

Série D. E.

N° d'ordre : E 340

THESE

Présentée

à

L'UNIVERSITE DE CLERMONT II

(U. E. R. de Recherche Scientifique et Technique)

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS SCIENCES

par

Eugène DAGBA

*Influence du milieu,
en particulier de la température,
sur l'édification du port
chez le haricot*

(*Phaseolus vulgaris* L.)

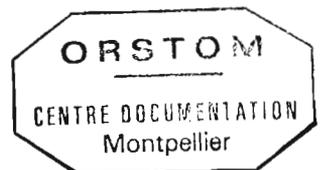
I. TEXTE

Soutenue le **04 JUIL. 1985** devant la Commission d'Examen :

Jury : M.M. P. CHAMPAGNAT
J.P. ALARD
J.C. FONDEVILLE
F. HALLE
Melle M. REMY
M. J. VIEIRA da SILVA

Président

Examineurs



#2 57281 2exp FBI

Ø76PHYBIOØ1, DAG

F 25 169 (vol. 1)

Hommage

à

quelques Maîtres aujourd'hui disparus :

Le Professeur **COMBES**, spécialiste de la relation entre le milieu et la forme des végétaux, fondateur de l'O.R.S.T.O.M. (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer).

Le Professeur **GAUSSEN**, dont j'ai été l'élève

- Le Professeur **CHOUARD**, qui m'a initié à la recherche.

AVANT-PROPOS

Avant d'exposer les résultats de mes recherches, qu'il me soit permis d'exprimer mes sentiments de reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Que Monsieur le Professeur **CHAMPAGNAT**, Directeur du laboratoire de Morphogenèse de Clermont et membre du Comité Technique de l'O.R.S.T.O.M., veuille bien accepter l'expression de ma profonde gratitude. Il m'a accueilli avec spontanéité dans son laboratoire, a proposé le sujet et dirigé les travaux que nous allons exposer. Malgré ses nombreuses obligations, il a suivi avec intérêt les problèmes et les difficultés qui sont apparus et leur a apporté les solutions qui s'imposaient. Il m'a guidé avec bienveillance et ses suggestions, toujours constructives, ont été fructueuses. C'est un grand honneur qu'il m'a fait de présider cette soutenance. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma très profonde et respectueuse reconnaissance.

Monsieur le Professeur **VIEIRA da SILVA**, spécialiste de la nutrition hydrique au laboratoire d'Ecologie de l'Université de Paris et membre du Comité Technique de l'O.R.S.T.O.M., était venu voir mes expériences sur le terrain, à Sékou (Bénin = Dahomey). Comme je lui montrais la variation du port de la plante d'une saison à l'autre, il me fit remarquer que c'était quelque chose d'étonnant qui intéresserait certainement Monsieur le Professeur **CHAMPAGNAT**. Ce fut le point de départ. Je voudrais ici lui témoigner ma profonde reconnaissance pour ses bons conseils et pour sa participation, à nouveau, après avoir déjà été membre du jury de notre thèse de 3ème cycle, au jury de notre thèse d'Etat.

Monsieur le Professeur **FONDEVILLE**, très intéressé par nos recherches, nous a fourni quelques graines de haricot, var. Pinto, sur laquelle **HENDRICKS** (1960) avait fait ses expériences. Il nous a proposé en même temps quelques caissons expérimentaux. Il a bien voulu corriger un premier texte de ce mémoire. Je suis heureux de lui témoigner ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur **HALLE**, spécialiste de la croissance des végétaux à l'Université de Montpellier et membre du Comité Technique de l'O.R.S.T.O.M., a bien voulu se joindre au jury. Je lui en suis vivement reconnaissant.

Je dois dire combien je suis reconnaissant à Monsieur le Professeur **ALARD**, du laboratoire de Physique de Clermont, d'avoir bien voulu m'aider dans l'analyse des résultats expérimentaux sur la croissance de la plante. Il s'intéressa vivement à la question dès notre premier contact dans son laboratoire et relut le manuscrit. Ses remarques contribuèrent à améliorer le texte. Qu'il veuille bien accepter l'expression de ma très profonde gratitude.

Je ne saurais oublier ce que je dois à Mademoiselle **REMY**, Maître-Assistant. C'est avec elle que j'ai travaillé au jour le jour. Avec une méthode rigoureuse, une disponibilité indéfectible et un dévouement inlassable, elle a su aisément me faire suivre le principe fécond de Boileau : "Mille fois sur le métier, remettez votre ouvrage". De ce fait, malgré ses lourdes charges d'enseignement, elle a consacré beaucoup de son temps à ce mémoire. Qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Qu'il me soit permis de remercier Madame **CHAMPAGNAT**, Maître de Recherches au C.N.R.S., pour l'aide efficace qu'elle m'a apportée dans la réalisation et l'interprétation des coupes histologiques.

Monsieur **NIQUEUX**, Directeur de l'I.N.R.A. (Institut National de la Recherche Agronomique) de Clermont, a mis gracieusement à ma disposition des terrains propres à notre expérimentation et des documents scientifiques. J'ai toujours rencontré dans cette station un accueil cordial et vivifiant. Qu'il soit assuré de ma très grande reconnaissance. Je profite de l'occasion pour remercier tous ses collaborateurs, en particulier Monsieur **P. LECLERCQ**, de cette disponibilité et de ce contact très enrichissants entre chercheurs.

Je voudrais dire combien je suis reconnaissant à Monsieur Le Directeur Général de l'O.R.S.T.O.M. de m'avoir exhorté à entreprendre ces travaux. Je suis également reconnaissant à ses collaborateurs, Monsieur le Professeur **LAVOLLAY**, spécialiste de la nutrition minérale aux Arts et Métiers à Paris et Mademoiselle **SCHEIDECKER**, Maître de Recherches au C.N.R.S., responsables de la Section Physiologie Végétale, qui m'ont accueilli spontanément dans cette discipline à mon entrée dans l'Institut.

Je remercie Monsieur Le Professeur **MARCHAND**, Professeur de Mathématiques à l'Université de Dakar, qui m'a initié aux mathématiques.

Je voudrais aussi remercier très sincèrement tous les Professeurs du laboratoire de Clermont pour le bon accueil qu'ils m'ont toujours réservé et leurs vifs encouragements.

Que tous mes collègues et tout le personnel, aussi bien du laboratoire de Clermont que de l'O.R.S.T.O.M., trouvent ici l'expression de ma gratitude pour leur cordialité et leur sympathie.

LEXIQUE

	numéro
Couple de températures	3
Couple de thermopériodes quotidiennes	4
Enroulement	1
Ensoleillement	2
Période initiale	5
Période finale	6
Plein régime	8
Qualification moyenne des températures	7
Qualification moyenne des thermopériodes	7
Succession de 2 températures	3
Température initiale	3
Température finale	3
Thermopériode quotidienne	4
Thermopériode à rythme quotidien	4
Thermopériode initiale	5
Thermopériode finale	5

- 1.- Enroulement : établissement progressif au cours du temps de la structure statique hélicoïdale d'une plante volubile.
- 2.- Ensoleillement : variation simultanée de la température et de la lumière (intensité, radiations, ...) due au mouvement apparent du soleil au cours de la journée et à la présence ou à l'absence de nuages.
- 3.- Couple de températures (ou succession de 2 températures) : 2 températures différentes, en lumière continue, chacune d'elles pendant une période du cycle de la plante, la durée de la

première période étant au moins égale à un jour, celle de la deuxième période s'étendant sur le reste du cycle de la plante.

La première température, comme la première période, sont dites initiales. Les deuxième température et deuxième période sont dites finales.

- 4.- Thermopériode quotidienne (ou thermopériode à rythme quotidien) : alternance quotidienne de 2 températures différentes, se superposant à une photopériode journalière (alternance jour/nuit avec jours courts, moyens ou longs).

Des couples de thermopériodes quotidiennes ont été aussi utilisés.

- 5.- Période initiale : la première période de température (ou de thermopériode quotidienne) lors de l'utilisation d'un couple de températures (ou d'un couple de thermopériodes quotidiennes) au cours du cycle de la plante.

Le plus souvent, la période initiale s'étend du semis à l'étalement de la première feuille trifoliolée.

- 6.- Période finale : la deuxième période de température (ou de thermopériode quotidienne) lors de l'utilisation d'un couple de températures (ou d'un couple de thermopériodes quotidiennes) au cours du cycle de la plante.

Cette période finale commence à la fin de la première période et finit à la récolte.

- 7.- Qualification moyenne des températures ou des thermopériodes :

Température très chaude : de l'ordre de 33° - 35°C

Température chaude : de l'ordre de 27° - 30°C

Température fraîche : de l'ordre de 16° - 20°C

Température très fraîche : de l'ordre de 12° - 13°C

Thermopériode chaude : lorsque la température du jour est très chaude

Thermopériode fraîche : lorsque la température du jour est fraîche.

8.- Plein régime : vitesse de croissance correspondant à la pente la plus élevée de la courbe de croissance en fonction du temps.

S O M M A I R E

	Page
INTRODUCTION	1
MATERIEL ET METHODES	10
I - Matériel biologique	10
II- Conditions expérimentales	11
III- Méthodes d'analyse des résultats	15
PREMIERE PARTIE - PORT DE LA PLANTE ET FACTEURS DU MILIEU	16
Introduction	16
Chapitre I - Etude en champ et à la serre	18
I - En champ	18
II- A la serre	20
A. Variétés naines	20
1. Coco nain	21
1.1. Relation entre la température extérieure à la serre et le port de la plante	21
1.2. Description des ports intermédiaires entre le port érigé et le port volubile	24
1.3. Résumé	26
2. Mangetout Princesse	26
2.1. Relation entre la température extérieure à la serre et le port de la plante	27
2.2. Description des ports intermédiaires entre le port érigé et le port volubile	29
2.3. Résumé	29
B. Variétés à rames	30
C. Conclusion	30
Chapitre II - Etude en chambres conditionnées	32
I - Conditions d'obtention du port érigé ou volubile chez une variété naine	37
A. Coco nain	37
1. Description des ports typiques et intermédiaires observés	37
2. Relation entre le port et les conditions du milieu	
2.1. Température constante en jour continu	38
2.2. Deux températures constantes, l'une initiale, l'autre finale, en jour continu	39
3. Essai de récapitulation	43

	Page
B. Autres variétés	44
1. En jour continu et sous 21 W.m^{-2}	44
1.1. Couple de températures $30^{\circ}/20^{\circ}\text{C}$	44
1.2. Températures constantes témoins (30°C et 20°C)	44
1.3. Couple de températures $20^{\circ}/30^{\circ}\text{C}$	45
2. Sous un rythme quotidien de température et d'éclairage	46
2.1. Une seule thermopériode quotidienne	47
2.2. Deux thermopériodes quotidiennes différentes et successives	48
2.3. Une thermopériode quotidienne suivie ou précédée d'une température constante fraîche	52
3. Résumé	54
II - Conditions d'obtention du port volubile ou érigé chez une variété à rames	56
A. Conditions du milieu étudié	57
1. Températures constantes	57
2. Températures constantes et successives	57
3. Une seule thermopériode à rythme quotidien	58
4. Une thermopériode à rythme quotidien chaude suivie d'une température fraîche ou inversement	59
B. Résumé	62
Conclusion de la première partie	63
DEUXIEME PARTIE - MORPHOLOGIE DE LA PLANTE EN FIN DE CROISSANCE ET FACTEURS DU MILIEU	
Introduction	67
Chapitre I - Nombre d'entre-noeuds	68
I - En champ et à la serre	68
A. En champ	68
B. A la serre	69
II - En chambres conditionnées	70
A. En jour continu sous 21 W.m^{-2}	70
1. Une seule température constante au cours de la vie de la plante	70
2. Deux températures constantes successives	72
B. Sous un rythme quotidien de température ou de lumière	73
1. Température constante	73
2. Thermopériode quotidienne chaude précédée ou suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) fraîche	74

	Page
C. Détermination de la durée minimale d'efficacité de la période initiale	76
1. Coco nain	76
2. Mangetout Princesse	78
3. Coco à rames	79
III - Les modalités de variation du nombre d'entre-noeuds	81
A. Poids des semences	81
B. Influence de la date de semis	82
C. Variations morphologiques des pièces foliaires	83
D. Arrêt de croissance du sommet	84
IV - Résumé	87
Chapitre II - Longueur des entre-noeuds	89
I - Longueur de chaque entre-noeud le long de la tige	89
A. En champ et à la serre	90
1. En champ	90
2. A la serre	91
3. Transfert des plantes du champ à la serre ou inversement	93
B. En chambres conditionnées	94
C. Essai de synthèse	96
II - Longueur moyenne des entre-noeuds de la tige (ou longueur de l'entre-noeud "moyen")	96
A. Position de l'entre-noeud "moyen"	97
B. Existence d'un seuil de la longueur de l'entre-noeud "moyen" en relation avec le port de la plante	99
C. Relation entre la croissance de l'entre-noeud "moyen" et l'apparition du mouvement	102
III - Résumé	104
Chapitre III - Autres caractères morphologiques	105
I - Diamètre de la tige	106
II - Surface foliaire	108
III - Longueur de la tige, nombre d'entre-noeuds et port de la plante	110
IV - Longueur de la tige, conditions du milieu et port	110
V - Intensité des caractères volubiles	112
A. Variations des 2 principaux paramètres des caractères volubiles	114

	Page
B. Variations de la hauteur moyenne du pas de spire	115
C. Rapport entre la longueur de la tige et l'intensité des caractères volubiles	121
VI-Résumé	126
Conclusion de la deuxième partie	127
TROISIEME PARTIE - MORPHOLOGIE DE LA PLANTE EN VOIE DE CROISSANCE ET FACTEURS DU MILIEU	
Introduction	130
Chapitre I - Architecture hélicoïdale de la plante enroulée et rythme plastochronique	132
I - Comparaison de la partie enroulée de la plante à une hélice	132
A. Méthode de comparaison	133
1. Mode d'échantillonnage	133
2. Relation entre les données expérimentales et l'équa- tion d'une hélice	135
3. Exemple	137
B. Applications	142
1. Comparaison des valeurs mesurée et calculée . . .	142
2. Rythme plastochronique apparent	142
II - Conséquences de l'existence d'une hélice d' "enroulement"	144
A. Caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement"	144
1. Détermination théorique	144
2. Détermination pratique	146
B. Applications des caractéristiques de l'hélice à la partie enroulée de la plante	148
III-Résumé	148
Chapitre II - Croissance en longueur et rythme plastochronique . 150	150
I - Application de l'équation de l'hélice à la partie enroulée de la plante volubile	151
A. Vérification de la relation entre la vitesse et la fréquence	152
B. Vérification de la relation entre la longueur enroulée (s), l'angle de rotation (θ) et l'amplitude (A) . . .	153
C. Résumé	158
II - Etude des paramètres : vitesse de progression (v), fréquen- ce (f) de l' "enroulement", pas de spire (λ) et rythme plas- tichronique (u')	158

	Page
A. Paramètres considérés isolément	158
1. Influence des conditions du milieu	159
2. Influence de la variété	160
3. Relation avec le port de la plante	161
B. Paramètres considérés deux à deux	163
1. Relation entre le rythme plastochronique (u') et la vitesse (v)	163
2. Relation entre la fréquence (f) et la vitesse de croissance (v)	167
C. Essai de synthèse	174
III-Résumé	175
Chapitre III - Croissance pondérale et rythme plastochronique	177
I - Croissance pondérale des feuilles	177
A. Poids frais des feuilles au cours de la vie de la plante	178
1. Vitesse de croissance pondérale au cours de la vie de la plante	178
2. Vitesse de croissance pondérale en fonction de la température et du stade physiologique de la plante	179
B. Rapport entre le poids frais des feuilles et celui de la tige	185
C. Résumé	186
II - Croissance pondérale de la tige	186
A. Généralités sur les paramètres pondéraux	186
1. Définition de ces paramètres	187
2. Autre expression de ces paramètres à l'aide de la vitesse de croissance longitudinale	187
3. Exemple des 2 modes d'expression des paramètres pondéraux	191
B. Application des paramètres pondéraux à la tige .	192
1. Vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige	192
2. Densité linéaire moyenne de la tige	194
3. "Flexibilité cinétique" moyenne de la tige	196
4. Résumé	197
C. Application des paramètres pondéraux à l'entre-noeud et aux portions d'entre-noeud	198
1. Densité linéaire et teneur en eau	198
1.1. Entre-noeud adulte	198
1.2. Entre-noeud en voie de croissance	200
1.3. Portions d'entre-noeud	205
2. "Flexibilité cinétique"	212
3. Essai de généralisation sur la densité linéaire et la teneur en eau des tronçons d'entre-noeuds .	213
3.1. Par des répétitions	213

	Page
3.2. Par des mesures au cours du temps	215
3.3. Synthèse	215
3.3.1. Une différence très nette entre les graphiques obtenus avant et après l'étalement de la dernière feuille trifoliolée	215
3.3.2. Une élévation de la valeur du paramètre étudié lorsque le tronçon contient un noeud âgé	216
3.3.3. Une succession de 2 à 4 courbes en cloche de teneur en eau	216
3.3.4. Une distance constante du sommet à la zone de teneur en eau maximale	217
3.3.5. Une différence entre les courbes de teneur en eau au voisinage du sommet de la plante	218
D. Résumé	227
III -Essai de synthèse	228
Conclusion de la troisième partie	231
DISCUSSION ET CONCLUSION	232
Discussion	233
1. La température détermine-t-elle le port de la plante dans les conditions naturelles ?	233
2. Les termes "nains" et "à rames" utilisés couramment pour distinguer les 2 groupes de variétés de haricots sont-ils valables ?	237
3. Quels sont les caractères distinctifs des variétés naines et des variétés à rames ?	239
4. Quelles sont les régions de la plante touchées par la température et qui semblent essentielles dans l'édification de son port ?	240
Conclusions générales	243
1. Port de la plante et température	243
1°) Sensibilité de la plante à la température	243
2°) Port intermédiaire	245
2. Caractère déterminé ou indéterminé de la croissance	245
3. Nombre de feuilles	245
4. Déterminisme précoce du nombre de feuilles et du port de la plante	246
5. Entre-noeud "moyen"	246
6. Caractères volubiles	246
7. Vitesse de croissance	247

	Page
8. Teneur en eau	250
9. Relation entre les différents paramètres qui interviennent dans l'édification du port de la plante	251
10. Application pratique	252
BIBLIOGRAPHIE	253

R E S U M E

Les relations entre le port de la plante et les conditions du milieu (température, en particulier) où elle est cultivée, ont été analysées : **suivant ces conditions, une même variété de haricot, naine ou à rames, peut être érigée ou volubile.**

En général, une température constante faible (12°C par exemple) est propice au port érigé et une température constante plus élevée (27°C), propice au port volubile. Une température chaude (30°C) suivie, à l'étalement de la première feuille trifoliolée, d'une température plus fraîche (20°C), conduit au port volubile. Il en est de même d'une thermo-période à rythme quotidien chaude [32°/12° (16h/8h)] suivie d'une thermo-période à rythme quotidien fraîche [20°/12° (16h/8h)]. L'inverse [température fraîche suivie d'une température chaude, (20°/30°)], conduit au port érigé.

On crée à volonté, aussi bien à la serre que dans les chambres conditionnées, des plantes à port intermédiaire entre le port érigé et le port volubile (zigzags autour du tuteur, enroulement lâche). De plus, une plante au cours de sa croissance, peut passer par des stades intermédiaires entre le port érigé et le port volubile (mouvement révolatif, pendant plusieurs jours, non suivi d'enroulement ; mouvement révolatif suivi d'enroulement puis de désenroulement...). **Le port de la plante n'est pas régi par une loi du tout ou rien.**

Dans une succession de 2 températures (30°C puis 20°C), un séjour de 2 jours, à partir du semis, à la première température, suffit à induire un port volubile aussi caractéristique qu'après un séjour beaucoup plus long (10 jours). **L'induction du port de la plante, dans ces conditions, s'effectue très tôt, avant même la levée germinative** (4 jours après le semis à 30°C).

Il existe une relation entre la vitesse du plastochrone apparent (exprimée en nombre de feuilles par jour) **et le port de la plante.** Chez Mangetout Princesse par exemple, cette vitesse est de :

- . 0,03 pour une population tout entière érigée à 12°C (16h/8h)
- . 0,14 pour une population mixte à 13°C (16h/8h)
- . 0,33 pour une population tout entière volubile à 23°C (lumière continue)
- . 0,50 pour une population tout entière volubile à 25°C (lumière continue).

Chez la plante volubile, on observe une **zone caulinaire de teneur en eau maximale** située, au cours du temps, à une distance constante du sommet et **caractérisée, à l'apparition de l'enroulement,** par un **accroissement notable des vitesses de croissance longitudinale et pondérale, de la densité linéaire et de la flexibilité.** Cette distance dépend de la variété et des conditions du milieu.

Un entre-noeud "moyen" a été défini chez la plante en fin de croissance. Il est le premier entre-noeud, à partir de la base, à présenter une longueur supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la plante. 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-noeud "moyen" que commence à apparaître le port futur (érigé ou volubile) de la plante, suivant que sa longueur est inférieure ou supérieure au seuil.**

La partie de la plante enroulée autour de son tuteur est comparable à une hélice. **Sur cette partie, nous avons pu vérifier les propriétés fondamentales de cette figure géométrique.** Cela permet une détermination de certains paramètres de la croissance et la mise en évidence d'autres paramètres jusqu'ici peu étudiés (fréquence de l'enroulement, densité linéaire, flexibilité).

Un tableau de corrélations multiples et de coordination entre ces divers paramètres a été établi.

A B S T R A C T

The relations between the *Phaseolus vulgaris* L. plant habit and the conditions of culture (specially the effect of the temperature) are analysed. **A bean variety (dwarf or climbing) may be induced to develop the upright or the twining habit by changing the environmental conditions.**

Generally, a constant and low temperature (12°C), in continuous light, is favourable to the upright habit ; a constant and warm temperature (27°C), favourable to the twining habit. A hot temperature (30°C) until the outspreading of the first trifoliated leaf, followed by a lower temperature (20°C) induces to the twining habit. Inversely, a fresh temperature followed by a hot temperature induces to the upright habit.

We are able to obtain plants with intermediate habits between upright and twining habit in the green-house and in the conditioned-rooms. Growing plants may exhibit intermediate stages between the upright and the twining habit. **The plant habit is not ruled by the law of "tout ou rien".**

After a 2 days treatment at 30°C given from the sowing date, just before growing at 20°C, the twining habit will be obtained. The efficiency of a 2 days treatment is similar to the one of a longer treatment (10 days). **The induction of the plant habit is obtained very early, before the raising from the soil of the seedlings** (which, at 30°C, happens 4 days after sowing).

A relation exists between the apparent plastochron rate, expressed by the number of leaves developed each day, and the plant habit. In Mangetout Princess for example, this progression is :

- . 0,03 for plants with upright habit (12°C)
- . 0,14 for a mixed population (13°C)
- . 0,33 for a whole population with twining habit (23°C)

. 0,50 for a whole population with twining habit (25°C).

For each variety, a plant with a twining habit has a part of the stem characterized by a maximal water content. This part of the stem is situated to a constant distance from the apex. **At the beginning of the twining movement, one observes a noticeable increase of the longitudinal or the weight growth rate, of the linear density and of the flexibility of this part of stem.**

The first internode longer than the mean for all plant internodes has been defined as "mean" internode. A limit of value for its 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 this "mean" internode, the future habit (upright or twining) of the plant appears, according as its length is lower or higher than the limit.**

The part of the stem twined around the support looks like an helice. **On this, we verify the mathematical properties of this figure.** The knowledge of the characteristics of this helice allows us to realize an indirect measurement of some parameters of the growth and to consider other parameters not very studied (frequency of the twining, linear density, flexibility).

A diagram of numerous correlations and of co-ordination between these different parameters has been established.

INTRODUCTION

Une observation liée au hasard a été le point de départ des travaux que nous allons exposer. Nous étions amené à étudier comment augmenter le rendement en gousses du niébé, *Vigna unguiculata* (L) Walp. à Sékou (Dahomey = Bénin), ville située à 6° de latitude N. Selon les paysans, cette plante, pour certaines variétés tout au moins, ne fleurit que si l'on enlève les jeunes feuilles. Un problème d'induction à la floraison pouvait se poser. Ne disposant au départ que de champs d'expérimentation, nous avons repris tout simplement sur le niébé, mais sans grande conviction au début étant donné la proximité de l'Equateur, l'expérience par laquelle TOURNOIS (1912) découvrit le photopériodisme : les semis échelonnés le long de la saison de culture. A Sékou, on peut cultiver toute l'année, la température minimale absolue étant de + 19°C. Bien que la différence annuelle de longueur du jour ne soit que d'environ une demi-heure, nous avons eu néanmoins une réponse photopériodique positive. Mais en même temps, nous avons constaté que le port d'une même variété, c'est-à-dire son aspect ou sa forme, changeait avec la date de semis. Cette étude sur le niébé, commencée en champ à Sékou, fut poursuivie au Phytotron de Gif-sur-Yvette et au laboratoire de Phytomorphogenèse de Clermont-Ferrand ; les résultats furent l'objet d'une thèse de 3ème cycle (DAGBA, 1974).

Mais le niébé, haricot d'Afrique, pousse mal à Clermont. De plus, une variété de niébé, dressée en champ à Sékou, est volubile en champ à Clermont !

La modification du port avec le milieu, observée à Sékou, se confirme donc à Clermont. Il était ~~évident~~^{alors} nécessaire, si l'on voulait avoir un témoin de référence dans la nature, de poursuivre ces études sur une plante vivant habituellement sous le climat tempéré. Notre choix a porté sur une plante voisine, le haricot, *Phaseolus vulgaris* (L.). L'intérêt d'une telle étude est d'avoir, à volonté, la même variété sous deux ports différents, avec toutes les formes intermédiaires ; cela offre un moyen d'investigation nouveau et important pour élucider le mécanisme du port de la plante. Notons que ce changement de matériel végétal réduit l'éventail des possibilités car le niébé se présente sous trois ports (dressé, volubile, rampant) tandis que le haricot, dans la nature, ne se présente que sous deux ports (dressé et volubile).

Une plante érigée (ou dressée) possède une tige courte, des rameaux courts et ne s'appuie sur aucun tuteur (sol ou autre).

Une plante rampante s'étend entièrement sur le sol, après une courbure géotropique. En général, la vitesse de croissance et la longueur de la tige et des rameaux sont beaucoup plus grandes que chez la plante érigée.

Une plante volubile s'appuie sur un tuteur autour duquel elle s'enroule, au moins par sa tige. En général, la vitesse de croissance et la longueur de la tige sont légèrement plus grandes que chez la plante rampante.

Dans le langage courant, et c'est le cas du haricot, on oppose les variétés naines à port érigé (photo n° 1, page 1) aux variétés à rames (photo n° 2, page 1) ou grimpantes qui nécessitent un tuteur. En fait, les plantes grimpantes comprennent deux groupes : celui des plantes volubiles dont la tige s'enroule autour d'un tuteur et celui des plantes à vrilles dont les vrilles s'enroulent autour d'un support, la tige n'effectuant en général aucun mouvement visible à l'oeil nu.

Le port du haricot a été décrit et classé par un certain nombre d'auteurs : DENAIFFE (vers 1905), KOOISTRA (1962), BANNEROT et FOUILLOUX (1974).

DENAIFFE (vers 1905) subdivise les haricots en deux groupes et en six sous-groupes :

- Haricots à rames (hauteurs extrêmes : 1,10 m et 3,0 m - Hauteur moyenne : 2,0 m à 3,0 m) ;
 - . Haricots à rames touffus et ramifiés à la base. Ex. : haricot riz à rames.
 - . Haricot à rames à tige non ramifiée. Ex. : Haricot Sabre à rames.

- Haricots nains (Hauteurs extrêmes : 0,20 m à 0,70 m - Hauteur moyenne : 0,30 m à 0,50 m) ;
 - . Haricots nains à filants
 - o " fertiles. Ex. : Haricot blanc plat commun.
 - o " stériles. Ex. : Haricot Suisse blanc.
 - . Haricots nains sans filants
 - o " ramifiés (touffus). Ex. : Haricot Solitaire.
 - o " peu ramifiés. Ex. : Haricot Parisien.

On constate, dans cette classification, qu'entre les haricots à rames et les haricots nains typiques, il y a des haricots à port intermédiaire, les haricots nains filants. D'autre part, DENAÏFFE note qu'en saison de culture défavorable, les haricots à rames touffus et ramifiés à la base ont le port des haricots nains à filants. Cela laisse donc supposer une possibilité de transformation d'un port dans un autre.

KOOISTRA (1962) fait le point de la situation et expose notamment les travaux de von MARTENS (1860), MALINOWSKI (1951), EMERSON (1916) et LAMPRECHT (1947). Selon von MARTENS (1860), on rencontre des haricots grimpants (*Phaseolus vulgaris*, var. communis) et des haricots nains (*Phaseolus vulgaris*, var. nanus). Mais il y a une grande variation. Pour différencier ces deux types importants, on utilise la hauteur de la tige : les types nains ont 4 à 8 entre-noeuds assez courts et les types à rames, un nombre élevé d'entre-noeuds, souvent plus longs. A cette différence de la hauteur de la tige s'ajoutent trois autres caractères : la présence ou l'absence d'une inflorescence terminale, d'un enroulement et d'une ramification.

- Présence ou absence d'une inflorescence terminale. La tige du haricot nain se termine par une grappe de fleurs tandis que celle du haricot grimpant montre une croissance indéterminée.

- Torsion et enroulement. Les haricots nains ne s'enroulent pas. Les Haricots à rames présentent une forte torsion de tige et se développent en s'enroulant autour d'un tuteur. L'enroulement s'effectue toujours dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. La tige est assez grêle.

- Ramification. La tige peut ne comporter aucune ramification ou présenter un grand nombre de ramifications. La plupart du temps, les haricots nains sont très ramifiés.

- Exceptions. Il existe, dans certaines conditions du milieu, des exceptions :

- . certains haricots à rames présentent des fleurs terminales.
- . certains haricots à rames ont des entre-noeuds courts et épais et ne s'enroulent pas.

- . certains haricots nains peuvent avoir tendance à s'enrouler. Cette dernière observation peut être due à une croissance exubérante ou à des caractères internes. MALINOWSKI (1951) a observé un grand nombre de formes à la fois naines et grimpantes dans une population obtenue à partir de croisements entre types nains ; il en attribue la cause à une croissance intensifiée, due à l'hétérosis.

- . pour certains haricots, le nombre et la longueur d'entre-noeuds ne correspondent pas aux caractères héréditaires. EMERSON (1916) pensait que ces deux caractères étaient transmis quantitativement ; or, dans ses essais, il observa que, si les F_1 étaient du type intermédiaire entre les deux parents, les F_2 présentaient toujours une forte variation. De même, LAMPRECHT (1947) a décrit un type "slender", obtenu à partir de deux haricots nains et qui se caractérise par des entre-noeuds très longs, en nombre réduit et par une inflorescence terminale. Il en conclut que le nombre et la croissance des entre-noeuds dépendent de deux gènes qu'il a appelés CRY et LA, et que, sous leur forme dominante, ces deux gènes inhibent partiellement le nombre et la croissance des entre-noeuds.

BANNEROT et FOUILLOUX (1974) établissent une classification qui peut être considérée comme une synthèse des deux précédentes.

= Classification. Trois groupes sont définis :

- Types à rames (ou grimpants)

- . croissance indéterminée

- o ramification intense. Ex. : Coco blanc à rames - Phénomène.

- o ramification faible. Ex. : Princesse type perle.

- croissance déterminée (ou demi-ramées)

Ex. : Blanc de juillet - Mangetout à cosses violettes.

- Types nains

- croissance indéterminée (demi-nains ou à filants). Ex. : Pinto-Gnui 123.
- croissance déterminée
 - ramification intense (forme boule ou "bush"). Ex. : Tendrette-Doby.
 - ramification faible (forme étroite). Ex. : Arian-Osu 10 183.
- NOTA. Les types nains peuvent encore se classer suivant d'autres

caractères : position des inflorescences le long de la tige, position de la plante par rapport au sol et enfin durée de la floraison ou de la maturation des gousses.

- Types intermédiaires

- file plus ou moins ou file quelquefois. Ex. : Opal.
- ne file pas mais a des entre-noeuds de plus en plus longs.
Ex. : Coco nain blanc.

= Remarque. Quelques observations intéressantes ont été faites à l'INRA de Versailles.

- Types grimpants

Dans la collection de cette station expérimentale, on rencontre:

- D'une part, un haricot à rames, *Phaseolus aboriginus*, qui est considéré actuellement comme la forme sauvage du haricot cultivé.
- D'autre part, un haricot à rames dont les rameaux inférieurs traînent par terre (rampants).

- Types nains

- Effet du milieu extérieur. En serre en hiver, avec une lumière d'appoint de $13,5 \text{ W. m}^{-2}$, des haricots nains deviennent volubiles.
- Effet du "milieu intérieur". Un croisement de IDAO REFUGEE, variété naine, avec d'autres variétés naines (Corène, Silvert), donne à la génération F_1 des plantes qui possèdent de longs filants.

Deux points de ces classifications méritent d'être commentés :

- Le caractère déterminé ou indéterminé de la croissance.

Ce caractère est défini par la présence ou l'absence d'une fleur ou d'une inflorescence en position terminale. Mais comme aucune étude précise n'a été faite jusqu'ici sur le haricot, les auteurs précédents ont appelé plantes à croissance déterminée des plantes dont la tige se terminait apparemment par une fleur sans avoir examiné minutieusement, au préalable, le devenir du bourgeon terminal.

BANNEROT et FOUILLOUX pensent qu'avec une telle définition, tout haricot a une croissance déterminée et que l'on appelle ordinairement haricot "à croissance indéterminée", un haricot dont la croissance végétative s'arrête très tardivement. Ainsi, le haricot à rames aurait une croissance très tardivement déterminée, le haricot demi-rames une croissance tardivement déterminée et le haricot nain, une croissance précocement déterminée. La différence de port serait donc liée à une apparition plus ou moins précoce ou tardive d'une inflorescence "terminale". S'il en était ainsi, il doit exister une relation entre l'induction florale et le port de la plante. Or, selon KOOISTRA (1962), le *Phaseolus* étant originaire des pays tropicaux, les différentes variétés de haricot sont indifférentes ou de jours courts. Cet auteur cite cependant une variété (Konservada) qui présente des caractères de plantes de jours longs très marqués. Si donc une variété naine, de jours courts ou de jours longs, est mise en conditions non inductives, elle doit présenter une modification du port vers le type grimpant. La question mérite d'être approfondie.

- Les observations d'exceptions chez d'autres plantes.

Le haricot n'est pas la seule plante à présenter des modifications phénotypiques de son port. DARWIN (1885) note que *Polygonum convolvulus* est volubile seulement en été, que *Périploca graeca* n'est volubile que dans ses rameaux supérieurs et que *Ipomæa argyroïdes*, dressé en Afrique, est volubile à Dublin. CHODAT (1911) montre que *Arabis hirsuta* s'enroule dans les prés mais pas dans les endroits secs et ensoleillés et que les lianes tropicales *Moutabea* sont volubiles seulement à l'ombre. MIEGE (1950) observe qu'un *Dioscòra* dont les tiges sont rampantes sur plusieurs mètres émet des rameaux volubiles. BAILLAUD (1957) décrit chez *Convolvulus sepium* des tiges rampantes sur une certaine longueur et volubiles par la suite ou des tiges rampantes portant des rameaux volubiles. Il montre

aussi que *Vincetoxicum officinale*, non volubile en champ, le devient à l'ombre et en chambres conditionnées.

MELIN (1973) mentionne, pour *Periploca graeca* à Besançon, trois types de rameaux : les rameaux supérieurs volubiles, les rameaux médians érigés et les rameaux inférieurs rampants. Chez le niébé, *Vigna unguiculata*, on a pu obtenir (DAGBA, 1974) la même variété sous deux ports différents : la variété Sokan, à 18°C, sous 157 W. m⁻², est érigée avec une photopériode de 12h (12h de jour/24h) et volubile avec une photopériode de 18h (jour)/24h ; la variété Sèwoué, rampante en champ à Sékou et à Clermont est volubile sous 157 W. m⁻², 32° (jour)/27° (nuit) et 16h (jour)/24h.

Comme on peut le constater dans les différentes classifications du port du haricot, on oppose les variétés naines aux variétés à rames ; on oppose donc implicitement le nanisme au volubilisme alors qu'on aurait dû l'opposer au gigantisme. Cela sous-entend que vont toujours de pair d'une part le volubilisme avec le gigantisme et d'autre part le nanisme avec le non-volubilisme. Mais un tel jumelage de caractères correspond-il vraiment à la réalité ? La question mérite d'être posée. Pour y répondre, il conviendrait d'analyser les couples de caractères :

nanisme - gigantisme

absence de volubilisme - volubilisme

auxquels il faudrait associer deux autres éléments de la morphogenèse responsables de la poursuite, de la diminution ou de l'arrêt de la croissance de la tige :

inflorescence terminale - méristème terminal végétatif

dominance apicale faible - dominance apicale forte

On pouvait penser que l'étude génétique devait aider à résoudre les problèmes soulevés. Mais le travail sur le niébé nous a montré que les facteurs eau et lumière, les seuls envisagés, ont une influence très importante : ils peuvent modifier si profondément les caractères de la plante qu'un type de port se transforme en un autre type. Ainsi, le port du niébé dépend des conditions du milieu. On peut se demander alors s'il en est de même chez le haricot et si, parmi les conditions du milieu, la température qui n'avait pas été étudiée chez le niébé, pouvait, elle aussi, intervenir dans l'édification du port.

Pour réaliser ces projets de recherche, notre étude comporte plusieurs étapes :

- **Première étape** : nous avons cherché à transformer la variété naine en variété à rames.

. Choix du Coco nain. Nous avons pris comme variété naine le Coco nain et comme variété à rames le Coco à rames. Ces deux variétés sont très proches l'une de l'autre et ne se distinguent que par le port. Ici, le Coco à rames joue le rôle de terme de comparaison.

. Choix du Mangetout Princesse. Une fois le Coco nain obtenu sous la forme volubile, nous nous sommes demandé si le port des autres variétés naines pouvait être modifié de la même façon. Nous nous sommes adressé aux Etablissements CLAUSE qui nous ont fourni toutes les variétés naines alors disponibles, au total 12, dont Coco nain. Nous avons observé que la plupart des autres variétés naines deviennent, dans un même milieu, plus facilement volubiles que le Coco nain. La variété la plus facilement volubile est Mangetout Princesse. Nous avons alors souvent donné la priorité à Mangetout Princesse, comme variété naine, dans nos investigations. L'étude de plusieurs variétés présente d'une part l'inconvénient de ne pas parvenir à approfondir les données sur une variété, d'autre part l'avantage de montrer en contre-partie une progression d'une variété à l'autre ou mieux, de montrer qu'une variété est comme un maillon dans la chaîne que constitue l'ensemble de toutes les variétés.

- **Deuxième étape** : Transformation du port volubile en port érigé.

. Transformation en port érigé du port volubile de variétés naines cultivées en chambres conditionnées : Mangetout Princesse et Ocelo.

. Transformation en port érigé du port volubile de variétés à rames : Coco à rames.

- **Troisième étape** : essai de recherche du mécanisme de l'édification du port. Celui-ci sera abordé par l'étude des croissances longitudinale et pondérale. Le port volubile étant caractérisé par la présence d'une hélice d' "enroulement" et le port érigé par l'absence de cette dernière, nous avons recherché s'il existait une relation entre la formation de cette hélice et la vitesse de croissance longitudinale ou pondérale.

De ces différentes étapes ressort le plan succinct suivant :

- **Première partie** : Le port de la plante et les conditions du milieu.
 - . Conditions du milieu où une variété naine est volubile ou érigée.
 - . Conditions du milieu où une variété à rames est volubile ou érigée.

- **Deuxième partie** : La morphologie de la plante adulte et les conditions du milieu.
 - . Caractères de l'entre-noeud : nombre et longueur.
 - . Caractères de la tige : longueur, hauteur enroulée, nombre de tours de tuteur.

- **Troisième partie** : La morphogenèse de la plante en voie de croissance et les conditions du milieu.
 - . Croissance longitudinale et ses annexes : vitesse de croissance en hauteur, rythme plastochronique apparent, fréquence de l' "enroulement".
 - . Croissance pondérale : vitesse de croissance des feuilles ou de la tige, densité linéaire, teneur en eau.
 - . Recherche d'une relation entre la teneur en eau et l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur.

MATERIEL et METHODES

I. MATERIEL BIOLOGIQUE.

A. SEMENCES.

Les semences nous ont été fournies par les Etablissements CLAUSE. Nous avons expérimenté sur une variété à rames, le Coco à rames (2 autres variétés à rames n'ont été testées qu'une seule fois : Necores et Michelet à rames) et 12 variétés naines : Adria, Arian, Beurre Findor, Coco nain, Corel, Mangetout Constant, Mangetout Princesse, Mangetout Silvert, Michelet à longues cosses, Myrto, Nabel et Ocelo.

Le poids moyen des semences de 4 de ces variétés a été calculé sur un échantillon de 2000 graines (tableau 42, page 182) : il est, à une probabilité de 95,5 % près, de $544,0 \pm 4,7$ mg pour Coco à rames, de $398,5 \pm 3,6$ mg pour Coco nain, de $245,5 \pm 1,8$ mg pour Mangetout Princesse et de $243,2 \pm 2,2$ mg pour Ocelo. Ainsi, d'une variété à l'autre, le poids moyen des semences peut varier du simple au double.

B. LA PLANTE.

Le haricot, *Phaseolus vulgaris*, est une Phaseolée (famille des Papilionacées).

Dans la nature, les variétés naines sont dressées (ou érigées) et ont 30-40 cm de haut. Les variétés à rames, qualifiées aussi de volubiles, s'appuient sur un tuteur autour duquel elles s'enroulent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ; elles croissent en longueur tant que dure la saison de culture et peuvent atteindre jusqu'à 2,5 - 3,0 mètres.

Du point de vue du port de la plante en effet, les variétés se rangent en 2 groupes : les variétés naines et les variétés à rames.

Les premières sont caractérisées par un nombre de feuilles trifoliolées faible et une croissance dite "définie ou déterminée". Les variétés à rames sont caractérisées par un nombre élevé de feuilles trifoliolées et une croissance dite "indéfinie ou indéterminée".

Les 2 premières feuilles, les feuilles primaires, sont entières et opposées. Les autres sont trifoliolées et alternes. Les bourgeons axillaires portent latéralement, à leur base, un bourgeon de chaque côté. Les rameaux issus de ces bourgeons centraux, longs et à plusieurs feuilles au bas de la plante, deviennent de plus en plus courts avec de moins en moins de feuilles vers le sommet de la plante ; si bien que la dernière feuille, chez les variétés naines, présente, à son aisselle, 1 à 3 pédoncules floraux ; l'avant-dernière feuille, un sommet florifère ; la troisième feuille à partir du sommet, un rameau à 1 feuille surmonté d'un sommet florifère ; et ainsi de suite. Les 2 bourgeons latéraux sont en général inhibés dans la partie végétative de la tige ; lorsqu'ils se développent, ils sont en général végétatifs sauf pour la dernière feuille des variétés naines où ils sont floraux. Sur le sommet florifère subterminal, c'est le phénomène inverse qu'on observe : le bourgeon central en général inhibé et les 2 bourgeons latéraux développés en pédoncules floraux.

Le long de la tige et des rameaux, 2 parties apparaissent, une basale végétative et une supérieure reproductrice. L'importance relative de ces 2 parties se manifeste suivant un gradient.

II. CONDITIONS EXPERIMENTALES.

A. MILIEU EXPERIMENTAL.

Nous avons disposé de champs de culture, d'une serre et de trois chambres conditionnées.

1. En champ.

Il est nécessaire de commencer cette étude par celle de la plante dans son milieu naturel. Le semis est réalisé à la saison de culture qui est assez courte (de mai à août) avec un écartement de 80 cm x 50 cm sur une ligne de 27 plantes espacées de 50 cm. Quand l'espace le permet, la parcelle expérimentale est composée de 4 lignes.

1.1. Au jardin du laboratoire de morphogenèse de Clermont.

L'étude concerne l'effet de l'ensoleillement sur le port de la plante.

1.1.1. Chez 2 variétés, l'une naine, l'autre à rames (semis du 15.05.74)

Nous établissons 4 parcelles correspondant à différentes expositions au soleil avec chacune 2 sous-parcelles correspondant aux 2 variétés, l'une naine (Coco nain), l'autre à rames (Coco à rames). La première parcelle reste ensoleillée tant que brille le soleil ; la seconde reçoit progressivement l'ombre d'un bâtiment au fur et à mesure que le soleil s'approche du couchant ; la troisième est installée sous un arbre laissant filtrer les rayons du soleil pendant environ 2 heures dans la matinée et une heure dans l'après-midi ; la quatrième enfin est installée sous un ensemble d'arbres touffus et ne reçoit aucun rayon de soleil. La récolte a été effectuée en août, une fois les gousses sèches.

1.1.2. Chez 6 variétés naines (semis du 18.05.76)

Nous établissons 2 parcelles ayant chacune 6 sous-parcelles. Les parcelles correspondent aux 2 premières parcelles du semis précédent et les sous-parcelles à 6 variétés naines : Adria, Arian, Mangetout Constant, Mangetout Princesse, Myrto, Nabel.

1.2. A Crouël, sur les terrains d'expérimentation de l'INRA (Institut National de Recherches Agronomiques)

Semis échelonnés de 1977. C'est l'étude de l'influence de la date de semis sur le port de la plante. Il y a 4 dates de semis (les 1er Juin, 1er Juillet, 31 Juillet et 14 Août) et 12 variétés naines (Adria, Arian, Beurre Findor, Coco nain, Corel, Mangetout Constant, Mangetout Princesse, Mangetout Silvert, Michelet à longues cosses, Myrto, Nabel, Ocelo). La parcelle correspond à la date de semis et les sous-parcelles aux variétés. Chaque sous-parcelle comprend 4 lignes utiles de 27 plantes, comprises entre 2 lignes de bordure.

2. A la serre.

La serre offre, sur le champ, l'avantage de pouvoir cultiver la plante à tout moment. Nos semis s'échelonnent donc tout au long de l'année: un essai récolté cédant la place au suivant. Le premier semis date de Novembre 1974, le dernier de Juillet 1982.

Trois variétés ont été étudiées : Coco nain, Mangetout Princesse et Coco à rames.

Les semis sont réalisés en pots contenant du terreau. Les pots ont la forme d'un tronc de cône (hauteur = 16,0 cm ; diamètres des cercles de base = 16,5 cm et 10,0 cm). Les plantes sont distantes les unes des autres de 40 cm x 40 cm.

L'éclairage est celui du jour ; il varie avec la saison : 8h de jour et intensité lumineuse faible en Décembre - Janvier, 16h de jour et intensité lumineuse forte en Juin - Août. La température varie au cours de la journée et d'une saison à l'autre. Pendant l'hiver, un système de chauffage thermostatique empêche la température de descendre au-dessous de 20°C ; en été, la température monte souvent jusqu'à 36°C.

3. En chambres conditionnées.

Chaque chambre est pourvue d'un plafond lumineux fixe, inséré dans un cadre de 2,20 m x 1,50 m. Ce plafond comprend, convenablement répartis :

- 18 tubes de 1,50 m de long, 65 W, 220 V, lumière du jour de luxe.
- 12 ampoules de 25 W, 220 V, E14 (alimentées en 110 V).

L'éclairage, mesuré à la hauteur des pots, c'est-à-dire à 128 cm au-dessous du plafond lumineux est de 21 W. m^{-2} (= 4650 lux) quand tous les tubes et ampoules sont allumés ; elle est de l'ordre de 14 W. m^{-2} (= 3300 lux) lorsque les 2/3 des tubes et ampoules sont allumés. Au début des essais, les chambres étaient en jour continu ; à partir de 1979, nous avons utilisé aussi l'alternance jour/nuit : 16h/8h (= 16h de jour, 8h de nuit), 12h/12h (12h de jour, 12h de nuit) ou 8h/16h (8h de jour, 16h de nuit).

La température varie d'un essai à l'autre suivant les besoins de l'expérimentation. Pour un même essai, elle varie de 1° à 3°C avec un gradient de température à l'intérieur de la chambre, la température la plus haute étant à l'entrée et la température la plus faible au fond de la chambre. Cet écart est d'autant plus élevé que la température est plus élevée : 3°C pour 32°C et 1° pour 20°C.

Lorsque l'écart entre les températures diurne et nocturne est faible, la durée de la montée ou de la descente de la température est courte et à peu près identique : 30 mn environ pour 30°/20°.

Par contre, lorsque l'écart est grand, la durée de la montée est plus courte que celle de la descente : pour 35°/15° (8h/16h) par exemple, la montée dure 2h30 ; il en est de même pour la descente de 35° à 19° ; mais celle de 19° à 15° dure 8h30 ; finalement la température de 35° n'est constante que pendant 5h30 et celle de 15° que pendant 5h.

Les pots, remplis de terreau, sont les mêmes que ceux utilisés à la serre. Ils sont déposés dans un bac de sable, sur deux rangées, avec un écartement de 40 cm x 30 cm. Leur nombre varie, suivant les essais, entre 12 et 20 (utilisation de bacs de sable supplémentaires). Les chambres sont ventilées. Le degré hygrométrique est de 80 %.

B. MATERIEL TECHNIQUE.

1. Tuteur.

En champ, le tuteur est constitué par des rames, de diamètre 2,5 cm à 1,5 cm de la base au sommet, hautes de 2,50 m environ. A la serre et dans les chambres conditionnées, il est constitué d'une baguette de verre creuse, de 0,75 cm environ de diamètre, haut d'environ 1,50 m dont 10 cm sont enfoncés dans le terreau ; sa hauteur est limitée par le plafond lumineux des chambres ou le toit en pente de la serre. Dans la partie centrale de la serre, on peut superposer des tubes de verre supplémentaires de façon à augmenter la hauteur du tuteur. La jonction de 2 tubes de verre creux est faite par un morceau de fil de fer rigide qui les relie intérieurement.

Le tuteur est posé à côté de chaque plante dès l'apparition des premiers flagelles dans la population.

2. Instruments de mesure.

Un mètre, un pied à coulisse, une balance au 1/10 de mg, une étuve (réglée à 102°C pour le poids sec) et des dessiccateurs.

C. OBSERVATIONS ET MESURES.

Au cours de la vie de la plante, tous les 2-3 jours, des mesures et des dénombrements sont faits en vue de l'étude de la croissance longi-

tudinale : nombre de feuilles trifoliolées étalées, nombre de tours de tuteur et hauteur verticale de la plante (du sol au bourgeon terminal). Les mêmes mesures ont pu être réalisées tous les jours sur quelques essais. Il y a eu aussi des études de croissance pondérale.

Le port de la plante est observé à la floraison. Plusieurs mesures sont faites alors pour le caractériser : nombre, longueur et épaisseur des entrenœuds, hauteur de la tige à partir du sol, hauteur de la partie enroulée, hauteur de la partie précédant l'enroulement, nombre de tours d'enroulement, longueur des pas de spires successifs, diamètre du tuteur.

Le nombre d'entrenœuds est compté entre les feuilles primaires et la dernière feuille trifoliolée sauf pour les tout premiers essais en champ où les entrenœuds du sommet florifère y ont été inclus. Quand le nombre de feuilles est mentionné, il s'agit uniquement du nombre de feuilles trifoliolées.

III. METHODES D'ANALYSE DES RESULTATS.

A. ECHANTILLONAGE.

En général, nous avons toujours représenté un lot de plantes par la moyenne des différents paramètres étudiés. Cependant, dans le cas de l'étude de la croissance, notamment de l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur, enroulement qui commence à des moments différents pour les différentes plantes du lot, nous avons dû choisir, pour représenter le lot, un individu moyen, représentatif du lot. Le choix de cet individu moyen sera décrit en détails dans la partie "Croissance".

B. RELATIONS PHYSICO - MATHEMATIQUES.

Les relations ou formules utilisées, notamment dans la troisième partie "Croissance", ont été puisées dans les manuels de DION (1974), TREMBLAY (1970) et WARUSFEL (1970) ; les relations statistiques, dans ceux de LISON (1958) et de SNEDECOR (1971).

NOTA :

Toutes les températures sont exprimées en degrés centigrades ou degrés Celsius (°C).

PREMIERE PARTIE

PORT DE LA PLANTE ET FACTEURS DU MILIEU

INTRODUCTION

Toute plante adulte a une forme particulière qui constitue son port. Ce dernier s'édifie peu à peu au cours de la vie de la plante ; c'est le résultat de cette édification que l'on caractérise. Au stade de la floraison, le port du haricot est, en général, établi. Aussi le définissons-nous, dans nos observations, à l'apparition de la première fleur de la plante ; pour une population, il est défini par le pourcentage des plantes à port érigé ou de celles à port volubile, au moment où toutes les plantes ont fleuri.

Un port est considéré comme volubile lorsque la plante a amorcé un début d'enroulement autour du tuteur (minimum de 1/4 à 1/2 tour).

Un port est considéré comme érigé ou dressé lorsqu'il ne présente ni enroulement ni début d'enroulement. Deux types de plantes érigées se rencontrent dans nos expériences : le type érigé, proprement dit, court, le plus courant, et le type érigé long. Le premier est nain (25 à 35 cm de haut) et n'a pas besoin de tuteur ; le second est plus long (environ 70 cm de haut) et nécessite la présence d'un tuteur pour rester vertical.

La forme caractéristique d'une plante provient de la somme des formes individuelles de la tige principale (épicotyle) et des rameaux axillaires qu'elle porte. En champ, les rameaux sont nombreux et ont la même allure que la tige principale (DEBOUCK, 1976, 1983) : une plante volubile a une tige et des rameaux volubiles, une plante érigée a une tige et des rameaux érigés. A la serre, les rameaux sont **rare**s et peu développés ; tous sont érigés quelle que soit l'allure de la tige. En chambres conditionnées, les rameaux sont encore plus rares et encore moins développés, quelle que soit l'allure de la tige. Comme notre étude est basée sur la comparaison du port de la plante en champ, à la serre et en chambres conditionnées, seul le port de la tige sera étudié.

Notre premier but est de vérifier si une variété génétiquement connue comme érigée ou volubile se présente toujours sous le même port dans différentes conditions du milieu. Pour cela, nous avons recherché les conditions du milieu les plus différentes possible, en champ, à la serre et dans les chambres conditionnées. En champ et à la serre (milieu non ou partiellement contrôlé), on ne peut agir que partiellement sur les conditions du milieu. C'est seulement dans les chambres conditionnées (milieu contrôlé) qu'une maîtrise de ces facteurs est possible.

CHAPITRE I

ETUDE EN CHAMP ET A LA SERRE

(Milieu non ou partiellement contrôlé)

Le champ et la serre sont des milieux dont on ne peut guère maîtriser les paramètres (température, photopériode, ventilation, humidité ...).

Les cultures en champ sont tributaires des saisons. Seule l'exposition peut varier, entraînant quelques modifications de température et surtout de lumière. Le manque de pluies peut être suppléé par un arrosage.

A la serre, les conditions de lumière et de température dépendent aussi des saisons mais elles peuvent être modifiées : mise en place d'un store, mise en marche d'un système de chauffage qui assure une température ne descendant pas, par exemple, au-dessous de 20°C. L'apport d'eau et, au besoin, de solutions nutritives y est entièrement contrôlé.

Si la serre se rapproche d'une part du champ où apparaissent de nombreuses variations de température et de lumière, d'autre part des chambres conditionnées où les facteurs du milieu peuvent être maîtrisés au moins partiellement, elle n'en reste pas moins un milieu particulier avec ses microclimats et ses gradients de température et de lumière.

I. EN CHAMP.

La saison de culture est réduite en raison des gelées tardives (tableau 1, page 147) : les semis ne peuvent alors être effectués, du moins en Auvergne, qu'entre le 15 mai et le 15 juillet pour que les plantes arrivent à un plein épanouissement. Les plantes ainsi cultivées vont servir de référence par rapport à toutes les autres. L'effet de l'exposition au soleil et des conditions liées à la date de semis sur le port de la plante a été étudié.

A. EFFET DES CONDITIONS D'EXPOSITION AU SOLEIL SUR 2 VARIETES, l'une naine, l'autre à rames (semis du 15.05.74, récolté 96 jours après le semis).

Les 2 variétés, Coco nain et Coco à rames, différentes seulement par leur port, ont été cultivées dans 4 conditions différentes d'ensoleillement : au soleil toute la journée, au soleil mais recevant progressivement l'ombre d'un bâtiment l'après-midi, à l'ombre des arbres avec quelques taches de soleil, enfin à l'ombre des arbres sans tache de soleil. Il y a 60 individus par condition et par variété. Pour la dernière condition, nous n'avons pu obtenir que le développement de 2 individus et seulement pour le Coco nain.

Dans les conditions de nos expériences, quel que soit l'ensoleillement, le Coco nain est nain, dressé, érigé (= 100 % des plantes) et le Coco à rames, volubile (100 % des plantes ; photo n° 2, page 1).

B. EFFET DE 2 CONDITIONS DIFFERENTES D'EXPOSITION AU SOLEIL SUR 6 VARIETES NAINES (semis du 18.05.76, récolté en octobre).

Dans les 2 premières conditions de l'essai précédent, nous avons cultivé 6 variétés naines : Adria, Arian, Mangetout Constant, Mangetout Princesse, Myrto et Nabel. Toutes les 6 variétés, dans ces 2 conditions, sont naines et dressées (photo n° 1, page 1).

C. EFFET DES CONDITIONS LIEES A LA DATE DE SEMIS DE 12 VARIETES NAINES (semis du 01.06.77 au 14.08.77, récolté en octobre).

A 4 dates de semis (1er juin, 1er juillet, 31 juillet et 14 août), nous avons cultivé 12 variétés naines : Adria, Arian, Beurre Findor, Coco nain, Corel, Mangetout Constant, Mangetout Princesse, Mangetout Silvert, Michelet à longues cosses, Myrto, Nabel, Ocelo. Il y a 110 plantes par variété et par date de semis.

Ces 12 variétés, pour les 4 semis cités, sont naines, dressées, érigées (100 % des plantes). On constate cependant que, parfois, surtout en été et pour les semis de juillet, l'entre-noeud situé sous la dernière feuille trifoliolée est long et plus ou moins spiralé.

De plus, en dehors de nos essais, on connaît quelques cas où certaines plantes de variété naine sont devenues volubiles, enroulées seulement dans leur partie terminale.

D. RESUME.

En champ, pendant la saison de culture, les variétés présentent, quelles que soient les variations de l'ensoleillement, c'est-à-dire les variations simultanées de température et de lumière, le port qui leur est assigné habituellement : les variétés dites "naines" sont naines, dressées; les variétés dites "à rames" sont volubiles. L'apparition sporadique, chez les variétés naines, d'un entre-noeud long et torsadé ou d'un enroulement vers le sommet de la plante montre toutefois une tendance au volubilisme.

II. A LA SERRE

Des semis échelonnés tout au long de l'année nous ont permis d'avoir un éventail assez large de conditions du milieu. Les plantes ont toujours fleuri quelle que soit la date de semis. Deux variétés naines (Coco nain et Mangetout Princesse) et une variété à rames (Coco à rames) ont été cultivées.

A. VARIETES NAINES.

Alors que, en champ, au cours de toute la saison de culture, une variété dite naine est dressée, à la serre, au moins en été, le port des plantes dites naines est différent ; beaucoup de plantes s'enroulent : elles sont volubiles.

1. **Coco nain** (fig. 1, p. 25).

En semis échelonnés, cette variété montre une courbe de pourcentages de plantes volubiles faisant penser à une sinusoïde avec des maximums en été (semis de juillet 1975, 1976 et 1977 : fig. 1a) et des minimums en hiver (semis de janvier - février 1975, 1976 et 1977 : fig. 1a). En hiver, la plante est dressée ; en été, elle est volubile. Entre l'hiver et l'été, la proportion de plantes volubiles s'élève progressivement (50 % pour le semis de mai 1975, 90 % pour le semis de juin 1975) ; entre l'été et l'hiver, elle s'abaisse progressivement (70 % pour le semis de septembre 1975, 12 % pour le semis de décembre 1975). Dans ces 2 derniers cas, on observe, en plus des formes typiques, des formes que nous allons décrire, intermédiaires entre le port dressé et le port volubile. Lorsque la plante est volubile, elle ne présente toutefois que 2 ou 3 tours de tuteur. En serre, la température et la lumière sont les 2 facteurs qui varient au cours des saisons. Il nous a paru intéressant de consulter les relevés météorologiques locaux de température fournis par la Station Météorologique de Clermont.

1.1. Relation entre la température extérieure à la serre et le port de la plante.

Bien que l'éclairement (en intensité, durée et qualité), l'eau et d'autres facteurs du milieu extérieur puissent intervenir dans le port de la plante, nous nous bornerons à la température, facteur du milieu choisi dans notre étude.

Un enregistrement des températures (fig. 1c, p. 26) d'une part à l'extérieur d'autre part à l'intérieur de la serre montre que les courbes se correspondent : à tout maximum de température extérieure correspond un maximum de température intérieure ; la température minimale à la serre étant constante (20°C), la correspondance avec les températures minimales extérieures est estompée. Une telle relation entre les températures extérieures et intérieures à la serre permet l'utilisation des données météorologiques pour interpréter les essais à la serre.

Les valeurs des données météorologiques sont reportées sur la figure 1b (page 25). La comparaison de la courbe de pourcentages de plantes volubiles (fig. 1a) avec les courbes de moyennes journalières de la température la plus basse ou de la température la plus élevée (fig. 1b) montre les faits suivants : les maxima moyens de température qui caractérisent l'été correspondent à peu près aux maximums de pourcentages de plantes volubiles ; inversement, les minima moyens de température qui caractérisent l'hiver correspondent à peu près aux minimums de pourcentages de plantes volubiles. Alors que, en été 1975 et 1976, le maximum de pourcentages de plantes volubiles est de 100 % avec une température maximale moyenne respective de 27°C et de 26°C, il n'est que de 66 % en été 1977 mais avec un maximum moyen de température de 22°C seulement. Il y a donc probablement une relation entre la température extérieure et le pourcentage de plantes volubiles.

De plus, l'allure périodique de la courbe de pourcentages de plantes volubiles, observée en 1975 et 1976, est différente en 1977 : le pic normal d'été, comme nous l'avons vu, est plus bas et un pic supplémentaire est apparu en mars suivi d'un pourcentage de plantes volubiles en mai plus bas, lui-même inférieur à ceux de mai 1975 et 1976. Les données de mars et de mai 1975, 1976 et 1977 sont regroupées dans le tableau suivant pour permettre une comparaison précise :

Tableau I : Relation entre la température extérieure à la serre et le pourcentage de plantes volubiles chez Coco nain à l'intérieur de la serre.

		MARS			MAI		
		1975	1976	1977	1977	1976	1975
Pourcentage de plantes volubiles		0 %	4 %	52 %	23 %	32 %	50 %
Moyenne de la température extérieure	Maxima moyens	10 °	10°	16,1°	15,8°	19°	20,5°
	Minima moyens	- 1°	- 1°	0°	4,6°	7°	6°
	Différence (ΔT)	+ 11°	+11°	16,1°	11,2°	12°	14,5°

La moyenne des maxima de température en mars 1977, (16,1°), est anormalement élevée par rapport à celle des mois de mars 1975 (10°C) et 1976 (10°C). Et le pourcentage de plantes volubiles en mars 1977 (52%) est plus élevé que ceux de mars 1975 (0%) et 1976 (4 %). De même, la moyenne des maxima de température en mai 1977 est anormalement basse (15,8°C) par rapport à celle de mars 1977 (16,1°), de mai 1975 (20,5°) et de mai 1976 (19°C). Et le pourcentage de plantes volubiles est plus faible en mai 1977 (23 %) qu'en mars 1977 (52 %), mai 1975 (50 %) et mai 1976 (32 %).

Donc lorsqu'un résultat paraît, de prime abord, un peu surprenant, on peut se demander si la température n'est pas en jeu. En effet, de même que, au cours des mois et des années, la progression des températures, de l'hiver à l'été et de l'été vers l'hiver, subit des fluctuations, de même le pourcentage de plantes d'un port déterminé, à la serre, caractérisé également par une progression allant, elle aussi, de l'hiver à l'été et de l'été vers l'hiver, présente des variations selon les mois et les années. Or, ces deux variations, d'une part de température et d'autre part de pourcentage de plantes d'un port déterminé, sont en concordance dans le temps. Toutes les fois qu'un relevé de résultats paraît anormal, il convient de se reporter à la température.

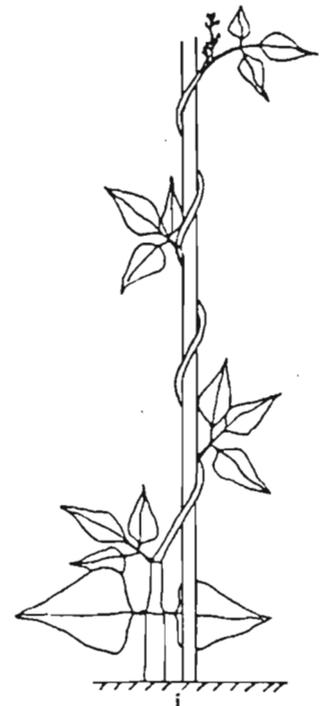
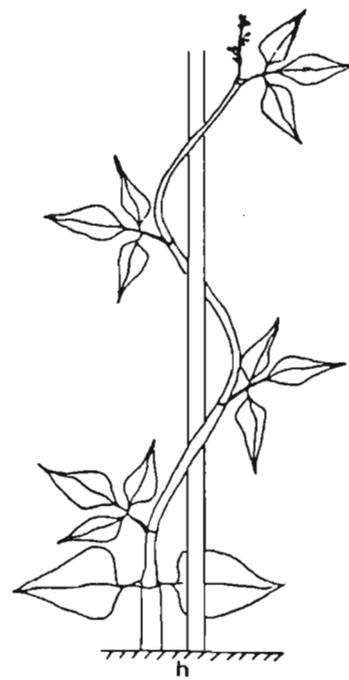
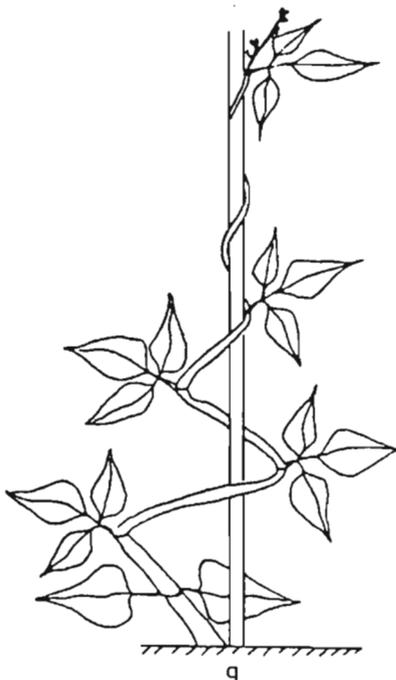
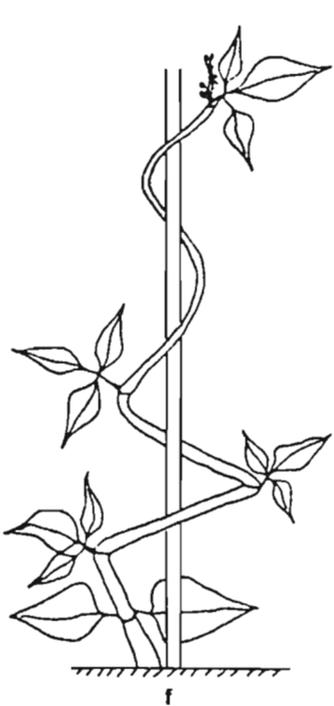
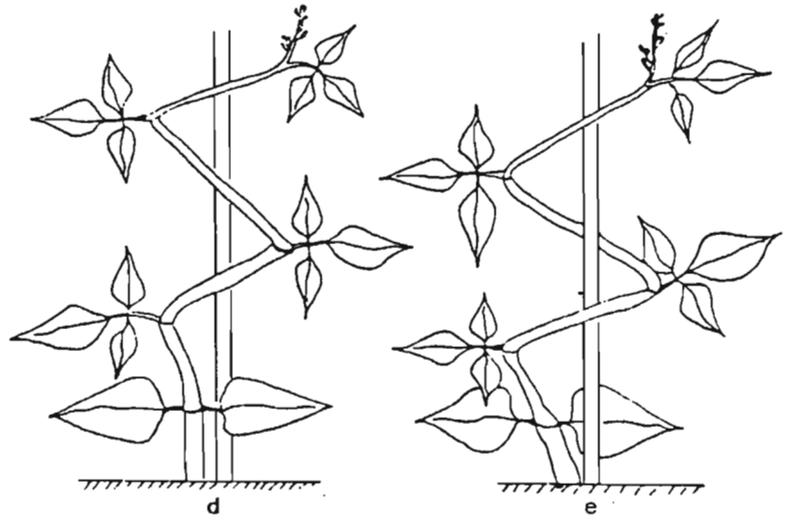
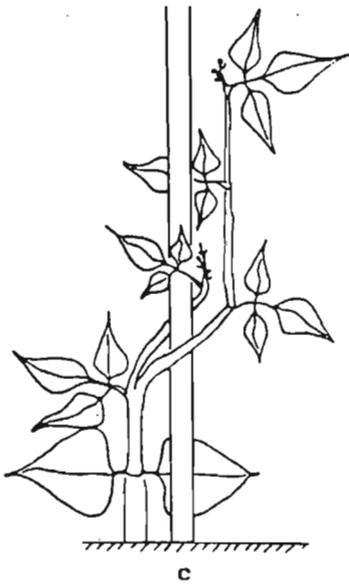
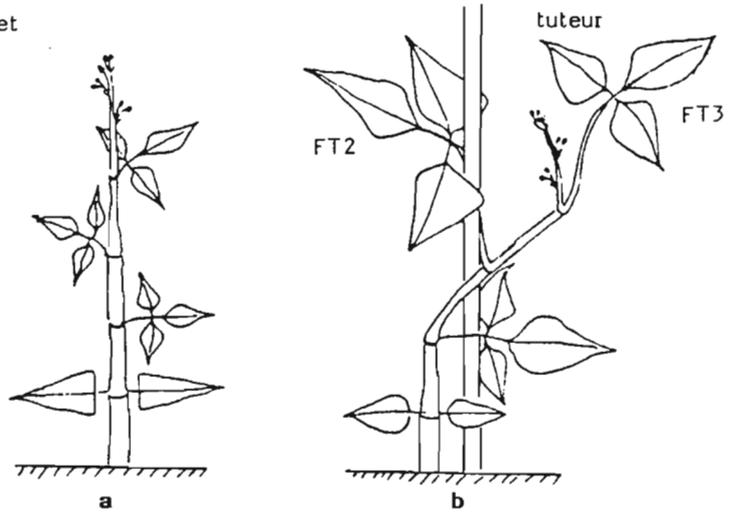
En outre, on observe également une relation entre le pourcentage de plantes volubiles et la différence entre les moyennes des maxima et des minima de température : plus cette différence est élevée, plus le pourcentage de plantes volubiles est élevé. Ainsi, une différence de température de 16,1°C, 14,5°C, 12°C, 11,2°C correspond respectivement aux pourcentages de plantes volubiles suivants : 52 % (mars 1977), 50 % (mai 1975), 32 % (mai 1976) et 23 % (mai 1977). Mais ces écarts correspondent aux maxima de température les plus élevés. Et on se sait si la température influe sur le port par :

- ses maxima ou ses minima
- ses écarts entre maxima et minima
- à la fois ses maxima, ses minima et ses écarts entre maxima et minima.

L'étude de Mangetout Princesse nous apportera quelques éclaircissements.

Fig. 2. Différents types de port intermédiaires observés entre le port dressé et le port volubile.

- (a) plante érigée typique
- (b) plante érigée mais accrochée au tuteur entre le pétiole et une foliole latérale
- (c) plante érigée mais retenue au tuteur par une fourche tige-rameau
- (d) plante érigée à zigzags devant le tuteur
- (e) plante à zigzags autour du tuteur
- (f) plante à zigzags en bas et enroulement lâche en haut
- (g) plante à zigzags en bas et enroulement serré en haut
- (h) plante à enroulement lâche
- (i) plante à enroulement serré ou fermé.



Comme la durée du jour, pour une même date de l'année, est invariable d'une année à l'autre, la différence entre les résultats de 1977 et ceux des années précédentes ne peut pas s'expliquer par la longueur du jour. Elle peut l'être par la température comme nous venons de le montrer à moins que l'intensité lumineuse n'ait été assez différente d'une année à l'autre pour les périodes considérées. L'éventualité d'une périodicité endogène semble ne pas intervenir puisque la courbe de pourcentage de plantes volubiles de l'année 1977 est différente de celles des années précédentes et que les mêmes semences, en champ, produisent au printemps et en été, des plantes érigées et non volubiles.

Ainsi, l'édification du port de la plante est vraisemblablement tributaire de la température.

1.2. Description des ports intermédiaires entre le port érigé et le port volubile (fig. 2, pages 27, 28)

Des tuteurs sont installés à côté de chaque plante à partir du stade de la première feuille trifoliolée ; ils sont enlevés lors de la récolte et on note alors si la plante reste dressée ou si elle s'infléchit et tombe.

Différentes formes que nous appelons intermédiaires sont observées entre le port érigé et le port volubile ; elles peuvent être classées de la façon suivante :

- tige érigée(=dressée) typique (fig. 2a) : elle se tient dressée sans tuteur.

- tige érigée mais qui s'infléchit et tombe quand on enlève le tuteur (exemple : 15 plantes sur 15 du semis du 17.01.75).

- tige érigée mais avec le (ou les) dernier(s) entre-noeud(s) torsadé(s) (exemple : 3 plantes sur 15 du semis du 17.01.75).

- tige érigée mais accrochée au tuteur entre le pétiole et une foliole latérale d'une feuille (fig. 2b) ; exemple : 4 plantes sur 5 du semis du 6.11.74 et 3 plantes sur 5 du semis du 09.05.75 (photo n° 16, page 6).

- tige érigée mais à tuteur enserré entre la tige et un rameau (fig.2c); exemple : 2 plantes sur 15 du semis du 17.01.75 et 1 plante sur 5 du semis du 09.05.75.

- tige érigée mais dont les entre-noeuds oscillent d'un côté et de l'autre, faisant ainsi des zigzags devant le tuteur (fig. 2d) ; exemple : 10 plantes sur 31 du semis du 08.01.77 et 5 plantes sur 22 du semis du 18.02.77.

- tige érigée mais dont les entre-noeuds, oscillant d'un côté et de l'autre, emprisonnent le tuteur dans leurs zigzags (fig. 2e, page 27 et tableau 3, page 148).

- tige présentant un enroulement lâche, c'est-à-dire distant du tuteur (fig. 2h, page 28 et tableau 3, page 148).

- tige volubile typique (fig. 2i) : tige présentant un enroulement serré (ou ferme) autour du tuteur, c'est-à-dire un enroulement très proche du tuteur ; exemple : voir tableau 3.

Outre les exemples chiffrés précités, nous avons noté systématiquement, du semis du 15.04.76 au semis du 08.11.77, soit pour 12 populations différentes, le nombre de plantes à enroulement serré, à enroulement lâche, à zigzags autour du tuteur et nous avons rangé sous la dénomination "érigée" toutes les autres formes intermédiaires ainsi que les plantes érigées typiques. Le tableau 3 page 148, indique le pourcentage de ces différents types de port. On constate qu'on a toujours entre le port volubile à enroulement serré et le port érigé tel que nous venons de le définir au moins l'un des deux types de port intermédiaires (enroulement lâche ou zigzags autour du tuteur). Ainsi, sur les 12 séries, on a :

. 4 séries présentant des plantes à enroulement lâche : semis des 18.02.77, 11.05.77, 22.07.77 et 08.11.77.

. 3 séries présentant des plantes à zigzags autour du tuteur : semis des 15.04.76, 05.10.76 et 08.01.77.

. 5 séries présentant à la fois des plantes à enroulement lâche et des plantes à zigzags autour du tuteur : semis des 24.05.76, 20.11.76, 30.03.77, 22.06.77 et 31.08.77.

Il existe donc toute une gamme de formes intermédiaires entre le port érigé et le port volubile. La manifestation du volubilisme présente des degrés.

1.3. Résumé

A la serre apparaît, chez la variété Coco nain, le port volubile. Cette apparition n'obéit pas à la loi du tout ou rien. Elle est progressive avec toute une série de formes ou de ports intermédiaires. En hiver, on note entre 0 et 5 % de plantes volubiles ; en été chaud, 100 % de plantes volubiles. En été frais, ce pourcentage est inférieur à 100 %. Entre l'hiver et l'été, le pourcentage de plantes volubiles s'élève graduellement. Entre l'été et l'hiver, ce pourcentage décroît graduellement. Ainsi, le port de cette variété est lié aux facteurs du milieu, entre autres à la température.

On peut se demander si le phénomène observé chez le Coco nain est isolé ou s'il est général chez toutes les variétés naines. C'est pourquoi nous avons étudié de la même façon la variété Mangetout Princesse.

2. Mangetout Princesse (fig. 3, page 29)

En semis échelonnés le long de l'année, cette variété conduit, comme le Coco nain, à une courbe de pourcentages de plantes volubiles à allure périodique avec des maximums en été (fig. 3a : semis de juin-juillet 1978, de mai-décembre 1979) et des minimums en hiver (semis de décembre 1977 à mars 1978, d'octobre 1978 à mars 1979, de janvier 1980). Alors que pour le Coco nain, le minimum est de l'ordre de 0 à 5 % de plantes volubiles, ici le minimum n'est pas inférieur à 75 % de plantes volubiles. En outre le maximum qui s'étend sur environ 2 mois chez le Coco nain, s'étend chez le Mangetout Princesse, en 1979, sur 7 à 8 mois, (mai à décembre). De plus, le nombre de tours de tuteur, qui est de 2 pour le Coco nain, est de 9 pour le Mangetout Princesse. Cette dernière variété présente une aptitude plus élevée à devenir volubile.

Ainsi la modification du port de la plante à la serre s'observe non seulement chez le Coco nain mais encore chez le Mangetout Princesse avec par surcroît des caractères beaucoup plus prononcés.

Comme pour le Coco nain, y a-t-il une relation avec les données météorologiques et existe-t-il des ports intermédiaires ?

2.1. Relation entre la température extérieure à la serre et le port de la plante (fig. 3)

Les figures 3a et 3b (page 29) montrent bien que les maximums et les minimums de pourcentages de plantes volubiles (fig. 3a) correspondent aux maxima et minima annuels des moyennes quotidiennes de température (fig. 3b). Il faut noter toutefois que le port de cette plante ne varie pas beaucoup avec la température puisqu'il est presque toujours volubile (minimum de pourcentage de plantes volubiles = 75 %). Cela laisse supposer qu'il devient volubile à une température beaucoup plus basse que le Coco nain.

Cependant, l'abaissement progressif des températures entre août et décembre ne correspond pas à un abaissement du pourcentage de plantes volubiles. En reportant dans le tableau ci-dessous les valeurs d'une part des maxima, des minima, des écarts de température, d'autre part de l'éclairement (rayonnement et durée d'insolation), on constate :

Tableau II : Relation entre la température extérieure à la serre et le pourcentage de plantes volubiles chez Mangetout Princesse à l'intérieur de la serre.

ANNEE		1978	1979								1980
Mois (semis)		DEC.	JANV.	MARS	MAI	JUIN	JUILLET	SEPT.	OCT.	DEC.	JANV.
Pourcentage de plantes volubiles		82	93	96	100	100	100	100	100	100	77
Température extérieure (moyenne)	Maxima	13°	9°7	14°	21°5	20°5	24°	22°	19°	14°	11°
	Minima	- 3°8	- 7°	2°	5°	10°	14°5	10°5	7°	2°	- 5°
	Ecart	16°8	16°7	12°	16°5	10°5	9°5	11°5	12°	16°	16°
rayonnement (J/cm ²)		10.107	14.658	-	53.355	58.265	67.709	45.515	24.824	11.831	13.120
durée insolation (heure)		68	106	107	205	216	295	235	111	103	84
longueur du jour (heure) au 15 du mois		-	8h38	11h48	15h13	16h05	15h42	12h33	10h46	8h12	-

Lorsque les moyennes des maxima de température sont supérieures à 15°, la population entière est volubile (semis de mai à octobre 1979). Lorsqu'elles sont inférieures à 15°, le pourcentage de plantes volubiles est, à peu près, d'autant plus élevé que les maxima de température sont plus élevés.

Lorsque les moyennes des minima de température sont positives, les plantes sont toutes volubiles. Lorsqu'elles sont négatives, le pourcentage de plantes volubiles est plus faible, bien que élevé. On observe un fait analogue chez Coco nain (tableau I, page 22, vol. I texte) : le pourcentage de plantes volubiles varie entre 23 % et 52 % pour les minima de température positifs et est pratiquement nul pour les minima négatifs.

La relation, entre le port de la plante d'une part et l'écart entre les maxima et les minima de température d'autre part, discutée chez Coco nain, ne se confirme pas sauf peut-être pour les semis de mai et décembre où la population entière est volubile et où les écarts entre maxima et minima sont respectivement 16°5C et 16°C.

Le rayonnement solaire en janvier 1979 (14.658 J/cm²) et en janvier 1980 (13.120 J/cm²) où respectivement 93 % et 77 % de plantes sont volubiles n'est pas en faveur de l'influence prépondérante de la lumière sur le port puisque, en décembre 1979 où le rayonnement est seulement de 11.831 J/cm², on observe 100 % de plantes volubiles.

Ainsi, aussi bien chez Mangetout Princesse que chez Coco nain, on constate l'influence des maxima et des minima de température extérieure sur le port de la plante cultivée à la serre. Comme un thermostat maintient la température intérieure à au moins 20°C, il paraît surprenant que la température extérieure, lorsqu'elle est inférieure à 20°C, puisse agir sur la plante. L'existence de gradients de température, surtout au voisinage des vitres, expliquerait-elle cette influence ?

2.2. Description des ports intermédiaires entre le port érigé et le port volubile (tableau 4, page 149)

Sur 17 semis échelonnés de décembre 1977 à janvier 1980, nous observons 4 semis où il y a des plantes à enroulement lâche (fig. 2h, page 28) et 3 où il y a des zigzags autour du tuteur (fig. 2e, page 27). Donc des ports intermédiaires existent, bien que plus rares que chez le Coco nain.

2.3. Résumé

La variété naine Mangetout Princesse, comme le Coco nain, peut se présenter avec un port volubile. Des ports intermédiaires témoignent aussi d'une apparition progressive du volubilisme. Cette variété manifeste une aptitude plus grande que le Coco nain à devenir volubile : 75 % de plantes volubiles en hiver pour seulement 0 à 5 % et 9 tours de tuteur pour seulement 2. Les conditions du milieu à la serre, dont la température est la seule variable étudiée ici, déterminent le port de la plante.

B. Variétés à rames. Le Coco à rames (tableau 25, page 167).

En semis échelonnés (du 05.12.80 au 05.11.81), le Coco à rames est constamment volubile. Mais le nombre de tours de tuteur (5,4 pour le semis du 05.11.81 ; 12,3 pour le semis du 17.04.81), la hauteur de la partie enroulée (29,1 cm pour le semis du 05.11.81 ; 105,2 cm pour le semis du 17.04.81), le pas de l'hélice (5,4 cm pour le semis du 05.11.81; 8,7 cm pour le semis du 17.04.81 ; 10,7 cm pour le semis du 16.06.81), et la hauteur de la plante (53,7 cm pour le semis du 05.11.81 ; 168,7cm pour le semis du 17.04.81 ; 201,1 cm pour le semis du 16.06.81) dépendent de la date de semis : ils sont faibles en hiver, élevés en été. Si donc le port de cette variété n'est pas modifié, ses caractères (nombre de tours, hauteur enroulée, pas de l'hélice, hauteur de la plante) dépendent des facteurs du milieu. On se demande alors ce que deviendrait le port de cette variété sous des températures plus faibles que celles de la serre en hiver, c'est-à-dire sous des températures inférieures à 20°C.

C. Conclusion

Alors qu'en champ les variétés dites "naines" sont naines et les variétés dites "à rames" sont volubiles, à la serre pour les mêmes variétés on observe un port qui peut être différent. Une variété à rames est toujours volubile mais avec des caractères (nombre de tours, hauteur enroulée, pas de l'hélice, hauteur de la plante) qui dépendent de la date de semis. Une variété naine au contraire n'est pas toujours naine : le Coco nain est érigé (100 % de plantes) en hiver mais volubile (100 % de plantes) en été, le Mangetout Princesse est souvent volubile (75 % de plantes) en hiver et toujours volubile (100 % de plantes) en été. De plus les caractères de l'enroulement sont variables : il existe des formes intermédiaires entre le port érigé et le port volubile et le nombre de tours de tuteur est plus ou moins élevé. L'apparition du volubilisme n'est pas liée à une loi du tout ou rien. Il existe une progression du port érigé au port volubile depuis le Coco nain jusqu'au Coco à rames en passant par le Mangetout Princesse.

Puisque, à la serre, au long de l'année, le port d'une variété naine n'est pas toujours le même, les facteurs du milieu qui diffèrent selon les saisons (éclairage et notamment la température) en sont responsables. La température et l'intensité de l'éclairage varient souvent simultanément et n'ont pu être séparées. Cependant l'effet de la température apparaît presque évident par ses maxima et ses minima et semble prépondérant dans l'édification du port de la plante. Le rythme endogène ne nous paraît pas en cause : les semences d'un même lot, mises en terre les unes à la serre, les autres en champ, pendant la saison de culture, produisent à la serre des plantes volubiles et en champ des plantes érigées.

