partie terminale après un fonctionnement plus ou moins important du méristème terminal. Ce dernier est plus actif chez les variétés à rames (formation d'une trentaine d'entre-nœuds en champ) que chez les variétés naines (formation de 7 entre-nœuds au plus). En outre, cette activité est toujours liée aux conditions du milieu (formation à 13,5°C de seulement 4 entre-nœuds chez Coco à rames et 2 entre-nœuds chez Mangetout Princesse). C'est donc dans cette activité méristématique que réside la différence fondamentale entre un haricot nain et un haricot à rames.

Le nombre d'entre-nœuds de la tige, au moins chez les variétés naines, est déterminé très tôt, à la levée germinative, par les conditions du milieu.

La courbe de la longueur des entre-nœuds le long de la tige est une courbe en cloche dont la pente à l'origine dépend à la fois de la variété et des conditions du milieu. Et lorsque, pour une variété donnée, ces dernières sont constantes au cours de la croissance, on peut prévoir la longueur des différents entre-nœuds. Tout se passe comme si la croissance s'effectue suivant un modèle, un programme préétabli.

Un entre-nœud «moyen» a été défini. C'est le premier entre-nœud à par-

tir de la base de la plante à présenter une longueur supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-nœuds. Il admet un seuil (6 cm chez Coco à rames, 9 cm chez les variétés naines) au-dessous duquel le port est érigé et au-dessus duquel il est volubile. C'est pendant la croissance de cet entre-nœud « moyen » qu'apparaît l'enroulement chez les plantes volubiles.

Ainsi, à des degrés divers selon la variété, la longueur et le port de la plante ne sont pas exclusivement reliés par une simple relation de cause à effet. Mais ils sont, tous deux, effets d'un même couple de causes, les conditions du milieu et le génome.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Mesdames Monique LOISEAU et Chantal ERAUD pour leur collaboration technique.

BIBLIOGRAPHIE

- BAILLAUD (L.), BULLE (J.) et COURTOT (Y.), 1962. — Sur le développement de haricots nains et grimpants cultivés en pleine terre, traités par l'acide gibbéréllique. *16th Intern. Hort. Cong. Brussels*, 2: 602-605.
- CHAMPAGNAT (M.), 1961. — Recherches de morphologie descriptive et expérimentale sur le genre *Linaria*. *Ann. Sci. nat., Bot.* 12^e sér., 22: 1-170.
- DAGBA (E.), 1985. — Influence du milieu, en particulier de la température, sur l'édification du port chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse Doct. d'État, Sci., n° E 340, Univ. Clermont-Ferrand II; 2 vol. (258 p. + 193 p.).
- DAGBA (E.), 1988. — Les facteurs du milieu, notamment la température et le port du haricot, *Phaseolus vulgaris* L.. *Rev. Cytol. Biol. végét.-Bot.*, 11: 85-112.
- DESBIEZ (M.O.), 1975. — Base expérimentale d'une interprétation nouvelle des corrélations entre le cotylédon et son bourgeon axillaire. Thèse Doct. d'État Sci., n° 193, Univ. Clermont-Ferrand; 2 vol. (158 p. + 91 fig. + 62 tabl.).
- MARESCUELLE (H.J.), 1976. — La notion de programme morphogénétique examinée dans le cas de la floraison. In: Roger JACQUES: *Études de Biologie Végétale: Hommage au Professeur Pierre CHOUARD (jubilé)*. Paris et Imp. Louis-Jean à Gap: 277-285.

EXPLICATIONS DES FIGURES

Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻².

- a : dans la graine, le jeune embryon présente les 2 jeunes primordiums des 2 premières feuilles trifoliolées.
 a' : schéma explicatif de la photo précédente a.
 Le chiffre n représente la feuille (O = feuille simple; 1 = 1^{ère} feuille trifoliolée) et le chiffre n', la stipule de la feuille n (O' = stipule de feuille simple).
 b : 24 heures (1 jour) après le semis, les 2 jeunes primordiums sont plus nets.
 b' : schéma explicatif de la photo b.
 c : 48 heures (2 jours) après le semis, 2 feuilles trifoliolées et le primordium de la 3^e feuille trifoliolée sont observés.
 c' : schéma explicatif de la photo c.
 d : 72 heures (3 jours) après le semis, 3 feuilles trifoliolées sont observées.
 d' : schéma explicatif de la photo d.
 e : 96 heures (4 jours) après le semis, 5 feuilles trifoliolées et une 6^e à l'état de très jeune primordium sont observés.
 e' : schéma explicatif de la photo e.