CHAPITRE II

ETUDE EN CHAMBRES CONDITIONNEES

(Milieu mieux contrôlé que le champ et la serre)

Notre but est d'essayer, compte tenu des résultats obtenus en champ et à la serre, de déterminer les conditions, en chambres conditionnées, où une variété naine présente le port soit érigé soit volubile et de rechercher si une variété à rames peut, elle aussi, se présenter sous un port différent.

Le choix des conditions d'expérimentation est basé sur les critères suivants de lumière et de température :

1. Critères pour "mimer" les conditions climatiques extérieures ou de serre.

1.1. Conditions des cultures en champ

Elles sont liées à des alternatives jour long/nuit courte qui entraînent des variations de lumière (photopériode) et de température (thermopériode). Pendant la saison de culture, la température maximale est de 36 °C (en août 1980) et la température minimale de - 2°C (en mai 1979) (tableau 2, page 147). Le haricot, comme nous le préciserons ultérieurement, ne germe pas à une température constante, égale ou inférieure à 12°C. Il peut cependant, après germination, supporter cette température de 12°C et même, pour un laps de temps court, une température inférieure.

1.2. Conditions des cultures à la serre

Elles sont liées à des alternances photopériodiques depuis jour long/nuit courte jusqu'à jour court/nuit longue qui entraînent aussi des variations d'éclairement et de température. Puisque les semis sont échelonnés tout au long de l'année alors que les cultures en champ ne le sont que sur quelques mois, les variations d'éclairement ont été plus grandes que pour les cultures en champ ; par contre les variations de température ont été plus faibles (la température a été maximale aux environs de 40°C en août 1980, la température minimale est au moins de 20°C par suite du réglage thermostatique de la température minimale à 20°C). Comme nous l'avons vu (fig. 1c, page 26), il y a correspondance entre les températures extérieures et celles de la serre quand elles sont supérieures à 20°. De plus, les températures de la serre sont toujours supérieures à celles de l'extérieur. En outre l'intensité de l'éclairement à la serre est plus faible et de qualité quelque peu différente.

2. Critères d'obtention d'un port déterminé

2.1. Si la variété est naine

- pour l'édification du port érigé, il faut se rapprocher des conditions du champ en saison de culture ou de la serre en hiver.

- pour l'édification du port volubile, il faut se rapprocher des conditions de la serre en été.

2.2. Si la variété est à rames

- pour l'édification du port volubile, il faut se rapprocher des conditions du champ ou de la serre.

- pour l'édification du port érigé, il faut au moins tenter de s'éloigner des conditions du champ et de la serre en recherchant des températures plus faibles, un éclairement plus faible et des jours plus courts.

3. Critères du choix des conditions d'éclairage et de température

3.1. Choix des conditions d'éclairage

L'éclairage des chambres conditionnées à notre disposition ne dépassant pas 21 W.m^{-2} au niveau des plantes alors que, au Phytotron, il est de l'ordre de 158 W.m^{-2} , il s'avère vain d'étudier le facteur éclairage. Comme ces chambres, au début de nos essais, n'étaient pas munies d'un système automatique d'alternance jour/nuit, nous avons voulu éliminer ce facteur et éviter un étiolement éventuel ; c'est pourquoi nous avons longtemps utilisé le jour continu.

Mais en jour continu, il n'était pas possible d'obtenir des températures inférieures à 20°C . Par la suite, nos chambres conditionnées ont été munies d'un système de réglage avec horlogerie et nous avons pu obtenir, la nuit, des températures inférieures à 20°C , par le jeu des alternances jour/nuit.

Enfin, pour élargir notre domaine d'investigation, quelques semis ont été réalisés à une intensité inférieure (14 W.m^{-2}) à la maximale (21 W.m^{-2}).

3.2. Choix de la température

Les expériences ont été réalisées soit en jour continu soit en alternance jour/nuit.

3.2.1. En jour continu, c'est-à-dire sans photopériode

- températures constantes tout au long de l'essai. Nous avons utilisé soit une température constante soit deux températures constantes successives.

Pour le cas d'une seule température constante, l'éventail des températures a varié de 16°C à 32°C .

Pour le cas de deux températures constantes successives, comme il existe une relation entre les maxima et les minima quotidiens de température extérieure et le port du Coco nain à la serre, nous avons choisi 30°C comme température chaude qui est une température élevée pour une température constante de culture et 20°C comme température fraîche, température minimale à la serre. A chacune de ces 2 températures constantes correspond une période de culture : la première est le plus souvent comprise entre la date de semis et l'étalement de la première feuille trifoliolée ; la seconde, de ce stade à la floraison. Nous avons appelé température initiale celle de la première période ; température finale, celle de la seconde ; et nous avons désigné par la notation température initiale/température finale (30°/20° et 20°/30°), le couple de ces deux températures constantes successives.

Le stade de la première feuille trifoliolée a été retenu pour le changement des conditions de température : le primordium de cette feuille existe dans la graine (photo n°34, page 15) avec celui des feuilles primaires et de la deuxième feuille trifoliolée alors que les autres primordiums sont néoformés ; de plus, dans les cultures à l'obscurité, c'est la seule feuille trifoliolée qui apparaît à l'oeil nu.

Toutes les plantes d'une population ne parviennent pas au même stade en même temps et, comme elles sont transférées le même jour, elles le sont donc à des stades voisins mais parfois différents. De plus, l'obtention d'un même stade de développement (l'étalement de la première feuille trifoliolée par exemple) dépend, bien entendu, d'une part de la variété .d'autre part des conditions du milieu (tableau 2, page 147) : elle est ainsi plus rapide, à une même température (20° par exemple), pour Coco nain (16 jours) que pour Ocelo et Mangetout Princesse (21 jours) et à 20°C elle est plus lente qu'à 30°C par exemple pour chacune des 3 variétés (10 jours pour Coco nain, 11 jours pour Ocelo et 12 jours pour Mangetout Princesse). Tout ceci explique les différences de durée des périodes initiales.

Cependant, afin de déterminer la durée minimale d'efficacité de la température initiale, nous avons testé des durées de 1 à 15 jours pour cette première période .

- 2 températures alternées au cours de 24 h (en jour continu).
Un seul essai a été réalisé : 28°C pendant 10 h et 20°C pendant 14 h.

3.2.2. En alternance jour/nuit (24h) c'est-à-dire avec une photopériode

- 1 seule température constante tout au long de l'essai (jour long de 16h). Plusieurs essais ont été réalisés soit à 12°C ± 0°2 soit à 13°5C ± 1°5 pour tenter d'obtenir le Coco à rames et le Mangetout Princesse sous le port érigé. La notation 13°5 (16h/8h) par exemple signifie la température constante de 13°5C au cours d'un jour de 16h suivi d'une nuit de 8h.

- 2 températures constantes successives (24h).

Les températures de jour (18°C à 32°C) ont toujours été choisies plus élevées que les températures de nuit (10°C à 14°C). Les longueurs de jour ont été de 16h (jours longs) ou de 12h (jours moyens) ou de 8h (jours courts). La notation 32°/12° (16h/8h) par exemple signifie : 32°C pendant le jour de 16h et 12°C pendant la nuit de 8h.

- 2 couples successifs de températures, l'un des deux pouvant être remplacé par une température constante.

Plusieurs essais ont été réalisés avec un couple de températures jour/nuit pendant une période initiale de 5 à 32 jours suivi d'un autre couple jour/nuit. Lorsqu'une température constante remplace un des 2 couples successifs, elle est en général fraîche (12°C et 13°5C) et est utilisée soit en phase initiale pendant une période de 5 à 70 jours, soit en phase finale.

La notation [32°/12° (16h/8h)] / [20°/12° (12h/12h)] par exemple signifie que 32°/12° (16h/8h), le premier couple de températures, est utilisé du semis à n jours après le semis et que 20°/12° (12h/12h), le second couple de températures, est utilisé de (n+1) jours après le semis à la récolte.

I

CONDITIONS d'OBTENTION du PORT ERIGE ou VOLUBILE chez une VARIETE NAINE.

A. COCO NAIN (photos n° 3 et 5, page 2).

Suivant les conditions du milieu en chambres conditionnées, on observe, chez le Coco nain non seulement le port érigé (photo n°3) mais aussi le port volubile (photo n°5) et des ports intermédiaires (fig.2, pages 27 - 28).

1. Description des ports typiques et intermédiaires observés.

On retrouve, suivant les conditions du milieu, différentes formes de port qui sont, ou non, les mêmes que celles déjà rencontrées à la serre (fig.2, pages 27-28) :

- port érigé typique (fig.2a) : toutes les plantes restent dressées lorsqu'elles sont sans tuteur ou lorsqu'un tuteur ayant été posé préalablement, on enlève celui-ci (exemple : essai du 27.02.75 sous $21W.m^{-2}$, à $16^{\circ}C$, en jour continu).

- tige érigée mais accrochée au tuteur entre le pétiole et une foliole latérale d'une feuille (fig.2b) (exemple : essai du 07.01.75, sous $14W.m^{-2}$, à $21^{\circ}C$, en jour continu ; 6 plantes sur 6).

- tige érigée mais à tuteur enserré entre la tige et un rameau (fig.2c) (exemple : essai du 27.02.75, sous $21W.m^{-2}$, à $23^{\circ}C$, en jour continu ; 6 plantes sur 9).

- tige érigée mais dont les entre-noeuds, oscillant d'un côté et de l'autre, emprisonnent le tuteur dans leurs zigzags (fig.2e) (exemple: essai du 02.06.75, sous $14W.m^{-2}$, à $30^{\circ}C$, en jour continu ; 5 plantes sur 9).

- tige avec zigzags en bas et enroulement lâche en haut (fig.2f) (exemple : essai du 02.06.75, sous $14W \cdot m^{-2}$, à $30^{\circ}C$, en jour continu ; 4 plantes sur 9).

- tige avec zigzags en bas et enroulement serré en haut (fig.2g) (exemple : essai du 02.06.75, sous $14W \cdot m^{-2}$, à $30^{\circ}C/25^{\circ}C$, en jour continu ; 7 plantes sur 9).

- tige présentant un enroulement lâche, c'est-à-dire distant du tuteur (fig.2h) (exemple : essai du 07.01.75, sous $14 W \cdot m^{-2}$, à $21^{\circ}C$, en jour continu ; 5 plantes sur 6).

- tige volubile typique (fig.2i) : tige présentant un enroulement serré autour du tuteur. Les exemples sont nombreux bien qu'il s'agisse d'une variété naine. Nous en citerons seulement 3 :

. sous $14W \cdot m^{-2}$, à $30^{\circ}C/21^{\circ}C$, en jour continu ; 9 plantes sur 9 (essai du 02.06.75).

. sous $14W \cdot m^{-2}$, à $30^{\circ}C/20^{\circ}C$, en jour continu ; 7 plantes sur 7 (essai du 05.01.76).

. sous $21W \cdot m^{-2}$, à $30^{\circ}C/20^{\circ}C$, en jour continu ; 9 plantes sur 9 (essai du 13.10.75).

Ainsi, en chambres conditionnées, le port du Coco nain apparaît sous différentes formes depuis le type érigé jusqu'au type volubile. Mais existe-t-il une relation entre les conditions expérimentales utilisées et le port de la plante ?

2. Relation entre le port et les conditions du milieu.

Seuls les facteurs intensité de l'éclairement et température sont considérés.

2.1. Température constante et jour continu.

2.1.1. En fonction de l'intensité de l'éclairement.

Le pourcentage de plantes érigées s'élève avec l'intensité lumineuse.

Ainsi, à 21°C (essai du 07.01.75), toutes les plantes, au nombre de 6, se développent avec des formes intermédiaires sous 14W.m⁻² alors que, sous 21W.m⁻², 2 plantes seulement présentent des formes intermédiaires et 4 plantes sont érigées.

2.1.2. En fonction de la température.

Les plantes sont érigées à faible température et montrent des formes intermédiaires à température élevée : sous 21W.m⁻² (essai du 27.02.75), plantes, au nombre de 9 par condition, érigées à 16°C, à formes intermédiaires à 23°C et à 30°C.

2.2. En jour continu, avec 2 températures constantes, l'une initiale, l'autre finale.

2.2.1. Sous 14W.m⁻² avec 30°C et 20°C comme températures initiale et finale (tableau 5, page 150) soit 30°/20° et 20°/30° comme couples de températures testés, 30° ou 20° utilisées de façon continue comme températures témoins (essai du 05.01.76).

On constate un fait important : avec une température initiale de 30°C et une finale de 20°, 100 % de plantes sont volubiles (à enroulement serré) tandis qu'inversement, avec une température initiale de 20° et une finale de 30°, 100 % de plantes sont érigées.

On retrouve des formes intermédiaires pour les témoins aux températures constantes de 20°C ou 30°C (comme dans l'essai du 27.02.75 précité) et aussi à 20°/30° lorsque la durée de température initiale correspond à l'apparition de la première feuille trifoliolée (16 jours).

2.2.2. Sous 14W.m⁻² avec la température initiale de 30°C et les températures finales de 25°C, 21°C, 19°C ou 17°C (tableau 6, page 150) (essai du 02.06.75).

On constate qu'avec une température finale de 21°C, 100 % de plantes sont volubiles (à enroulement serré), qu'avec des températures voisines, plus fraîches (19°C et 17°C) ou plus chaudes (25°C) il y a un mélange de plantes volubiles (à enroulement serré) et de plantes à ports intermédiaires. La température finale de 20°C ou 21°C serait donc optimale.

A 30°C constants (plantes témoins), on observe aussi des formes intermédiaires comme dans l'essai précédent.

2.2.3. Sous 21W.m⁻², avec la température initiale de 30°C et les températures finales de 20°C ou de 25°C (tableau 7, page 151) (essai du 13.10.75).

On constate qu'avec la température finale de 20°C, 100 % de plantes sont volubiles (à enroulement serré) et qu'avec la température finale de 25°C, des plantes à ports intermédiaires apparaissent. Le caractère optimal de la combinaison 30°/20° s'affirme aussi bien sous 14W.m⁻² que sous 21W.m⁻².

A 30°C constants (plantes témoins), on observe des ports intermédiaires comme sous 14W.m⁻²

2.2.4. Sous 21W.m⁻², avec la température initiale de 28°C et la température finale de 20°C (tableau 8, page 151) (essai du 17.11.75).

Après l'étalement de la première feuille trifoliolée, 2 essais sont effectués : dans le premier, la température finale est d'abord 20°C pendant 3 semaines ; puis elle passe de nouveau à 28°C ; la succession est alors 28°C du semis à la première feuille trifoliolée, puis 20°C pendant 3 semaines puis 28°C jusqu'à la récolte. A cette succession va correspondre dans le deuxième essai, mais seulement à partir de la première feuille trifoliolée, la même succession de températures mais pour les premières 34 heures : 28° pendant 10 h puis 20° pendant 14h puis 28° pendant 10h, soit pour une journée de 24h, 28°/20° (en jour continu).

Nous voulons d'abord comparer l'effet, sur le port de la plante, d'une température finale de 20° pendant 3 semaines à celui d'une alternance journalière 28°/20°. Ces deux essais nous indiqueront si, à l'instar de ce qui se passe dans la nature, le thermorythme quotidien, débutant une dizaine de jours après le semis, a une incidence sur le port de la plante. Ensuite nous voudrions connaître l'effet d'un changement de température (ici passage de 20° à 28°) sur un port en train de s'établir.

Dans le premier essai, 100 % de plantes sont volubiles (à enroulement serré) tant que la température est de 20°C ; dès que celle-ci passe à 28°C, la plante continue à croître mais la portion de tige développée à 28°C est dressée. La portion enroulée correspond à l'effet de la combinaison 28°/20° tandis que la portion dressée correspond à la combinaison 20°/28°. Donc, comme dans les 2 expériences précédentes (30°/20° ou 20°/30°), lorsque la température initiale de 28°C est suivie d'une température de 20°C, la plante est volubile et lorsque la température initiale de 20°C est suivie d'une température finale de 28°C, la plante est dressée. Mais ici, les effets se produisent sur la même plante, sur le même axe, et sont successifs.

Dans le second essai, 22 % de plantes seulement sont volubiles. Les autres présentent un port intermédiaire. L'alternance journalière 28°/20° est donc défavorable au port volubile, au moins chez le Coco nain.

2.2.5. Détermination de la durée minimale d'efficacité de la température initiale (tableau 10a et 10b, page 152).

Dans les essais précédents, la période initiale, liée à l'étalement de la première feuille trifoliolée est d'environ 10 jours pour une température chaude et 16 jours pour une température fraîche (tableau 5, page 150). Comme nous l'avons vu, cette durée a été fixée un peu à priori. Le port observé dans ces conditions peut-il être aussi obtenu avec une durée plus courte de la période initiale ?

Des cultures de Coco nain sont faites, toujours sous 21W.m⁻² en jour continu, pendant 1, 2, 3 ; 3, 6, 9 ; 9, 12, 15 jours.

- à 30°C suivis de 20°C jusqu'à la récolte.
- à 20°C suivis de 30°C jusqu'à la récolte.

Le tableau 10a (page 152) montre, malgré quelques fluctuations, que le port volubile peut être considéré comme à peu près établi après 2 jours de température initiale. Les tableaux 5 à 8 montrent que, lorsque la durée de la période initiale est de 10 jours, toutes les plantes sont volubiles pour 30°/20° et 28°/20°. Les fluctuations de pourcentage de port observées avant 10 jours pourraient provenir du stade physiologique

qui peut varier d'une plante à l'autre car, dans nos essais, la population entière passe au même moment de 30°C à 20°C. Comme le port volubile n'apparaît que vers 15 jours après le semis alors que le changement de températures 30°/20° a lieu plus tôt, le port peut être considéré comme préétabli après une durée de la période initiale de 2 à 10 jours à 30°C suivie de 20°C. Il reste préétabli si au-delà de 10 jours, la température finale est de 20°C. Il s'efface plus ou moins si au-delà de 10 jours la température finale est différente de 20°C (tableaux 6 - 8, pages 150 - 151) : les pourcentages de port volubile sont de 22 %, 89 % et 67 % respectivement pour les couples de températures 30°/25°, 30°/19° et 30°/17° (tableau 6, page 150) ; dans l'essai 28°/20°/28°, la plante cesse de s'enrouler lorsque, après 3 semaines de séjour à 20°C, on remplace la température de 20°C par celle de 28°C (tableau 8, page 151). Dans une induction irréversible, le phénomène, une fois préétabli à la fin du temps d'induction, se manifeste toujours de la même façon, au même taux. Or ici, le taux de plantes volubiles varie. S'agirait-il d'une induction réversible ? ou simplement de l'effet combiné de 2 températures ?

Les plantes cultivées à 20°/30° sont érigées (tableau 10b, page 152) dès que la période initiale dure 3 jours. En deçà de 3 jours, les pourcentages de plantes volubiles sont 46 %, 31 % et 0 % lorsque la durée de la période initiale est respectivement de 1, 2 et 3 jours. Entre 3 et 15 jours, toutes les plantes sont érigées. Pour une période initiale de 16 jours (tableau 5 et 6, page 150) nous avons observé 86 % de plantes érigées et pour le témoin à 20°C (récolté 36 jours après le semis), 14% de plantes érigées, les autres plantes présentant un port intermédiaire.

Bien que les données entre 16 et 36 jours manquent, il nous semble que, au-delà de la durée initiale de 15 jours, le pourcentage de plantes érigées décroisse progressivement. A un décalage du nombre de jours près, lié à la différence entre les 2 températures 20°C et 30°C, il y a un parallélisme entre les faits observés à 30°/20° et à 20°/30°. Ces résultats peuvent alors s'interpréter de la même façon : induction réversible ou effet combiné (interaction) de 2 températures.

Ainsi l'importance du couple de 2 températures constantes successives est mise en évidence : à 30°C ou à 20°C, aucune plante n'est volubile ; pour une période initiale de 10 jours, toutes les plantes sont volubiles à 30°/20° et érigées à 20°/30°. Un couple de températures préétablit très tôt, même avant la levée germinative (pour laquelle il faut 4 jours à 30° et 9 jours à 20°), le port définitif de la plante : la durée minimale de la période initiale est de 2 jours à 30°/20° et de 3 jours à 20°/30°. Lorsque la durée de la période initiale dépasse 15 jours, le pourcentage de plantes volubiles (ou érigées), précédemment de 100 %, décroît. Tout se passe comme s'il y avait une induction progressivement réversible à partir d'une durée donnée de la période initiale, à moins qu'il ne s'agisse de l'effet combiné de 2 températures.

2.2.6. Résumé.

En jour continu, avec une température initiale élevée (28° ou 30°C) suivie d'une température finale faible (20° ou 21°C), on obtient des plantes volubiles. Avec une température initiale faible (20° ou 21°C) suivie d'une température finale élevée (28° ou 30°C), on obtient des plantes dressées. Lorsque la température initiale élevée est suivie d'une température finale inférieure à 20°C ou supérieure à 21°C, des ports intermédiaires apparaissent. Une alternance quotidienne, en jour continu, des températures 28°C et 20°C est défavorable au port volubile. Le déterminisme du port de la plante peut reposer soit sur une induction réversible soit sur l'effet combiné de 2 (ou plusieurs) températures.

3. Essai de récapitulation.

Nous retrouvons donc, dans les chambres conditionnées, les différents types de port obtenus à la serre, soit :

- en jour continu et à température constante :
 - . à 16°C : port érigé.
 - . entre 20°C et 30°C : mélange de port érigé et de ports intermédiaires.
- en jour continu et avec 2 températures constantes successives :
 - . 30° (ou 28°) / 20° (ou 21°) : port volubile
 - . 20° (ou 21°) / 30° (ou 28°) : port érigé

- . 30° (ou 28°) / entre 17° et 19°
- . 30° (ou 28°) / entre 21° et 30°

} mélange de plantes à port érigé,
à port volubile et
à ports intermédiaires

B. AUTRES VARIETES NAINES.

Le volubilisme observé sur le Coco nain est-il particulier à cette variété ou se retrouve-t-il chez toutes les variétés naines ?

Plusieurs variétés ont été testées dans différentes conditions du milieu.

1. En jour continu et sous 21W.m⁻² (tableaux 11 à 13, pages 153 à 155).

Les 11 variétés naines autres que Coco nain, cultivées en champ (1er paragraphe du chapitre I), ont été étudiées à 30°/20° en comparaison avec des plantes témoins cultivées à 20°C d'une part et à 30°C d'autre part. Deux de ces variétés naines seulement ont été testées à 20°/30°.

1.1. Couple de températures 30°/20°.

Nous avons cultivé en même temps Coco nain et 11 variétés naines (3 individus par variété) puis séparément chacune d'entre elles avec un nombre plus important de plantes.

Comme pour le Coco nain, toutes les plantes (100 %) de ces variétés naines mises en essai sont volubiles sauf le Mangetout Silvert [exemple: Adria, photo n°6 - Arian, photo n°7 - Mangetout Princesse, photo n°8 - Nabel, photo n°9 - Mangetout Constant, photo n°12 (pages 3 - 4)].

1.2. Températures constantes témoins (30°C et 20°C).

A 30°C, pour un certain nombre de variétés (Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Arian, Ocelo et Corel), 100 % des plantes sont volubiles. Pour d'autres (Beurre Findor 42 % et Mangetout Constant 33 %), ce pourcentage est inférieur à 100. Il est nul pour Coco nain et Mangetout Silvert.

A 20°C, les pourcentages de plantes volubiles obtenus dépendent de la variété naine testée et varient de 0 % à 100 % : Mangetout Princesse 92 %, Myrto 83 %, Nabel 33 %, Arian 12 %, Ocelo 9 %, Mangetout

Constant 4 %, Corel 0 %, Beurre Findor 0 %, Coco nain 0 % et Mangetout Silvert 0 %. Ainsi les photos n°10, 11 et 12 (page 4) montrent Mangetout Constant respectivement érigé à 20°, érigé long à 30° et volubile (3 1/4 tours) à 30°/20°.

Ces plantes témoins cultivées à 30°C et à 20°C, en dehors des plantes à port volubile dont le pourcentage vient d'être indiqué, apparaissent sous un port érigé ou, pour quelques-unes, sous des ports intermédiaires. Ainsi, on peut noter parmi ces dernières, comme pour le Coco nain :

- zigzags devant le tuteur : 1 plante (sur 6) de Nabel à 20°C.
- zigzags autour du tuteur : 3 plantes (sur 12) de Beurre Findor à 30°C.
- enroulement lâche : 2 plantes (sur 12) de Beurre Findor à 30°C.
2 plantes (sur 12) de Mangetout Silvert à 30°C.

1.3. Couple de températures 20°/30°.

Deux variétés sont choisies pour leurs taux de plantes volubiles à 20°C :

- taux élevé 92 % (Mangetout Princesse).
- taux faible 9 % (Ocelo).

Pour le Coco nain déjà étudié, ce taux est nul.

1.3.1. Mangetout Princesse.

Le transfert de 20°C à 30°C est, comme le plus souvent, effectué à l'étalement de la première feuille trifoliolée (20 jours après le semis du 26.11.77). Dans ces conditions, 54 % de plantes sont volubiles. Ce taux de 54 %, bien élevé pour une variété naine, est le plus faible obtenu jusqu'ici dans les chambres conditionnées (100 % à 30° ; 100 % à 30°/20° ; 92 % à 20°). Comme nous l'avons vu, à la serre, cette variété est aussi très souvent volubile (depuis 100 % pendant 7 à 8 mois, période dont l'été est le centre, jusqu'à 75 % au plus fort de l'hiver) alors qu'en champ, la plante est toujours érigée.

1.3.2. Ocelo (tableau 9, page 152).

L'essai 20°/30° a été réalisé avec un transfert de 20°C à 30°C à 2 moments différents : avant (12 jours après le semis) ou au moment

de l'étalement de la première feuille trifoliolée à 20°C (21 jours après le semis). La période de 12 jours après le semis correspond aussi à l'étalement de la première feuille trifoliolée mais à 30°C pour les plantes témoins cultivées à 30°/20° et transférées également 12 jours après le semis. En effet, parallèlement à 20°/30°, pour une meilleure comparaison, 3 séries de plantes, développées soit à 30°/20°, soit à 30°C, soit à 20°C, servent de témoins.

Les données, reportées sur le tableau 9 (page 152), confirment certains résultats antérieurs : 100 % de plantes volubiles à 30°/20° et à 30°C constants. Par contre, ce pourcentage est nul ou toujours faible lorsque la température initiale est de 20° ; il dépend alors de la durée de cette température : 0 % pour 12 jours, 6 % pour 21 jours et 17 % pour 38 jours (durée entière de l'essai). Un phénomène similaire a été déjà décrit pour la variété Coco nain (tableau 5, page 150) : plus la durée de la température initiale à 20°C est longue, plus le nombre de plantes à ports intermédiaires s'élève sans que l'on rencontre toutefois des plantes typiquement volubiles.

Ainsi, dans les mêmes conditions de températures, le pourcentage de plantes volubiles chez la variété Ocelo est d'une part plus élevé que chez le Coco nain et d'autre part plus faible que chez le Mangetout Princesse : un gradient de ce pourcentage s'observe depuis le Coco nain jusqu'au Mangetout Princesse en passant par Ocelo (tableau 13 p. 155).

2. Sous un rythme quotidien de température et d'éclairement $21\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ (tableau 14 page 156)

L'impossibilité dans nos chambres climatisées d'obtenir en lumière continue une température inférieure à 20° et le fait qu'à 20°/30° le pourcentage de plantes volubiles, chez Mangetout Princesse, est encore de 54 % (0% chez Coco nain et Ocelo) nous amènent à utiliser l'alternance jour/nuit : cela permet une température nocturne inférieure à 20°C qui pourrait abaisser ce pourcentage de plantes volubiles et par conséquent augmenter le pourcentage de plantes érigées c'est-à-dire, retrouver en chambres conditionnées, le Mangetout Princesse, variété naine, avec un port dressé, comme en champ.

De nombreux essais ont été réalisés avec soit une seule thermopériode quotidienne, soit 2 thermopériodes quotidiennes différentes et successives, ceci en jours longs (16 h/8 h) ou moyens (12 h/12 h) ou même en jours courts (8 h/16 h). Les thermopériodes quotidiennes sont constituées par l'alternance d'une température chaude le jour suivie d'une température fraîche la nuit. La température diurne chaude est soit de 32°C, température assez élevée pour un développement convenable du haricot, soit de 20°C, température plus normale, souvent utilisée dans nos essais. La température nocturne fraîche est toujours de 12°C, température la plus basse que nous ayons pu obtenir dans nos chambres ; c'est aussi une température encore supportée par le haricot parce qu'elle n'est que temporaire. Lorsque 2 thermopériodes quotidiennes sont successives, la durée de la première varie de 6 à 32 jours et la photopériode est de 12 h/ 12 h. En outre, il nous a été possible pour 2 essais d'utiliser une chambre conditionnée de température $13^{\circ 5} \pm 1^{\circ 5}$ (soit une température qui oscille, continuellement le jour entre 12°C et 15°C, la nuit entre 13°C et 14°C) en jours longs (16 h/8 h). Enfin, nous avons utilisé aussi une armoire conditionnée où la température est de 12°C en jours longs (16 h/8 h).

2.1. Une seule thermopériode quotidienne (tableau 14, page 156)

La température nocturne est, comme nous l'avons vu, toujours de 12°C.

- Avec une température diurne chaude de 32°C (c'est-à-dire des conditions de 32°/12°), 73 % des plantes sont érigées aussi bien en jours longs, conditions (1) du tableau 14 (page 156), qu'en jours moyens, conditions (2)(photos 19 et 20, page 8). L'alternance jour/nuit, comme chez le Coco nain à 28°/20°, est favorable au port érigé.

- Avec une température diurne chaude de 20°C (c'est-à-dire des conditions de 20°/12°), 60 % des plantes sont érigées en jours moyens (photos n° 13 et 15, pages 5-6), conditions (3), et 27 % le sont en jours courts, conditions (4) : photo n° 14 (page 5).

Comme à 32°C, conditions (13), 0 % des plantes sont érigées et qu'à 20 °C (tableaux 11 et 13, pages 153, 155), 8 % des plantes le sont, le pourcentage beaucoup plus élevé à 32°/12° et 20°/12° indique d'une part que la température nocturne de 12°C joue un rôle important et d'autre part que la température diurne est d'autant plus efficace qu'elle est plus élevée. Cela rappelle l'influence, sur le port du Coco nain à la serre, des maxima et des minima de températures. De plus, seuls les jours courts n'améliorent pas le pourcentage des plantes à port érigé.

Un caractère particulier est à signaler. La hauteur des plantes non volubiles à 32°/12° (photos n° 19 et 20, page 8) est beaucoup plus grande (62 à 65 cm) que celle des plantes érigées habituelles qui ont en général entre 25 et 35 cm en champ. Le port de ces plantes peut être considéré comme érigé long par comparaison au port érigé courant. De telles plantes, sans tuteur, ne peuvent rester dressées.

2.2. Deux thermopériodes quotidiennes différentes et successives (tableau 14, page 156)

Les deux thermopériodes quotidiennes de 32°/12° et de 20°/12° sont utilisées successivement. La longueur du jour demeure partout celle d'un jour moyen (12 h/12 h) puisque, d'une part, les résultats sont identiques à ceux obtenus en jours longs, d'autre part la période nocturne fraîche sera plus longue qu'en jours longs.

Au cours du 1er essai de thermopériode quotidienne 32°/12° pendant 13 jours après le semis puis 20°/12°, conditions (5) , toutes les plantes se sont enroulées comme dans le cas du couple de températures 30°/20° (tableaux 11 et 13, pages 153, 155). La température fraîche nocturne de 12°C, comme si elle n'intervenait pas, n'a entraîné aucune modification.

A la suite de cet essai, la thermopériode quotidienne 20°/12° devient la première et elle est suivie de 32°/12° après une durée variable de 6 à 48 jours à partir du semis, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau III : Influence de la durée de la période initiale sur le port de Mangetout Princesse à (20°/12°) / (32°/12°)

Nombre de jours avant le transfert	6	12	18	22	32	48 conditions (3)
Pourcentage de plantes dressées	7%	19%	88%	94%	88%	60%

C'est d'abord une augmentation graduelle du pourcentage de plantes dressées depuis 7 % jusqu'au maximum de 94 % puis une diminution.

Le maximum de 94 % correspond à 15 plantes sur 16. Et seulement un quart de tour s'observe sur l'unique plante volubile, haute de 36 cm comme une plante érigée [conditions (9)]. Ce pourcentage peut alors être considéré comme très voisin de 100 %. On observe ici un pourcentage maximal de plantes érigées pour une durée de 22 jours comme période initiale. Cela est comparable à nos observations sur Coco nain et Ocelo à 20°/30° (jour continu), comme le montre le tableau comparatif ci-dessous:

Tableau IV : Influence de la durée de la période initiale sur le port de la plante chez Coco nain, Ocelo et Mangetout Princesse à une température (ou thermopériode quotidienne) fraîche suivie d'une température (ou thermopériode quotidienne) chaude.

- **FT₁** : Etalement de la première feuille trifoliolée.
- **Thermopériode quotidienne** = un intervalle de temps, une période (initiale ou finale) pendant laquelle 2 températures sont en alternance jour/nuit ou l'ensemble constitué par 2 températures en alternance jour/nuit.
- **Couple de températures** : deux températures constantes successives en jour continu, la première durant la période initiale (de la date de semis à n jours après le semis), la seconde durant la période finale (de n jours après le semis à la récolte).

Variété	Coco nain (en jour continu)					
Température ou couple de températures	20°/30°C					20°C
Durée de la température initiale (jours)	1	2	3	10	16(F _{T1})	36
Pourcentage de plantes érigées	54%	69%	77%	100%	86%	14%
Variété	Ocelo (en jour continu)					
Température ou couple de températures	20°/30°C					20°C
Durée de la température initiale (jours)	-	-	-	12	21(F _{T1})	38
Pourcentage de plantes érigées	-	-	-	100%	94%	83%
Variété	Mangetout Princesse (en jour moyen)					
Thermopériodes quotidiennes	20°/12° - 32°/12° C					20°/12°C
Durée de la thermopériode initiale (jours)	6	12	18	22	32(F _{T1})	48
Pourcentage de plantes érigées	7%	19%	88%	100% (94%)	88%	60%

Chez Coco nain, l'optimum correspond à 10 jours avec une diminution progressive de ce pourcentage pour des périodes initiales aussi bien inférieures à ces 10 jours (54 % pour 1 jour, 69 % pour 2 jours et 77 % pour 3 jours) que supérieures (86 % pour 16 jours et 14 % pour le témoin à 20°C). Chez Ocelo, les mêmes observations ont été faites mais seulement pour les périodes initiales supérieures à celle correspondant au pourcentage

optimal de plantes érigées (les essais relatifs aux périodes inférieures n'ont pu être effectués pour des raisons matérielles). Ainsi, aussi bien chez Mangetout Princesse sous 2 thermopériodes quotidiennes en jour moyen que chez Coco nain et Ocelo sous un couple de températures en jour continu, l'importance de la thermopériode ou de la température initiale (en degrés et en durée) est mise en évidence.

On peut admettre une évolution analogue lorsque la température (ou la thermopériode quotidienne) chaude précède la température (ou la thermopériode) fraîche. C'est ce que suggère le tableau suivant, bien que les données intermédiaires manquent.

Tableau V : Influence de la durée de la période initiale sur le port de la plante chez Coco nain et Mangetout Princesse à une température (ou une thermopériode quotidienne) chaude suivie d'une température (ou une thermopériode quotidienne) fraîche.

Thermopériode quotidienne = un intervalle de temps, une période (initiale ou finale) où 2 températures sont en alternance jour/nuit ou l'ensemble constitué par 2 températures en alternance jour/nuit.

Variété	Coco nain (température ou couple de températures en jour continu)		Mangetout Princesse (thermopériode quotidienne en jour moyen : 12h/12h)	
	30°/20°	30°C	(32°/12°) / (20°/12°)	32°/12°
Durée de la température initiale (jours)	10	36	14	55
Pourcentage de plantes volubiles	100%	0%	100%	27%

Pour Coco nain, lorsque la durée de la période initiale s'élève progressivement de 10 à 36 jours, le pourcentage de plantes volubiles décroît de 100 % à 0 % ; de même, pour Mangetout Princesse, lorsque la durée de la période initiale s'élève progressivement de 14 à 55 jours, le pourcentage de plantes volubiles décroît de 100 % à 27 %. Les données intermédiaires manquent ainsi que, pour 32°/12°, les données correspondant à la période de 1 à 14 jours. Chez Coco nain, à 30°/20°, comme on l'a vu pour les durées de la période initiale de 1, 2, 3, jours, les pourcentages respectifs de plantes volubiles sont les suivants : 7,7%, 69,2% et 100% (tableau 10a, page 152).

On observe donc sur Mangetout Princesse et Ocelo (tableaux 31 à 33, pages 172, 174) des résultats analogues à ceux notés sur Coco nain (tableaux 6 et 7, pages 150, 151) : la diminution du pourcentage de port volubile (ou érigé) après une durée donnée de la période initiale (12 jours à 20°/30° chez Ocelo - 14 jours à 32°/12° - 20°/12° et 22 jours à 20°/12° - 32°/12° chez Mangetout Princesse). Et le déterminisme du port de la plante pourrait être lié soit à une induction réversible soit à l'effet combiné (interaction) de 2 températures ou de 2 couples de températures.

2.3. Une thermopériode quotidienne suivie ou précédée d'une température constante fraîche (tableau 14, page 156)

La thermopériode quotidienne est constituée des 2 températures extrêmes 32°C et 12°C (32°/12°). Elle peut suivre la température constante fraîche ou la précéder.

2.3.1. La thermopériode quotidienne 32°/12°C suit la température fraîche (13°5 ± 1°5)

Lorsqu'en jours longs, la thermopériode quotidienne 32°/12° intervient 40 jours après la température fraîche de 13°5C ± 1°5, le pourcentage de plantes érigées s'élève à 70 % (conditions 12), alors qu'il n'est que de 10 % lorsque cette même température fraîche est utilisée seule (essai témoin, conditions 11), également en jours longs.

Dans cet essai où 70 % des plantes sont dressées, le passage de la température fraîche de 13°5C à la thermopériode quotidienne de 32°/12° est effectué pour toutes les plantes 40 jours après le semis, c'est-à-dire au moment où la majorité des plantes présente une incurvation du flagelle, entre l'étalement de la 1ère et de la 2ème feuille trifoliolée. Or, toutes les plantes qui étaient au stade choisi (incurvation du flagelle) lors du transfert sont dressées (100 %) ; celles qui étaient à un stade plus avancé (enroulées avec 1/4, 3/4 et 1,25 tour de tuteur) conservent l'enroulement acquis mais continuent à croître sans aucune poursuite de cet enroulement. Nous admettons donc que si, au lieu de transférer toute la population au même moment, le transfert avait été effectué plante par plante au fur et à mesure que chacune d'elles parvenait au stade de l'incurvation du flagelle, le pourcentage de plantes obtenues dressées aurait été de 100 %. De plus, ceci confirme le fait observé sur le Coco nain : dès le transfert d'une température (20°C) à une température plus chaude (28°C), tout enroulement en cours autour du tuteur s'arrête pour faire place à une portion de tige dressée.

2.3.2. La thermopériode quotidienne 32°/12°C précède la température fraîche (12°C)

La durée de la thermopériode quotidienne varie de 8 à 10 jours en jour moyen et de 10 à 14 jours en jour long. Avec la température fraîche, de 12°C, nous avons toujours utilisé des jours longs.

Que le changement des conditions ait lieu après 8 jours, (conditions 18), ou après 10 jours, (conditions 19), 100 % des plantes sont érigées avec la thermopériode quotidienne en jour moyen (photo n°17, page 7).

Que le changement des conditions ait lieu après 10 jours, (conditions 20), ou 12 jours, (conditions 21), un pourcentage indentique (100%) est obtenu avec la thermopériode quotidienne en jour long. Après 14 jours, (conditions 22), de thermopériode quotidienne 32°/12°, les plantes ne peuvent s'adapter à une température fraîche, constante de 12°C: elles ne tardent pas à mourir.

Dans les essais précédents, une température (ou une thermopériode quotidienne) chaude suivie d'une température (ou une thermopériode quotidienne) fraîche entraîne un port volubile. Dans cette expérience, au contraire, la thermopériode quotidienne chaude de 32°/12° suivie de la température fraîche de 12°C conduit au port érigé. Cela met en évidence l'importance de la température finale : si elle est trop fraîche, elle devient un facteur limitant pour la croissance de la plante et plus la vitesse de croissance est faible, plus le port est érigé. Il y a donc un intervalle de température où la température finale fraîche détermine, avec la température initiale, un port volubile et un autre, plus frais, où la température finale détermine, avec la température initiale, un port érigé. Cela confirme l'idée que l'édification du port de la plante s'effectue compte tenu non seulement des températures ou des couples de températures en présence, mais aussi de leur ordre de succession et de leur durée relative.

3. Résumé

Pour étendre les résultats obtenus sur le Coco nain à d'autres variétés naines, des essais ont été effectués principalement sur Mangetout Princesse, variété devenant volubile dans de nombreuses conditions, avec des températures constantes ou non.

3.1. Températures constantes

Plus la température est élevée, plus le pourcentage de plantes volubiles est élevé.

A 12°C, la plante ne germe pas. Transférée au stade de jeune plante d'une température plus chaude à 12°C, elle se développe et son port est érigé. Dans ce cas, la température de 12°C joue un rôle de facteur limitant à l'égard de la croissance ; et le port érigé résulte d'un ralentissement de croissance.

Entre 12°C et 20°C, on obtient une population mixte de plantes érigées et de plantes volubiles, la proportion de plantes volubiles s'élevant avec la température. A 20°C, certaines variétés (Adria, Beurre Findor, Corel, Mangetout Constant, Mangetout Silvert) sont érigées comme Coco nain et d'autres présentent une population de plantes érigées et de plantes volubiles dont la proportion de plantes volubiles varie avec la variété (9 % chez Ocelo, 12 % chez Arian, 33 % chez Nabel et 83 % chez Myrto).

Entre 20°C et 32°C, le port est toujours volubile chez Mangetout Princesse. A 30°C, la plupart des variétés sont volubiles à 100 % sauf Beurre Findor (43 %), Mangetout Constant (33 %) et Mangetout Silvert érigé (0 % de plantes volubiles).

3.2. Températures variables

Lorsque la température n'est pas constante, 4 possibilités se présentent :

- une température (ou une thermopériode quotidienne) chaude suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) fraîche [30°/20° ou 32°/12° (12 h/12 h) → 20°/12° (12 h/12 h)] détermine un port volubile sauf chez Mangetout Silvert (érigé).

- une température (ou une thermopériode quotidienne) faible suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) élevée [20°/30° ou 20°/12° (12 h/12 h) → 32°/12° (12 h/12 h)] détermine au contraire le port érigé. Pour Ocelo, le pourcentage de plantes érigées obtenu à 20°/30° est de 100 % ; par contre, pour Mangetout Princesse, il n'est que de 45 %. Pour cette dernière variété, la succession de 2 thermopériodes quotidiennes, la première faible (20°/12°), la seconde élevée (32°/12°) augmente ce pourcentage jusqu'à 100 %.

- une thermopériode quotidienne élevée [32°/12° (16 h/8 h) ou 32°/12° (12 h/12 h)] détermine des plantes longues, non volubiles, à port, appelé précédemment, érigé long.

- une thermopériode faible [20°/12° (12 h/12 h)] détermine le plus souvent un port érigé.

II

CONDITIONS D'OBTENTION DU PORT VOLUBILE OU ERIGE CHEZ UNE VARIÉTÉ À RAMES

Le Coco à rames est la seule variété à rames étudiée.

Dans la plupart de nos essais sur les variétés naines, 2 à 3 pots de Coco à rames ont presque toujours été placés comme témoins (photos n° 21 - 22, page 9). Cette variété a donc été cultivée dans de très nombreuses conditions. Alors que, en champ et à la serre, ces plantes ont toujours été volubiles, dans les conditions de nos chambres climatisées, elles ne l'ont été que souvent.

De même que les résultats obtenus sur le Coco nain nous ont guidé dans l'expérimentation sur les autres variétés naines, de même les résultats sur le Mangetout Princesse, variété la plus volubile de toutes nos variétés naines, nous ont guidé pour l'étude du Coco à rames: toutes les conditions où le Mangetout Princesse est érigé ont été reprises en vue de l'obtention du port érigé chez cette variété à rames.

**A. CONDITIONS DU MILIEU ETUDIEES (tableau 15, page 157 ;
tableau 35, page 176).**

1. Températures constantes.

A 12°C (16 h/8 h), la graine ne germe pas. Si elle est semée à une température diurne élevée [32°/12° (12 h/12 h)] et transférée 5 jours après à cette température de 12°C, quelques plantes seulement se développent mais elles végètent et leur croissance s'arrête au stade des feuilles primaires (durée de vie = 2 mois).

A 13,5°C (16 h/8 h), 22 % de plantes sont érigées (photo n° 24, page 10).

Entre 20°C et 30°C, en jour continu, la plante est volubile (photo n° 23, page 9).

A 32°-33°C, en jour continu, 93 % des plantes sont longues, non volubiles. Des rameaux se sont développés dont un certain nombre sont volubiles.

Ainsi, seulement aux températures extrêmes de culture du haricot, surtout aux températures hautes (32°C), le Coco à rames peut ne pas être volubile.

2. Températures constantes et successives.

- A 30°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 20°C, une des meilleures conditions où les plantes dites naines deviennent volubiles, le Coco à rames (photo n° 23, page 9) est toujours volubile (100 % des plantes). D'autres variétés à rames testées le sont aussi (tableau n° 12, page 154).

- A 20°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 30°C, comme chez Mangetout Princesse, le Coco à rames présente 100 % de plantes volubiles. Mais si l'on diminue la durée de la température initiale (20°C $\xrightarrow{3 \text{ jours}}$ 30°C), 21 % des plantes sont longues et non volubiles. Et si l'on augmente par surcroît la tempé-

rature finale ($20^{\circ}\text{C} \xrightarrow{3 \text{ jours}} 32^{\circ}\text{C}$), compte tenu des résultats obtenus à 32°C constants, 79 % des plantes sont aussi longues et non volubiles.

On constate alors que, plus la température finale est proche de la température extrême de 32°C , plus le pourcentage de plantes non volubiles s'élève : 21 %, 79 % et 93 % si on les place respectivement à 30°C , 3 jours après le semis (100 cm de long) ; à 32°C , 3 jours après le semis (64 cm de long) et à 32°C du semis à la récolte (52 cm de long).

De plus, la durée de la température initiale semble intervenir comme dans le cas des variétés naines : 21 % de plantes non volubiles après 3 jours à 20°C et 0 % après 10 jours à cette même température.

3. Une seule thermopériode à rythme quotidien.

Nous avons utilisé deux thermopériodes quotidiennes différentes, les mêmes que pour Mangetout Princesse :

A $20^{\circ}/12^{\circ}$ (8 h/16 h), aucune plante n'est érigée, toutes s'enroulent.

A $32^{\circ}/12^{\circ}$ (12 h/12 h), le pourcentage des plantes non volubiles est de 12 % ; elles sont grandes (97 cm) et ont développé des rameaux longs dont certains sont volubiles (conditions (1) du tableau 15, page 157).

Si l'on compare ces résultats à ceux relevés précédemment aux températures constantes, on constate que l'alternance quotidienne des deux températures extrêmes ($32^{\circ}/12^{\circ}$) modifie le pourcentage des plantes érigées obtenues (93 % à 32°C ; seulement 12 % à $32^{\circ}/12^{\circ}$). Si l'alternance quotidienne de $20^{\circ}/12^{\circ}$ ne présente aucun effet apparent (0 % à 20°C ; et 0 % à $20^{\circ}/12^{\circ}$), c'est peut être parce que l'écart entre ces 2 températures (20°C et 12°C) n'est pas suffisant. De plus, comme pour la variété Mangetout Princesse dans ces mêmes conditions, une température diurne moins élevée est plus efficace (0 % de plantes non volubiles à $20^{\circ}/12^{\circ}$ et 12 % à $32^{\circ}/12^{\circ}$) pour l'obtention du port volubile.

4. Une thermopériode à rythme quotidien chaude suivie d'une température fraîche ou inversement.

La thermopériode à rythme quotidien est constituée des 2 températures extrêmes 32°/12°. La température fraîche est de 13,5°C ou de 12°C.

4.1. La température fraîche est finale

Pour 2 durées différentes (5 et 19 jours) de la thermopériode initiale et pour une température fraîche finale de 13,5°C [soit 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{5 \text{ jours}}$ 13,5° (16 h/8 h) soit 32°/12° (16 h/8 h) $\xrightarrow{19 \text{ jours}}$ 13,5° (16 h/8 h)] , toutes les plantes sont toujours volubiles (100 % de plantes: conditions (5) du tableau 15, page 157).

Mais lorsque la température finale fraîche est de 12°C (soit 32°/12° (12 h/12 h) $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 12°C (16 h/8 h), toutes les plantes sont érigées (100% de plantes : conditions (9) du tableau 15).

Comme chez Mangetout Princesse, une température (ou une thermopériode) chaude suivie d'une température fraîche (13,5°C) entraîne un port volubile. Par contre, lorsque la température finale est trop fraîche (12°C), le port obtenu est érigé.

Si la température finale fraîche est remplacée par une thermopériode fraîche et en jours courts, soit 32°/12° (12 h/12 h) $\xrightarrow{9 \text{ jours}}$ 20°/12° (8 h/16 h), le port de la plante peut être érigé (photo n° 25, page 10).

4.2. La température fraîche est initiale

Cette température initiale est toujours de 13,5°C, puisque les graines ne germent pas à 12°C et la thermopériode quotidienne finale de 32°/12°. Trois essais ont été réalisés, distincts l'un de l'autre par la durée de la période initiale.

- Avec une période initiale de 31 jours (stade feuilles primaires), sur 24 plantes, 76 % sont tout à fait volubiles, 16 % sont volubiles mais seulement en fin de croissance (Hauteur érigée en bas supérieure à 50 cm) et 8 % sont érigées (tableau 16 b, page 158).

- Avec une période initiale de 53 jours (stade première feuille trifoliolée et début du mouvement révolutif), sur 20 plantes, 40 % sont tout à fait volubiles, 40 % sont volubiles avec 2 portions de tige enroulées séparées par une portion dressée, 15 % sont volubiles mais seulement en fin de croissance et 5 % sont enroulées en bas, érigées en haut (tableau 16a, page 158).

- Avec une période initiale de 70 jours (stade jaunissement du bourgeon terminal), sur 19 plantes, 60 % sont tout à fait volubiles, 20 % sont volubiles avec 2 portions enroulées séparées par une portion dressée, 10 % sont volubiles mais seulement en fin de croissance, 5% sont érigées avec un rameau volubile et 5 % sont érigées (tableau 16a, page 158) à tige soit courte soit longue (photos n°26 et 27, page 11).

La plante (tableau 16a, page 158, 1ère ligne), haute de 74,5 cm, enroulée en bas (sur 12 cm), et érigée en haut (sur 39 cm) rappelle le port obtenu chez Coco nain à 28°/20°/28° (hauteur de la plante = 42,6 cm ; enroulée sur 14,4 cm ; érigée en haut sur 4,6 cm ; 9 plantes observées sur 9) et chez Mangetout Princesse à 13,5°C (16 h/8 h) - $\frac{40 \text{ jours}}{FT_1 \text{ (m.rev)}}$ 32°/12° (16 h/8 h) (hauteur de la plante : 43,1 cm ; enroulée sur 9,1 cm ; érigée en haut sur 12,3 cm ; 3 plantes observées sur 13, les autres étant érigées). Un tel cas n'est donc pas un fait isolé. En outre ce type de port se rapproche du type à 2 portions enroulées séparées par une portion dressée. Il se pourrait qu'il s'agisse du même type mais à un stade moins avancé.

Les différents types de port observés demandent une explication. Une température fraîche suivie d'une température (ou d'une thermopériode à rythme quotidien) chaude détermine le port érigé.

- Si ce port érigé succède au port érigé de la phase juvénile, la portion érigée sera grande. Par la suite, la plante adaptée au nouveau milieu (température ou thermopériode chaude) peut devenir volubile. On a alors un port volubile en fin de croissance.

- Si ce port érigé succède au port volubile réalisé en température fraîche, on a alors un port d'abord volubile, ensuite érigé, sur le même axe. A partir de là, deux possibilités se présentent :

. soit le bourgeon terminal a fini son développement et le port n'est plus modifié (portion volubile suivie d'une portion érigée) : cas des variétés naines en général et, en particulier, du Coco nain à 28°/20°/28° ou du Coco à rames dont le bourgeon terminal a presque fini son développement à 13,5°C.

. soit le bourgeon terminal continue son développement et, à la portion dressée au-dessus de la portion volubile, succède une deuxième portion enroulée. On a alors le port à 2 portions enroulées séparées par une portion dressée.

Une plante, celle à tige érigée et à rameau volubile, nous paraît intéressante. En effet, lors du transfert 70 jours après le semis, la tige, haute de 30 cm, portait 2 feuilles trifoliolées et un seul rameau, situé à l'aisselle de la première de ces 2 feuilles ($T_1 = 1,5$ cm). 77 jours après le transfert, la tige, non volubile, mesurait 81 cm et portait 8 feuilles trifoliolées et 2 rameaux : T_1 long de 52 cm avec 7 feuilles trifoliolées et C_1 (à l'aisselle d'un cotylédon) long de 96 cm avec 12 feuilles trifoliolées. La tige, longue et non volubile, peut être considérée comme "rampante" ; le rameau T_1 , plus court, comme érigé. Quant au rameau cotylédonnaire C_1 , la partie basse de son axe est érigée et mesure 69 cm ; la partie haute est enroulée autour du tuteur (sur 2 1/2 tours) et mesure 27 cm. Ainsi sur la même plante, nous observons 3 axes, chacun avec un port différent : la tige "rampante", un rameau érigé et un autre rameau à la fois érigé (à la base) et volubile (au sommet). Une telle plante rappelle *Periploca graeca* dont les rameaux sont, les uns érigés, d'autres volubiles et d'autres enfin rampants.

Il faut noter que la tige s'est développée d'abord à 13,5°C puis à 32°/12°, que la croissance du rameau érigé T_1 a débuté à 13,5°C et s'est poursuivie surtout à 32°/12°, enfin que le rameau partiellement volubile, C_1 , est apparu et s'est développé uniquement à 32°/12°. On

peut alors se demander si la différence de port de ces axes n'est pas liée aux conditions du milieu où ils se sont développés. En effet, le port des rameaux de Coco à rames, comme nous l'avons vu, est volubile au champ, érigé à la serre, érigé aussi dans les chambres conditionnées sauf lorsque la température est élevée (32°C en jour continu ou 32°/12°), auquel cas il est volubile.

B. RESUME

Dans nos chambres conditionnées où nous avons réalisé les mêmes conditions de température que pour Mangetout Princesse, la plus volubile des variétés naines, le Coco à rames est aussi très souvent volubile alors qu'il l'est toujours à la serre.

Aux températures constantes, il est volubile sauf aux températures extrêmes : quelques cas de plantes érigées à 13,5°C (16 h/8 h) et 93% de plantes à port érigé long à 32°-33°C (jour continu).

Aux températures (ou thermopériodes) successives, le Coco à rames se comporte comme les variétés naines et deux cas se présentent :

. Lorsque la température (ou la thermopériode quotidienne) chaude précède la température (ou la thermopériode quotidienne) fraîche, la plante est volubile. Cependant, lorsque la température finale est trop fraîche (12°C), la plante est érigée.

. Lorsque la température (ou la thermopériode quotidienne) chaude suit la température (ou la thermopériode quotidienne) fraîche, le port érigé ou érigé long apparaît, au moins partiellement :

- 20°C $\xrightarrow{3 \text{ jours}}$ 32°C : 79 % de plantes à port érigé long

- 13,5°C/(32°/12°): 3 cas de plantes non totalement volubiles

- o Des plantes érigées d'abord (sur une longue partie de la tige) et volubiles en fin de croissance.
- o Des plantes volubiles d'abord et érigées ensuite.
- o Des plantes à 2 portions enroulées séparées par une portion érigée.

CONCLUSION

DE LA PREMIERE PARTIE

- Bien que, en champ, un haricot "nain" soit nain et dressé et un haricot "à rames", volubile, on peut, dans certaines conditions du milieu, (à la serre et en chambres conditionnées) trouver un haricot "nain", volubile et, un haricot "à rames", nain et dressé.

- Les conditions utilisées pour obtenir ce renversement des caractères du port de la plante concernent la température et la lumière. Des installations insuffisantes au départ et des raisons matérielles nous ont obligé à nous tenir à certaines conditions de ces deux facteurs sans pouvoir souvent les dissocier. Néanmoins plusieurs conditions différentes ont pu être étudiées en considérant particulièrement la température.

- Ont pu être précisées non seulement les conditions d'obtention des deux types de port (érigé et volubile) connus chez le haricot mais encore celles du troisième type de port, le port érigé long, jusque là jamais décrit chez cette plante. De telles plantes sont longues, non volubiles, sans aucun tour de tuteur, sans aucun mouvement révolatif, sans flagelle, et ne peuvent être dressées que si on les soutient en les maintenant à un tuteur. Une même variété de haricot peut donc se présenter sous 3 types de port différents : érigé, érigé long ou volubile.

- Le volubilisme n'est pas soumis à une loi du tout ou rien. On peut constater le passage progressif du port érigé au port érigé long ou surtout au port volubile. Des ports intermédiaires ont été décrits et classés.

- Non seulement une même plante peut, selon les conditions du milieu, présenter un port différent mais il est aussi possible d'obtenir soit sur une même plante, 2 et même 3 ports différents, soit, sur un même axe, 2 ports différents.

- 12 variétés naines et 1 seule variété à rames ont été comparées.

- A la serre, la variété à rames a toujours été volubile quelle que soit l'époque de l'année. Les variétés naines étudiées, au contraire, ont été naines en hiver et volubiles en été. Au printemps et à l'automne, cela dépend de la variété : Coco nain est nain et dressé, Mangetout Princesse est long et volubile.

- Dans les chambres conditionnées, de nombreux essais ont été effectués avec :

- soit une température constante (cette température pouvant être de 12°C à 32°C)

- soit 2 températures constantes différentes données successivement (particulièrement 30°C puis 20°C ou 20°C puis 30°C)

- soit 1 thermopériode quotidienne (alternance d'une température chaude diurne et d'une température fraîche nocturne)

- soit 1 thermopériode quotidienne suivie ou précédée d'une température fraîche

- soit 2 thermopériodes quotidiennes différentes données successivement.

En dehors du cas de la température constante, la première température (ou la première thermopériode) est dite initiale et sa durée, dans nos essais, est plus ou moins longue.

La succession de 2 températures (ou thermopériodes) différentes permet l'obtention d'un port tout à fait autre que celui obtenu avec une seule de ces températures. Ainsi le Coco nain est érigé (100 % de plantes) soit à 20°C soit à 30°C mais il est volubile (100 % de plantes) à 30°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 20°C.

- Parmi les 12 variétés naines soumises à l'essai, 11 sont volubiles à 30°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 20°C. A 30°C, 8 variétés sont volubiles (100 %), 2 sont érigées (100 %) et 2 autres présentent 33 % ou 42 % de plantes volubiles. A 20°C, les pourcentages varient aussi. La réponse de chaque variété à l'effet d'une température ou d'une succession de températures caractérise cette variété. L'ensemble des réponses différentes mais progressives forme la gamme des variétés : Coco nain est une variété naine peu souvent volubile alors que Mangetout Princesse est une variété naine très souvent volubile.

- Les températures limites et extrêmes de culture du haricot pour les éclaircissements dont nous disposons sont 12°C pour les températures basses et 32°C pour les températures hautes. L'éventail de températures pour l'obtention de plantes en bon état est donc assez étroit.

- Le plus souvent le port érigé est associé aux températures fraîches, le port volubile aux températures chaudes et le port érigé long aux températures très chaudes.

- La succession de 2 températures constantes et différentes est plus efficace pour le port volubile que l'alternance quotidienne de ces mêmes températures (100 % de plantes volubiles à 28°C $\xrightarrow{12 \text{ jours}}$ 20°C et seulement 22 % avec l'alternance quotidienne 28°/20° chez Coco nain par exemple).

- Une température (ou une thermopériode quotidienne) chaude suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) fraîche conduit au port volubile. Ainsi, à 30° $\xrightarrow{10 \text{ à } 12 \text{ jours}}$ 20°C ou à 32°/12° (12 h/12 h) $\xrightarrow{13 \text{ jours}}$ 20°/12° (12 h/12 h), 100 % des plantes sont volubiles. Cependant lorsque la température finale est trop fraîche (12°C), le port est érigé. Ainsi à 32°/12° (12 h/12 h ou 16 h/8 h) — $\xrightarrow{8 \text{ à } 12 \text{ jours}}$ 12° (16 h/8 h), 100 % de plantes (Mangetout Princesse ou Coco à rames) sont érigées.

- Une température (ou une thermopériode quotidienne) fraîche suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) chaude conduit au port érigé. Ainsi, à 20° $\xrightarrow{10 \text{ à } 16 \text{ jours}}$ 30°, 100 % de plantes (Coco nain, Ocelo) sont érigées ; à 20°/12° (12 h/12 h) $\xrightarrow{22 \text{ jours}}$ 32°/12° (12 h/12 h), 100 % de plantes (Mangetout Princesse) sont également érigées. Cependant lorsque la température finale est trop chaude (32°-33°C), le port est érigé long. Ainsi, à 20° $\xrightarrow{3 \text{ jours}}$ 32°-33°, 79 % des plantes (Coco à rames) sont à port érigé long.

- Enfin le port érigé long, que l'on ne rencontre pas chez le haricot en champ, est obtenu à des températures (ou des thermopériodes) constantes ou finales très chaudes, proches de la limite de culture. Ainsi sont à port érigé long chez le Coco à rames, 93 % de plantes à 32°-33°C constants et 79 % de plantes à 20° $\xrightarrow{3 \text{ jours}}$ 32°-33°C et, chez le Mangetout Princesse, 73 % de plantes à 32°/12° (12 h/12 h ou 16 h/8 h).

DEUXIEME PARTIE

MORPHOLOGIE DE LA PLANTE EN FIN DE CROISSANCE

ET

FACTEURS DU MILIEU.

Introduction

On a l'habitude de dire qu'une variété à rames est géante et une variété naine, petite. Le port volubile serait alors lié à une longueur de plante élevée et le port dressé, à une longueur faible. Or, nous venons de voir qu'une variété naine peut devenir volubile comme une variété à rames peut devenir dressée. La question se pose alors de savoir s'il existe une relation entre la longueur et le port de la plante. En d'autres termes, une variété naine devenue volubile est-elle géante et une variété à rames devenue dressée est-elle petite ? Mais la longueur de la plante dépend du nombre et de la longueur des entre-noeuds. C'est donc l'étude du nombre des entre-noeuds, de leur longueur plutôt que celle de la longueur de la plante entière qui apportera la réponse à la question posée.

En outre, contrairement à la première partie de ce mémoire où nous avons appelé plante volubile toute plante qui s'enroule autour d'un tuteur, quels que soient le nombre de tours de tuteur et la hauteur de la partie enroulée, ici, nous allons caractériser le port volubile en essayant de quantifier le nombre de tours de tuteur, la hauteur de la partie enroulée autour du tuteur et la hauteur de la partie érigée entre le collet et le début du premier tour de tuteur. Une description du port volubile, pour être complète, nécessite l'étude approfondie de ces paramètres.

Enfin, il nous faudra distinguer la plante adulte, (c'est-à-dire en fin de croissance en longueur) de la plante en voie de croissance en longueur.

La morphologie de la plante adulte est très importante pour une bonne connaissance du port de la plante. C'est la description de l'aspect statique du port parvenu à la fin de son développement. C'est l'objet de cette deuxième partie. On pourrait l'opposer, pour mieux en saisir la portée, à celle de l'aspect dynamique de ce même port en train de s'établir petit à petit, au cours du temps, dans la plante en voie de croissance (objet de la troisième partie).

Nous considérons tour à tour, dans cette description de la morphologie de la plante adulte, le nombre d'entre-noeuds, la longueur des entre-noeuds (ou la longueur totale de la plante) et les caractères morphologiques de la plante volubile : nombre de tours de tuteur et hauteur de la partie enroulée.

CHAPITRE I

NOMBRE D'ENTRE - NOEUDS

Nous étudierons le nombre d'entre-noeuds en champ et à la serre (milieu non ou partiellement contrôlé) et en chambres conditionnées (milieu mieux contrôlé) et nous en rechercherons les modalités de variation. Il sera évalué par le nombre de feuilles trifoliolées. Il est en effet égal au nombre de feuilles trifoliolées plus un, au moins chez les variétés naines. Chez les variétés à rames, il arrive qu'entre la dernière feuille trifoliolée étalée et le bourgeon terminal, il y ait une série de noeuds qui portent des feuilles non étalées; nous distinguerons alors le nombre de feuilles trifoliolées étalées du nombre d'entre-noeuds.

I. EN CHAMP ET A LA SERRE : MILIEU NON OU PARTIELLEMENT CONTROLE

A. EN CHAMP

1. Effet des conditions d'exposition au soleil sur deux variétés, l'une naine, l'autre volubile (essai du 15.05.74 décrit dans Matériel et Méthodes).

Le nombre moyen d'entre-noeuds (total des entre-noeuds végétatifs et inflorescentiels) de la tige varie avec les effets de la lumière et de la température dus au soleil, que nous appellerons "ensoleillement".

Pour le Coco nain (tableau 17 page 158), il est de 8 en plein soleil, de 7 à côté du bâtiment projetant de l'ombre l'après-midi, de 5-6 à l'ombre des arbres avec un peu de soleil et de 3-4 à l'ombre des arbres sans soleil.

Pour le Coco à rames (fig. 8, page 34), il est de 29 en plein soleil, de 20 à côté du bâtiment et de 18 à l'ombre des arbres avec un peu de soleil.

Ces résultats concordent avec ceux de BAILLAUD 1962b qui mentionne, en champ 7 entre-noeuds végétatifs pour le Coco nain et 27 pour le Coco à rames.

2. Effet de 2 conditions d'exposition au soleil sur 4 variétés naines (essai du 18.05.76) (tableau 18a, page 160).

Comme le montrent les tableaux 18a et b (p. 160), le nombre moyen d'entre-noeuds végétatifs dépend de l'"ensoleillement". Par exemple, pour Mangetout Princesse, il est de 6,1 au soleil et de 5,1 chez les plantes en partie à l'ombre; pour Arian, il est de 5,0 au soleil et de 4,5 chez les plantes en partie à l'ombre.

3. Effet des conditions liées à la date de semis sur 4 variétés naines (essai de Juin à Août 1977) (Fig.4, page 30).

Chez Mangetout Princesse, Myrto, Nabel et Coco nain, le nombre moyen d'entre-noeuds suit, en fonction de la date de semis, une courbe en cloche dont l'optimum correspond au semis du 1er Juillet. C'est ainsi que, avec Mangetout Princesse, il est respectivement de 4,9 - 6,1 - 5,8 - 4,4 pour les semis des 1er Juin - 1er Juillet - 31 Juillet - 14 Août.

4. Résumé

Le nombre d'entre-noeuds végétatifs varie avec l'"ensoleillement" et la date de semis, donc, avec les conditions du milieu.

B. A LA SERRE

1. Coco nain (fig.5a, page 31).

Le nombre moyen de feuilles trifoliolées, dans nos essais en semis échelonnés sur 3 ans, suit, en fonction de la date de semis, une courbe

à allure périodique avec des maximums en été et des minimums en hiver. La courbe des plantes volubiles est placée légèrement plus haut que celle des plantes dressées.

Le nombre moyen de feuilles trifoliolées est de 5,0 en été et de 3,0 en hiver pour les plantes volubiles; pour les plantes dressées, il est de 4,2 en été et de 3,0 en hiver.

2. Mangetout Princesse (fig.5b, page 31).

En semis échelonnés sur un peu plus de 2 ans et pour les plantes volubiles, la courbe du nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la date de semis est une courbe à allure périodique avec des maximums en été et des minimums en hiver: en été, la plante porte 5,1 feuilles; en hiver, 3,5. Cette courbe se situe toujours au-dessus de la courbe similaire, mais discontinue, relative aux plantes érigées. Ces dernières n'existent qu'en hiver et développent en moyenne seulement de 2,4 à 3,4 feuilles trifoliolées selon la date de semis.

3. Coco à rames (fig.5c, page 31).

Comme le montre la figure 5c, le nombre de feuilles trifoliolées, chez cette variété en semis échelonnés sur un an, suit, en fonction de la date de semis, une courbe en cloche dont le maximum correspond à l'été. A cette époque, la plante porte 12 feuilles trifoliolées ; en hiver, elle n'en porte que 5 à 6. Les résultats sont donc similaires à ceux observés sur les variétés naines. Le nombre d'entre-noeuds varie avec l'"ensoleillement". Il faut ajouter que ce nombre est toujours, hiver comme été, plus élevé, chez la variété à rames, que chez les variétés naines.

II. EN CHAMBRES CONDITIONNEES : MILIEU MIEUX CONTROLE

A. EN JOUR CONTINU SOUS 21W. m⁻².

1. Une seule température constante au cours de la vie de la plante.

1.1. Coco nain (semis du 27.02.75).

A 16°, 23° et 30°, le nombre de feuilles est respectivement de 3,4, 3,3 et 5,3. Il est identique entre 16° et 23°C ; mais il s'élève entre 23° et 30°C.

1.2. Mangetout Princesse (semis des 31.03.76, 30.10.77 et 21.09.79)
(tableau 27a, 27b, 27c, page 169, fig. 6a, page 32).

Le nombre de feuilles trifoliolées varie de 3,2 à 6,1 lorsque la température varie de 20° à 32°C comme le montre le tableau suivant:

Tableau VI. Influence de la température sur le nombre de feuilles trifoliolées chez Mangetout Princesse.

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

On voit donc que le nombre de feuilles est identique entre 20° et 23°, presque identique entre 27° et 30° et que, par conséquent, la courbe de ces valeurs en fonction de la température débute par un palier et forme plus loin un deuxième palier. Pour des températures inférieures à 20°, les essais n'ont pu être effectués en jours continus avec nos installations mais seulement en jours longs, et seront, de ce fait, étudiés dans l'un des paragraphes suivants .

D'autre part, entre 23° et 27°C, l'intervalle constant de température (2°C), permet d'envisager l'ajustement de la courbe à l'équation d'une droite par la méthode des polynômes orthogonaux. Comme le nombre de feuilles est une donnée d'énumération, nous effectuons, selon la méthode préconisée par Lison (1958), une transformation racine carrée. Après cette transformation, la courbe du nombre de feuilles en fonction de la température est linéaire avec un test F (tabl. 27c, page 169) hautement significatif ($F_{\text{calc.}} = 61,05$ et $F_{0,01} = 8,40$). Elle a pour équation, entre 23°C et 27°C, avec $y =$ racine carrée du nombre de feuilles et $x =$ la température (°C):

$$\hat{y} = 0,11x - 0,75$$

Dès lors, entre 23° et 27°C, le nombre de feuilles trifoliolées s'élève linéairement avec la température.

1.3. Coco à rames

Cultivée à 23° et 27°C, la plante présente respectivement 6 et 10 feuilles trifoliolées. Comme pour les variétés naines étudiées, le nombre de feuilles s'élève entre 23° et 27°C.

2. Deux températures constantes successives.

2.1. Coco nain (semis du 05.01.76 - tableau 5, page 150).

Les températures sont 20° et 30°C, chacune étant tantôt initiale, tantôt finale. Le nombre de feuilles trifoliolées dépend de la température initiale et il n'est guère différent de celui du témoin resté constamment à cette même température.

Ainsi, pour une plante témoin à 20°C, le nombre de feuilles est de 3,1 ; pour une plante restée 16 jours ou 10 jours à 20°C puis transférée, à 30°C, il est respectivement de 3,0 et de 3,3. De même, pour une plante témoin restée à 30°C, il est de 5,8 ; pour une plante restée 10 jours à 30°C puis transférée à 20°C, il est de 5,6. C'est donc surtout de la température initiale que dépend le nombre de feuilles.

2.2. Autres variétés naines (tableaux 28, page 169 - 29, page 170).

Les températures sont les mêmes que dans le cas précédent et conduisent à des résultats analogues. Pour dix variétés étudiées, le nombre de feuilles trifoliolées développées aux 2 températures successives (20°/30° ou 30°/20°) est très proche de celui des témoins à température constante correspondant à la température initiale.

Par exemple, chez Ocelo, les nombres obtenus sont les suivants :

4,7 à 30°/20° pour 4,5 à 30°

3,0 à 20°/30° pour 2,9 à 20°

2.3. Coco à rames.

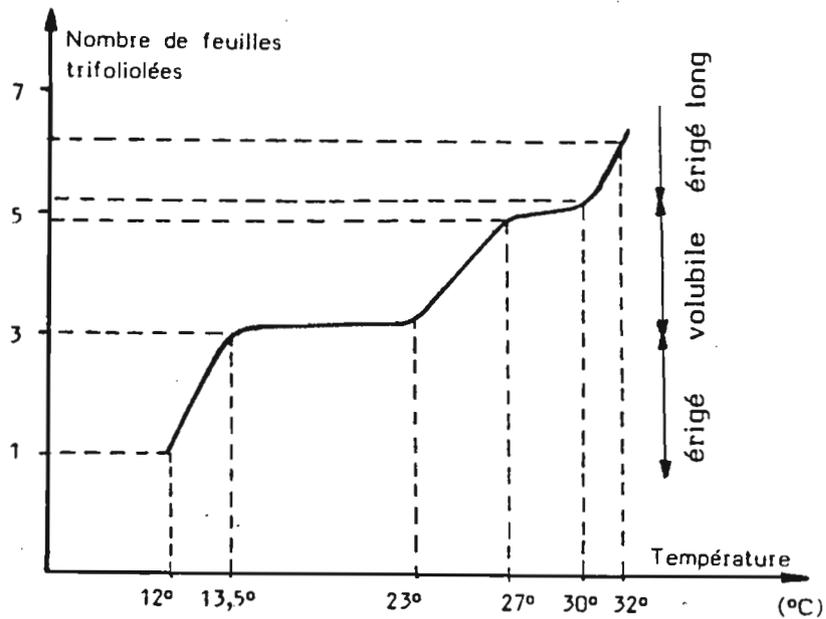
Chez Coco à rames, les résultats s'accordent avec ceux des variétés naines :

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

4 feuilles à 20°/30° pour 4 feuilles à 20°

B. SOUS UN RYTHME QUOTIDIEN DE TEMPERATURE OU DE LUMIERE. (tableau 26, page 168)

1. Température constante (Tableau 27a,b,c, page 169)



Chez Mangetout Princesse ,en jours longs, la plante développe en moyenne 1 feuille à 12°C et 3 feuilles à 13,5°C. Si on ajoute ces résultats aux données antérieures en jours continus, la courbe du nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la température présente, entre 12°C et 32°C, une succession de pentes et de paliers. Elle pourrait être interprétée, comme une courbe en S, entre 13,5°C et 30°C, insérée entre 2 portions de courbes en S (entre 12° et 23°C et entre 27° et 32°C). Il est alors intéressant de souligner que les conditions dans lesquelles ces différents nombres de feuilles ont été obtenus sont celles qui, comme nous l'avons vu, correspondent aux 3 types de port : érigé entre 12° et 20°C ; volubile entre 13,5° et 30°C et érigé long au-delà de 30°C. De plus, il convient d'ajouter que la courbe en S entière correspond à la fois au port volubile et à la gamme de températures les plus couramment utilisées. Cela montre les possibilités de port volubile, même chez une variété naine: on sait que l'ancêtre commun des haricots est lui-même volubile (DENAIFFE 1905).

2. Thermopériode quotidienne chaude précédée ou suivie d'une température (ou d'une thermopériode quotidienne) fraîche (tableaux 32 et 33 pages 173-174, tableau 15 page 157, tableau 35 page 176).

La thermopériode quotidienne est toujours de 32°/12° lorsqu'elle est chaude et de 20°/12° lorsqu'elle est fraîche. Les températures fraîches sont soit 12°C soit 13,5°C. Deux variétés sont étudiées : Mangetout Princesse et Coco à rames.

Les résultats de nos essais montrent que, selon la température, le nombre de feuilles trifoliolées varie et que les températures (ou thermopériodes quotidiennes) initiale et finale interviennent toutes deux dans cette variation.

2.1 Variation du nombre de feuilles trifoliolées.

S'il est certain qu'une variété naine porte moins de feuilles qu'une variété à rames, il n'en reste pas moins vrai que, pour l'une comme pour l'autre, le nombre de feuilles varie.

Ainsi pour le Mangetout Princesse, il varie de 1,5 à 6 :

1,5 à 32°/12° (12h/12h) 5 jours, 12°C (16h/8h)
6,0 à 32°/12° (16h/8h) 19 jours, 13,5°C (16h/8h)

Pour Coco à rames, cette variation est encore plus grande : 0 à 12,6

0 (seulement feuilles entières opposées) à $32^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h) $\xrightarrow{5j}$ 12°C (16h/8h)
 12,6 à $13,5^{\circ}$ (16h/8h) $\xrightarrow{31j}$ $32^{\circ}/12^{\circ}$ (16h/8h)

2.2 Importance de la température initiale (ou thermopériode quotidienne initiale).

Plus la durée de la période initiale chaude est longue, plus le nombre moyen de feuilles trifoliolées est élevé. Ainsi, à $32^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h) 5 à 19 jours, $13,5^{\circ}$ (16h/8h), comme le montre le tableau suivant, on peut observer, chez Mangetout Princesse, pour une durée de 5, 10, 19 jours, respectivement 3,8 - 5,0 - 5,8 feuilles trifoliolées et chez Coco à rames, pour une durée de 10, 19 jours, respectivement 4,8 et 6,7 feuilles trifoliolées.

Tableau VII. Influence de la durée de la période initiale sur le nombre moyen de feuilles trifoliolées.

Température (ou thermopériode quotidienne)	Initiale			Finale
	$32^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h)			$13,5^{\circ}$ (16h/8h)
Durée de la période initiale (jours)	5	10	19	—
Variétés	{ Mangetout Princesse { Coco à rames			
	3,8	5,0	5,8	
	—	4,8	6,7	

Plus la durée de la période initiale fraîche est longue, plus le nombre moyen de feuilles trifoliolées est faible. Ainsi, chez Mangetout Princesse, pour une période initiale de 6 et 12 jours à $20^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h) précédant la thermopériode quotidienne $32^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h), le nombre est respectivement de 5,0 et de 3,3. Chez Coco à rames, pour une période initiale de 31,53 et 70 jours à $13,5^{\circ}$ (16h/8h) précédant la thermopériode quotidienne de $32^{\circ}/12^{\circ}$ (12h/12h), il est respectivement de 12,6 - 11,0 et 8,0.

2.3 Rôle de la température finale.

Si, comme nous venons de le voir, la température (ou la thermopériode quotidienne) initiale joue un rôle important, l'influence de la température finale n'est pas à négliger. Cette influence apparaît nettement lorsque la température finale est très fraîche (12°C). Ainsi le nombre de feuilles

trifoliolées est, chez Mangetout Princesse de :

4,6 à 32°/12° (12h/12h) 13 jours → 20°/12° (12h/12h) (témoin)

2,3 à 32°/12° (16h/ 8h) 12 jours → 12° (16h/ 8h)

Des résultats analogues peuvent être cités chez Coco à rames :

4,8 feuilles à 32°/12° (12h/12h) 10 jours → 13,5° (16h/8h) (témoin)

3,1 feuilles à 32°/12° (12h/12h) 10 jours → 12° (16h/8h)

C. DETERMINATION DE LA DUREE MINIMALE D'EFFICACITE DE LA PERIODE INITIALE.

Nous avons vu, et les tableaux 5 à 9 (pages 150-152) le montrent, qu'à partir d'une période initiale de 10/12 jours à une température constante de 30° (ou d'une période initiale de durée un peu plus longue à 20°C), le nombre de feuilles trifoliolées est le même, quelle que soit la durée initiale. Ce nombre de feuilles est donc déterminé par la température initiale et sa durée. On peut alors se demander ce qui adviendrait si l'on réduisait la durée de cette période initiale. Le déterminisme du nombre de feuilles a-t-il lieu plus tôt que 10/12 jours ? Des essais ont été effectués sur le Coco nain; quelques données sporadiques sur d'autres variétés et avec d'autres températures y sont ajoutées.

1. Coco nain (tableau 10a, b, page 152).

1.1. A 30°/20°C (tableau 10a)

Lorsque la température initiale est de 30° pendant 1, 2 et 3 jours, le nombre moyen de feuilles trifoliolées est respectivement de 3,2 - 4,8 - 5,0. Lorsque cette température dure plus longtemps (3, 6 et 9 jours) le nombre moyen de feuilles reste constant : 5,0. Donc le nombre de feuilles, dans le cas du couple des températures 30°/20°, est déterminé à 3 jours après le semis. Pendant ces 3 jours, il s'élève de 3,2 (nombre de feuilles d'une plante restée constamment à 20°C) à 5,0, peu différent de 5,2 (nombre de feuilles d'une plante restée constamment à 30°C). La durée minimale de la température initiale de 30°C est de 3 jours. Or la levée germinative a lieu le 4ème jour après le semis à 30°C. Celle-ci est alors le signe extérieur de la fin de la néoformation des feuilles; le nombre des feuilles est donc déterminé très tôt.

La structure et le fonctionnement du méristème apical du Cocos ont été, en collaboration avec M.CHAMPAGNAT, analysés depuis la graine jusqu'à 4 jours après le semis sur terreau à 30°C, en jour continu. Les techniques classiques de fixation, d'inclusion et de coupes (M.CHAMPAGNAT, 1961) ont été utilisées.

On peut alors noter l'apparition successive des différentes ébauches foliaires (photo n°34 à 38, pages 15 à 17) :

- . jour du semis (= dans la graine) : le jeune embryon présente les 2 jeunes primordiums des 2 premières feuilles trifoliolées.
- . à 1 jour après le semis : les 2 jeunes primordiums sont plus nets
- . à 2 jours après le semis : le troisième primordium est amorcé.
- . à 3 jours après le semis : on compte 3 feuilles trifoliolées; les premiers cloisonnements de la quatrième feuille trifoliolée apparaissent.
- . à 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^{ème} jour et s'étend au 4^{ème} jour.

La détermination du nombre de feuilles trifoliolées à la levée germinative correspond à la formation et à la mise en place des ébauches de ces feuilles. Par la suite, il n'y a plus qu'élongation.

1.2 A 20°/30° (tableau 10b).

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^{ème} jour et la levée germinative a lieu entre le 9^{ème} et le 10^{ème} jour à 20°C, constituant également le signe extérieur de cette détermination.

2. Mangetout Princesse (tableaux 26, page 168 - 32, page 173 et 33, page 174).

Des températures ou thermopériodes de plus en plus fraîches ont été essayées : 20°C, 20°/12° (12h/12h), 13,5° (16h/8h) et 12° (16h/8h).

Le nombre de feuilles (tab.27b, page 169) à 20°C est de 3,2 ; à 32°C, de 6,1 ; à 20° C 3 jours 32°C, de 5,5 ; et à 20°C 6 jours 32°C, de 3,9. Il faut donc au moins 6 jours à 20°C pour que le nombre d'entre-nœuds soit le même à 20°C constants et à 20°/32°.

A 20°/12° (12h/12h) (tabl. 32, page 173) la plante présente 3,3 feuilles trifoliolées ; à 32°/12° (12h/12h ou 16h/8h), elle en présente 6. A [20°/12° (12h/12h)] / [32°/12° (12h/12h)], le nombre de feuilles dépend de la durée de la période initiale ; il est de 5,0 pour 6 jours et de 3,3 pour 12, 18, 22 et 32 jours. La détermination du nombre de feuilles a donc lieu entre le 6ème et le 12ème jour.

A 13,5° (16h/8h), tableau N°26 page 168, la plante développe 3,0 feuilles; à 32°/12° (12h/12h), elle en développe 6; à [32°/12° (12h/12h)]/ 13,5° (16h/8h), le nombre de feuilles est respectivement de 3,8 - 5,0 et 6,0 pour les durées de période initiale suivantes : 5, 10 et 19 jours. Le nombre de feuilles est donc déterminé entre le 10ème et le 19ème jour après le semis.

A 12° (16h/8h), tableau N°26 page 168, la plante présente en moyenne une feuille trifoliolée; à 32°/12° (12h/12h ou 16h/8h), elle en présente 6; à 32°/12° (12h/12h ou 16h/8h) 5 à 12 jours → 12° (16h/8h), le nombre de feuilles trifoliolées dépend de la durée de la thermopériode initiale: 1,5 (pour 5 jours); 2,8 (pour 8 jours); 3,0 (pour 10 jours) et 2,3 (pour 12 jours); pour 14 jours et au-delà à 32°/12°, la plante ne s'adapte pas à 12°C: elle se flétrit et meurt. La courbe du nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la durée de la période initiale est une courbe en cloche dont l'optimum correspond à la durée après laquelle la plante commence à ralentir et à arrêter sa croissance à la température fraîche de 12°C.

3. Coco à rames [tableaux 15, page 157 - 26, page 168 - 35 page 176].

3.1. Températures moyennes et élevées en couple de températures.

Il s'agit de plantes témoins, en nombre réduit par manque de place, introduites dans les essais sur les variétés naines. Leur croissance étant en général plus lente et de durée plus longue que celle des variétés naines étudiées, leur récolte s'effectue alors que leur croissance n'est pas encore terminée : le nombre de feuilles observé est inférieur à ce qu'il aurait dû être si l'on avait laissé la plante se développer jusqu'à la fin de son cycle. Ces raisons font que les résultats obtenus sur le nombre d'entre-noeuds du Coco à rames en températures moyennes et élevées sont plus faibles que ce qu'ils auraient dû être.

A 20°C constants, la plante développe 4 feuilles trifoliolées. A 30°C constants, elle en développe 10 à 11. A 20°C pendant 9 ou 12 jours puis 30°C, elle développe respectivement 11 et 4 feuilles. Il est possible que le temps minimum d'action de la température initiale de 20° soit de 12 jours.

A 30°C pendant 1, 3, 6, 9 jours puis 20°C, la plante développe respectivement 8, 6, 7 et 10 feuilles. La durée minimale de la température initiale de 30°C serait de 9 jours puisque, à 30°C constants, la plante développe 10 à 11 feuilles.

Les résultats obtenus à 20°/30° et à 30°/20° sont similaires à ceux obtenus sur les variétés naines.

3.2. Températures fraîches ou thermopériode quotidienne dont l'une des températures est fraîche.

Dans ces essais, le Coco à rames n'est plus considéré comme un témoin avec un nombre réduit de plantes. Ici, l'essai est conçu pour étudier la variété à rames. Le nombre d'individus par essai varie de 9 à 24 suivant la place disponible. L'essai dure le plus longtemps possible tant que la plante n'atteint pas le plafond lumineux.

A 13,5° (16h/8h), tableau 26, page 168, la plante développe 3,6 feuilles trifoliolées ; à 32°/12° (12h/12h), elle en développe 11,3 ; à 32°/12° (12h/12h) / 13,5° (16h/8h), pour les périodes initiales de 5,10 et 19 jours, elle développe respectivement 4,7 - 4,8 et 6,7 feuilles. Le nombre de feuilles s'élève avec la durée de la thermopériode quotidienne chaude. Par contre, à 13,5° (16h/8h) / 32°/12° (16h/8h), pour une durée de température initiale de 31,53 et 70 jours, la plante développe respectivement 12,6 - 11,0 - 8,0 feuilles. Lorsque la température initiale est fraîche, le nombre de feuilles décroît au fur et à mesure que s'élève la durée de la période initiale fraîche. Puisque, selon la durée de la période initiale de 32°/12° ou de 13,5°C, le nombre de feuilles trifoliolées varie sans atteindre celui du témoin à la température initiale, ce nombre n'est pas déterminé seulement par la température ou la thermopériode initiale.

On constate un certain parallélisme entre le comportement du Mange-tout Princesse à (32°/12°) / 12° et celui du Coco à rames à (32°/12° / 13,5°C. L'induction possible du nombre de feuilles par le couple de températures initiales de 32°/12°, effacée chez Mangetout Princesse par la température finale de 12°C, l'est chez Coco à rames, par une température finale supérieure, 13,5°C.

Cela paraît être lié à la différence de sensibilité variétale à la température. Ainsi, le Mangetout Princesse, la plus volubile des variétés naines étudiées, se rapproche beaucoup du Coco à rames.

III. LES MODALITES DE VARIATION DU NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS.

Comme on l'a vu, le nombre d'entre-noeuds varie d'un milieu à l'autre. Il serait intéressant d'en rechercher les modalités. Dans ce but, nous considérerons tour à tour: le poids des semences, l'influence de la date de semis, la transformation de la feuille en écaille et l'arrêt de croissance du sommet.

A. POIDS DES SEMENCES

Toutes les graines d'une même variété n'ont ni le même volume, ni le même poids (tableau 42 page 182). De même, les plantes d'un semis d'une même variété ne développent pas le même nombre d'entre-noeuds. Y aurait-il une relation entre ces 2 hétérogénéités, les graines les plus grosses donnant les plantes caractérisées par un nombre d'entre-noeuds élevé et les graines les plus petites, les plantes caractérisées par un nombre d'entre-noeuds faible? Deux séries de semences de Mangetout Princesse sont constituées, les grosses et les petites. Le poids moyen d'une grosse graine est de 0,3144 g avec un écart-type de 0,0151; celui des petites graines, de 0,1778 g avec un écart-type de 0,0160. Ces 2 séries sont semées sur terreau, à la serre. Le tableau de fréquence, à la récolte est le suivant :

Tableau VIII. Influence éventuelle du poids des graines sur le nombre de feuilles trifoliolées chez Mangetout Princesse à la serre.

Nombre de feuilles trifoliolées	2	3	4	5	6	Nb total des plantes
Nombre de plantes provenant de :	grosses graines					17
	0	6	11	0	0	
petites graines					17	
	0	2	14	1	0	

La différence n'est pas notable. Toutefois, les petites graines donnent un peu plus de plantes à nombre d'entre-noeuds élevé que les grosses.

Cela est contraire à l'hypothèse de départ. Le nombre d'entre-noeuds de la plante, pour une même variété, ne s'élève pas avec le poids de la graine. Les réserves de la graine ne sont pas la cause de la variation du nombre des entre-noeuds.

B. Influence de la date de semis (tableau 21 page 163)

Comme nous l'avons vu, le nombre moyen d'entre-noeuds, au champ et surtout à la serre, dépend de la date de semis. Il serait bon, pour obtenir plus de précisions, d'étudier la courbe de fréquence du nombre de plantes en fonction du nombre d'entre-noeuds.

Lorsqu'on observe le tableau de fréquence du nombre de plantes en fonction du nombre d'entre-noeuds et de la date de semis, on constate que :

- . le maximum de la courbe de fréquence se déplace suivant la date de semis.

- . les plantes présentant le nombre d'entre-noeuds 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-noeuds le plus faible indiquent le sens de l'évolution lorsque l'on va de l'été vers l'hiver (c'est-à-dire lorsque l'énergie solaire est décroissante).

C'est ainsi qu'en considérant les semis des 23.12.77, 02.06.78 et 25.07.79, on observe bien le déplacement du maximum de la courbe de fréquence de 4 à 5 puis à 6 entre-noeuds, comme le montre le tableau de fréquence suivant :

Tableau IX. Influence de la date de semis sur le nombre d'entre-noeuds chez Mangetout Princesse à la serre.

Date de Semis	Nombre d'entre-noeuds					Nombre total de plantes
	3	4	5	6	7	
23.12.77	2	<u>18</u>	4			24
02.06.78		3	<u>17</u>	11	1	32
25.07.79				<u>32</u>	1	33

On observe le déplacement en sens inverse du maximum de fréquence du semis du 06.09.79 au semis du 05.12.79 (tab.21, page 163).

Si on ne considère qu'un seul semis, celui du 23.12.77 par exemple, on pourrait parler d'hétérogénéité génétique, les plantes n'ayant pas

le même nombre d'entre-noeuds. Mais le fait que le tableau de fréquence (tableau 21 et tableau ci-dessus) peut se répartir tantôt sur 3 à 4 entre-noeuds (semis des 01.03.78 et 02.06.78) tantôt sur 1 à 2 entre-noeuds (semis des 14.05.79 et 25.07.79) suggère que le phénomène ne dépend pas, ou pas seulement, du génôme.

Si l'on considère au contraire plusieurs dates de semis provenant de semences de la même souche, le déplacement du maximum de fréquence, indique une variation liée à l'évolution progressive d'un milieu vers un autre.

Enfin, dans un essai, pour obtenir des résultats homogènes, on élimine les individus marginaux: trop grands, trop petits ou présentant des caractères éloignés des caractères moyens. Pour une étude statique, cela peut ne pas avoir d'inconvénient. Pour une étude dynamique, on peut se priver des indicateurs du sens de la progression des phénomènes: l'unique plante à 6 entre-noeuds du semis du 25.04.78 laisse prévoir l'existence future des 11 plantes du semis du 02.06.78 et des 15 plantes du semis 11.07.78 qui développeront 6 entre-noeuds.

C. VARIATIONS MORPHOLOGIQUES DES PIÈCES FOLIAIRES.

La tige d'une variété naine, parvenue au stade de floraison, porte:
. dans sa partie végétative: 2 à 6 feuilles trifoliolées alternes au dessus de 2 feuilles primaires opposées.

. dans sa partie reproductive (= extrémité florifère), 2 à 4 écailles et, à l'aisselle de chacune d'elles, 2 à 3 pédoncules floraux. A l'extrémité supérieure du sommet florifère se trouve le bourgeon terminal végétatif, rejeté de côté par le (ou les) dernier pédoncule floral.

Alors que dans la graine, il n'y a que 2 jeunes feuilles primaires et 2 primordiums correspondant aux 2 premières feuilles trifoliolées, la plante adulte en fleurs porte 2 à 6 feuilles trifoliolées et 2 à 4 écailles. Au cours de ce développement, 2 à 6 primordiums sont ainsi néoformés et deviennent soit des feuilles étalées (pour 0 à 4 primordiums) soit des écailles (pour 1 à 4 primordiums). C'est au moment où la plante fleurit que les primordiums ne se transforment plus en feuilles étalées mais seulement en écailles. Entre les feuilles étalées et ces écailles proprement dites on peut observer toutes sortes de formes intermédiaires, que nous appellerons feuilles-écailles.

De l'écaille vers la feuille étalée, on peut ainsi noter, chez Mangetout Princesse en semis échelonnés à la serre, la succession suivante (fig. 7a à q, page 33): écaille entière (fig. 7a, k), écaille trifide (fig. 7b, l), 2 stipules différenciées et une pièce centrale allongée (fig. 7c, o), la pièce centrale, encore sessile, est plus large (fig. 7d, m), la pièce centrale est pétiolée (fig. 7e, n), le pétiole est plus long (fig. 7f, p), présence de 3 petites folioles (fig. 7g, o), les 3 folioles sont plus grandes mais non encore étalées (fig. 7h, q), feuille trifoliolée étalée typique (fig. 7i, l). Toutes ces formes sans évolution ultérieure, décrites pour une variété naine peuvent se retrouver chez Coco à rames mais avec, la plupart du temps, un nombre de feuilles trifoliolées étalées beaucoup plus important, bien que le nombre de primordiums dans la graine soit le même.

La variété naine et la variété à rames se distinguent l'une de l'autre par leur aptitude plus ou moins grande à former des feuilles: malgré la présence dans la graine, dans les 2 cas, du même nombre de primordiums, le nombre de pièces néoformées après la germination est très différent. La variété à rames en produit un nombre élevé que l'on a cru jusqu'ici indéfini. La variété naine, même lorsqu'elle est volubile, en produit un nombre faible dont la limite supérieure semble bien définie: 2 feuilles simples + 6 feuilles trifoliolées. La différence essentielle réside donc dans le fonctionnement plus ou moins long du point végétatif terminal.

Ainsi, quelle que soit la variété de haricot, naine ou à rames, l'apparition de la 1^{ère} écaille ou feuille-écaille à la place d'une feuille étalée, marque l'arrêt de la formation de nouvelles feuilles et, par conséquent, de nouveaux entre-noeuds végétatifs.

D. ARRET DE CROISSANCE DU SOMMET.

Après plusieurs semaines de développement végétatif, des bourgeons floraux apparaissent chez le haricot et bientôt toute croissance s'arrête. On peut alors observer que, quelle que soit la variété naine ou à rames, le méristème terminal reste constamment végétatif: la croissance du haricot est donc toujours une croissance indéfinie. Une différence morphologique apparaît cependant entre les 2 types de variétés que nous allons décrire.

1. Cas de variétés naines.

Quand les bourgeons floraux apparaissent à l'aisselle des écailles,

l'extrémité de la tige, au-dessus de la dernière écaille portant le bourgeon terminal, est étroite, grêle, jaunâtre et très courte, de l'ordre de 1 à 2 mm. Elle est rejetée latéralement par le (ou les) dernier pédoncule floral qui se développe verticalement et bientôt elle tombe par abscission. L'ensemble - écailles, bourgeons floraux et extrémité - forme un sommet florifère. Le processus décrit est analogue à celui observé sur le niébé (DAGBA, 1974, vol II, page 25, fig. 12-1a).

Une étude histologique (photo N°39 à 44, pages 18.19) a été faite en collaboration avec M. CHAMPAGNAT sur des bourgeons de Coco nain prélevés le long de la tige à des stades différents de la vie de la plante: étalement des feuilles primaires, des première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième feuilles trifoliolées. Le point végétatif ne devient jamais floral. Il perd brusquement toute aptitude à l'organogénèse sans cesser pour autant de croître et de se transformer en une colonnette de 550 μ environ de hauteur et de 120 μ de diamètre (photos N°41 et 42). Cet axe est encore très méristématique et ne montre pas de signes de sénescence. Ces derniers, qui conduisent au flétrissement et à la chute de l'organe, apparaissent plus tard et sont probablement les conséquences de corrélation d'inhibition émanant des rameaux axillaires en développement rapide. 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. Cas du Coco à rames.

En fin de croissance, l'extrémité subterminale de la tige d'un Coco à rames peut se présenter, en fonction des conditions du milieu, sous 2 aspects morphologiques différents, avec ou sans écailles:

- Sommet subterminal florifère feuillé (à petites feuilles)

Le plus souvent, cette extrémité de tige (photo N°28 page 12), après avoir formé des feuilles trifoliolées étalées, porte une succession de petites feuilles non étalées puis, parfois, des feuilles-écailles mais jamais d'écailles typiques. Elle devient ensuite mince, frêle et, dans les cas observés, est rejetée de côté (photos 30 et 31, page 13) par le bourgeon axillaire le plus proche en voie de développement. Sa croissance devient alors très faible et s'arrête peu à peu. Puis elle jaunit, se dessèche et tombe par abscission (photos 32 et 33 page 14). Le jaunissement,

le dessèchement et l'abscission sont progressifs de haut en bas le long de la tige et peuvent concerner des portions caulinaires plus ou moins grandes, portant même des feuilles étalées et atteignant parfois jusqu'à 20 cm. Une telle morphologie s'observe à la serre tout au long de l'année (tabl. 25, page 167) et dans les chambres conditionnées lorsque la température constante ou finale, est fraîche. A titre indicatif, pour des plantes cultivées à la serre, les longueurs des extrémités sèches de tiges, non encore tombées lors des dernières mesures, sont les suivantes:

Tableau X. Longueurs des extrémités sèches de tige de Coco à rames à la serre.

Date de semis	Nombre de jours entre le semis et la récolte	Moyenne (cm)	s	s'	n
17 Avril 1981	77	5,4	3,2	3,1	16
16 Juin 1981	77	8,1	8,2	7,9	16
10 sept. 1981	67	1,6	0,5	0,45	6

s = écart-type de l'échantillon s' = écart-type de la population ($s' = s \sqrt{\frac{n+1}{n}}$)
n = nombre d'individus dont les extrémités sèches ne sont pas encore tombées

- Sommet subterminal florifère à écailles.

Dans certains cas, l'extrémité de la tige est analogue à celle des variétés naines. Elle porte, après un certain nombre de feuilles trifoliolées étalées, des écailles à l'aisselle desquelles apparaissent 2 à 3 pédoncules floraux, puis une portion terminale grêle, déjetée de côté, qui ne tarde pas à tomber par abscission. Cette morphologie se rencontre surtout lorsque la température (ou la thermopériode) finale est chaude. On peut citer les essais réalisés à 13,5° (16h/8h) pendant un temps variable (31 jours, 53 jours ou 70 jours) puis à 32°/12° (16h/8h) où respectivement 9 plantes sur 24, 11 plantes sur 20 et 7 plantes sur 21 présentent de tels sommets florifères (photo n°27, page 11).

Remarque. Parmi ces plantes à sommet subterminal à écailles, 3 ont retenu particulièrement notre attention : après l'apparition de la 1ère écaille, le sommet végétatif a développé à nouveau des feuilles trifoliolées (1 à 2 étalées suivies de 1 à 3 non étalées) avant l'établissement définitif du sommet subterminal à écailles.

3. Comparaison entre les variétés naines et le Coco à rames.

Une comparaison en fin de croissance des extrémités de tiges des variétés naines et de celles du Coco à rames nous amène à considérer:

- la portion tout à fait terminale porteuse du méristème apical.

Elle est identique chez les variétés naines et à rames. Elle porte un bourgeon resté toujours végétatif et se trouve en fin de croissance, déjetée latéralement.

- la portion subterminale

Suivant la variété et les conditions du milieu, elle porte des écailles (sommets subterminal florifère à écailles) ou de petites feuilles (sommets subterminal florifère feuillé) à l'aisselle desquelles se développent des fleurs axillaires.

Le premier cas (présence d'écailles) est le cas habituel des variétés naines et celui, beaucoup plus rare, de Coco à rames.

Le second cas (présence de petites feuilles) est le cas habituel des variétés à rames.

- la portion qui jaunit, se dessèche et tombe.

Pour une plante à sommet subterminal à écailles, elle est constituée uniquement par la portion terminale (colonnette).

Pour une plante à sommet subterminal feuillé, elle est constituée par les 2 portions terminale et subterminale.

IV. RESUME

Le nombre d'entre-noeuds de la plante varie suivant les conditions du milieu. Il s'élève avec la température et est déterminé très tôt, au moins dans le cas des variétés naines, par la température qui règne avant la levée germinative, lorsque cette température est égale ou supérieure à 13,5°. Cette détermination du nombre d'entre-noeuds ou de feuilles correspond à la formation chez les variétés naines, 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.

Il existe une relation entre la température, le nombre de feuilles de la plante adulte et le port de la plante. Cette relation dépend de la variété. Pour Mangetout Princesse sous $21W. m^{-2}$, le port érigé s'observe entre $10^{\circ}C$ et $20^{\circ}C$ avec 1 à 3 feuilles trifoliolées, le port volubile entre 20° et $30^{\circ}C$ avec 3 à 6 feuilles trifoliolées et le port érigé long au-delà de $30^{\circ}C$ avec un nombre de feuilles de plus en plus faible au fur et à mesure que la température s'élève au-dessus de $30^{\circ}C$. Pour les autres variétés, les intervalles de température correspondant à chaque port peuvent être différents.

CHAPITRE II

LONGUEUR DES ENTRE - NOEUDS.

La distinction habituelle entre variétés naines et variétés à rames suppose évidemment une différence des hauteurs de plantes entre ces 2 types de variétés. Une telle différence peut être la conséquence soit d'un nombre plus ou moins élevé d'entre-noeuds soit d'un allongement plus ou moins grand de ceux-ci, soit de ces 2 facteurs à la fois. Puisque, selon les conditions du milieu, une même variété peut se présenter, comme nous l'avons vu, avec 2 ports différents et un nombre d'entre-noeuds identique ou non, cela suppose une longueur variable de ces entre-noeuds.

En champ, à la serre et dans les chambres conditionnées, 2 paramètres ont été étudiés :

- La longueur de chaque entre-noeud le long de la tige,
- et la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de cette tige.

I. LONGUEUR DE CHAQUE ENTRE-NOEUD LE LONG DE LA TIGE.

Le long de la tige, les entre-noeuds présentent des longueurs différentes. L'entre-noeud le plus court et l'entre-noeud le plus long occupent une position que nous avons essayé de déterminer. A cet effet, les longueurs des différents entre-noeuds ont été reportées sur un graphique. La courbe tracée est une courbe en cloche ou une portion plus ou moins grande de cette courbe dont le maximum et le minimum ont retenu toute notre attention.

Comme certaines particularités, tel un rythme, ont été mises en évidence dans l'étude des longueurs d'entre-noeuds (sur la fève par exemple -MILLET 1970), il nous a paru logique de nous adresser d'abord au Coco à rames dont le nombre d'entre-noeuds est normalement très élevé.

A. EN CHAMP ET A LA SERRE : MILIEU NON OU PARTIELLEMENT CONTROLE.

1. En champ.

- chez Coco à rames, les premiers et les derniers entre-noeuds sont les plus courts (environ 3cm pour le semis du 15.05.74); les plus longs (environ 15 à 19cm pour le semis précité), à peu près égaux entre eux, se situent vers les entre-noeuds de numéro d'ordre 10 à 15 c'est-à-dire entre le tiers et la moitié du nombre total d'entre-noeuds. La courbe de longueur de l'entre-noeud le long de la tige est alors une courbe en cloche, dissymétrique, dont la partie descendante est caractérisée par une pente beaucoup plus faible que celle de la partie ascendante (fig. 8a page 34). Elle présente des oscillations.

- Chez les variétés naines, un seul entre-noeud est maximal et il est le dernier ou l'avant-dernier entre-noeud végétatif; ici, contrairement au Coco à rames, le premier entre-noeud n'est pas souvent le plus court, ce sont les 2ème ou 3ème qui le sont. La courbe présente d'abord un minimum puis un pic suivi d'une partie descendante à pente abrupte (fig. 9b page 35, pour le Coco nain; fig. 10 pages 36.37, pour Mangetout Princesse, Myrto, Nabel et Coco nain).

Pour des semis du 1er juin au 14 Août, les moyennes des longueurs des entre-noeuds les plus longs et des entre-noeuds les plus courts sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau XI. Longueur moyenne des entre-noeuds les plus longs et des entre-noeuds les plus courts chez 4 variétés naines en semis échelonnés en champ.

EN = entre-noeud

Date de semis	Mangetout Princesse			Myrto			Nabel			Coco nain		
	Nombre d'EN	longueur (cm) de l'EN le plus long	Longueur (cm) de l'EN le plus court	Nombre d'EN	Longueur (cm) de l'EN le plus long	longueur (cm) de l'EN le plus court	Nombre d'EN	longueur (cm) de l'EN le plus long	Longueur (cm) de l'EN le plus court	Nombre d'EN	longueur (cm) de l'EN le plus long	Longueur (cm) de l'EN le plus court
1er Juin	4,0	7,9	2,0	3,4	7,2	2,7	3,2	7,0	2,4	3,5	3,4	2,5
1er Juillet	5,2	10,8	1,7	4,8	11,9	2,5	4,8	8,1	2,4	5,0	6,9	1,7
31 juillet	4,8	10,1	2,4	4,0	8,4	2,6	4,0	8,5	2,8	4,8	4,9	3,0
14 Aout	3,0	2,9	1,3	3,0	4,6	2,4	3,0	3,1	2,1	3,5	3,7	2,1

Les entre-nœuds les plus longs correspondent surtout au semis du 1er Juillet (11,9cm chez Myrto par exemple), époque où la plante développe le nombre d'entre-nœuds maximal. Les entre-nœuds les plus courts correspondent surtout au semis du 14 Août (1,3cm chez Mangetout Princesse par exemple), époque où la plante développe le nombre d'entre-nœuds minimal. Ainsi la longueur, comme le nombre des entre-nœuds, dépend de la date de semis et par conséquent des conditions du milieu.

2. A la serre.

- Chez Coco à rames à la serre (fig 11 page 38), la courbe de longueur des entre-nœuds est aussi une courbe en cloche mais les 4 à 5 entre-nœuds les plus longs (environ 22 cm, plus longs que ceux développés en champ) se situent vers les entre-nœuds de rang 6 à 10 et la courbe est à peu près symétrique avec un nombre total d'entre-nœuds végétatifs de l'ordre de 17 (pour une trentaine en champ).

- Chez les variétés naines (fig.12 et 13 pages 39 à 41), on observe, comme en champ, les mêmes caractères qui se traduisent par des courbes analogues: d'abord un minimum puis un pic suivi d'une partie descendante à pente abrupte.

Mais à la serre, contrairement au champ, il est possible d'obtenir les 2 types de port sur une même variété, aussi bien à différentes dates de semis que dans un même semis. La présence des 2 types de port dans un même semis exclut l'hypothèse d'un rythme endogène lié aux graines. La comparaison des paramètres des 2 types de port, en particulier la longueur des entre-nœuds, s'avère intéressante dans une population où coexistent ces 2 types : les longueurs des entre-nœuds, tout au long de la tige, sont en général plus faibles chez la plante érigée que chez la plante volubile. Cette différence est néanmoins moins accentuée chez Coco nain que chez Mangetout Princesse comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau XII. Longueur moyenne (cm) de chaque entre-noeud chez les plantes adultes à 3 feuilles trifoliolées, les unes à port érigé, les autres à port volubile.

Variété	Date de semis	T ₁		T ₂		T ₃	
		E	V	E	V	E	V
Coco nain	9 mai 1975	6,3	6,9	9,1	10,1	12,6	13,1
	23 Sept. 1975	10,0	9,5	6,8	8,2	8,1	12,4
Mangetout Princesse	1er Avril 78	4,5	7,0	4,6	9,8	20,1	25,5
	29 Sept. 1978	3,5	6,0	5,0	9,5	8,8	16,0

T_n = entre-noeud sous-jacent à la feuille trifoliolée de rang n

E = port érigé

V = port volubile

On peut, en outre, noter que la longueur maximale atteinte par l'entre-noeud le plus long est, elle aussi, plus grande pour la plante volubile que pour la plante érigée et est plus marquée chez le Mangetout Princesse que chez le Coco nain.

Tableau XIII. Longueur maximale de l'entre-noeud chez la plante érigée et chez la plante volubile dans une population mixte.

	Coco nain	Mangetout Princesse
Port érigé	13 cm	20 cm
Port volubile	17 cm	42 cm

3. Transfert des plantes du champ à la serre ou inversement (tableau 24 page 166)

Deux semis de Mangetout Princesse ont été effectués le même jour (31.05.80), l'un au champ, l'autre à la serre. Au stade des feuilles primaires (FP) et de l'étalement de la première feuille trifoliolée (FT1), des plantes ont été transférées du champ à la serre et de la serre au champ. Des plantes témoins sont restées constamment au champ et à la serre (fig. 14 et 15 pages 42.43).

Alors que, en champ, toutes les plantes sont érigées et que, à la serre, elles sont toutes volubiles, le transfert du champ à la serre au stade FP (13 jours après le semis) et au stade FT1 (25 jours après le semis), conduit au port volubile de toutes les plantes (au nombre de 13) dans le premier cas et de 11 plantes sur 13 dans le second; le transfert de la serre au champ au stade FP (9 jours après le semis) et au stade FT1 (13 jours après le semis) conduit au port érigé de toutes les plantes (au nombre de 13) dans le premier cas et au port volubile de toutes les plantes (au nombre de 12) dans le second.

Les courbes de longueur de l'entre-noeud le long de la tige rappellent celles obtenues en champ et à la serre. Celles des témoins en champ [fig. 15 (23)] sont analogues à celles du semis du 14 Août 1977 (fig. 10 page 36.37). Cette similitude peut s'expliquer par les valeurs proches des températures lors de ces 2 semis, comme le montre le tableau suivant :

Tableau XIV. Comparaison des températures extérieures au cours du développement des semis en champ des 31.05.80 et 14.08.77.

TEMPERATURE (°C)	à partir du 31.05.80			à partir du 14 Août 1977		
	1 ^o décade	2 ^o décade	3 ^o décade	1 ^o décade	2 ^o décade	3 ^o décade
Température moyenne	14,8°	17°	14,1°	16,6°	15,4°	16,2°
Minimum absolu	4,7°	7,3°	6,9°	7,3°	7,5°	3,7°

Les courbes des témoins [fig. 14(13), page 42] à la serre sont identiques à celles déjà décrites dans les mêmes conditions. Les courbes des plantes transférées sont analogues à celles de la serre lorsque les plantes sont volubiles [fig. 14 (21) et 15 (12)], à celles du champ [fig. 14 (22) et 15 (11)] lorsqu'elles sont érigées.

La longueur des entre-nœuds des plantes érigées est plus faible que celle des entre-nœuds des plantes volubiles d'une même population où coexistent les 2 types de port (plantes transférées du champ à la serre au stade FT₁).

Tableau XV. Longueur des entre-nœuds chez les plantes érigées et chez les plantes volubiles d'une population mixte dans l'essai de transfert champ ↔ serre.

EN	T ₁ (cm)	T ₂ (cm)	T ₃ (cm)	T ₄ (cm)
Port érigé	2,7	3,3	5,7	2,9
Port volubile	3,1	4,5	10,5	5,5

T_n = entre-nœud de rang (n+1)

EN = entre-nœud

B. EN CHAMBRES CONDITIONNEES : MILIEU CONTROLE

1. Coco à rames.

Alors que, en champ et à la serre, cette variété est toujours volubile, dans les chambres conditionnées, elle peut être érigée.

La courbe de la longueur des entre-nœuds le long de la tige est une courbe en cloche (fig. 16 à 19, pages 44 à 46). Elle est symétrique, à la température constante de 32°C (fig. 17, page 44 : port érigé long),

dissymétrique lorsqu'il y a modification de la température : (fig. 18, page 45 : port volubile par exemple à (20°/12°) / (32°/12°) ; enfin un pic apparaît lorsque la plante présente le port érigé court (fig. 16, page 44) ; dans le cas où le port érigé court et le port volubile coexistent dans une même population, la comparaison s'avère difficile parce que les plantes des 2 types de port ont souvent un nombre d'entre-noeuds différent (fig. 19, page 46).

Les longueurs maximales des entre-noeuds sont variables suivant la température : 7 cm à 32°-33°C, 6 à 8 cm à (32°/12°) / 12°C, 12 cm à (20°/12°) / (32°/12°).

2. Variétés naines.

Les courbes de longueur de l'entre-noeud le long de la tige sont analogues à celles obtenues à la serre. C'est ce que montrent les graphiques des figures 20 et 21 (pages 47 et 48) sur Mangetout Princesse, volubile à 23°C, 25°C et 27°C, (fig.20, page 47), érigé à 20°/12° (12h/12h) 22 jours 32°/12° (12h/12h) (fig. 21a, page 48) et présentant une population où coexistent les 2 types de port à 13,5° (16h/8h) (fig. 21b, page 48).

Comme à la serre, la longueur des entre-noeuds des plantes volubiles est presque toujours supérieure à celle des plantes érigées d'une même population. Mais la différence est en général faible (tabl. 37, page 178) sauf dans certains cas chez Mangetout Princesse. Pour cette dernière variété, le tableau ci-dessous montre ces 2 possibilités à 13°5 C (différence notable) et à 20°/30° (différence faible).

Tableau XVI. Longueur des entre-noeuds et port de la plante dans une population mixte en chambres conditionnées chez Mangetout Princesse.

Conditions	Port \ EN	T ₁ (cm)	T ₂ (cm)	T ₃ (cm)
		13,5° (16h/8h)	érigé volubile	4,6 9,1
20° FT ₂ 30° C (jour continu)	érigé volubile	5,6 8,8	12,5 13,8	16,1 18,8

T_n = entre-noeud en rang (n+1)

EN = entre-noeud

C. ESSAI DE SYNTHÈSE

Si l'on compare les différentes courbes de longueur de l'entre-noeud le long de la tige, obtenues dans de très nombreuses conditions, on s'aperçoit, au premier abord, qu'elles paraissent différentes les unes des autres. Un examen plus approfondi permet de se rendre compte qu'elles peuvent être toutes ramenées à une courbe en cloche entière ou partielle. Celle-ci est entière toutes les fois que le nombre d'entre-noeuds est suffisamment élevé ; elle n'est que partielle lorsque ce nombre est faible. Une courbe théorique (fig. 22, page 49) a été tracée à laquelle on a essayé de rapporter tous les graphiques expérimentaux obtenus. Pour une même variété, la courbe dépend des conditions du milieu.

II. LONGUEUR MOYENNE DES ENTRE-NOEUDS DE LA TIGE (ou longueur de l'entre-noeud "moyen").

Toutes les courbes relatives à la longueur des entre-noeuds le long de la tige nous amènent à nous demander la signification morpho-physiologique de la longueur moyenne des entre-noeuds de la tige. Trois questions se posent :

. Quelle est la position de l'entre-noeud "moyen" représentatif de tous les entre-noeuds de la tige, c'est-à-dire quelle est, pour chaque plante, la position (repérée le long de l'axe à partir de la base) de l'entre-noeud dont la longueur est la première à être supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la tige?

. Existe-t-il un seuil de la longueur de l'entre-noeud "moyen" au-dessous duquel la plante est érigée et au-dessus duquel elle est volubile?

. Existe-t-il une relation entre la période de croissance de cet entre-noeud "moyen" et la période d'apparition du mouvement dans le cas où la plante est volubile?

A. POSITION DE L'ENTRE-NOEUD "MOYEN", REPRESENTATIF DE TOUS LES ENTRE-NOEUDS CAULINAIRES.

La comparaison de la longueur moyenne de chaque entre-noeud le long de l'axe de la tige avec la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la tige chez toutes les variétés étudiées montre que la position de cet entre-noeud dépend des conditions du milieu. Quelques exemples sur Mangetout Princesse ont été choisis pour refléter tous les faits observés sur les différentes variétés et sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Deux remarques sont à faire auparavant :

. Les exemples choisis correspondent, dans un même semis, aux plantes dont le nombre d'entre-noeuds a la fréquence la plus élevée.

. Les chiffres soulignés correspondent à la longueur de l'entre-noeud choisi comme entre-noeud "moyen".

Tableau XVII. Position et longueur (cm) de l'entre-noeud "moyen" dans diverses conditions du milieu.

Date de semis	Milieu	Entre-noeuds le long de la tige							E.N. moyen	n	port
		0 C	C P	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅			
01.07.77	Champ	3,6	2,7	1,8	1,7	3,0	<u>7,7</u>	10,8	4,5	18	E
30.10.77	27°C	8,1	6,5	14,1	15,2	<u>26,5</u>	38,0	14,2	17,5	12	V
30.10.77	23°C	6,4	5,5	11,6	<u>17,6</u>	<u>32,0</u>			14,6	8	V
31.05.80	serre FT ₁	6,9	5,4	<u>18,3</u>	13,9	14,0	8,3	1,3	11,0	11	V
31.05.80	champ → champ	3,3	<u>2,7</u>	1,9	1,2	0,8			2,0	4	E

E = érigé V = volubile 0C = hypocotyle CP = premier entre-noeud
 T_n = entre-noeud de rang (n+1) EN = entre-noeud n = nombre d'individus
 E.N. moyen = ici, longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la tige.

Comme on peut le constater, à première vue, l'entre-noeud "moyen" peut être situé, dans les cas cités, de l'entre-noeud n°1 (CP) à l'entre-noeud n°5 (T4) selon les conditions du milieu : dates de semis en champ, températures en chambres conditionnées.

De plus aucun des 2 ports n'est caractérisé par une position fixe de cet entre-noeud représentatif.

Cependant, l'entre-noeud représentatif correspond souvent, chez les variétés naines :

- . au champ, à l'entre-noeud n°4 (T3)
- . à la serre, à l'entre-noeud n°3 (T2)
- . dans les chambres conditionnées aux entre-noeuds n°2 et 3 (T1 et T2) pour les plantes érigées et aux entre-noeuds n°3 et 4 (T2 et T3) pour les plantes volubiles comme le montre, sur les variétés naines, le tableau de fréquence suivant :

Tableau XVIII. Tableau de fréquence de la position de l'entre-noeud "moyen" le long de la tige chez les variétés naines.

Variétés	Milieu	Port	OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Coco nain	champ (1974 et 1977)	érigé		21*		23	283	60		
Mangetout Princesse	Serre (1977 - 79)	érigé Volubile			10 68	14 309	6 28			
Toutes les variétés naines étudiées	Chambres con- ditionnées (30° - 30°/20° - 20°/ 30° - 20°)	érigé Volubile		3	59 47	68 81	9 127	5		

OC = hypocotyle CP = premier entre-noeud T_n = entre-noeud de rang (n+1)
* nombre de plantes dont l'entre-noeud "moyen" correspond à T_n.

Si les autres variétés naines se comportent comme Mangetout Princesse, le Coco à rames s'en distingue. Chez lui en effet, l'entre-noeud "moyen" est l'entre-noeud n°7 (T6) en champ, n°4 ou 5 (T3 ou T4) à la serre et n°3 ou 4 (T2 ou T3) dans les chambres conditionnées où seules des températures fraîches ont été utilisées pour l'obtention de plantes érigées.

Dans une étude où l'on est amené à considérer un entre-noeud comme échantillon représentatif de la plante entière (cas d'un dosage chimique par exemple), il s'avère indispensable de tenir compte du fait que cet entre-noeud représentatif peut changer de position le long de la tige suivant les conditions du milieu où se déroulent les expériences.

B. EXISTENCE D'UN SEUIL DE LA LONGUEUR DE L'ENTRE-NOEUD "MOYEN" EN RELATION AVEC LE PORT DE LA PLANTE.

Pour rechercher l'existence d'une relation entre la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la tige et le port de la plante, nous avons regroupé, en classes de fréquence, le nombre de plantes ayant une longueur moyenne des entre-noeuds donnée, par variété, par condition du milieu et par port. Ainsi, nous avons étudié :

- les variétés naines

- . En champ : Coco nain en 1974
Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Arian, Adria
et Mangetout Constant en 1976.

Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Coco nain en 1977.

- . à la serre : Coco nain (1974-1977) et Mangetout Princesse (1978-début 1980).
- . en champ et à la serre (transfert d'un milieu à l'autre) : Mangetout Princesse.
- . en chambres conditionnées :
 - 30°-30°/20°-20° : Coco nain, Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Ocelo, Arian, Mangetout Constant, Corel, Beurre Findor et Mangetout Silvert.
 - 20°/30° : Coco nain, Ocelo, Mangetout Princesse.
 - 27°-25°-23°-20°/12° et 32°/12° - 32° et 20°/32° : Mangetout Princesse.

- Le Coco à rames

- . en champ,
- . à la serre,
- . en chambres conditionnées : 32°/12° 10 jours → 12°C, 32°C ; 20° 3 jours → 32°C
20° 3 jours → 30°C, 13,5°C, 20°/12° 40 jours → 32°/12°, 32°/12° 19 jours → 13,5°C.

Deux remarques s'imposent :

- Les ports intermédiaires, notamment ceux présentant des zigzags ou un enroulement lâche ont été rangés dans le port volubile.
- en considérant dans le détail tous les résultats, il apparaît que les valeurs des fréquences envisagées peuvent être regroupées, malgré des variations mineures, en 2 ports (érigé et volubile) et en 3 milieux (le champ, la serre et les chambres conditionnées). Cela permet notamment de rassembler les valeurs obtenues à l'intérieur d'un même milieu et pour un même port.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau XIX. Tableau de fréquence : longueur de l'entre-noeud "moyen" chez plusieurs variétés dans différentes conditions de milieu (nombre de plantes caractérisées par une longueur donnée de l'entre-noeud "moyen").

Variété	Milieu	Port	Intervalle de longueur de l'entre-noeud "moyen" (cm)											
			- 1,9	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	12,0 -
Coco à Rames	Champ	V									3	0	15	28
	Serre	V						8	0	17	0	15	44	
	Chambres	E				39*	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	98	102	34	16				
		V				4	23	45	90	94	103	66	23	260
	Chambres	E			1	18	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				
Ocelo	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	19
	(transfert)													

E = érigé

V = volubile

* nombre de plantes dont l'entre-noeud "moyen" est de longueur (... cm).

On peut en déduire :

— pour les variétés naines

. Lorsque la plante est érigée, courte ou longue, la longueur correspondant à la fréquence maximale de l'entre-noeud moyen est de 3 à 6 cm en champ, de 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 cm et surtout à 7 cm à la serre, à 8 cm et surtout à 9 cm en chambres conditionnées pour souvent dépasser largement 12 cm. Il faut noter qu'elle est plus faible quand une plante s'enroule peu (nombre peu élevé de tours de tuteur) comme Coco nain à la serre ou Mangetout Princesse dans l'essai de transfert champ-serre.

. Si l'on considère que les plantes à ports intermédiaires, classées parmi les plantes volubiles ont pu avoir une longueur de l'entre-noeud moyen entre 6 et 9 cm, on peut admettre un seuil à 9,0 cm au-dessus duquel la plante est volubile et au-dessous duquel elle est érigée.

— pour Coco à rames

Le seuil ne peut-être déterminé en champ et à la serre où la plante est constamment volubile. Il le sera donc en chambres conditionnées, 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 l'entre-noeud moyen est de 4 à 5 cm.

. Lorsque la plante est volubile, cette longueur débute à 6 cm pour dépasser 12 cm.

. On peut admettre donc un seuil de 6,0 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 moyenne des entre-noeuds de la tige au-dessus duquel la plante est volubile et au-dessous duquel elle est érigée. Ce seuil, dans les conditions de nos expériences, est d'environ 6,0 cm pour le Coco à rames et d'environ 9,0 cm pour les variétés naines. Il est compris entre 6,0 et 9,0 cm pour les plantes à ports intermédiaires et les plantes qui s'enroulent peu.

**C. RELATION ENTRE LA CROISSANCE DE L'ENTRE-NOEUD "MOYEN"
ET L'APPARITION DU MOUVEMENT (tableau 38 page 179)**

Puisqu'on peut désigner un entre-noeud "moyen" comme représentatif de tous les entre-noeuds d'une tige, il nous a paru intéressant de déterminer la relation entre le moment de la pleine croissance de cet entre-noeud représentatif et l'apparition du mouvement (mouvement révolutif suivi d'enroulement).

Pour cela, nous avons étudié cette relation chez Mangetout Princesse (essai de transfert champ-serre et inversement, 23°C, 25°C, 27°C, 30°/20°C et 20°C) et chez Coco à rames [32°/12°/13,5°C - (20°/12°)/(32°/12°) et à la serre en Juin]. Les résultats consignés dans le tableau 38 (page 179) montrent une coïncidence frappante entre l'apparition du mouvement et la période de plein développement de l'entre-noeud "moyen". La fin de la croissance d'un entre-noeud correspond en général à l'étalement de la feuille trifoliolée sus-jacente.

Ainsi, la plante à 5 feuilles trifoliolées (Mangetout Princesse N°1.02 dont les graphiques sont tracés sur la fig. 45, p.71) cultivée à la serre, présente un entre-noeud moyen représentatif de longueur égale à 18,5 cm et situé entre T1 et T2 (entre-noeuds sous-jacents aux feuilles trifoliolées N°1 et 2). La longueur de T1 est de 17,0 cm et celle de T2 de 26,3 cm. L'étalement des 2 feuilles trifoliolées correspondantes a lieu respectivement aux 13e et 17e jours après le semis. Or le mouvement révolutif est observé le 13e jour et les premiers tours de tuteur ($3^{1/2}$), le 16e jour après le semis. Il y a donc concordance entre la période de croissance active de l'entre-noeud représentatif et l'apparition du mouvement. De même, pour la plante n° 3.10 (Mangetout Princesse, fig. 48, p. 73) érigée, mais qui a manifesté des mouvements révolutifs le 32e jour après le semis, l'étalement de la feuille correspondant à l'entre-noeud représentatif a lieu entre le 27e et le 34e jour après le semis.

Enfin, le mouvement révolutif et les premiers tours de tuteur de la plante n° 2.8 (fig. 57, p. 82) ont lieu respectivement les 32e et 37e jours après le semis, c'est-à-dire entre 28 et 44 jours après le semis, époque pendant laquelle est étalée la feuille T4, sus-jacente à l'entre-noeud représentatif.

L'apparition du mouvement coïncide donc avec le développement tantôt de l'entre-noeud représentatif pour le premier cas cité (plante N°1.02) tantôt de l'entre-noeud suivant pour les 2 autres cas cités (plantes N°3.10 et 2.8).

III. RESUME.

Pour une variété donnée, la longueur de l'entre-noeud le long de la tige varie avec les conditions du milieu (date de semis, température) et le port de la plante. La courbe de la longueur de l'entre-noeud le long de la tige peut-être assimilée à une courbe en cloche, entière ou partielle.

La longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la tige détermine un entre-noeud "moyen", représentatif non seulement de tous les entre-noeuds mais surtout du port de la plante. La position de cet entre-noeud représentatif varie suivant les conditions du milieu. Sa longueur admet un seuil qui est lié au port de la plante. Ce seuil est de 6,0 cm pour le Coco à rames et de 9,0 cm pour les variétés naines. Lorsque la longueur moyenne est inférieure à 6,0 cm, le Coco à rames est érigé (court ou long); lorsqu'elle est supérieure à 6,0 cm, il est volubile. De même, lorsqu'elle est supérieure à 9,0 cm, les variétés naines sont volubiles; lorsqu'elle est inférieure à 9,0 cm, ces variétés présentent le port érigé (court ou long).

La période de pleine croissance de l'entre-noeud représentatif coïncide avec celle de l'apparition du mouvement (mouvement révolitif suivi d'enroulement) chez la plante volubile. Lorsque cette période correspond à la non-apparition du mouvement, et cela en général lorsque la longueur de cet entre-noeud est inférieure au seuil défini plus haut, la plante est alors érigée.

La longueur moyenne des entre-noeuds de la tige adulte est un paramètre important du port de la plante.

C H A P I T R E I I I

AUTRES CARACTERES MORPHOLOGIQUES

Pour une étude complète du port, des caractères morphologiques autres que le nombre et la longueur des entre-noeuds doivent être considérés, tels que la hauteur de la plante, le diamètre de la tige et des rameaux, la surface foliaire et, pour les plantes volubiles, les caractères relatifs à l'enroulement comme la hauteur enroulée, le nombre de tours de tuteur et le pas de l'hélice.

Bien que la hauteur de la plante découle du nombre et de la longueur des entre-noeuds et qu'il eût été normal de l'examiner à la suite de ces deux paramètres, nous avons préféré ne le faire qu'en rapport avec le port de la plante et, pour les plantes volubiles, avec l'intensité plus ou moins grande des caractères volubiles.

C'est pourquoi nous avons regroupé dans ce paragraphe :

= un aperçu de l'étude

- du diamètre de la tige et
- de la surface foliaire.

= l'établissement ou non d'une relation entre

- d'une part la longueur de la tige et
- d'autre part
 - . soit le nombre d'entre-noeuds et le port
 - . soit les conditions du milieu et le port.

= enfin, l'étude de l'intensité des caractères volubiles avec, par la suite, ses rapports avec la longueur de la tige.

I. DIAMETRE DE LA TIGE

La comparaison du diamètre des tiges chez les plantes de port différent et de même nombre d'entre-nœuds dans une même population peut nous apporter quelques indications intéressantes. Pour cela, nous avons mesuré au pied-à-coulisse le diamètre (cm) de chacun des entre-nœuds de plantes (cultivées par exemple à 15°C, variété Mangetout Princesse) soit volubiles, soit érigées.

Tableau XX.1. Diamètre (cm) des différents entre-nœuds chez les plantes érigées ou volubiles dans une population mixte de Mangetout Princesse à 15°C, jour continu, 21 W.m⁻²

ENTRE-NOEUDS	0 C	C P	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Plantes érigées	0,40	0,29	0,24	0,20	0,17	0,11
Plantes volubiles	0,28	0,22	0,17	0,14	0,12	0,09

0C = hypocotyle CP = premier entre-nœud T_n = entre-nœud de rang (n+1)

Non seulement le diamètre des entre-nœuds décroît, comme on s'y attend, le long de la tige mais surtout il est, entre-nœud par entre-nœud, plus élevé chez la plante érigée que chez la plante volubile et cela dès l'hypocotyle. Cette différence, dès l'hypocotyle, est la preuve que certains caractères du port de la plante apparaîtraient très tôt après la levée germinative, témoignant ainsi de l'effet précoce des conditions du milieu et de la sensibilité individuelle de la plante.

A l'appui de cette hypothèse, le relevé du diamètre de l'hypocotyle à l'étalement des feuilles primaires, donc à un stade précoce, dans différentes conditions du milieu, montre que ce diamètre est plus faible (0,31cm à 0,28 cm) chez Mangetout Princesse volubile à 20°C, 25°C et 30°C qu'à 15°C (0,35 cm) où la population est mixte. Il en est de même chez Coco nain à la serre, érigé (0,38 cm) au semis de février et volubile (0,34 cm) au semis de juillet.

Les tableaux suivants illustrent cette constatation.

Tableaux XX.2. Diamètre (cm) de l'hypocotyle de Mangetout Princesse à l'étalement des feuilles primaires, à différentes températures, sous l'éclairement de 21 W. m².

Jour continu													32°/12° (16h/8h)		
Moyenne (m)				Ecart-type (s)				Nombre d'individus (n)				m	s	n	
Tempér.	15°	20°	25°	30°	15°	20°	25°	30°	15°	20°	25°	30°	-	-	-
Diamèt.	0,35	0,31	0,30	0,28	0,03	0,02	0,03	0,03	11	7	7	7	0,29	0,03	10

Tableau XX.3. Diamètre (cm) de l'hypocotyle à l'étalement des feuilles primaires chez Coco nain à la serre sous 3 ports différents : érigé (semis du 17.02.82), population mixte (semis du 05.05.82) et volubile (semis du 03.07.82).

Moyenne (m)			Ecart-type (s)			nombre d'individus (n)		
Erigé (E)	population mixte (E+V)	volubile (V)	E	E+V	V	E	E+V	V
0,38	0,34	0,336	0,02	0,03	0,01	6	7	7

Si l'on admet que l'existence d'une population mixte provient, dans une chambre conditionnée, de microclimats favorables à un port plutôt qu'à l'autre, on comprend alors que, très tôt, la plante soit engagée dans la voie d'un port donné.

Pour une preuve incontestable cependant, il resterait à mesurer le plus tôt possible le diamètre de l'hypocotyle dans des conditions de milieu favorables au développement d'une population mixte, à étiqueter chaque plante et à en observer le port en fin de croissance.

II. SURFACE FOLIAIRE (fig. 23d et e, pages 50-51)

La comparaison de la surface foliaire entre plantes de port différent au sein d'une même population peut aussi, semble-t-il, contribuer à différencier un port d'un autre.

Des travaux antérieurs sur le niébé (DAGBA, 1974) il ressort qu'il existe une relation entre la surface de la foliole centrale d'une feuille trifoliolée et celle de la feuille entière et que cette surface est fonction de la longueur et de la largeur de la foliole considérée. Il a suffi par conséquent de mesurer la longueur et la largeur de chaque foliole centrale et, pour une évaluation représentative de la surface totale, d'en faire la somme.

Puisque chez une variété à rames le nombre d'entre-noeuds, et par suite de feuilles, est, le plus souvent, plus élevé que chez une variété naine, on peut penser que la surface foliaire totale d'une plante volubile est plus grande sauf si, toutefois, chaque feuille est plus petite que celle d'une plante érigée. Cela nous a amené à déterminer les longueurs et largeurs moyennes d'une foliole centrale.

Les plantes volubiles et érigées comparées sont issues d'une même population de Mangetout Princesse cultivée à la serre, à 3 dates de semis différentes, et concernent seulement les plantes à nombre d'entre-noeuds identique (4 entre-noeuds par exemple) c'est-à-dire possédant le même nombre de feuilles.

Tableau XXI. Dimensions de la foliole centrale chez les plantes érigées ou volubiles d'une population mixte de Mangetout Princesse à la serre.

Date de semis	Port	Longueur totale des folioles/plante (cm)	Largeur totale des folioles/plante (cm)	Longueur moyenne d'une foliole (cm)	Largeur moyenne d'une foliole (cm)	Longueur de la plante (cm)	Nombre d'individus.
29.09.78	érigé	21.8	14.9	7.3	5.0	22.7	3
	volubile	25.8	19.6	8.6	6.5	38.6	8
08.11.78	érigé	21.7	15.1	7.2	5.0	40.1	3
	volubile	23.5	17.1	7.8	5.7	43.0	5
19.12.78	érigé	17.3	11.8	5.8	3.9	33.7	5
	volubile	20.9	14.2	7.0	4.7	42.9	12

Pour chaque date de semis, les surfaces foliaires évaluées par les longueurs et les largeurs sont, chez les plantes volubiles, supérieures. Il en est de même des dimensions de la foliole centrale. Et si l'on se reporte aux différentes longueurs correspondantes des tiges, les plantes volubiles présentent à la fois une longueur de tige et une surface foliaire totale ou de chaque feuille plus grandes que celles des plantes érigées.

Les trois dates de semis ont été choisies en période hivernale parmi celles des différents semis échelonnés tout au long de l'année pour l'obtention des deux types de port dans la même population. Des mesures identiques tout au long de l'année sont reportées sur des graphiques (fig.23e, p.51) et s'ordonnent suivant une courbe périodique dont le maximum est en été et le minimum en hiver. Il s'ensuit, la courbe des plantes érigées étant toujours située au-dessous de celle des plantes volubiles, que l'apparition du volubilisme va de pair avec un seuil de surface foliaire.

III. LONGUEUR DE LA TIGE, NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS ET PORT DE LA PLANTE.

Comme il est à prévoir, la longueur de la tige s'élève avec le nombre d'entre-noeuds. Cette relation ne caractérise pas un port donné comme le montre le tableau suivant :

Tableau XXII. Longueur (cm) comparée de la tige chez les plantes érigées ou volubiles, en fonction du nombre d'entre-noeuds.

Variété	Milieu	Date de semis	Port	Nombre d'entre-noeuds de la plante adulte						
				3	4	5	6	7	8	9
Coco nain	Serre	17 janv. 23 Sept.	érigé	32.1	39.6	-	-	-	-	-
			volubile	47.6	52.6	-	-	-	-	-
Mangetout Princesse	Serre	19 Déc.	érigé	-	33.7	43.1	-	-	-	-
			volubile	-	42.9	54.0	62.6	90.6	-	-
Coco à rames	(32°/12°)/12° (32°/12°)/ 13,5°		érigé	16.4	24.6	36.4	-	-	-	-
			volubile	-	-	-	42.3	49.5	62.8	76.7

Que la plante soit érigée ou volubile, qu'elle soit de variétés naines ou à rames, la longueur de la tige augmente avec le nombre d'entre-noeuds.

IV. LONGUEUR DE LA TIGE, CONDITIONS DU MILIEU ET PORT.

La longueur de la plante varie avec la date de semis en champ et à la serre et avec la température en chambres conditionnées [tabl.19 (p.161), 22 à 25 (p.164 à 167), 30 à 35 (p.171 à 176) et fig.23d (p.50)]. Quelques exemples sur Mangetout Princesse et Coco à rames illustrent cette variation comme le montre le tableau suivant :

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

Variété	Milieu		Port						
Mangetout Princesse	Champ	Date de semis	érigé	1er juin	1er juil.	31 juil.	14 août		
		Longueur moyenne		22.7	32.0	34.0	12.4		
		Longueur maximale		28.3	39.7	43.4	16.6		
			Longueur minimale		14.3	24.5	28.7	9.6	
	Serre	Date de semis	-	23.12.77	01.03.78				
		Longueur moyenne	érigé	26.1	41.5	-	-		
		Longueur moyenne	volubile	46.4	58.9	-	-		
		Date de semis	-	14.03.79	29.09.78	25.07.79	23.12.77		
		Longueur moyenne extrême	érigé	43.0	21.3	-	-		
		Longueur moyenne extrême	volubile	-	-	146.0	46.4		
	Chambres conditionnées	Température (°C)	-	13,5°	20°	23°	25°	27°	
		Longueur moyenne	érigé	18.2	47.5	-	-	-	
Longueur moyenne		volubile	36.9	84.2	87.6	101.9	114.5		
Coco à rames	Chambres conditionnées	Température (°C)	-	13,5°	32° - 33°				
		Longueur moyenne	érigé	27.6	73.6				
		Longueur moyenne	volubile	35.1	141.9				

En champ, quelle que soit la longueur de la plante dont les valeurs extrêmes sont 9,6 cm et 43,4 cm, le port de Mangetout Princesse est constamment érigé. Les moyennes des longueurs, reportées sur un graphique, s'ordonnent, en fonction de la date du semis, suivant une courbe en cloche dont le maximum correspond au semis d'été (31 juillet-fig.4, p.30).

En serre, chez cette même variété, même pour un même nombre d'entre-nœuds d'un même semis, la longueur de la plante volubile est, le plus souvent, supérieure à celle de la plante érigée (tabl.22, p.164). Selon la date de semis, la courbe de longueur de la plante suit, pour plusieurs années, une courbe périodique (fig.23d, p.50) dont le maximum correspond aux semis de l'été et le minimum à ceux de l'hiver. Cependant, les valeurs moyennes extrêmes de longueur relatives à tous les semis effectués à la serre montrent que la valeur moyenne maximale (43,0 cm) de la plante érigée est très proche de la minimale (46,4 cm) de la plante volubile.

Dans les chambres conditionnées, en général, la longueur de la plante s'élève avec la température quel que soit le port. Ainsi, pour Mangetout Princesse à 13,5°C et 20°C, la plante érigée mesure respectivement 18,2 cm et 47,5 cm, et la plante volubile, 36,9 cm et 84,2 cm. De plus, comme à la serre, la plante volubile est plus longue que la plante érigée à la même température : à 20°C par exemple, la plante volubile mesure 84,2 cm et la plante érigée 47,5 cm. Si on compare des plantes cultivées à des températures différentes ou dans des conditions de milieu différents, la longueur d'une plante érigée peut être cependant proche de celle d'une plante volubile : chez Mangetout Princesse à 20°C, 47,5 cm pour la plante érigée et 46,4 cm pour la plante volubile à la serre, également à 20°C en hiver. Elle peut même lui être supérieure : chez Coco à rames, 73,6 cm à 32°-33°C pour la plante érigée et 35,1 cm à 13,5°C pour la plante volubile.

Ces deux dernières constatations indiquent que si, le plus souvent, le port de la plante est lié à la longueur de la tige, il ne l'est ni nécessairement ni toujours.

V. INTENSITE DES CARACTERES VOLUBILES.

Une tige volubile peut être plus ou moins volubile. Le volubilisme se traduit d'abord par un mouvement révolutif, ensuite, à proximité d'un tuteur, par un enroulement autour de ce tuteur. Ce dernier, ici un tube de verre, est choisi d'un diamètre à peu près constant (0,64 cm à 0,74 cm) pour ne pas entraîner des variations (BAILLAUD, 1957).

Malgré un tuteur de diamètre constant, on constate que l'enroulement varie. Trois paramètres constituent principalement les caractères de cet enroulement : le nombre de tours autour du tuteur, la hauteur de la portion de tige enroulée, et le pas de spire.

De plus, le début de l'apparition des caractères volubiles peut être situé plus ou moins haut sur la tige de telle sorte que la hauteur de la portion enroulée est plus ou moins grande. L'hypocotyle et le premier entre-noeud sont toujours érigés. Si l'enroulement commence au niveau du deuxième entre-noeud, ce qui est rare, il est précoce ; s'il commence au niveau du cinquième entre-noeud, il est tardif. Ainsi, à 30°/20° jour continu (conditions pour lesquelles toutes les variétés naines sont volubiles) le début d'enroulement correspond au troisième, quatrième et cinquième entre-noeud respectivement pour Mangetout Princesse, Coco nain et Coco à rames. Il existe donc toujours, avant la partie enroulée, une portion de tige érigée (= base érigée) de hauteur plus ou moins grande suivant que le début de l'enroulement est précoce ou tardif.

Le pas de spire est la hauteur d'un tour de tuteur. Pour une même variété dans des conditions de milieu données, et pour un même calibre de tuteur, il varie le long de ce tuteur. Par exemple, chez Coco à rames, les valeurs extrêmes sont 5,0 cm et 8,5 cm pour 25 tours d'enroulement.

Un rapport caractéristique est le pas de spire moyen c'est-à-dire le quotient moyen de la hauteur enroulée par le nombre de tours de tuteur ou encore la hauteur moyenne de chaque tour d'enroulement ou encore pas de spire.

Ainsi l'étude de l'intensité des caractères volubiles est envisagée sous les aspects suivants :

- variations des 2 paramètres principaux (hauteur enroulée et nombre de tours de tuteur).
- variations du pas de spire moyen.
- rapport entre la longueur de la tige et l'intensité de ces caractères volubiles.

A. VARIATIONS DES 2 PRINCIPAUX PARAMETRES DES CARACTERES VOLUBILES (hauteur enroulée et nombre de tours autour du tuteur).

La hauteur enroulée est, le plus souvent liée au nombre de tours autour du tuteur : plus ce dernier est élevé, plus la première est grande ; mais des exceptions existent comme pour Mangetout Princesse à 27° (8 tours et 97 cm de hauteur enroulée) et à 30° (9,1 tours et 86,1 cm de hauteur enroulée).

Tableau XXIV. Nombre de tours de tuteur et hauteur enroulée en fonction de la variété, de la température et du nombre d'entre-noeuds de la plante en fin de croissance.

Facteur constant	Variable	Nombre moyen de tours de tuteur.	Hauteur moyenne enroulée (cm)	Nombre d'individus.
30°C	Variété { Ocelo Arian Mangetout Princesse	2.5	36.5	6
		3.8	50.1	3
		9.1	86.1	12
Mangetout Princesse	Température { 23°C 27°C 30°C	4.7	53.9	13
		8.0	97.0	13
		9.1	86.1	12
Mangetout Princesse à 25°C	Nombre d'entre-noeuds de la plante adulte { 4 5 6	4.9	49.5	2
		6.5	80.1	7
		9.3	102.0	3

De ces quelques exemples, il ressort que l'intensité des caractères volubiles varie selon :

- la variété. Parmi les trois variétés Arian, Ocelo et Mangetout Princesse cultivées dans les mêmes conditions (30°C), Ocelo s'enroule le moins (2,5 tours et 36,5 cm de hauteur enroulée) et Mangetout Princesse le plus (9,1 tours et 86,1 cm de hauteur enroulée).

- les conditions du milieu. Pour une même variété, Mangetout Princesse, cultivée à 3 températures différentes (23°C - 27°C et 30°C), le nombre de tours s'élève avec la température tandis que la hauteur enroulée s'élève de 23°C à 27°C et s'abaisse à 30°C.

- le nombre d'entre-noeuds dans une même population. Pour un même semis, Mangetout Princesse par exemple à 25°C, et pour des plantes à 4, 5 ou 6 entre-noeuds, la hauteur enroulée est d'autant plus grande que le nombre d'entre-noeuds est plus élevé (4,9 tours et 49,5 cm pour 4 entre-noeuds ; 9,3 tours et 102 cm pour 6 entre-noeuds).

B. VARIATIONS DE LA HAUTEUR MOYENNE DU PAS DE SPIRE.

La hauteur moyenne de chaque tour d'enroulement ou pas de spire résulte à la fois de la hauteur de tige enroulée autour du tuteur et du nombre de tours. Les 2 paramètres pouvant chacun présenter une intensité forte ou faible, leurs combinaisons 2 à 2 aboutissent à 6 éventualités (combinaisons $2^2 - 2$) :

Tableau XXV. Six éventualités pour le pas de spire à partir de la combinaison 2 à 2 de la hauteur de tige enroulée et du nombre de tours de tuteur.

Hauteur de tige enroulée	Nombre de tours de tuteur	Hauteur du pas de spire	Numéro
GRANDE	Grand	grande	1
		petite	2
	Petit	grande	3
		petite	impossible
PETITE	Grand	grande	impossible
		petite	4
	Petit	grande	5
		petite	6

En fait :

1. **A la serre**, l'examen de 20 semis échelonnés, chez Mangetout Princesse, montre que seules se rencontrent 2 possibilités (n°1 et n°6): la hauteur enroulée, le nombre de tours et le pas de spire sont tous les 3 à la fois grands ou petits.

Tableau XXVI. Variation simultanée de la hauteur enroulée, du nombre de tours de tuteur et du pas de spire chez Mangetout Princesse à la serre.

Date de semis	Hauteur enroulée (cm)	Nombre de tours de tuteur	Hauteur du pas de spire (cm)	Nombre d'individus
29 janvier 1979	20.2	3.0	6.7	29
25 juillet 1979	104.0	8.5	12.2	33

Comme on le voit, le pas de spire, à l'instar de la hauteur enroulée et du nombre de tours, varie avec les conditions du milieu. En hiver, les 3 paramètres sont faibles ; en été, ils sont plus forts. Ces faits, constatés chez Mangetout Princesse, s'observent également chez Coco à rames à la serre (tabl.25, p.167).

Si on ordonne les valeurs du pas de spire des plus faibles aux plus fortes, également à la serre et pour Mangetout Princesse par exemple, on constate que les premières (6,7 à 9,0 cm) sont obtenues en hiver et les dernières (12,9 à 13,1 cm) au printemps, du moins pour les années de nos expériences. Ces valeurs extrêmes constituent chacune, pour leur part, un seuil ; il y aurait donc 2 seuils, l'un de 7 à 8 cm au-dessous duquel la plante est érigée ou accomplit moins d'un tour de tuteur ; l'autre de l'ordre de 13 cm qui correspond à un enroulement lâche et au-dessus duquel la plante est érigée ou accomplit moins d'un tour de tuteur.

Tableau XXVII. Influence de la date de semis à la serre sur le pas de spire chez Mangetout Princesse.

Date de semis	Hauteur du pas de spire (cm)	Nombre d'individus	Date de semis	Hauteur du pas de spire (cm)	Nombre d'individus
Décembre(05.12.79)	8.2	29	Juillet(11.07.78)	11.4	28
Novembre(08.11.78)	8.4	29	Juillet(25.07.79)	12.2	33
Octobre (17.10.79)	9.2	30	Mars (06.03.80)	12.9	33
Septembre(06.09.79)	10.7	32	Mai (14.05.79)	13.1	33

De plus, parmi les semis échelonnés, on choisit ceux pour lesquels les valeurs du pas de spire sont les plus faibles et correspondent donc au seuil inférieur de ce pas. Il devient alors intéressant de comparer ces dernières avec les longueurs moyennes des entre-noeuds de la tige.

Tableau XXVIII. Comparaison de la hauteur moyenne minimale du pas de spire et de la longueur moyenne correspondante des entre-noeuds de la tige chez Mangetout Princesse à la serre.

Date de semis	Hauteur du pas de spire (cm)	Longueur moyenne des entre-noeuds (cm)	Nombre d'individus
29.01.79	6.7	9.4	29
19.12.78	8.1	8.9	27
08.11.78	8.4	9.4	29

On constate alors que :

- . les valeurs des 2 paramètres sont proches les unes des autres;
- . les valeurs des longueurs moyennes des entre-noeuds correspondent au seuil de ces mêmes longueurs, seuil au-delà duquel la plante est volubile;
- . les valeurs minimales de la hauteur moyenne du pas de spire sont inférieures à celles de la longueur moyenne des entre-noeuds, donc à leur seuil qui, comme il a été défini précédemment, est de 9,0 cm. Il s'ensuit que la hauteur du pas de spire admet, elle aussi, un seuil qui est de l'ordre de 7 à 8 cm.

2. Dans les chambres conditionnées.

2.1. Variations de la hauteur du pas de spire chez Coco à rames (tabl.35, p.176).

Les observations faites sur Coco à rames rappellent celles sur Mangetout Princesse à la serre. Ainsi la longueur du pas de spire est faible en températures fraîches et élevée en températures chaudes.

Tableau XXIX. Variation du pas de spire chez Coco à rames à différentes températures.

Température	Nombre d'entre-noeuds	Hauteur (cm) du pas de spire	Nombre d'individus	Température	Hauteur (cm) du pas de spire	Nombre d'individus
13,5°	5	5.6	3	20° $\xrightarrow{3\text{ jrs}}$ 30°	13.7	10
	4	6.3	3	20° $\xrightarrow{3\text{ jrs}}$ 32°	22.0	3
				32°C	24.0	1

De même, pour une même tige, la hauteur minimale du pas de spire, proche de la valeur de la longueur moyenne des entre-noeuds, lui est cependant inférieure.

Tableau XXX. Comparaison de la hauteur moyenne minimale du pas de spire et de la longueur moyenne correspondante des entre-noeuds de la tige chez Coco à rames à 32°/12° (16h/8h) $\xrightarrow{19\text{ jrs}}$ 13,5° (16h/8h).

Température	Nombre d'entre - noeuds	Hauteur (cm) du pas de spire	Longueur moyenne des entre-noeuds	Nombre d'individus
32°/12° $\xrightarrow{19\text{ jrs}}$ 13,5°	9	4.4	7.7	2
	8	4.8	7.0	4
	7	5.0	6.2	2
	6	4.8	6.0	1

Comme les longueurs moyennes des entre-noeuds correspondent à la valeur du seuil (défini précédemment) égale à 6 cm chez Coco à rames, les valeurs correspondantes de la longueur minimale du pas de spire définissent un seuil de hauteur du pas de spire égal à 4-5 cm chez cette même variété.

2.2. Variations du pas de spire chez les variétés naines (tabl.30 à 34, p. 171 à 175).

Les 6 possibilités de combinaisons de la hauteur de tige enroulée autour du tuteur et du nombre de tours, dont 2 seulement sont observées à la serre, se rencontrent dans les chambres conditionnées où les conditions du milieu, particulièrement de la température, peuvent être très variées.

Non seulement, comme chez Mangetout Princesse à la serre, les 3 paramètres (hauteur enroulée, nombre de tours et pas de spire) sont d'intensité analogue (forte ou faible), mais on peut aussi rencontrer par exemple, à 20°C pour Mangetout Princesse, une hauteur enroulée petite (24,4 cm), un nombre de tours petit (1,7) et un pas de spire grand (14,4 cm) correspondant au cas n°5 du tableau des 6 possibilités. Pour la même variété, mais à 30°C, à une hauteur enroulée grande (85,0 cm) et à un nombre de tours grand (8,7) correspond une hauteur de pas de spire petite (9,8 cm) : c'est le cas n°2 du tableau des 6 possibilités. D'autres exemples pourraient être cités ; nous nous bornerons à ceux-là.

Tableau XXXI. Hauteur enroulée faible, nombre de tours faible et pas de spire grand à 20°, ou hauteur enroulée grande, nombre de tours élevé et pas de spire petit à 30° chez Mangetout Princesse.

Température	hauteur enroulée (cm)	Nombre de tours de tuteur	Hauteur du pas de spire (cm)	Nombre d'individus
20°C	24.4	1.7	14.4	9
30°C	85.0	8.7	9.8	9

A la suite de ces exemples réalisés à des températures constantes de 20°C ou 30°C en lumière continue, il ressort nettement que, selon la température, la hauteur du pas de spire est différente. A d'autres températures constantes (25°, 27°, 32°C), en lumière continue, le pas de spire n'est pas le même : de 20°C à 23°C, sa valeur diminue puis, au-delà de 23°C, elle augmente (fig.84e, p.109).

Lorsque deux températures constantes et successives (couples de températures) sont utilisées pour les cultures, les hauteurs du pas de spire atteignent des valeurs plus fortes que pour la première température de ces couples : si cette dernière est une température fraîche (20°C) pour laquelle, lorsqu'elle est continue, le pas de spire est élevé (12,8 cm), celui-ci est encore plus élevé (16,6 cm) pour 20°/30° ; si au contraire la température initiale est élevée (30°C), le pas de spire est plus petit (8,7cm) que lorsque cette température reste constante (9,8 cm).

Ces valeurs plus fortes constituent alors les valeurs extrêmes du pas de spire pour la gamme des températures concernées, valeurs soit maximales pour 20°/30°, soit minimales pour 30°/20° (tabl.33, page 174), soit :

Température (°C) (ou couple de températures)	20°/30°	20°	30°	30°/20°
Hauteur du pas de spire (cm)	16,6	12,8	9,8	8,7

Des résultats analogues sont relevés sur d'autres variétés naines telles que Coco nain, Myrto, Nabel, Ocelo et Arian (tabl.34, page 175). Ainsi pour Ocelo, on peut noter (tabl.31, page 172) :

Température (°C) (ou couple de températures)	20°/30°	20°	30°	30°/20°
Hauteur du pas de spire (cm)	69,0	16,0	14,3	12,5

Si à 20°C et surtout à 20°/30° le pas de spire est grand et présente une valeur maximale extrême, c'est que, à ces températures, peu de plantes sont volubiles et celles qui le sont le sont faiblement (enroulement lâche). A 30°C et surtout à 30°/20°, au contraire, il y a davantage de plantes volubiles, 100 % même à 30°/20°, et l'enroulement est serré avec une hauteur de spire faible.

Ce n'est pas à la lumière continue utilisée pour ces essais qu'il faut attribuer ces effets puisque des résultats semblables sont obtenus pour Mangetout Princesse en alternance jour/nuit avec des températures de 20°C (ou 32°C) le jour (12 h) et de 12°C la nuit (12 h) utilisées soit seules (20°/12° ou 32°/12°) soit successivement (20°/12° pendant 22 jours puis 32°/12° ou 32°/12° pendant 13 jours puis 20°/12°).

Couple de températures(°C)	20°/12°(22jrs)/(32°/12°)	20°/12°	32°/12°	32°/12°(13jrs)/(20°/12°)
Hauteur du pas de spire(cm)	38,0	14,9	10,3	7,5

C. RAPPORT ENTRE LA LONGUEUR DE LA TIGE ET L'INTENSITE DES CARACTERES VOLUBILES

Puisque l'obtention de plantes volubiles chez des variétés naines et leur longueur de tiges dépendent à la fois de la variété considérée et des conditions du milieu, le rapport entre cette longueur de tige et l'intensité des caractères volubiles est lui-même fonction de ces deux facteurs. Il varie donc avec la variété et les conditions du milieu :

1. La variété.

Pour un milieu donné, la longueur de la tige en fin de croissance n'est pas la même pour les différentes variétés. Ainsi à 30°C, les longueurs de tiges, classées suivant leur valeur, sont associées aux deux paramètres principaux des caractères volubiles.

Tableau XXXII.1. Comparaison de la hauteur de la tige avec la hauteur enroulée et le nombre de tours de tuteur chez plusieurs variétés naines à 30°C.

Variété	Hauteur de tige (cm)	Nombre de tours autour du tuteur	Hauteur enroulée (cm)	Nombre d'individus
Coco nain	55,0	0,5	19,0	9
Mangetout Constant	66,4	0,6	19,6	12
Nabel	90,0	2,1	31,8	6
Arian	91,3	3,8	50,1	6
Corel	97,5	1,6	26,6	12
Ocelo	94,6	2,5	36,5	6
Myrto	104,9	3,9	42,5	6
Mangetout Princesse	126,5	9,1	86,1	12

D'une variété à l'autre, l'intensité des caractères volubiles n'est pas liée à la hauteur de la plante en fin de croissance. En effet il est vrai que la hauteur totale de la tige est la plus élevée pour Mangetout Princesse (126,5 cm) et la plus basse pour Coco nain (55,0 cm), que, simultanément, le nombre de tours autour du tuteur et la hauteur enroulée sont les plus élevés (9,1 tours et 86,1 cm) pour Mangetout Princesse et les plus bas (0,5 tour et 19 cm) pour Coco nain. Cependant la tige d'Ocelo (94,6 cm) est à peine plus longue que celle d'Arian (91,3 cm) et pourtant le nombre de tours et la hauteur enroulée sont plus élevés chez Arian (3,8 tours et 50,1 cm) que chez Ocelo (2,5 tours et 36,5 cm), comme le montre le test F du tableau suivant :

Tableau XXXII.2. Comparaison par le test F des variétés Ocelo et Arian à 30°C, jour continu, 21 W.m².

PARAMETRE	SOURCE de VARIATION	Somme des carrés	D.L.	Carré moyen	F (calculé)	F à	
						5%	1%
Hauteur totale (cm)	Blocs	397,47	5	79,49	1,13 <1	5,05	
	Variétés	10,46	1	10,46			
	Erreur	351,11	5	70,22			
Hauteur enroulée (cm)	Blocs	318,94	5	63,79	1,37 13,10*	5,05 6,61	10,97 16,26
	Variétés	609,19	1	609,19			
	Erreur	232,43	5	46,49			
Nombre de tours de tuteur (après transformation racine carrée : préconisée par Lison).	Blocs	0,10	5	0,02	1 16,0*	5,05 6,61	10,97 16,26
	Variétés	0,32	1	0,32			
	Erreur	0,09	5	0,02			

2. Les conditions du milieu et principalement la température.

Ces conditions du milieu sont regroupées en températures constantes et couples de températures constantes et successives.

2.1. Températures constantes.

Pour une variété donnée, Mangetout Princesse par exemple, cultivée à des températures constantes, de 20°C à 32°C en jour continu, la hauteur de la tige et les caractères volubiles correspondants évoluent parallèlement.

Tableau XXXIII. Variation de la hauteur de la tige, de la hauteur enroulée et du nombre de tours de tuteur en fonction de la température (20°C à 32°C) chez Mangetout Princesse.

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

De 20°C à 27°C, à la fois la hauteur de la plante, la hauteur enroulée et le nombre de tours augmentent ; entre 27°C et 30°C, leurs valeurs respectives sont peu différentes ; et au-delà de 30°C, ces valeurs diminuent. Et les plantes sont de plus en plus volubiles de 20°C à 27°C et de moins en moins au-delà de 30°C. Entre 30°C et 32°C, la chute rapide du nombre de tours ($8,7 - 2,9 = 5,8$ pour 2°C), soit 2,9 tours/degré (°C), et la hauteur enroulée ($85,0 - 31,4 = 53,6$ cm pour 2°C), soit 26,8 cm/degré (°C), indique que la plante sera érigée entre 32°-33° [$2,9 - 2,9 = 0$ tour ; $31,4 - 26,8 = 4,6$ cm ; soit 0 tour et 4,6 cm de hauteur enroulée, inférieure au seuil du pas de spire (7-8 cm), à 33°C].

Cela met en évidence l'existence de port érigé long à 32°-33°C où la hauteur de la plante doit varier entre 59,4 cm et 81,4 cm [chute de longueur de 22 cm/degré (°C)].

2.2. Couples de températures constantes et successives.

Comme presque toutes les variétés naines étudiées sont volubiles (11 variétés sur 12) à 30°/20° et qu'un certain nombre le sont aussi à 30°C, la comparaison du rapport entre la longueur totale de la tige et les caractères volubiles est possible dans ces conditions de température. Il convient de rappeler qu'elle ne l'est pas à 20°C et 20°/30° où la plupart de ces variétés sont érigées.

Les résultats sur une de ces variétés, Ocelo par exemple, sont consignés dans le tableau ci-dessous :

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

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

Les plantes cultivées à 30°C sont plus longues que celles cultivées à 30°/20° : 92,6 cm pour les premières et 84,9 cm pour les dernières chez les plantes ayant 5 entre-noeuds ; 115,5 cm pour les premières et 105,0 cm pour les dernières chez les plantes à 6 entre-noeuds. 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 46,7 cm pour les plus petites lorsque les plantes ont 5 entre-noeuds, de 44,5 cm pour les plus grandes et de 56,9 cm pour les petites lorsque les plantes ont 6 entre-noeuds ; un nombre de tours de tuteur de 1,7 pour les plus grandes et de 3,6 pour les plus petites chez les plantes à 5 entre-noeuds, de 3,8 pour les plus grandes et 4,5 pour les plus petites chez les plantes à 6 entre-noeuds. Il apparaît clairement que l'enroulement n'est pas nécessairement lié à la longueur de la plante et que, par conséquent, il y a lieu de dissocier longueur et volubilisme.

Des résultats analogues s'observent sur les autres variétés naines (tabl.41, page 181). Chez Mangetout Princesse, au contraire, pourtant la variété naine la plus volubile, l'intensité des caractères volubiles est moindre à 30°/20° qu'à 30°C (tabl.33, page 174). Ceci paraît un peu étonnant d'autant plus que, tableau 40 (page 180), à 32°/12° (12h/12h)/20°/12° (12h/12h), l'enroulement (4,2 tours et 33 cm de hauteur enroulée) est meilleur qu'à 32°/12° (12h/12h) (1 tour et 18,4 cm de hauteur enroulée).

Ainsi un rapport entre la longueur et l'intensité des caractères volubiles se manifeste pour des températures constantes : de 20°C à 27°C, plus la température est élevée, plus la tige est grande et plus les caractères volubiles sont intenses. Par contre, lorsque les plantes sont cultivées à 30°/20°, il y a presque partout dissociation entre la longueur totale de la tige et l'enroulement : à une longueur de tige plus faible qu'à 30°C correspond un enroulement plus fort qu'à cette même température. Il est possible qu'il s'agisse de l'effet principal d'une température constante (20°C, 27°C ou 30°C) au cours de la vie de la plante et de l'effet secondaire (ou d'interaction) de cette même température lorsqu'elle précède (30°/20°) une autre température.

VI. RESUME

Le diamètre des différents entre-noeuds le long de la tige, décroissant de l'hypocotyle vers le sommet de la plante dans les deux types de port, est plus élevé, dès l'étalement des feuilles opposées, chez la plante érigée que chez la plante volubile.

La surface foliaire, évaluée à la serre, est plus faible chez la plante érigée que chez la plante volubile aussi bien dans une population mixte où les deux ports coexistent que dans une population tout entière soit érigée (obtenue en hiver) soit volubile (obtenue en été). Un seuil de surface foliaire devrait, semble-t-il, être atteint pour que l'enroulement puisse avoir lieu.

Deux seuils de pas de spire ont été établis : l'un inférieur, l'autre supérieur à la longueur de l'entre-noeud "moyen". Le premier est plus faible chez Coco à rames (4-5 cm) que chez les variétés naines (7-8 cm).

A température constante et jusqu'à 27°C, la longueur de la tige, la hauteur enroulée et le nombre de tours de tuteur s'élèvent simultanément. Une plante cultivée entre 30°C et 32°C (comparée à une autre de même longueur, obtenue à une température constante inférieure à 27°C) présente une hauteur enroulée et un nombre de tours de tuteur plus faibles que ne laisse prévoir sa longueur. On observe le même phénomène à 30°C (par comparaison à 30°/20°).

CONCLUSION

DE LA DEUXIEME PARTIE

Lors de l'étude de la morphologie de la plante adulte, nos observations ont porté sur le nombre d'entre-nœuds, la longueur des entre-nœuds et les caractères morphologiques (notamment le diamètre de la tige, la surface foliaire, la longueur de la plante et les caractères volubiles: hauteur enroulée, nombre de tours de tuteur et pas de spire).

1. Nombre d'entre-nœuds.

Le nombre d'entre-nœuds de la plante varie suivant les conditions du milieu. Il s'élève avec la température : 4 à 20°C et 7 à 30°C chez les variétés naines, 4 à 13,5°C et 17 à 32°C chez Coco à rames. Il est déterminé très tôt, au moins chez les variétés naines, par la température qui règne avant la levée germinative. Cette détermination du nombre des entre-nœuds correspond à la formation et à la mise en place de toutes les ébauches foliaires. La différence fondamentale entre les variétés naines et les variétés à rames se trouve dans le fonctionnement du méristème qui conduit à 6 feuilles trifoliolées (= 7 entre-nœuds) au maximum chez les variétés naines et à plus de 6 feuilles trifoliolées chez les variétés à rames.

Il existe une relation entre la température, le nombre de feuilles et le port de la plante. Cette relation dépend de la variété. Coco à rames est, avec 3-4 feuilles, érigé à 12°C ; avec un nombre de feuilles supérieur, volubile entre 13,5°C et 30°C ; avec 14 feuilles environ, érigé long à 32°-33°C. Mangetout Princesse est érigé entre 10° et 20°C, volubile entre 20° et 30°C et érigé long au-delà de 32°C avec 1 à 3 feuilles trifoliolées entre 10° et 20°C, 3 à 6 feuilles entre 20° et 30°C et 5 à 6 feuilles au-delà de 32°C.

2. Longueur de l'entre-noeud.

La courbe de la longueur de l'entre-noeud le long de la tige est une courbe en cloche, entière ou partielle. On peut définir un entre-noeud "moyen" comme le premier entre-noeud (à partir du sol) à avoir une longueur au moins égale à la longueur moyenne de tous les entre-noeuds. La longueur de cet entre-noeud "moyen" admet un seuil qui est de 6,0 cm pour Coco à rames et de 9,0 cm pour toutes les variétés naines étudiées.

Au-dessous de ce seuil, la plante est érigée; au-dessus, elle est volubile. La période de pleine croissance de l'entre-noeud "moyen" correspond, lorsque sa longueur est supérieure au seuil, à l'apparition du mouvement révolutif suivi d'enroulement et, lorsque sa longueur est inférieure au seuil, à l'établissement du port érigé.

3. Autres caractères morphologiques.

Diamètre des entre-noeuds. Pour une même plante, le diamètre de l'entre-noeud décroît le long de la tige de la base vers le sommet de la tige. Pour deux entre-noeuds homologues d'une plante érigée et d'une plante volubile dans une population mixte, il est plus élevé chez la plante érigée que chez la plante volubile. Il en est de même lorsqu'on compare deux populations, l'une tout entière érigée, l'autre tout entière volubile. Cette différence est précoce car elle est présente, même chez l'hypocotyle, dès l'étalement des 2 premières feuilles opposées.

Surface foliaire. La surface foliaire à la serre est plus faible chez la plante érigée que chez la plante volubile dans une population où les deux ports coexistent. Elle évolue, en semis échelonnés, tout au long de l'année, suivant une courbe périodique dont le maximum se situe en été et le minimum en hiver. La courbe homologue des plantes érigées qui n'existent qu'en hiver est discontinue et située au-dessous des minimums de la courbe des plantes volubiles. Il semble alors que le port volubile ne se manifeste qu'au-dessus d'un seuil de surface foliaire.

Pas de spire. Le pas de spire varie avec les conditions du milieu (date de semis à la serre, température en chambres conditionnées, ...). Il admet un seuil légèrement inférieur à celui de la longueur moyenne des entre-noeuds de la tige : 4-5 cm chez Coco à rames, 7-8 cm chez les variétés naines. Il est grand dans les conditions de culture où l'enroulement est le plus important : 11-12 cm dans les semis de juillet à la serre et 9,8 cm à 30°C. Il peut être encore plus grand lorsque la plante manifeste un enroulement lâche, prélude au port érigé ; d'où un second seuil de l'ordre de 13-14 cm, au-delà duquel la plante est érigée.

Longueur de la plante, hauteur enroulée et nombre de tours de tuteur. Pour une même variété, la hauteur de la partie enroulée et le nombre de tours de tuteur varient avec les conditions du milieu, en particulier avec la température. Chez Mangetout Princesse par exemple, ces 2 paramètres admettent un optimum à 27°C. La longueur de la plante, dans une population où les 2 ports coexistent, est plus petite chez la plante érigée que chez la plante volubile. Il n'y a cependant pas une relation nécessaire de cause à effet entre la longueur et les caractères volubiles : chez la même variété à 2 températures différentes, la hauteur enroulée et le nombre de tours les plus élevés peuvent s'observer sur la plante caractérisée par la hauteur la plus petite. Les conditions du milieu agissent donc à la fois sur la longueur de la plante et les caractères volubiles mais pas nécessairement de façon parallèle. Il se pourrait que la succession de températures chaude et fraîche en particulier ait une action spécifique différente de celle d'une température constante, inférieure à 30°C.