Fig. 3. — Coupes longitudinales du méristème apical du Coco nain à quelques moments de son développement.

- a : méristème apical en activité avec la 6^e feuille et son axillaire (à droite).
 b : méristème apical en fin d'activité. Apparition de la 6^e et de la 7^e feuille (ou écaille) avec leurs bourgeons axillaires. Sommet en voie d'allongement.
 c : un peu plus tard, le sommet s'est allongé davantage et forme une colonnette sans aucune formation nouvelle de feuilles (ou d'écailles).
 d : un peu plus tard encore, la colonnette est très allongée et le méristème avorte.

Fig. 4. — Comparaison du méristème apical du Coco nain et de Coco à rames en coupe longitudinale.

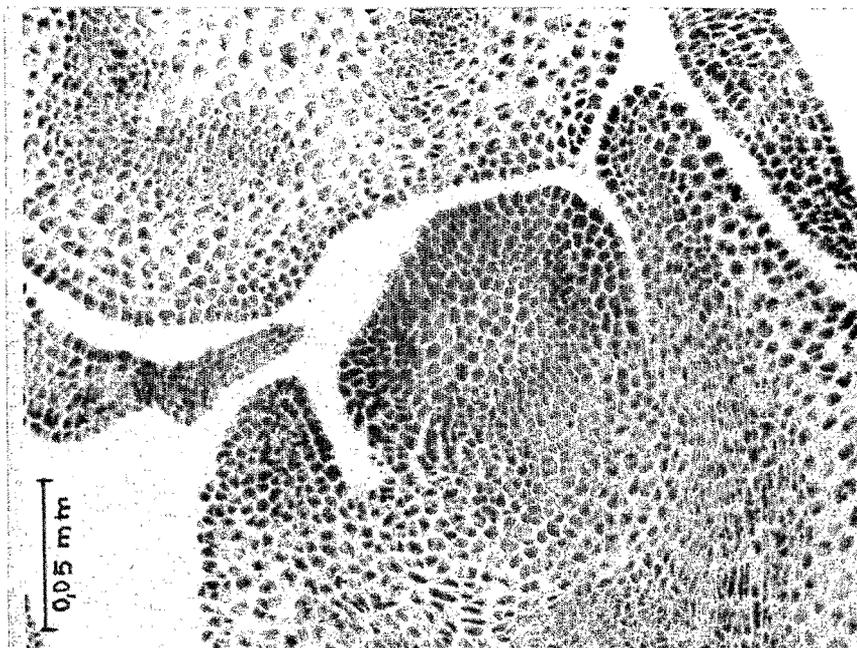
- a : Coco nain à la serre (âge : 3 semaines - semis du 18.05.76). Transformation du méristème apical en colonnette avec, à la base, les dernières feuilles (ou écailles : 6^e et 7^e) et leurs bourgeons axillaires floraux.
 b : Coco à rames à la serre (âge : 2 mois - semis du 18.05.76). Méristème apical toujours en activité : pas de colonnette. La dernière feuille initiée au moment de la fixation est la 26^e.

Fig. 5. — Arrêt de croissance chez Coco à rames.

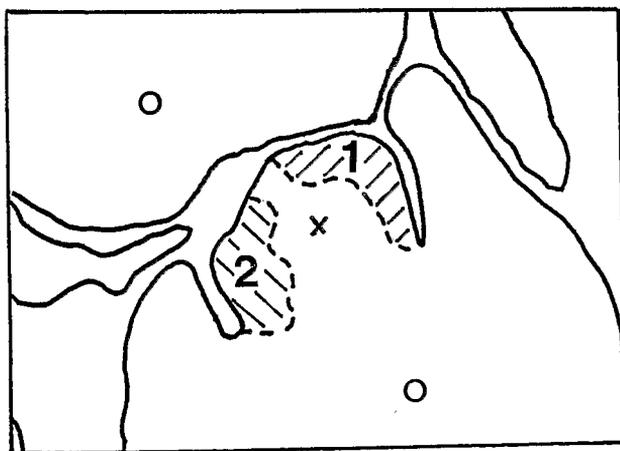
- a : sous L_{13,5°} D_{13,5°} 18:8^x 81 jours après le semis. Bourgeon végétatif rejeté sur le côté, un pédoncule inflorescentiel se développant dans l'axe de la tige.
 b : partie supérieure de la photo a prise de plus près.
 c : à la serre (semis du 05.12.80), 83 jours après le semis. Le bourgeon terminal de la tige et l'entre-nœud sous-jacent se dessèchent.
 d : à la serre (semis du 05.12.80), 83 jours après le semis. Sur le rameau axillaire de la première feuille trifoliolée, le bourgeon terminal, l'entre-nœud et une portion de l'entre-nœud suivant sont secs.

x 16:8 (et non 18:8)

Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻².