TROISIEME PARTIE

MORPHOLOGIE DE LA PLANTE EN VOIE DE CROISSANCE

ET

FACTEURS DU MILIEU

Liste des formules
(avec leur numéro d'ordre d'utilisation)

Numéro	Formules
1	$x = A \cos (\theta)$
2	$y = A \sin (\theta)$
3	$z = b \cdot (\theta)$
4	$\theta = \omega t + \phi$
5	$y = ax + b$
6	$\omega = 2 \pi f = \frac{2 \pi}{T}$
7	$u = u' \cdot t + u_0$
8	$\lambda = 2 \pi b$
9	Erreur en % = $\sqrt{\frac{\sum Y \text{ expérimental} - Y \text{ théorique} ^2}{\text{nombre de points}}}$
10	$e = \sin (i)$
11	$v = \lambda f$
12	$s = \theta \sqrt{A^2 + b^2}$
13	$s = \theta \sqrt{A^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2}$
14	$V_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + V_0^2}$
15	$V_0 = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_0}}$
15'	$\tau_0 = \rho_0 \cdot (V_0)^2$
16	$\rho_0 = \frac{V_2}{V_1}$
17	$\tau_0 = \rho_0 [V_1^2 - (\omega A)^2]$
18	$\tau_0 = \rho_0 (V_1 + \omega A) (V_1 - \omega A)$
19	$\tau_0 = \frac{V_2}{V_1} (V_1 + \omega A) (V_1 - \omega A)$
20	$\tau_0 = V_1 \cdot V_2 - \frac{V_2}{V_1} (\omega A)^2$

Introduction

La morphologie de la plante adulte, analysée précédemment, décrit le port déjà établi. Celle de la plante en voie de croissance, montre l'édification progressive de ce port au cours du temps. L'étude de cette morphogenèse dans différentes conditions du milieu doit permettre d'aborder le déterminisme du port de la plante. Aussi, notre attention portera-t-elle, au cours de nos investigations, sur la croissance en longueur, la croissance pondérale et également le rythme plastochronique.

Le port volubile ayant été défini par sa structure statique (nombre de tours de tuteur et hauteur de la partie enroulée), c'est la mise en place progressive de cette structure figée qui nous préoccupe. Son étude dynamique est en effet compliquée : plusieurs révolutions latérales suivies d'un enroulement autour du tuteur (TEODORESCU, 1951 - BAILLAUD, 1962). L'architecture statique obtenue rappelle une hélice. La discussion de l'équation de cette figure géométrique nous révélera les conditions de son existence et, par suite, du port volubile ou du port érigé. Nous désignerons par "enroulement", l'établissement progressif au cours du temps de la structure statique de l'hélice.

Puisqu'une tige enroulée présente un aspect hélicoïdal, il faut se demander :

- Si la structure enroulée de la plante autour de son tuteur suit effectivement le tracé d'une hélice.

- Et, dans l'affirmative, si les caractéristiques fondamentales de ce tracé se retrouvent lors d'une telle structuration de la plante le long de son tuteur.

La réponse aux questions posées et les conditions d'existence d'une hélice permettent de décrire la morphogenèse non seulement des plantes volubiles mais aussi celle des plantes érigées et celle du passage progressif du port volubile au port érigé.

L'existence de ces différents ports chez le haricot justifie l'utilisation de ce matériel végétal.

Comme les paramètres relatifs aux plantes volubiles sont plus nombreux que ceux des plantes érigées, il n'est pas étonnant que leur étude soit plus étendue et plus développée. C'est pourquoi nous examinerons d'abord l'architecture hélicoïdale de la plante enroulée avant d'analyser la croissance longitudinale et pondérale des deux types de port. Quant au rythme plastochronique, il nous a été difficile de le séparer des autres phénomènes de croissance. Aussi sera-t-il étudié simultanément.

.

CHAPITRE I

ARCHITECTURE HELICOIDALE DE LA PLANTE ENROULEE

E T

RYTHME PLASTOCHRONIQUE

La structure de la plante enroulée présentant un aspect hélicoïdal, il nous paraît utile de comparer l'"enroulement" au cours du temps au tracé progressif d'une hélice et d'en tirer les conséquences.

I - COMPARAISON DE LA PARTIE ENROULEE DE LA PLANTE A UNE HELICE.

La comparaison des valeurs observées sur la plante en train de s'enrouler et des valeurs calculées à partir de l'équation d'une hélice permet d'apprécier la marge d'erreur faite en assimilant le tracé, suivi sur le tuteur par la forme figée de la plante enroulée, à celui d'une hélice.

Le terme "valeur observée ou mesurée" correspond directement aux données expérimentales ; le terme "valeur calculée", indirectement à ces mêmes données expérimentales. En effet, la "valeur calculée" correspond aux valeurs déduites de l'équation de l'hélice relative à la forme enroulée de la plante.

Nous allons exposer la méthode choisie pour comparer le tracé suivi par l'"enroulement" au tracé d'une hélice et citer quelques applications.

A. METHODE DE COMPARAISON

Cette méthode comprend le mode d'échantillonnage, la relation entre les données expérimentales et l'équation d'une hélice, puis un exemple.

1. Mode d'échantillonnage

Comme le début et la fin de l'"enroulement" diffèrent d'une plante à l'autre au point que, dans certains cas, au sein d'un même semis, certains individus ont fini de s'enrouler autour de leur tuteur respectif alors que d'autres n'ont même pas encore commencé à s'enrouler, l'étude de l'"enroulement" au cours du temps aura lieu sur un "individu moyen" c'est-à-dire sur une plante représentative du lot (= échantillon) considéré. Cet "individu moyen" est celui dont les valeurs relatives aux différents paramètres sont les plus proches possible de la valeur moyenne de chacun des paramètres du lot. Ainsi, l'"individu moyen" sera celui qui présente à la fois :

- . le nombre d'entre-noeuds (ou de feuilles trifoliolées) adultes le plus proche possible de la moyenne du nombre d'entre-noeuds du lot.

- . le nombre de tours de tuteur le plus proche possible de la moyenne du nombre de tours de tuteur du lot.

- . la hauteur de la partie enroulée la plus proche possible de la moyenne des hauteurs enroulées du lot.

...

L'individu moyen ainsi défini est aisé à choisir lorsque le nombre d'individus expérimentés est grand. Dans le cas d'un nombre faible d'individus, la valeur d'un paramètre de l'individu moyen peut répondre au critère précité sans qu'il en soit de même pour la valeur des autres paramètres.

Alors, dans le choix, intervient la présence du paramètre étudié. Ainsi dans une étude de longueur de la plante par exemple, on choisit la plante dont la longueur est la plus proche possible de la longueur moyenne du lot même s'il existe quelque écart entre la valeur des autres paramètres et celle de leur moyenne respective.

La valeur moyenne d'un paramètre d'un lot (= échantillon) et d'une population est une donnée théorique et virtuelle alors que celle de l'individu moyen, susceptible de représenter le lot, est une donnée concrète et réelle.

Exemple d'un choix de l'individu moyen. Dans un lot de 33 plantes de Mangetout Princesse cultivées à la serre, les caractéristiques de l'individu moyen comparées à celles du lot, à celles de l'individu le plus petit et à celles de l'individu le plus grand sont consignées dans le tableau XXXV suivant :

Tableau XXXV. Sélection d'un individu moyen à partir d'un lot.

Paramètres	Hauteur(cm) de la plante entière.		Hauteur (cm) enroulée.		Hauteur(cm) érigée, précédant le 1er tour.		Nombre de tours de tuteur.		Nombre de feuilles trifoliolées.		Rang de l'entre-noeud du 1er tour de tuteur.	
	m	s'	m	s'	m	s'	m	s'	m	s'	m	s'
Lot	87	10	57	11	23	3	6,2	0,9	4,8	0,5	3	-
Individu moyen	87	-	60	-	20	-	6,0	-	5,0	-	3	-
Individu le plus petit	66	-	35	-	27	-	5,0	-	4	-	3	-
Individu le plus grand	105	-	73	-	28	-	7,0	-	5	-	3	-

m = moyenne ou valeur individuelle.

s' = écart - type de la population ($s' = s\sqrt{\frac{n-1}{n}}$ où s = écart - type du lot, n = nombre d'individus du lot).

2. Relation entre les données expérimentales et l'équation d'une hélice.

Une structure hélicoïdale a pour équation :

$$x = A \cos (\theta) \quad (1)$$

$$y = A \sin (\theta) \quad (2)$$

$$z = b \theta \quad (3)$$

$$\text{avec } \theta = \omega t + \phi \quad (4)$$

et θ (en radians).

où x = abscisse y = ordonnée z = cote, hauteur t = temps

A = amplitude de la structure dans le plan horizontal (xoy)

θ = angle de rotation ω = vitesse angulaire de rotation

$\phi = \theta$ au temps initial t_0 b = constante

Décrire l'aspect statique de la plante enroulée au moyen d'une hélice revient à préciser les caractéristiques de cette hélice c'est-à-dire à déterminer l'angle de rotation (θ) au cours du temps (t), la constante (b) de la cote de hauteur (z) et l'amplitude (A). A ces caractéristiques de toute hélice, nous ajouterons une propre à la plante, le rythme plastochronique.

2.1. Détermination de l'angle de rotation (θ)

Dire que $z = b \theta$ (3), c'est dire que l'équation (3) se présente sous la forme $y = ax$ ou

$$y = ax + b \quad (5)$$

c'est-à-dire sous la forme d'une droite lorsqu'on porte z à l'ordonnée et θ en abscisse. Or l'une des façons les plus simples d'évaluer θ , c'est de noter le nombre de tours de tuteur au cours du temps, chaque tour de tuteur étant égal à 2π radians. En portant en abscisse le temps (t) et en ordonnée le nombre de tours de tuteur (x), on obtient une courbe du nombre de tours de tuteur (convertible en angle de rotation θ) en fonc-

tion du temps. On peut en déduire la fréquence (f) de l'"enroulement", qui est le nombre de tours élaborés par unité de temps. Or

$$\omega = 2\pi f \quad (6)$$

Donc, on peut connaître la vitesse de rotation angulaire (ω) à partir de la fréquence (f). En portant les valeurs de θ et de ω pour un temps donné dans l'équation

$$\theta = \omega t + \phi \quad (4)$$

on obtient ϕ .

Ainsi, à partir de la courbe du nombre de tours de tuteur en fonction du temps, on obtient successivement l'angle de rotation (θ), la fréquence (f), la vitesse de rotation (ω), et l'angle de rotation au temps initial (ϕ).

2.2. Détermination de la relation entre la hauteur (z) et l'angle de rotation (θ)

La courbe de la hauteur (z) en fonction du nombre de tours de tuteur (x) permet d'établir l'équation de z en fonction de x. En portant dans cette équation la valeur de (x) exprimée en angle de rotation (θ), on obtient l'équation

$$z = b\theta \quad (3)$$

d'où b.

2.3 Détermination de l'amplitude (A)

L'amplitude de l'"enroulement" est la distance de l'axe du tuteur à l'axe de la tige.

2.4. Détermination du rythme plastochronique apparent (u')

Il nous a paru important de compléter l'équation mécanique de l'hélice par une donnée biologique, le rythme plastochronique apparent par exemple. Il est établi en notant tous les 2 à 3 jours le nombre de

feuilles trifoliolées étalées. Le graphique de ce nombre de feuilles au cours du temps est en général une courbe S et le rythme plastochronique apparent correspond à la pente la plus élevée (u') de cette courbe. La tangente à la courbe, correspondant à cette pente, a pour équation :

$$u = u'.t + u_0 \quad (7)$$

Ainsi, les valeurs calculées de la hauteur reposent sur 2 courbes: celle du nombre de tours de tuteur (x) en fonction du temps (t) et celle de la hauteur de la plante (z) en fonction du nombre de tours de tuteur(x). Ce sont en général des courbes en S (fig. 24 (p. 52), 30 b,c,d (p. 57) 34a, b, c (p.61) par exemple) décomposables en 3 parties. La première, curvilinéaire, correspond, dans le cas d'une étude de croissance, à une vitesse faible s'élevant graduellement ; c'est le "démarrage". La seconde, linéaire, à une vitesse de croissance constante ; c'est le "plein régime". La troisième, curvilinéaire, à une vitesse de croissance qui décroît graduellement jusqu'à s'annuler ; c'est le "ralentissement". Le "démarrage" et le "ralentissement" qui durent en général peu de temps s'effectuent, si leurs valeurs sont reportées sur papier semilogarithmique, suivant une courbe linéaire (fig. 28) ; ils ont donc une allure exponentielle sur papier millimétré. Nous nous préoccupons surtout de la phase du "plein régime" qui, à elle seule, caractérise assez bien le phénomène étudié.

3. Exemple

L'exemple choisi est une plante très grande (2,50 m de haut) et dont le nombre de tours de tuteur est élevé (27 tours). Ainsi la précision est meilleure. Cette plante (n° 7) appartient au semis du 10.09.81 à la serre (fig. 24 à 27 p. 52-53). C'est une variété inconnue qui a poussé au milieu d'un lot de Coco à rames.

Le temps (t) est compté à partir de la date de semis.

3.1. Détermination de l'angle de rotation (θ) et de la hauteur (z).

3.1.1. Détermination de l'angle de rotation (θ) à partir de la courbe du nombre de tours de tuteur (x) en fonction du temps (t) (fig.24, page 52).

Le "démarrage" dure du 15^e au 20^e jour, le "plein régime" du 20^e au 41^e jour et le "ralentissement", du 41^e au 43^e jour.

Le "plein régime" auquel nous nous limitons est caractérisé par la droite d'équation $x = 1,05 t - 16,5$
 d'où $f = 1,05$ tour /jour, $T = 1/f = 0,95$ jour et $\omega = 2\pi f = 6,6$ radians/jour.
 $T =$ période.

3.1.2. Détermination de la hauteur (z) à partir de la courbe de la hauteur (z) en fonction du nombre de tours (x) de tuteur (fig.26, page 53).

Le "démarrage" dure du 15^e (1,25 tour de tuteur) au 22^e jour (7 tours de tuteur) ; le "plein régime", du 22^e jour au 39^e jour (24,5 tours de tuteur) et le "ralentissement" du 39^e jour au 43^e jour (27 tours de tuteur).

Le "plein régime" est caractérisé par la droite d'équation

$$z = 9,46 x + 9,3$$

3.1.3. Délimitation conjointe des intervalles de temps, sur les 2 courbes (fig.24 et 26, pages 52 et 53).



On constate que les 2 "pleins régimes" ne se superposent pas. Les schémas 50, 51 et 52 (pages 187 à 189) montrent qu'il existe toutes les positions relatives des 2 "pleins régimes". Cela peut être un problème

de potentialité. Aux potentialités les plus élevées, le début du "plein régime" de la fréquence précède celui du "plein régime" du pas de spire (schéma 52, page 189 à 25°, schéma 50, page 187, transfert serre - champ au stade de la première feuille trifoliolée) ; aux potentialités les plus faibles, c'est l'inverse (schéma 51, page 188, semis de septembre et de décembre) ; et aux potentialités moyennes, il y a coïncidence des débuts (et même superposition) des 2 "pleins régimes" (schéma 51, page 188, semis d'avril et de juin). Dans le cas de la plante étudiée, les potentialités peuvent être considérées comme élevées (longueur et nombre de tours élevés) d'où sans doute la position relative obtenue et la concomitance des 2 "pleins régimes" seulement entre le 22^e et le 39^e jour.

3.2. Détermination de la relation (3) entre la hauteur (z) et l'angle de rotation (θ) au plein régime ($z = b \theta$ dans l'intervalle de temps $22 \leq t \leq 39$).

3.2.1. Détermination proprement dite.

$$\begin{aligned} z &= 9,46x + 9,3 && \text{(équation de la droite de la fig.26 page 53)} \\ &= 9,46 (x + 0,98) \\ &= 9,46 [(1,05t - 16,5) + 0,98] && (x = 1,05t - 16,5 \text{ dans cet intervalle}) \\ &= 1,51 \times 2\pi [1,05t - 15,52] \\ &= 1,51 [(2\pi \times 1,05t) - (2\pi \times 15,52)] \\ &= 1,51 (\omega t - 97,46) && [f = 1,05 \text{ tour /jour et } \omega = 2\pi f(6)] \\ &= 1,51 (6,60t - 97,46) = 9,97t - 147,16 \end{aligned}$$

L'équation de la hauteur (z) est donc :

$$z = 1,5 (6,6t - 97,5) = 10,0t - 147,2 = 10t - 147$$

On constate que le pas de spire moyen (ou pas de l'hélice), égal à 9,46 cm, est aussi égal à b multiplié par 2π . Si par analogie à la longueur d'onde (λ) d'un mouvement périodique, on le désigne par λ , on peut écrire:

$$\lambda = 2\pi b \quad (8)$$

3.2.2. Comparaison des valeurs mesurée et calculée.

Voici les valeurs mesurée et calculée de la hauteur (z) :

Tableau XXXVI. Comparaison des hauteurs (z) mesurée et calculée au cours du temps.

t (jours après le semis)	22	25	27	29	32	34	36	39
z mesurée (cm)	75,5	101,0	116,8	136,5	169,5	193,5	212,7	240,5
z calculée (cm)	71,5	101,4	121,3	144,2	170,9	190,9	210,7	240,5
Ecart (cm)	4,0	0,4	4,5	7,7	1,4	2,6	2,0	0

La formule
$$\text{erreur en \%} = \sqrt{\frac{\sum |\gamma_{\text{expérimental}} - \gamma_{\text{théorique}}|^2}{\text{nombre de points}}} \quad (9)$$

nous permet de calculer l'erreur par rapport à la courbe théorique. Elle est de 3,7 %. En assimilant le tracé hélicoïdal de la tige enroulée autour de son tuteur à une hélice, nous faisons une erreur inférieure à 5 %.

3.3. Détermination de l'amplitude (A) de la structure hélicoïdale.

Le diamètre du tuteur est de 0,74 cm. Celui de la tige à la fin de l'enroulement est de 0,12 cm ; nous l'estimons à 0,10 cm pendant le "plein régime". $A = \frac{0,74}{2} + \frac{0,10}{2} = 0,37 + 0,05 = 0,42$ cm. L'amplitude de la structure hélicoïdale est de 0,42 cm.

3.4. Détermination du rythme plastochronique apparent (fig.27, p.53).

La figure 27 (page 53) montre que la courbe du nombre de feuilles trifoliolées au cours du temps est une droite de pente positive et d'équation :
$$u = 0,41t - 5,0 \quad \text{où}$$
 u = nombre de feuilles trifoliolées étalées et t = temps (nombre de jours après le semis) avec $20 \leq t \leq 41$. u', dérivée première de u, est la valeur du rythme plastochronique apparent. Il est ici de 0,41.

Le début du palier final de cette courbe, atteint le 41e jour, correspond à la fin de l'activité méristématique. Il convient de noter la coïncidence de celui-ci avec le début du palier des courbes du nombre de tours

de tuteur (fig.24, page 52) et de la hauteur (fig.25, page 52) en fonction du temps. C'est donc l'activité méristématique qui règle à la fois l'arrêt du nombre de feuilles, du nombre de tours de tuteur, de la hauteur de la plante et finalement de la structuration hélicoïdale de l' "enroulement".

Il faut ajouter que, sur cette courbe (fig. 27, page 53), le début de l' "enroulement", 15 jours après le semis, est suivi d'un abaissement notable du rythme plastochronique apparent, entre le 15^e et le 20^e jour après le semis. Cet abaissement entraîne la non apparition de nouvelle feuille pendant cette période de 5 jours alors que le rythme plastochronique apparent, le reste du temps, correspond à la production d'une feuille tous les 2 à 3 jours.

Ainsi le déclenchement et la fin de l' "enroulement" correspondent à des variations notables du rythme plastochronique apparent. De plus, comme nous le verrons plus loin, la fréquence de l' "enroulement" et, par suite, le port de la plante dépendent de l'activité méristématique: plus cette dernière est forte, plus la plante est volubile ; plus elle est faible, plus la plante est érigée.

3.5. Equation de la structure hélicoïdale.

L'équation de la structure hélicoïdale de l' "enroulement" de la plante volubile autour de son tuteur se présente alors ainsi :

$$x = 0,4 \cos (6,6t - 97,5) \quad (1)$$

$$y = 0,4 \sin (6,6t - 97,5) \quad (2)$$

$$z = 1,5(6,6t - 97,5) = 10,0t - 147,2 \quad (3)$$

$$u = 0,4t - 5,0 \quad (7)$$

où x = abscisse, y = ordonnée, z = cote, hauteur, u = plastochrone apparent, u' = rythme plastochronique apparent.

B. APPLICATIONS.

Appliquée dans divers cas, à la serre et en chambres conditionnées, cette méthode donne des résultats satisfaisants.

1. Comparaison des valeurs mesurée et calculée (tableau 43, p.183).

Chez Coco à rames par exemple, en semis échelonnés à la serre, le tableau 44 (page 184) présente les équations de z et le tableau 43 (page 183), les valeurs mesurée et calculée. Les écarts sont faibles comme le montre le tableau suivant :

Tableau XXXVII. Ecart calculé sur les données du tableau 43 (p.183).

Point n° semis du	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ecart en % courbe
16.01.81	+1,3	-0,1	0	0	-0,5	-0,9	-0,1	-	-	0,6
16.02.81	0	+0,7	0	+0,4	+0,4	+0,9	+1,0	+0,2	+1,6	0,8
17.04.81	-	0	+5,3	+4,9	+3,5	0	+0,2	+1,4	0	2,9
16.06.81	0	-2,1	-2,7	0	-	-	-	-	-	1,7
10.09.81(5)	+1,9	0	+2,0	+5,7	+5,6	+1,5	-1,5	-	-	3,3
05.11.81	0	-0,3	+0,2	+0,1	-0,5	0	-	-	-	0,3
29.09.80	0	+0,7	+1,9	+0,8	+0,1	-0,2	-0,5	0	-	0,8

L'erreur en pourcent par rapport à la courbe théorique, calculée avec la formule (9), est comprise entre 0,3 % et 3,3 %. La structure hélicoïdale de la plante enroulée autour de son tuteur est donc vérifiée avec une erreur inférieure à 5 %.

2. Rythme plastochronique apparent = nombre de feuilles étalées par jour (u').

2.1. En fonction de la date du semis.

Chez Coco à rames en semis échelonnés à la serre [tableau 48 (p.186), fig. 82g (p.107)] par exemple, le rythme plastochronique varie selon

la date de semis. Faible en décembre, il augmente graduellement jusqu'en juin pour diminuer progressivement au-delà comme l'indique le tableau suivant :

Tableau XXXVIII. Rythme plastochronique apparent chez Coco à rames en semis échelonnés à la serre.

Date de semis	05.12.80	26.01.81	26.02.81	17.04.81	16.06.81	10.09.81	05.11.81
Rythme plastochronique (nombre de feuilles/jour).	0,13	0,18	0,22	0,29	0,38	0,29	0,14

2.2. En fonction de la température.

Chez Mangetout Princesse par exemple [tableau 49 (p.186), fig.84c (p.109)], il varie suivant la température avec un maximum entre 25° et 30° (tableau ci-dessous) :

Tableau XXXIX. Rythme plastochronique apparent chez Mangetout Princesse à différentes températures.

Lumière	Jour continu						16h/8h
Température (°C)	20°	23°	25°	27°	30°	32°	13,5°
Rythme plastochronique (nombre de feuilles/jour).	0,29	0,33	0,50	0,50	0,50	0,33	0,14

2.3. En fonction de la variété.

Le rythme plastochronique apparent dépend de la variété. Pour une même date de semis à la serre par exemple, il est :

. de 0,17 à 0,25 chez Mangetout Princesse et de 0,13 - 0,14 chez Coco à rames au semis de décembre (tableau 47, page 185).

. de 0,33 chez Mangetout Princesse et de 0,29 chez Coco nain au semis d'avril (tableau 47, page 185).

2.4. En fonction du port de la plante.

Pour une même variété, le rythme plastochronique apparent est, en général, plus faible chez la plante érigée que chez la plante volubile. Par exemple, chez Mangetout Princesse, il est de 0,03 pour le port érigé à 12°C (fig. 91a, page 116), de 0,07 à 0,20 pour le port érigé au champ et à la serre (tableau 46-47, page 185), de 0,33 à 0,50 pour le port volubile en chambres conditionnées (tableau 49, page 186). Dans une population mixte, il peut varier entre 0,14 (à 13,5°, tableau 49, page 186) et 0,29 (à 20°, tableau 49, page 186) en passant par 0,25 (semis de décembre à la serre, tableau 47, page 185). Ainsi, chez cette variété, un rythme plastochronique de 0,03 à 0,13 est lié au port érigé, de 0,14 à 0,29 lié à une population mixte et de 0,30 à 0,50 lié au port volubile.

Ainsi, pour une variété donnée, le rythme plastochronique apparent varie avec les conditions du milieu. Plus il est élevé, plus la plante est volubile ; plus il est faible, plus cette dernière est érigée.

II. CONSEQUENCES DE L'EXISTENCE D'UNE HELICE D' "ENROULEMENT".

Deux conséquences de l'existence de cette structure hélicoïdale vont être abordées : les caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" et les relations fondamentales propres à une hélice.

A. CARACTERISTIQUES DE LA DEMI-ELLIPSE D' "ENROULEMENT".

1. Détermination théorique.

Soit λ le pas de l'hélice d' "enroulement". Le demi-pas, de longueur $\lambda/2$, correspond à une portion qui peut être assimilée à une demi-ellipse.

Pour définir l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur, il est bon de déterminer les caractéristiques de l'une de ces demi-ellipses (fig.29, page 56).

Les notations adoptées sont (fig.29, page 56) :

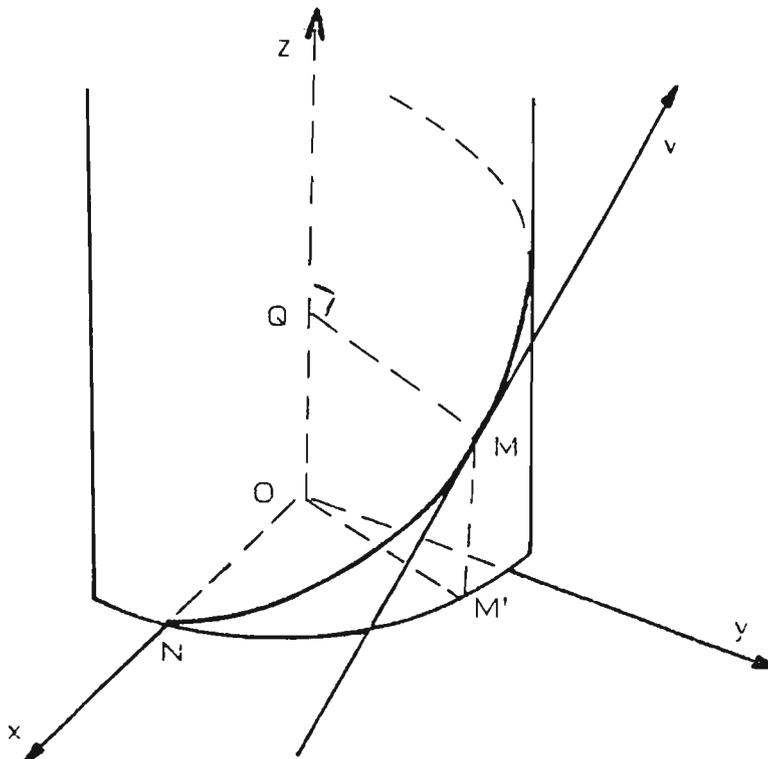
- . i : l'angle du plan osculateur (P) de la demi-ellipse avec le plan horizontal (H).
- . a : le demi-grand axe de cette demi-ellipse (fig.29b et c).
- . b : le demi-petit axe de cette demi-ellipse (égal ici au rayon du tuteur).
- . c : la distance du foyer au centre de cette demi-ellipse.
- . r : le rayon de la tige.

L'ellipse correspondant à cette demi-ellipse est tangente intérieurement au cercle de rayon (a) et extérieurement au cercle de rayon (b) (fig.29b, page 56). C'est une propriété de l'ellipse utilisée couramment dans la construction de cette figure.

La figure 29c (page 55-56) montre que :

- . $(2a)^2 = (\lambda/2)^2 + (2b + 2r)^2$ (théorème de Pythagore dans le triangle ABC)
- . $a^2 = b^2 + c^2$ (propriété de l'ellipse)
- . $e = \frac{c}{a}$ (propriété de l'ellipse) où e = excentricité de l'ellipse
- . $e = \sin(i)$ (voir démonstration sur la fig.29c, pages 55-56)
- . $\text{tg}(i) = \frac{\lambda/2}{2b + 2r}$ (dans le triangle rectangle ABC).

En toute rigueur , l'hélice circulaire est une courbe gauche. Et la portion finie NM de l'hélice n'est pas contenue dans un plan. Par contre en M, passe un plan osculateur défini par MQ et la tangente en M, Mv. Ce plan fait un angle constant avec l'axe de l'hélice quel que soit M et il coupe le cylindre suivant une ellipse. Mais cette ellipse est distincte de la courbe hélicoïdale.



Nous faisons l'approximation suivante :

Pour un même calibre de tuteur (2b), ces caractéristiques (le demi-grand axe, la distance centre-foyer, l'excentricité et l'angle d'inclinaison sur l'horizontale) varient avec la date de semis. Leurs valeurs s'élèvent des semis d'hiver à ceux d'été, passent par un maximum et décroissent de ceux d'été à ceux d'hiver.

A différentes températures, chez Mangetout Princesse, on observe aussi une variation de ces caractéristiques comme le montre la figure 83 (page 108) et le tableau suivant :

Tableau XLI. Caractéristiques de la semi-ellipse d' "enroulement" chez Mangetout Princesse à différentes températures.

LUMIERE	16h/8h	JOUR CONTINU							
TEMPERATURE	13.5°	20°	23°	25°	27°	30°	32°	30°/20°	20°(6jrs)/30°
a (cm)	2.28	3.19	<u>2.32</u>	2.61	2.65	2.78	3.44	2.04	2.80
c (cm)	2.25	3.17	<u>2.28</u>	2.58	2.62	2.75	3.42	2.00	2.77
e	0.987	0.992	<u>0.983</u>	0.986	0.987	0.989	0.993	0.980	0.989
i (degré)	80°40'	82°37'	<u>79°20'</u>	80°31'	80°40'	81°31'	83°09'	78°25'	81°35'
b (cm)	0.37	0.41	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41

Ici apparaît l'importance du rayon (b) du tuteur et la nécessité d'utiliser des tuteurs de même calibre. Si on admet que 0,41 cm est peu différent de 0,43 cm (rayon tuteur-tige), on constate que la valeur des diverses caractéristiques décroît de 20° à 23° et augmente de 23° à 32°.

Pour les températures 20° et 32°, l'élévation de l'angle d'inclinaison (i) sur l'horizontale (82°37' à 20° et 83°09' à 32°) pourrait indiquer que l' "enroulement" tend à devenir plus lâche : à 20°, on note une plante érigée (fig.61, page 85) sur 12 et à 32°/12° (16h/8h), une population mixte (fig.75-76, pages 99-100).

B. APPLICATIONS DES CARACTERISTIQUES DE L'HELICE A LA PARTIE ENROULEE DE LA PLANTE.

La vérification et l'application de l'équation de l'hélice à la plante volubile dans différentes conditions du milieu qui entraînent la variation du port de la plante peuvent permettre de mieux connaître le déterminisme du port de celle-ci. Deux relations nous paraissent importantes à cet égard :

• $v = \lambda f$ où v = vitesse de propagation d'une onde, λ = longueur d'onde et f = fréquence. Chez la plante, par analogie, v sera la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, λ le pas de spire et f , la fréquence de l' "enroulement".

• $v = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_0}}$ où v = vitesse de propagation d'une onde, τ_0 = tension (expression de l'élasticité dans un milieu bidimensionnel) et ρ_0 = densité linéaire. Par analogie à l'élasticité du mouvement sinusoïdal, on pourrait désigner, chez la plante, par "flexibilité" de la partie en voie de croissance ou "flexibilité cinétique", le paramètre

$$\tau_0 = \rho_0 \cdot v^2$$

La première relation $v = \lambda f$ nous conduit à l'étude de la croissance longitudinale ; la seconde $v = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_0}}$, à celle de la croissance pondérale.

III. RESUME.

La structure hélicoïdale de la plante enroulée autour de son tuteur est vérifiée avec une marge d'erreur inférieure à 5 %.

Il existe une relation entre l'activité méristématique et le port de la plante. Pour une même variété, le rythme plastochronique apparent diffère de la plante érigée à la plante volubile : elle est beaucoup plus faible chez la plante érigée. En outre, lorsque la plante est volubile, le début de l' "enroulement" correspond à un abaissement notable du rythme plastochronique (rétabli peu après) et la fin de l' "enroulement", à l'arrêt de ce rythme.

Les caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" (demi-grand axe, demi-petit axe, abscisse du foyer, excentricité et angle d'inclinaison sur le plan horizontal) ont été évaluées. La valeur de chacun de ces paramètres varie avec les conditions du milieu. Par exemple, chez Coco à rames en semis échelonnés à la serre, l'inclinaison de cette demi-ellipse croît du semis de janvier (77°) à celui de juin (82°) et décroît du semis de juin à celui de novembre (74°).

CHAPITRE II

CROISSANCE EN LONGUEUR ET RYTHME PLASTOCHRONIQUE.

L'étude de la croissance en longueur de la plante au cours du temps sera abordée

- en s'appuyant sur les relations fondamentales qui régissent une hélice, en ce qui concerne la partie enroulée des plantes volubiles, puisque l' "enroulement" est comparable au tracé progressif d'une hélice.

- et en faisant varier les conditions du milieu de façon à obtenir, si possible, la modification du port de la plante.

Les figures 30 à 77 (pages 57 à 102) décrivent la croissance de la plante au cours du temps et en fonction des conditions du milieu.

Comme les plantes ont été sélectionnées au moment de l'étalement des feuilles primaires (FP), les mesures mentionnées n'ont été effectuées qu'à partir de ce stade (origine des courbes au stade F.P.). Chaque figure comprend 4 graphiques qui reproduisent :

- le premier (a), le nombre de feuilles trifoliolées au cours du temps, ce qui permet de calculer le rythme plastochronique apparent durant l'intervalle de temps désiré.

- le second (b), le nombre de tours de tuteur au cours du temps, ce qui permet de calculer la fréquence de l' "enroulement" durant l'intervalle de temps désiré. Il existe, comme nous le verrons plus loin, une relation entre la vitesse de croissance en longueur et cette fréquence; cela justifie l'étude de cette dernière ici.

- le troisième (c), la hauteur de la plante au cours du temps, ce qui permet d'évaluer la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur durant l'intervalle de temps désiré. Le rapport entre une courbe en S et l'histogramme correspondant est évident (SNEDECOR, 1971 - p.74-75). De la première courbe, on passe facilement à la seconde. De ce fait, nous mentionnons seulement la courbe en S de croissance en hauteur

au cours du temps. A partir de cette courbe en S, nous évaluons la vitesse de progression rectiligne au "plein régime" (pente la plus élevée de la courbe en S) qui, pour une variété, caractérise les conditions de culture. Quand une étude de la variation de la vitesse de croissance au cours du temps s'avère nécessaire, nous déduisons alors de cette courbe en S, un histogramme de vitesse de croissance (fig.85, p.110 ; fig.109.1, p.139 ; tabl.54.1, p.191 ; tabl.55, p.192).

- le quatrième (d), la hauteur de la plante en fonction du nombre de tours de tuteur, ce qui permet de déterminer le pas de spire durant l'intervalle de temps désiré [repéré sur (c)].

I. APPLICATION DE L'EQUATION DE L'HELICE A LA PARTIE ENROULEE DE LA PLANTE VOLUBILE.

Lorsqu'une plante s'enroule autour d'un tuteur, deux paramètres de la partie enroulée, relatifs à la croissance, peuvent être mesurés: la hauteur de cette partie enroulée et sa longueur. On peut se demander s'il existe une relation entre ces 2 mesures.

Rappelons ici quelques relations concernant l'hélice et la propagation d'une onde :

- la hauteur de la partie enroulée se construit suivant la relation

$$v = \lambda f \quad (11) :$$

la vitesse de propagation (v) est égale au produit de la longueur d'onde (λ) - pas de l'hélice dans notre cas - par la fréquence (f) du mouvement (de l' "enroulement" dans notre cas).

- la longueur de la partie enroulée progresse au cours du temps suivant la relation :

$$s = \theta \sqrt{A^2 + b^2} \quad (12) :$$

la longueur (s) d'une portion enroulée est égale au produit de l'angle de rotation (θ) correspondant par la racine carrée de la somme des carrés de l'amplitude (A) et de la constante (b) de la cote de hauteur.

- la longueur (s) de la portion enroulée peut s'exprimer en fonction de la vitesse de propagation (v) par la relation

$$s = \theta \sqrt{A^2 + \left(\frac{v}{\omega}\right)^2} \quad (13)$$

obtenue à partir de la relation (12) en remplaçant la constante (b) par sa valeur $b = \frac{\lambda}{2\pi}$ [$\lambda = 2\pi b$ (8)] puis le pas de spire (λ) par sa valeur

$\lambda = \frac{v}{f}$ [car $v = \lambda f$ (11)] et enfin la fréquence f par sa valeur $f = \frac{\omega}{2\pi}$

[car $\omega = 2\pi f$ (6)].

Dans le cas particulier de la vitesse de croissance longitudinale (v_1), l'angle de rotation (θ) devient la vitesse de rotation angulaire (ω) et, si l'on appelle v_0 la vitesse de propagation, la relation (13) devient:

$$v_1 = \omega \sqrt{A^2 + \left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2} \quad \text{ou} \quad v_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + v_0^2} \quad (14)$$

Il nous reste à établir dans quelle mesure ces formules sont applicables à la plante volubile.

A. VERIFICATION DE LA RELATION ENTRE LA VITESSE ET LA FREQUENCE.

Ici, il ne s'agit plus d'une onde mais d'une structure statique qui s'établit progressivement au cours du temps. Par analogie à une onde, nous désignerons par v la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, par λ le pas de l'hélice et par f la fréquence de l'"enroulement", c'est-à-dire le nombre de spires établies par unité de temps. En effet, v a bien ici les dimensions d'une vitesse :

$$[v] = [\lambda] [f]$$

$$[v] = L \cdot T^{-1}$$

$$\text{La relation} \quad v = \lambda f \quad (11),$$

dans le cas de la plante, pourrait alors être exprimée comme suit : la vitesse de progression rectiligne (v) le long du tuteur est égale au produit du pas de spire (λ) par la fréquence (f) de l'"enroulement" (nombre de tours de tuteur par unité de temps).

Cela peut-il être vérifié chez Coco à rames, en semis échelonnés à la serre, par exemple ?

Si l'on considère l'équation (1) du tableau 44, page 184 : $z = 1,14(2,69t - 58,6)$, on en déduit $b = 1,14$ et par suite $\lambda = 7,17$ [car $\lambda = 2\pi b$ (8)].

$$\omega = 2,69 \text{ et par suite } f = 0,43 \text{ tour /jour [car } \omega = 2\pi f \text{ (6)]}$$

On a ainsi $\lambda f = 3,08 \approx 3,1$ cm/jour.

Si maintenant on considère la vitesse mesurée qui découle des valeurs de z mesurée [tabl.43(1), p.183] et la vitesse calculée qui découle des valeurs de z calculée [tabl.43(1), p.183], on a :

$$V_{\text{mesurée}} = (74,4 - 32,8) / (46 - 32) = 2,97 \neq 3,0 \text{ cm/jour.}$$

$$V_{\text{calculée}} = (74,5 - 31,5) / (46 - 32) = 3,07 \neq 3,1 \text{ cm/jour.}$$

On constate que $V_{\text{mesurée}} = V_{\text{calculée}} = \lambda f = 3,1 \text{ cm/jour.}$

En procédant ainsi, on établit le tableau 45 (p.184) où l'on peut lire par exemple :

Equation	λ (cm)	f (nombre de tours par jour).	λf (cm/jr)	v (cm/jour)	
				calculée	mesurée
(1)	7.2	0.43	3.1	3.1	3.0
(5)	6.7	0.64	4.3	4.3	4.1
(6)	5.6	0.25	1.4	1.4	1.4

L'écart le plus élevé s'observe dans l'équation (5). Il est de 2 mm pour des mesures faites au millimètre près (4,1 et 4,3 cm/jour). L'erreur relative ($= \frac{2 \times 100}{41} = 5\%$) est de l'ordre de 5%. Ainsi la loi $v = \lambda f$ (11)

est vérifiée lors de l'enroulement hélicoïdal de la plante autour de son tuteur.

Les données expérimentales du tracé progressif de l'hélice que suit l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur vérifient la relation fondamentale de tout mouvement périodique : la vitesse de progression rectiligne (V) le long du tuteur est égale au produit du pas de spire (λ) par la fréquence (f) de l' "enroulement".

B. VERIFICATION DE LA RELATION ENTRE LA LONGUEUR ENROULEE (s), L'ANGLE DE ROTATION (θ) ET L'AMPLITUDE (A).

L'application de cette relation (12) permet de calculer la longueur partielle ou totale de la partie enroulée et, par suite, la vitesse de croissance longitudinale. Dès lors, on peut comparer :

- les valeurs calculée et mesurée
 - . de la longueur enroulée
 - . de la vitesse longitudinale
- la vitesse longitudinale calculée (V1) et la vitesse mesurée (V0) de progression rectiligne le long du tuteur (progression de la hauteur).

1. Comparaison des valeurs calculée et mesurée de la longueur de la partie enroulée

Prenons un exemple, celui de Mangetout Princesse à 20° (fig.72, p.96). La longueur calculée en utilisant la formule (12) est de 71,2 cm (= 28,2 + 16,1 + 26,9 : somme des longueurs partielles calculées) et la longueur mesurée est aussi égale à 71,2 cm (=102,7 - 31,5) comme le montrent les 3 tableaux suivants :

Tableau XLII.1. Calcul de la longueur enroulée (s) avec la formule

$$s = \theta \sqrt{A^2 + b^2}$$

t (nombre de jours après le semis)	Equation de z	nombre de tours de tuteur	θ (radian)	A. (cm)	b	s
20 ≤ t ≤ 22	$z = \underline{1,45} (9,42t - 167,65)$	3,0	18,85	0,37	<u>1,45</u>	28,2
22 ≤ t ≤ 23	$z = 1,67 (\underline{9,42}t - 172,82)$	1,5	<u>9,42</u>	0,37	1,67	16,1
23 ≤ t ≤ 25	$z = 1,67 (7,85t - 136,69)$	2,5	15,71	0,37	1,67	26,9
TOTAL						<u><u>71,2</u></u>

Tableau XLII.2. Longueur enroulée mesurée (cm)

Entre-noeud (E.N.)	Longueur (cm) par E.N. de la plante à la récolte							Hauteur (cm) de la plante avant enroulement	Longueur (cm) de la partie enroulée
	OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	TOTAL		
Longueur (cm)	7,9	6,5	23,6	33,2	30,7	0,8	<u>102,7</u>	<u>31,5</u>	<u>71,2</u>

E.N. = entre-noeud **OC** = hypocotyle **CP** = 1er E.N. T_n = E.N. de rang (n+1)

Tableau XLII.3. Nombre de tours de tuteur et hauteur (cm) de la plante au cours du temps.

Nombre de jours après le semis	18	20	21	22	23	24	25
Nombre de tours de tuteur	0	Contact	1,5	3,0	4,5	5,75	7,0
Hauteur (cm) de la plante	17,7	<u>31,5</u>	44,0	57,7	74,5	85,3	99,7

2. Comparaison des valeurs calculée et mesurée de la vitesse de croissance longitudinale

Sur le même exemple de Mangetout Princesse à 20° (fig.72, p.96), on peut calculer la vitesse de croissance longitudinale (v_1) avec la formule (14), soit $v_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + (v_0)^2}$. Le tableau suivant reproduit les calculs intermédiaires ($A = 0,37\text{cm}$).

Tableau XLII.4. Détermination de la vitesse de croissance longitudinale (v_1) par calcul.

t = nombre de jours après le semis	$\lambda = 2\pi b$	$f = \frac{\omega}{2\pi}$	$V_0 = \lambda f$	ω	V_1 (cm/jour)
$20 \leq t \leq 22$	9,11	1,50	13,7	9,42	14,1
$22 \leq t \leq 23$	10,49	1,50	15,7	9,42	16,1
$23 \leq t \leq 25$	10,49	1,25	13,1	7,85	13,4

On obtient les mêmes valeurs de v_1 si l'on divise la longueur (s) précédemment obtenue (tabl.XLII.1, page 154) par l'intervalle de temps correspondant soit respectivement :

$$\frac{28,2}{2} = 14,1 \text{ cm/jour}, \frac{16,1}{1} = 16,1 \text{ cm/jour} \text{ et } \frac{26,9}{2} = 13,45 \text{ cm/jour.}$$

La vitesse de croissance longitudinale (v_1) calculée entre 20 et 25 jours après le semis est alors : $[(14,1 \times 2) + (16,1 \times 1) + (13,4 \times 2)]:5 = 71,1 : 5 = 14,2 \text{ cm/jour}$. La vitesse de croissance longitudinale (v_1) mesurée pendant le même intervalle de temps est de $71,2 : 5 = 14,2 \text{ cm/jour}$.

Les valeurs mesurée et calculée s'accordent.

Comme nous le verrons en détail plus loin, la discussion de la relation (14), mise sous la forme $V_0^2 = V_1^2 - (\omega A)^2 = (V_1 + \omega A)(V_1 - \omega A)$, montre l'une des conditions d'existence ou non d'une hélice et, par suite, du port volubile ou du port érigé.

3. Comparaison de la vitesse longitudinale calculée (V_1) et de la vitesse mesurée (V_0) de progression rectiligne le long du tuteur au cours de la vie de la plante.

Prenons deux exemples : ceux de Mangetout Princesse à 23°C (fig. 62, p.86) et à 25°C (fig.63, p.87). Les données de ces figures, reprises dans le tableau 54 (p.191) ne montrent pas de différence entre les longueurs mesurée et calculée : 76,1 et 76,3 cm à 23°C - 102,6 et 102,6 cm à 25°C.

Elles permettent l'établissement au cours du temps de courbes de vitesses de croissance (V_0 et V_1) en escalier. Ces courbes (fig. 85, p. 110) indiquent que l'"enroulement" n'a pas lieu ($V_0 \neq V_1$) tant que la vitesse de progression rectiligne (v_a) le long du tuteur est égale ou inférieure à celle correspondant au moment de l'apparition du mouvement révolutif libre (D sur la figure 85, p. 110). Cela confirme l'existence d'une vitesse de croissance seuil, au-dessous de laquelle l'"enroulement" est impossible. La figure 85 montre en outre que la fin de l'"enroulement" survient peu après l'apparition (à l'oeil nu) du premier bourgeon floral (apparition du bourgeon floral le 20ème jour et arrêt de l'"enroulement" le 21ème jour à 23°C, apparition du bourgeon floral le 15ème jour et arrêt de l'"enroulement" le 16ème ou 17ème jour à 25°C). Nous avons mis en évidence dans les chapitres précédents que l'arrêt de croissance chez les variétés naines est lié à l'avortement du bourgeon terminal et chez les variétés à rames au dessèchement de toute la partie terminale. L'apparition à l'oeil nu du premier bourgeon floral précède de peu cet avortement (ou ce dessèchement). Cela montre une fois de plus l'importance de l'activité méristématique dans le processus de l'"enroulement".

Le tableau 54.1 (page 191) confirme, à 27°C, cet arrêt de l'"enroulement" dès que la vitesse est égale ou inférieure à celle de la plante au moment du mouvement révolutif libre ; de même, cet arrêt est précédé de peu par l'apparition (à l'oeil nu) du bourgeon floral.

Il arrive que l'arrêt de l'"enroulement" soit suivi d'un désenroulement de la partie supérieure enroulée (fig. 63b, 64b, 65b, pages 87 à 89) et ce désenroulement suivi à son tour d'un infléchissement vers le bas de cette partie supérieure (fig. 65c, page 89).

C. RESUME

Les données expérimentales sur la plante volubile vérifient les équations fondamentales de l'hélice. On peut en tirer notamment une **méthode de calcul de la longueur de la partie enroulée et de la vitesse de croissance longitudinale. Cette méthode est importante car elle permet de ne pas toucher à la plante** alors que la méthode qui consiste à suivre la partie enroulée avec une ficelle et à mesurer ensuite la longueur de la portion de ficelle utilisée oblige à toucher le matériel végétal. Or, il est démontré que le contact inhibe la croissance chez certaines plantes (BOYER, 1972). L'intérêt de ce procédé simple de mesure est ainsi montré.

II. ETUDE DES PARAMETRES : VITESSE DE PROGRESSION (v), FREQUENCE (f) DE L'ENROULEMENT, PAS DE SPIRE (λ) ET RYTHME PLASTOCHRONIQUE (ω')

La relation entre la vitesse (v) et la fréquence (f) étant vérifiée, il convient d'en étudier les composantes (v, f, λ) considérées d'abord une à une ensuite deux à deux.

Pour un milieu donné et une même variété, la valeur d'un paramètre sera celle correspondant au "plein régime".

A. PARAMETRES CONSIDERES ISOLEMENT

L'étude du rythme plastochronique, faite au paragraphe précédent, ne sera pas reprise ici. L'influence des conditions du milieu, de la variété et du port de la plante sur ces paramètres sera envisagée.

1. Influence des conditions du milieu.

1.1. Influence de la date de semis (fig.82, page 107)

Chez Coco à rames par exemple, en semis échelonnés à la serre, on constate (tableau 44, page 184) que la constante b [donc λ puisque $\lambda = 2\pi b(8)$], la vitesse de rotation angulaire ω [donc f puisque $\omega = 2\pi f$ (6)] et la vitesse de progression v [puisque $v = \lambda f$ (11)] varient avec la date de semis (tableau 48, page 186). Ainsi (figure 82, page 107 et tableau ci-dessous) :

Tableau XLIII. Paramètre de la croissance et de l' "enroulement" chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés (fig. 30 à 37, pages 57 à 64)

Semis du Paramètres	26/01/81	26/02/81	17/04/81	16/06/81	10/09/81	05/11/81
b	1,14	1,17	1,51	<u>1,81</u>	1,07	0,90
ω (rd/jour)	2,7	4,0	4,1	<u>4,9</u>	4,0	1,6
f (nombre tours/jour)	0,43	0,64	0,65	<u>0,79</u>	0,64	0,25
λ (cm)	7,2	7,4	9,5	<u>11,4</u>	6,7	5,6
v (cm/jour)	3,1	4,7	6,2	<u>8,9</u>	4,2	1,4

Tous ces paramètres, quels qu'ils soient, dépendent des conditions du milieu et leur valeur augmente progressivement du semis de janvier à celui de juin où elle est maximale pour diminuer au-delà.

1.2. Influence de la température. (fig. 84, page 109)

Tableau XLIV. Influence de la température sur la vitesse, la fréquence et le pas de spire chez Mangetout Princesse (fig. 60 à 66, page 85 à 90).

Température (°C)	20°	23°	25°	27°	30°	32°
V (cm/jour)	2,2	7,3	<u>12,8</u>	10,8	11,0	4,4
f (nombre tours/jour)	0,17	0,75	<u>1,25</u>	1,0	1,0	0,21
λ (cm)	12,7	9,1	10,3	10,5	11,0	13,7

Comme le montrent le tableau ci-dessus et la figure 84 (page 109), chez Mangetout Princesse par exemple, lorsque la température s'élève de 20° à 25°, la vitesse et la fréquence s'élèvent également tandis que lorsque la température s'élève de 25° à 32°, la valeur respective de ces deux paramètres décroît. Quant au pas de spire, il diminue lorsque la température s'élève de 20° à 23° et il augmente lorsque la température s'élève de 23° à 32°.

La vitesse de progression (v), la fréquence (f) de l' "enroulement" et le pas de spire (λ) dépendent des conditions du milieu (date de semis, température).

2. Influence de la variété.

Pour un même milieu, la vitesse de progression (v), la fréquence (f) de l' "enroulement" et le pas de spire (λ) dépendent de la variété. A la serre (tabl. 47, page 185) par exemple, on note les différences suivantes entre Mangetout Princesse et Coco à rames d'une part, Mangetout Princesse et Coco nain d'autre part (tableau ci-dessous) :

Tableau XLV. Comparaison intervariétable de la vitesse, de la fréquence et du pas de spire à la serre.

Date de semis	05/12/80 (Fig. 38 à 41, p. 65 à 68)		24/04/80 (Fig. 42 à 44, p. 68 à 70)	
Variété	Coco à rames	Mangetout Princesse	Mangetout Princesse	Coco nain
V (cm/jour)	1,8	1,7	8,8	2,8
f (nbre tours/jour)	0,36	0,50	0,79	0,17
λ (cm)	5,6	12,7	10,8	15,8

3. Relation avec le port de la plante.

3.1. Fréquence de l' "enroulement".

La fréquence est évidemment nulle chez la plante érigée. Son évolution en fonction des conditions du milieu [semis échelonnés à la serre (fig.82, page 107), température (fig.84, page 109)] montre un maximum en-deça et au-delà duquel ses valeurs de plus en plus petites laissent prévoir son annulation à un moment donné (apparition du port érigé).

3.2. Pas de spire.

Comme nous l'avons montré, le pas de spire admet deux seuils, l'un faible pour le port érigé proprement dit (4-5 cm chez Coco à rames 7-8 cm chez les variétés naines), l'autre élevé pour le port érigé long (14cm chez les variétés naines ; au-delà, il tend vers l'infini.)

3.3. Variété.

Pour une même variété, la vitesse est plus grande chez la plante volubile que chez la plante érigée comme le montre le tableau suivant:

Tableau XLVI. Comparaison de la vitesse de croissance chez la plante érigée ou volubile.

Milieu	13,5° (16h/8h)		champ ou serre (semis du 31/05/80)			
Variété	Coco à rames (fig. 52-53, p. 77-78)		Mangetout Princesse (fig. 58-59, p. 83-84)		Mangetout Princesse (fig. 45 et 49, p. 71 et 74)	
Port	érigé	Volubile	érigé	volubile	érigé (champ)	volubile (serre)
V(cm/jour)	0,7	1,3	0,4	1,7	0,3	10,0

Et il existe, pour chaque variété, un seuil minimal de vitesse au "plein régime", établi dans une population mixte (ou proche d'une population mixte), au-dessus duquel la plante est volubile et au-dessous duquel elle est érigée. Ce seuil est de l'ordre de 0,9cm/jour, 1,7cm/jour et 2,6cm/jour respectivement pour Coco à rames (tabl. 48, page 186), Mangetout Princesse (tabl.46, 47 et 49, pages 185-186) et Coco nain (tabl. 47, page 185).

Comme nous l'avons vu (p. 157), nous avons observé dans une population tout entière volubile, chez Mangetout Princesse à 23°C et 25°C (fig. 85, page 110), un seuil de vitesse plus élevé (6,0 cm/jour). Ce seuil varie donc avec les conditions du milieu et il conviendrait d'étudier par la suite la relation entre le seuil de vitesse de croissance et la température(ou autres facteurs du milieu).

B. PARAMETRES CONSIDERES DEUX A DEUX.

Parmi les paramètres étudiés, nous paraissent importants :

- . la vitesse de croissance qui, avec un seuil, détermine le port de la plante,
- . le rythme plastochronique qui, faible, correspond au port érigé et, élevé, au port volubile,
- . la fréquence de l' "enroulement" qui, nulle correspond au port érigé et, dans le cas contraire, au port volubile.

Il nous a paru intéressant de rechercher si un rapport entre la vitesse de croissance et d'une part le rythme plastochronique, d'autre part la fréquence, pouvait délimiter des intervalles d'existence des différents ports.

1. Relation entre le rythme plastochronique (u') et la vitesse (v).

Le rapport $\frac{u'}{v}$ est un de ceux qui pourrait être établi de prime abord

mais comme

u' est une donnée de comptage [Lison (1958) préconise une transformation racine carrée pour de telles données] tandis que

v est une donnée de mesure

il nous a paru judicieux de déterminer le rapport $\frac{\sqrt{u'}}{v}$ avec une constante

(a) telle que l'on puisse obtenir :

$$a \frac{\sqrt{u'}}{v} \leq 1 \text{ pour les plantes volubiles et}$$

$$a \frac{\sqrt{u'}}{v} > 1 \text{ pour les plantes érigées}$$

Dans nos essais, il a suffi de choisir $a = 2,5$. Quelques exemples illustrent cette relation entre le rythme plastochronique et la vitesse.

1.1. Exemples

-- A 13,5° (16h/8h), on note chez Coco à rames et Mangetout Princesse les valeurs suivantes :

Tableau XLVII. Le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ chez Coco à rames et Mangetout Princesse à 13,5°.

Port	érigé	volubile
Coco à rames	1,33	0,73
Mangetout Princesse	1,65	0,55

-- Entre 13,5° et 32°, chez Mangetout Princesse par exemple, ce rapport varie en fonction de la température avec un minimum à 25° (tableau ci-dessous, et fig. 84d, page 109).

Tableau XLVIII. Le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ chez Mangetout Princesse à différentes températures (entre 13,5° et 32° où cette variété est volubile).

Lumière	16h/8h	JOUR CONTINU				
	13,5°	20°	23°	25°	27°	32°
$2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$	0,55	0,44	0,20	0,14	0,16	0,33

-- Dans un essai de transfert du champ à la serre (et inversement) Mangetout Princesse présente les valeurs suivantes (tableau ci-après)

Tableau XLIX. Relation entre le port de la plante et le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ chez Mangetout : Princesse : Essai de transfert champ - serre. (fig. 45 à 51, p. 71 à 76).

Milieu	champ	serre	champ ---> serre		serre ---> champ	
	témoin	témoin	FP	FT ₁	FT ₁	FP
Port	érigé	volubile	volubile	volubile	volubile	érigé
$2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$	9,01	0,16	0,18	0,37	0,49	4,51
Hauteur enroulée (cm)	0	101,0	53,0	23,0	38,5	0
Nombre tours de tuteur	0	8,75	4,0	1,75	5,0	0

FP = feuilles primaires étalées FT₁ = première feuille trifoliolée étalée

On observe non seulement que ce rapport est supérieur à 1 chez la plante érigée et inférieur à 1 chez la plante volubile mais encore qu'il est le plus faible chez la plante qui présente le plus grand nombre de tours de tuteur : 0,16 pour 8,75 tours - 0,18 pour 4 tours et 0,37 pour 1,75 tour.

1.2. Exceptions.

Deux exceptions sont à signaler :

-- La première. Dans les conditions où les deux ports coexistent, il arrive que ce rapport soit inférieur à 1 pour les 2 ports, le rapport le plus élevé correspondant au port érigé. Ainsi on peut noter (tableau suivant) :

Tableau L. Le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ dans un lot où les deux ports coexistent.

VARIETE	Mangetout Princesse				Coco nain	
CONDITIONS	20°C (jour continu)		Transfert champ → serre au stade FT ₁		Serre (semis du 24 avril)	
PORT	érigé	volubile	érigé	volubile	érigé	volubile
$2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$	<u>0,52</u>	0,44	<u>0,74</u>	0,37	<u>0,77</u>	0,48

Stade FT₁ = stade de la première feuille trifoliolée étalée

-- La seconde : Elle a été observée chez Coco à rames en semis échelonnés à la serre. Les semis d'hiver (fin novembre-décembre) présentent un lot de plantes toutes volubiles ; mais les plantes à vitesse de croissance faible sont caractérisées par un rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ supérieur à 1 (Tab. ci-dessous).

Tableau LI. Le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$ chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés.

DATE de SEMIS	05/12/80		26.01.81	26.02.81	17.04.81	16.06.81	10.09.81	05.11.81	19/11/81	
	plante n°								plante n°	
	7.2	7.3							8	7
$2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$	<u>1,33</u>	0,50	0,35	0,25	0,23	0,18	0,33	0,68	0,68	<u>1,33</u>
v (cm/jour)	0,7	1,8	3,1	4,7	6,2	8,9	4,2	1,4	1,4	0,7

Le tableau ci-dessus et la figure 82h (page 107) montrent en outre une évolution de la valeur du rapport $2,5 \sqrt{u'}/v$ en fonction de la date de semis avec un minimum correspondant au semis de juin.

Les exceptions que nous venons de signaler se présentent dans une population mixte (cas de Mangetout Princesse) ou très proche d'une population mixte (cas de Coco à rames à la serre en hiver où les minima de température peuvent être faibles) c'est-à-dire dans des cas rares que l'on peut estimer à au plus 5% des cas rencontrés.

En effet, les populations mixtes apparaissent entre 13° et 20° puis au-delà de 32°. En dehors de ces températures en milieu artificiel, (chambres conditionnées, serre), la population tout entière est ou érigée ou volubile. On peut donc affirmer que, dans 95% des cas, le rapport

$2,5 \sqrt{u'}/v < 1$ caractérise le port volubile et

$2,5 \sqrt{u'}/v > 1$ caractérise le port érigé

Il convient de souligner le caractère général de cette relation observée dans différentes conditions du milieu aussi bien chez des variétés à rames (Coco à rames) que chez des variétés naines (Mangetout Princesse, Coco nain).

2. Relation entre la fréquence (f) et la vitesse de croissance (v)

Si l'on considère la vitesse de croissance et la fréquence de l'enroulement (schémas 50 à 52, pages 187 à 189), on observe toutes les possibilités de position relative des 2 "pleins régimes", possibilités que nous pouvons ranger en 3 catégories :

-- Première catégorie : le "plein régime" de la vitesse de croissance précède le "plein régime" de la fréquence de l'enroulement. Exemple chez Coco à rames, semis du 05.12.80 (tab.51, page 188), le "plein régime" de la vitesse de croissance dure du 35ème au 49ème jour après le semis ; celui de la fréquence dure du 46ème jour au 53ème jour après le semis.

-- Deuxième catégorie : les 2 "pleins régimes" commencent en même temps. Exemple : chez Mangetout Princesse, semis du 31.05.80, témoin à la serre (tab. 50, page 187), les 2 "pleins régimes" commencent tous deux 16 jours après le semis et finissent en même temps, 20 jours après le semis.

-- Troisième catégorie : le "plein régime" de la vitesse de croissance apparaît après le "plein régime" de la fréquence d'enroulement. Exemple chez Mangetout Princesse à 25° (tab. 52, page 189), le "plein régime" de la fréquence dure du 12ème au 14ème jour après le semis et celui de la vitesse de croissance du 13ème au 16ème jour après le semis. Chez Mangetout Princesse, transféré de la serre au champ au stade de la première feuille trifoliolée (tab. 52, page 189), le "plein régime" de la fréquence dure du 13ème au 18ème jour et celui de la vitesse de croissance du 16ème au 20ème jour après le semis.

Ces différentes positions relatives des "pleins régimes" nous amènent à nous demander s'il existe une relation entre ces positions, le port de la plante et les conditions du milieu.

L'optimum de la vitesse de croissance étant à 25°C, on peut subdiviser en deux l'intervalle de températures: de 12°C à 25°C et de 25°C à 32°C. Dans le premier intervalle, la vitesse de croissance et la fréquence de l'"enroulement" s'élèvent simultanément et déterminent la transformation du port érigé en port volubile (existence d'un seuil minimal montré précédemment). Dans le deuxième intervalle, elles diminuent progressivement et déterminent la transformation du port volubile en port érigé long d'abord, puis en port érigé (court) ensuite.

Ces différentes transformations correspondent à des positions relatives bien définies des "pleins régimes" de la vitesse et de la fréquence comme le montre le schéma du tableau 53 (page 190).

Pour illustrer ce schéma, décrivons quelques exemples.

2.1. Intervalle de températures 12°C - 25°C.

2.1.1. Port érigé.

Le port érigé correspond aux températures les plus faibles et se présente sous trois aspects qui évoluent graduellement vers le port volubile, comme on peut l'observer sur le tableau ci-dessous : le port érigé sans aucun mouvement révolutif, le port érigé ayant manifesté un mouvement révolutif non suivi d'enroulement autour du tuteur et le port érigé ayant exécuté un demi à un tour de tuteur suivi de désenroulement. Ces mouvements de plantes érigées rappellent ceux du chêne du film de CHAMPAGNAT (1972).

Tableau LII. Transformation du port érigé vers le port volubile.

CARACTERES	Mangetout Princesse					Coco à rames				
	Conditions du milieu	V (cm/jour)	Durée du mouvement révolutif (jours)	Nombre de tours de tuteur	Fig. n°	Conditions du milieu	V (cm/jour)	Durée du mouvement révolutif (jours)	Nombre de tours de tuteur	Fig. n° (p. 79)
Aucun mouvement révolutif	13,5° (16h/8h) serre (semis de décembre).	0,4 1,1	0 0	0 0	59 (p.84) 41 (p.68)	13,5°	0,4	0	0	54a
Mouvement révolutif non suivi d'enroulement	Transfert champ → serre au stade FT ₁	1,3	2-3	0	48 (b et c) (p.73)	13,5°	0,6 0,9 0,6	3 10 19	0 0 0	54b 54c 54d
Enroulement suivi de désenroulement	32°/12°	3,3	-	3/4 puis 1/2 puis 0	76 (b etc) (p.100)	13,5°	0,7	2	1/2 puis 0	54c

Stade FT₁ : Stade de l'étalement de la première feuille trifoliolée.

Le port érigé est caractérisé par l'apparition ou non du mouvement révolutif pendant la phase de ralentissement ou à la fin du "plein régime" de la vitesse de croissance :

-- Port érigé sans aucun mouvement révolutif. Aucun mouvement révolutif n'apparaît au cours de l'une quelconque des trois phases de la vitesse de croissance. Exemple : Mangetout Princesse à 13,5° avec une vitesse de 0,4 cm/jour au "plein régime" (fig. 59, page 84).

-- Port érigé avec mouvement révolutif. Chez Mangetout Princesse transféré du champ à la serre au stade de la première feuille trifoliolée (fig. 48b et c, page 73) par exemple, le mouvement révolutif (↻ sur fig. 48b, p. 73) apparaît le 34ème jour après le semis, pendant la phase de "ralentissement" de la vitesse de croissance (fig. 48c, p. 73) comprise entre le 31e et le 38e jour après le semis. La vitesse de croissance est de 1,3cm/jour au plein régime et de 0,6 cm/jour pendant la phase de "ralentissement".

-- Port érigé avec enroulement suivi de désenroulement. Chez Mangetout Princesse à 32°/12° (fig.76b et c, page 100) par exemple, la plante s'enroule à 2 reprises. Le premier enroulement (3/4 de tour) a lieu entre le 25ème et le 28ème jour après le semis (fig.76b) à la fin du "plein régime" ($v = 3,3$ cm/jour) de la vitesse de croissance (fig. 76c). Le deuxième enroulement (1/2 tour), après désenroulement du premier, a lieu entre le 37ème et le 39ème jour après le semis (fig. 76b), pendant la phase de "ralentissement" ($v = 0,6$ cm/jour) de la vitesse de croissance (fig.76c).

En outre, le port érigé correspond à des vitesses de croissance faibles. Nous avons vu en effet que la vitesse seuil pourrait être fixée à 0,9 cm/jour chez Coco à rames et à 1,7 cm/jour chez Mangetout Princesse. Chez Coco à rames, on peut, compte tenu des valeurs du tableau ci-dessus, et à titre indicatif (nombre de cas observés faible), subdiviser cette vitesse seuil de la façon suivante :

- . jusqu'à 0,4 cm/jour : aucun mouvement révolatif (fig. 54a, p.79)
- . de 0,4 à 0,6 cm/jour : mouvement révolatif non suivi d'enroulement (fig. 54b à d, p. 79).
- . de 0,7 à 0,9 cm/jour : enroulement suivi de désenroulement (fig.54e, page 79).
- . au dessus- de 0,9 cm/jour : enroulement qui persiste : port volubile (fig. 54f, page 79).

On peut observer des subdivisions du même ordre chez Mangetout Princesse mais les données sont insuffisantes pour délimiter les intervalles. Certaines de ces données (3,3 cm/jour notamment) sont trop élevées.

Cependant, compte tenu des valeurs observées et du rapport du simple au double qui existe entre les seuils des deux variétés, on peut proposer pour Mangetout Princesse, les intervalles suivants obtenus par extrapolation :

- . jusqu'à 0,9 cm/jour = aucun mouvement révolatif
- . de 0,9 à 1,4 cm/jour = mouvement révolatif non suivi d'enroulement
- . de 1,5 à 1,7 cm/jour = enroulement suivi de désenroulement
- . au-dessus de 1,7 cm/jour = enroulement qui persiste : port volubile

2.1.2. Port volubile.

Il correspond à une température plus élevée que le port érigé et à l'apparition du "plein régime" de la fréquence pendant le "plein régime" ou même le "démarrage" de la vitesse de croissance (tabl. 53, page 190). Le tableau suivant réunit quelques exemples.

Tableau LIII. Position relative des "pleins régimes" de la vitesse (v) et de la fréquence (f) en rapport avec la valeur de ces deux paramètres.

Positions relatives des 2 "pleins régimes"	MANGETOUT PRINCESSE					COCO à RAMES				
	Condi- tions du milieu	V (cm/j)	f (tours/j)	tableau	figure	Condi- tions du milieu	V (cm/j)	f (tours/j)	tableau p. 188	figure
Début du "plein régime" de (f) au cours du "plein régime" de (V)	champ-serre (stade FT1)	3,2	0,50	50 p. 187	47 (b et c) p. 73	13,5°	1,0	0,21		54f p. 79
	23°C	7,2	0,75	52 p. 189	62 (b et c) p. 86	serre semis du 05/12/80	1,8	0,36	51 p. 188	39 (b et c) p. 66
Superposition des 2 "pleins régimes"	champ-serre (stade FP)	8,3	0,69	50 p. 187	46 (b etc) p. 72	serre (semis du 16/06/81)	8,9	0,79	51	33 (b etc) p. 60
	serre (semis du 31/05/80)	10,0	1,12	50 p. 187	45 (b et c) p. 71					
Début du "plein régime" de (f) avant celui du "plein régime" de (V)	25°C	12,9	1,25	52 (p. 189)	63 (b et c) (p. 87)	serre (semis du 17/04/81)	6,2	0,65	51	32 (b et c) p. 59
						serre (semis du 10/09/81)	4,2	0,64	51	34 (b et c) p. 61

Suivant les conditions du milieu, la vitesse et la fréquence varient ainsi que les positions relatives des "pleins régimes" (tabl.50 à 52, pages 187 à 189). Plus le début du "plein régime" de la fréquence intervient tôt au cours du "plein régime" (ou du "démarrage") de la vitesse, plus la plante est volubile. Etant donné que la valeur du "plein régime" dépend des conditions du milieu, la valeur du "plein régime" de la vitesse pour des conditions de milieu données peut correspondre à la valeur de la vitesse au "démarrage" pour d'autres conditions du milieu. Par exemple, la vitesse au "plein régime" à 23°C, est de 7,2 cm/jour (tab. 52, p. 189) et la vitesse au "démarrage" à 25°C est de 7,0 à 11,5 cm/jour. Cela explique que le début du "plein régime" de la fréquence puisse apparaître au "démarrage" de la vitesse à 25°C. Cette remarque associée à l'existence de vitesse -seuil, est en faveur de la prédominance du paramètre vitesse de croissance sur le paramètre fréquence de l'"enroulement".

2.2. Intervalle de températures 25 - 35°C.

De 25°C à 35°C, on observe (tableau ci-dessous) un abaissement progressif de la vitesse de croissance et de la fréquence de l'"enroulement".

Tableau LIV. Position relative des débuts des "pleins régimes" de la vitesse et de la fréquence entre 25°C et 35°C.

Le début du "plein régime" de (f) est postérieur à celui du "plein régime" de (V)	MANGETOUT PRINCESSE					COCO à RAMES				
	Conditions du milieu	vitesse (cm/jour)	fréquence (tours/jour)	tableau	figure n°	Conditions du milieu	vitesse (cm/jour)	fréquence (tours/jour)	tableau	figure n°
Décalage léger	27°C	10,8	1,00	52 p. 189	64 p. 88	serre (semis du 10/09/81)	4,2	0,64	51 p.188	34 p. 61
Décalage plus prononcé	32°C	4,4	0,22	52 p. 189	66 p 90					
Décalage encore plus prononcé	32°C ↓ 35°C	0,4	0			32°C ↓ 35°C	4,4 0,2	- 0	36 p.177	6b p. 32

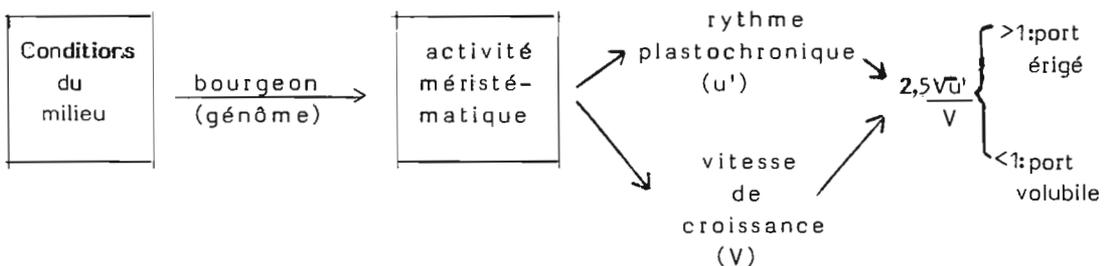
Chez Coco à rames, par exemple, à 32° - 35°C (la température du fond de la chambre conditionnée est de 32°C, celle à l'entrée est de 35°C), l'unique plante (n°6) qui s'enroule (tabl.36, page 177) mesure 136,0 cm de haut avec une hauteur érigée avant le début de l'enroulement de 100,2 cm, 1¹/₄ de tour de tuteur (le pas de spire du 1er tour =30,0 cm). Voici les caractéristiques des autres plantes, numérotées du fond (32°C) de la chambre vers l'entrée (35°C) :

Tableau LV. Influence d'un gradient de température sur la hauteur et la vitesse de croissance des plantes.

Température (°C)	32°C -----> 35°C					
Plante n°	7	8	9	10	11	13
Hauteur (cm)	128,5	121,2	92,8	64,5	37,5	15,0
V (cm/jour)	-	4,2	1,5	1,0	0,2	0,1

C. ESSAI DE SYNTHÈSE.

Comme le montrent les schémas 50 à 52 (page 187 à 189), le "plein régime" du rythme plastochronique apparent (u') commence avant ceux de la vitesse (v) et de la fréquence (f) et finit après eux. Cela nous laisse penser à une prédominance du rythme plastochronique apparent sur la vitesse de croissance. Comme nous venons de le mentionner, entre la vitesse et la fréquence, la prédominance revient à la vitesse. Il va sans dire que l'activité méristématique conditionne à la fois le rythme plastochronique et la vitesse de croissance et que, sans elle, toute formation de cellules nouvelles s'arrête. Et l'ordre des préséances pourrait, compte tenu de l'influence des conditions du milieu sur tous les paramètres étudiés, être le suivant :



III - RESUME

Les données expérimentales sur la partie enroulée de la plante volubile montrent que celle-ci présente une structure hélicoïdale qui suit le tracé progressif d'une hélice. Deux relations de cette dernière ont été vérifiées :

. la première : la vitesse de progression rectiligne (v) le long du tuteur est égale au produit de la fréquence (f) de l' "enroulement" (nombre de tours de tuteur par unité de temps) par le pas de l'hélice (λ).

. la seconde : la longueur (s) d'une portion enroulée est égale au produit de l'angle de rotation (θ) correspondant par la racine carrée de la somme des carrés de l'amplitude (A) de l' "enroulement" et de la constante (b) de la cote de la hauteur.

Il devient alors possible de calculer la longueur enroulée et la vitesse de croissance longitudinale sans toucher la plante, tout contact ralentissant la croissance chez certaines plantes.

Les conditions du milieu influent sur tous les -paramètres étudiés:

. ceux qui caractérisent les deux ports : rythme plastochronique apparent (u'), vitesse de croissance (v) et le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{v}$

. ceux qui ne caractérisent qu' le port volubile : la fréquence (f) de l' "enroulement" (nombre de tours de tuteur par unité de temps), le pas de spire (λ) et les caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" [le demi-grand axe (a), la distance du centre au foyer (c), l'excentricité (e), l'angle d'inclinaison (i) sur le plan horizontal]. Tous ces paramètres parviennent à leur optimum quand le rythme plastochronique apparent est optimal, ce qui montre son importance.

Plus le rythme plastochronique apparent et la vitesse sont faibles, plus la plante est érigée ; plus ils sont élevés, plus la plante est volubile. Lorsque le rapport de ces 2 paramètres est tel que :

. $2,5 \sqrt{u'/v} < 1$: la plante est volubile

. $2,5 \sqrt{u'/v} > 1$: la plante est érigée

Un ordre de préséances peut alors être établi : les conditions du milieu agissent sur l'activité méristématique qui régit, d'une part le rythme plastochronique et d'autre part la vitesse de croissance ; par suite, le rapport de ces 2 paramètres est lié au port de la plante.

CHAPITRE III

CROISSANCE PONDERALE ET RYTHME PLASTOCHRONIQUE

Après l'examen de la croissance longitudinale, il convient d'apprécier la contribution de la croissance pondérale à l'édification du port de la plante. Cette croissance pondérale se manifeste au niveau des feuilles et de la tige, cette dernière pouvant être considérée comme soit entière, soit composée d'entre-nœuds, chaque entre-nœud étant à son tour une série de portions d'entre-nœud.

Les valeurs qui seront indiquées correspondent aux moyennes de 7 plantes. Il ne faut pas oublier que l'évaluation de la masse entraîne la destruction de la plante et que, par conséquent, l'évolution pondérale au cours du temps ne concerne pas les mêmes plantes mais des plantes analogues d'âge différent.

I

CROISSANCE PONDERALE des FEUILLES.

La croissance pondérale des feuilles est importante par suite du rôle photosynthétique de ces dernières. Nous considérerons d'une part le poids frais des feuilles, d'autre part la relation entre ce poids frais et celui de la tige.

A. POIDS FRAIS DES FEUILLES AU COURS DE LA VIE DE LA PLANTE.

Le poids frais des feuilles est évalué au cours de la vie de la plante en fonction soit de l'âge de celle-ci, soit du stade physiologique atteint. On calcule alors la vitesse de croissance pondérale moyenne qui est définie comme le quotient de la masse des feuilles par l'âge de la plante (en g/jour). On peut ainsi noter la vitesse de croissance pondérale en fonction soit du temps (au cours de la vie de la plante), soit du stade physiologique, soit des conditions du milieu : fig. 80 (p. 105), 86 (p. 111) chez Mangetout Princesse, 92 (p. 117) chez Myrto et 97 (p. 122) chez Coco nain.

1. Vitesse de croissance pondérale au cours de la vie de la plante.

Pour une température donnée, la vitesse de croissance pondérale s'élève constamment au cours du temps pour les 2 types de port étudiés sauf, pour les plantes volubiles, à l'apparition de l' "enroulement" (premier tour de tuteur) où se manifeste une diminution. Cette dernière s'apparente à la diminution de rythme plastochronique apparent qui, elle aussi, survient au même moment, comme nous l'avons vu précédemment (fig. 27, page 53).

Ainsi, on peut noter les vitesses moyennes, chez Mangetout Princesse à 20°, 25° (port volubile) et 32°/12° (16h/8h) (population mixte), vitesses indiquées sur les figures 80 (p. 105), 86a (p. 111) et le tableau ci-dessous.

Tableau LVI. - Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles au cours du temps chez Mangetout Princesse.

20°C	Nombre de jours après le semis	13	17	20	25	-
	Nombre de tours de tuteur	0	0*	2,9	7,7	
	V ₃ (g/jour)	0,058	0,108	<u>0,100</u>	0,156	
25°C	Nombre de jours après le semis	9	11	16	17	-
	Nombre de tours de tuteur	0	0*	4,9	8,5	
	V ₃ (g/jour)	0,069	0,141	<u>0,133</u>	0,182	

32°/12° (16h/8h)	Nombre de jours après le semis	29	23	29	35	42
	Nombre de tours de tuteur	0	0*	2,8	-	3,0
	V_3 (g/jour) {	0,046	port volubile 0,073	<u>0,045</u>	-	0,089
port érigé	0,055		0,067	0,071	0,092	

V_3 = vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles.

0* = apparition du flagelle et premier contact avec le tuteur.

2. Vitesse de croissance pondérale en fonction de la température et à un stade physiologique donné.

Si, au lieu de considérer l'âge de la plante, on se réfère à un stade physiologique déterminé (stade des feuilles primaires, stade flagelle), la vitesse de croissance pondérale, comme l'indiquent la figure 86c (p.111) et le tableau ci-dessous, s'élève de 15° à 25° et baisse au-delà :

Tableau LVII.- Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles chez Mangetout Princesse en fonction de la température et du stade physiologique.

Température (°C)	15°C	20°C	25°C	30°C	32°/12° (16h/8h)	
V_3 (g/jour) {	au stade feuilles primaires	0,015	0,058	<u>0,069</u>	0,067	0,039
	au stade flagelle	0,070	0,108	<u>0,141</u>	0,060	0,073
	maximale	0,081	0,156	<u>0,182</u>	0,116	0,083
Port	population mixte	volubile			population mixte	

V_3 = vitesse de croissance pondérale des feuilles.

Il en est de même au stade correspondant à la vitesse maximale atteinte au cours de la vie de la plante (tabl. LVII, ci-dessus).

Si la relation entre le stade flagelle et le port de la plante paraît évidente, existe-t-il aussi une relation entre la vitesse maximale

et le port ou entre la vitesse au stade des feuilles primaires et le port ?

2.1. Vitesse de croissance pondérale maximale et port de la plante

Si on compare 2 populations, l'une tout entière érigée, l'autre tout entière volubile, on constate que la vitesse de croissance pondérale maximale est inférieure chez les plantes érigées. On peut noter qu'il en est de même du poids total des feuilles, qui est plus faible chez la plante érigée. Un exemple est choisi chez 2 variétés différentes (Mangetout Princesse et Coco nain) et reporté dans le tableau ci-dessous :

Tableau LVIII.- Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles chez Mangetout Princesse et Coco nain, dans des conditions où ces variétés sont érigées ou volubiles.

Variété	Mangetout Princesse			Coco nain à la serre semis du :	
	32°/12° → 12°	20°C	25°C	17.02.82	02.07.82
Conditions du milieu					
Nombre de jours après le semis	83	25	17	35	24
Port	érigé	volubile	volubile	érigé	volubile
V ₃ (g/jour)	0,011	0,156	0,182	0,195	0,576
Masse (g) des feuilles)	0,939	3,903	3,090	6,828	13,818

V₃ = vitesse de croissance pondérale des feuilles.

Pour une même variété, l'obtention de 2 populations tout entières à port, l'une volubile, l'autre érigé, exige une différence de conditions de milieu. Cette différence entraîne une inégalité de vitesse de croissance. Comme le port volubile est lié à la vitesse la plus grande, il ne dépend donc pas, semble-t-il, de l'étiollement mais résulte d'une activité métabolique plus grande que le port érigé.

2.2. Vitesse de croissance pondérale, à l'étalement des feuilles primaires et le port de la plante.

Entre l'étalement des feuilles primaires (FP) et celui de la première feuille trifoliolée (FT_1), la pente de la courbe (fig. 86b, p. 111) de la vitesse de croissance pondérale moyenne en fonction du stade foliaire varie avec la température : elle s'élève lorsque celle-ci croît de 15°C à 25°C et baisse lorsque celle-ci croît au-delà de 25°-27°C. Cela nous amène à nous demander s'il n'est pas possible de déterminer très tôt (à FP ou à FT_1) un seuil de vitesse ou d'accélération au-dessous duquel la plante est érigée et au-dessus duquel elle est volubile. Pour cela nous considérons par exemple Mangetout Princesse dans différentes conditions du milieu telles que la plante soit érigée [32°/12°C (16h/8h) → 12°C (16h/8h)] ou volubile (20°C à 30°C) ou au sein d'une population mixte [15°C ou 32°/12°C (16h/8h)]. Nous comparons les vitesses obtenues et essayons d'en déduire une vitesse-seuil.

Si l'on considère, sur les différentes courbes de la figure 86b (p.111), les ordonnées relatives aux abscisses FP et FT_1 , on constate que les vitesses correspondant aux populations tout entières volubiles (pour des températures de 20°C à 30°C) sont supérieures à leurs homologues des populations mixtes [15°C et 32°/12°C (16h/8h)].

Ainsi, les vitesses des populations tout entières volubiles sont, à l'étalement des feuilles primaires (FP), respectivement de 58, 69 et 67 mg/jour (tabl.LIX ci-dessous) à 20°C, 25°C et 30°C ; les mêmes vitesses, chez les populations mixtes, sont (fig. 86b, p. 111 et tabl. LIX ci-dessous) respectivement de 15 et 39 mg/jour à 15°C et 32°/12°C (16h/8h). L'écart minimal entre ces 2 séries de populations est donc : $58 - 39 = 19 \neq 20$ mg/jour et on pourrait envisager l'existence d'une vitesse-seuil de 50 mg/jour au-dessous de laquelle la population est mixte et au-dessus de laquelle elle est tout entière volubile.