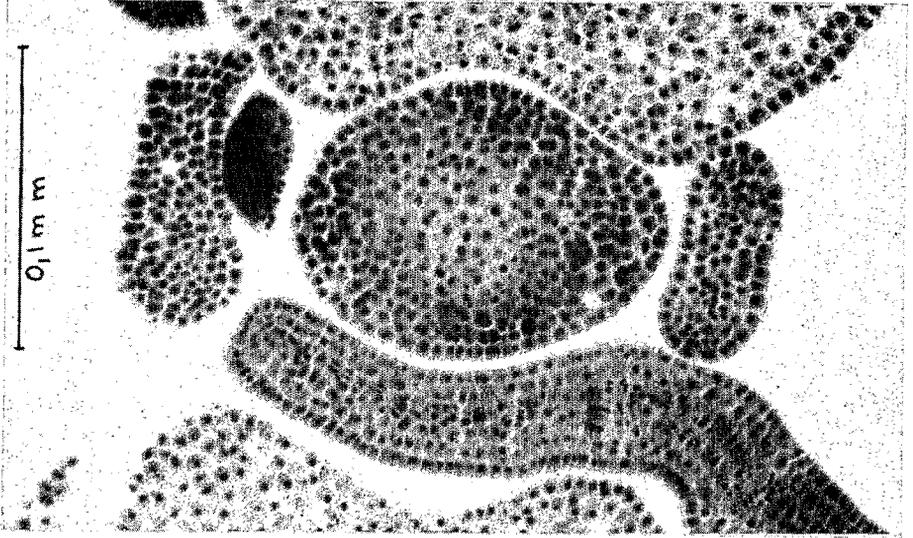


a

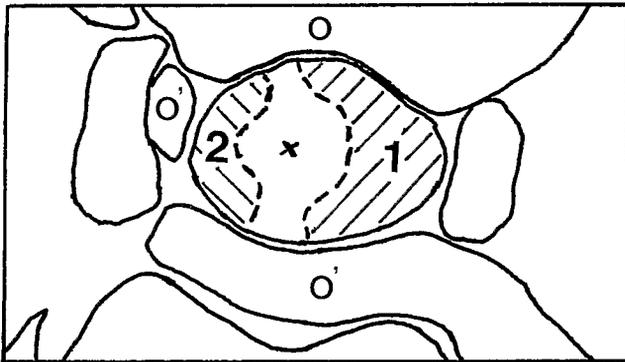


a'

Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻² (suite).



b



b'

Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻² (suite).

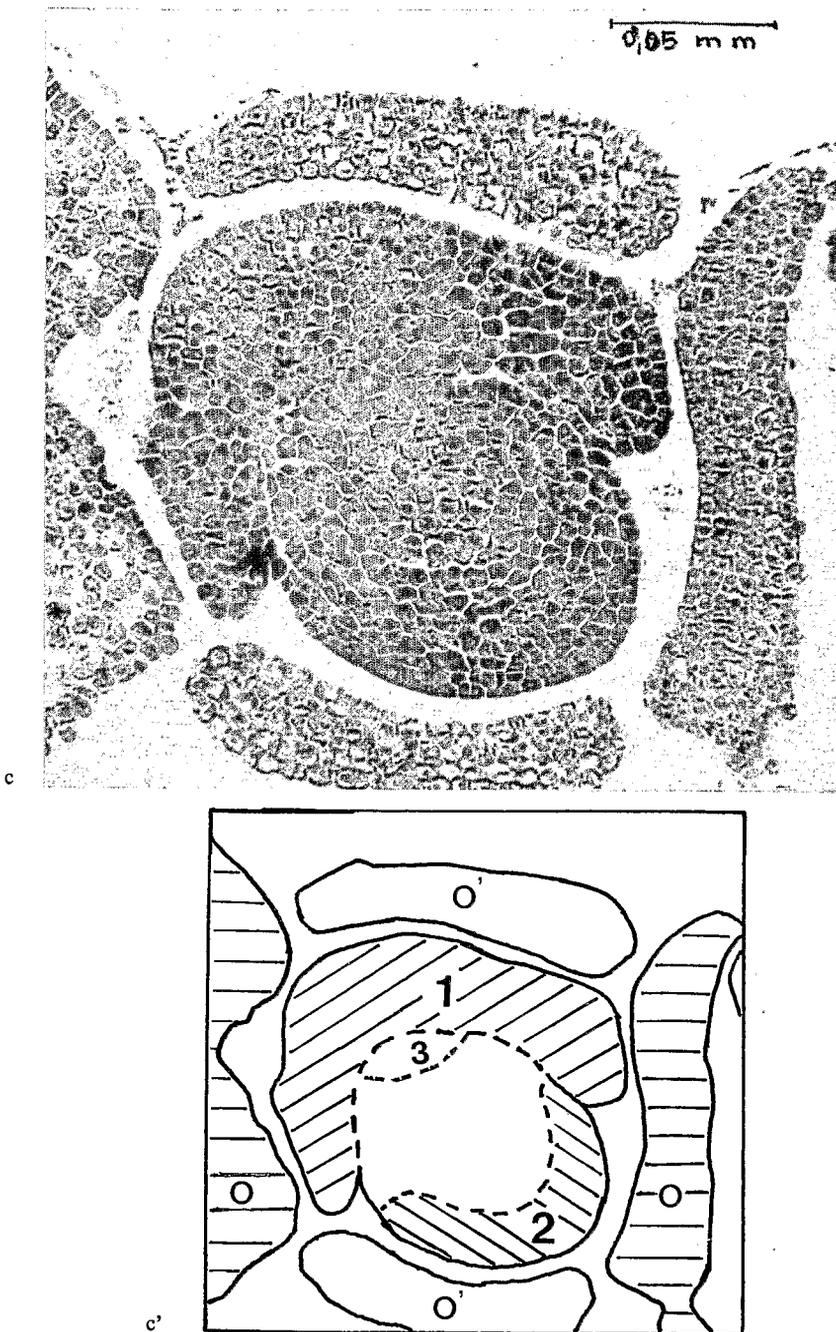


Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻² (suite).

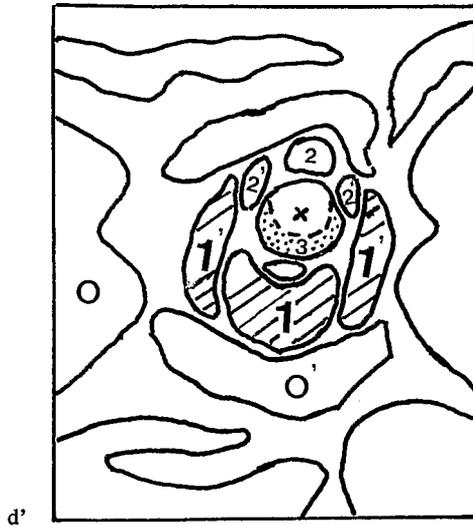


Fig. 2. — Coupes transversales de l'apex, à quelques moments de sa croissance, de Coco nain semé à 30°C, lumière continue, 21 W m⁻² (suite et fin).

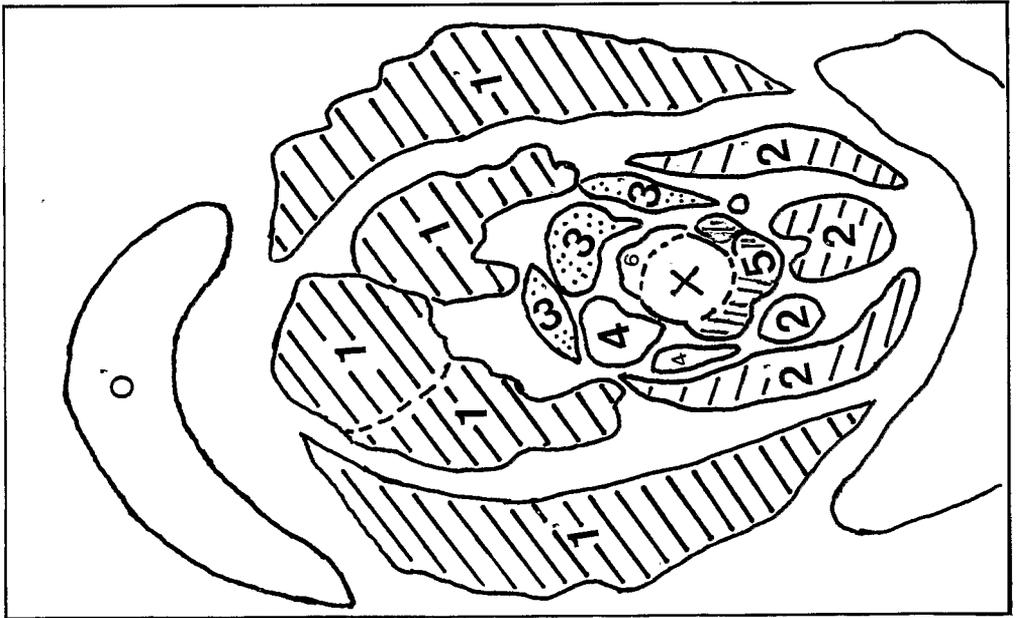


Fig. 3. — Coupes longitudinales du méristème apical du Coco nain à quelques moments de son développement.