De même, à l'étalement de la première feuille trifoliolée (FT_1), les vitesses des populations tout entières volubiles sont respectivement 108, 141 et 95 mg/jour à 20°C, 25°C et 30°C ; elles sont, pour les populations mixtes, respectivement de 32 et 53 mg/jour à 15°C et 32°/12° (16h/8h). L'écart minimal entre ces 2 séries de populations est donc : $95 - 53 = 42$ mg/jour. On pourrait donc envisager, pour FT_1 , une vitesse-

seuil de 74 mg/jour (95-21 = 53 + 21 = 74) # 75 mg/jour.

Les valeurs citées de la vitesse de croissance pondérale sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau LIX.- Vitesse (g/jour) et accélération (g/jour²) de croissance pondérale des feuilles chez Mangetout Princesse à différentes températures.

Stade	Jour continu				32°/12° (16h/8h)
	15°C	20°C	25°C	30°C	
Feuilles primaires (1)	0,015	<u>0,058</u>	0,069	0,067	<u>0,039</u>
Première feuille trifoliolée (2)	0,032	0,108	0,141	0,095	<u>0,053</u>
$\frac{\Delta V_3 (2 - 1)}{\Delta t}$ (en g/jour ²)	0,006	0,013	0,036	0,028	0,004
Port	popula- tion mixte	volubile			popula- tion mixte

D'un autre côté, les populations mixtes sont situées tout entières au-dessus de 12 mg/jour (fig. 86a et b, p. 111). En comparant, figure 91a (p. 116), la population mixte à 32°/12° (16h/8h) à la population tout entière érigée à 32°/12° (16h/8h) $\xrightarrow{13 \text{ jours}}$ 12° (16h/8h), on constate que la valeur de la vitesse de la population érigée, au départ élevée à cause de 32°/12° (16h/8h), conditions propices aux populations mixtes, descend jusqu'à 3 mg/jour. Mais cette valeur de 3 mg/jour correspond à la vitesse atteinte à l'étalement de FT₃ et non à celui de FP ou de FT₁. Comme la plante ne germe pas à 12°C, nous avons dû réaliser le semis à 32°/12° (16h/8h), conditions de développement d'une population mixte. Il convient de noter que dans les populations mixtes ou tout entières volubiles (fig. 86a, b, p. 111), les vitesses à l'étalement des feuilles supérieures à FT₁ sont toutes supérieures à la vitesse à l'étalement de F.P.

Nous supposons qu'il en est de même dans les populations tout entières érigées et que, chez ces dernières, la vitesse à l'étalement de FP devrait être inférieure à 3mg/jour. Cela permettrait de placer

le seuil de vitesse à l'étalement de FP entre les populations tout entières érigées et les populations mixtes, à 2 mg/jour et le seuil de vitesse à FT₁ à 10 mg/jour (les vitesses des populations mixtes étant supérieures à 12 mg/jour).

Ainsi, on pourrait proposer chez Mangetout Princesse un seuil de vitesse de croissance des feuilles, à l'étalement de FP, de l'ordre de :

- 2 mg/jour entre les populations tout entières érigées et les populations mixtes ;
- 50 mg/jour entre les populations mixtes et les populations tout entières volubiles.

De même, il existe un écart important entre les accélérations de croissance pondérale des feuilles entre les populations tout entières volubiles (13 à 36 mg/jour²) et les populations mixtes (4 à 6 mg/jour²), comme le montre le tableau LIX ci-dessus.

Cet écart nous laisse penser que l'on peut proposer comme seuil d'accélération entre les populations mixtes et les populations tout entières volubiles, 10 mg/jour². Pour les populations tout entières érigées, nous n'avons pu avoir de données précises.

Ainsi, le port de la plante peut, chez Mangetout Princesse, être prévu à partir de la vitesse et de l'accélération de croissance pondérale à l'origine (la courbe commence à l'étalement des feuilles primaires) :

- vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles (mg/jour) à l'étalement des feuilles primaires
 - inférieure à 2 mg/jour : port érigé
 - compris entre 2 et 50 mg/jour : population à 2 ports avec le port érigé (court) aux vitesses faibles et le port érigé (long) aux vitesses élevées (fig. 86a et b, p. 111).
 - au-dessus de 50 mg/jour : port volubile.
- accélération de croissance pondérale (mg/jour²) entre

l'étalement des feuilles primaires et celui de la première feuille trifoliolée

- . inférieure à 10 mg/jour² : port érigé + population à 2 ports
- . au-dessus de 10 mg/jour² : port volubile.

Les relations que nous avons établies entre le port de la plante et la vitesse de croissance pondérale moyenne (ou les dimensions) des feuilles peuvent s'expliquer par l'influence de la lumière. De plus, à l'obscurité, le haricot meurt tôt, érigé, au stade de la première feuille trifoliolée, comme dans le cas des plantes expérimentées par TEODORESCU (1951).

En effet, TEODORESCU (1951) met à l'obscurité d'une part des plantes entières, d'autre part des sommets de plantes dont la partie basale reste au soleil. Les plantes tout entières à l'obscurité sont érigées et meurent tôt. Celles dont une partie est au soleil s'enroulent. Lorsque la partie exposée au soleil est dépouillée de ses feuilles, la portion à l'obscurité reste érigée. Les feuilles élaborent à la lumière une substance qui interviendrait dans le volubilisme et sans laquelle il n'y a pas de manifestation de volubilisme.

HENDRICKS (1960) cultive sous un jour de 8h des haricots, var. Pinto. Les uns reçoivent pendant 5 mn du rouge lointain ou rouge long (R.L.), les autres pendant 5 mn du R.L. puis du rouge court (R.C.) également pendant 5 mn. Les plantes ayant reçu 5 mn de R.L. présentent des entre-noeuds longs et un flagelle. Les plantes témoins (qui n'ont rien reçu) et celles qui ont reçu R.L. + R.C. sont identiques, sans flagelle, avec des entre-noeuds courts. Une relation a été mise en évidence entre la longueur de l'entre-noeud et la teneur en phytochrome (forme P₇₃₀). Le phytochrome agirait par un intermédiaire, une gibbérelline ou une substance voisine, qui interviendrait dans la coordination des croissances longitudinale et radiale de la tige.

Le problème est cependant complexe car on peut distinguer, du point de vue du rôle de la lumière (BAILLAUD, 1962) :

- les plantes normalement non volubiles à la lumière mais qui peuvent l'être à l'obscurité : plantules de *Polygonum fagopyrum*, de *Tropaeolum majus*.

- les plantes normalement non volubiles à la lumière mais qui le sont à l'ombre : *Vincetoxicum officinale*.

- celles qui sont volubiles à la lumière et qui sont capables de conserver leur activité motrice à l'obscurité aussi longtemps que leur activité de croissance : les plantes expérimentées par TEODORESCU (1951) rentreraient dans cette catégorie.

- celles qui perdent leur caractère volubile à l'obscurité, même si la croissance persiste : *Bowiea volubilis*, *Apios apios*.

B. RAPPORT ENTRE LE POIDS FRAIS DES FEUILLES ET CELUI DE LA TIGE.

On observe chez Mangetout Princesse une particularité que l'on ne retrouve pas chez Myrto et Coco nain, c'est l'apparition du flagelle peu après que le poids frais des feuilles soit égal à celui de la tige. Cela nous a amené à étudier le rapport poids frais des feuilles/poids frais de la tige au cours du temps. Evalué dans des populations homogènes de plantes érigées, de plantes volubiles et dans des populations hétérogènes où coexistent les 2 ports, ce rapport, relevé au cours du temps, permet d'obtenir des courbes distinctes les unes des autres (fig. 78-79, p. 103-104) : pour un même nombre de jours après le semis, le rapport le plus faible correspond à la population érigée, le rapport intermédiaire à la population mixte et le rapport le plus élevé à la population volubile (fig. 79b, p. 104). La pente des courbes entre FP (feuilles primaires) et FT₁ (première feuille trifoliolée) est d'autant plus élevée que la plante est volubile et d'autant plus faible que la plante est érigée. Cette similitude avec l'accélération (fig. 86b et 86d, p. 111) évaluée entre l'étalement des feuilles primaires et de la première feuille trifoliolée vient du fait que le rapport poids frais des feuilles/poids de la tige est égal au quotient de la vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles par la vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige.

Ce rapport se révèle être un bon critère de distinction du port de la plante.

C. RESUME.

La vitesse de croissance pondérale des feuilles s'élève au cours du temps jusqu'à un maximum. Pour une même variété, la vitesse dépend des conditions du milieu : elle est maximale à 25°C pour Mangetout Princesse par exemple. La vitesse de croissance pondérale à l'origine (étalement des feuilles primaires) et l'accélération à l'étalement de la première feuille trifoliolée laissent prévoir tôt le port de la plante.

Le rapport poids frais des feuilles/poids frais de la tige au cours du temps est un bon critère de distinction du port : la pente de cette courbe entre l'étalement des feuilles primaires et de la première feuille trifoliolée est d'autant plus élevée que la plante est volubile et d'autant plus faible que la plante est érigée.

I I

C R O I S S A N C E P O N D E R A L E d e l a T I G E .

Si déjà l'augmentation de la masse des feuilles participe, comme nous venons de le voir, à l'édification du port de la plante, celle de la masse de la tige intervient sûrement.

Pour bien saisir cette intervention, nous considérerons d'abord les généralités sur les paramètres pondéraux utilisés, puis l'application de ces derniers à la tige entière, aux entre-noeuds et aux portions d'entre-noeuds.

A. GENERALITES SUR LES PARAMETRES PONDERAUX.

Deux paramètres pondéraux sont utilisés, la densité linéaire

et la flexibilité.

1. Définition de ces paramètres.

Le paramètre pondéral le plus connu est la densité volumique, c'est-à-dire le quotient de la masse par le volume. Or, dans le cas de la plante, le volume de la tige est difficile à évaluer alors que la mesure de sa longueur est aisée. Il s'ensuit que, dans cette étude, le paramètre densité linéaire, c'est-à-dire le quotient de la masse par la longueur, plus facile à obtenir, sera utilisé de préférence à la densité volumique.

Or, dans le cas général d'une hélice, d'un mouvement périodique, d'une onde, il existe, entre la vitesse et la densité linéaire, une relation que l'on peut énoncer de la façon suivante : la vitesse de propagation (V_0) est égale à la racine carrée du quotient de la tension (τ_0) (qui est une mesure de l'élasticité) par la densité linéaire (ρ_0) soit

$$V_0 = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho_0}} \quad (15).$$

Comme l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur suit le tracé progressif d'une hélice, nous définissons par analogie à la tension, c'est-à-dire à l'élasticité, la "flexibilité" de la partie en voie de croissance (ou "flexibilité cinétique") comme étant le paramètre

$$\tau_0 = \rho_0 \cdot V_0^2 \quad (15').$$

Et la relation (15), dans le cas de la plante, peut s'énoncer ainsi : la vitesse de progression rectiligne (V_0) le long du tuteur est égale à la racine carrée du quotient de la "flexibilité" (τ_0) de la partie en voie de croissance par la densité linéaire (ρ_0).

Les paramètres pondéraux que nous utiliserons seront donc la densité linéaire et la "flexibilité" de la partie en voie de croissance. Comme il existe une relation

$$V_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + V_0^2} \quad (14)$$

entre la vitesse de progression (V_0) et la vitesse longitudinale (V_1), il serait intéressant de pouvoir exprimer ces 2 paramètres pondéraux en fonction de la vitesse de croissance longitudinale, mesurable aussi bien chez la plante érigée que chez la plante volubile, alors que la vitesse de progression rectiligne reste propre à la plante volubile.

2. Autre expression de ces 2 paramètres à l'aide de la vitesse de croissance longitudinale.

2.1. Densité linéaire.

La densité linéaire (ρ_0) d'un objet pris entre 2 points de

repère est définie par le quotient de la variation de la masse par celle de la distance entre ces 2 points, soit $\rho_0 = \frac{\Delta m}{\Delta l}$. Or, $\frac{\Delta m}{\Delta l} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \times \frac{\Delta t}{\Delta l} = V_2 \times \frac{1}{V_1} = \frac{V_2}{V_1}$ d'où :

$$\rho_0 = \frac{V_2}{V_1} \quad (16)$$

où V_2 = vitesse de croissance pondérale et V_1 = vitesse de croissance longitudinale.

La densité linéaire (ρ_0) est donc le quotient de la vitesse de croissance pondérale (V_2) par la vitesse de croissance longitudinale (V_1).

2.2. "Flexibilité" de la partie en voie de croissance.

La relation

$$\tau_0 = \rho_0 \cdot V_0^2 \quad (15')$$

de définition de la "flexibilité" fait intervenir le paramètre vitesse ; cette "flexibilité" ne peut donc concerner que les parties en voie de croissance. Pour les parties non en voie de croissance, la flexibilité doit être déterminée autrement.

Pour exprimer la "flexibilité cinétique" en fonction de la vitesse de croissance longitudinale, tirons de la relation

$$V_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + V_0^2} \quad (14)$$

la valeur de la vitesse de progression rectiligne (V_0), soit :

$$V_0^2 = V_1^2 - (\omega A)^2 = (V_1 + \omega A)(V_1 - \omega A)$$

où ω = vitesse de rotation angulaire et A = amplitude de l' "enroulement".

En portant cette valeur V_0 dans la relation (15'), on obtient :

$$\tau_0 = \rho_0 [V_1^2 - (\omega A)^2] \quad (17)$$

$$\text{ou} \quad \tau_0 = \rho_0 (V_1 + \omega A)(V_1 - \omega A) \quad (18)$$

Si, dans ces équations (17) et (18), on porte la valeur de ρ_0 , tirée de la relation (16), on obtient :

$$\tau_0 = \frac{V_2}{V_1} (V_1 + \omega A)(V_1 - \omega A) \quad (19)$$

$$\text{ou} \quad \tau_0 = V_1 \cdot V_2 - \frac{V_2}{V_1} (\omega A)^2 \quad (20).$$

La relation (20) montre qu'à un terme correctif près, la "flexibilité cinétique" est égale au produit des 2 vitesses de croissance longitudinale et pondérale. Dans le cas où ce terme correctif est nul ou négligeable, la vitesse de croissance intervient sous 2 aspects : le quotient

des vitesses de croissance pondérale et longitudinale, qui est la densité linéaire et le produit de ces 2 vitesses, qui est la "flexibilité cinétique".

Le terme correctif est nul lorsque la vitesse de rotation angulaire (ω) est nul ; il est négligeable lorsque la vitesse de rotation (ω) ou l'amplitude de l' "enroulement" tend à s'annuler.

2.2.1. Discussion.

- Cas où $\omega = 0$. C'est celui de la plante érigée (ou rampante). La "flexibilité cinétique" est rigoureusement égale au produit des 2 vitesses.

- Cas où $\omega \rightarrow 0$. C'est le cas de plantes qui s'enroulent très lentement.

- Cas où $A \rightarrow 0$. C'est le cas d'un tuteur très mince.

Dans ces 2 derniers cas, le terme correctif devient petit ; et s'il l'est assez pour être négligeable, la "flexibilité" peut être considérée comme égale au produit des 2 vitesses de croissance.

Comme ce terme correctif $\rho_0 \cdot (\omega A)^2$ s'applique uniquement aux plantes volubiles, les relations (17), (18), (19) et (20) sont générales et permettent de calculer la "flexibilité cinétique" des 3 types de port (érigé, rampant et volubile).

La détermination du terme correctif suppose que l'on s'adresse à un individu (représentatif du lot par exemple) car il faut connaître la vitesse de rotation angulaire (ω) et l'amplitude de l' "enroulement" (A). Dans le cas contraire, on pourrait examiner l'erreur que l'on commet en assimilant la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur à la vitesse de croissance longitudinale c'est-à-dire en supposant que le tuteur est très fin. Calculons, dans ces deux cas, l'erreur commise en négligeant le terme correctif.

2.2.2. Calcul de l'erreur commise en négligeant le terme correctif.

- Cas d'un individu moyen, représentatif du lot : Mangetout

Princesse 25°C (fig. 74, p. 98).

Au 18ème jour après le semis, jour du prélèvement, nous avons :

$$\rho_0 = 0,0134 \text{ g/cm} \quad \omega = 7,85 \text{ rd/jour} \quad V_0 = 11,25 \text{ cm/jour} \quad A = 0,425 \text{ cm}$$

D'où :

$$\rho_0 (\omega A)^2 = 0,1491$$

$$\tau_0 = \rho_0 (V_0)^2 = 1,6959 \text{ ergs/jour}^2$$

$$\tau_0' = V_1 \cdot V_2 = 1,8450 \text{ ergs/jour}^2 \text{ [car } \tau_0 + \rho_0 (\omega A)^2 = V_1 \cdot V_2 \text{ selon (17) et (20)]}$$

$$\text{Erreur en \% sur } \tau_0 = 0,1491/1,6959 = 0,088 \text{ \# } 9 \%$$

$$\text{Erreur en \% sur } \tau_0' = 0,1491/1,8450 = 0,081 \text{ \# } 8 \%$$

L'erreur que l'on commet en ne tenant pas compte du terme correctif $[\rho_0 (\omega A)^2]$ est donc ici de 8 à 9 %.

- Cas général de nos essais :

Tableau LX. - Erreur commise en assimilant la hauteur enroulée à la longueur enroulée.

variété	milieu	Date de semis	Nombre d'individus	Longueur de la plante (cm) (1)	Hauteur (cm) de la plante (2)	(1) - (2)	(1) - (2)	Hauteur (cm) enroulée (3)	Longueur (cm) enroulée (3) + [(1)-(2)]	(1) - (2)
							(1)			(3) + [(1)-(2)]
Coco à rames	serre	26.01.81	18	91,5	83,1	8,4	9 %	57,9	66,3	13 %
		26.01.81	pied n°7	94,3	87,5	6,8	7 %	59,5	66,3	10 %
		26.02.81	18	147,6	135,5	12,1	8 %	100,3	112,4	11 %
		05.11.81	6	58,1	53,7	4,4	8 %	29,1	33,5	13 %
		16.06.81	18	208,2	201,1	7,1	3 %	100,1	107,2	7 %
Myrto	30°/20°	-	6	99,1	94,8	4,3	4 %	49,9	54,2	8 %
	20°C	-	5/6	55,8	52,9	2,9	5 %	15,1	18,0	16 %
Nabel	30°/20°C	-	6	65,0	62,9	2,1	3 %	25,7	27,8	8 %
	20°C	-	2/6	45,1	42,0	3,1	7 %	16,5	19,6	16 %

Dans nos essais, l'amplitude de l' "enroulement" correspond à la somme des rayons du tuteur et de la tige ; elle varie entre 0,37 cm et 0,47 cm ; l'erreur commise en assimilant la hauteur enroulée à la longueur enroulée et, par suite, la vitesse de progression rectiligne (V_0) à la vitesse de croissance longitudinale (V_1), c'est-à-dire en négligeant le terme correctif $[\rho_0(\omega A)^2]$, est de 7 à 16 % comme le montre le tableau LX ci-dessus. L'erreur calculée sur l'individu moyen de Mangetout Princesse à 25°C (8 à 9 %) rentre bien dans cet intervalle.

Ainsi, dans nos essais, l'erreur commise en négligeant le terme correctif est de 8 à 16 %, soit de l'ordre de 15 %.

3. Exemple des deux modes d'expression des paramètres pondéraux.

Voici un exemple de calcul de la densité linéaire et de la "flexibilité" par les 2 méthodes préconisées, exemple illustré par le tableau suivant :

Tableau LXI. Comparaison des 2 modes d'expression de la densité linéaire et de la "flexibilité" chez Mangetout Princesse à 20°C.

Nombre de jours après le semis	stade		longueur moyenne de la tige (cm)	masse fraîche moyenne de la tige (g)	vitesse de croissance		densité linéaire ρ_0 (g/cm)		flexibilité cinématique τ_0 (ergs/jr ²)	
	foliaire	nombre de tours de tuteur			longitudinale (cm/jr)	pondérale (g/jr)	$\frac{\text{masse}}{\text{longueur}}$	V_2/V_1	$V_1 \times V_2$	$\rho_0(V_1)^2$
13	FP	0	12,2	0,818	0,9	0,063	0,067	0,067	0,06	0,06
17	FT ₁	0*	34,2	1,109	2,0	0,065	0,032	0,032	0,13	0,13
20	FT ₂	2,9	56,5	1,485	2,8	0,074	0,026	0,026	0,21	0,20
25	FT ₃	7,7	107,1	2,290	4,3	0,092	0,021	0,021	0,40	0,39

FP = étalement des feuilles primaires

FT_n = étalement de la feuille trifoliolée de rang n

0* = apparition du flagelle et contact avec le tuteur.

On constate que les valeurs de la densité linéaire et de la "flexibilité", calculées par les 2 méthodes, sont les mêmes. Les valeurs de la "flexibilité" sont sans erreur avant l' "enroulement" et avec une erreur de l'ordre de 15 % après le début de l' "enroulement".

B. APPLICATION DES PARAMETRES PONDERAUX A LA TIGE.

Les deux paramètres pondéraux, la densité linéaire (ρ_0) et la "flexibilité" (τ_0), nécessitant, pour être calculés, la connaissance de vitesses de croissance longitudinale (V_1) et pondérale (V_2), ces deux dernières doivent être également étudiées.

La vitesse de croissance longitudinale correspond ici à la période située entre la date de semis et celle du prélèvement. Les résultats obtenus [fig. 87 (p. 112) et 91b (p. 116) pour Mangetout Princesse, 93 (p. 118) pour Myrto et 98 (p. 123) pour Coco nain] plus faibles que la vitesse au "plein régime" précédemment envisagée, sont similaires. Ils interviendront dans l'évaluation de la densité linéaire et de la "flexibilité".

Les différents paramètres seront calculés pour la période date de semis - date de prélèvement comme dans le cas de la vitesse de croissance longitudinale sur Mangetout Princesse (fig. 87 à 91, p. 112 à 116), Myrto (fig. 93 à 96, p. 118 à 121) et Coco nain (fig. 98 à 101, p. 123 à 126).

La détermination des valeurs moyennes de ces paramètres sur la tige entière ne fournit pas autant de précision que l'étude des entre-noeuds entiers ou des portions d'entre-noeud. Elle donne cependant un ordre de grandeur utile.

1. Vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige.

Au cours de la vie de la plante. Chez Mangetout Princesse par exemple, à 15°C, 20°C et 25°C, la vitesse pondérale moyenne de la tige s'élève au cours du temps jusqu'à un maximum (fig. 88a, p. 113); à 30°C et à 32°/12°C (16h/8h), cette vitesse décroît au cours du temps (fig. 88a, p. 113).

En fonction de la température. Chez Mangetout Princesse par exemple, la vitesse évolue en fonction de la température suivant une courbe en cloche (fig. 88c, p. 113) avec un maximum à 30°C pour la vitesse à l'étalement des feuilles primaires, à 25°C pour la vitesse à l'apparition du flagelle et la vitesse maximale atteinte au cours de la vie de la plante.

Port de la plante. Dans une population où les 2 ports coexistent, la vitesse de croissance pondérale est en général plus faible chez la plante érigée que chez la plante volubile, comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXII. Comparaison de la vitesse de croissance pondérale moyenne chez la plante érigée et la plante volubile d'une population mixte.

Variété	Mangetout Princesse		Myrto		Coco nain (serre)	
Condition du milieu	32°/12°C (16h/8h)		15°C		semis du 05.05.82	
Nombre de jours après le semis	23		58		34	
Port	érigé	flagelle	érigé	volubile	érigé	volubile
V ₂ (mg/jour)	48	56	25	60	96	134

Si l'on compare la plante érigée d'une population mixte de Mangetout Princesse [32°/12°C (16h/8h)] à son homologue d'une population tout entière érigée [32°/12°C (16h/8h) $\xrightarrow{13 \text{ jours}}$ 12°C (16h/8h)], on constate que la vitesse de celle de la population homogène est inférieure à la vitesse de celle de la population mixte (fig. 91c, p. 116).

Enfin, les courbes de vitesse de croissance pondérale au cours du temps (fig. 88a, p. 113) des populations homogènes volubiles (20°C, 25°C et 30°C) se situent au-dessus de celles des populations mixtes [15° et 32°/12°C (16h/8h)].

Ainsi, plus la vitesse de croissance pondérale est élevée, plus la plante est volubile ; plus elle est faible, plus la plante est érigée.

2. Densité linéaire moyenne de la tige.

Au cours de la vie de la plante. La densité linéaire décroît au cours du temps comme pour atteindre une limite inférieure, chez Mangetout Princesse par exemple (fig. 89a, b, p. 114) ou remonter après cette limite à l'instar d'une courbe en V, chez Coco nain par exemple (fig. 100a, b, p. 125). Il existe de ce fait une densité linéaire minimale au cours de la vie de la plante.

En fonction de la température. La densité linéaire chez Mangetout Princesse par exemple (fig. 89c, p. 114) décroît en fonction de la température. Il en est de même chez Myrto pour les densités maximale et minimale atteintes au cours de la vie de la plante (fig. 95c, p. 120).

Port de la plante. Plus les densités linéaires faibles apparaissent tôt en fonction du nombre de feuilles de la plante, [fig. 89b (p. 114) chez Mangetout Princesse, 95b (p. 120) chez Myrto et 100b (p.125) chez Coco nain], plus le port est volubile ; plus elles apparaissent tard, plus la plante est érigée (fig. 91d, p. 116). La pente de la courbe de densité linéaire en fonction du nombre de feuilles étalées au cours du temps, considérée entre les feuilles primaires et la première feuille trifoliolée, est liée au port de la plante : plus elle est faible, plus la plante est érigée, plus elle est élevée, plus la plante est volubile.

Chez la plante érigée (population homogène ou mixte), la densité linéaire est plus élevée que chez la plante volubile (population homogène) : fig. 89a, b (p. 114) - 91d (p. 116) - 95a (p. 120) - 100a, b (p. 125).

Dans une population où les 2 ports coexistent, la densité linéaire moyenne, en fin de croissance longitudinale de la tige, est élevée pour la plante érigée et faible pour la plante volubile chez Mangetout Princesse [fig. 89b, p. 114, à 15°C et à 32°/12°C (16h/8h)] ; c'est l'inverse chez Myrto (fig. 95a, b, p.120, à 15°C) et Coco nain (fig. 100b, p. 125, semis du 05.05.82).

Mais si, alors que la croissance longitudinale de la tige se poursuit encore, on considère seulement la partie en voie de croissance (et non plus comme précédemment la tige entière qui comprend à la fois des parties âgées et des parties jeunes), la densité linéaire, relative uniquement à la partie jeune, est plus élevée chez la plante volubile que chez la plante érigée quelle que soit la variété, comme l'indiquent la figure 105d (p. 134) et le tableau suivant :

Tableau LXIII.- Densité linéaire dans des populations mixtes en voie de croissance.

Variété	Mangetout Princesse		Myrto		Coco nain (serre)	
Conditions du milieu	32°/12°C (16h/8h)		15°C		semis du 05.05.82	
Intervalle de temps (nombre de jours après le semis)	19 - 23		22 - 58		31 - 34	
Port	sans flagelle	avec flagelle	érigé	volubile	érigé	volubile
Densité linéaire en poids frais (mg/cm)	13,0	16,2	60,9	74,0	70,5	76,6

Au cours de l'édification du port de la plante, la densité linéaire est, en général, plus élevée chez la plante volubile que chez la plante érigée.

La densité linéaire minimale atteinte au cours de la vie de la plante décroît de la plante érigée à la plante volubile, quelle que soit la variété, comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXIV.- Gradient de densité linéaire minimale de la plante érigée à la plante volubile.

Variété	Mangetout Princesse					Myrto			Coco nain à la serre semis du :		
	32°/12° → 12°	15°C	20°C	25°C	30°C	32°/12°	15°C	20°C	17.02.82	05.05.82	02.07.82
Port	E	E + V	V	V	V	E + V	E + V	V	E	E + V	V
Densité linéaire (mg/cm)	47,6	37,6	21,4	17,7	13,0	18,4	54,6	40,0	65,8	65,0	57,7

E = population homogène de plantes érigées

V = population homogène de plantes volubiles

E + V = population mixte où coexistent les 2 ports.

La densité linéaire minimale s'élève de Mangetout Princesse vers Coco nain. Cela apparaît nettement quand on compare les populations mixtes des 3 variétés. Ce gradient rappelle celui du tableau 13 (p. 155) d'aptitude au volubilisme. Cette densité linéaire minimale semble donc importante.

3. "Flexibilité cinétique" moyenne de la tige.

La "flexibilité cinétique" a été définie, on s'en souvient, comme le produit (15') de la densité linéaire par le carré de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur ou, avec une erreur de 8 à 16 %, comme le produit (20) des vitesses de croissance longitudinale et pondérale.

Au cours de la vie de la plante, la "flexibilité"

- décroît chez la plante érigée [(fig. 91e (p. 116) pour Mangetout Princesse - fig. 101a (p. 126) pour Coco nain)],

- est presque constante dans une population mixte [(fig. 90a (p. 115) pour Mangetout Princesse à 15°C et à 32°/12°C - fig. 96a (p. 121) pour Myrto à 15°C)],

- s'élève chez la plante volubile [(fig. 90a (p.115) pour Mange-tout Princesse de 20°C à 30°C, fig. 96a (p. 121) pour Myrto à 20°C et fig. 101a (p. 126) pour Coco nain au semis du 02.07.82].

En fonction de la température, elle évolue suivant une courbe en cloche (fig. 90c (p. 115) pour Mangetout Princesse par exemple) dont le maximum est à 25°C pour les plantes prélevées au stade de l'apparition du flagelle ou au stade de la "flexibilité" maximale atteinte au cours de la vie de la plante. Pour les plantes prélevées au stade des feuilles primaires, le maximum est à 30°C.

Dans une population où les 2 ports coexistent, la "flexibilité" de la plante érigée est toujours inférieure à celle de la plante volubile quelle que soit la variété, comme l'indiquent les figures [90b (p.115) à 15°C et à 32°/12°C (16h/8h), 96a et b (p. 121) à 15°C, 101a et b (p. 126) semis du 05.05.82] et le tableau ci-dessous :

Tableau LXV.- "Flexibilité cinétique" dans une population mixte chez 3 variétés.

Variété	Mangetout Princesse				Myrto		Coco nain (serre)			
	32°/12°C (16h/8h)		15°C		15°C		semis du 05.05.82			
Conditions du milieu	23		29		50		58		34	
Port	sans flagelle	avec flagelle	érigé (long)	volu-bile	érigé	volu-bile	érigé	volu-bile	érigé	volu-bile
"Flexibilité" (10 ⁻³ ergs/jr ²)	88	124	82	93	25	32	10	54	125	235

Ainsi, plus la "flexibilité cinétique" s'élève, plus la plante devient volubile.

4. Résumé.

Pour une même variété, les différents paramètres varient simultanément au cours du temps et en fonction des conditions du milieu. Si l'on voulait en choisir un pour rendre compte des modifications observées,

ce serait, à notre avis, la "flexibilité cinétique" qui fait intervenir la densité linéaire et le carré de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, vitesse dont nous avons souligné l'importance dans le dernier chapitre. Plus cette "flexibilité" est faible, plus la plante est érigée ; plus elle est élevée, plus la plante est volubile.

C. APPLICATION DES PARAMETRES PONDERAUX A L'ENTRE-NOEUD ET AUX PORTIONS D'ENTRE-NOEUD.

La densité linéaire est évaluée sur les entre-noeuds des parties âgées et jeunes alors que la "flexibilité" l'est uniquement sur ceux des parties jeunes. Cette évaluation a été effectuée sur entre-noeud entier ou portions d'entre-noeud. Chaque portion mesure 2 à 3 cm de long.

1. Densité linéaire.

L'entre-noeud considéré est adulte ou en voie de croissance.

1.1. Entre-noeud adulte. Une population homogène volubile et une population mixte sont examinées.

1.1.1. Population homogène volubile. Dans une population tout entière volubile, la densité linéaire diminue progressivement, d'entre-noeud en entre-noeud, de l'hypocotyle vers le sommet de la plante.

Chez Coco à rames (fig. 104a, p. 132 = individu "moyen") où le nombre d'entre-noeuds est élevé, on observe, sur la courbe de densité linéaire le long de la tige, une légère ondulation. Une telle ondulation rappelle celle déjà décrite sur la longueur de l'entre-noeud le long de la tige (fig. 8a, p. 34). En outre, le premier entre-noeud à s'enrouler (ici T₅) est très proche de celui à densité linéaire minimale situé entre 2 ondulations. Cela rappelle le fait que sur la courbe (fig. 104f, p. 133) de diamètre le long de la tige (droite à pente négative suivie d'un plateau, ensemble pouvant être répété), le premier entre-noeud à s'enrouler se situe au point de jonction de la droite et du plateau, que la plante soit au soleil, à mi-ombre ou à l'ombre. Et il existe une relation entre la densité

linéaire et le diamètre de l'entre-noeud (fig. 77f, p. 102). Ce caractère intéressant du premier entre-noeud à s'enrouler, observé dans nos essais, mérite encore, pour être généralisé, des observations en nombre élevé, aussi bien sur Coco à rames que sur d'autres variétés.

Chez les variétés naines, où le nombre d'entre-noeuds est faible, par exemple chez Mangetout Princesse à 20°C, la comparaison de la courbe (fig. 104a, p. 132) de densité linéaire le long de la tige avec celle de Coco à rames (fig. 104a, p. 132) montre une certaine similitude. L'ondulation répétée, observée chez Coco à rames, est arrêtée par suite du nombre faible d'entre-noeuds. Cette similitude se retrouve partiellement chez Coco nain, où il y a superposition des 2 courbes (fig. 104a, p. 132) de densité linéaire de Coco nain et de Coco à rames pour les premier, deuxième et troisième entre-noeuds.

1.1.2. Population mixte. Dans une population mixte de Coco nain et de Myrto, la densité linéaire d'un entre-noeud supérieur de la plante érigée est plus faible que celle d'un entre-noeud correspondant de la plante volubile. Par exemple, chez Coco nain à la serre, on peut noter, 34 jours après le semis (semis du 05.05.82) les valeurs de la densité linéaire en poids frais reportées sur le tableau ci-dessous et constater la différence à l'avantage de la plante volubile, surtout sur les derniers entre-noeuds :

Tableau LXVI.- Densité linéaire en poids frais (mg/cm) chez Coco nain à la serre (population mixte du semis du 05.05.82)

OC = hypocotyle CP = premier entre-noeud
 T_n = entre-noeud de rang (n + 1)

Port \ Entre-noeud	OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
érigé	149	127	114	83	56	35	20
volubile	151	120	103	84	63	49	43

Cette différence entre entre-noeuds de plante érigée et volubile ne va pas toujours dans le même sens puisque, chez Mangetout

Princesse, la densité linéaire d'un entre-noeud de plante érigée est plus élevée que celle correspondante de la plante volubile, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Tableau LXVII.- Densité linéaire chez Mangetout Princesse à 32°/12°C (16h/8h).

OC = hypocotyle CP = premier entre-noeud
 T_n = entre-noeud de rang (n + 1).

Densité linéaire en poids	Port	Entre-noeud							
		OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
frais (mg/cm)	érigé	82,3	41,6	17,4	16,8	16,2	16,5	19,6	17,9
	volubile	59,7	34,3	15,5	14,3	12,8	16,5	19,6	-
sec ($\frac{1}{10}$ mg/cm)	érigé	62,8	38,1	25,1	24,2	23,6	23,4	23,8	17,8
	volubile	54,0	35,1	23,9	22,7	20,3	22,8	23,7	-

Ces résultats confirment ceux déjà observés sur la tige entière.

1.2. Entre-noeud en voie de croissance.

1.2.1. Aspect statique. Cette différence de densité linéaire d'un entre-noeud adulte à l'autre d'une part et d'une variété (Mangetout Princesse) à l'autre (Coco nain et Myrto) d'autre part, nous a amené à évaluer la densité linéaire des entre-noeuds en voie de croissance. Dès lors, cette dernière, chez Mangetout Princesse aussi, est supérieure pour une plante volubile [fig. 105(d), p. 134 ; ρ_0 au stade flagelle].

On constate cependant une période intermédiaire, celle qui vient immédiatement après l'apparition du flagelle, où la plante érigée l'emporte sur la plante volubile.

Pour mieux cerner ce qui se passe au cours de la croissance de la tige, nous avons examiné d'autres paramètres (fig. 105, p. 134) : les vitesses de croissance pondérale des feuilles (V_3) et de la tige (V_2), la vitesse de croissance longitudinale (V_1) et la "flexibilité cinétique" (τ_0) de la tige. On se rend alors compte que l'apparition du flagelle est

précédée et suivie d'une baisse de la valeur de tous les paramètres, sauf, après l'apparition du flagelle, de la valeur de la vitesse de croissance pondérale des feuilles (V_3) et de la densité linéaire (ρ_0) de la tige chez la plante érigée. D'autre part, la valeur des paramètres chez la plante érigée l'emporte sur celle des mêmes paramètres chez la plante volubile pendant la période qui suit immédiatement l'apparition de l' "enroulement", sauf pour la vitesse de croissance longitudinale (V_1), ce qui confirme l'importance de ce paramètre. Après cette période, c'est la plante volubile qui l'emporte sur la plante érigée comme pendant l'apparition du flagelle.

L'apparition du flagelle est donc une étape importante, caractérisée par une élévation notable de la valeur des différents paramètres.

Ces différents paramètres évalués également sur les parties en voie de croissance chez Myrto à 20°C (où cette variété est volubile) au stade de l'apparition du flagelle et chez Coco nain à la serre (population mixte, semis du 05.05.82), indiquent une élévation de la valeur de tous ces paramètres chez la plante volubile par rapport à leurs valeurs chez la plante érigée (tableau ci-dessous) :

Tableau LXVIII.- Valeur des différents paramètres pondéraux chez une plante érigée ou une volubile dans une population mixte de Myrto à 20°C et de Coco nain à la serre.

$$T_n = \text{entre-noeud de rang } (n + 1).$$

Paramètres	Myrto à 20°C		Coco nain à la serre (semis du 05.05.82)	
	T ₁		T ₄	
Entre-noeud	sans flagelle	avec flagelle	érigé	volubile
Port				
"Flexibilité" (ergs/jr ²)	0,24	0,32	1,95	8,35
Densité linéaire en poids frais (mg/cm)	40,9	43,5	70,5	76,6
Vitesse de croissance en longueur (cm/jour)	2,4	2,7	5,3	10,4
Vitesse croissance pondérale tige (mg/jour)	98,9	117,2	371	800
Vitesse croissance pondérale feuilles (mg/jour)	268,7	306,6	1682	3369
Intervalle de temps (nombre jours après semis)	10-19	10-19	31-34	31-34

L'édification du port volubile nécessite un métabolisme actif.

Discussion :

Nous constatons que, dans une population mixte, la densité linéaire, évaluée sur la partie en voie de croissance, est plus élevée chez la plante volubile que chez la plante érigée pour Mangetout Princesse, Myrto et Coco nain. Il en est de même chez Myrto et Coco nain de la densité linéaire évaluée sur la tige entière ou sur l'entre-noeud en fin de croissance longitudinale. Par contre chez Mangetout Princesse, la densité de la tige entière ou de l'entre-noeud en fin de croissance longitudinale est plus élevée pour la plante érigée que pour la plante volubile. Un certain nombre de questions se posent alors :

- la première : cette différence est-elle significative ? Il faudrait continuer l'investigation par des observations sur un nombre plus élevé de plantes.

- la seconde : cette différence est-elle liée au caractère variétal ? Il faudrait noter, sur un nombre plus élevé de variétés, celles qui se comportent comme Mangetout Princesse et celles qui se comportent comme Myrto et Coco nain.

- la troisième : cette différence est-elle liée aux intervalles de classes des valeurs de la densité linéaire chez ces trois variétés ? En effet, les valeurs de la densité linéaire, sur la tige entière par exemple, se situent :

- . chez Mangetout Princesse (fig. 89 b, p. 114)
 - o à 32°/12°C (16h/8h) entre 20 et 25 mg/cm pour la plante volubile, 25 et 30 mg/cm pour la plante érigée ;
 - o à 15°C, jour continu, entre 35 et 40 mg/cm pour la plante volubile, 55 et 60 mg/cm pour la plante érigée.

- . Chez Myrto à 15°C, jour continu (fig. 95a, b, p. 120), entre 57 et 60 mg/cm pour la plante érigée, 68 et 72 mg/cm pour la plante volubile.

. chez Coco nain à la serre, semis du 05.05.82 (fig. 100a, b, p. 125), entre 75 et 80mg/cm pour les 2 ports.

Le comportement de la variété est-il différent suivant que les intervalles de classes de la densité linéaire sont faibles (cas de Mangetout Princesse) ou élevés (cas de Myrto et de Coco nain) ?

- la quatrième : on observe une différence similaire pour la vitesse de croissance pondérale chez Mangetout Princesse à 15°C (fig. 88b, p. 113) d'une part, chez Myrto à 15°C (fig. 94a, b, p. 119) et Coco nain à la serre (fig. 99a, b, p. 124 - semis du 05.05.82) d'autre part. Comme la densité linéaire est le quotient de la vitesse de croissance pondérale par la vitesse de croissance longitudinale, la vitesse de croissance pondérale peut être l'une des causes de la différence observée.

- Enfin, comme nous l'avons souligné, la valeur d'un paramètre évaluée sur la tige entière, qui comprend à la fois des parties âgées et des parties jeunes, est moins précise que celle évaluée sur la partie en voie de croissance. Si donc une différence se manifeste entre la valeur d'un paramètre évaluée sur la partie en voie de croissance et celle évaluée sur la tige entière (ou un entre-noeud en fin de croissance), c'est la valeur de la partie en voie de croissance qui doit être prise en considération : elle est plus précise et elle est susceptible de mieux nous renseigner sur le mécanisme de l'édification du port de la plante au cours du temps. Cela ne veut pas dire qu'il faille rejeter toute étude différente de celle de la partie en voie de croissance. La logique veut en effet que l'on considère d'abord la tige entière, ensuite l'entre-noeud et enfin seulement les portions d'entre-noeud (ou la partie en voie de croissance).

1.2.2. Aspect dynamique (fig. 102, 103, pages 127 à 131).

Nous examinerons, au cours du temps, le poids frais, le poids sec et la teneur en eau.

- Poids frais :

D'entre-noeud en entre-noeud, on observe un gradient de densité linéaire en poids frais, de la base de la plante vers le sommet, les entre-noeuds supérieurs étant les plus légers (fig. 102.1a, 102.2a, 102.3a, 103, pages 127 à 131).

- Poids sec (fig. 102.1b, 102.2b, 102.3b, pages 127 à 129).

Les poids secs notés entre l'apparition du flagelle (35ème jour après le semis à 15°C, 17ème jour à 20°C et 11ème jour à 25°C) et la fin de nos mesures peuvent être considérés comme constants à 20°C et à 25°C (4,2 à 6,0 mg/cm à 20°C, 4,0 à 4,5 mg/cm à 25°C chez l'hypocotyle) où la population tout entière est volubile avec un nombre de tours de tuteur élevé (7 à 9). Par contre, ils sont élevés à 15°C (8,0 à 13,5 mg/cm chez l'hypocotyle) où la population est mixte et où le nombre de tours de tuteur est faible (valeurs extrêmes : 0 à 3).

Comme le niveau le plus bas où la plante commence à s'enrouler est l'entre-noeud T_2 (jamais T_1 , sauf dans les expériences d'action gibbérellique où T_1 acquiert une densité linéaire beaucoup plus faible qu'à l'ordinaire), il est intéressant de considérer surtout le poids sec de T_2 et des entre-noeuds supérieurs. La densité linéaire de T_2 , à peu près similaire à 20°C et 25°C (0,6 à 1,4 mg/cm) est inférieure à celle à 15°C (2,0 à 3,7 mg/cm). En outre, les entre-noeuds supérieurs à T_2 présentent des densités linéaires qui, à 20°C et 25°C, sont inférieures à celle de T_2 , et qui, à 15°C, sont, en grande partie, supérieures à celle de T_2 .

Plus la densité linéaire en poids sec est élevée, plus le port est érigé ; plus elle est faible, plus le port est volubile.

- Teneur en eau en pourcent du poids frais (fig. 102.1c, 102.2c, 102.3c, pages 127 à 129).

Si, entre l'apparition du flagelle et la fin des mesures, on considère l'entre-noeud T_2 où commence l'enroulement et les entre-noeuds supérieurs, on constate que, à 20°C et 25°C, les teneurs en eau s'élèvent et se situent, au dernier prélèvement, entre 89 % et 91 % à 25°C, 90 % et 93 % à 20°C. Par contre à 15°C, elles baissent de 91 % à 85 % pour T_2 , de 91 % à 89 % pour T_3 , de 84 % à 79 % pour T_4 et T_5 (si l'on ne considère pas la teneur de 69 % de T_5 , 50 jours après le semis).

On peut ainsi noter une différence d'au moins 4 % de teneur en eau (90 % à 94 %) entre les plantes des populations tout entières volubiles (20°C et 25°C) et celles des populations mixtes (15°C). Cette différence

peut être considérée comme significative, comme le montrent la figure 102.4 de la page 130 (les entre-noeuds terminaux en début ou fin de croissance exceptés, les intervalles de confiance ne se superposent pas) et le tableau suivant :

Tableau LXIX.- Moyenne (m) et intervalle de confiance (i) de teneur en eau à 15°C, 20°C, 25°C, au cours des 2 derniers prélèvements, pour les entre-noeuds supérieurs.

température	15°C				20°C				25°C			
Nombre de jours après le semis	42		50		20		25		16		17	
E.N. / m et i	m	i	m	i	m	i	m	i	m	i	m	i
T ₂	89,0	1,6	85,0	4,3	92,3	0,6	90,6	0,2	91,4	0,7	89,1	0,6
T ₃	88,8	1,8	88,8	1,3	85,1	3,6	92,7	0,2	88,7	3,3	90,6	0,8
T ₄	82,4	2,6	78,8	7,2			85,6	3,5			91,9	0,7
T ₅	82,0	3,9	68,8	7,9							85,8	7,1

E.N. = entre-noeud

T_n = entre-noeud de rang (n + 1)

Plus la teneur en eau des parties en voie de croissance est élevée, plus le port est volubile ; plus elle est faible, plus le port est érigé.

1.3. Portions d'entre-noeud.

L' "enroulement" s'effectue uniquement sur les entre-noeuds en voie de croissance. Lorsque la croissance en longueur de l'entre-noeud est terminée, ce qui a lieu en général, suivant nos observations, à l'étalement de la feuille sus-jacente, l'entre-noeud reste figé dans sa position (érigée ou enroulée). Or la croissance, qu'elle soit longitudinale ou pondérale, varie le long de l'entre-noeud. Il est donc nécessaire, pour obtenir plus de précision, de découper en tronçons l'entre-noeud en train de s'enrouler.

Une fois ces tronçons obtenus, nous évaluons pour chaque

entre-noeud et pour chaque tronçon de l'entre-noeud en train de s'enrouler, la longueur, la densité linéaire (en poids frais et en poids sec) et la teneur en eau (en % du poids frais). Les exemples sont pris chez Mangetout Princesse, Coco à rames, Coco nain et Myrto (fig. 104a, b, c, d, e, p. 132). Cela nous a permis de localiser une zone de teneur en eau maximale.

1.3.1. Détermination de la zone de teneur en eau maximale sur des exemples.

1.3.1.1. Exemple de Mangetout Princesse (fig. 104a, b, p. 132).

Mangetout Princesse est cultivé à 20°C en jour continu et prélevé 25 jours après le semis (fig. 72, p. 96). Les valeurs, pour chaque entre-noeud, de la longueur, de la densité linéaire (fig. 104a, p. 132) et de la teneur en eau sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau LXX.- Longueur, densité linéaire et teneur en eau de chaque entre-noeud chez Mangetout Princesse à 20°C.

Paramètres \ Entre-noeud	OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
Longueur (cm)	7,9	6,5	23,6	33,2	30,7	0,8	
Densité linéaire (mg/cm) {	Poids frais	71	51	17	14	13	6
		Poids sec	4,8	3,6	1,6	1,3	0,9
Teneur en eau (en % du poids frais)	93,3	92,9	90,5	90,8	92,8	85,7	

OC = Hypocotyle

CP = premier entre-noeud

T_n = entre-noeud de rang (n + 1)

L'entre-noeud terminal (T₄) est très court (0,8 cm). Comme l'extrémité supérieure libre (par rapport au tuteur) n'existe pas toujours de façon visible et qu'elle mesure au plus, quand elle existe, 5 cm, l'entre-noeud subterminal (T₃) de longueur 30,7 cm est celui où se manifeste l' "enroulement". Il est caractérisé par la densité linéaire en poids sec la plus faible et une teneur en eau maximale (92,8 % compris entre 90,8 % et 85,7 %).

Nous découpons cet entre-noeud T_3 en tronçons d'environ 3 cm chacun. Nous évaluons pour chacun d'eux la longueur, la densité linéaire et la teneur en eau. Nous appelons $T_{3.1}$, le tronçon de l'entre-noeud T_3 adjacent à l'entre-noeud T_4 , tronçon le plus proche du sommet de la plante, $T_{3.2}$ le tronçon suivant et ainsi de suite jusqu'à la base de l'entre-noeud T_3 . Les résultats font l'objet de la figure 104 b (p. 132) et du tableau suivant :

Tableau LXXI.- Longueur, densité linéaire et teneur en eau des portions de l'entre-noeud T_3 de Mangetout Princesse.

Portions Paramètres	$T_{3.10}$	$T_{3.9}$	$T_{3.8}$	$T_{3.7}$	$T_{3.6}$	$T_{3.5}$	$T_{3.4}$	$T_{3.3}$	$T_{3.2}$	$T_{3.1}$	
Longueur (cm)	2,0	2,8	3,3	3,4	3,4	2,9	3,3	3,2	3,4	3,1	
Densité linéaire (mg/cm)	Poids frais	12,9	12,4	13,0	13,4	13,8	13,8	13,9	13,4	12,7	11,5
	Poids sec	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,2	0,8	0,6	0,7	1,1
Teneur en eau (en % du poids frais)	91,5	91,6	91,8	92,2	92,5	91,5	94,5	95,3	94,1	90,8	

La courbe (fig. 104b, p. 132) de la densité linéaire en poids frais le long de l'entre-noeud est une courbe en cloche.

La densité linéaire en poids sec (fig. 104b, p. 132), le long de l'entre-noeud (du bas vers le sommet de la plante), est à peu près constante au niveau des tronçons les plus âgés, décroît au niveau des tronçons jeunes, passe par un minimum (0,6 mg/cm) puis s'élève. Ce minimum retient d'autant plus notre attention qu'il correspond au maximum de la teneur en eau (95,3 %).

La teneur en eau (fig. 104b, p. 132) en effet, à peu près constante dans les tronçons les plus âgés, varie dans les tronçons plus jeunes suivant une courbe en cloche.

Le maximum de teneur en eau correspond très vraisemblablement à une activité biochimique importante.

Nous pouvons alors considérer ce tronçon $T_{3.3}$ caractérisé

par la densité linéaire en poids sec la plus faible (0,6 mg/cm) et la teneur en eau maximale (95,3 %) comme la partie centrale de la zone de teneur en eau maximale. Sa distance au bourgeon terminal, somme des longueurs des entre-noeuds et tronçons d'entre-noeud ($T_4 + T_{3,1} + T_{3,2} = 0,8 + 3,1 + 3,4 = 7,3$; $T_{3,3} = 3,2$ cm) est de 7,3 cm à 10,5 cm. Le milieu de la zone de teneur en eau maximale est donc situé à $8,9 \pm 1,6$ cm du bourgeon terminal.

1.3.1.2. Exemple de Coco à rames (fig. 104a et c, p. 132).

En procédant de la même façon sur Coco à rames à la serre (semis du 02.07.82), on arrive à des résultats similaires, objet des figures 104a et 104c (p. 132) et du tableau ci-dessous :

Tableau LXXII.- Longueur, densité linéaire et teneur en eau par entre-noeud et portions d'entre-noeud de Coco à rames à la serre (semis du 02.07.82).

Entre-noeud Paramètres	...	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁
Longueur (cm)		7,5	13,6	18,5	24,0	22,8	12,2	3,0	0,9
Densité linéaire (mg/cm)	Poids frais	49	36	31	32	32	31	17	11
	Poids sec	5,7	4,4	3,9	3,7	3,1	2,4	2,4	1,3
Teneur en eau (en % du poids frais)		88,5	87,7	87,4	88,6	90,3	92,3	88,6	88,4
Portions Paramètres	...	T _{8.4}	T _{8.3}	T _{8.2}	T _{8.1}	T _{9.4}	T _{9.3}	T _{9.2}	T _{9.1}
Longueur (cm)		3,3	3,2	3,4	3,5	2,5	3,4	3,4	3,3
Densité linéaire (mg/cm)	Poids frais	31	32	34	42	35	32	29	25
	Poids sec	3,0	3,1	2,8	3,0	2,6	2,2	2,1	2,4
Teneur en eau (en % du poids frais)		90,2	90,5	91,6	92,7	92,6	93,0	92,6	90,7

T_n = entre-noeud de rang (n + 1).

La densité linéaire en poids frais (fig. 104a, p. 132) ou en poids sec (tableau ci-dessus) par entre-noeud, décroît le long de la tige de la base vers le sommet de la plante. L'entre-noeud T₉ est caractérisé par une teneur en eau maximale (92,3 %). Découpé en tronçons, il indique que les tronçons T_{9.2} et T_{9.3} sont caractérisés par la densité linéaire

en poids sec minimale (2,1 à 2,2 mg/cm) et la teneur en eau (fig. 104c, p. 132) maximale (93,0 %). Ces derniers caractérisent le zone de teneur en eau maximale. Leur distance, somme des entre-noeuds et portions d'entre-noeud ($T_{11} + T_{10} + T_{9.1} = \underline{7,2}$ cm ; $T_{9.2} + T_{9.3} = \underline{6,8}$ cm), au bourgeon terminal est de 7,2 cm à 13,0 cm. Le centre de cette zone est donc situé à $10,6 \pm 3,4$ cm du bourgeon terminal.

1.3.1.3. Exemple de Coco nain (fig. 104a et d, p. 132) et de Myrto.

De la même manière, nous observons la simultanité du minimum de la densité linéaire en poids sec et du maximum de la teneur en eau chez Coco nain à la serre (semis du 02.07.82 - fig. 104a et d, p. 132) et chez Myrto à 20°C, comme l'indique le tableau suivant :

Tableau LXXIII.- Longueur, densité linéaire et teneur en eau des portions d'entre-noeuds chez Coco nain à la serre et chez Myrto à 20°C.

Portion d'E.N. Paramètres	Myrto à 20°C				Coco nain à la serre (semis du 02.07.82)					
	T _{3.4}	T _{3.3}	T _{3.2}	T _{3.1}	T _{4.5}	T _{4.4}	T _{4.3}	T _{4.2}	T _{4.1}	
Longueur (cm)	2,1	2,9	3,1	2,9	3,3	3,6	3,1	3,3	3,5	
Densité linéaire (mg/cm)	Poids frais	21,0	17,4	16,8	15,2	27,0	25,0	28,5	27,4	24,2
	Poids sec	1,6	1,5	<u>1,4</u>	1,9	2,4	1,9	1,8	<u>1,4</u>	2,0
Teneur en eau (en % du poids frais)	92,3	91,5	<u>91,6</u>	87,5	91,0	92,6	93,8	<u>94,7</u>	91,9	

E.N. = entre-noeud

Le milieu de la zone de teneur en eau maximale est situé, dans le cas de Coco nain, à 6,0 cm et, dans le cas de Myrto, à 4,5 cm du bourgeon terminal.

1.3.2. Essai de récapitulation.

1.3.2.1. Densité linéaire et de la zone de teneur en eau maximale et de l'entre-noeud dont elle fait partie.

Lorsque, dans les différents exemples considérés, l'on compare la densité linéaire en poids frais de la zone de teneur en eau maximale

à celle de l'entre-noeud entier dont elle fait partie, on constate que les 2 densités linéaires sont très proches l'une de l'autre (tableau ci-dessous) :

Tableau LXXIV.- Comparaison de la densité linéaire en poids frais (mg/cm) de la zone de teneur en eau maximale et de l'entre-noeud dont elle fait partie.

Variété	Myrto		Mangetout Princesse		Coco à rames		Coco nain	
	T ₃	T _{3.2}	T ₃	T _{3.3}	T ₉	T _{9.2} - T _{9.3}	T ₄	T _{4.2}
Densité linéaire en poids frais (mg/cm)	<u>16,9</u>	<u>16,8</u>	13,1	13,4	30,7	30,4	25,9	27,4

E.N. = entre-noeud.

On en déduit que l'évaluation de la densité linéaire en poids frais de l'entre-noeud en train de s'enrouler donne une bonne approximation de la densité linéaire de la zone de teneur en eau maximale.

1.3.2.2. Caractères de la zone de teneur en eau maximale.

La zone de teneur en eau maximale est caractérisée par sa distance au bourgeon terminal et par sa densité linéaire. La valeur de ces paramètres dépend à la fois de la variété et des conditions du milieu comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXXV.- Distance au bourgeon terminal et densité linéaire de la zone de teneur en eau maximale.

Conditions du milieu	20°C			Serre (semis du 02.07.82)	
	Mangetout Princesse	Myrto	Coco nain	Coco nain	Coco à rames
Distance milieu zone - apex (cm)	8,9	4,5	0	6,0	10,6
Densité linéaire (mg/cm) {	13,4	16,8	-	27,4	30,4

Distance bourgeon apical - milieu de la zone de teneur en eau maximale.

Comme la teneur en eau s'élève de la base de l'entre-noeud à la zone de teneur en eau maximale (fig. 104b, c, d, p. 132) et qu'il existe (fig. 110d, p. 141 bis) une relation entre cette teneur en eau et la flexibilité, les portions les plus basses de cet entre-noeud sont les plus rigides et les portions les plus proches du milieu de la zone de teneur en eau maximale, les plus flexibles. Or, seule la partie flexible de la tige est capable de contourner le tuteur lors de l' "enroulement" si elle est suffisamment longue. Donc, la distance bourgeon apical - milieu de la zone de teneur en eau maximale intervient dans le déterminisme du port de la plante : plus elle est faible, plus la plante est érigée ; plus elle est élevée, plus la plante est volubile. C'est bien ce que l'on observe à 20°C chez Mangetout Princesse (8,9 cm) et Myrto (4,5 cm) et à la serre chez Coco à rames (10,6 cm) et Coco nain (6,0 cm).

De plus, comme cette zone est caractérisée par la teneur en eau maximale de l'entre-noeud en voie d'enroulement, on peut en déduire que la nutrition hydrique intervient dans le déterminisme du port de la plante (fig. 110b, p.141).

Densité linéaire. Si on range les variétés naines selon leur aptitude au volubilisme, comme dans le tableau 13 (p. 155), on constate, bien que les conditions du milieu de culture soient différentes, que les valeurs de la densité linéaire en poids frais les plus faibles correspondent aux variétés les plus volubiles (Mangetout Princesse) et les plus fortes, aux variétés les moins volubiles (Coco nain). C'est dire que la densité linéaire en poids frais est un indice du degré de volubilité.

La valeur plus élevée de la densité linéaire chez Coco à rames que chez Coco nain, alors que Coco à rames est évidemment plus volubile, est peut-être liée à la différence entre les variétés à rames et les variétés naines. Comme chez les variétés naines, il existe aussi chez les variétés à rames une aptitude plus ou moins grande au volubilisme (tabl. 12, p. 154). Lorsqu'on pourra établir une relation entre ces deux aptitudes au volubilisme, on pourra mieux comprendre certaines différences

entre les valeurs des paramètres, lors d'une comparaison entre variétés à rames et variétés naines.

2. "Flexibilité cinétique".

La "flexibilité cinétique" est déterminée à différentes températures sur l'entre-noeud entier en voie de croissance (15°C à 30°C - 32°/12°C) et sur la zone de teneur en eau maximale (20°C et 25°C). Elle a été évaluée comme le produit de la densité linéaire par le carré de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, soit

$$\tau_0 = \rho_0 (V_0)^2 \quad (15')$$

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant avec ceux obtenus sur la tige entière (flexibilité maximale au cours de la vie de la plante évaluée avec la relation

$$\tau_0 \neq V_1 - V_2 \quad (20)$$

fig. 90c, p. 115 - fig. 96c, p. 121).

Tableau LXXX.- "Flexibilité cinétique" à différentes températures sur la zone de teneur en eau maximale, l'entre-noeud et la tige entière.

Variété	Mangetout Princesse cultivé à :					Myrto cultivé à
	15°C	20°C	25°C	30°C	32°/12°C (16h/8h)	
"Flexibilité cinétique" déterminée sur :						20°C
tige entière (ergs/jr ²)	0,05	0,39	0,81	0,62	0,10	0,43
entre-noeud terminal (ergs/jr ²)	0,03	2,54	3,21	1,10	0,08	1,37
zone de ^{teneur en eau} courbure maximale (ergs/jr ²)	-	2,60	3,39	-	-	1,36
port	population mixte	volubile			population mixte	volubile

De 15°C à 25°C, la "flexibilité" s'élève ; de 25°C à 30°C, elle baisse. La "flexibilité" de la zone de teneur en eau maximale est à peine plus élevée que celle de l'entre-noeud dont elle fait partie : car sa densité linéaire (ρ_0) est très proche de celle de cet entre-noeud et sa vitesse (V_0), n'ayant pu être évaluée, a été considérée comme égale à celle du même entre-noeud.

Dans les populations mixtes [15° C et 32°/12° C (16h/8h)], la "flexibilité" de l'entre-noeud terminal est sensiblement la même que celle de la tige entière. Cela explique qu'il y ait peu ou pas d'enroulement, la tige entière comportant des parties âgées peu flexibles, et des parties jeunes plus flexibles (différence de flexibilité faible entre parties âgées et parties jeunes).

En comparant Mangetout Princesse (fig. 72, p. 96) et Myrto (fig. 73, p. 97) à 20°C, on constate que la flexibilité est plus faible chez Myrto et que le rapport des flexibilités ($\frac{2,60}{1,36} = 1,91$) est proche de celui des nombres respectifs de tours de tuteur ($\frac{7,7}{4,0} = 1,93$). Un tel résultat est logique puisque la "flexibilité" est définie par l'expression $To \# V_1 \times V_2$ où apparaît la vitesse de croissance longitudinale (V_1). Or, plus cette vitesse est grande, plus la plante est volubile. D'où l'égalité des rapports entre "flexibilités" et tours de tuteur chez les 2 variétés.

Il y a là un rapprochement qui mériterait d'être approfondi et qui justifie l'utilisation de ce paramètre "flexibilité" défini, non par une mesure expérimentale directe, mais seulement par une relation entre données expérimentales.

3. Essai de généralisation.

3.1. Par des répétitions.

Les mesures effectuées sur Mangetout Princesse (fig. 104b, p. 132), Coco à rames (fig. 104c, p. 132), Coco nain (fig. 104d, p. 132) et Myrto sont relatives à l' "individu moyen". Les mêmes mesures effectuées avant l'étalement de la dernière feuille trifoliolée sur Mangetout Princesse (6 répétitions) à 25°C (fig. 104e, p. 132) conduisent à des résultats similaires où l'on peut noter une différence hautement significative entre les tronçons d'entre-noeud (ou de partie en voie de croissance), comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau LXXVI. - Test F sur les tronçons de partie en voie de croissance de Mangetout Princesse à 25°C, avant l'étalement de la dernière feuille trifoliolée.

Caractères	Source de variation	Somme des carrés	D.L.	Carré moyen	F	F à	
						5 %	1 %
Densité linéaire en poids frais	Entre tronçons	198,95	8	24,87	6,34** (2,10)	(2,15)	2,99
	Entre plantes	377,17	5	75,43	19,24**		3,51
	Erreur (Erreur)*	156,71 (533,88)	40 (45)	3,92 (11,86)			
Densité linéaire en poids sec	Entre tronçons	230,77	8	28,85	6,01** (2,93)**		2,99 (2,93)
	Entre plantes	250,35	5	50,07	10,43**		3,51
	Erreur (Erreur)	192,11 (442,46)	40 (45)	4,80 (9,83)			
Teneur en eau (en% du poids frais)	Entre tronçons	114,21	8	14,28	7,81** (5,39)**		2,99 (2,93)
	Entre plantes	46,08	5	9,22	5,04		
	Erreur (Erreur)	73,11 (119,19)	40 (45)	1,83 (2,65)			

() = la variation entre plantes est comptée dans l'erreur.

La comparaison des prélèvements peu avant (fig. 104e, p. 132) et peu après (fig. 104e, p. 132) l'étalement de la dernière feuille trifoliolée montre que la position relative et l'allure des courbes de densités linéaires et de teneur en eau se modifient dès l'étalement de la dernière feuille trifoliolée. Comme l'étalement de la feuille coïncide avec la fin de la croissance longitudinale de l'entre-noeud sous-jacent (fait d'observation), la courbe en cloche de teneur en eau ou de densité linéaire en poids frais et la courbe en V de densité linéaire en poids sec caractérisent l'entre-noeud en voie de croissance longitudinale. Il reste à savoir si elles caractérisent toute croissance longitudinale, qu'elle soit lente (port

érigé) ou rapide (port volubile) ou si elles ne caractérisent que la croissance rapide (port volubile). Il serait alors bon de poursuivre cette étude sur des plantes à ports différents (érigé, rampant, volubile).

3.2. Par des mesures au cours du temps (fig. 106 et 107, p. 135 à 137).

Chez Mangetout Princesse à 20°C, 3 dates de prélèvement (comptées à partir du semis) ont été étudiées : 17 (stade FT_1^* et apparition du flagelle), 20 (stade FT_2 et 2,9 tours de tuteur), 25-26 (stade FT_2 et FT_3 - 6,2 à 7,7 tours de tuteur) jours après le semis. Les courbes font l'objet de la figure 106 (p. 135). La même variété a été étudiée à 25°C peu avant (fig. 107a, p. 136) et peu après (fig. 107b, p. 137) l'étalement de la dernière feuille trifoliolée. Dans les deux cas (à 20°C et à 25°C), les courbes ont été classées par nombre de tronçons ; dans les observations précédentes, le nombre de tronçons est au plus de 12 (fig. 104, p. 132) ; ici, il a pu atteindre 20 (fig. 108, p. 138).

3.3. Synthèse. Quelques remarques sont à signaler :

3.3.1. : une différence très nette entre les graphiques obtenus avant et après l'étalement de la dernière feuille trifoliolée

. avant l'étalement de la dernière feuille (fig. 107, p. 136 - fig. 106, p. 135). On constate une certaine position relative des 3 tracés (densité linéaire en poids frais, densité linéaire en poids sec, teneur en eau) qui se retrouve au cours du temps depuis l'étalement de la première feuille trifoliolée (FT_1) à la dernière. Dans cet ensemble, la teneur en eau suit, le long de la tige, une courbe (ou une série de 2 à 3 courbes) en cloche. Dans le cas d'une série de courbes, la hauteur des courbes s'élève des parties âgées vers les plus jeunes. Plus la portion de tige étudiée à partir du sommet est longue, plus le nombre de courbes en cloche est élevée (fig. 108, p. 138). Les différentes courbes en cloche ne correspondent pas aux entre-noeuds mais peut-être à des portions de la partie

(*) stade FT_n = stade d'étalement de la feuille trifoliolée de rang n.

en voie de croissance de longueur à peu près constante (entre 12 cm et 18 cm : entre 4 et 6 tronçons de 3,0 cm).

. après l'étalement de la dernière feuille (fig. 107 b, p. 137). Les 3 tracés (densité linéaire en poids frais, en poids sec, teneur en eau) n'ont plus la forme de courbe en cloche (ou en V).

Ces observations par plante confirment et élargissent les résultats précédents (fig. 104b à e, p. 132).

3.3.2. : une élévation de la valeur du paramètre étudié lorsque le tronçon contient un noeud âgé.

Lorsqu'un noeud apparaît à moins de 9 cm du sommet, il ne modifie guère l'allure des courbes : il est peu lignifié et se comporte comme un entre-noeud [fig. 106a₁ à a₄ (p. 135) - fig. 107a₂ (p. 136)].

Lorsqu'il apparaît plus loin du sommet que 9 cm, il élève (souvent jusqu'au double) la valeur des paramètres, valeur qui redescend après comme pour se conformer petit à petit à la courbe qu'on aurait eue sans la présence du noeud [fig. 106b₃ (p. 135) - fig. 107a₃, a₄, a₅ (p. 136)].

3.3.3. : une succession de 2 à 4 courbes en cloche de teneur en eau chevauchant plus ou moins l'une l'autre.

Lorsque le nombre de tronçons de 3 cm étudiés est faible (jusqu'à 8) on obtient en général une seule courbe en cloche de hauteur maximale élevée (94 % - 95 % de teneur en eau) quel que soit l'entre-noeud en voie de croissance : T₁ (fig. 106 a₁ à a₄, p. 135), T₂ (fig. 106b₁ à c₁, p. 135), T₃ (fig. 106 c₂ à c₄, p. 135).

Plus le nombre de portions s'élève, plus le nombre de courbes en cloche s'élève. Les parties jeunes correspondent à la courbe en cloche de hauteur maximale la plus élevée (94 % - 95 %), les parties âgées aux courbes en cloche de hauteur maximale moindre (91 % - 92 %). Or, ces parties âgées présentaient elles aussi, quand elles étaient jeunes,

la teneur en eau maximale de 94-95 % (courbes similaires pour T_1 , T_2 et T_3 en voie de croissance : fig. 106a, b, c, p. 135). Il y a donc une modification de la hauteur maximale de la courbe en cloche au cours du temps et le long de l'axe de la tige telle que les portions de tige jeune correspondant aux parties de la plante en train de s'enrouler ou venant juste de s'enrouler soient caractérisées par une teneur en eau élevée et que les portions de tige âgées, déjà "figées" autour du tuteur, soient caractérisées par une teneur en eau moindre.

3.3.4. : une distance du sommet à la zone de teneur en eau maximale, constante pour une variété et une température données.

Cette distance, évaluée chez l' "individu moyen" de Mangetout Princesse à 20°, était de $8,9 \pm 1,6$ cm. Evaluée chez un nombre d'individus plus élevé, elle est la même depuis l'apparition du flagelle (17ème jour après le semis) jusqu'à notre dernier prélèvement (26ème jour après le semis), comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXXVII. - Distance du sommet à la zone de teneur en eau maximale chez Mangetout Princesse à 20°C, au cours du temps.

Nombre de jours après le semis	17	20	25-26
Moyenne de la distance (cm)	8,8	8,0	9,0
Intervalle de confiance (cm)	1,1	0,4	1,0
Nombre d'individus	7	4	11

La valeur d'un paramètre, évaluée sur un "individu moyen" convenablement choisi, loin de correspondre à celle d'un individu isolé quelconque, représente la moyenne du lot étudié. Il en est ainsi, aussi bien pour la distance de la zone de teneur en eau maximale au sommet de la plante que pour la vitesse de croissance, le seuil de vitesse de croissance, la fréquence de l' "enroulement" ou le pas de spire étudiés précédemment sur "individu moyen".

3.3.5. : une différence entre les courbes de teneur en eau au voisinage du sommet de la plante, d'une part à l'apparition du flagelle d'autre part au cours de l' "enroulement". Cette différence concerne la vitesse de croissance de la plante et le temps de parcours par le bourgeon de la distance qui sépare la zone de teneur en eau maximale du sommet de la plante (fig. 109.1, p. 139 et fig. 109.2, p. 140). Elle est illustrée par le tableau suivant :

Tableau LXXVIII.1. - Vitesse de croissance de la plante et temps de parcours de la distance qui sépare la zone de teneur en eau maximale du sommet de la plante.

Température (°C)	20°C						25°C					
Nombre de jours après le semis	17			20			25-26			23		
Paramètres	t (jour)	V ₁ (cm)	V ₀ (cm)									
Moyenne	1,65	5,3	-	0,68	12,1	11,5	0,79	12,0	11,6	0,62	13,1	12,6
Intervalle de confiance	0,20	0,8	-	0,16	3,6	3,6	0,12	1,7	1,7	0,19	6,0	5,8
Nombre d'individus	7	7		4	4	4	11	11	11	5	5	5
V = λf (calculé)		5,3				11,8			11,4			12,3

t = temps de parcours

V₁ = vitesse de croissance en longueur

V₀ = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur

f = $\frac{1}{2t}$ = fréquence

λ = 2 fois la distance parcourue au temps t.

On observe une différence du même ordre sur la courbe en cloche entière, comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXXVIII.2. - Vitesses de croissance correspondant aux courbes en cloche de teneur en eau chez Mangetout Princesse à 20°C

m = moyenne i = intervalle de confiance n = nombre d'individus

Paramètre	Apparition du flagelle (17 jours après le semis)				25-26 jours après le semis					
	1ère courbe			2ème courbe	1ère courbe			2ème courbe		
	m	i	n	(néant)	m	i	n	m	i	n
Temps de réalisation (jour)	3,48	0,74	7	-	1,74	0,26	11	1,04	0,39	4
longueur (cm) de tige	18,5	3,9	7	-	19,7	3,2	11	15,0	6,4	4
masse (mg) de tige	260,7	79,6	7	-	278,0	47,5	11	227,5	59,9	4
Vitesse longitudinale (cm/jr)	5,3				11,3					
vitesse pondérale (mg/jr)	74,9				159,8					

De plus, entre les 2 prélèvements, la "flexibilité cinétique" est multipliée par 4. En effet, le produit $V_1 \times V_2$ est égal :

- dans le premier prélèvement, à 0,397 ergs/jr²
- dans le second prélèvement, à 1,806 ergs/jr²

Or, $0,397 \times 4,55 = 1,806$. Donc, on peut estimer que la flexibilité est multipliée par 4.

Comme la courbe en cloche entière peut être dissymétrique, notre étude portera surtout sur la demi-courbe en cloche la plus proximale du bourgeon (tabl. LXXVIII.1.).

Le temps de parcours (1,65 jour) au moment de l'apparition du flagelle est 2 à 2,5 fois plus long que celui (0,62 à 0,79 jour) au moment de l' "enroulement". Inversement, la vitesse de croissance de la tige à l'apparition du flagelle (5,3 cm/jour) est 2 à 2,5 fois moindre que celle (12,0 à 13,1 cm/jour) qui prévaut au cours de l' "enroulement". Le produit de la vitesse de croissance de la plante par le temps de parcours par le bourgeon de la distance entre la zone de teneur en eau maximale et le sommet de la plante est donc constant. Il exprime la distance parcourue qui, comme nous venons de le voir, est, pour une variété à une température donnée, constante. L' "enroulement" de la plante autour de son tuteur, comparé au stade de l'apparition du flagelle, est caractérisé par une vitesse de croissance plus élevée et une "flexibilité cinétique" encore plus élevée.

La relation fondamentale de toute courbe périodique,

$$v = \lambda f \quad (11),$$

est (fig. 109.1 et 109.2, p. 139-140) vérifiée (tabl. LXXVIII.1 ci-dessus) avec une marge d'erreur de 0,2 %. On peut donc admettre que la teneur en eau, le long des 9-10 premiers centimètres de tige à partir du sommet de la plante, suit la moitié d'une courbe périodique et définir la fréquence de cette courbe comme égale à l'inverse de la période T (T égale ici au double du temps de parcours de la distance du sommet de la plante au tronçon caractérisé par la teneur en eau maximale). On constate alors qu'il existe une relation entre la fréquence de cette courbe de teneur en eau et la vitesse de croissance de la plante (fig. 110a, p. 141). Or, il existe aussi une relation entre cette vitesse et la fréquence de l' "enroulement" ($V_0 = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$ où V_0 = vitesse de progression rectiligne, λ = pas de spire, f = fréquence de l' "enroulement", $T = \frac{1}{f}$ = période). Il doit donc exister une relation entre la fréquence de la teneur en eau (relative à la demi-courbe en cloche à partir du sommet) et la fréquence de l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur (fig. 110b, p. 141). L'ajustement à une régression linéaire de la fréquence de l' "enroulement" en fonction de la fréquence de la teneur en eau (fig. 110b, p. 141) présente un coefficient de corrélation $r = 0,60$ et une droite d'équation :

$$\hat{y} = 2,05x - 0,25$$

Le test F est significatif comme le montre le tableau suivant :

Tableau LXXIX. - Analyse de variance de la fréquence de l' "enroulement" de la plante en fonction de la fréquence de la teneur en eau.

Source de variation	D.L.	Sx^2	Sxy	Sy^2	$\frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$	Sy^2 réd.	D.L.	Carré moyen
Date de prélèvement	2	0,10	0,17	0,37	0,29	0,06	2	0,03
Erreur	17	0,57	0,62	2,19	0,67	1,52	16	0,10
Totaux	19	0,67	0,79	2,56	0,93	1,63	18	-

Source de variation	Somme des carrés	D.L.	Carré moyen	F	F (5 %)
Variation due à la régression : $(Sxy)^2/Sx^2$	0,67	1	0,67	6,70*	4,54
Déviati on depuis la régression : $Sy^2 - (Sxy)^2/Sx^2$	1,52	15	0,10		
Variation totale des y : Sy^2	2,19	16			

La teneur en eau intervient dans l'édification du port de la plante par son pourcentage comme nous l'avons montré chez l'entre-nœud entier (élevé chez le port volubile, faible chez le port érigé) **et par sa fréquence** (élevée au cours de l' "enroulement", faible à l'apparition du flagelle).

Il existe une relation linéaire entre la fréquence de la teneur en eau et la fréquence de l' "enroulement".

Cette conclusion nous a amené à considérer sur le même lot, la relation

- d'une part, entre la fréquence de l' "enroulement" et la "flexibilité cinétique" de la portion de tige à teneur en eau maximale (fig. 110c, p. 141 bis),

- d'autre part, entre cette "flexibilité" et la fréquence

de la teneur en eau de la portion en voie de croissance de la tige (fig. 110d, p. 141 bis).

Les résultats font l'objet des figures 110c et d (page 141 bis) et du tableau suivant :

Test F					Coefficient de corrélation		
F calculé			F théorique		r		
1	2	3	5 %	1 %	1	2	3
9,78 ^{xx}	6,70 ^x	44,29 ^{xx}	4,54	8,68	0,57	0,60	0,82

1 = Fréquence de l' "enroulement" en fonction de la "flexibilité cinétique" (fig. 110c),

2 = Fréquence de l' "enroulement" en fonction de la fréquence de la teneur en eau (fig. 110b),

3 = "Flexibilité cinétique" en fonction de la fréquence de la teneur en eau (fig. 110d).

Des 3 relations, la plus précise est celle qui relie la "flexibilité cinétique" à la teneur en eau ($F = 44,29^{xx}$ et $r = 0,82$). Elle montre que la flexibilité dépend de la teneur en eau. De plus, elle nous donne le moyen de la déterminer : $y = 7,9 x - 4,2$ où $y =$ flexibilité (ergs/jr²) et $x =$ fréquence de la teneur en eau (nombre de tours/jour). Ainsi, c'est par l'intermédiaire de la flexibilité ($r = 0,82$) que la teneur en eau intervient dans l'enroulement ($r = 0,57$ et $0,60$) et par suite dans le port de la plante. Cela confirme la prépondérance des facteurs du milieu (ici teneur en eau) sur les autres paramètres.

Les 2 autres relations qui font toutes deux intervenir la présence d'un tuteur, sont moins précises : $r = 0,57$ et $r = 0,60$. Cela laisse supposer l'action d'un autre facteur, lié au tuteur (diamètre, frottement). Le diamètre du tuteur intervient en effet par la relation :

$$V_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + V_0^2} \quad (14)$$

soit $V_0^2 = V_1^2 - (\omega A)^2$ où V_0 = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, V_1 = vitesse de croissance longitudinale, ω = vitesse de rotation angulaire et A = amplitude de l' "enroulement" = ici, rayon du tuteur + 0,05 cm. Cette relation montre que la vitesse de progression rectiligne (V_0) n'existe que si le 2ème membre de l'équation est positif. Or, $V_1^2 - (\omega A)^2 = (V_1 + \omega A)(V_1 - \omega A)$. Comme l'expression $(V_1 + \omega A)$, est toujours positive, il est nécessaire que l'expression $(V_1 - \omega A)$, que nous désignons par vitesse de croissance longitudinale réduite, soit positive, c'est-à-dire : $V_1 - \omega A > 0$. Plus le diamètre du tuteur sera gros, moins la plante pourra s'enrouler.

L'importance du diamètre du tuteur a été mise en évidence par TEODORESCU (1951) qui a montré qu'une tige d'*Ipomoea purpurea* ne parvient pas à s'enrouler sur un tuteur de diamètre supérieur à 10 cm. Une vitesse de croissance, une "flexibilité cinétique" et une teneur en eau élevées sont nécessaires à l'enroulement de la plante autour d'un tuteur, mais elles ne sont pas suffisantes ; il faut encore que le diamètre du tuteur ne soit pas trop gros, c'est-à-dire que la vitesse de croissance longitudinale réduite soit positive.

Dans le cas du haricot, nous avons évalué la vitesse de croissance longitudinale réduite ($V_1 - \omega A$) dans des populations mixtes et des populations tout entières volubiles (tabl. 55.1 et 55.2, p. 192, 193).

Dans une population mixte de Coco à rames à 13°5(16h/8h) et de Mangetout Princesse à 15°C (jour continu), les valeurs les plus faibles obtenues sont respectivement de 0,3 et 0,2 cm. Cela laisse supposer que cette valeur est encore plus faible chez les plantes érigées de la population. Les plantes qui effectuent des mouvements révolutifs, visibles à l'oeil nu, sans s'enrouler (fig. 54b à d, p. 79) doivent se situer entre les plantes volubiles et les plantes érigées de la population. Chez Myrto à 13°5 (16h/8h) et à 15°C, la valeur la plus faible obtenue est de 0,9 cm. Chez Coco Nain à la serre (semis du 24 avril), cette valeur est de 2,4 cm. Chez les variétés naines, il semble donc que la valeur minimale de la vitesse de croissance longitudinale réduite s'élève (0,2 cm chez Mangetout Princesse, 0,9 cm chez Myrto et 2,4 cm chez Coco nain) des variétés

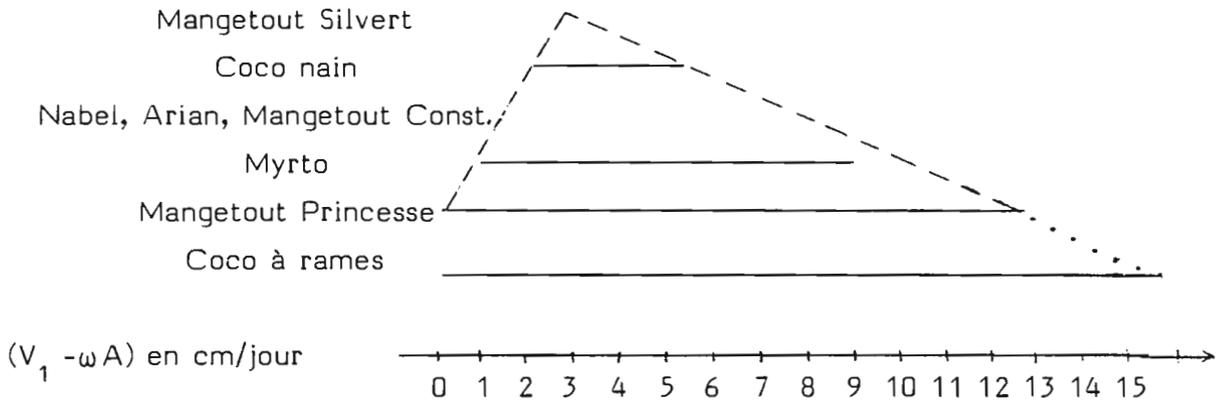
les plus facilement volubiles aux variétés les plus difficilement volubiles (tabl. 13, p. 155).

Dans une population tout entière volubile, on peut encore obtenir une valeur proche de zéro lorsque cette population est proche d'une population mixte. C'est le cas de Coco à rames semé à la serre en hiver où $V_1 - \omega A = 0,2$ cm. Lorsque la population est loin d'être une population mixte, la valeur de cette expression est aussi éloignée de zéro ($V_1 - \omega A = 15,7$ cm chez Coco à rames semé à la serre en juillet). Il semble qu'elle soit d'autant plus éloignée de zéro que la vitesse est élevée. Ainsi, chez Mangetout Princesse, on peut noter les valeurs suivantes :

Température (jour continu)	23°C	25°C	20°C
$(V_1 - \omega A)$ (cm/jour)	5,3	10,6	12,6
V_0 (cm/jour)	7,0	14,5	15,7

D'autre part, sa valeur est la même au début et à la fin de l' "enroulement" : environ 4,0 cm/jour à 23°C et 25°C [comparaison des tableaux 54.1 (p. 191) et 55.2 (p. 193) avec la fig. 85 (p. 110)].