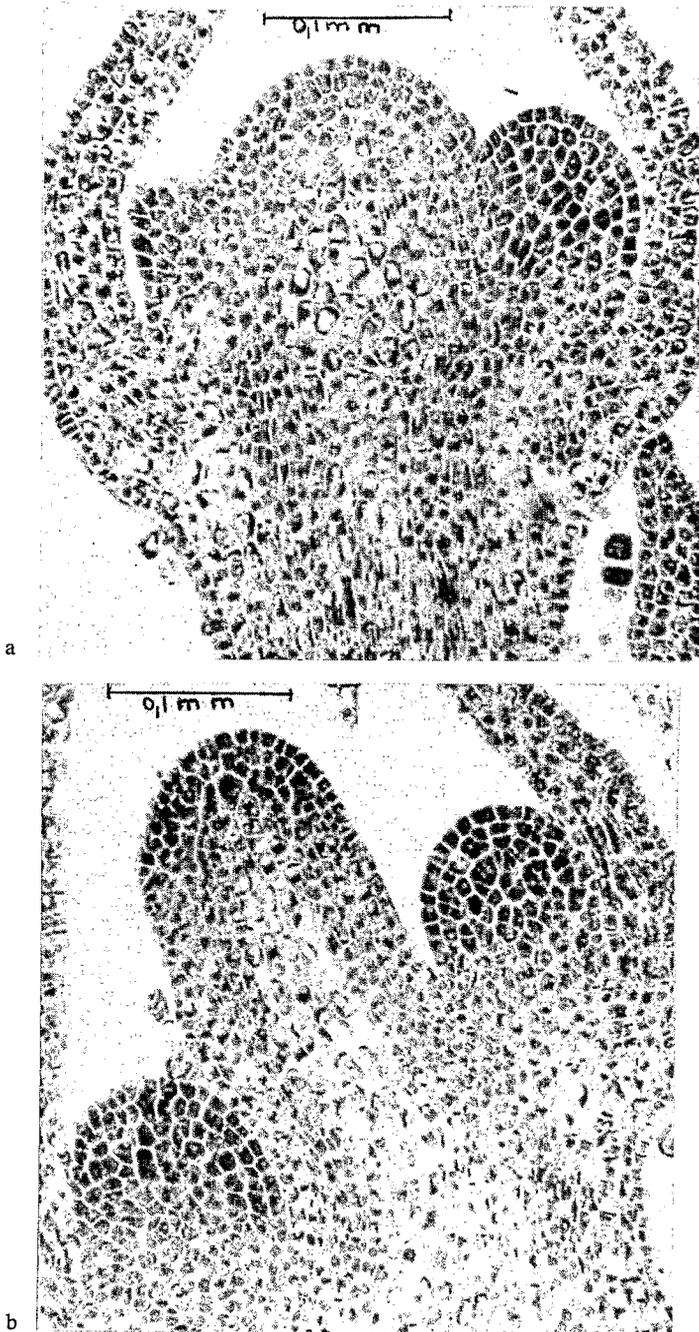
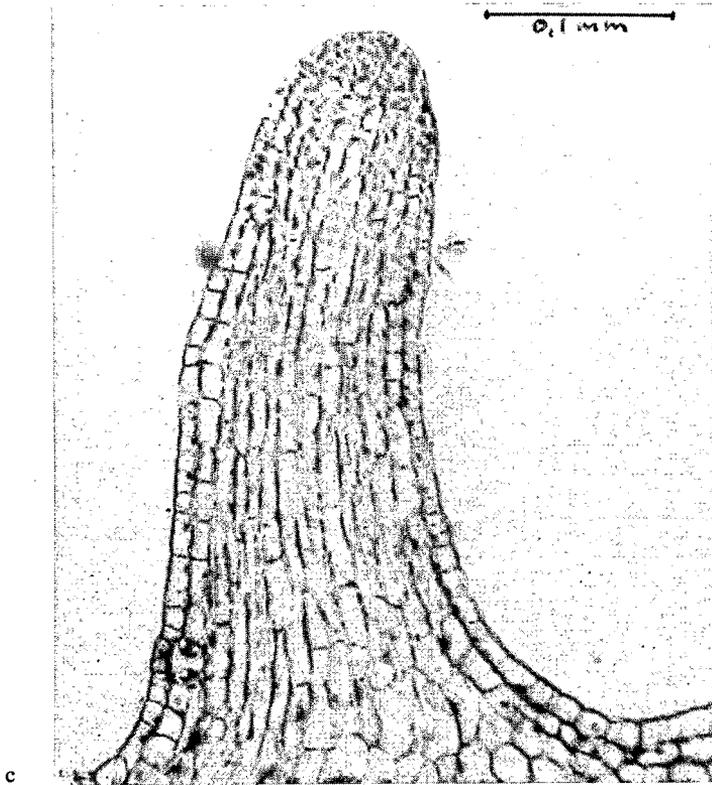
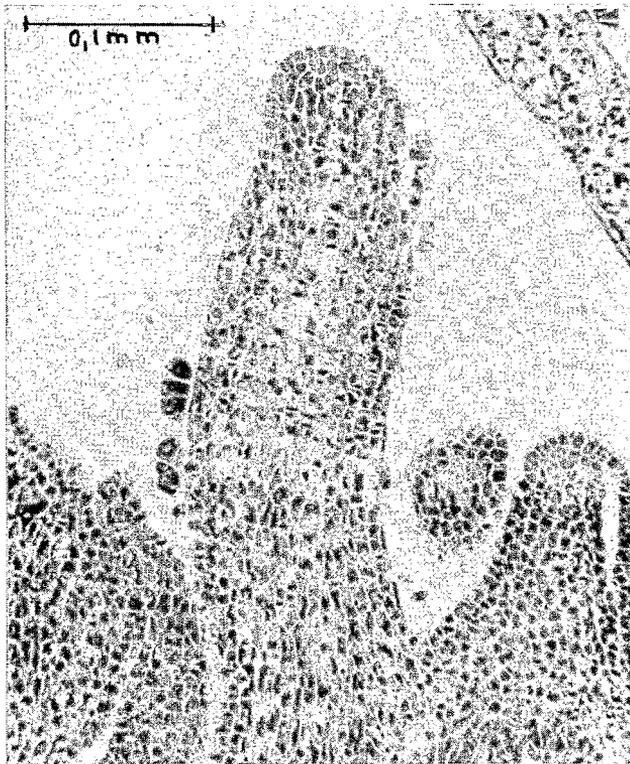