Enfin, les valeurs maximales de cette vitesse longitudinale réduite obtenues chez Coco à rames, Mangetout Princesse, Myrto et Coco nain sont respectivement : 15,7 - 12,6 - 8,8 et 5,5 cm/jour. Ainsi, chez les variétés naines, cette valeur maximale décroît des variétés facilement volubiles aux variétés plus difficilement volubiles (tabl. 13, p. 155). Les valeurs minimales et maximales de la vitesse de croissance longitudinale réduite pourraient alors permettre de mesurer l'aptitude au volubilisme comme le suggère le schéma suivant :



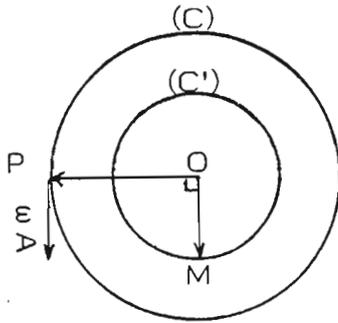
Il convient de rappeler que l'expression (ωA) est l'amplitude de la composante de la vitesse sur l'axe Ox dans le plan xoy. En effet,

dans l'équation d'une hélice,

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (1)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A \cos\left(\omega t + \phi + \frac{\pi}{2}\right) \quad (1')$$



L'équation (1) est représentée par le vecteur \vec{OP} , de longueur A , animé d'un

mouvement uniforme sur le cercle (C). L'équation (1') est représentée par le vecteur \vec{OM} , de longueur ωA , animé du même mouvement uniforme, mais sur le cercle (C') : le vecteur vitesse, tangente à la trajectoire (C) de P au point P, a été ramené à la même origine que le vecteur \vec{OP} et est devenu le vecteur \vec{OM} . Le point M est en avance de $\frac{\pi}{2}$ radians sur le point P. Ainsi, la vitesse, au cours du temps, est en avance de $\frac{\pi}{2}$ radians (c'est-à-dire d'un quart de tour de tuteur) sur la position de l'hélice d' "enroulement". Pour vérifier expérimentalement cette avance, il faudrait mesurer la croissance et la fréquence (f) tous les quarts de tours de tuteur ou **autant** de fois par jour que la fréquence moyenne contient de quarts de tours. Par exemple, si la fréquence moyenne est de 1,75 tour/jour soit de $\frac{7}{4}$ de tours par jour, il faudrait mesurer 7 fois par jour la plante pour se rendre compte de cette relation. Nos mesures qui se rapprochent le plus de ces conditions sont celles sur Myrto à 20°C où la composante verticale (V_0), le long de l'axe Oz, de la vitesse présente une avance sur l' "enroulement" (f), comme le montre le tableau ci-dessous :

i	18-20	20-21	21-22	22-24	24-25	25-27
f (tours/jr)	0	0,5	1,0	0,5	0,5	0,4
V _o (cm/jr)	(V ₁ = 5,3)	10,0	8,7	8,7	4,2	3,9

i = intervalle de temps qui sépare deux mesures (nombre de jours après le semis)

Comme on peut le constater, il existe une relation (indiquée par une flèche sur le tableau ci-dessus) entre la vitesse (V_o) de la veille et la fréquence de l'enroulement du lendemain. Par exemple, à la vitesse maximale (V_o = 10,0 cm/jr) du 20ème au 21ème jour après le semis correspond la fréquence maximale (f = 1,0 tour/jr) du 21ème au 22ème jour après le semis. C'est dire que la vitesse de croissance de chaque quart de tour conditionne le port de la portion de tige correspondant au quart de tour suivant.

Une variation au cours du temps, telle que la vitesse de croissance longitudinale réduite s'approche de zéro (ou de sa valeur minimale pour la variété considérée) peut expliquer qu'un enroulement commencé puisse être interrompu (Mangetout Princesse à 20°/12° (8h/16h), photo n° 14, p. 5) alors que la croissance continue. Si, par la suite, la valeur de cette vitesse s'élève au-dessus de zéro, (ou de sa valeur minimale pour la variété considérée) l'enroulement reprend son cours (Mangetout Princesse à 15°C, plante n° 16, fig. 71, p. 95, tabl. 55.1, p. 192 - Coco à rames, fig. 55b et d, p. 80).

La condition d'existence de la vitesse de progression rectiligne (V_o) le long du tuteur, $V_1 - \omega A > 0$, est vérifiée sur la partie enroulée de la plante. Cette condition permettant l'existence ou non d'une hélice est aussi l'une des conditions essentielles de l'existence d'un port volubile ou d'un port érigé.

D. RESUME.

La teneur en eau de la partie en voie de croissance caractérise le port de la plante : faible chez le port érigé, élevée chez le port volubile. Il existe une zone caulinaire définie par une densité linéaire en poids sec minimale et une teneur en eau maximale, zone dont la distance au bourgeon dépend de la variété et des conditions du milieu : plus cette distance est grande, plus la plante est volubile ; plus elle est faible, plus la plante est érigée. Entre cette zone caulinaire et le bourgeon terminal, la teneur en eau décroît suivant une demi-courbe en cloche à partir de laquelle une fréquence a pu être déterminée.

Il existe une **relation linéaire entre cette fréquence de la teneur en eau et la fréquence de l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur.**

Il existe aussi une **relation entre la fréquence de la teneur en eau et la "flexibilité cinétique"** de la partie en voie de croissance. La flexibilité est faible chez la plante érigée, élevée chez la plante volubile. Plus sa valeur est grande, plus la plante est volubile. L'apparition des premiers tours de tuteur est marquée par une variation notable de la vitesse de croissance (doublée chez Mangetout Princesse à 20°C) et de la "flexibilité cinétique" (quadruplée chez Mangetout Princesse à 20°C). Une **relation existe entre la fréquence de l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur et la flexibilité.**

La condition d'existence de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, condition qui tient compte de la grosseur du tuteur, a été vérifiée sur la portion enroulée de la plante volubile. Cette condition, permettant l'existence ou non d'une hélice, est aussi l'une des conditions essentielles de l'existence d'un port volubile ou d'un port érigé.

I I I
E S S A I d e S Y N T H E S E

1. Feuilles.

Les feuilles jouent un rôle important dans l'édification du port de la plante.

La vitesse de croissance pondérale des feuilles, considérée à l'étalement des feuilles primaires, et l'accélération de la croissance pondérale des feuilles, considérée entre l'étalement des feuilles primaires et celui de la première feuille trifoliolée, permettent de prévoir le port de la plante. Par exemple, à titre indicatif, chez Mangetout Princesse, les conditions du milieu restant invariables, la vitesse de croissance pondérale des feuilles, lorsqu'elle est :

- . inférieure à 2 mg/jour, détermine le port érigé,
- . comprise entre 2 et 50 mg/jour, détermine une population mixte,
- . supérieure à 50 mg/jour, détermine le port volubile.

De même, le rapport entre le poids frais des feuilles et celui de la tige, rapport égal à celui des 2 vitesses de croissance pondérale, permet, évalué au cours du temps, de prévoir le port de la plante. La pente de la courbe de ce rapport en fonction du temps, considérée entre l'étalement des feuilles primaires et celui de la première feuille trifoliolée, est en effet d'autant plus élevée que la plante est volubile et d'autant plus faible que la plante est érigée.

2. Densité linéaire et teneur en eau de la tige.

La densité linéaire en poids frais (rapport de la masse sur la longueur) de la tige décroît des milieux à températures faibles (15°C) vers les milieux à températures plus élevées (30°C). Il semble qu'elle soit, pour des variétés naines cultivées dans un même milieu, d'autant

plus faible que la variété est plus facilement volubile (Mangetout Princesse) et d'autant plus élevée que la variété est plus difficilement volubile (Coco nain). Pour une même plante, elle décroît de la base vers le sommet.

Le long de l'entre-noeud (ou des entre-noeuds) en voie de croissance apparaît une zone où la densité linéaire en poids sec est minimale et la teneur en eau maximale. Plus la teneur en eau de cette zone est faible, plus le port de la plante est érigé ; plus elle est élevée, plus le port de la plante est volubile.

La distance du bourgeon apical à la zone de teneur en eau maximale dépend, pour une variété, des conditions du milieu. Plus elle est faible, plus la plante est érigée ; plus elle est grande, plus la plante est volubile. Une relation a été mise en évidence entre la fréquence de l' "enroulement" et celle de la teneur en eau. Ainsi la nutrition hydrique contribue à l'édification du port de la plante.

3. "Flexibilité cinétique" de la tige.

La "flexibilité cinétique" a été définie comme le produit de la densité linéaire par le carré de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur. Dans le cas des tuteurs très fins, elle peut être considérée comme à peu près égale au produit des vitesses de croissance longitudinale et pondérale.

La "flexibilité" dépend, pour une même variété, des conditions du milieu : quand la température varie de 15°C à 32°C, elle s'élève, passe par un maximum à 25°C, puis décroît. La "flexibilité" est toujours plus faible chez la plante érigée que chez la plante volubile : plus elle est faible, plus la plante est érigée ; plus elle est grande, plus la plante est volubile.

A l'apparition des premiers tours de tuteur, la "flexibilité cinétique" s'élève de façon notable. Une relation linéaire a été mise en évidence entre la "flexibilité cinétique" et la teneur en eau. Il existe aussi une relation entre la "flexibilité cinétique" et la fréquence de l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur.

4. Vitesses de croissance longitudinale et pondérale.

Le quotient de la vitesse de croissance pondérale par la vitesse de croissance longitudinale est égal à la densité linéaire et le produit de ces 2 vitesses est égal, dans le cas des tuteurs très fins et dans celui de la plante érigée ou rampante, à la "flexibilité cinétique". Comme la densité linéaire et la flexibilité interviennent dans l'établissement de la structure de la plante, on peut dire que le port de cette dernière est lié à la relation entre ces 2 vitesses. Cela montre l'importance dans l'édification du port de la plante non seulement de la vitesse de croissance longitudinale, mais aussi de la vitesse de croissance pondérale.

La grosseur du tuteur est un paramètre de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur. La condition d'existence de cette vitesse a été vérifiée sur la portion enroulée de la plante. Cette condition, permettant l'existence ou non d'une hélice, est aussi l'une des conditions essentielles de l'existence d'un port volubile ou d'un port érigé.

5. Vigueur de la plante.

Lorsque l'on compare une plante érigée et une volubile soit dans une population mixte soit dans des populations homogènes, on constate que, en général, les valeurs des différents paramètres (vitesse de croissance pondérale foliaire d'une part, vitesse de croissance pondérale, vitesse de croissance longitudinale, densité linéaire et "flexibilité cinétique" de la tige d'autre part) sont plus élevées chez la plante volubile que chez la plante érigée. Cette élévation simultanée de la valeur des différents paramètres s'accompagne en même temps d'une certaine vigueur de la plante. Le volubilisme est donc un phénomène actif et on peut se demander s'il n'est pas possible de définir la vigueur de la plante par cette élévation simultanée de la valeur des différents paramètres.

C O N C L U S I O N

d e l a T R O I S I E M E P A R T I E

La plante, comme tout matériel biologique, fonctionne comme un système ouvert (PRIGOGINE, 1982 - DURAND, 1982). De ce fait, elle utilise, pour se développer, les potentialités du milieu extérieur (température, lumière, eau) au point que le "génomé... est totalement pris en charge par les corrélations du phénotype" (MARESQUELLE, 1976). C'est ainsi que les conditions du milieu, en ce qui concerne l'édification du port de la plante, régissent :

- au niveau des feuilles : l'activité méristématique, le rythme plastochronique apparent, la vitesse de croissance pondérale des feuilles, la longueur et la largeur des feuilles (ou des folioles).

- au niveau de la tige : les vitesses de croissance longitudinale et pondérale de la tige d'où découlent :

- . la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur et la fréquence de l' "enroulement" ($V_0 = \lambda f$ où V_0 = la vitesse de progression rectiligne, f = fréquence et λ = pas de spire) ;

- . la densité linéaire ($= \frac{V_2}{V_1}$) et la "flexibilité cinétique" ($\neq V_1 \cdot V_2$) (V_1 = vitesse de croissance longitudinale, V_2 = vitesse de croissance pondérale).

- au niveau conjoint des feuilles et de la tige : le rapport des poids frais (= rapport des 2 vitesses de croissance pondérale) des feuilles et de la tige au cours du temps qui, considéré entre l'étalement des feuilles primaires et celui de la première feuille trifoliolée, détermine le port de la plante.

Un schéma de coordination des différents paramètres, considérés dans leur relation avec l'établissement du port de la plante, peut être esquissé, illustré par la figure 111 (p.142).

DISCUSSION ET CONCLUSION

D I S C U S S I O N

A la suite du grand nombre d'essais réalisés dans des conditions différentes, de température notamment, beaucoup de paramètres, caractérisant le haricot soit nain soit à rames, sont apparus liés à ces conditions.

Quoi qu'il en soit, selon les conditions du milieu, il est certain qu'un haricot nain peut être volubile et, inversement, un haricot à rames peut être nain et érigé.

Il n'en reste pas moins qu'il n'est pas possible encore de préciser si ces paramètres sont la cause directe ou indirecte du port de la plante ou si, effets des conditions du milieu, ils apparaissent seulement lors du volubilisme ou du non volubilisme.

Plusieurs questions se posent alors :

1. La température détermine-t-elle le port de la plante, dans les conditions naturelles ?

Puisque, nous l'avons vu, il n'est pas possible, en champ et même en serre, de dissocier nettement les facteurs température et éclaircissement, tributaires tous deux de l' "ensoleillement", le rôle de la température seule ne peut être discuté valablement qu'avec les résultats obtenus en chambres conditionnées. Ces derniers seront commentés en vue d'essayer d'expliquer par la température le port attribué à chaque variété. Les températures permettant un développement convenable des plantes peuvent être regroupées en 4 séries : températures constantes, un seul changement de températures, plusieurs changements de températures (alternance jour/nuit, constante - une alternance jour/nuit suivie plus tard d'une autre alternance jour/nuit).

1°) Températures constantes. Les températures constantes représentent des conditions qui ne se rencontrent ni en champ ni en serre non entièrement climatisée. Elles permettent néanmoins de constater, à des degrés divers selon chaque variété, que plus une température est

élevée, plus le pourcentage de plantes volubiles est grand et plus aussi l'intensité de ce volubilisme est élevée. Ceci se manifeste jusqu'à un optimum vers 27°-30°C, au-delà duquel le caractère volubile s'exprime de moins en moins.

2°) Un seul changement de températures.

Un seul changement de températures (à l'étalement de la première feuille trifoliolée) au cours du développement de la plante, avec un écart de 10°C entre les 2 températures successives, peut modifier le port de la plante. Le développement vers le port volubile ne s'effectue que lorsque la température initiale (température utilisée du semis au changement de température) est chaude et la température finale fraîche : par exemple 30°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 20°C ; dans ce cas, une variété dite naine est volubile (100 % des plantes pour 11 variétés naines sur 12).

Si, au contraire, la température initiale (jusqu'à l'étalement de la première feuille trifoliolée) est fraîche et la température finale chaude (avec également un écart de 10°C entre les 2 températures successives), le port d'une variété naine est érigé : par exemple 20°C $\xrightarrow{18 \text{ jours}}$ 30°C.

De telles successions de températures (soit 30°C $\xrightarrow{10 \text{ jours}}$ 20°C - soit 20°C $\xrightarrow{18 \text{ jours}}$ 30°C) ne sont réalisées ni en champ ni à la serre. Elles mettent néanmoins en évidence la nécessité, pour obtenir un enroulement, d'une température chaude au début du développement.

3°) Une thermopériode à rythme quotidien = un seul changement par jour = plusieurs changements au cours de la vie de la plante.

De nombreux changements de températures à rythme quotidien, concordant avec l'alternance jour/nuit, sont réalisés au cours de tout le développement de la plante. Cette alternance jour/nuit avec une température plus élevée le jour et plus basse la nuit ne se rapproche que très partiellement des conditions du champ et de la serre puisque, en chambres conditionnées, les températures diurne et nocturne restent les mêmes au cours de toute la vie de la plante.

Pour une même température nocturne et des températures diurnes différentes, donc aussi des écarts différents, ces nombreux changements à rythme quotidien peuvent provoquer des modifications de port par rapport aux témoins en jour continu et cultivés à des températures constantes, identiques aux températures diurnes.

Par exemple, pour Mangetout Princesse volubile (100 % de plantes) à 20°C, 26°C et 32°C, en jour continu, les résultats sont les suivants :

20°/12°C (16h/8h)	—————→	40 % de plantes volubiles
26°/12°C (16h/8h)	—————→	100 % de plantes volubiles
32°/12°C (16h/8h)	—————→	27 % de plantes volubiles
32°/12°C (12h/12h)	—————→	27 % de plantes volubiles

Dans de telles conditions, c'est l'effet de la température diurne qui est prépondérant : si l'on se place au voisinage de 27°C, température optimale pour l'obtention de plantes volubiles, les changements quotidiens n'ont aucun effet ; mais ils en ont pour des températures diurnes différentes de 27°C.

4°) Un seul changement séparant deux thermopériodes à rythme quotidien.

On réalise à la fois :

- un changement entre phase initiale (période d'utilisation de la première thermopériode, du semis au changement de conditions) - phase finale (période d'utilisation de la deuxième thermopériode, du changement de conditions à la récolte) ;

- et, pour chaque phase, un changement par jour, soit de nombreux changements à rythme quotidien, en concordance avec l'alternance jour/nuit,

. une phase initiale caractérisée par une température diurne chaude et une température nocturne très fraîche,

. une phase finale caractérisée par une température diurne fraîche et une température nocturne très fraîche.

Ainsi, deux thermopériodes à rythme quotidien différentes, l'une initiale, l'autre finale, constituent des conditions les plus proches possibles de celles du champ au fur et à mesure que la saison avance (alternance jour/nuit au printemps puis en été). Si, chez Mangetout Princess, on compare les résultats suivants :

	jusqu'à l'étalement de la première feuille trifoliolée		
32°/12°C	→	20°/12°C	→ 100 % plantes volubiles
20°/12°C	→	32°/12°C	→ 0 % plantes volubiles
30°C	→	20°C	→ 100 % plantes volubiles
20°C	→	30°C	→ 54 % plantes volubiles

on peut dire que :

. chacune des 2 thermopériodes à rythme quotidien a des effets comparables à ceux de la température constante correspondante.

. la variation du port liée à la thermopériode à rythme quotidien (32°/12°C → 27 % et 20°/12° → 40 % de plantes volubiles) s'estompe ou devient faible et négligeable devant la variation liée à la succession période initiale/période finale [(32°/12°C) / (20°/12°C) → 100 % de plantes volubiles]. Cette succession est plus importante pour le port de la plante que la thermopériode à rythme quotidien.

La succession des 2 thermopériodes pourrait ainsi permettre d'entrevoir une explication du port des variétés naines en champ :

. les semis et le début des cultures ont lieu vers la fin du printemps (20 mai au 20 juin) : c'est la période initiale avec thermopériode fraîche à rythme quotidien,

. la poursuite et la fin des cultures se passent en été (21 juin à fin août) : c'est la période finale avec thermopériode chaude à rythme quotidien,

. en présence d'une telle période finale chaude succédant à la période initiale fraîche, les variétés naines sont toutes érigées,

. dans les semis tardifs (juillet), la thermopériode initiale chaude est suivie d'une thermopériode finale fraîche (celle de fin août à septembre) : cette succession est favorable au port volubile et explique que, dans les semis tardifs, des plants de variétés naines deviennent volubiles. Il en est de même lorsque l'été est plus frais qu'il ne l'est d'ordinaire.

Le Coco à rames en champ est toujours volubile car il n'est érigé qu'à des températures faibles constantes (12°C) qui ne se rencontrent pas à l'extérieur. Cette différence avec les variétés naines relève de la sensibilité variétale à la température.

2. Les termes "nains" et "à rames" utilisés couramment pour distinguer les 2 groupes de variétés de haricots sont-ils valables ?

Ces termes, il faut le rappeler, sont utilisés depuis longtemps et sont associés, du moins implicitement, au port de la plante : une variété naine est une plante de petite taille, qui ne nécessite donc pas de tuteur et par conséquent ne s'enroule pas ; une variété à rames nécessite un support, des rames, parce que la plante est longue et s'enroule autour d'un tuteur. Il y a implicitement association entre nanisme et non volubilisme d'une part, gigantisme et volubilisme d'autre part.

Or, nous avons vu tout au long de nos essais que, si en champ, il en est ainsi à quelques exceptions près, à la serre et en chambres conditionnées, une variété naine peut être volubile et une variété à rames, naine et non volubile.

D'après les principales classifications, les haricots nains ne mesurent que de 0,30 m à 0,50 m (avec un maximum de 0,70 m) ; par contre, les haricots à rames sont beaucoup plus longs : 2 à 3 mètres (avec un minimum de 1,10 m). Ceci, bien entendu, en champ.

A la serre, un haricot nain peut, selon la saison, devenir volubile ; sa longueur de tige est alors plus grande qu'en champ ou

à la serre en une autre saison où il est nain. Pour un haricot à rames, également à la serre, sa longueur varie aussi tout au long de l'année : elle est plus faible en hiver qu'en été bien que la plante soit toujours volubile.

En chambres conditionnées, non seulement le haricot nain peut devenir volubile comme à la serre avec une hauteur de tige plus grande qu'en champ, mais le haricot à rames peut devenir nain avec une longueur de tige beaucoup plus faible qu'en champ et à la serre.

Il est donc vrai que lorsqu'une variété naine devient volubile, elle est plus grande que lorsqu'elle est érigée. De même, lorsqu'une variété à rames devient érigée, elle est plus petite que lorsqu'elle est volubile.

Cependant, dans une population mixte, la longueur de la plante volubile ne dépasse que de peu, souvent de façon non significative, celle de la plante érigée. Bien plus, si l'on compare une variété naine devenue volubile, Ocelo par exemple, dans 2 conditions différentes (30°C et 30°/20°C), la longueur de la tige à 30°C est supérieure à celle à 30°/20°C alors que la hauteur enroulée et le nombre de tours de tuteur à 30°C sont nettement inférieurs à ceux à 30°/20°C. Il en est de même chez Coco nain, érigé à 30°C (55,0 cm) et volubile à 30°/20°C (46,3 cm).

En outre, si l'on compare 2 variétés différentes dans les mêmes conditions, il est possible d'obtenir une variété naine volubile de même longueur qu'une variété à rames non volubile (Mangetout Princesse et Coco à rames à 34°C, jours longs) comme il est possible d'obtenir une variété naine érigée plus longue qu'une variété à rames également érigée (Mangetout Princesse et Coco à rames à 34°C, jours courts).

Ainsi, la notion de nanisme est toute relative et la relation entre la longueur et le port de la plante, si elle existe presque toujours en champ et souvent dans les autres conditions, ne l'est pas toujours. Il faut malgré tout ajouter à cela qu'un haricot nain, même devenu volubile, est limité dans sa croissance puisqu'il ne développe au maximum que 8 à 10 entre-noeuds (6 feuilles trifoliolées et quelques écailles). Or la

longueur de chaque entre-noeud, tributaire des conditions du milieu pour une même variété, est limitée à un maximum. La longueur de tige d'un tel haricot, somme des longueurs de chaque entre-noeud, ne peut alors atteindre celle d'une variété à rames dont le nombre d'entre-noeuds (et de feuilles trifoliolées correspondantes) peut être beaucoup plus élevé. C'est pour cette raison que les termes haricot "nain" et haricot "à rames" peuvent être conservés mais avec quelques réserves. Ils sont en effet valables le plus souvent en ce qui concerne les cultures en champ.

3. Quels sont les caractères distinctifs des variétés naines et des variétés à rames ?

Puisqu'il est certain que, dans des conditions bien déterminées, une variété naine peut être volubile et, inversement, une variété à rames, naine, le **caractère volubile est présent chez tout haricot**. L'ancêtre présumé des haricots n'est-il pas à rames ? C'est **l'expression de ce caractère volubile** qui, selon les conditions du milieu, n'apparaît pas toujours : elle est très fréquente pour le haricot volubile mais beaucoup moins pour le haricot nain.

Un haricot à rames alors se différencie surtout d'un haricot nain **par le fonctionnement de son méristème** : la capacité organogène de celui-ci est élevée et il peut former un grand nombre de feuilles et d'entre-noeuds. Au contraire, le méristème d'un haricot nain ne peut former que, au maximum, 6 feuilles trifoliolées et quelques écailles et par conséquent, 8 à 10 entre-noeuds.

Les conditions du milieu, particulièrement celles de la température, interviennent : lorsqu'elles sont favorables, le nombre d'entre-noeuds ou de feuilles est maximal, lorsqu'elles sont défavorables, ce nombre est plus faible.

La présence d'une inflorescence terminale (tige à croissance définie) pour les variétés naines et non terminale (tige à croissance indéfinie) pour les variétés à rames, indiquée dès 1860 par von MARTENS et reprise depuis dans plusieurs classifications, ne constitue pas un caractère

différentiel puisque, nous l'avons montré, la croissance de tout haricot, qu'il soit nain ou à rames, est indéfinie. Cependant, c'est tôt chez les variétés naines, beaucoup plus tard chez les variétés à rames, que l'inflorescence apparaît, subterminale, alors que l'apex, toujours végétatif, s'arrête de croître et meurt.

Il faut vraisemblablement ajouter à ce caractère méristématique qui différencie haricot nain et haricot à rames, des **sensibilités différentes à la température**. Chaque variété, qu'elle soit naine ou volubile, montre une sensibilité spécifique à la température. De plus, chacun des 2 groupes de variétés (naines d'une part, à rames d'autre part) a probablement des sensibilités spécifiques proches les unes des autres et assez différentes de celles, spécifiques aussi, de l'autre groupe. Ces différences de sensibilité à la température, comme d'ailleurs peut-être aux autres conditions du milieu, expliqueraient vraisemblablement les différences de comportement, quant à l'édification du port, de chacune des variétés naines d'une part, à rames d'autre part.

Les 12 variétés naines étudiées constituent une gamme depuis la plus volubile jusqu'à la moins volubile. Les variétés à rames étudiées, parce que trop peu nombreuses, ne laissent que supposer l'existence d'une gamme analogue.

Un autre caractère distinctif est **la variabilité faible des variétés à rames et forte des variétés naines aux conditions du milieu**. Le Coco à rames n'est érigé qu'à des températures faibles, alors que les variétés naines, même parfois en champ, manifestent une modification de port plus ou moins accentuée. Cette différence de variabilité pourrait s'expliquer par le fait que l'ancêtre du haricot est volubile : le port des variétés proches du type primitif (variétés à rames) varie peu ; celui des variétés naines, plus éloigné du type primitif, varie beaucoup plus.

4. Quelles sont les régions de la plante, touchées par la température et qui semblent essentielles dans l'édification de son port ?

Deux régions nous paraissent essentielles bien qu'il ne soit pas possible de préciser si la température exerce sur elles une action

directe ou indirecte.

1^o) Le méristème terminal.

C'est le lieu de l'expression du caractère qui différencie les variétés naines des variétés à rames : la capacité organogène faible ou élevée entraînant :

. d'une part, un nombre faible et limité d'entre-noeuds ou un nombre beaucoup plus élevé,

. d'autre part, l'apparition d'une inflorescence subterminale relativement précoce ou non.

Il faut ajouter que nos essais ont mis en évidence une induction très précoce (avant même la levée germinative) du nombre d'entre-noeuds (et de feuilles trifoliolées). Le méristème interviendrait-il, directement ou indirectement, dans cette précocité ? TORT (1977) a d'ailleurs montré que, à faibles températures, des compétitions corrélatives, qui n'existent pas à températures plus élevées, s'installent très tôt au niveau du méristème et conditionnent le développement futur de la plante.

De plus, le rythme plastochronique apparent et la vitesse de croissance longitudinale peuvent dépendre, lorsque les conditions du milieu sont constantes, de la rapidité plus ou moins grande du fonctionnement méristématique.

2^o) La zone caulinaire de teneur en eau maximale.

Un autre site essentiel existe ; il est plus tardif et l'enroulement se manifeste à son niveau. C'est la zone de teneur en eau maximale. Cette zone, pour une condition de milieu donnée et pour une variété donnée, est située à une distance fixe du bourgeon terminal et se déplace au cours du temps le long de la tige. La vitesse de croissance longitudinale et pondérale, la densité linéaire, la flexibilité et la teneur en eau de cette zone conditionnent le port de la plante.

Ceci expliquerait que RAWITSCHER (1924) ait obtenu chez un haricot à rames 3 tours d'enroulement, 45 heures après une décapitation, c'est-à-dire la suppression du méristème terminal. Les vitesses de croissance des jeunes entre-noeuds laissés sur place après cette décapitation ainsi que leur densité linéaire, leur flexibilité et leur teneur en eau, ont permis l'allongement de la tige et la poursuite, pendant un certain temps, de l'enroulement déjà commencé.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Après avoir analysé l'influence des conditions du milieu sur le port de la plante (première partie) et sur la morphologie d'une part de la plante adulte (deuxième partie) d'autre part de la plante en voie de croissance (troisième partie), il convient maintenant d'esquisser une synthèse.

Pour une même variété (naine ou à rames) de haricot, le port de la plante dépend des conditions du milieu, en particulier de la température : une variété naine peut être volubile et une variété à rames érigée.

1. Port de la plante et température.

1°) Sensibilité de la plante à la température.

Seules des chambres conditionnées peuvent permettre de séparer les effets de l'éclairement et de la température. On peut obtenir, pour un éclairement identique, soit des températures constantes, soit des successions quotidiennes ou non de températures. Citons seulement quelques résultats.

A 30°C, les variétés naines testées (12) sont, les unes érigées, d'autres volubiles et d'autres enfin constituent une population mixte (mélange des 2 ports en proportions variables suivant la variété).

A 20°C, les mêmes variétés forment, les unes, une population tout entière érigée, les autres, une population mixte.

A 30°/20°C (30°C jusqu'à l'étalement de la première feuille trifoliolée puis 20°C jusqu'à la récolte), toutes les variétés sont volubiles.

A 20°/30°C, Coco nain et Ocelo forment une population tout entière érigée, Mangetout Princesse, une population mixte (46 % de plantes érigées).

Cette dernière variété naine, très souvent volubile dans les conditions expérimentées, ne présente une population tout entière érigée qu'à 20°/12°C (12h/12h) $\xrightarrow{22 \text{ jours}}$ 32°/12°C (12h/12h) ou à températures plus faibles.

Coco à rames, volubile dans toutes les conditions précitées, ne présente une population mixte qu'à 13°5C et à [13°5C (16h/8h)] / [32°/12°C (16h/8h)]. Dans cette dernière condition du milieu, on peut observer des plantes à 2 portions enroulées (l'une à 13°5C, l'autre à 32°/12°C) séparées par une portion érigée (premiers moments après le transfert à 32°/12°C). Coco à rames est érigé (population tout entière érigée) à 32°/12°C (16h/8h) $\xrightarrow{13 \text{ jours}}$ 12°C (16h/8h).

Ainsi, pour toute variété, le **port de la plante dépend de la température**. En général, une température constante faible (10°-12°C par exemple) est propice au port érigé et une température constante plus élevée (27°C par exemple), propice au port volubile. Une température chaude (30°C par exemple) suivie, à l'étalement de la première feuille trifoliolée, d'une température plus fraîche (20°C par exemple), conduit au port volubile. Il en est de même d'une thermopériode à rythme quotidien chaude [32°/12°C (16h/8h) par exemple] suivie d'une thermopériode à rythme quotidien fraîche [20°/12°C (16h/8h) par exemple]. L'inverse conduit au port érigé : température fraîche suivie d'une température chaude (20°/30°C par exemple), thermopériode à rythme quotidien fraîche suivie d'une thermopériode à rythme quotidien chaude [20°/12°C (12h/12h) \longrightarrow 32°/12°C (12h/12h) par exemple], température fraîche suivie d'une thermopériode à rythme quotidien chaude (13°5C 16h/8h) \longrightarrow 32°/12°C (16h/8h) par exemple].

D'une variété à l'autre, une même température (ou une même succession de températures) ne provoque pas les mêmes effets ; on observe des différences liées à la sensibilité de chaque variété à la température. Ainsi, dans une même chambre conditionnée à 35°C, Mangetout Princesse, variété naine, est volubile alors que Coco à rames est érigé.

De plus, le port est déterminé très tôt, avant même la levée germinative, par les conditions du milieu, puisque 2 jours à 30°C suffisent pour induire le port volubile dans la succession de températures 30°/20°C.

2°) Port intermédiaire.

On observe, aussi bien à la serre que dans les chambres conditionnées, des plantes à port intermédiaire entre le port érigé et le port volubile : zigzags devant le tuteur ou autour du tuteur, zigzags à la base et enroulement lâche (ou serré) vers le sommet, enroulement lâche tout au long du tuteur. Le port de **la plante n'obéit donc pas à une loi du tout ou rien**. Il apparaît progressivement.

2. Caractère déterminé ou indéterminé de la croissance.

Le haricot, qu'il soit nain ou à rames, présente toujours un bourgeon terminal végétatif. De ce fait, sa croissance, dans les 2 cas, est toujours indéterminée. Chez les variétés naines, ce bourgeon terminal, après un certain temps de fonctionnement, perd toute activité méristématique, se transforme en colonnette qui s'atrophie, puis tombe par abscission. La même observation a pu être faite chez Coco à rames en population mixte à 13°5C (16h/8h) —> 32°/12°C (16h/8h) parce que, dans ces conditions, l'arrêt de croissance est précoce. Cet arrêt, dans les autres cas, est beaucoup plus tardif.

3. Nombre de feuilles.

Le nombre de feuilles trifoliolées, qui varie avec la tempéra-

ture, constitue la différence majeure entre une variété naine et une variété à rames. Il est au plus de 6 chez les variétés naines, caractérisées par un arrêt précoce de la croissance apicale et beaucoup plus élevé chez les variétés à rames.

4. Déterminisme précoce du nombre de feuilles et du port de la plante.

Chez les variétés naines, le nombre de feuilles trifoliolées, limité au maximum à 6, est déterminé très tôt, avant la levée germinative, par les conditions du milieu. Il semble qu'il en soit de même pour le port de la plante.

5. Entre-noeud "moyen".

On peut définir un entre-noeud "moyen" comme le premier entre-noeud à partir de la base, à présenter une longueur supérieure à la moyenne des longueurs des différents entre-noeuds de la tige. L'entre-noeud "moyen" admet un seuil au-dessous duquel la plante est érigée et au-dessus duquel elle est volubile. Ce seuil est de l'ordre de 6 cm chez Coco à rames, de 9 cm chez les variétés naines et compris entre 6 et 9 cm chez les plantes à port intermédiaire.

C'est au moment de la pleine croissance de cet entre-noeud "moyen" que commence à apparaître le port futur de la plante : avec un mouvement révolatif et les premiers tours d'enroulement autour d'un tuteur chez la plante volubile, avec une absence de mouvement révolatif visible et de tout enroulement chez la plante érigée.

6. Caractères volubiles.

1° Pas de spire.

On peut définir un seuil de pas de spire légèrement inférieur

à celui de l'entre-noeud "moyen". Il est de l'ordre de 4-5 cm chez Coco à rames et de 7-8 cm chez les variétés naines. Nous avons mis aussi en évidence un deuxième seuil de l'ordre de 13-14 cm au-dessus duquel la plante présente soit un enroulement lâche (pour un pas de spire de l'ordre de 15 à 22 cm) soit un port érigé (pas de spire supérieur à 30 cm).

2^o) Relation entre la longueur totale en fin de croissance et le port de la plante.

Dans une population mixte, la longueur totale de la plante volubile ne dépasse que légèrement celle de la plante érigée.

Dans une population tout entière érigée, la longueur de la plante est en général inférieure à celle de son homologue en population tout entière volubile.

Dans une population tout entière volubile obtenue entre 20°C et 27°C, la longueur de la plante, la hauteur enroulée et le nombre de tours de tuteur s'élèvent simultanément en fonction de la température. Il y a une relation entre la longueur de la plante d'une part, la hauteur de la partie enroulée et le nombre de tours de tuteur d'autre part. Par contre, au-delà de 27°C (30°C par exemple) ou lorsqu'on utilise deux températures successives (30°/20°C par exemple), une plante de longueur élevée présente un nombre de tours de tuteur et une hauteur de la partie enroulée moindres que ceux d'une plante de longueur inférieure. En effet, à 30°C, la plante est plus longue qu'à 30°/20°C (le séjour à 20°C ralentit la croissance) ; elle est en même temps moins volubile (la succession des températures chaude puis fraîche de 30°C et 20°C est favorable au port volubile). Il y a alors dissociation entre la longueur de la plante et les caractères volubiles (hauteur enroulée et nombre de tours de tuteur). Ainsi, longueur de la plante et volubilisme ne sont pas toujours liés.

7. Vitesse de croissance.

1^o) Vitesse de croissance en hauteur (ou en longueur).

L' "enroulement" autour du tuteur, suit le tracé d'une hélice.

Les caractéristiques d'une demi-ellipse d' "enroulement" (angle d'inclinaison sur l'horizontale, demi-grand axe, demi-petit axe, abscisse du foyer, excentricité) ont été précisées. Elles varient avec les conditions du milieu.

Les propriétés fondamentales de l'hélice ont été vérifiées. Elles permettent une détermination aisée de la longueur ou de la vitesse de croissance longitudinale à partir des mesures de hauteur. La condition d'existence de la vitesse de progression rectiligne fait intervenir la grosseur du tuteur et est aussi une des conditions essentielles de l'existence d'un port volubile ou d'un port érigé.

Un seuil minimal de vitesse de progression rectiligne le long du tuteur a été déterminé en population mixte : 0,9 cm/jour pour Coco à rames, 1,7 cm/jour pour Mangetout Princesse et 2,6 cm/jour pour Coco nain. C'est la vitesse la plus faible rencontrée dans nos essais, au-dessous de laquelle la plante est érigée et au-dessus de laquelle elle est volubile. Un seuil plus élevé est apparu dans une population tout entière volubile ; il correspond au moment où la vitesse de progression rectiligne (V_0) est égale à la vitesse de croissance en longueur (V_1). Il est de l'ordre de 6,0 cm/jour chez Mangetout Princesse à 23°C et 25°C. Le seuil de vitesse de croissance dépend alors des conditions du milieu.

Le rapport $2,5 \frac{\sqrt{u'}}{V_0}$ (V_0 = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, u' = rythme plastochronique apparent) s'est révélé intéressant : lorsqu'il est inférieur à 1, la plante est volubile ; lorsqu'il est supérieur à 1, la plante est érigée. Il a l'avantage de ne pas dépendre de la variété.

On observe un passage progressif du port érigé au port volubile au fur et à mesure que la vitesse de croissance en longueur, d'une plante à l'autre, est plus grande : plante sans aucun mouvement révolutif (visible à l'oeil nu) - plante à mouvement révolutif de durée variable (1 à 20 jours) sans aucun enroulement autour du tuteur - plante à mouvement révolutif suivi d'enroulement puis de désenroulement - plante à mouvement révolutif suivi successivement d'enroulement, de désenroulement puis de nouveau d'enroulement et de désenroulement - enfin plante à mouvement révolutif

suivi d'un enroulement qui reste sur le tuteur mais de hauteur faible (un demi à un tour de tuteur). Pour une variété donnée, cette évolution du port érigé vers le port volubile est liée aux conditions du milieu (ici la température).

2°) Vitesse de croissance pondérale et relation avec la vitesse de croissance en longueur.

a) Feuilles. Il existe un seuil de vitesse de croissance pondérale des feuilles (V_3) au-dessous duquel la plante est érigée et au-dessus duquel elle est volubile. Ainsi, chez Mangetout Princesse par exemple, un seuil de vitesse de croissance pondérale des feuilles de 2 mg/jour sépare les populations tout entières érigées des populations mixtes et un autre de 50 mg/jour sépare les populations mixtes des populations tout entières volubiles.

Le rapport $\frac{\text{Poids frais des feuilles}}{\text{Poids frais de la tige}} = \frac{V_3}{V_2}$ (V_2 = vitesse de croissance pondérale de la tige) au cours du temps présente une pente à l'origine, caractéristique du port de la plante : faible pour le port érigé, moyen pour la population mixte et élevé pour le port volubile.

b) Tige.

La densité linéaire, qui est égale au rapport de la vitesse de croissance pondérale par la vitesse de croissance longitudinale ($\rho_0 = \frac{V_2}{V_1}$) décroît le long de la tige de la base vers le sommet. Elle est en général plus faible chez la plante volubile que chez la plante érigée. Cela laisse supposer l'existence d'un seuil qui expliquerait que la plante ne commence pas à s'enrouler avant la fin du développement du deuxième entre-noeud.

La "flexibilité cinétique" a été définie par la relation $\tau_0 = \rho_0 (V_0)^2 \neq V_1 \times V_2$. Plus elle est élevée, plus la plante est volubile. Le rapport des "flexibilités cinétiques" chez Mangetout Princesse et Myrto est égal au rapport des nombres de tours de tuteur respectifs, ce qui montre l'intérêt de ce paramètre pour l' "enroulement".

Ainsi, les vitesses de croissance pondérale et longitudinale,

par leur quotient (densité linéaire) et leur produit ("flexibilité cinétique"), sont liées à l'édification du port de la plante. L'étude de la croissance pondérale, souvent négligée, mériterait d'être approfondie.

8. Teneur en eau (en % du poids frais).

Évaluée dans des portions successives de tige de 3 cm environ comptées à partir du sommet de la plante, la teneur en eau suit, le long de l'axe caulinaire, une courbe en cloche recouvrant les 6 à 8 premiers tronçons, quels que soient l'entre-noeud en voie de croissance et l'époque de prélèvement. Au-delà des 8 premiers tronçons, on observe aussi des courbes en cloche, mais de hauteur moindre. On peut déterminer la fréquence de cette courbe de teneur en eau maximale, toujours présente dans la partie la plus en voie de croissance. Et il existe une relation entre **cette fréquence** et

- . la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur,
- . la **fréquence de l' "enroulement"** de la plante autour de son tuteur.

Chez Mangetout Princesse à 20°C par exemple, entre l'apparition du flagelle et les premiers tours de tuteur, la fréquence de cette courbe a doublé. Cette fréquence se révèle donc être un bon paramètre pour l' "enroulement" de la plante autour de son tuteur.

Cette courbe perd son aspect en cloche dès l'étalement de la dernière feuille trifoliolée qui correspond à la fin de la croissance longitudinale du dernier entre-noeud végétatif. Cet aspect en cloche nous paraît donc lié à la croissance longitudinale.

- . la "flexibilité cinétique" de la portion de tige à teneur en eau maximale.

Cette flexibilité peut alors être déterminée, non seulement par le produit des vitesses, mais aussi par la teneur en eau.

C'est par son intermédiaire que la teneur en eau intervient dans l'édification du port de la plante.

9. Relation entre les différents paramètres qui interviennent dans l'édification du port de la plante (fig. 111, p. 142).

En présence de tant de paramètres montrant chacun un intérêt certain, nous avons établi un schéma qui illustre leur mode d'action dans l'édification du port de la plante. Ces paramètres interviennent soit par leur effet principal (en l'absence des autres paramètres ou lorsque la valeur de chacun des autres paramètres est constante) soit par leur effet secondaire (ou d'interaction avec les autres paramètres). Ainsi, le seuil minimal de vitesse de croissance en longueur peut être considéré comme un effet principal et le rapport $2,5 \frac{V_{u'}}{V_0}$, comme un effet secondaire.

De plus, ce schéma apparaît comme un tableau de hiérarchie (ou de préséance) entre les nombreux paramètres qui, à des niveaux divers, jouent le rôle de causes apparentes ou réelles.

Ainsi, lorsque l'on voit une plante décapitée continuer, un moment, à s'enrouler autour de son tuteur, on peut admettre que la cause de l' "enroulement" est la "flexibilité cinétique". Ce faisant, on en reste au niveau 7 dans l'ordre des causes (cause d'ordre 7) de notre schéma. Car la "flexibilité cinétique" n'existe que s'il y a croissance longitudinale et pondérale (cause d'ordre 6) qui, à leur tour, n'existent que si la tige est intacte (cause d'ordre 5), tige qui n'a pu se développer que grâce à la croissance (cause d'ordre 4) des sous-produits (feuilles et entre-noeuds de l'activité méristématique) (cause d'ordre 3), activité méristématique qui, à son tour, n'a pu se réaliser que par l'action conjointe des 2 sources énergétiques : le matériel végétal contenant le génôme (cause d'ordre 2) et les conditions du milieu (cause d'ordre 1).

10. Application pratique : utilisation d'une même variété dans un milieu donné, sous 2 ports (érigé et volubile).

Les hommes sont en général attachés à des variétés précises qui, dans leur site, peuvent être érigées ou volubiles. Or, la culture extensive, sur grande superficie, veut des variétés à port érigé (la récolte mécanique exige que les gousses soient au même niveau) tandis que la culture intensive préfère des variétés à port volubile (meilleure utilisation d'une faible superficie). On peut alors, notamment par pulvérisation de substances de croissance (nous avons obtenu Coco nain volubile avec une vingtaine de tours de tuteur et 2,50 m de haut avec une pulvérisation de gibbérelline) modifier le port d'une variété pour une culture, soit extensive, soit intensive (jardins familiaux conseillés par la FAO dans les pays en voie de développement).

Bien qu'entrepris en grande partie dans des conditions de milieu artificielles et destiné, au premier abord, à élucider le mécanisme de l'édification du port de la plante, un tel sujet peut conduire cependant à des applications pratiques.

B I B L I O G R A P H I E

BAILLAUD (L) - 1953. Action de la température sur la période de mutation des tiges volubiles de Cuscuta. C.R. Acad. Sci. (Paris), **236**, 1986-1988.

- 1957. Recherches sur les mouvements spontanés des plantes grimpantes. Thèse d'Etat Sciences Besançon n° 5 et Ann. Sci. Univ. Besançon, Sér. II, Bot. **11**, 1958, 1-235 (1959).

- 1962a. Les mouvements d'exploration et d'enroulement des plantes volubiles. Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd XVII, Teil 2, 635-715, Berlin : Springer.

- BULLE (J) et COURTOT (Y) - 1962b. Sur le développement de haricots nains et grimpants cultivés en pleine terre, traités par l'acide gibbérellique. 16th intern. hortic. cong. 1962, Brussels, August 31 - Sept. 8, 1962, vol. 2, p. 602-605.

- et COURTOT (Y) - 1962c. Essai de coordination des faits expérimentaux concernant l'induction du port volubile par l'acide gibbérellique. Eigenschaften und Wirkungen der Gibberelline. Symp. Oberhess. Ges. Natur. Heikl., Naturwiss, Abt. Giessen, 1960, 136-145. Berlin : Springer.

- COURTOT (Y), MARSAUD (P), MONNIER (Y), PERNEY (J.P.) et TAVANT (H). 1962d. Quelques expériences relatives à l'induction du port volubile par l'acide gibbérellique. Symp. Oberhess. Ges. Natur. - u. Heikl. Naturwiss. Abt. Giessen, 1960, p. 130-136, Berlin : Springer.

- et PERNEY (J.P.) - 1962e. La croissance et les mouvements révolutifs de plants de *Zinnia* traités par l'acide gibbérel-

lique. Commentaire d'un film. Untersuchung der Pflanzen-Entwicklung unter klimatisch kontrollierten Bedingungen, Ulmer-Verlag, Stuttgart, 37-43.

- 1966a. Influence des conditions d'éclairage et de température sur le rythme circadien de dégageement des entrenœuds chez *Convolvulus sepium*. C.R. Acad. Sci., D. 263, n° 18, 1319-1322.

- 1966b. Mouvements de tiges volubiles du haricot. Film 16 mm, couleur, sonore optique, 13 minutes, du Service du Film de Recherche scientifique, 96, bld Raspail, Paris 6ème.

BANNEROT et FOUILLOUX - 1974. Communication personnelle.

BOYER (N.) - 1972. Les mécanismes de l'organisation de la croissance des plantes à vrilles. Thèse Doct. Etat Sci. Clermont-Fd.

CANDOLLE (A. de) - 1876. Sur la désignation de la direction des spires dans les plantes. Bul. Soc. bot. France, 23, 192-195.

CHAMPAGNAT (M.) - 1961. Recherches de morphologie descriptive et expérimentale sur le genre *Linaria*. Ann. Sci. Nat. Bot., 12^e S. 1-170.

CHAMPAGNAT (P.) - 1972. Croissance rythmique du Chêne. Film. Service du film de Recherche Scientifique, C.N.R.S., format : 16 mm ; métrage : 192 m ; durée : 18 minutes. O.F.R.S. Paris.

CHODAT (R.) - 1911. Principe de Botanique, 2ème éd. Genève : Georg.

CLAIRE (A.) - 1970. Recherche sur le mouvement révolutif, la croissance et la torsion homodrome des tiges volubiles chez l' *Ipomoea purpurea*. Mises en évidence de quelques mécanismes physiologiques. Thèse Doct. Etat, Sci. Clermont 204 p.

- et ARNAUDET (L.) - 1981. Le métabolisme glucidique en relation avec le mouvement et la croissance des tiges volubiles (*Ipomea purpurea*). Compte rendu d'activité 1978-1981 du laboratoire de phytomorphogenèse de Clermont-Fd (Juin 1981), p. 95-96- D.E.A. de ARNAUDET (55 pages), 1980, Clermont-Fd.

DAGBA (E.) - 1974a. Contribution à l'étude de l'influence du milieu sur la croissance et le développement de quelques cultivars de niébé, *Vigna unguiculata* (L) Walp. Thèse Doct. 3ème cycle n° 387 - Sci. Clermont-Ferrand, 2 vol. (128 p. + 72 p.).

- 1974b. Essai de détermination sur pied de la surface foliaire du niébé, *Vigna unguiculata* (septembre 1974). Rapport ORSTOM.

DARWIN (C.) - 1865. On the movements and habits of climbing plants. J. Linnean Soc. Bot. 9, 1-118 (Imprimé en 1867).

- 1877. Les mouvements et les habitudes des plantes grimpantes. Trad. R. Gordon, VIII, 271 p. Paris : Reinwald.

- et DARWIN (F.) - 1982. La faculté motrice dans les plantes (trad. par L. Heckel de "The power of movement in plants", London 1880) - XXVI, 599 p. Paris : Reinwald.

DEBOUCK (D.G.) - 1976. Etude d'une relation entre nutrition minérale équilibrée et morphogenèse chez *Phaseolus vulgaris* L. Travail de fin d'études. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux (Belgique).

- 1983. Contribution à l'étude des corrélations périméristématiques intervenant dans les processus de ramification et de floraison chez les haricots (*Phaseolus*). Doctorat en Sciences Agronomiques. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux (Belgique).

DENAIFFE - vers 1905. Les haricots. Librairie horticole, 84 bis, rue de Grenelle, Paris. 493 pages avec 272 figures.

- DION (J.L.) - 1974. Ondes et vibrations. Ed. Diffusion Vuibert
Paris : Centre Educatif et Culturel Lnc, 335 p.
- DURAND (R.) - 1982. La machinerie cellulaire. In : Matière et biologie :
Ann. du Centre rég. de docum. pédag. de Clermont-Ferrand, n° 340/300,
octobre 1982, p. 7-21.
- 1982b. Ilya Prigogine : de la thermodynamique des
systèmes irréversibles à la nouvelle alliance. Exposé polycopié (10
pages).
- EMERSON (R.A.) - 1916. A genetic study of plant height in *Phaseolus vul-*
garis. Nebr. Agr. Exp. Res. Bull., 7.
- HENDRICKS (S.B.)- 1960. Photochemical aspects of plant photoperiodicity -
Photophysiology edited in 1964 by Arthur C. Giese, vol. I - Chapter
10 - p. 305-331 - Academic Press. New York and London.
- KLANKKE (H.W.) - 1957. Reiz-und wuchsstoffphysiologische Untersuchungen
an Keimlingen von *Cuscuta lupuliformis* Krocke mit besonderer
Berücksichtigung der cyclonastischen Bewegung. Diss. Gießen 1957.
- KOOISTRA (von Jr E.) - 1962. Bohnen (*Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus*
coccineus L.) in Handbuch der Pflanzen Züchtung, Band VI, p. 369-407,
publié par Prof. Dr. h.c. H. KAPPERT et Prof. Dr. W. RUDORF.
Editeur Paul PAREY in Berlin und Hamburg.
- LAMPRECHT (H.) - 1947. The inheritance of the slender type of *Phaseolus*
vulgaris and some other results. Agri. hort. genet., 5, 72-84.
- LEON (I.) - 1858. Recherches nouvelles sur la cause du mouvement
spiral des tiges volubiles. Bull. Soc. bot. France, 5, 531-536, 610-614,
624-629, 679-685.
- LISON (L.) - 1958. Statistique appliquée à la biologie expérimentale
(La planification de l'expérience et l'analyse des résultats). Gauthier -
Villars Editeur - Imprimeur - Libraire. Paris (VIe).

- MALINOWSKI (E.) - 1951. The problem of heterosis. VII. Vigorous growth and twining tendency in bush bean. Bull. inter. Acad. pol. Sci. lettres, B (I), 77-88.
- MARESQUELLE (H.J.) - 1976. La notion de programme morphogénétique examinée dans le cas de la floraison. Etudes de Biologie : Hommage au Professeur CHOULARD (jubilé), p. 277-285.
- MARTENS (G. von) - 1860. Die Gartenbohnen. Ihre Verbreitung, Cultur und Benützung. Stuttgart, 92 pp.
- MELIN (D.) - 1973. Analyse du déterminisme du port volubile chez une espèce à rameaux polymorphes, *Periploca graeca* L. Thèse Doct. Etat Sci. Besançon (289 pages).
- MIEGE (J.) - 1950. Caractères du *Dioscorea minutiflora* Engl. Rev. intern. Bot. appl. Agric. trop., **30**, 333-334, 428-432.
- 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* ouest-africains. Thèse Sci. Paris, 266 p., 14 pl.
- 1958. Phénomènes de mutation chez quelques *Dioscorea*. Bull. Soc. franç. Physiol. vég. **4**, n° 3, 94-95.
- 1958. Les phénomènes de mutation chez les *Dioscorea*. Ann. Sci. Univ. Besançon, Sér. II, Bot. **12**, 63-70.
- MILLET (B.) - 1970. Analyse des rythmes de croissance de la fève (*Vicia faba* L.) - Thèse Doct. Etat Sci. Besançon, 132 p.
- PRIGOGINE (I.) - 1982. Physique, temps et devenir - Traduction de l'anglais par Françoise Sullivan sous la direction du Professeur Jacques Chanu ; 2ème éd. Masson Paris. 275 p.
- et STENGERS (I.) - 1982. La Nouvelle Alliance (Métamorphose de la science). éd. de mai 1982 (1er dépôt légal : nov. 1979) - Ed. Gallimard - 296 p.

RAWITSCHER (F.) - 1924. Beiträge zum Windeproblem. Z. bot. **16**, 1-34.

- 1926. Ueber das Windeproblem. Ber. d. dt. bot. Ges. **44**, 34-42.

SNEDECOR (G.W.) et COCHRAN (W.G.) - 1971. Méthodes statistiques - traduit par BOELLE (H.) et CAMHAJI (E.) - 649 pages. Editeur : Association de coordination technique agricole. Paris.

TEODORESCU = TEODORESCO (E.C.) - 1951a. Observations sur la nutation révolutive des tiges volubiles et ses rapports avec les mouvements d'enroulement. Opere complete, vol. I, Editura academieii republicii populare romane, p. 249-441.

- 1951b. La volubilité à l'obscurité. Opere complete, vol. I, Ed. ac. rep. pop. romane, p. 443-498.

THOMAS (G.B.) et WARUSFEL (A.) - 1970. Géométrie analytique, calcul vectoriel, algèbre linéaire - Editions du Renouveau Pédagogique INC. Montréal - Paris.

TORT (M.) - 1977. Aspects corrélatifs, spatio-cinétiques et cellulaires de la morphogenèse chez le Crosne du Japon (*Stachys sieboldi* Miq.) cultivé à l'obscurité. Thèse Doct. Etat Sci. Clermont-Ferrand, 2 vol.

TOURNOIS (J.) - 1912. Influence de la lumière sur la floraison du houblon japonais et du chanvre. C.R.Ac. Sci., **155**, 297-300.

TREMBLAY (L.M.) et CHASSE (Y.) - 1970. Introduction à la méthode expérimentale. ISBN. 0-7751-2812-0. Ed. Diffusion Vuibert, Paris (Centre Educatif et Culturel Lnc), 116 pages.

WARUSFEL (A.) - 1970. Voir Thomas (G.B.) et Warusfel (A.)

Série D. E.

N° d'ordre : E 340

THESE

Présentée

à

L'UNIVERSITE DE CLERMONT II

(U. E. R. de Recherche Scientifique et Technique)

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR ÈS SCIENCES

par

Eugène DAGBA

*Influence du milieu,
en particulier de la température,
sur l'édification du port
chez le haricot*

(Phaseolus vulgaris L.)

II - ILLUSTRATIONS

Soutenue le **04 JUIL. 1985** devant la Commission d'Examen :

Jury : M.M. P. CHAMPAGNAT
J.P. ALARD
J.C. FONDEVILLE
F. HALLE
Melle M. REMY
M. J. VIEIRA da SILVA

Président

Examineurs



76 PHY/B1001, DAG

F 25.169 (vol. 2)

Le volume II contient :

	<i>Page</i>
1. Photos	
1°) Liste	
2°) Photos 1 à 44	1-19
2. Figures	
1°) Liste	20-24
2°) Figures 1 à 111.....	25-142
3. Tableaux	
1°) Liste	143-146
2°) Tableaux 1 à 54	147-191

P H O T O S



LISTE DES PHOTOS

	page
1.- En champ	1
. photo n°1 (<i>Nabel</i>)	érigé
. photo n°2 (<i>Coco à rames</i>)	volubile
2.- Les variétés naines en chambres conditionnées	
2.1. - <i>Coco nain</i> sous 3 ports différents	2
. photo n°3 (à 30°C - 21 W.m ⁻² , jour continu = L.C.)	érigé
. photo n°4 (à 21°C - 14 W.m ⁻² , L.C.)	volubile
. photo n°5 (à 30°/20° - 21 W.m ⁻² , L.C.)	volubile
2.2. - Quatre variétés naines à 30°/20°C - 21 W.m ⁻² , L.C.	3
. photo n°6 (<i>Adria</i>)	volubile
. photo n°7 (<i>Ariçon</i>)	volubile
. photo n°8 (<i>Mangetout Princesse</i>)	volubile
. photo n°9 (<i>Nabel</i>)	volubile
2.3. - <i>Mangetout Constant</i> sous 3 ports différents	4
. photo n°10 (à 20°C - 21 W.m ⁻² - L.C.)	érigé
. photo n°11 (à 30°C - 21 W.m ⁻² - L.C.)	érigé long
. photo n°12 (à 30°/20° - 21 W.m ⁻² - L.C.)	volubile
2.4. - <i>Mangetout Princesse</i> sous différents ports	5 à 8
. photo n°13 (20°/12° (12h/12h) - 21 W.m ⁻²)	volubile
. photo n°14 (20°/12° (8h/16h) - 21 W.m ⁻²)	volubile
. photo n°15 (20°/12° (12h/12h) - 21 W.m ⁻²)	érigé
. photo n°16 (20°/12° (12h/12h) - 21 W.m ⁻²)	érigé
. photo n°17 (32°/12° (12h/12h $\xrightarrow{8 \text{ jrs}}$ 12° (16h/8h) - 21 W.m ⁻²)	érigé
. photo n°18 (30°/20° - 21 W.m ⁻² , L.C.)	inflorescence
. photo n°19 (32°/12° (12h/12h) - 21 W.m ⁻²)	érigé long
. photo n°20 (32°/12° (12h/12h) - 21 W.m ⁻²)	érigé long, puis volubile
3.- <i>Coco à rames</i>	
3.1. - Port	9 à 11
. Photo n°21 : serre	volubile
. Photo n°22 : serre (extrémité de la plante)	volubile
. Photo n°23 : à 30°/20°	volubile
. Photo n°24 : à 13°5 (16h/8h)	érigé
. Photo n°25 : à 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{9 \text{ jrs}}$ 20°/12° (8h/16h)	érigé.
. Photo n°26 : à 13°5 (16h/8h) $\xrightarrow{70 \text{ jrs}}$ 32°/12° (16h/8h)	érigé long
. Photo n°27 : sommet florifère de la plante	

	page
3.2. - Arrêt de croissance	12 à 14
. photo n°28 : bourgeon végétatif en activité (témoin)	
. photo n°29 : bourgeon végétatif rejeté de côté (plante entière)	
. photo n°30 : bourgeon végétatif rejeté de côté (extrémité)	
. photo n°31 : jaunissement de l'extrémité de la tige	
. photo n°32 : dessèchement après jaunissement de l'extrémité de la tige	
. photo n°33 : dessèchement de l'extrémité d'un rameau axillaire	
4.- Détermination précoce du nombre de feuilles chez <i>Coco nain</i> à 30°C	15 à 17
. photo n°34 : stade de la graine	
. photo n°35 : 1 jour après le semis	
. photo n°36 : 2 jours après le semis	
. photo n°37 : 3 jours après le semis	
. photo n°38 : 4 jours après le semis	
5.- Coupe longitudinale du méristème apical de <i>Coco nain</i> au cours du temps	18
. photo n°39 : méristème apical en activité	
. photo n°40 : méristème apical en fin d'activité	
. photo n°41 : colonnette	
. photo n°42 : avortement du méristème	
6.- Comparaison du méristème apical de <i>Coco nain</i> et de <i>Coco à rames</i> en coupe longitudinale	19
. photo n°43 : <i>Coco nain</i> (avec colonnette)	
. photo n°44 : <i>Coco à rames</i> (sans colonnette)	

En champ



Photo n°1

Nabel (var. naine)

Port érigé (en fin de croissance végétative)

Hauteur = 36 cm



Photo n°2

Coco à rames (var. à rames)

Port volubile (en début de croissance)

Hauteur = 69 cm

Nombre de tours : 2,5

Coco nain (var. naine) sous 3 ports différents

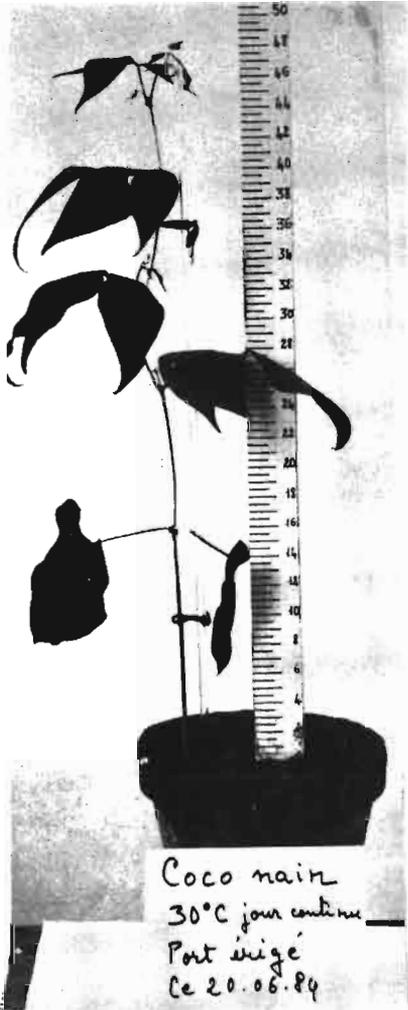


Photo n°3

Port érigé

Hauteur = 48 cm

30°C - 21 W.m⁻²

jour continu

Photo n°4

Port volubile

(à enroulement lâche)

Hauteur = 51 cm

Nombre de tours : 1,5

21°C - 14 W.m⁻²

jour continu

Photo n°5

Port volubile

(à enroulement serré)

Hauteur = 47 cm

Nombre de tours : 2

30°/20°C - 21 W.m⁻²

jour continu

Quatre variétés naines, *volubiles* à 30°/20°, jour continu, 21 W. m⁻².

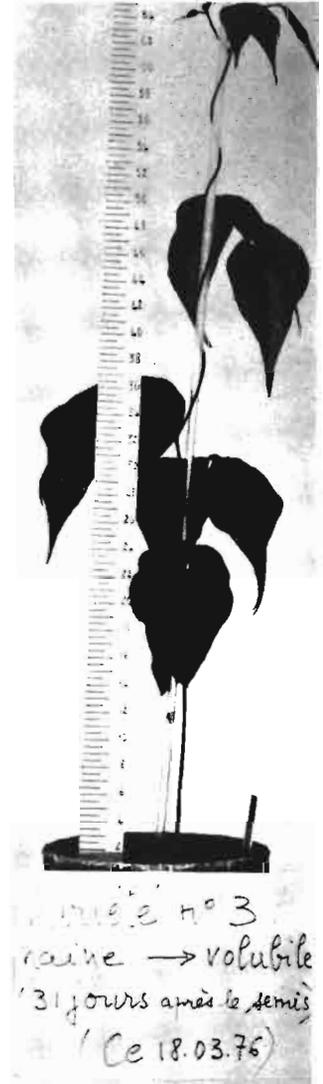
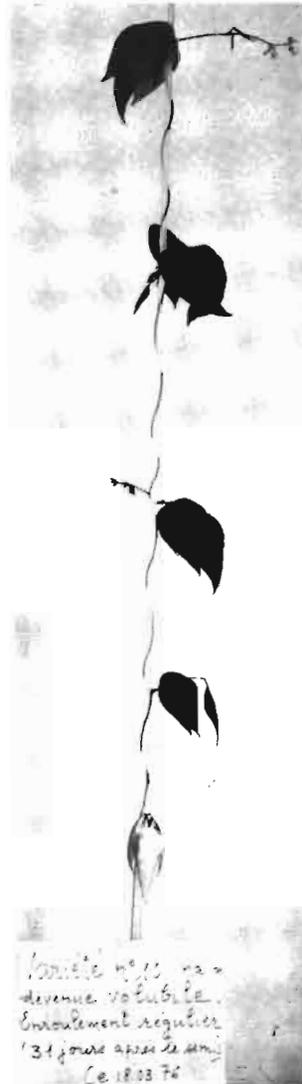
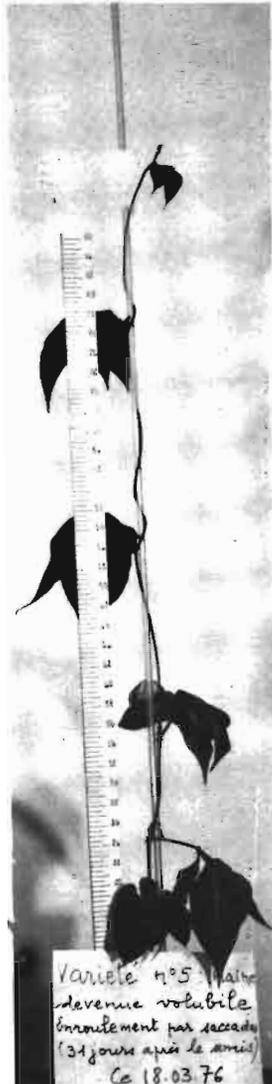
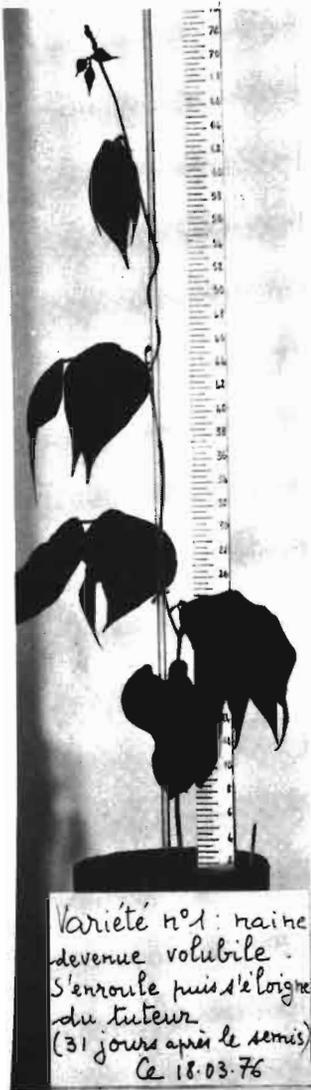


Photo n°6

Adria

Hauteur = 74 cm

Nombre de tours: 2,5

Photo n°7

Arian

Hauteur = 95 cm

Nombre de tours: 3,5

Alternance de 2 pas de spire différents (rencontrée également chez *Myrto* à 20°).

Photo n°8

Mangetout Princesse

Hauteur = 115 cm

Nombre de tours: 9

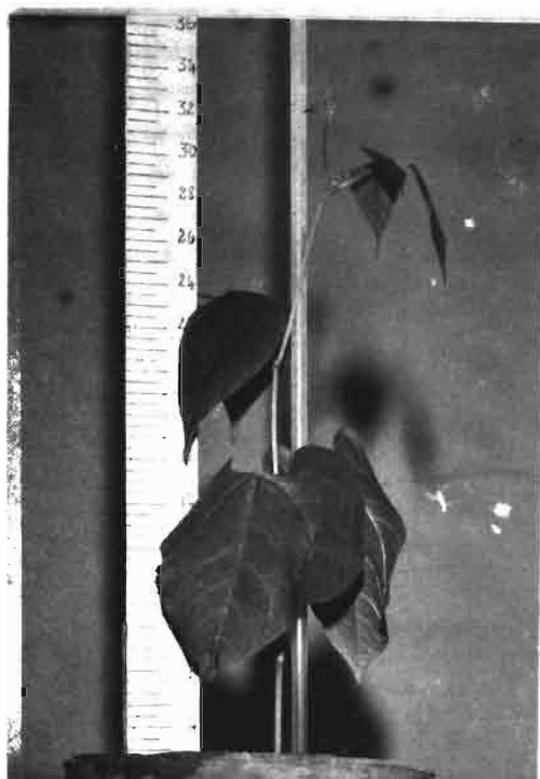
Photo n°9

Nabel

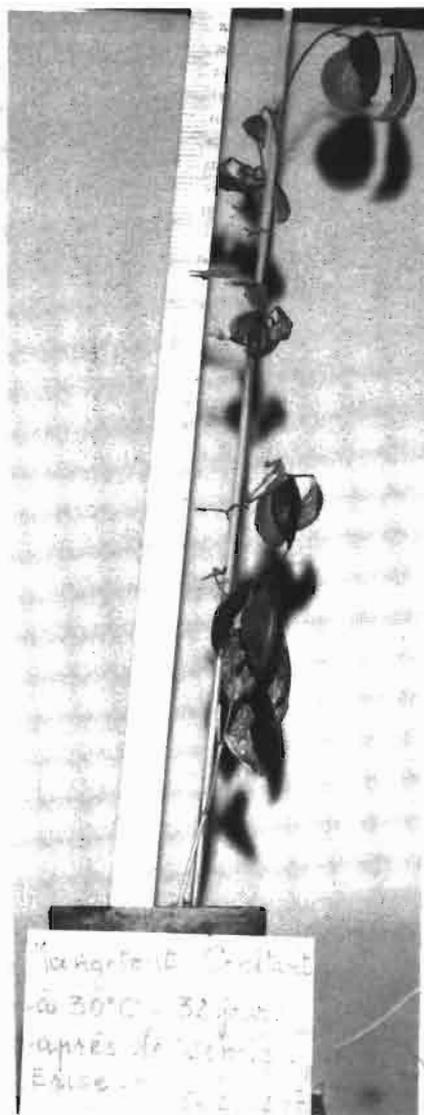
Hauteur = 66 cm

Nombre de tours: 4
A comparer avec la photo n°1.

Mangetout Constant (var. naine) sous 3 ports différents



Mangetout Constant
à 20°C - Erigé
32 jours après le semis
Ce 20.02.77



Mangetout Constant
à 30°C - 32 jours
après le semis
Erigé
Ce 20.02.77



Mangetout Constant
à 30°/20°C - volubile
35 tours autour du support
Ce 20.02.77

Photo n°10

Port érigé

Hauteur = 33 cm

20°C - 21 W.m⁻²

jour continu

Photo n°11

Port érigé long

Hauteur = 76 cm

30°C - 21 W.m⁻²

jour continu

Photo n°12

Port volubile

Hauteur = 70 cm

Nombre de tours : 3,5

30°/20°C - 21 W.m⁻²

jour continu

Mangetout Princesse (var. naine) sous différents ports



Mangetout Princesse
20°C/12°C (12^h/12^h)
Port volubile
Ce 12.03.80

Photo n°13

Port volubile

Hauteur = 43 cm

Nombre de tours : 2,5

20°/12° (12h/12h) - 21 W.m⁻²



Mangetout Princesse
20°C/12°C (8^h/16^h)
Port volubile
Ce 12.03.80

Photo n°14

Port volubile

Hauteur = 48 cm

Nombre de tours : 1

(après lequel la tige s'écarte
du tuteur sur une hauteur de 20 cm)

20°/12° (8h/16h) - 21 W.m⁻²

Mangetout Princesse (var. naine) sous différents ports (suite)



Photo n°15

Port érigé

Hauteur = 33 cm

20°/12° (12h/12h) - 21 W.m⁻²

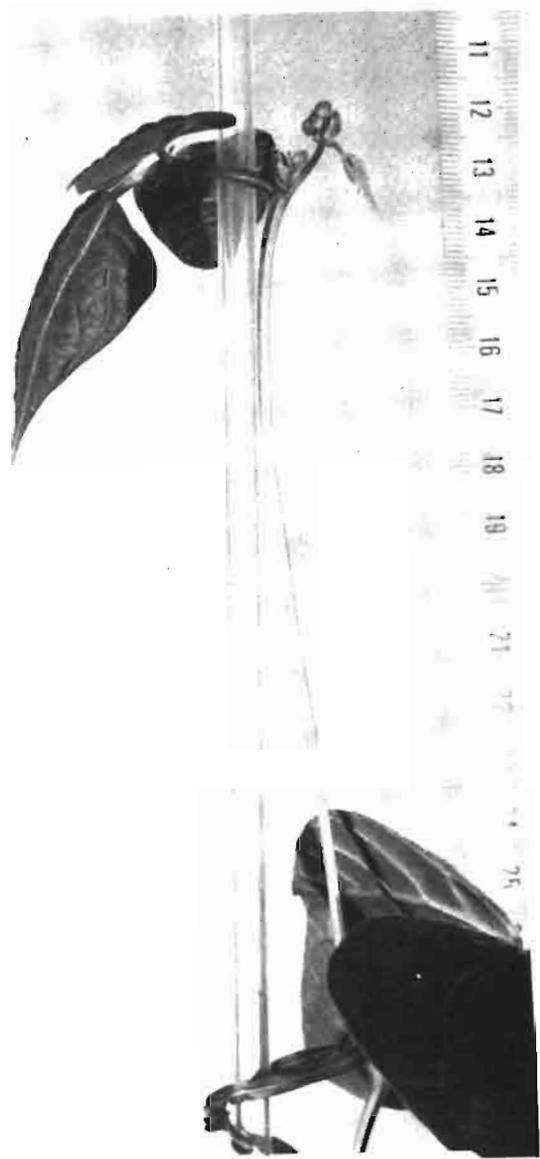


Photo n°16

Port érigé

Hauteur = 38 cm

20°/12° (12h/12h) - 21 W.m⁻²

Plante accrochée au tuteur, entre le pétiole et une foliole latérale, par ces 2 parties de la feuille.

Mangetout Princesse (var. naine) sous différents ports (suite)



Photo n°17

Port érigé

Hauteur = 13 cm

(4 mois après le semis)

32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{8 \text{ jrs}}$ 12° (16h/8h)

21 W.m⁻²

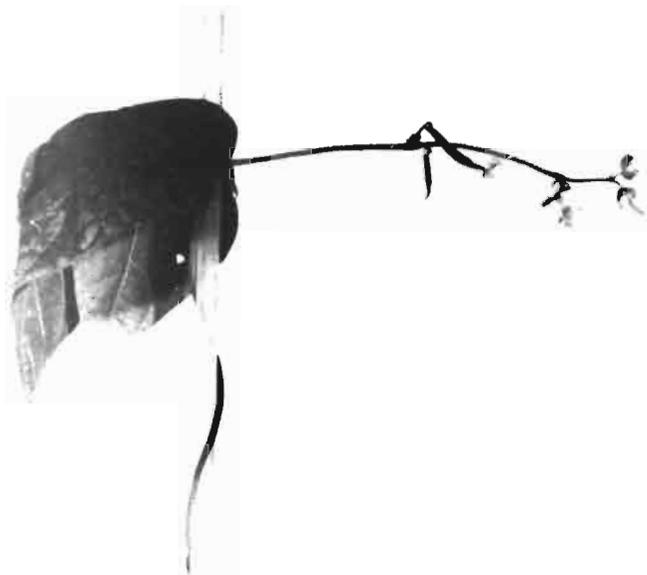


Photo n°18

→
Inflorescence subterminale
caractéristique d'une
variété naine (sommet
de la photo n°8).

Mangetout Princesse (var. naine) sous différents ports (suite et fin)

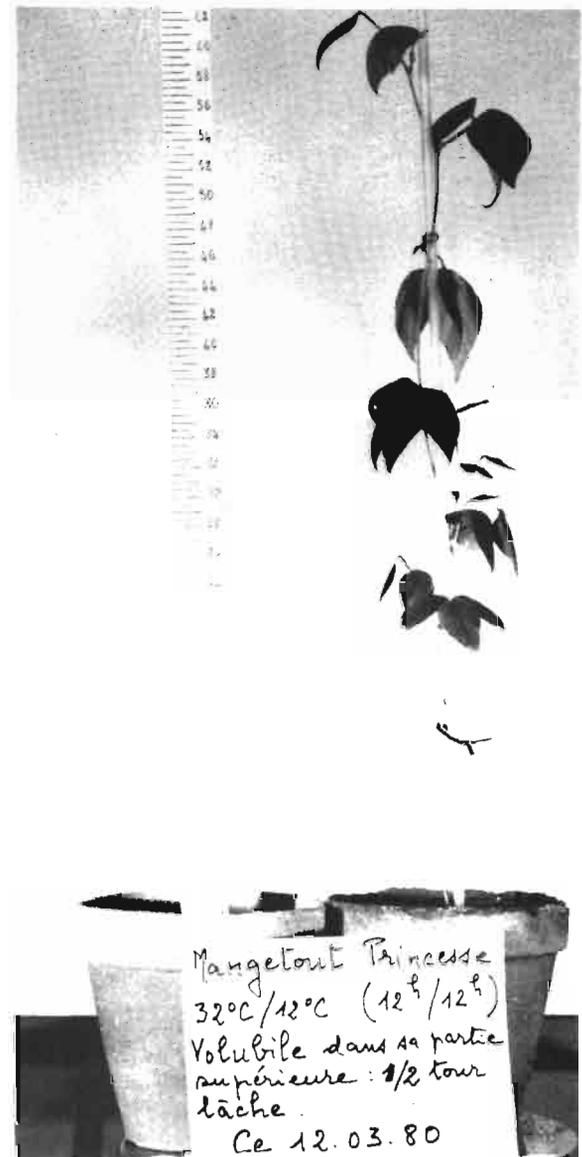


Photo n°19

Port érigé long

Hauteur = 76 cm

32°/12° (12h/12h) - 21W.m⁻²

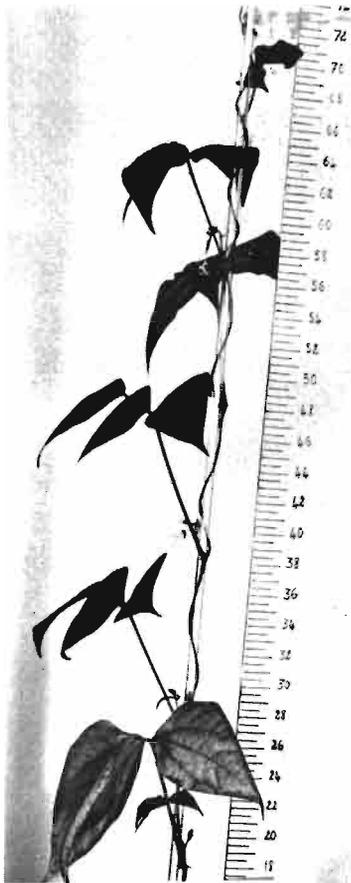
Photo n°20

*Port érigé long, volubile dans sa
partie supérieure (1/2 tour de
tuteur)*

Hauteur = 61 cm

32°/12° (12h/12h) - 21 W.m⁻²

Coco à rames (var. à rames) à la serre et à 30°/20°



Coco à rames à la serre

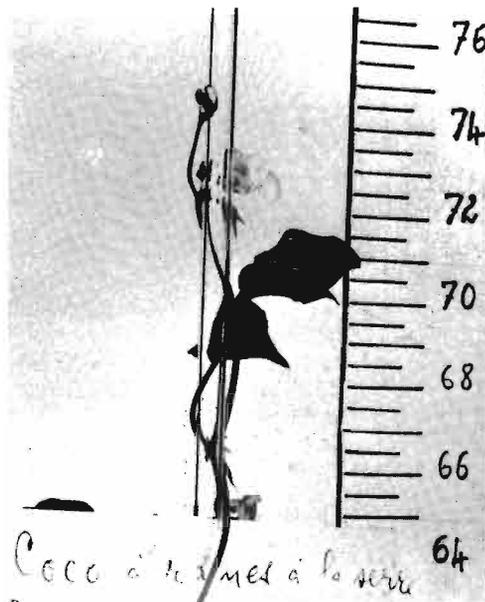


Photo n°22

Extrémité supérieure
de la plante précédente

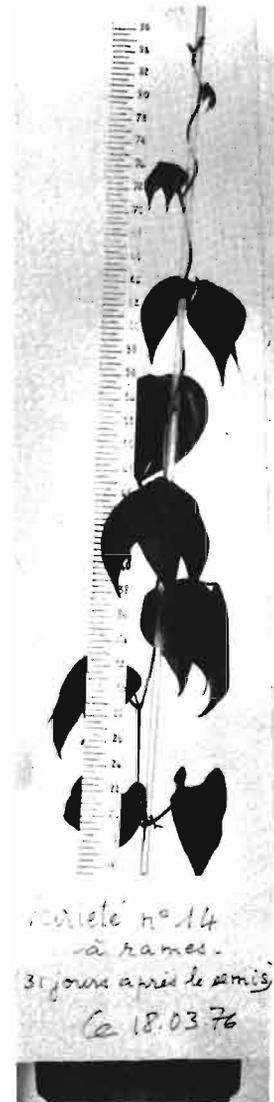


Photo n°23

Port volubile

Hauteur = 85 cm

Nombre de tours : 6

Conditions : 30°/20° -
21 W.m⁻²

Jour continu

Photo n°21

Port volubile

Hauteur = 74 cm

Nombre de tours : 7,5

50 jours après le semis

Le 18.03.76

Coco à rames (var. à rames) sous un port dressé



Photo n°24

Port érigé

Hauteur = 30 cm

13,5° (16h/8h) - 21 W.m⁻²

Observer le bourgeon terminal rejeté de côté : fin de croissance (81 jours après le semis).

Photo n°25

Port érigé

Hauteur = 23 cm

32°/12° (12h/12h)^{9 jrs} → 20°/12° (8h/16h)

Observer le bourgeon terminal rejeté de côté : fin de croissance (48 jours après le semis).



Coco à rames
Semis le 11.02.80 sous 4.650 lux.
32°C/12°C - 12h/12h
Transfert le 20.02.80 sous 4.650 lux -
20°C/12°C - 8h/16h
Port érigé - Ce 01.04.80

Coco à rames (var. à rames) sous un port dressé

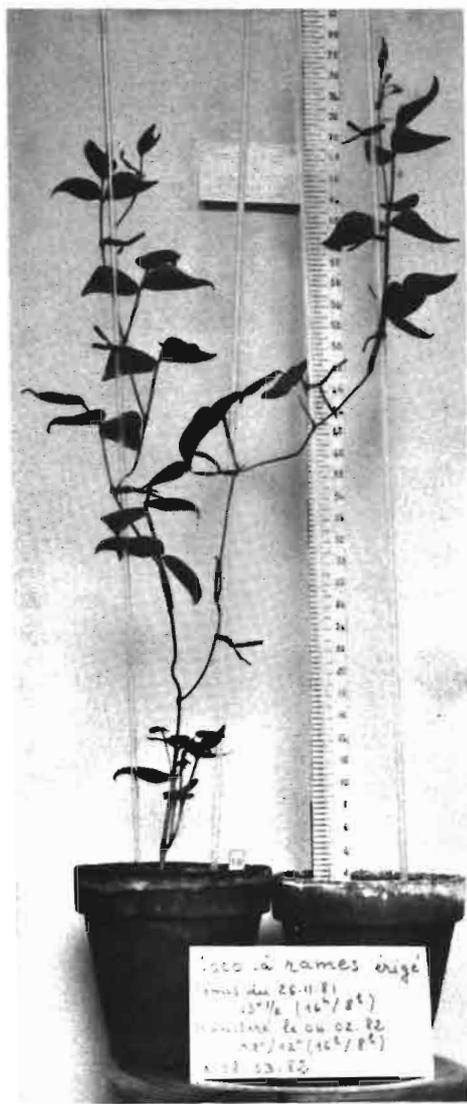


Photo n°26

Port érigé long (tige = 80 cm de haut -
rameau = 52 cm de haut)
13,5° (16h/8h) $\xrightarrow{70 \text{ jrs}}$ 32°/12° (16h/8h) -
21 W. m⁻² (102 jours après le semis).