Fig. 3. — Coupes longitudinales du méristème apical du Coco nain à quelques moments de son développement (suite et fin).



c



d

Fig. 4. — Comparaison du méristème apical du Coco nain et de Coco à rames en coupe longitudinale.

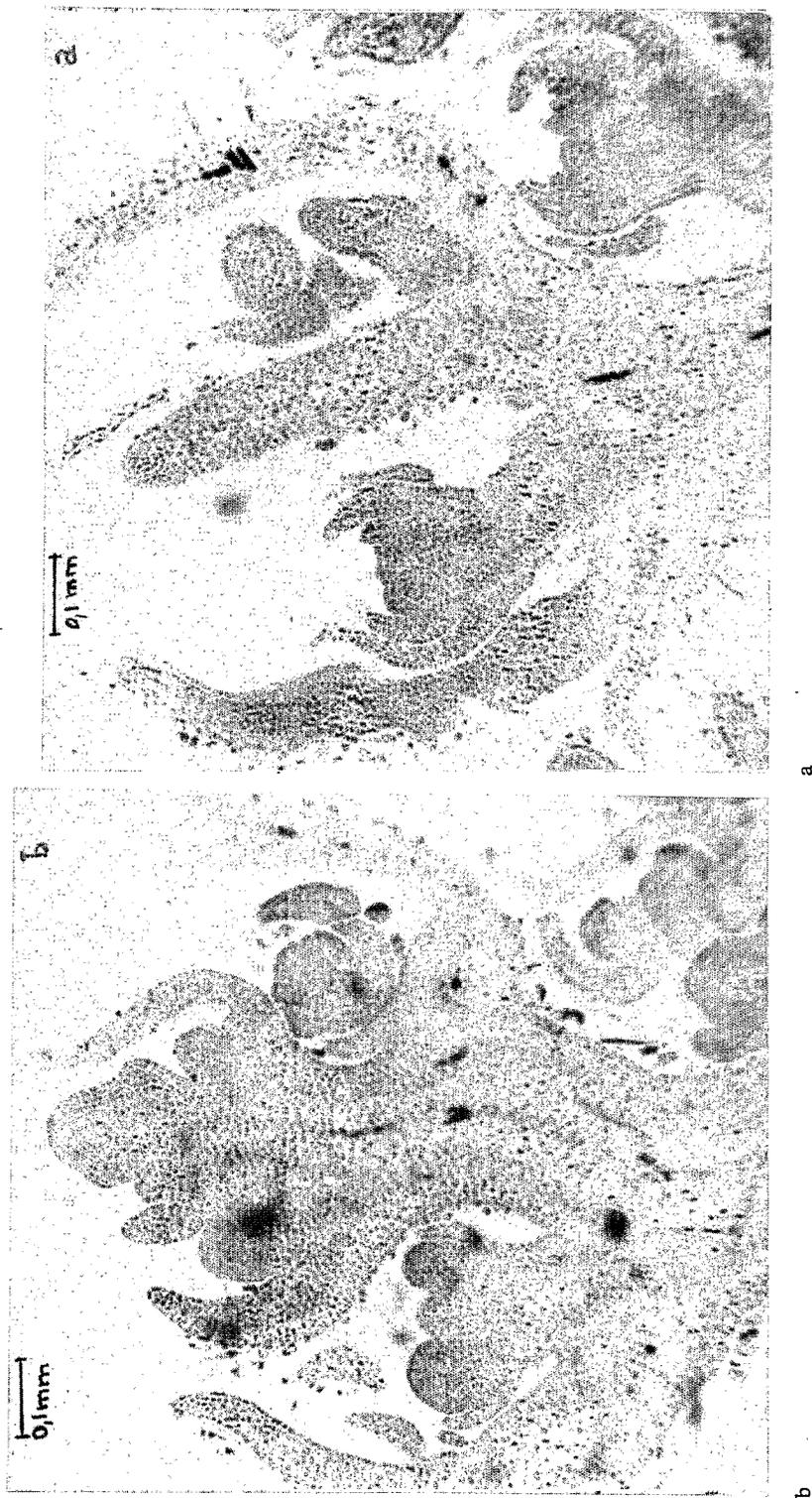
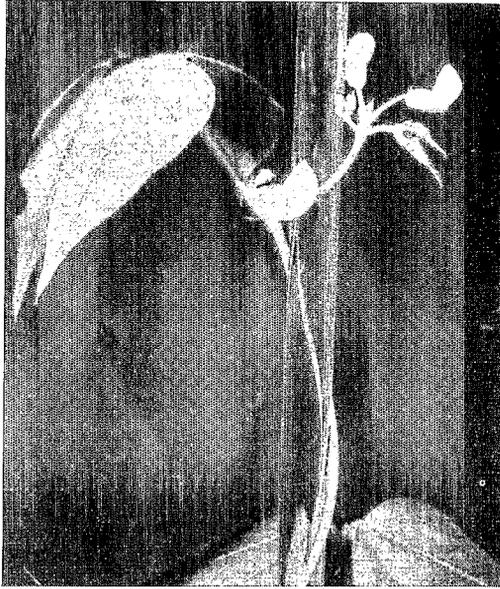
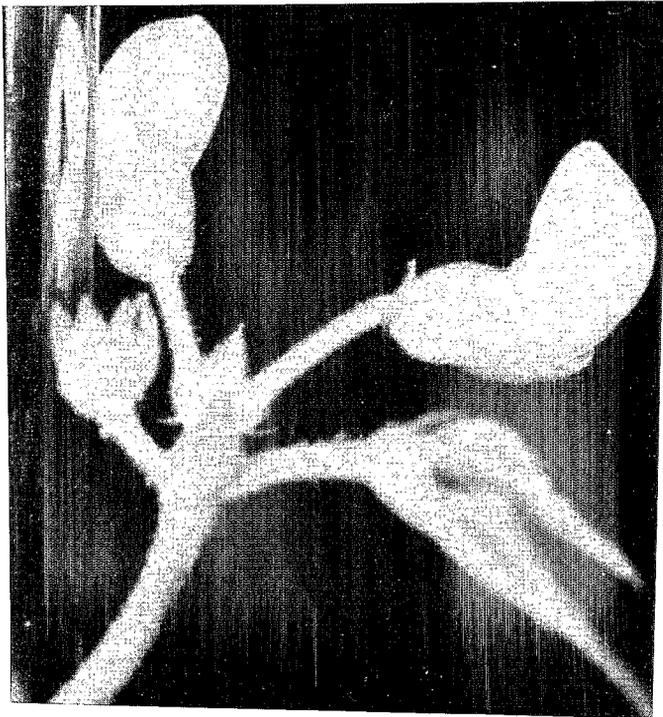