Photo n°27



Sommet florifère du rameau de la
plante de la photo n°26 (119 jours
après le semis). Observer la
similitude entre ce sommet florifère
de *Coco à rames* et celui des variétés
naines (photo n°18)

Arrêt de croissance chez *Coco à rames*

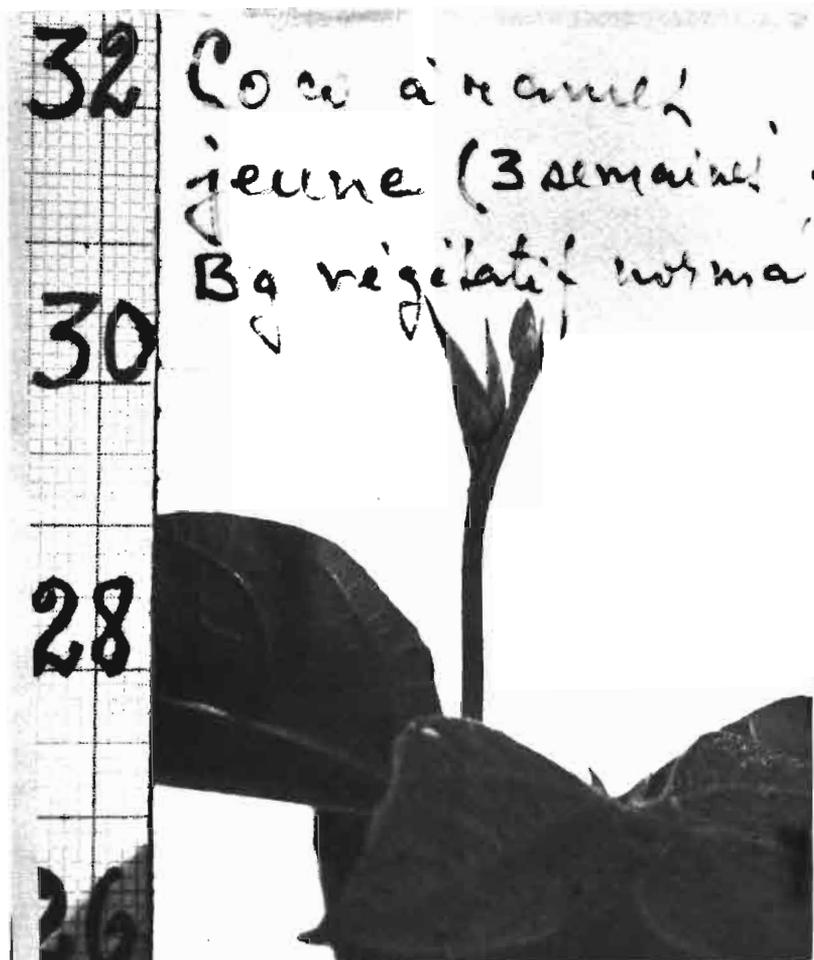


Photo n°28

Bourgeon végétatif en pleine activité (témoin).

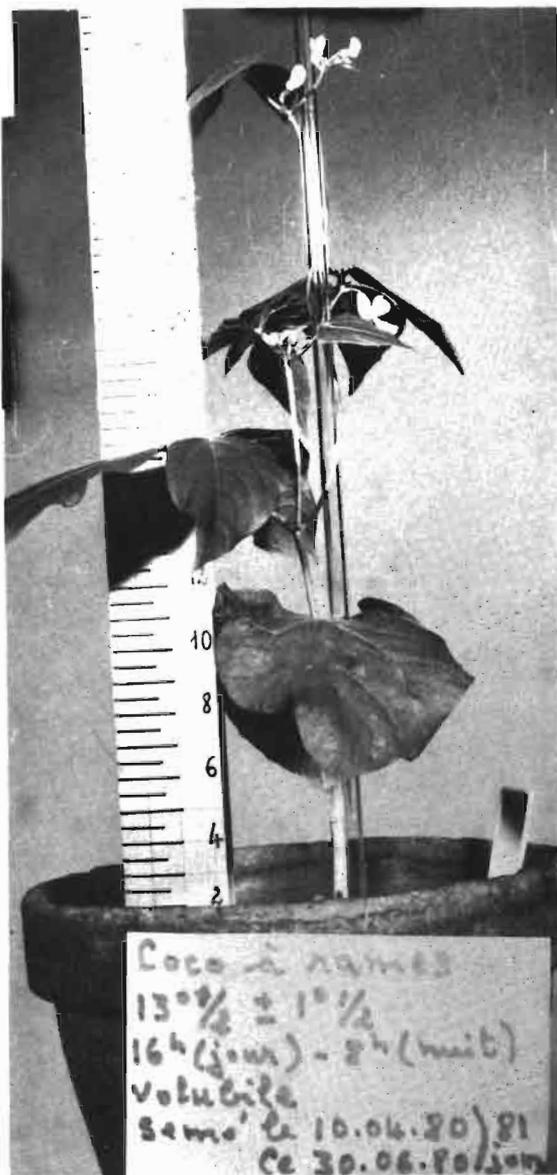


Photo n°29

Bourgeon végétatif rejeté sur le côté, un pédoncule inflorescentiel se développant dans l'axe de la tige.

Arrêt de croissance chez *Coco à rames* (suite)

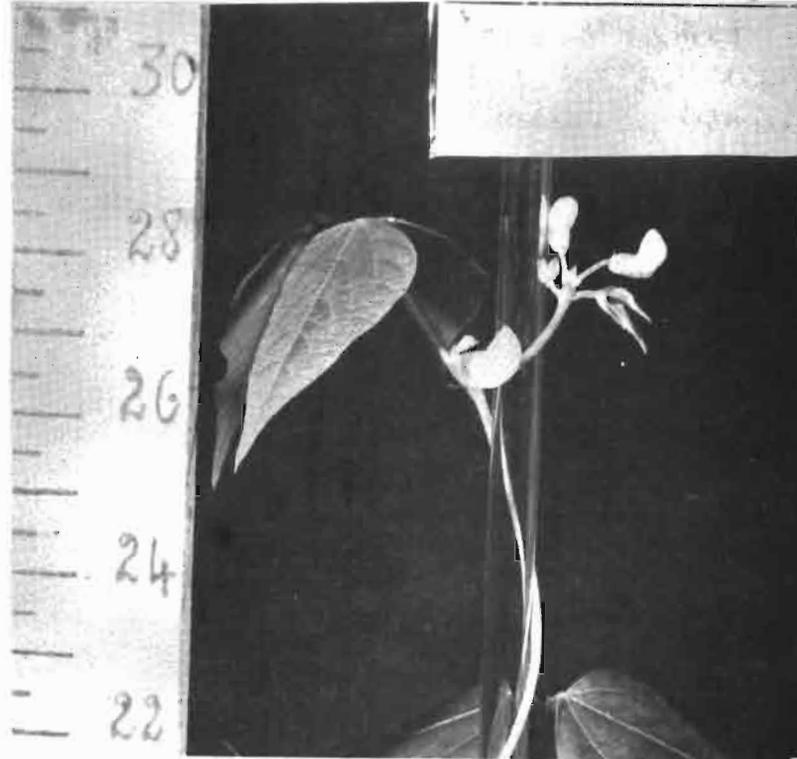


Photo n°30

Partie supérieure de la photo n°29 prise de près.

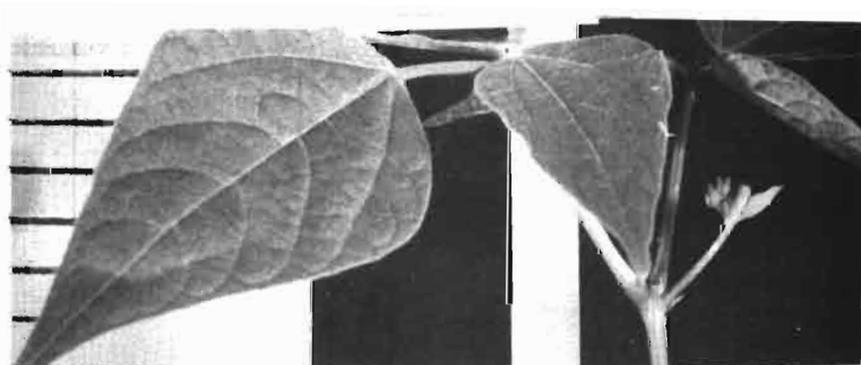


Photo n°31

Partie supérieure de la photo n°25 prise de plus près.
Observer la position latérale du bourgeon terminal et
le jaunissement de la portion supérieure de l'axe.

Arrêt de croissance chez *Coco à rames* (suite et fin)

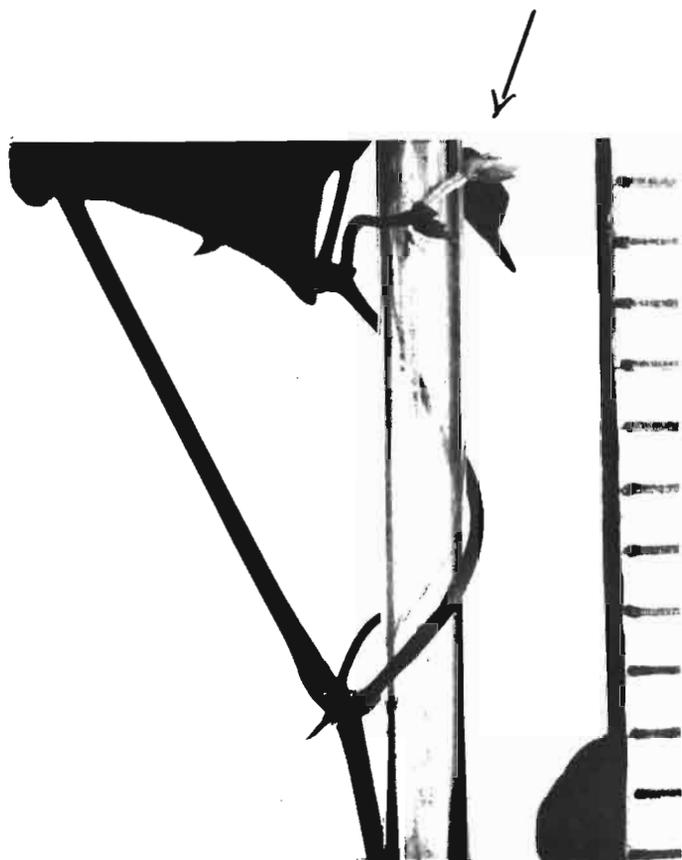


Photo n°32

Le bourgeon terminal et l'entre-
noeud sous-jacent se dessèchent.

A la serre. Semis du 05.12.80.

Ce 26.02.81.

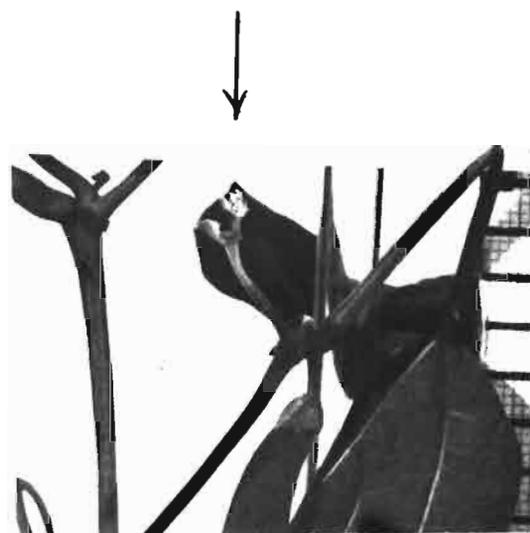
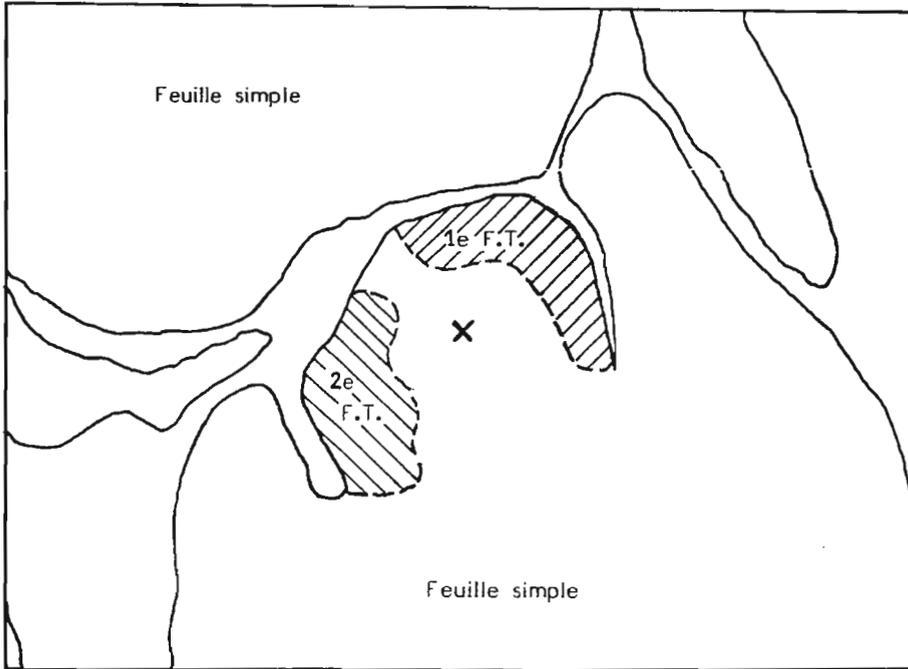


Photo n°33

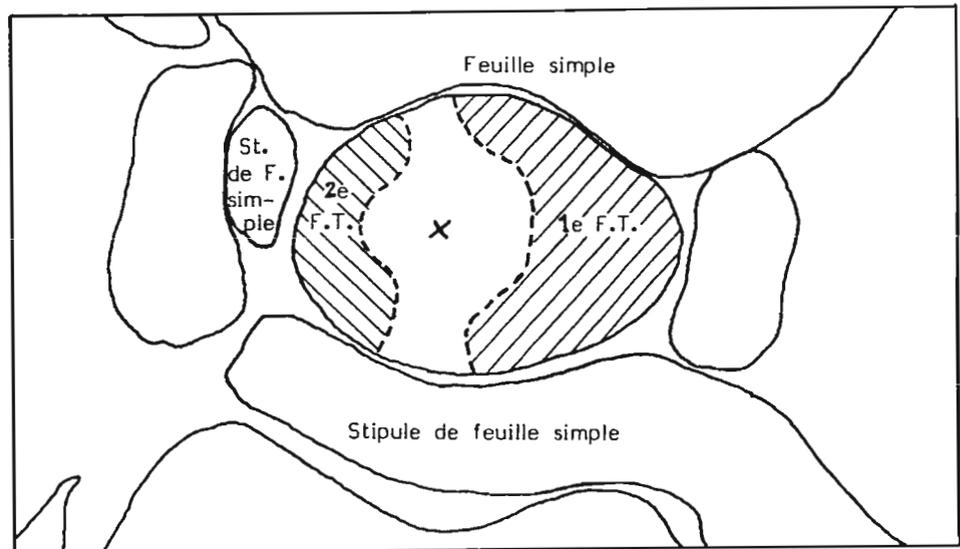
Le bourgeon terminal, l'entre-
noeud sous-jacent et une portion
de l'entre-noeud suivant du rameau
T1 sont secs.

A la serre. Semis du 05.12.80.

Ce 26.02.81.



F.T. = Feuille Trifoliolée
 St. = Stipule



Coupe transversale, au cours du temps, de l'apex de
Coco nain semé à 30°C, jour continu, 21 W.m⁻².

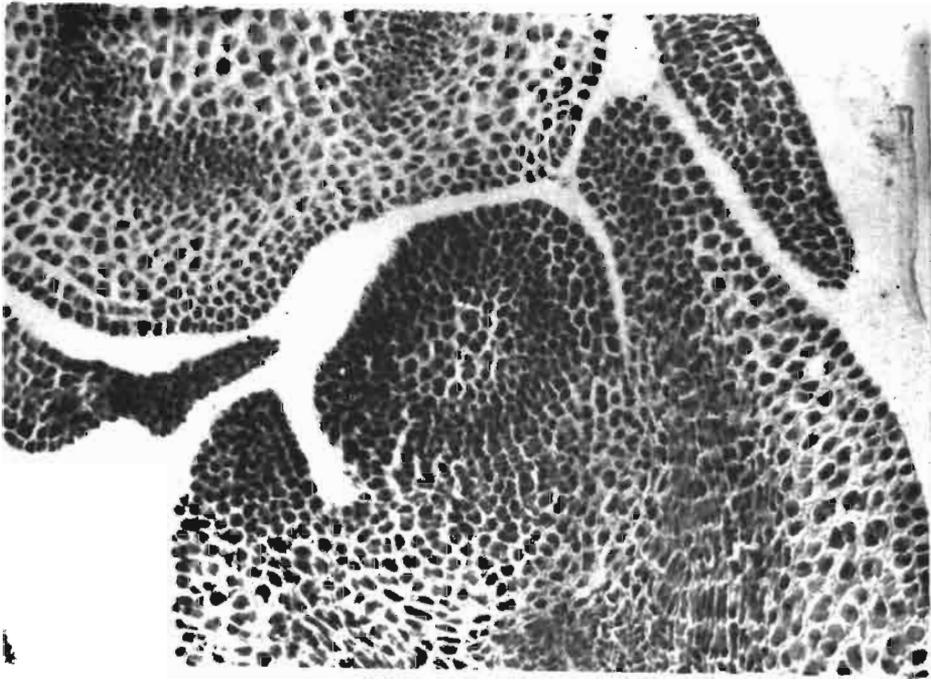
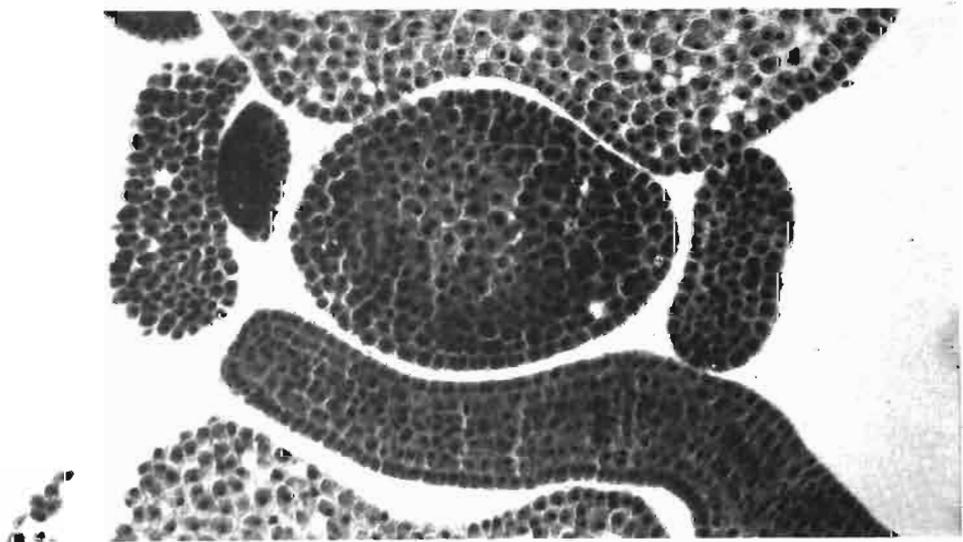


Photo n°34

Dans la graine, le jeune
embryon présente les 2
jeunes primordiums des 2
premières feuilles trifo-
liolées.

G = 10 x 8



G = 10 x 8

Photo n°35

24 heures après le semis, les 2 jeunes primordiums
sont plus nets.

Coupe transversale, au cours du temps, de l'apex de
Coco nain semé à 30°C, jour continu, 21 W.m⁻².

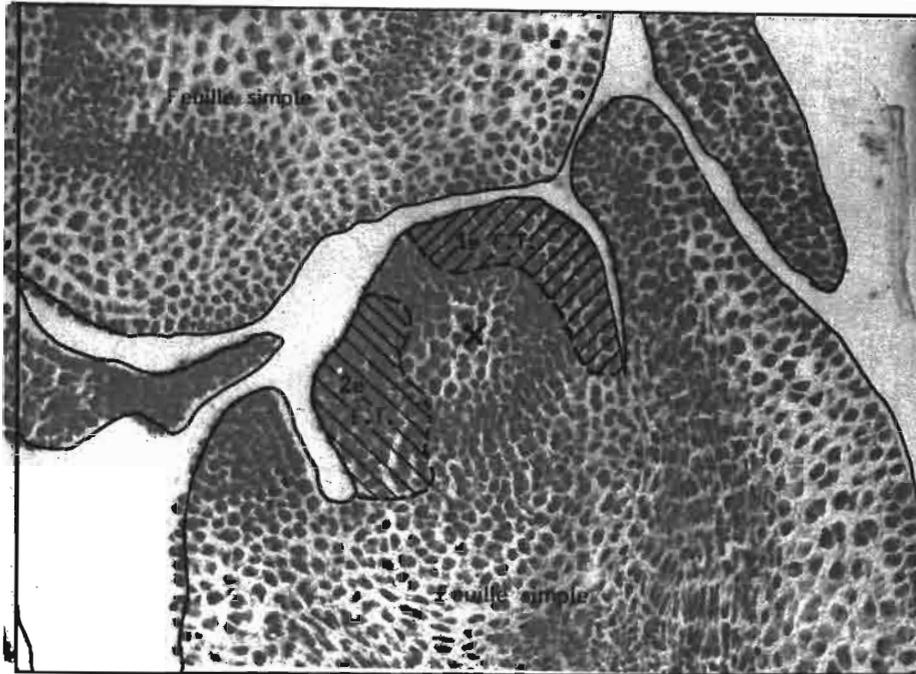
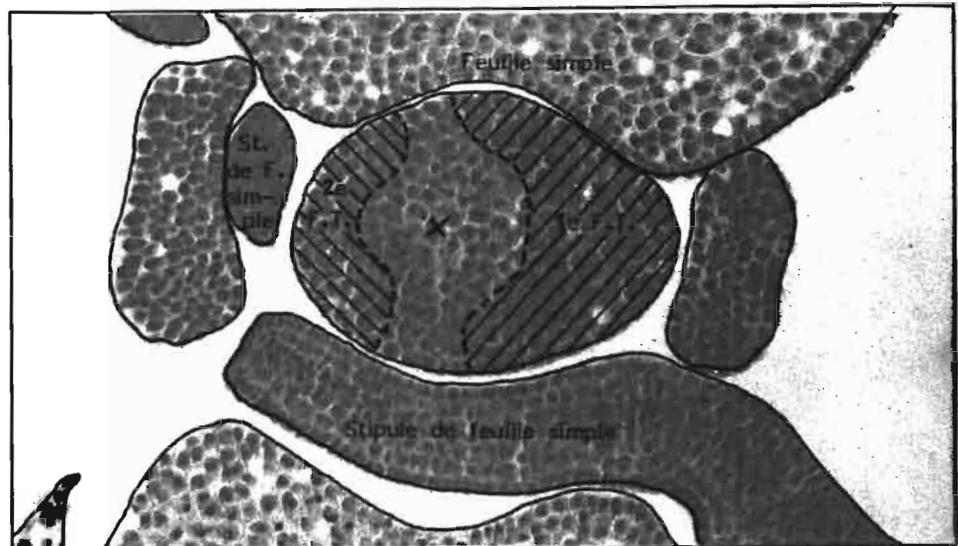


Photo n°34

Dans la graine, le jeune
embryon présente les 2
jeunes primordiums des 2
premières feuilles trifo-
liolées.

G = 10 x 8

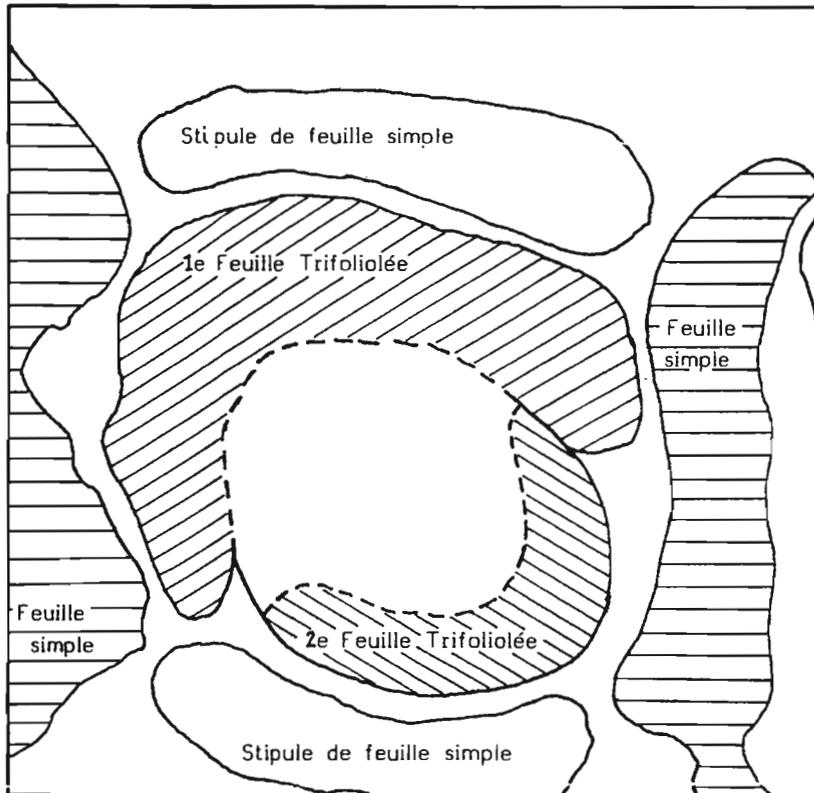
F.T. = Feuille Trifoliolée
St. = Stipule



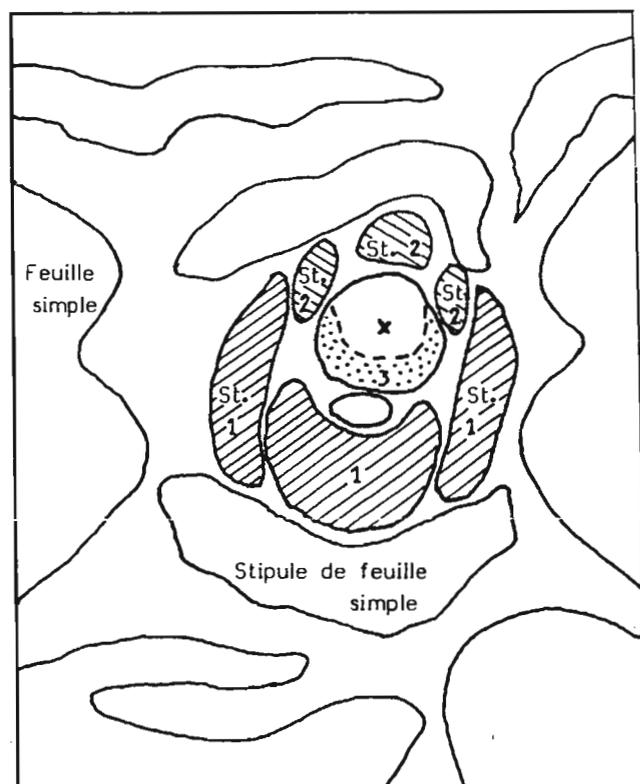
G = 10 x 8

Photo n°35

24 heures après le semis, les 2 jeunes primordiums
sont plus nets.



St. = Stipule.



Coupe transversale, au cours du temps, de l'apex de
Coco nain semé à 30°C, jour continu, 21 W.m⁻² (suite)

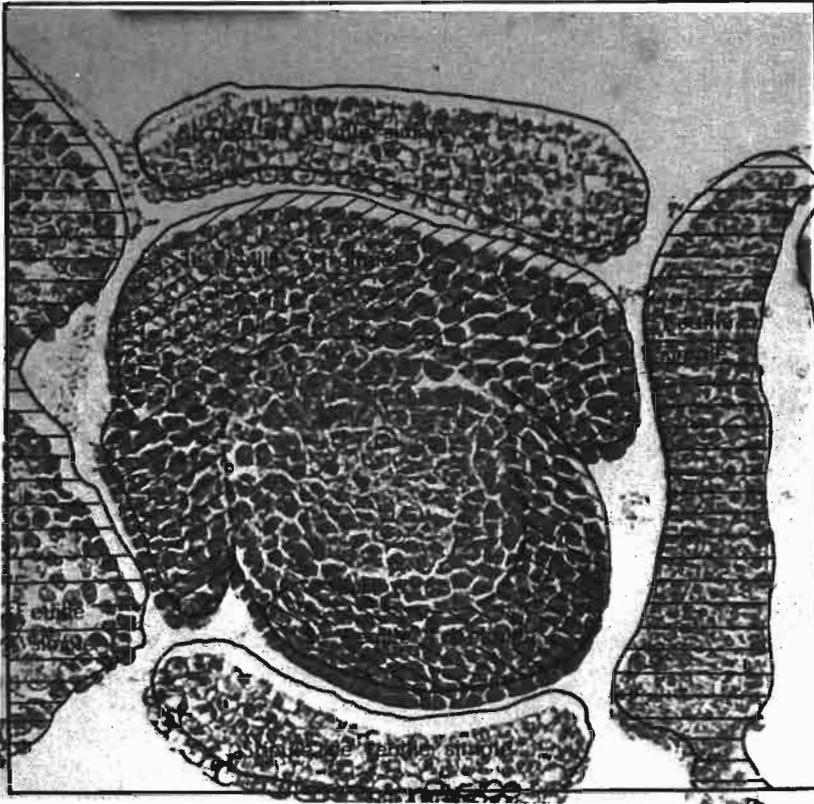


Photo n°36

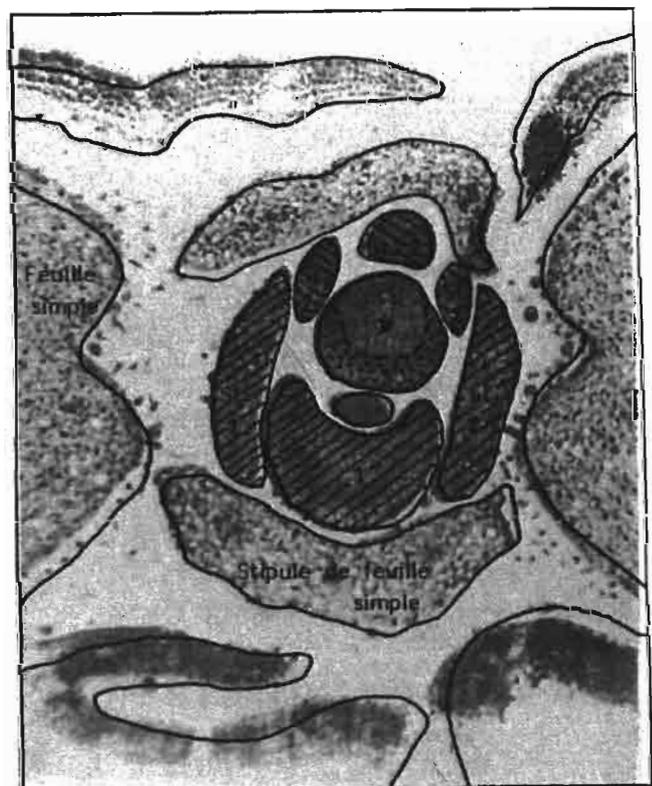
48h (2 jours) après le semis,
2 feuilles trifoliolées et le
primordium de la 3ème feuille
trifoliolée sont observés.

St. = Stipule.

G = 10 x 12

Photo n°37

72h (3 jours) après le semis,
3 feuilles trifoliolées sont
observées.



G = 3,5 x 12

Coupe transversale, au cours du temps, de l'apex de
Coco nain semé à 30°C, jour continu, 21 W.m⁻² (suite)

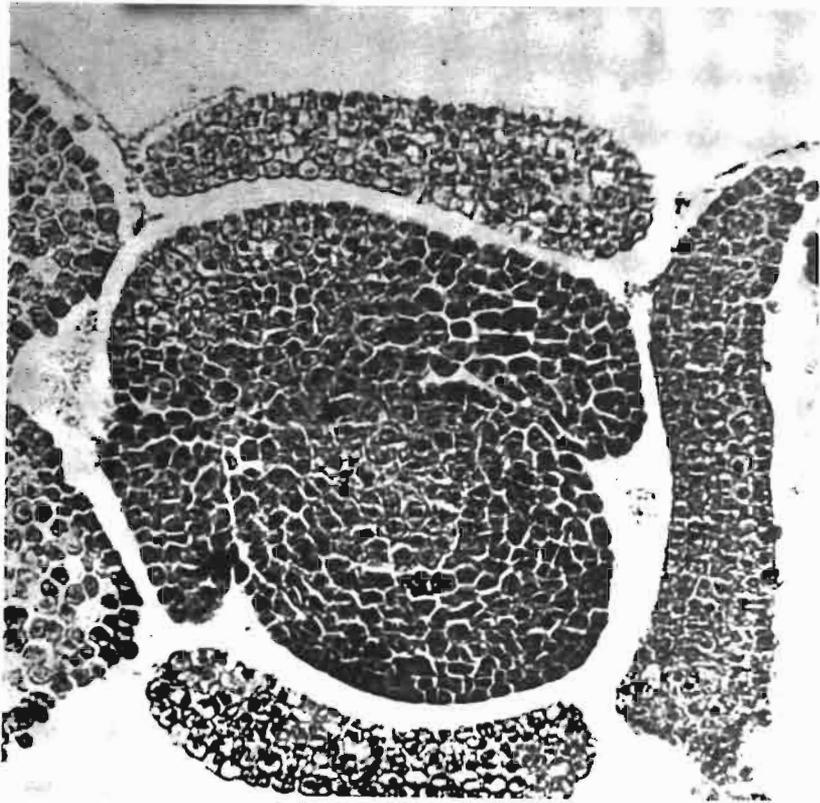


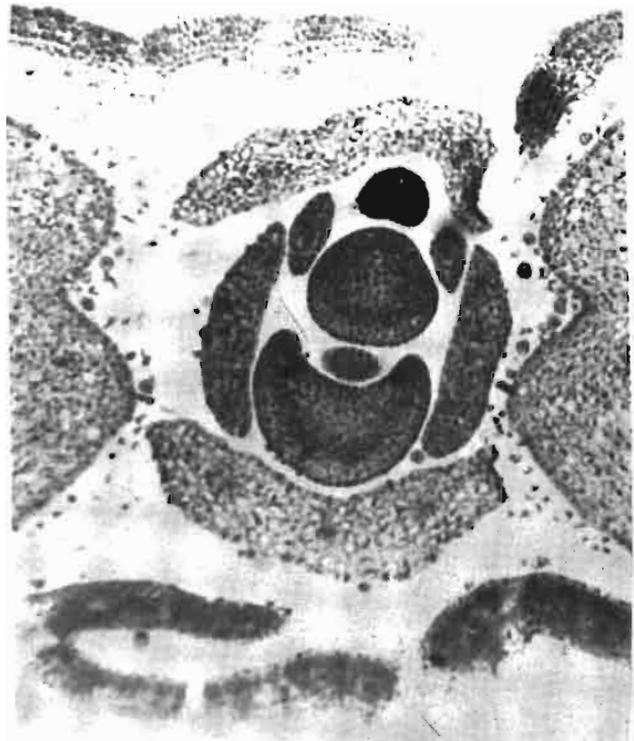
Photo n°36

48h (2 jours) après le semis,
2 feuilles trifoliolées et le
primordium de la 3ème feuille
trifoliolée sont observés.

G = 10 x 12

Photo n°37

→
72h (3 jours) après le semis,
3 feuilles trifoliolées sont
observées.



G = 3,5 x 12

Coupe transversale, au cours du temps, de l'apex de
Coco nain semé à 30°C, jour continu, 2l W.m⁻² (suite et fin)



G = 3,5 x 12



Photo n° 38

96h (4 jours) après le semis,
5 feuilles trifoliolées et une
6ème à l'état de très jeune
primordium sont observées.

Croquis de la photo n°38

Coupe longitudinale du méristème apical du *Coco nain* au cours du temps

Photo n°39

Méristème apical en activité avec la 6ème feuille et son axillaire (à droite).

Photo n°40

Méristème apical en fin d'activité. Apparition de la 6ème et de la 7ème feuille (ou écaille) avec leurs bourgeons axillaires. Sommet en voie d'allongement.

Photo n°41

Un peu plus tard, le sommet s'est allongé davantage et forme une colonnette sans aucune formation nouvelle de feuilles (ou d'écailles).

Photo n°42

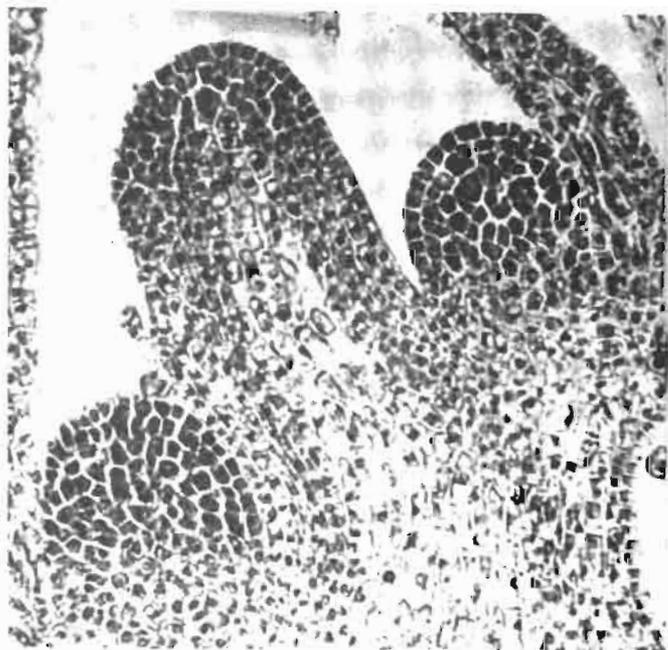
Un peu plus tard encore, la colonnette est très allongée et le méristème avorte.

Coupe longitudinale du méristème apical du *Coco nain* au cours du temps



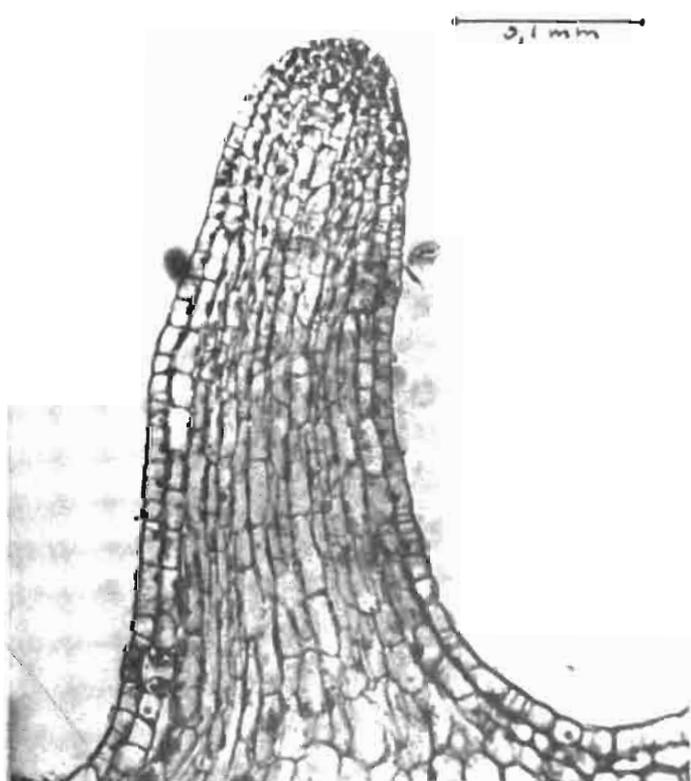
G = 10 x 12

Photo n°39



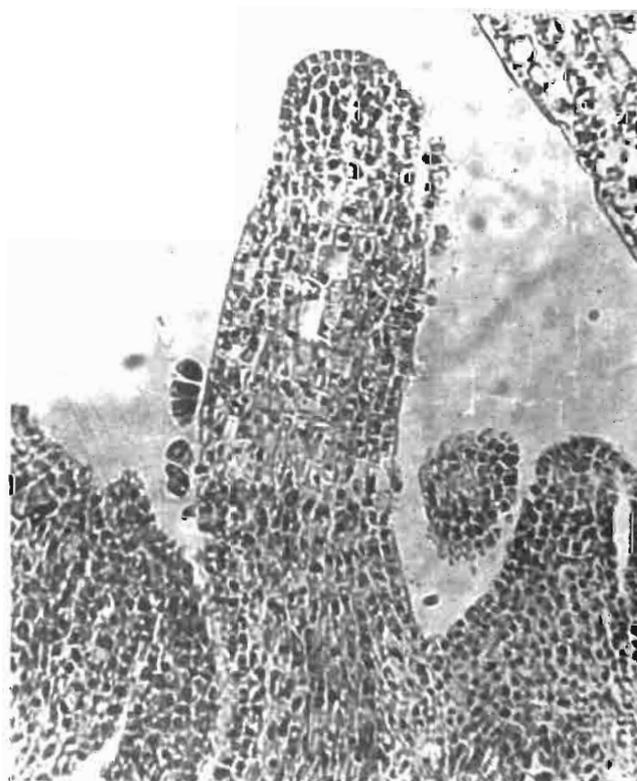
G = 10 x 12

Photo n°40



G = 10 x 12

Photo n°41



G = 10 x 12

Photo n°42

Comparaison du méristème apical de *Coco nain*
et de *Coco à rames* en coupe longitudinale



Photo n°43

Coco nain

Transformation du méristème apical
en colonnette avec, à la base, les
dernières feuilles (ou écailles :
6^{ème} et 7^{ème}) et leurs bourgeons
axillaires floraux.

Age = 3 semaines.

Semis du 18.05.76 à la serre.

G = 3,5 x 12

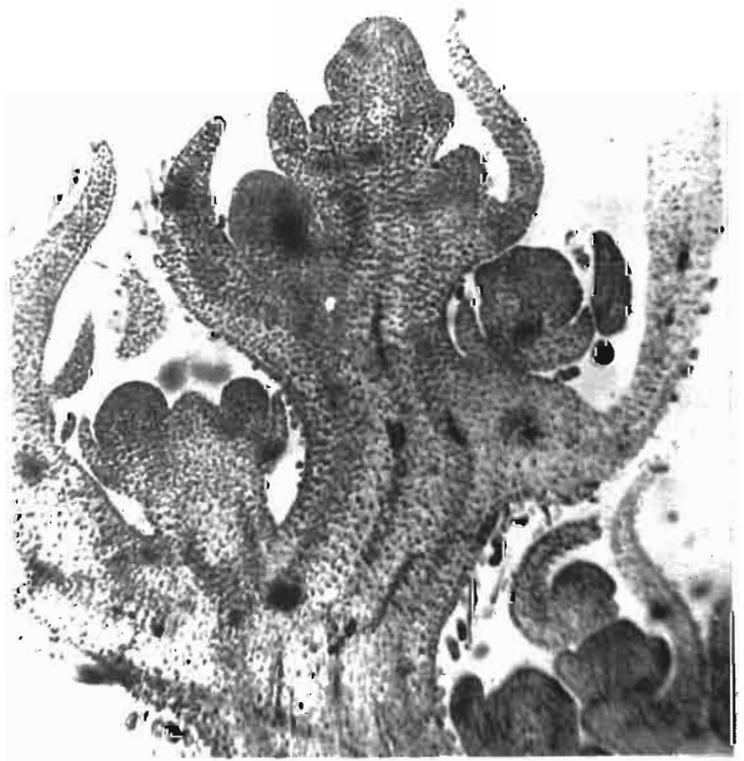
Photo n°44

Coco à rames

Méristème apical toujours en activité :
pas de colonnette. La dernière feuille
initiée au moment de la fixation est la
26^{ème}.

Age = 2 mois

Semis du 18.05.76 à la serre.



G = 3,5 x 12

F I G U R E S



L I S T E des F I G U R E S

A - Etude de la plante adulte =====	Page
1. <u>Port de la plante</u>	
Fig. 1 : Port de <u>Phaseolus vulgaris</u> , var. Coco nain, à la serre, en fonction de la date de semis	25
a) Pourcentage de plantes volubiles	25
b) Moyenne quotidienne de température du mois à Clermont	25
c) Enregistrement comparé de température extérieure et intérieure à la serre	26
Fig. 2 : Différents types de port intermédiaires observés entre le port érigé et le port volubile.	27/28
Fig. 3 : Port de <u>Phaseolus vulgaris</u> , var. Mangetout Princesse, à la serre, en fonction de la date de semis	29
a) Pourcentage de plantes volubiles	
b) Moyenne quotidienne de température du mois à Clermont.	
2. <u>Entre-noeuds et longueur de la tige</u>	
2.1. <u>Nombre d'entre-noeuds et longueur de la tige</u>	
Fig. 4 : Nombre d'entre-noeuds et longueur de la tige en fonction de la date de semis chez 4 variétés naines en champ.	30
Fig. 5 : Nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la date de semis chez <u>Phaseolus vulgaris</u> , à la serre	31
a) Variété Coco nain	
b) Variété Mangetout Princesse	
c) Variété Coco à rames	
Fig. 6 : Influence de la température	32
a) Sur le nombre de feuilles trifoliolées chez Mangetout Princesse	
b) Sur le nombre d'entre-noeuds, la longueur de l'entre-noeud moyen et la longueur de la tige chez Coco à rames	
Fig. 7 : Variations morphologiques entre l'écaille et la feuille trifoliolée	33
2.2. <u>Longueur de l'entre-noeud et de la tige</u>	
Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de <u>Phaseolus vulgaris</u> :	
Fig. 8 : Variété Coco à rames en champ	34
a) En terrain découvert	
b) A mi-ombre	
c) A l'ombre d'arbres	

	Page
Fig. 9 : Var. Coco nain a) en terrain découvert b) à mi-ombre c) à l'ombre d'arbres	35
Fig. 10 : 4 variétés naines (Mangetout Princesse, Myrto, Nabel, Coco nain) en champ, à 4 époques de semis .	36/37
Fig. 11 : Var. Coco à rames, à la serre.	38
Fig. 12 : Var. Coco nain, à la serre.	39
Fig. 13 : Var. Mangetout Princesse à la serre.	40/41
Fig. 14 : Var. Mangetout Princesse : essai de transfert du champ à la serre.	42
Fig. 15 : Var. Mangetout Princesse : essai transfert de la serre au champ.	43
Fig. 16 : Var. Coco à rames, port érigé court à 32°/12° (12h/12h) <u>10 jours</u> → 12° (16h / 8h). FP	44
Fig. 17 : Var. Coco à rames, port érigé long à 32° - 33°C.	44
Fig. 18 : Var. Coco à rames, port volubile à 20°/12° (12h/12h) <u>40 jours</u> 32° (16h / 8h).	45
Fig. 19 : Var. Coco à rames à 13,5° (16h/8h).	46
Fig. 20 : Var. Mangetout Princesse à 27°, 25°, 23°, jour continu.	47
Fig. 21 : Var. Mangetout Princesse. a) à [20°/12° (12h/12h)]/[32°/12° (12h/12h)] b) à 13,5° (16h/8h).	48
Fig. 22 : Interprétation par courbe en cloche.	49

3. Caractères volubiles

Fig. 23 : Caractères de <u>Phaseolus vulgaris</u> , var. Mangetout Princesse à la serre en fonction de la date de semis.	50
a) Pourcentage de plantes volubiles	50
b) Nombre moyen de feuilles trifoliolées par plante	50
c) Longueur moyenne de l'entre-noeud de la tige	50
d) Longueur moyenne de la tige	51
e) Longueur et largeur de la foliole centrale de la feuille	51
f) Hauteur moyenne de la partie enroulée	51
g) Nombre moyen de tours de tuteur	51

	Page
B - <u>Modèle d'étude sur une plante volubile en voie de croissance à la serre.</u>	
Fig. 24 : Nombre de tours de tuteur au cours du temps.	52
Fig. 25 : Hauteur de la plante au cours du temps.	52
Fig. 26 : Relation entre la hauteur de la plante et le nombre de tours de tuteur.	53
Fig. 27 : Nombre de feuilles trifoliolées au cours du temps.	53
Fig. 28 : Relation entre la hauteur de la plante en début d'enroulement et le nombre de tours de tuteur (en coordonnées semi-logarithmiques).	54
Fig. 29 : Relations géométriques entre le tuteur et le contour de la plante.	55
a) Demi-ellipse (ou ellipse) d'enroulement	56
b) Construction d'une ellipse et ses rapports avec la demi-ellipse d'enroulement	56
c) Caractéristiques de la demi-ellipse d'enroulement.	56
C - <u>Application de ce modèle à la plante en voie de croissance dans différentes conditions du milieu.</u>	
Croissance en longueur et enroulement au cours du temps :	
1. <u>A la serre</u>	
1.1. <u>Coco à rames</u>	
Fig. 30 : Semis du 26/01/81	57
Fig. 31 : Semis du 26/02/81	58
Fig. 32 : Semis du 17/04/81	59
Fig. 33 : Semis du 16/06/81	60
Fig. 34 : Semis du 10/09/81	61
Fig. 35 : Semis du 05/11/81	62
Fig. 36 : Semis du 19/11/81 - Plante n° 8	63
Fig. 37 : Semis du 19/11/81 - Plante n° 7	64
Fig. 38 : Semis du 05/12/80 - Plante n° 7.2	65
Fig. 39 : Semis du 05/12/80 - Plante n° 7.3	66

1.2. Variétés naines

Fig. 40 : Mangetout Princesse volubile (semis du 05/12/80).	67
Fig. 41 : Mangetout Princesse érigé (semis du 05/12/80)	68
Fig. 42 : Coco nain érigé (semis du 24/04/80).	68
Fig. 43 : Coco nain volubile (Semis du 24/04/80).	69
Fig. 44 : Mangetout Princesse volubile (semis du 24/04/80).	70

2. Transfert du champ à la serre et inversement de Mangetout Princesse

Fig. 45 : Témoin à la serre	71
Fig. 46 : Transfert du champ à la serre au stade des feuilles opposées.	72
Fig. 47 : Transfert du champ à la serre au stade de la 1ère feuille trifoliolée (volubile).	73
Fig. 48 : Transfert du champ à la serre au stade de la 1ère feuille trifoliolée (érigé).	73
Fig. 49 : Témoin au champ.	74
Fig. 50 : Transfert de la serre au champ au stade des feuilles opposées.	75
Fig. 51 : Transfert de la serre au champ au stade de la 1ère feuille trifoliolée.	76

3. Dans les chambres conditionnées

3.1. Coco à rames

Fig. 52 : à 13,5°C (16h/8h), port volubile.	77
Fig. 53 : à 13,5°C (16h/8h), port érigé.	78
Fig. 54 : à 13,5°C (16h/8h), du port érigé au port volubile.	79
Fig. 55 : à 13,5°C (16h/8h) <u>70 jours</u> 32°/12° (16h/8h) <u>52 jours</u> 25°/12° (16h/8h).	80
Fig. 56 : à 20°/12°C (12h/12h) <u>40 jours</u> 32°/12° (16h/8h).	81
Fig. 57 : à 32°/12°C (16h/8h) <u>19 jours</u> 13,5°C (16h/8h).	82

3.2. Mangetout Princesse

3.2.1. Sans prélèvement pondéral

Fig. 58 : à 13,5°C (16h/8h), port volubile.	83
Fig. 59 : à 13,5°C (16h/8h), port érigé.	84
Fig. 60 : à 20°C (jour continu), port volubile.	85
Fig. 61 : à 20°C (jour continu), port érigé.	85
Fig. 62 : à 23°C (jour continu), port volubile.	86
Fig. 63 : à 25°C (jour continu), port volubile.	87
Fig. 64 : à 27°C (jour continu), port volubile.	88
Fig. 65 : à 30°C (jour continu), port volubile.	89
Fig. 66 : à 32°C (jour continu), port volubile.	90
Fig. 67 : à 30°/20°C (jour continu), port volubile.	91
Fig. 68 : à 20°C <u>3 jours</u> 32°C (jour continu), port volubile.	92
Fig. 69 : à 20°C <u>6 jours</u> 32°C (jour continu), port volubile.	93

3.2.2. Avec prélèvement pondéral

Fig. 70 : à 15°C (jour continu), port volubile.	94
Fig. 71 : à 15°C (jour continu), port érigé.	95
Fig. 72 : à 20°C (jour continu), port volubile.	96
Fig. 73 : à 20°C (jour continu), variété Myrto comparée à Mangetout Princesse.	97
Fig. 74 : à 25°C (jour continu), port volubile.	98
Fig. 75 : à 32°/12° (16h/8h), port volubile.	99
Fig. 76 : à 32°/12° (16h/8h), port érigé.	100
Fig. 77 : à 30°C (jour continu), port volubile.	101/102

D - Croissance pondérale des feuilles et de la tige au cours du temps

Fig. 78 : Rapport poids frais des feuilles/poids frais de la tige au cours du temps chez Mangetout Princesse.	103
Fig. 79 : Rapport poids frais des feuilles/poids frais de la tige au cours du temps chez Myrto et coco nain.	104
Fig. 80 : Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles au cours du temps chez Mangetout Princesse.	105

E - Complément sur la croissance longitudinale : caractéristiques
===== de la demi-ellipse d' "enroulement" et paramètres de l' "enroule-
===== ment"
=====

- Fig. 81 :** Caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés. 106
- Fig. 82 :** Paramètres de l' "enroulement" chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés. 107
- Fig. 83 :** Caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" chez Mangetout Princesse cultivé entre 20°C et 32°C. 108
- Fig. 84 :** Paramètres de l' "enroulement" chez Mangetout Princesse cultivé entre 20°C et 32°C. 109
- Fig. 85 :** Comparaison des vitesses de croissance longitudinale et de progression rectiligne le long du tuteur chez Mangetout Princesse à 23°C et 25°C, jour continu, 21W.m⁻². 110

F - Etude simultanée des croissances longitudinales et pondérales
=====

1. Influence de la température ou de la date de semis

1.1. Influence de la température

1.1.1. Chez Mangetout Princesse, sur la :
.....

- Fig. 86 :** Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles. 111
- Fig. 87 :** Vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige. 112
- Fig. 88 :** Vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige. 113
- Fig. 89 :** Densité linéaire moyenne de la tige. 114
- Fig. 90 :** "Flexibilité cinétique" moyenne de la tige. 115
- Fig. 91 :** Comparaison des paramètres pondéraux et de la vitesse de croissance de deux populations, l'une entière érigée, l'autre mixte. 116

1.1.2. Chez Myrto, sur la :
.....

- Fig. 92 :** Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles. 117
- Fig. 93 :** Vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige. 118

Fig. 94 : Vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige.	119
Fig. 95 : Densité linéaire moyenne de la tige.	120
Fig. 96 : "Flexibilité cinétique" moyenne de la tige.	121

1.2. Influence de la date de semis, chez Coco nain à la serre, sur la :

Fig. 97 : Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles.	122
Fig. 98 : Vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige.	123
Fig. 99 : Vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige.	124
Fig. 100 : Densité linéaire moyenne de la tige.	125
Fig. 101 : "Flexibilité cinétique" moyenne de la tige.	126

2. Etude de la partie en voie de croissance de la tige

2.1. Densité linéaire et teneur en eau au cours du temps, entre-noeud par entre-noeud

2.1.1. Chez Mangetout Princesse.

Fig. 102.1 : à 15 °C	127
Fig. 102.2 : à 20 °C	128
Fig. 102.3 : à 25 °C	129
Fig. 102.4 : Intervalle de confiance de la teneur en eau à 15°C, 20°C et 25°C dans les entre-noeuds supérieurs.	130

2.1.2. Chez Coco nain à la serre

Fig. 103 : Densité linéaire en poids frais dans une population mixte et une population entière volubile.	131
---	-----

2.2. Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-noeud le long de la tige.

Fig. 104 : Densité linéaire et teneur en eau chez Coco à rames, Coco nain et Mangetout Princesse.	132/133
Fig. 105 : Paramètres de la croissance pondérale de la partie en voie de croissance chez Mangetout Princesse à 32°/12° (16h/8h).	134
Fig. 106 : Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-noeud chez Mangetout Princesse à 20°C, 17, 20 et 25-26 jours après le semis.	135

	<i>Page</i>
Fig. 107 : <i>Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-noeud chez Mangetout Princesse à 25°C, avant et peu après l'étalement de la dernière feuille trifoliolée.</i>	136/137
Fig. 108 : <i>Teneur en eau le long de la tige chez Mangetout Princesse à 20°C et 25°C : essai de rapprochement des différentes sortes de courbes des figures 106 (à 20°C) et 107 (à 25°C).</i>	138
Fig.109.1 : <i>Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20° (plante n°2 prélevée pour étude de la teneur en eau le long de la tige).</i>	139
Fig.109.2 : <i>Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20° (plante n°13 prélevée pour étude de teneur en eau le long de la tige).</i>	140
Fig. 110 : <i>Relation entre la fréquence de l' "enroulement" et la fréquence de la teneur en eau le long de la partie en voie de croissance chez Mangetout Princesse.</i> <i>a) en fonction de la vitesse de progression rectiligne le long du tuteur.</i> <i>b) l'une (fréquence de l' "enroulement") en fonction de l'autre (fréquence de la teneur en eau).</i>	141
 3. <u>Conclusion</u>	
Fig. 111 : <i>Schéma illustrant les relations entre les paramètres dans l'édification du port de la plante (paramètres étudiés dans la partie en voie de croissance).</i>	142

Fig. 1. Port de *Phaseolus vulgaris*, var. Coco nain, à la serre, en fonction de la date de semis.

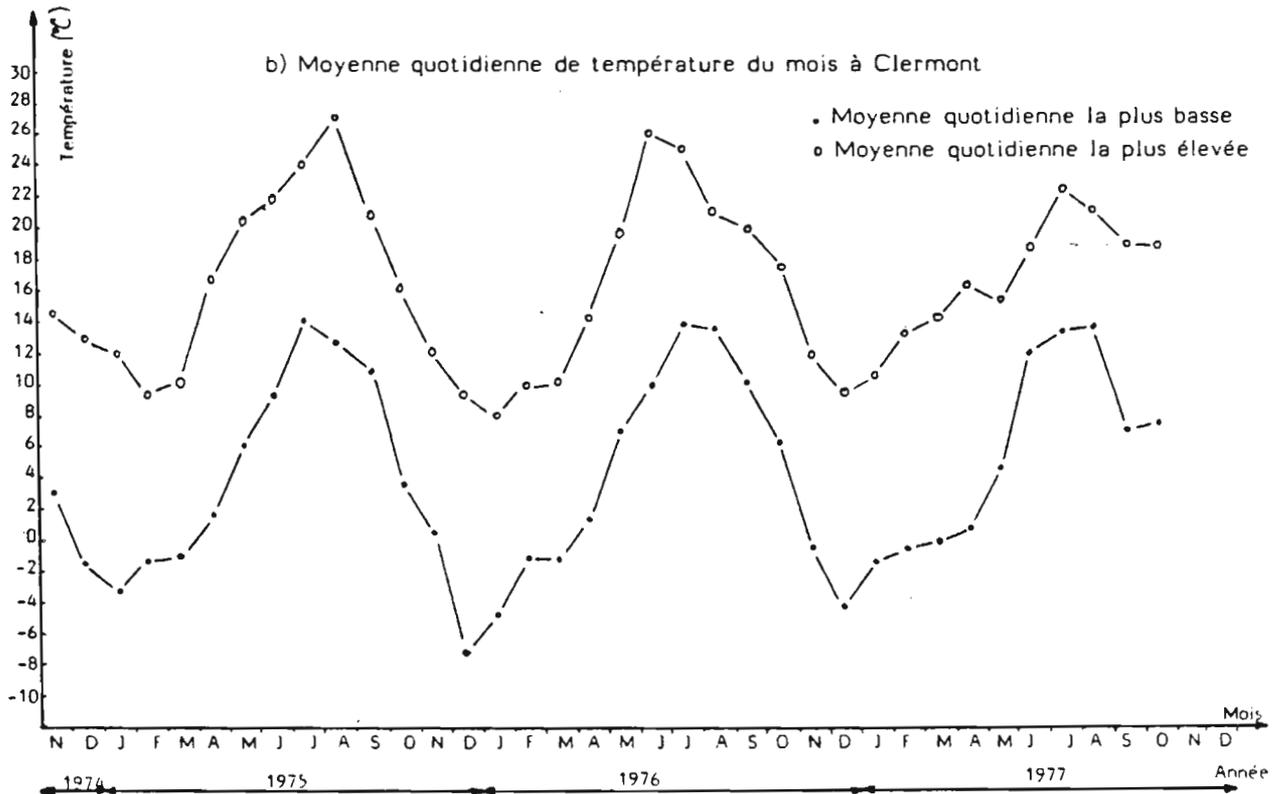
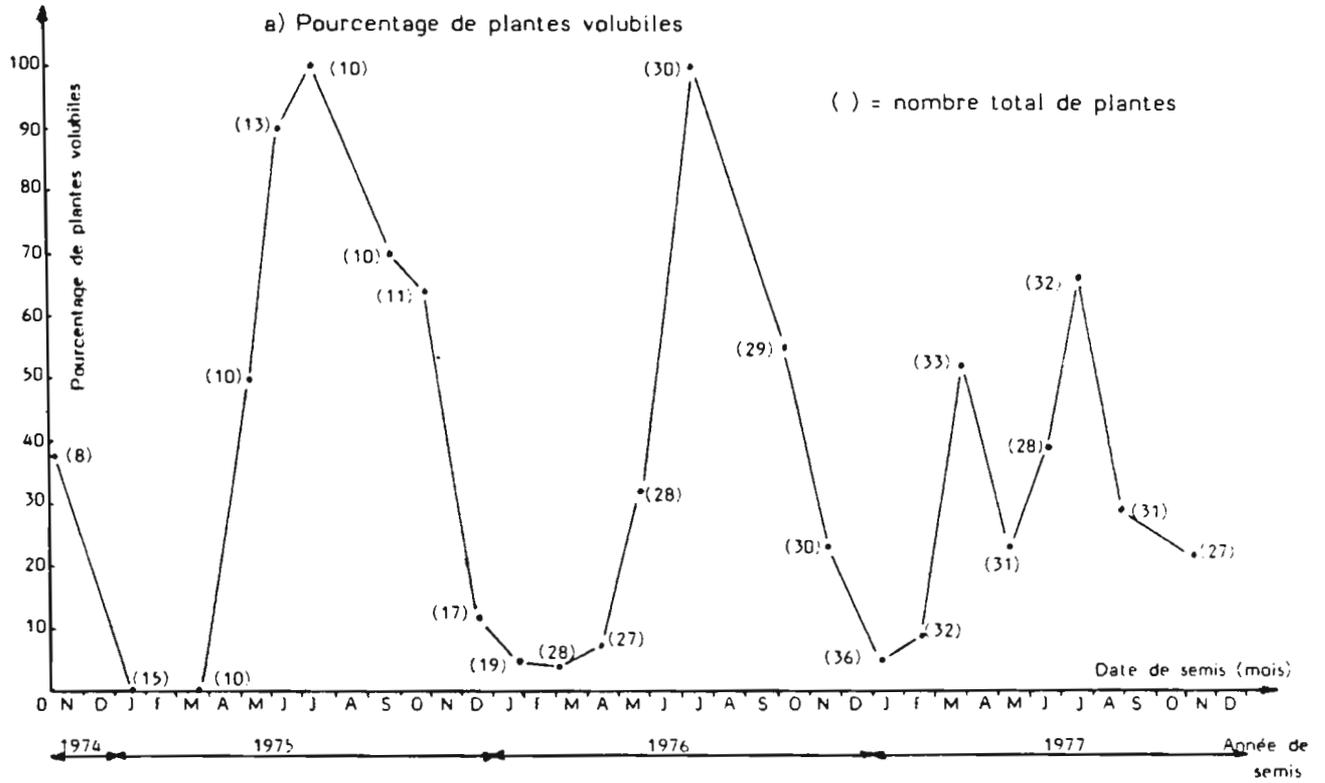
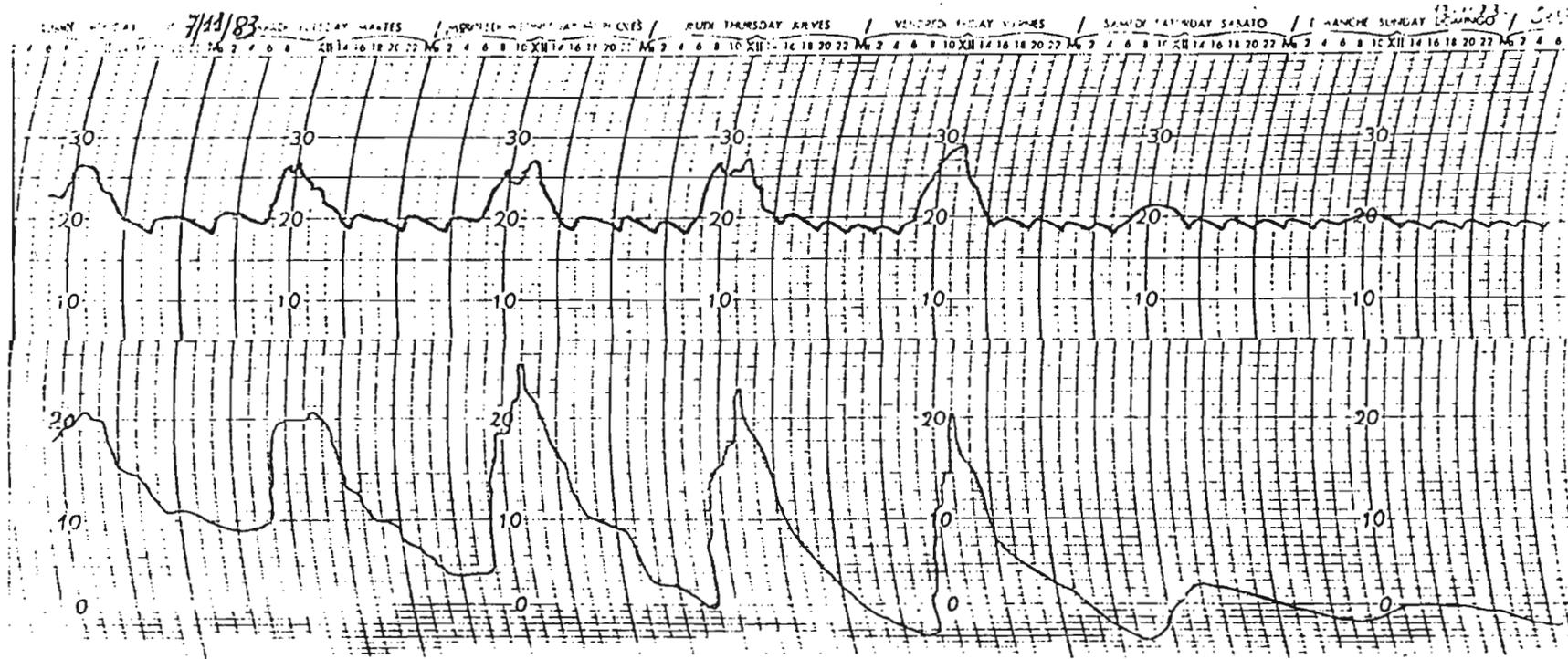


Fig. 1 c) Relation entre les températures à l'intérieur et à l'extérieur de la serre



Graphique du haut : enregistrement de la température à la serre

Graphique du bas : enregistrement de la température à l'extérieur de la serre (en plein air)

(Semaine du 7.11.83 au 13.11.83)

Les maxima de température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre se correspondent : ils se manifestent aux mêmes moments.

Fig. 2 Différents types de port intermédiaires observés entre le port dressé et le port volubile.

- a) plante érigée typique
- b) plante érigée mais accrochée au tuteur entre le pétiole et une foliole latérale
- c) plante érigée mais retenue au tuteur par une fourche tige-rameau
- d) plante érigée à zigzags devant le tuteur
- e) plante à zigzags autour du tuteur
- f) plante à zigzags en bas et enroulement lâche en haut
- g) plante à zigzags en bas et enroulement serré en haut
- h) plante à enroulement lâche
- i) plante à enroulement serré ou ferme.

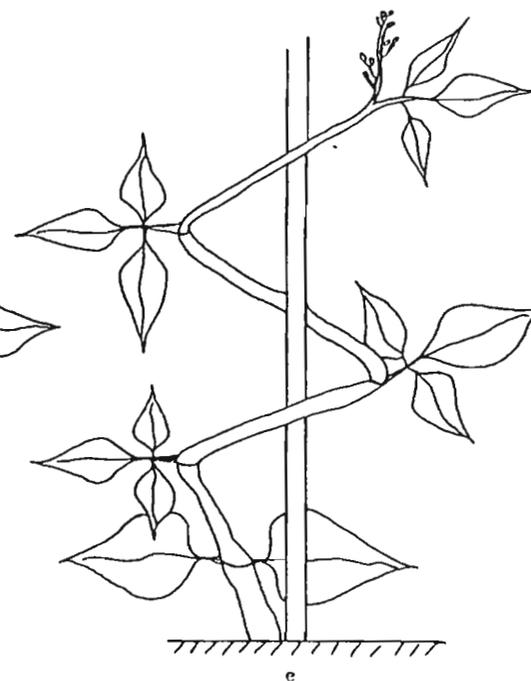
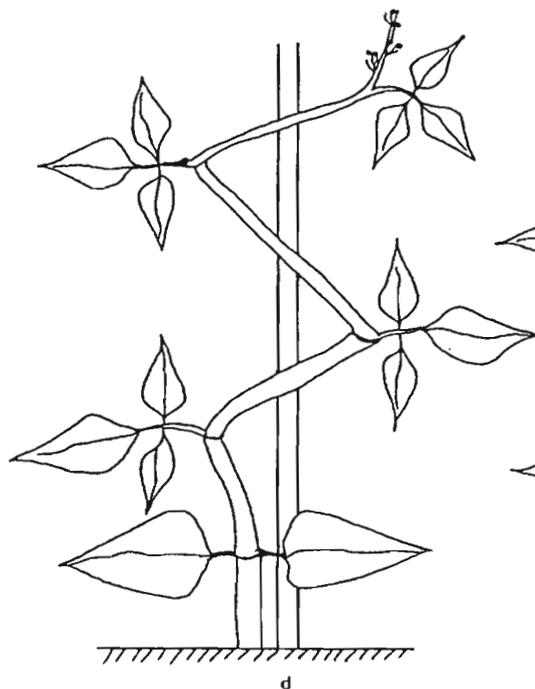
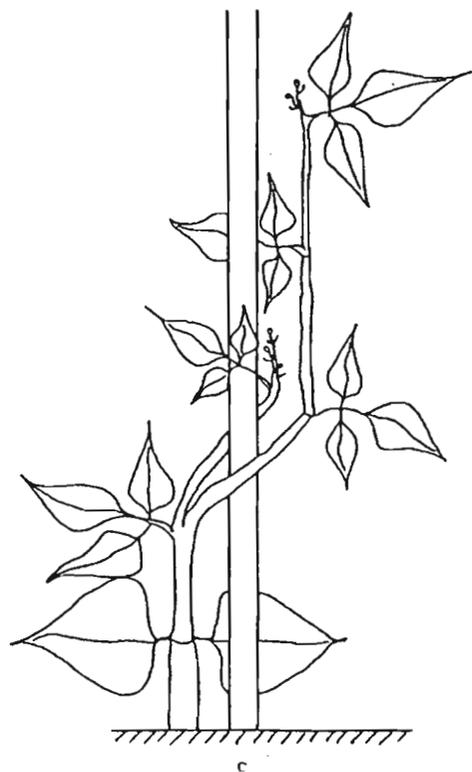
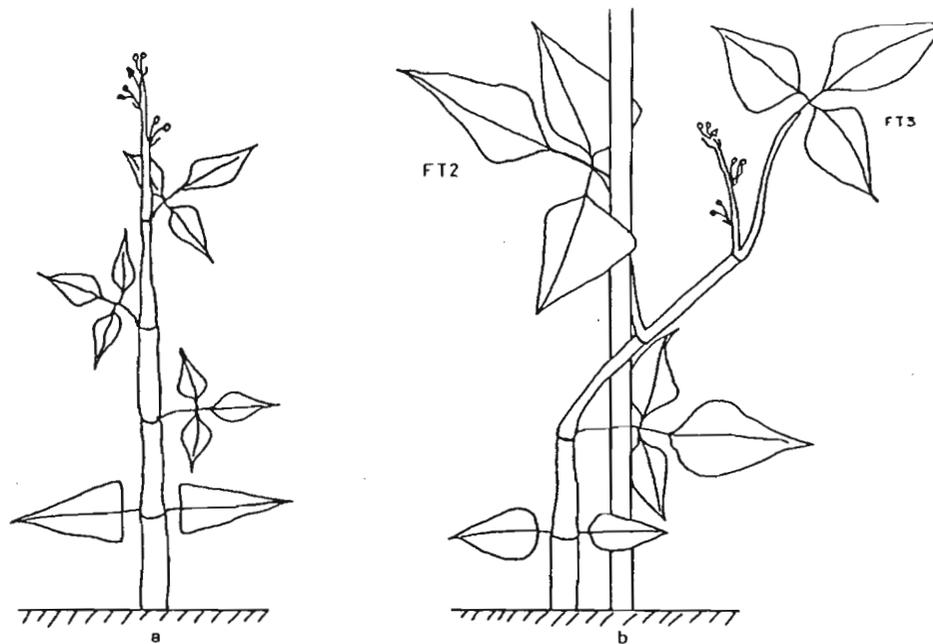


Fig. 2. Différents types de port intermédiaires observés entre le port dressé et le port volubile, (suite et fin).

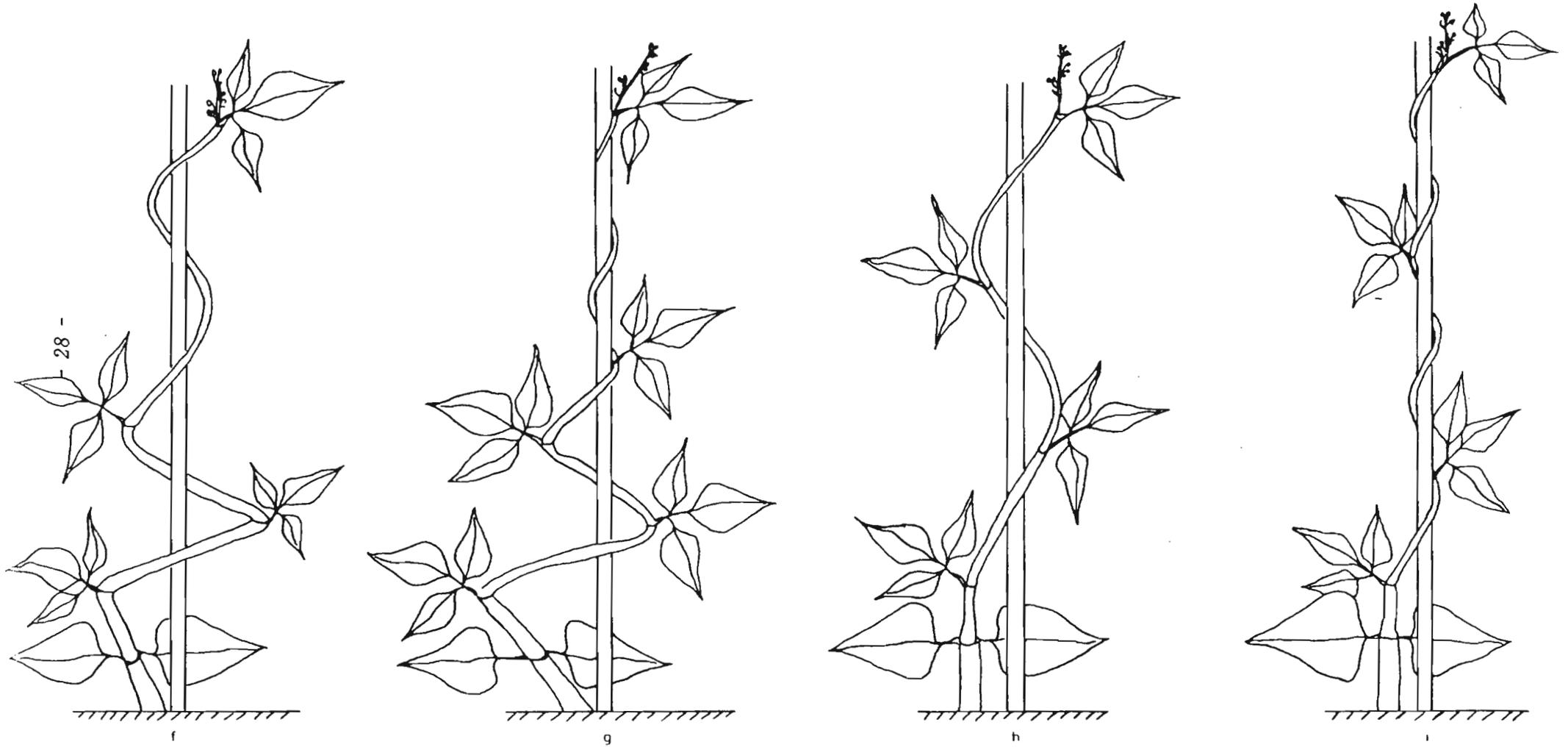
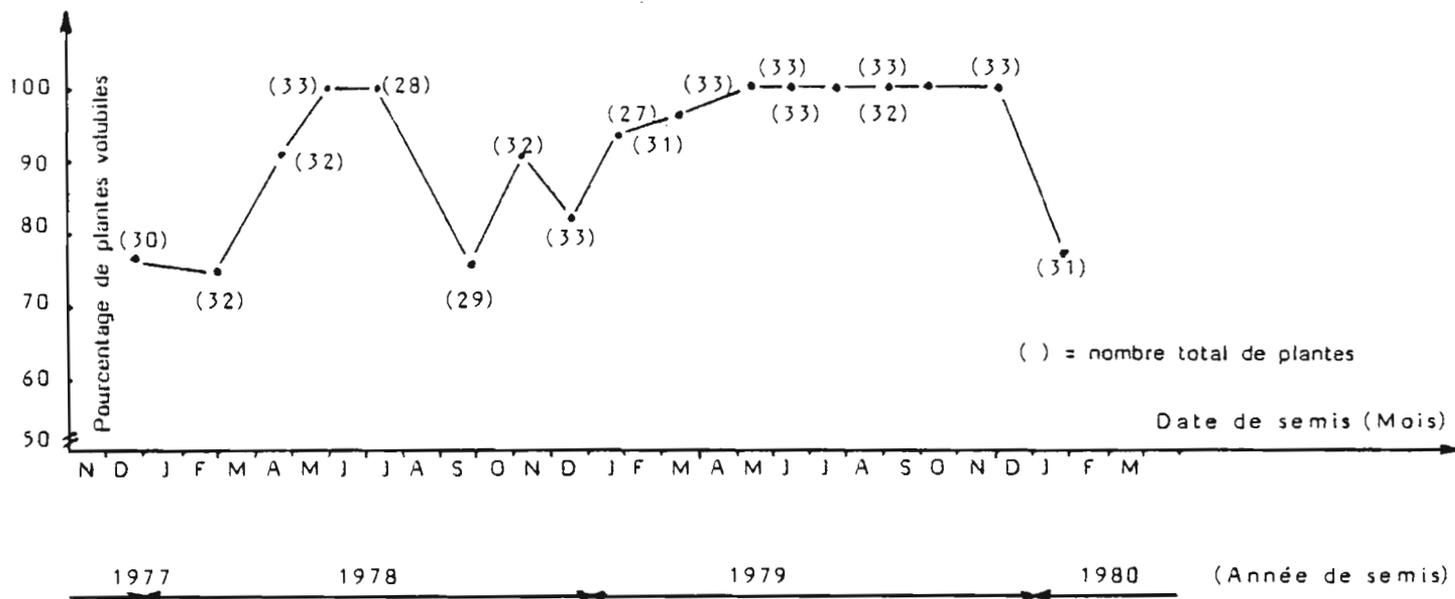


Fig. 3. Port de Phaseolus vulgaris, var. Mangetout Princesse, à la serre, en fonction de la date de semis.

a) Pourcentage de plantes volubiles



b) Moyenne quotidienne de température du mois à Clermont.

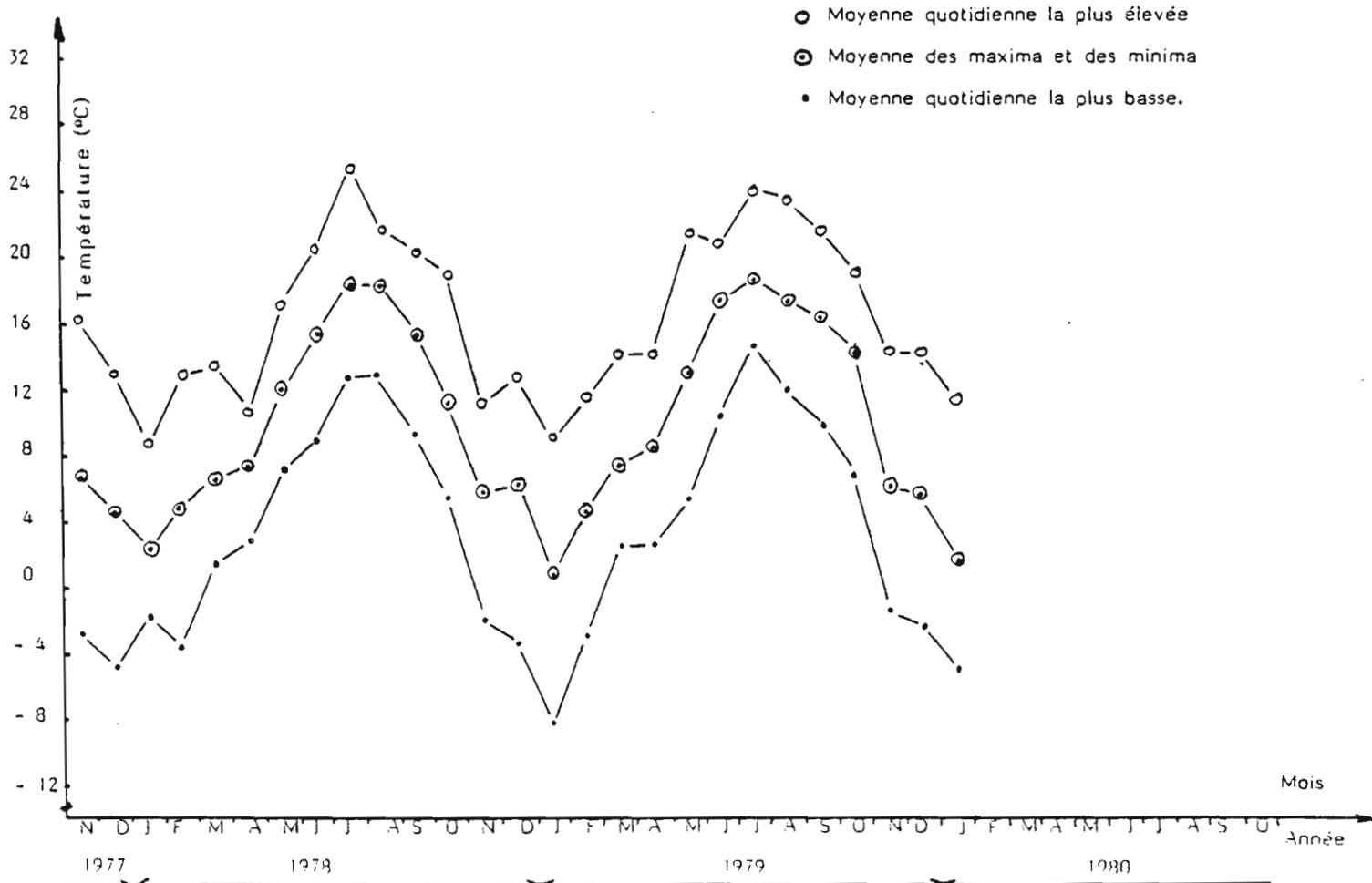


Fig. 4. Longueur de la tige et nombre d'E.N. en fonction de la date de semis (en champ).