Fig. 5. — Arrêt de croissance chez Coco à rames.



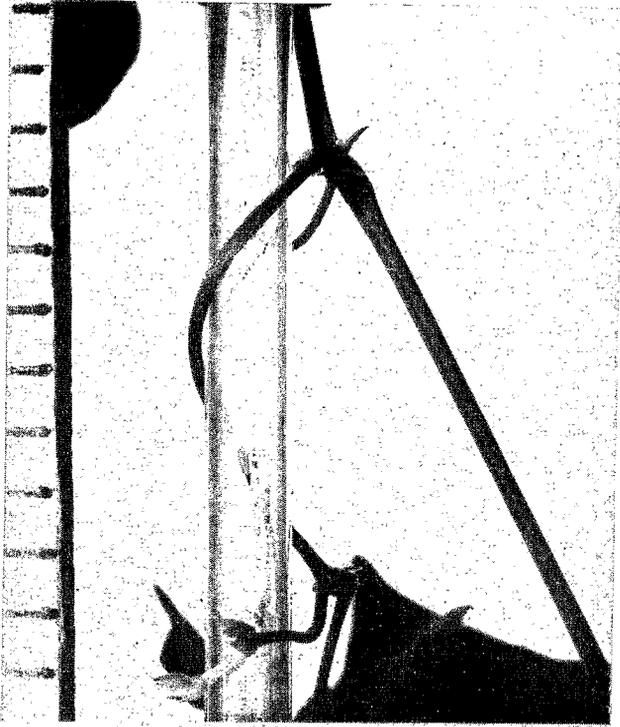
a



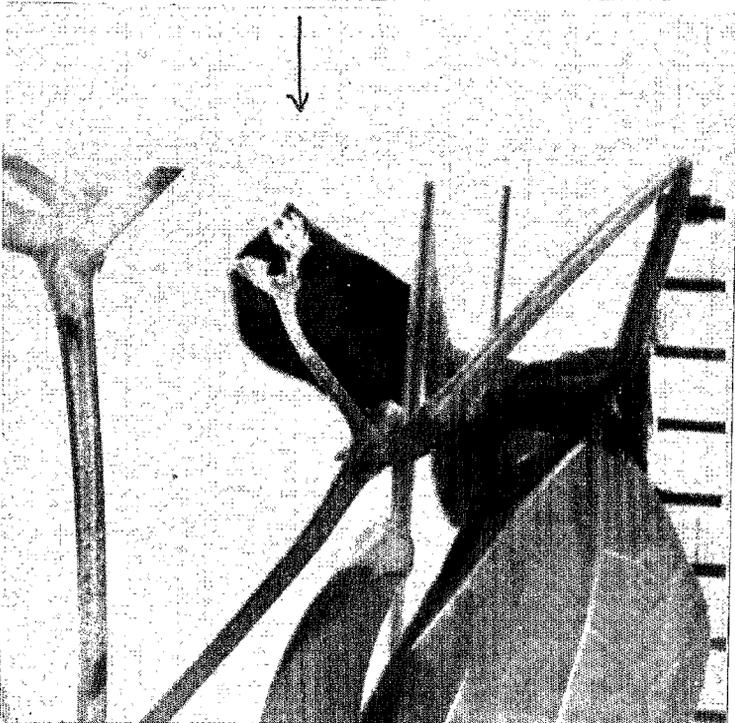
b

Fig. 5. — Arrêt de croissance chez Coco à rames (suite et fin).

Le sommet de la
plante (fig. 5c) a
été en bas par
inattention



c



d