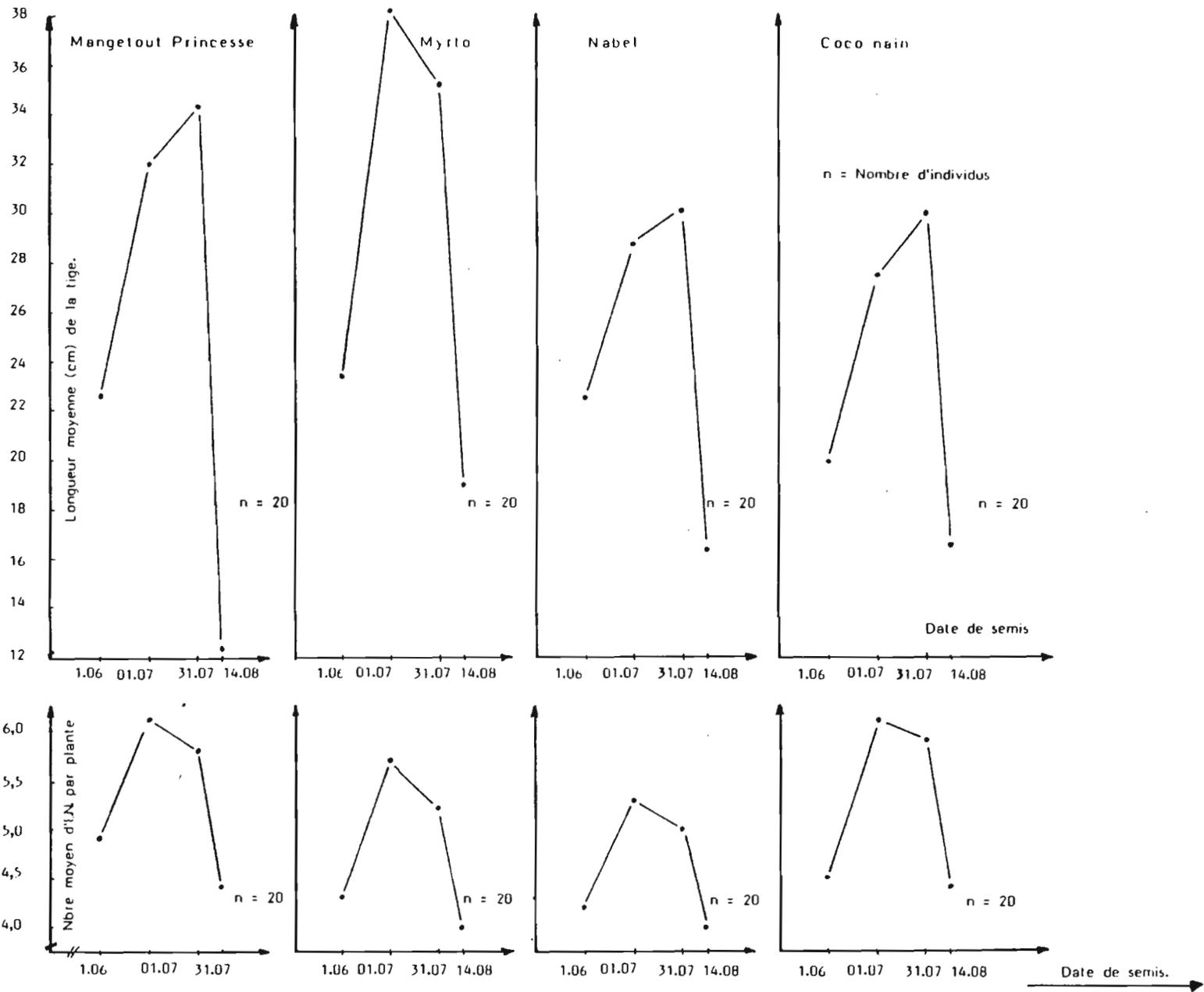


Fig. 5. Nombre de feuilles trifoliolées en fonction de la date de semis, chez Phaseolus vulgaris, à la serre

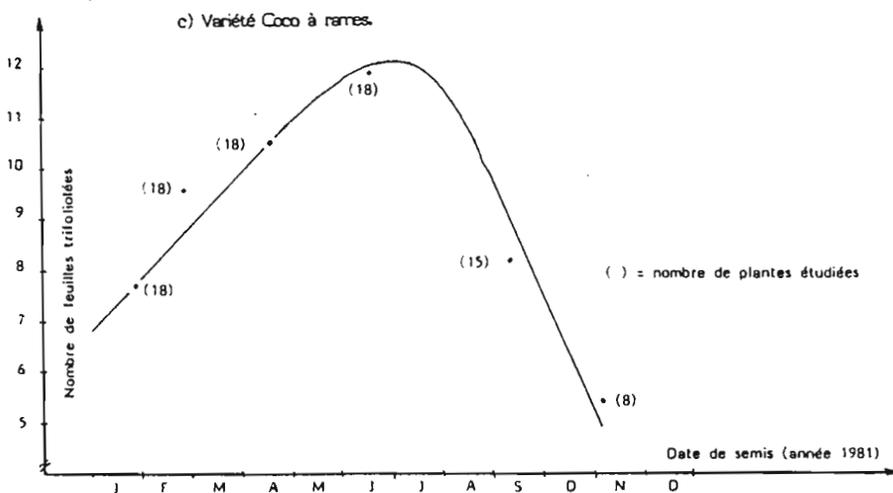
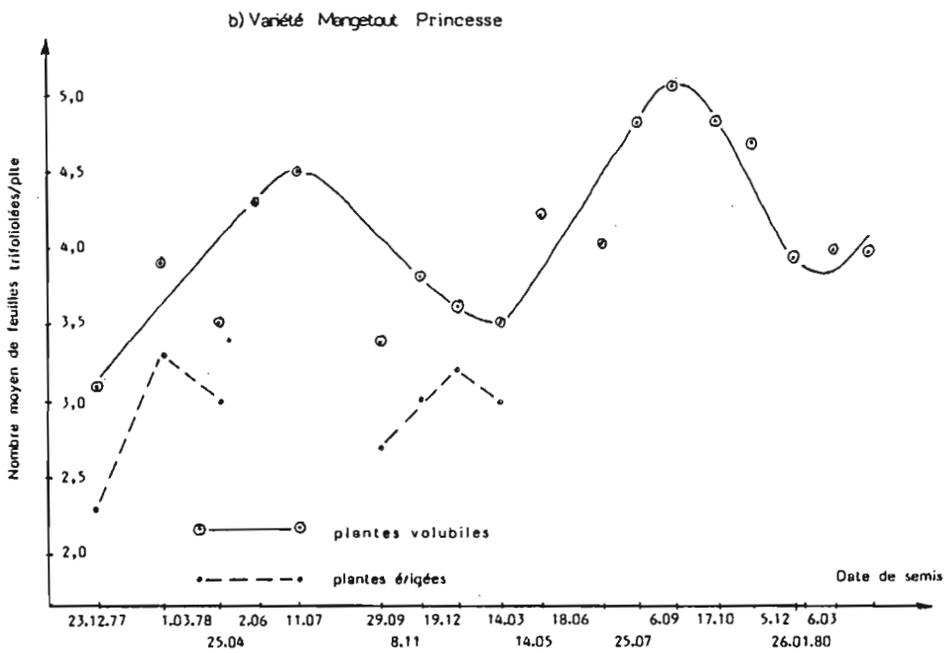
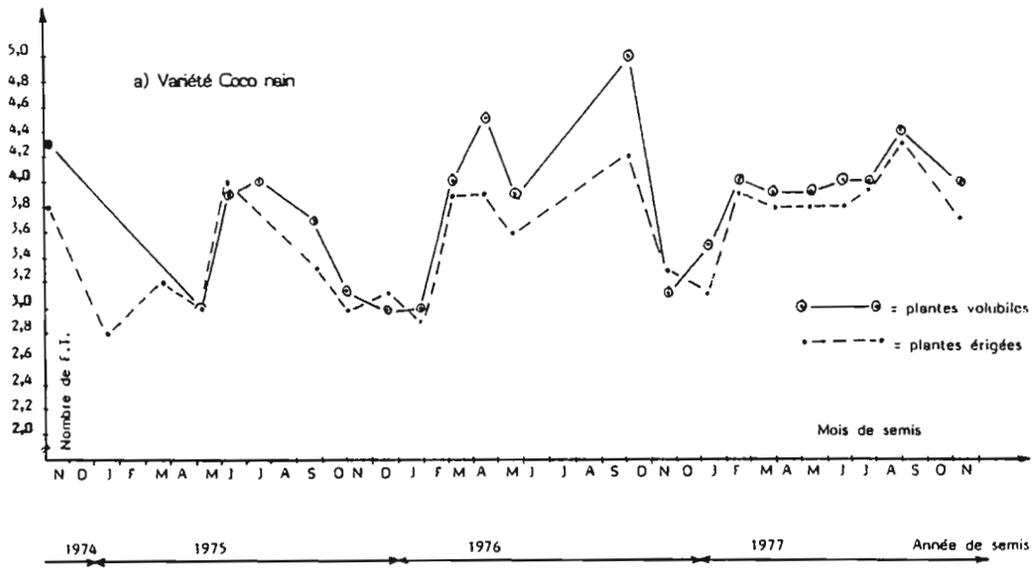


Fig. 6a. Influence de la température sur le nombre de feuilles trifoliolées chez *Phaseolus vulgaris*, var. Mangotout Princesse.

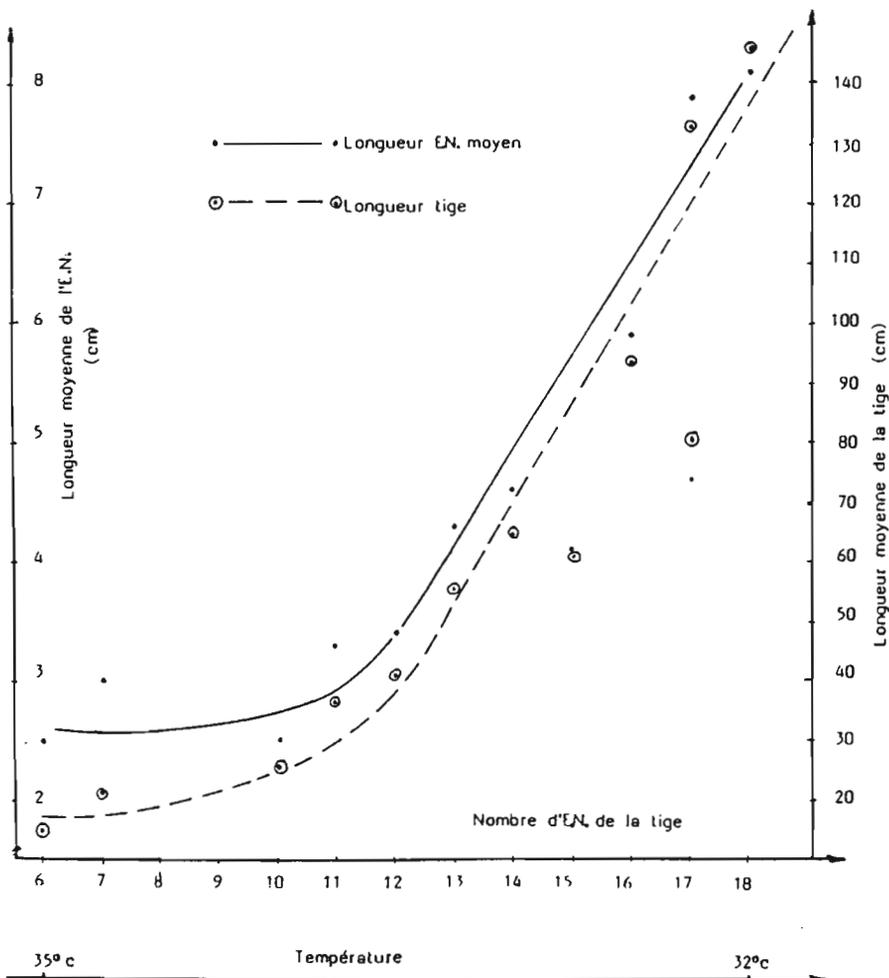
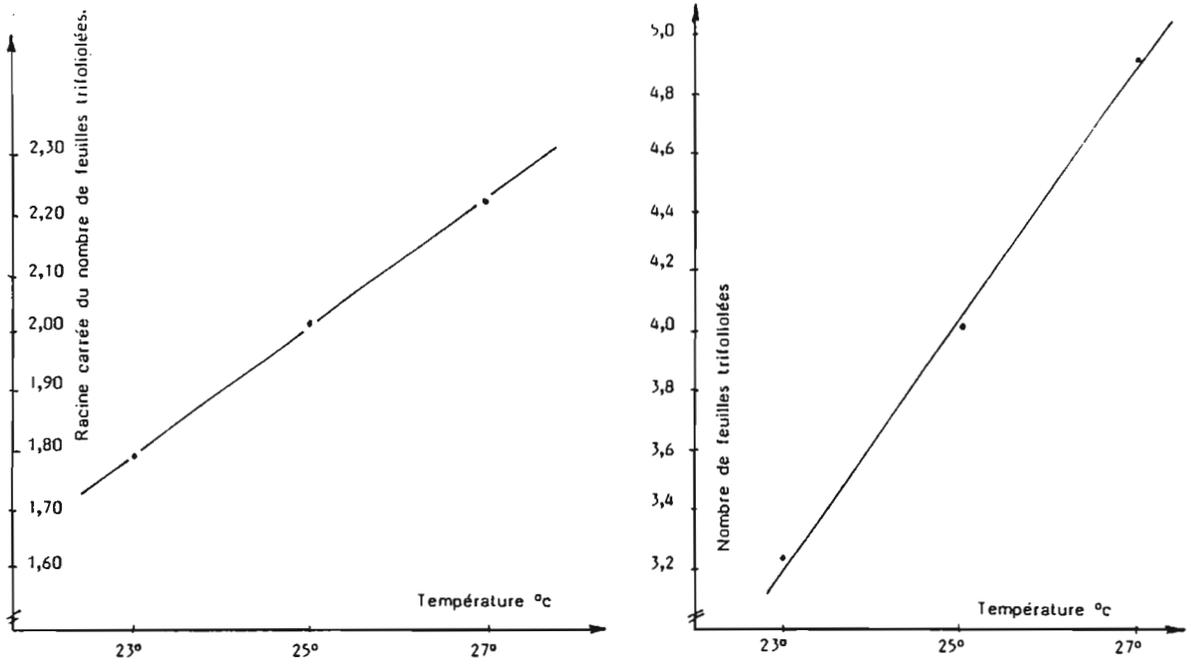


Fig 6b. Influence du gradient de température sur les longueurs de l'entre-noeud moyen et de la tige chez Coco à rames (semis du 26.07.79).

Fig. 7 .- Différents aspects de la (ou des) dernière pièce foliaire

- a = écaille (cf FT₇ de l, m, n, o et p)
- b = écaille trifide (cf FT₆ de l)
- c = écaille à 3 pièces : les deux stipules et le limbe foliaire unique (cf FT₆ de o)
- d = aspect analogue à c avec un début de division du limbe (cf FT₆ de m)
- e = apparition du pétiole de la pièce centrale de d (cf FT₆ de n)
- f = croissance du pétiole et du limbe foliaire (cf FT₆ de p)
- g = le limbe, initialement unique (f), porte les 3 folioles dont la centrale est la plus développée (cf FT₅ de o)
- h = les folioles latérales se développent à leur tour (cf FT₄ de q)
- i = les trois folioles jusqu'ici fermées s'étalent (cf FT₅ de l et de p : comparer les dimensions de ces folioles avec celles des feuilles FT₄ de l et de m)

NOTA. - Croquis k : pièces foliaires du sommet florifère subterminal courant d'une variété naine.

Croquis l à p : effectués le 07.02.81.

semis du 12.12.80 : 32°/12° (12h/12h) → 13,5 (16h/8h).

Croquis q : effectué le 25.01.79

semis du 19.12.78 à la serre.

Abréviations :

- F.éc. = feuille-écaille (formes c à g)
- F.c. = foliole centrale
- F.l. = foliole latérale
- F T_n = feuille trifoliolée (ou écaille) de rang n
- T_n = entre-noeud de rang (n + 1).

Fig. 7 Différents aspects de la (ou des) dernière pièce foliaire.

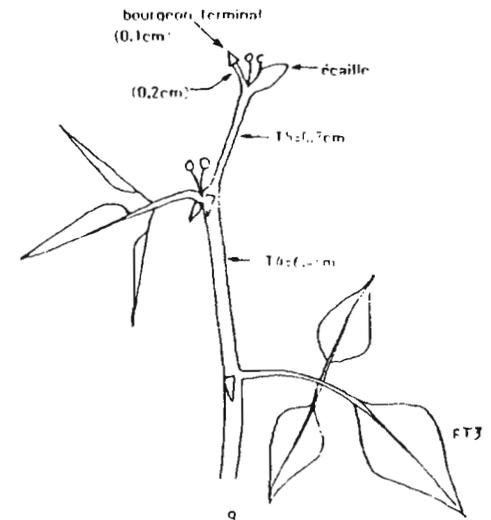
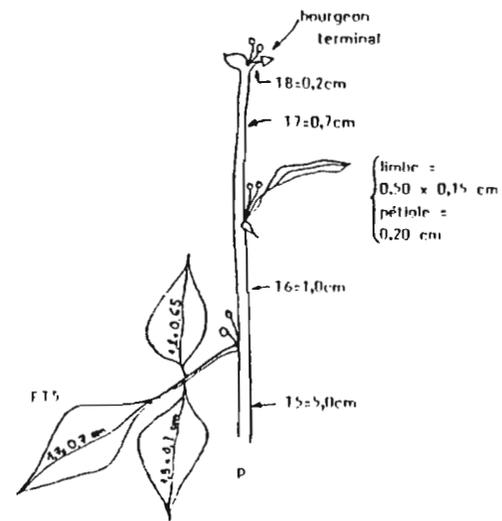
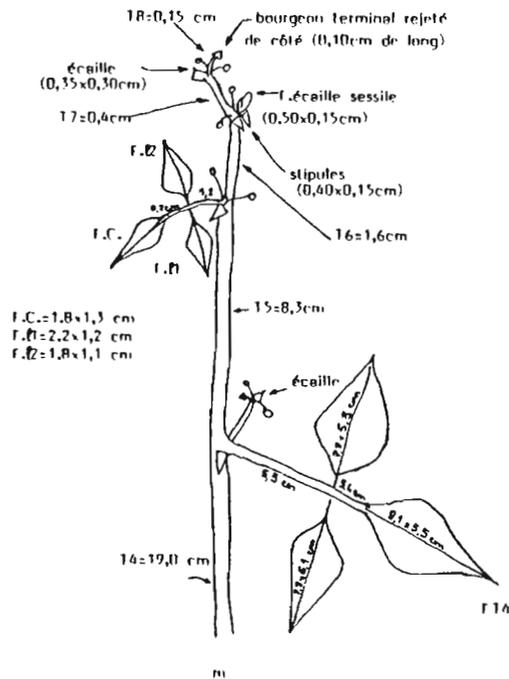
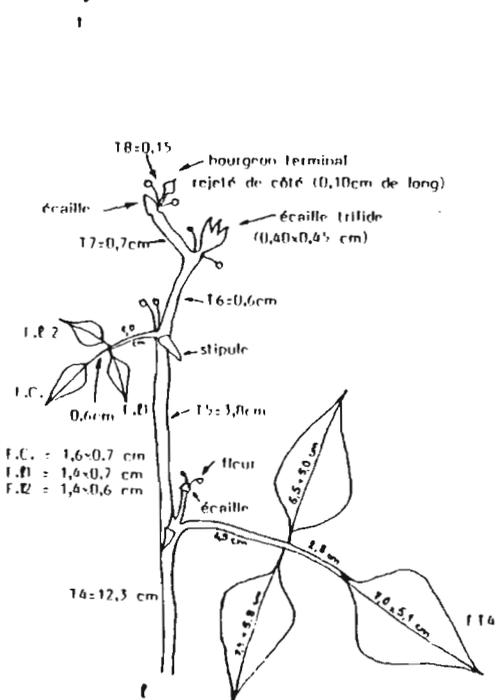
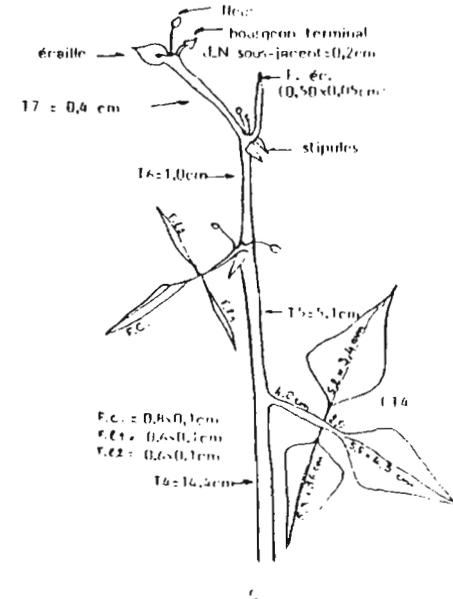
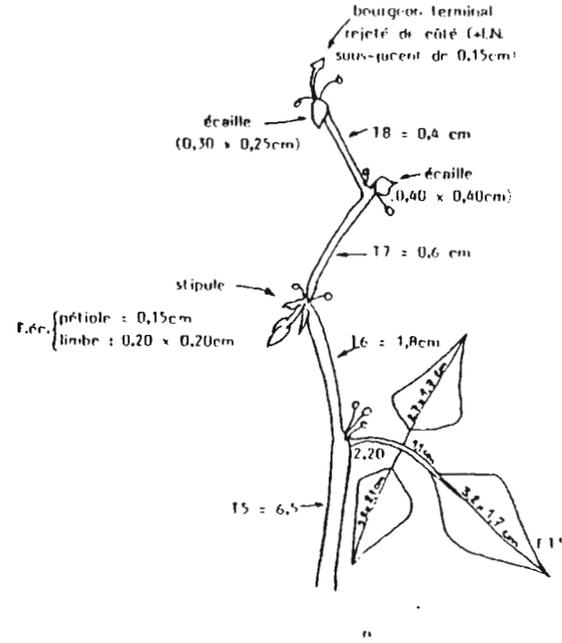
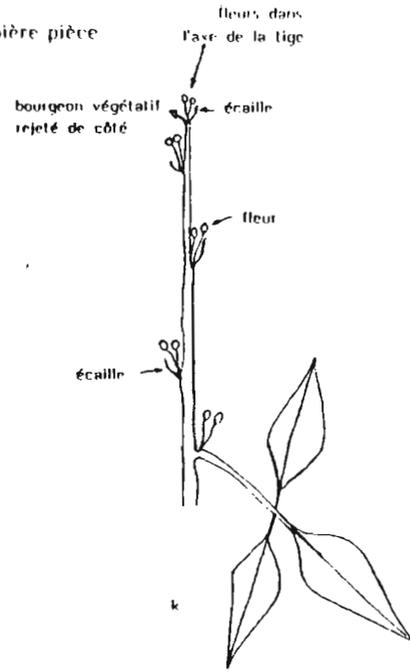
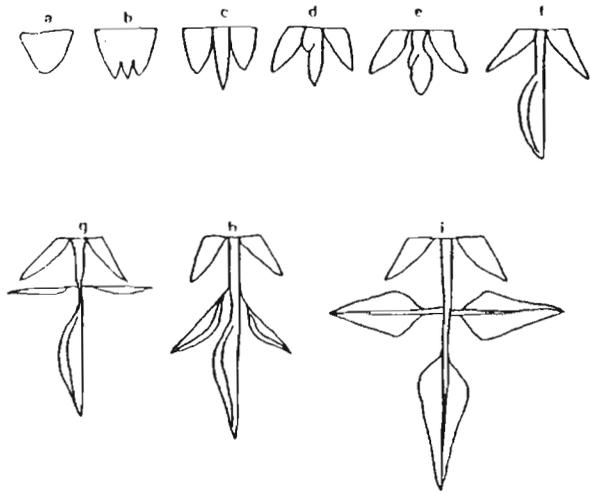


Fig. 8 .- Longueur de l'entre-noeud de la tige en fonction du rang de l'entre-noeud chez *Phaseolus vulgaris*, var. *Coco à rames*.

- a) en terrain découvert
- b) mi-ombre : près d'un bâtiment projetant de l'ombre l'après-midi sur les plantes
- c) à l'ombre d'arbres

NOTA : Toutes les plantes de chaque population n'ayant pas le même nombre d'entre-noeuds et un certain nombre de celles-ci étant cassées (intempéries), une courbe est réalisée avec le plus grand nombre possible de plantes (n = 22 pour la Fig. 8 a et n = 15 pour la Fig. 8 b) et une autre avec le plus grand nombre possible d'entre-noeuds (n = 3 pour la Fig. 8 a et n = 8 pour la Fig. 8 b)

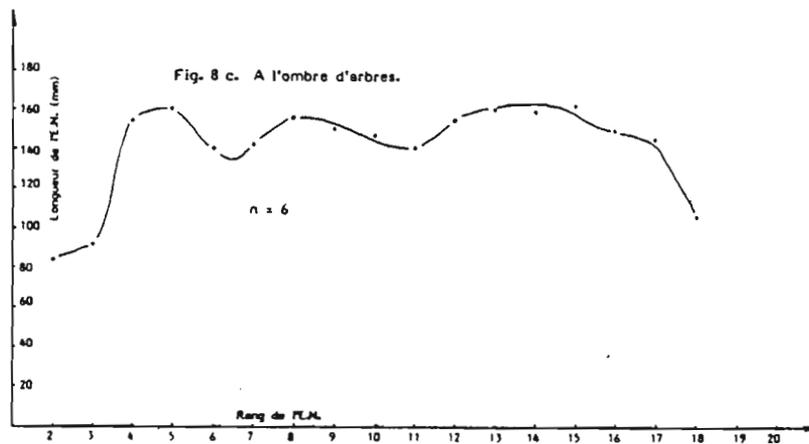
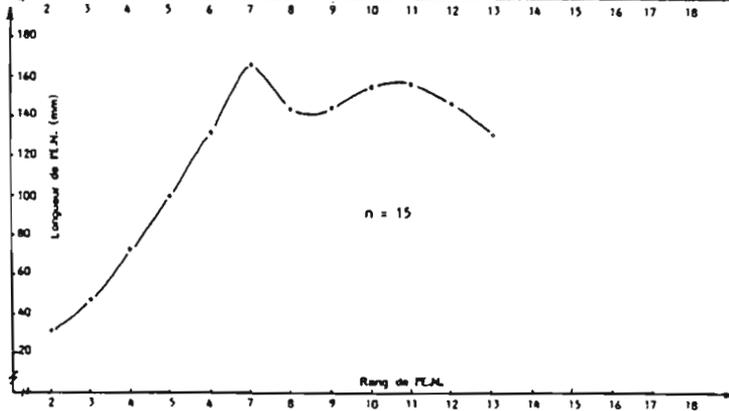
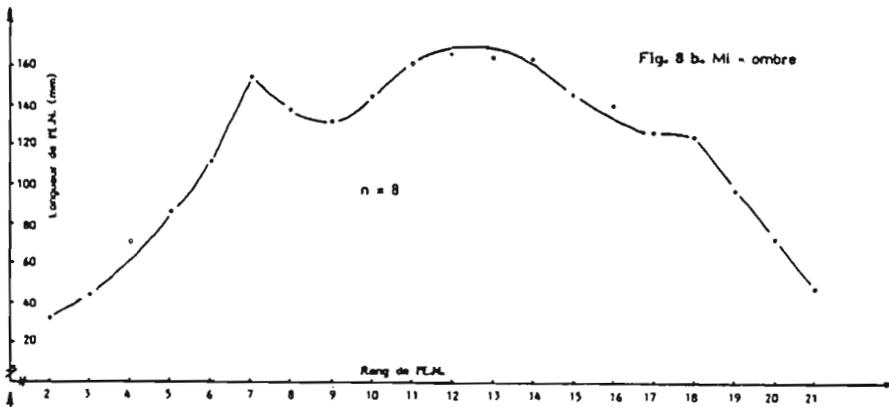
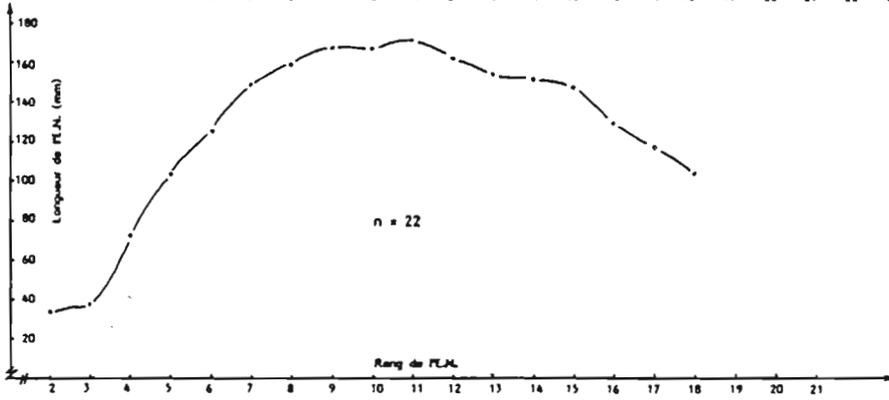
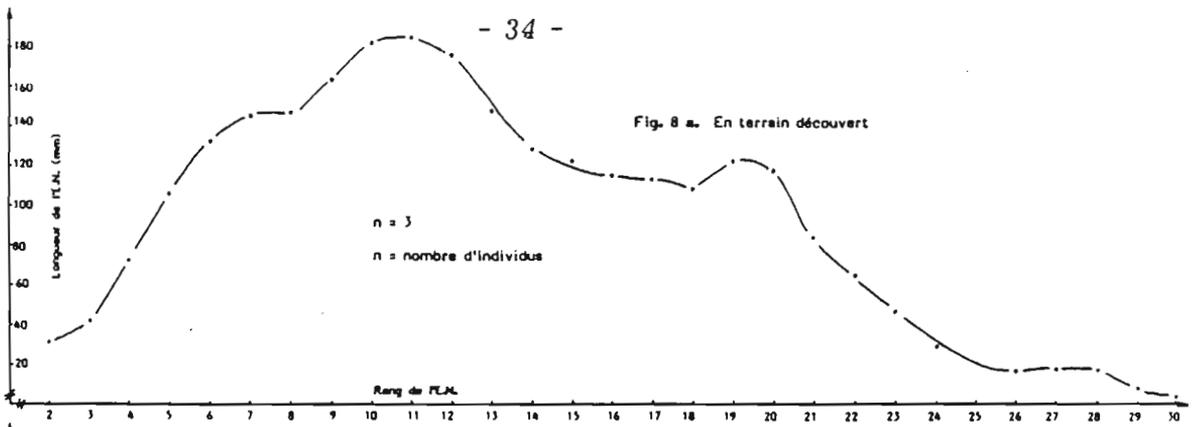


Fig. 9. Longueur de l'entre-noeud de la tige en fonction du numéro d'ordre de l'entre-noeud chez *Phaseolus vulgaris*, var. coco nain.

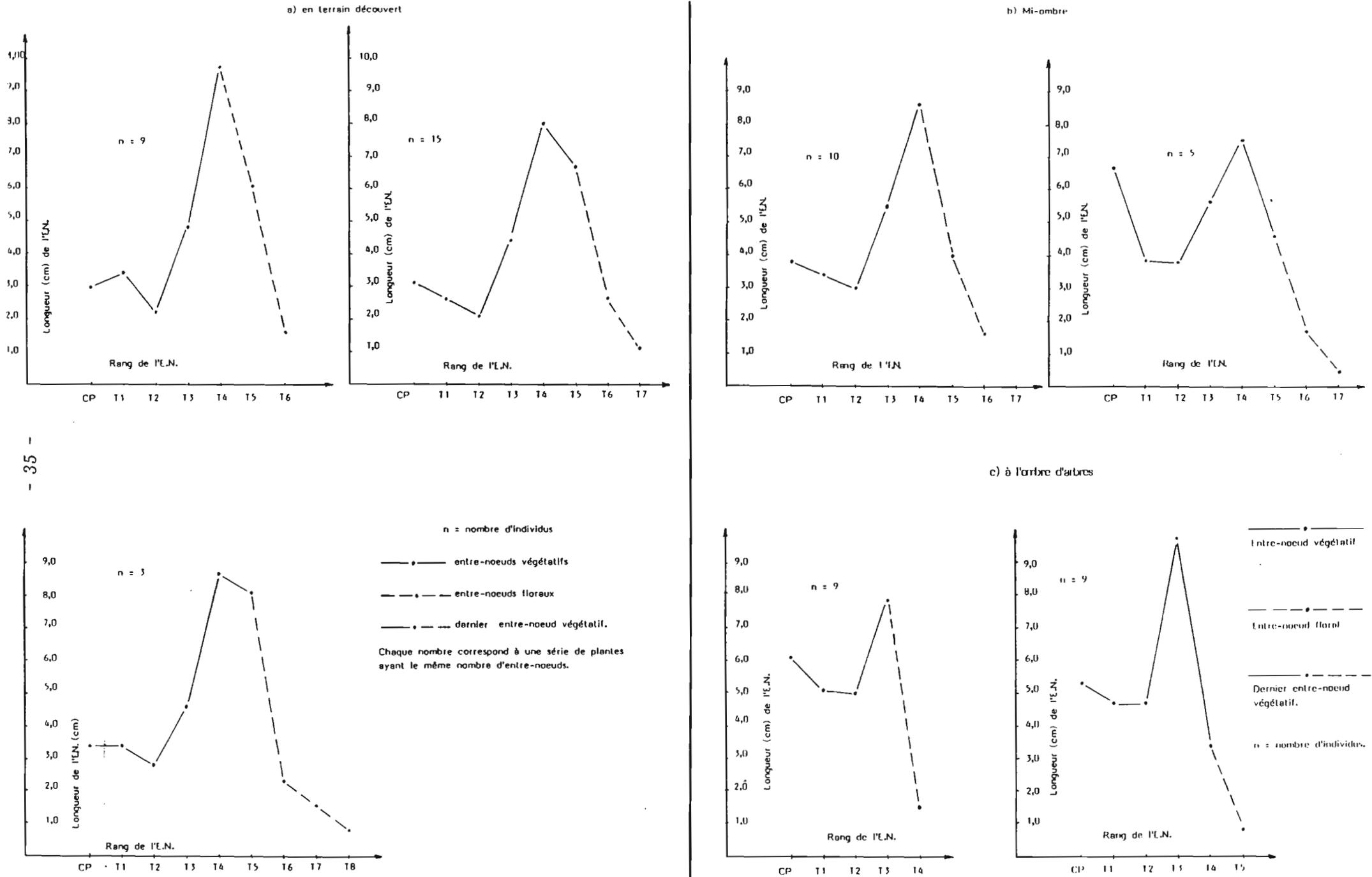


Figure 10 - Légende et commentaire

1.- Les axes de coordonnées sont doubles :

1°) à l'ordonnée :

a) Rang de la dernière feuille trifoliolée : les plantes sont regroupées en classe suivant le rang de leur dernière feuille trifoliolée

b) Longueur de l'entre-noeud

2°) à l'abscisse :

a) Date de semis : 4 dates (1er juin, 1er juillet, 31 juillet et 14 août) par variété.

b) Rang de l'entre-noeud le long de la tige.

2.- NOTA : observer la courbe en cloche de la longueur des entre-noeuds en fonction de la date de semis.

3.- Légende :

Tu = entre-noeud de rang $(u + 1)$, sous-jacent à la feuille FTu

FTu = feuille trifoliolée de rang u

n = nombre d'individus

0 = OC = hypocotyle

P = CP = premier entre-noeud

Fig. 10. Longueur de l'E.N. le long de la tige pour 4 variétés naines de *Phaseolus vulgaris* cultivées en champ à 4 époques de semis.

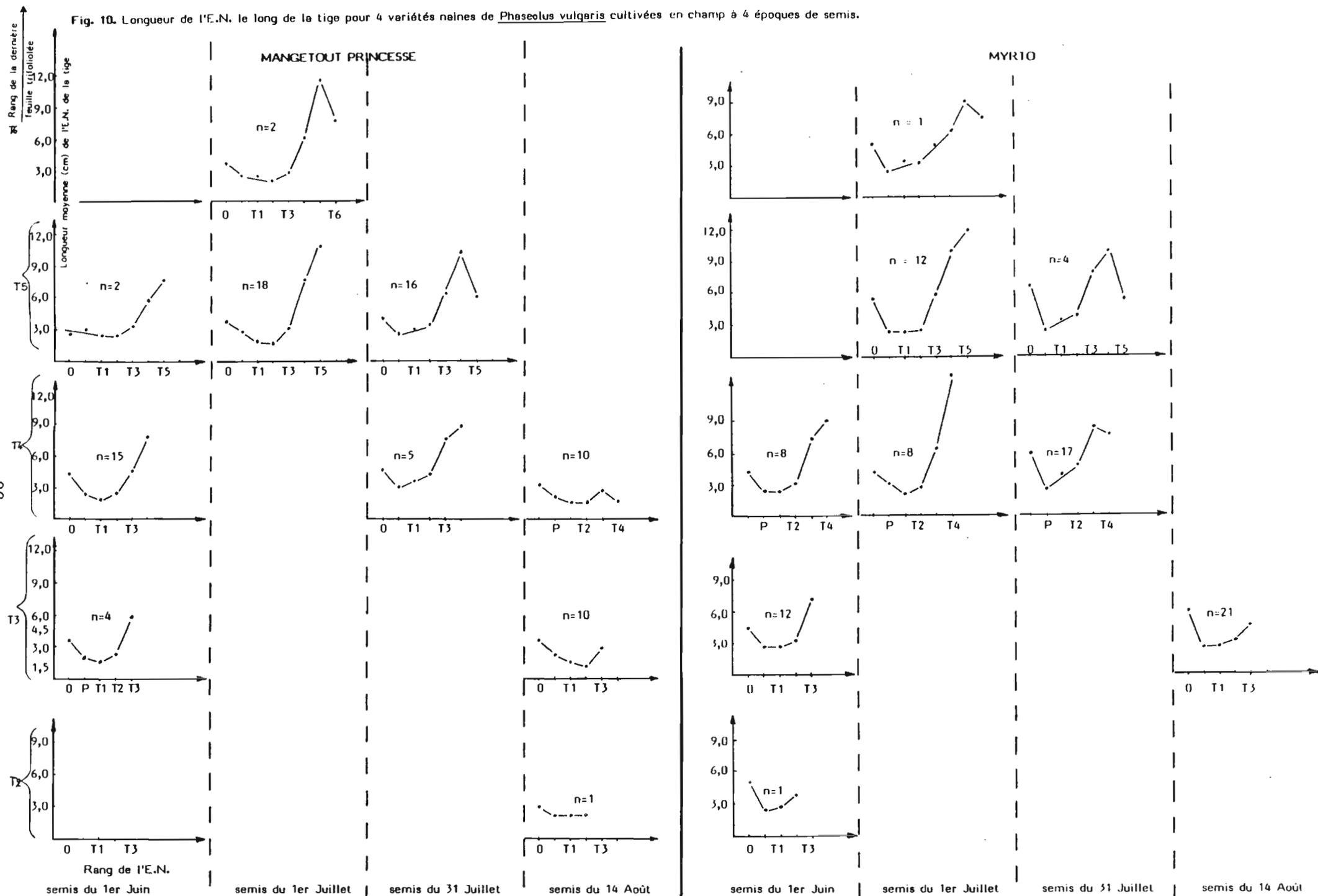
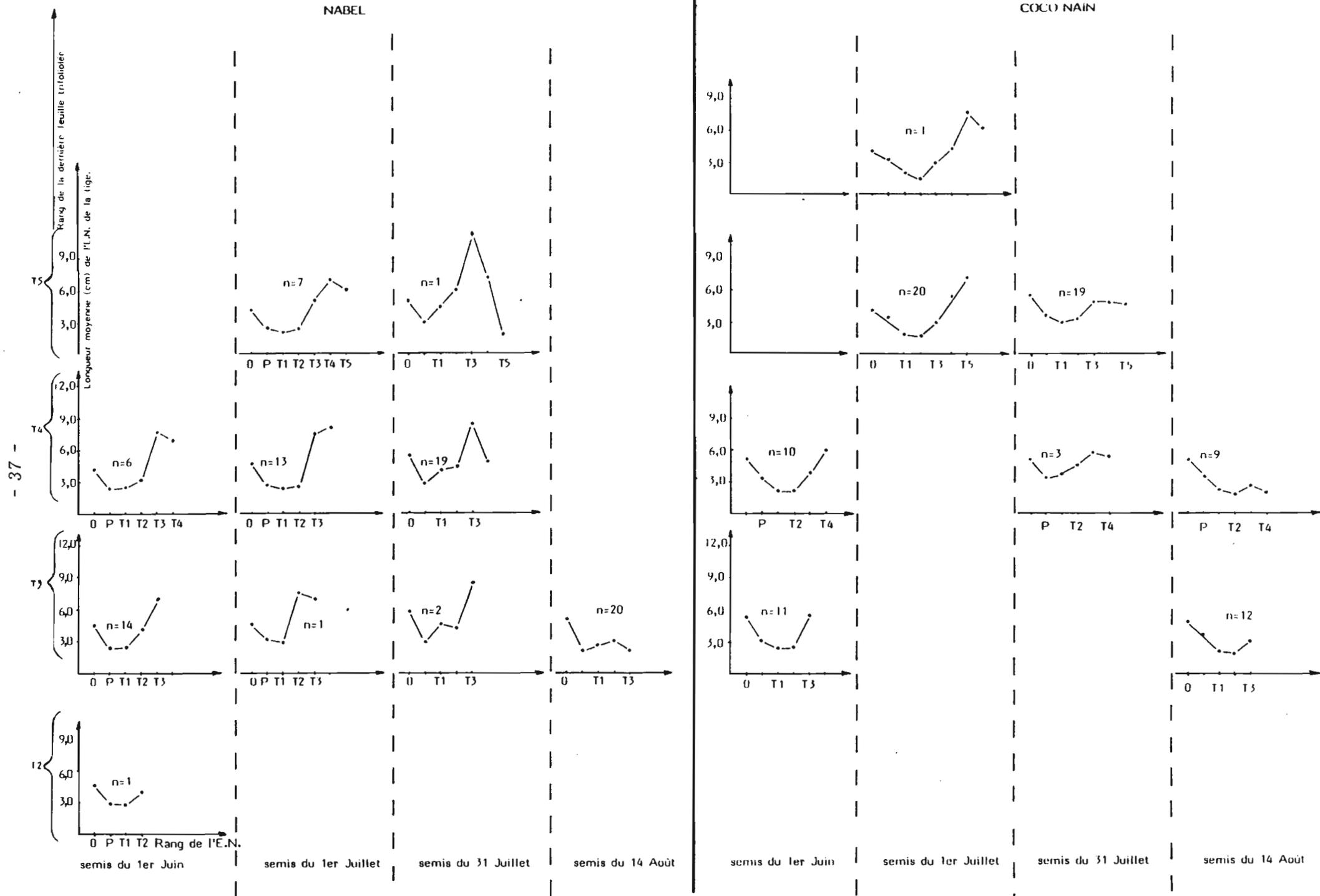


Fig. 10. Longueur de l'E.N. et long de la tige pour 4 variétés naines de ...



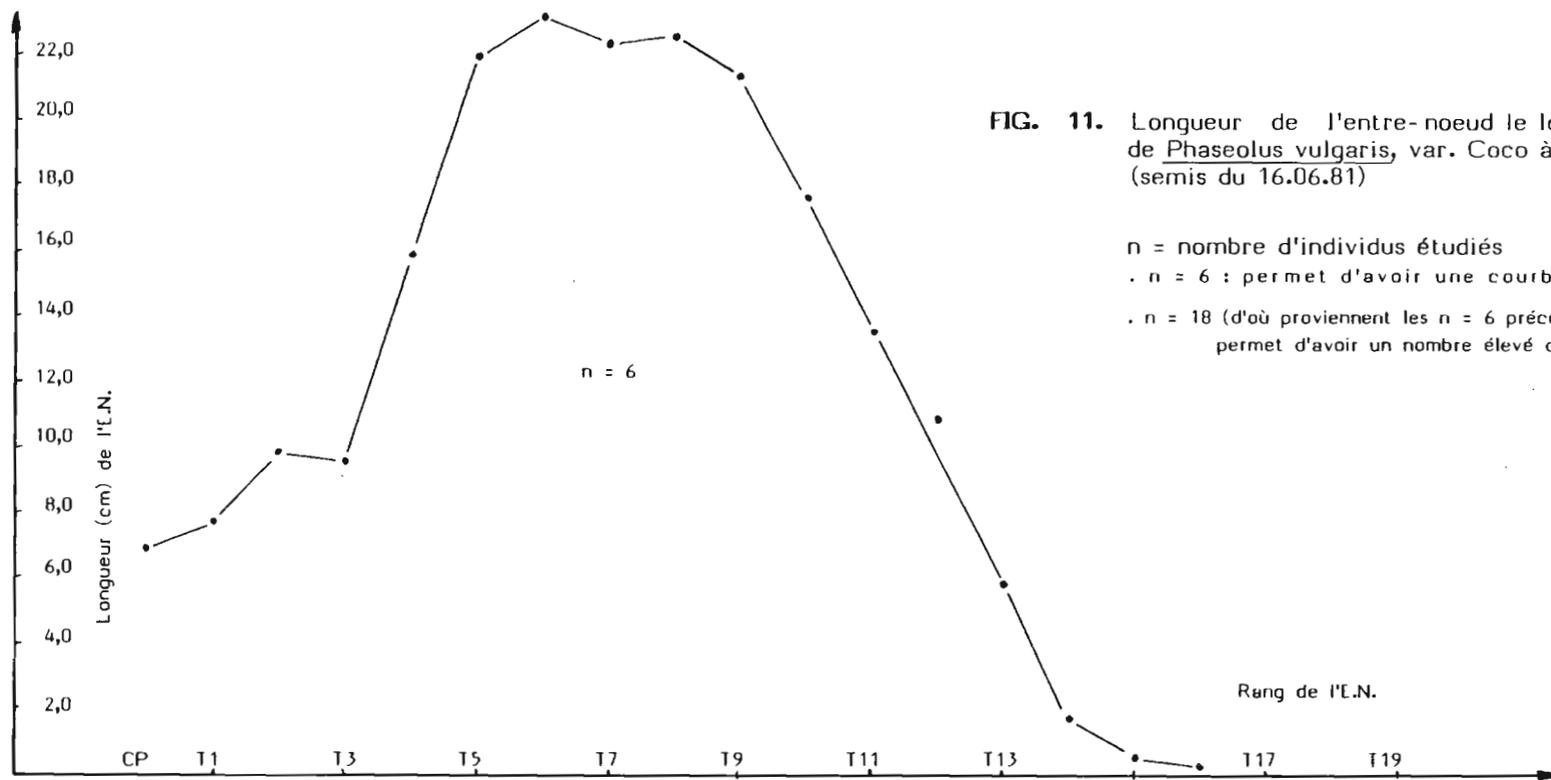


FIG. 11. Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*, var. Coco à rames, à la serre (semis du 16.06.81)

n = nombre d'individus étudiés
• n = 6 : permet d'avoir une courbe complète
• n = 18 (d'où proviennent les n = 6 précédents) permet d'avoir un nombre élevé d'individus.

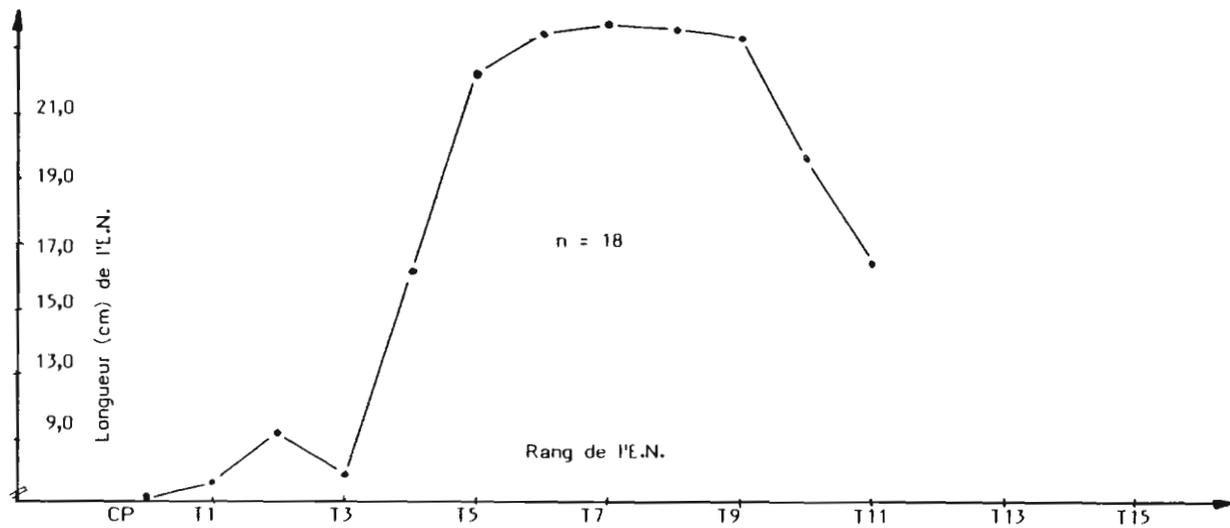


Fig. 12 - Longueur de l'entre-nœud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*, var. Coco nain, cultivée à la serre.

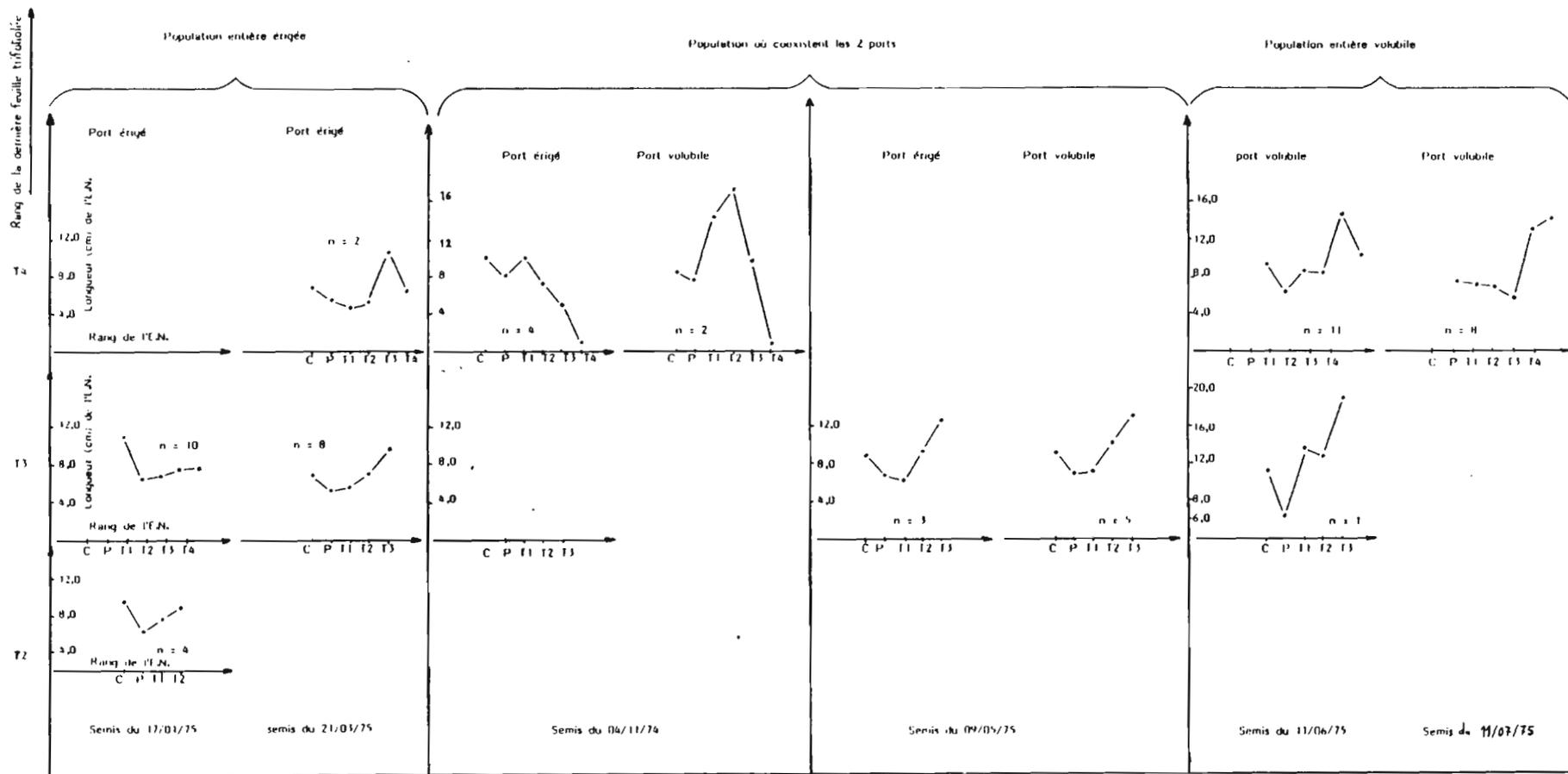


Fig. 13. Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de Phaseolus vulgaris, var. Mangetout Princesse, à la serre.

Plantes adultes
à

- 3 EN
- 4 EN
- △ 5 EN
- × 6 EN
- ⊙ 7 EN

Plantes adultes ayant, dans la population considérée,
le nombre d'EN.

- = le plus bas
 - = immédiatement supérieur au précédent
 - - - - = précédent le plus élevé
 - = le plus élevé
- n = nombre d'individus

Semis du 23/12/77

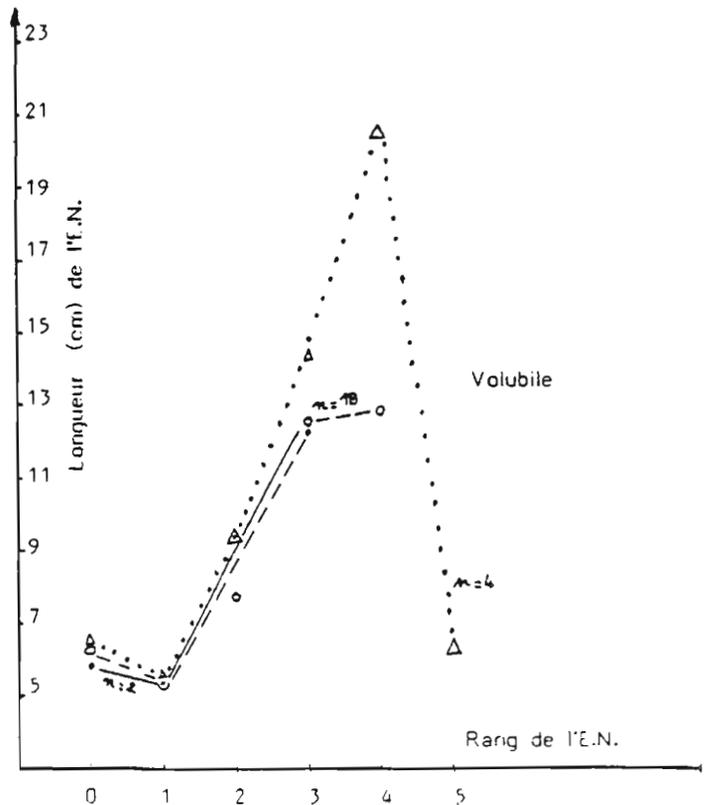
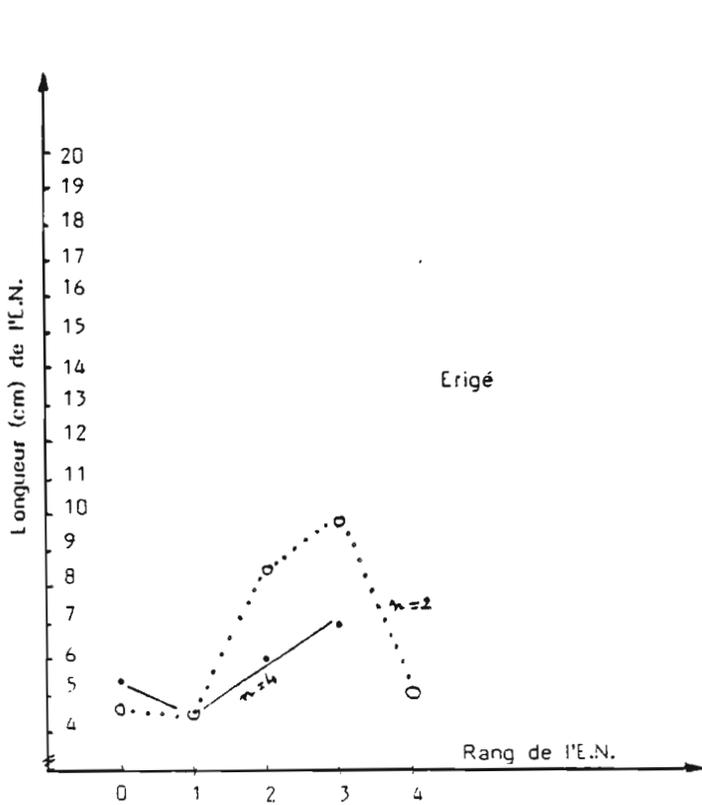


Fig. 13 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus Vulgaris*, var. Mangetout Princesse, à la serre (Suite et fin).

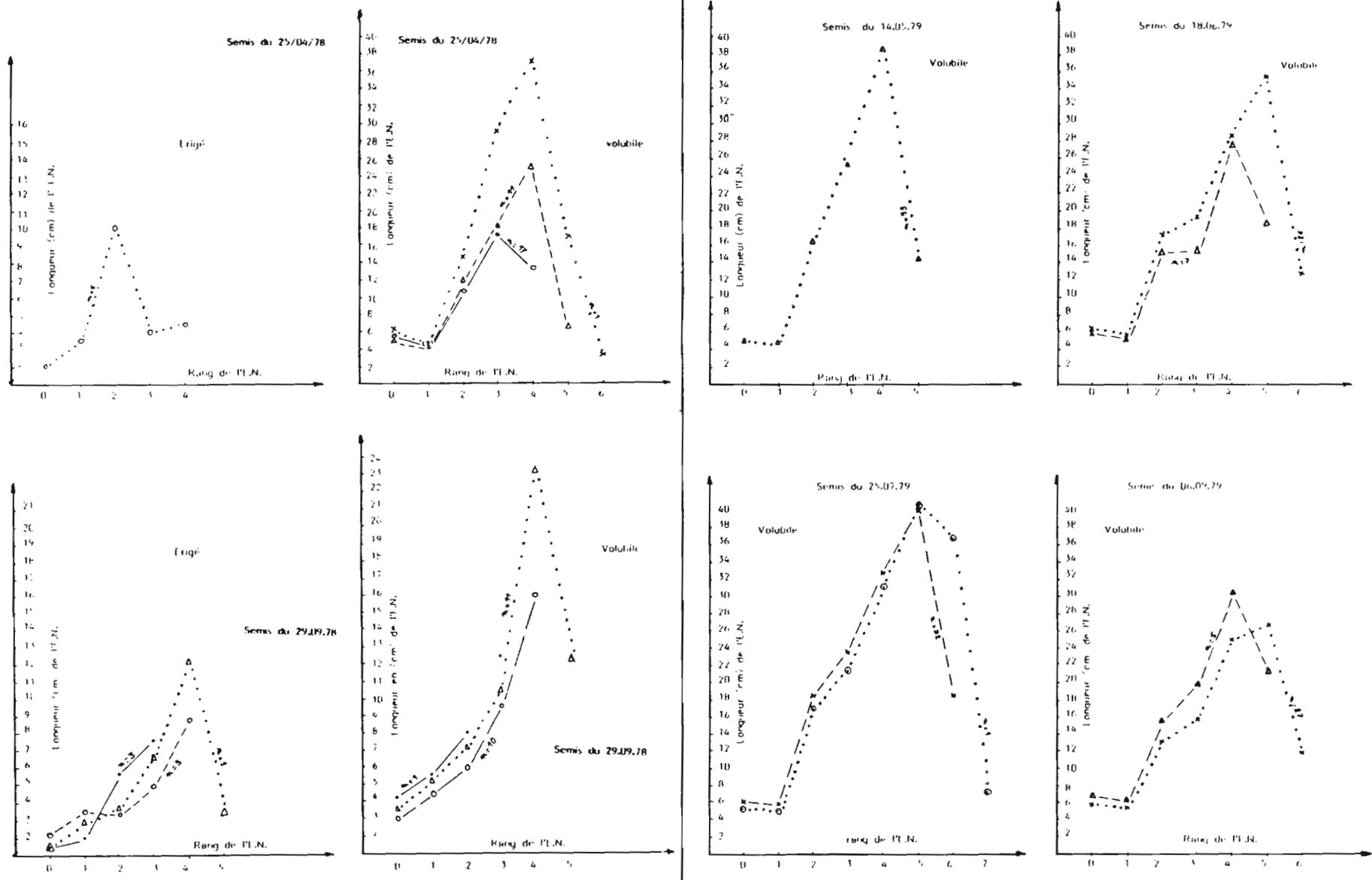


Fig. 14 - Longueur de l'entre-nœud le long de la tige de *Phaseolus Vulgaris*, var. Mangetout Princesse : essai de transfert.

(13) : témoin à la serre

(21) : transfert du champ au stade FP

(22) : transfert du champ au stade FT1.

-----oo0oo-----

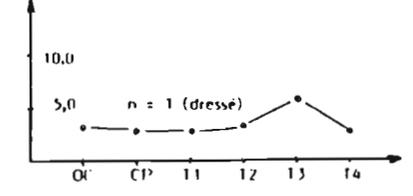
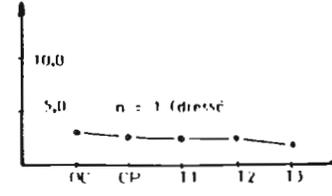
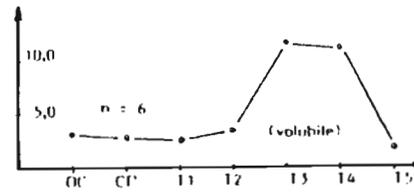
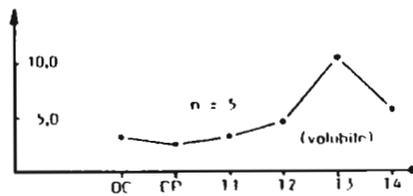
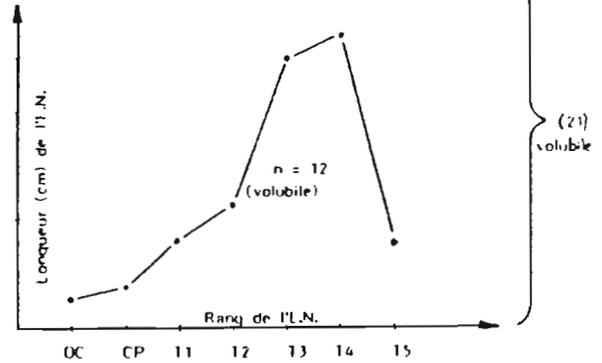
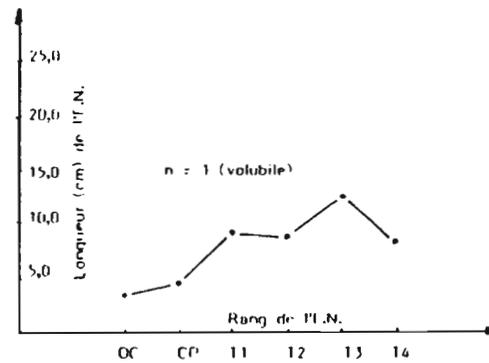
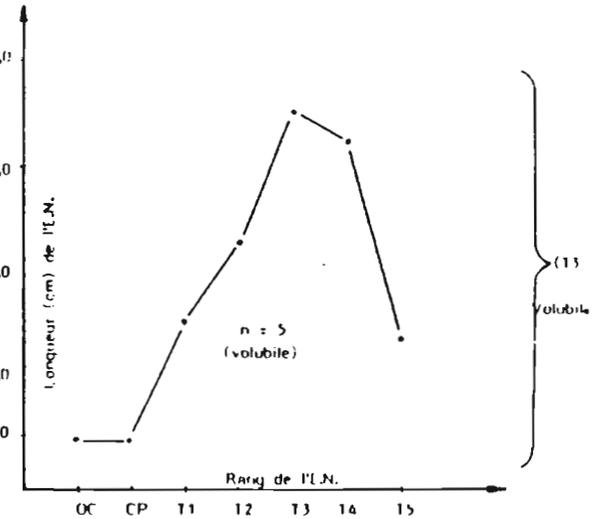
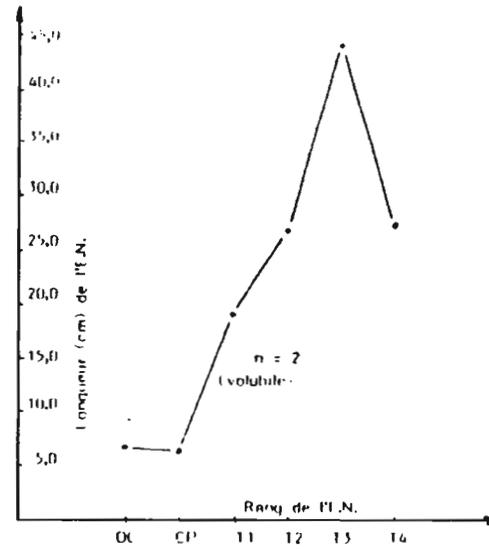
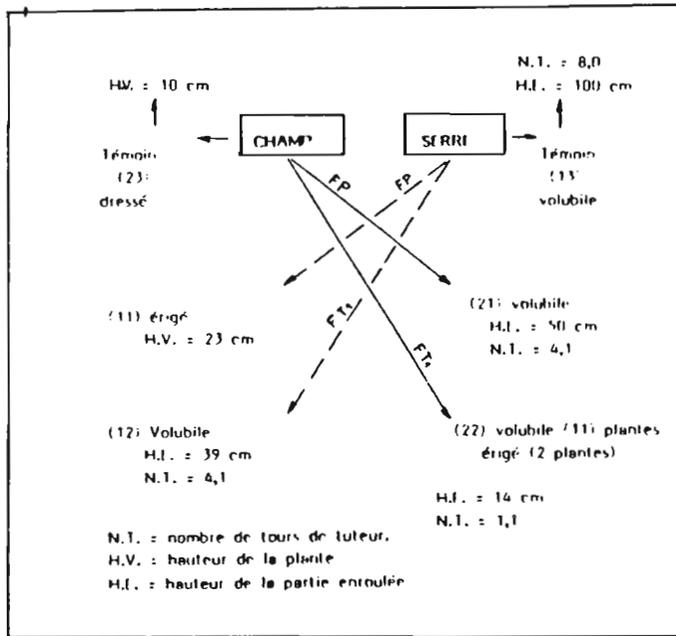


Fig. 15 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus Vulgaris*, var. Mangetout Princesse : essai de transfert de la serre au champ (23) = Témoin en champ (11) = Transfert de la serre au stade FP (12) = Transfert de la serre au stade FT1

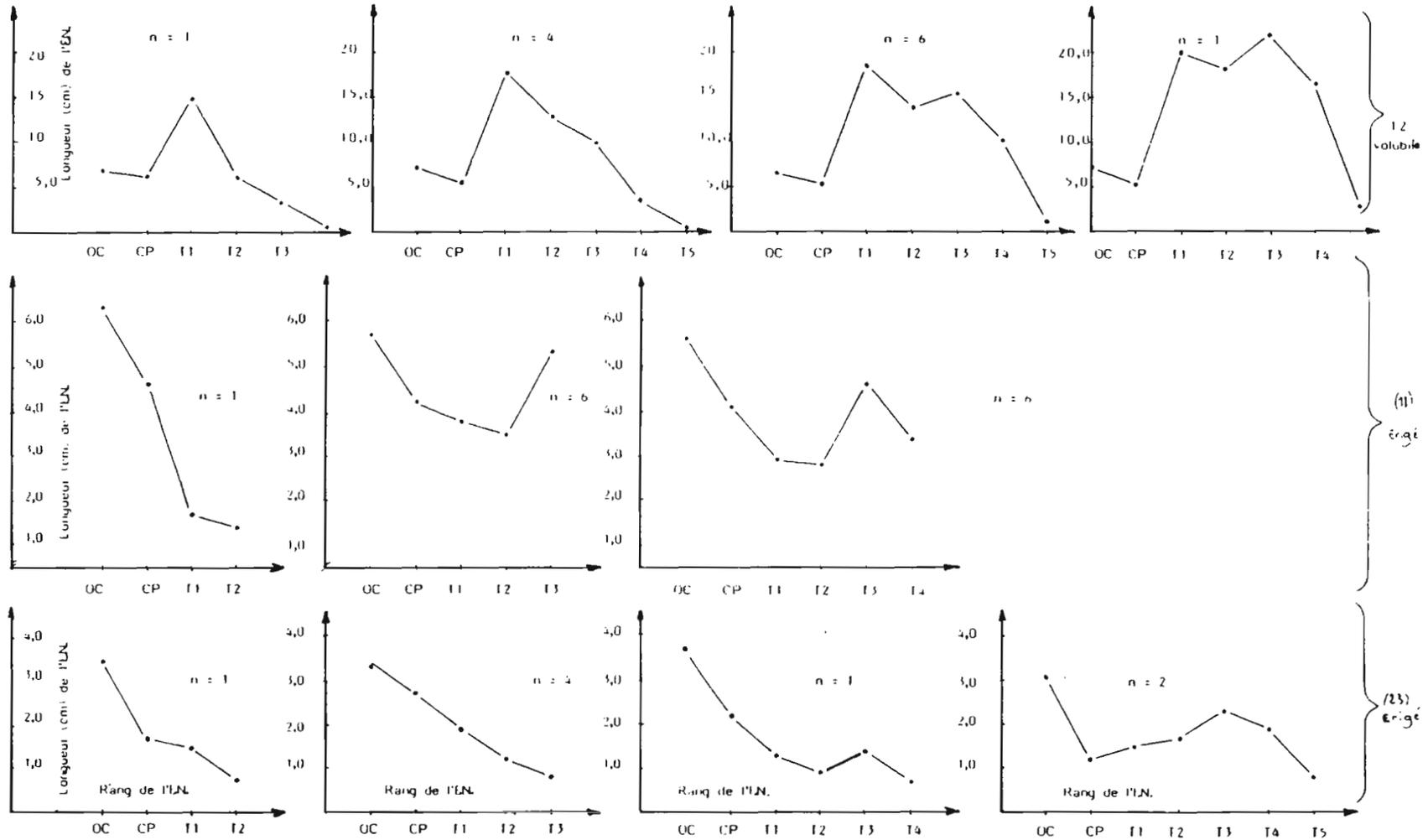


Fig. 16 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*
 var. Coco à rames, dressé court à 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow[FP]{10 \text{ jours}}$ 12° (16h/8h)

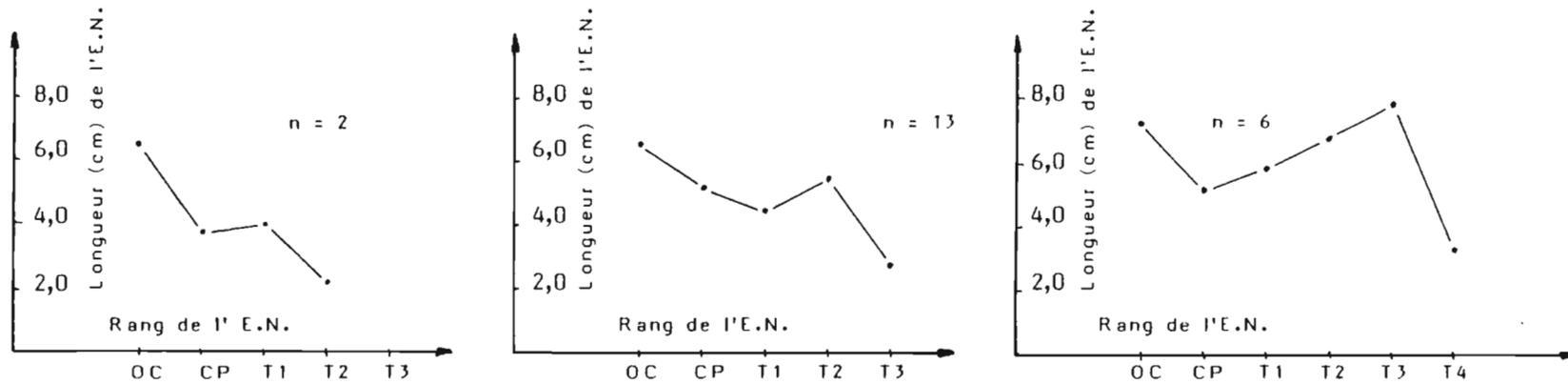
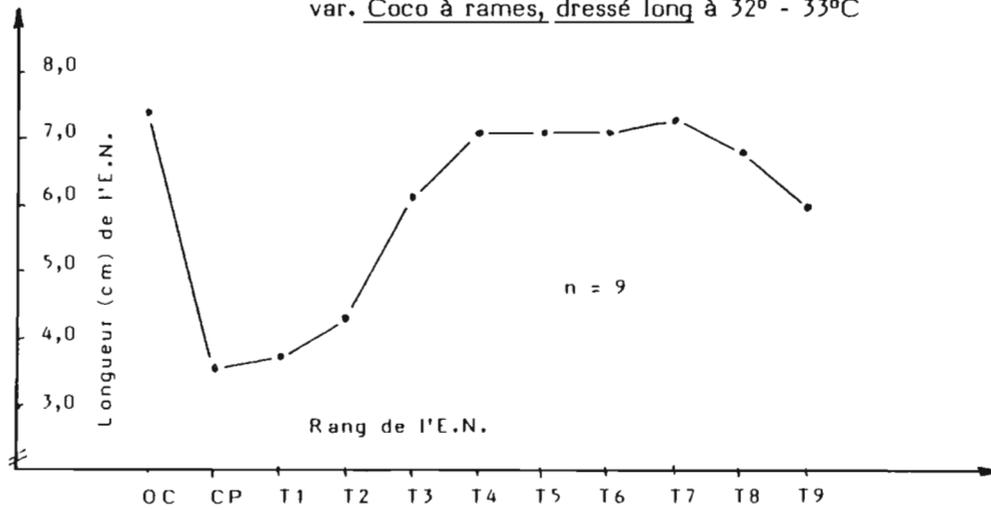


Fig. 17 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*,
 var. Coco à rames, dressé long à 32° - 33°C



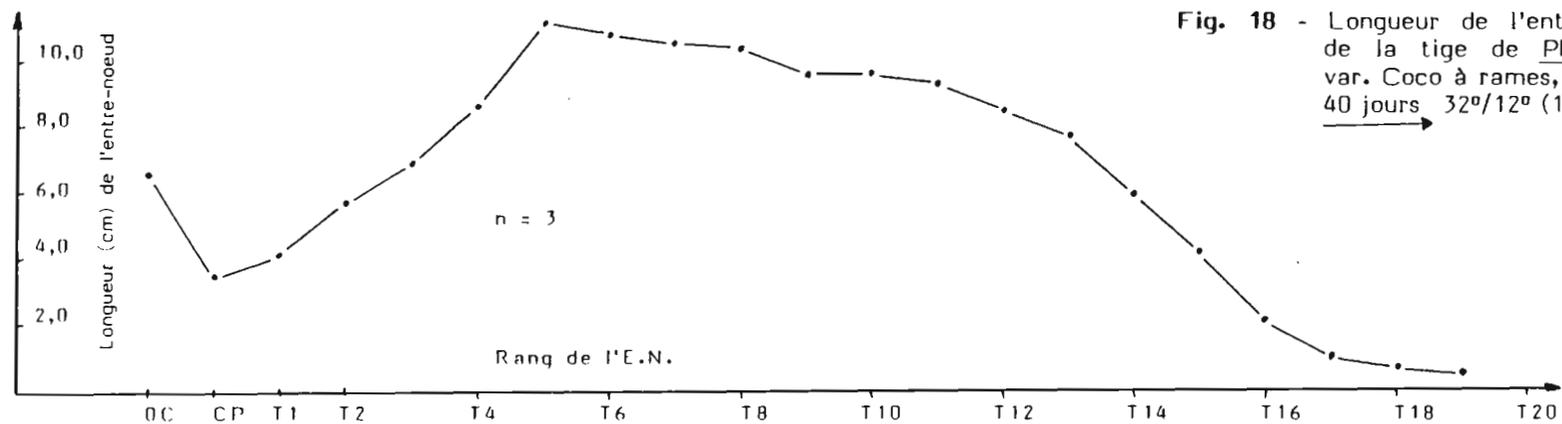
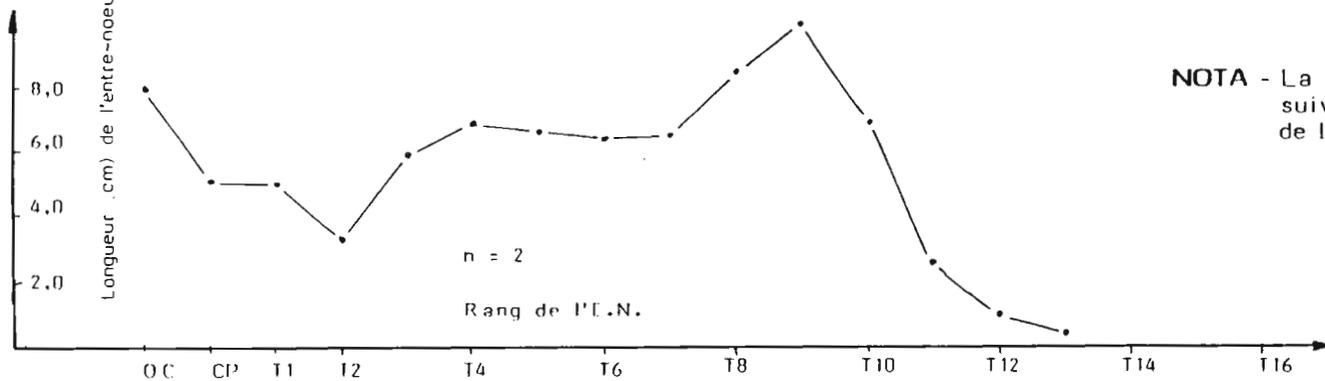
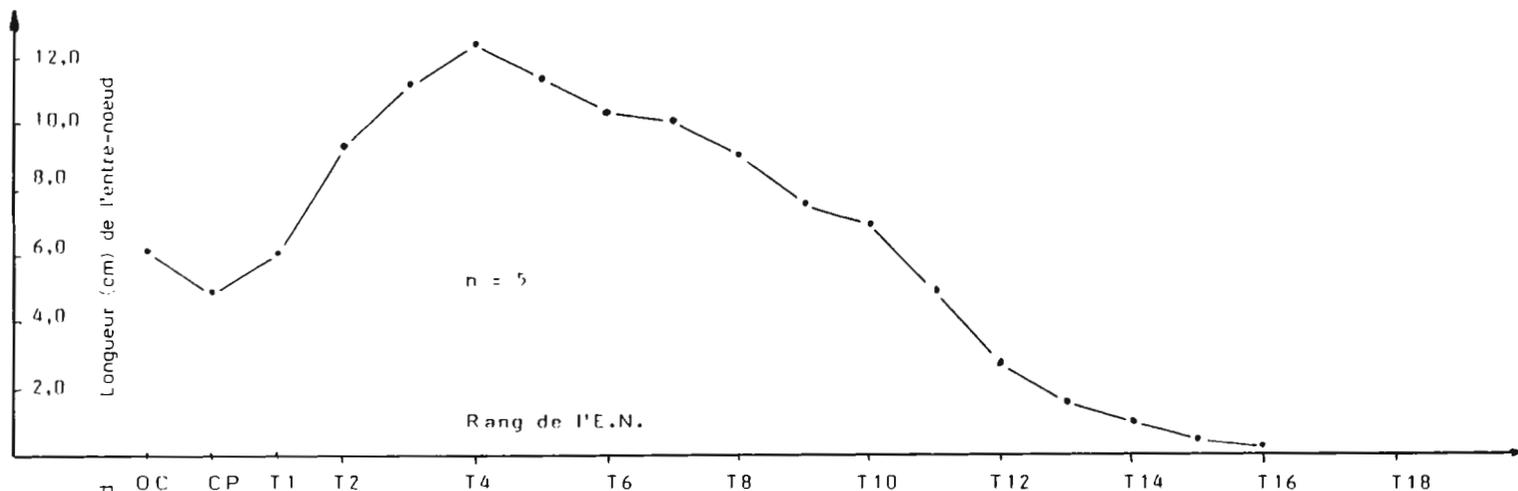


Fig. 18 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*, var. Coco à rames, à 20°/12°(12h/12h) 40 jours 32°/12° (16h/8h), volubile.



NOTA - La population est divisée en 3 groupes suivant le nombre d'entre-noeuds de la plante.

Fig. 19. Longueur des entre-noeuds le long de la tige chez *Phaseolus vulgaris*, var. Coco à rames à 13,5 ° (16 h / 8 h).

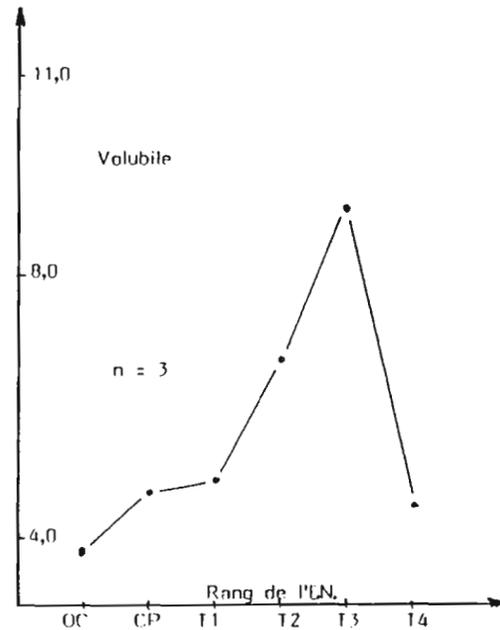
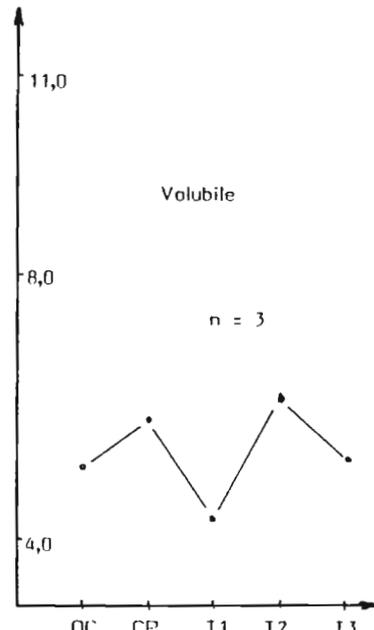
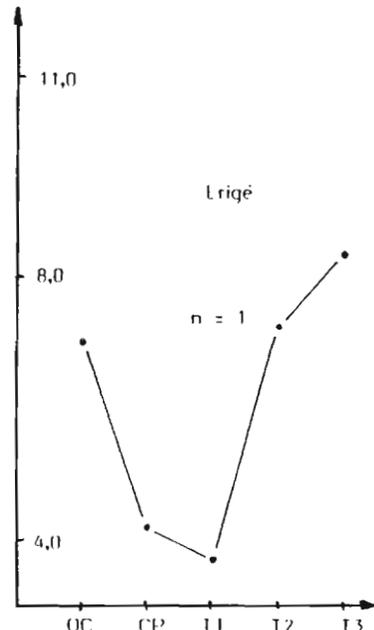
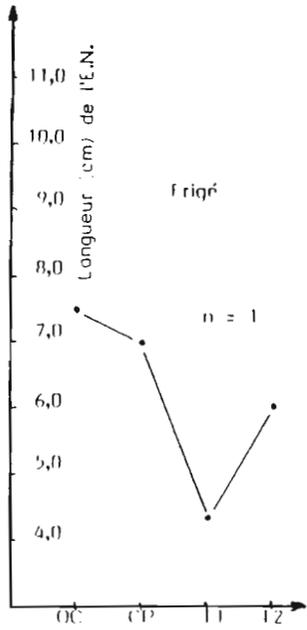
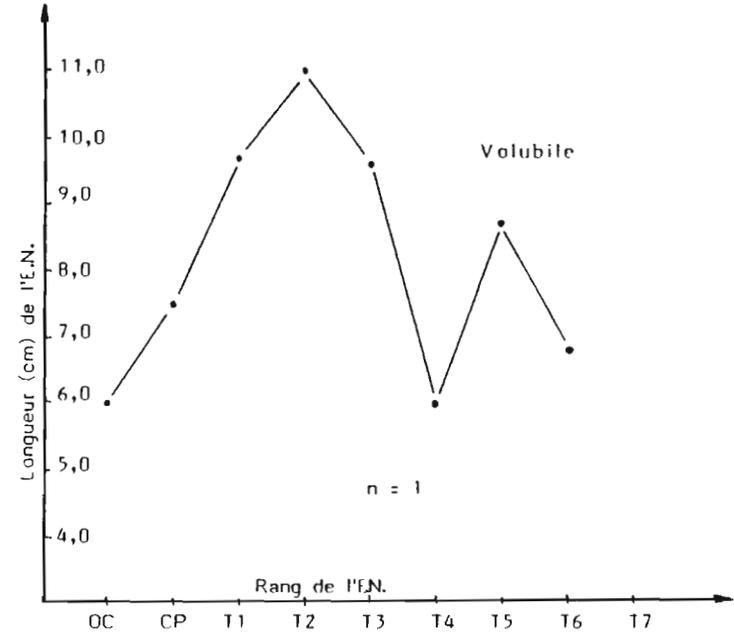
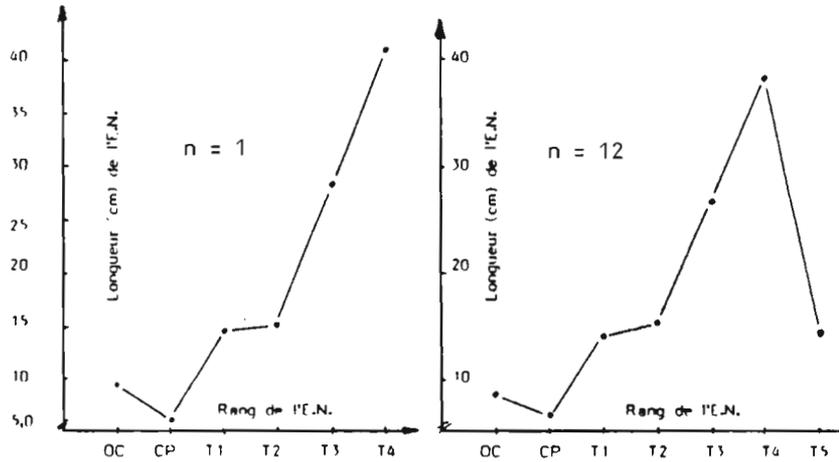
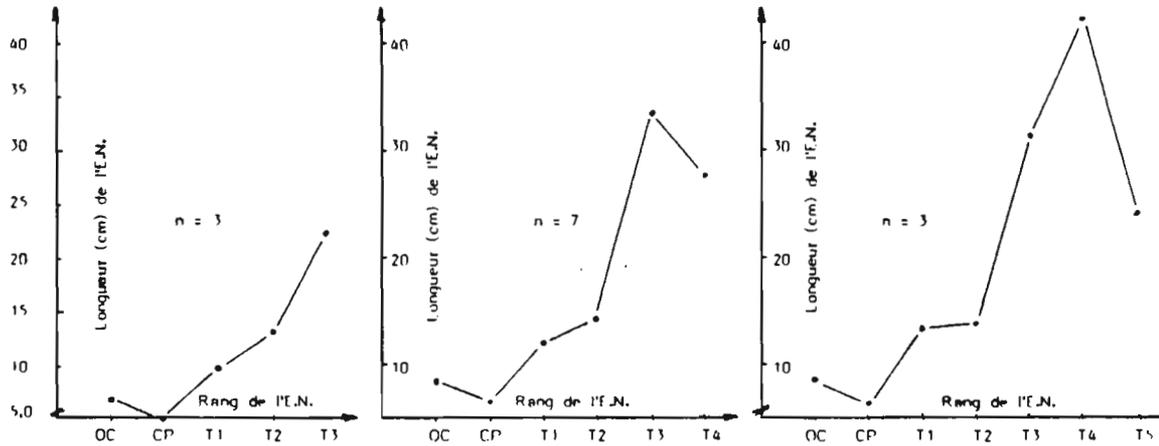


Fig. 20 - Longueur de l'entre-noeud le long de Phaseolus Vulgaris, var. Mangetout Princesse à 27°C, 25°C et 23°C (Port volubile)

27°C



25°C



23°C

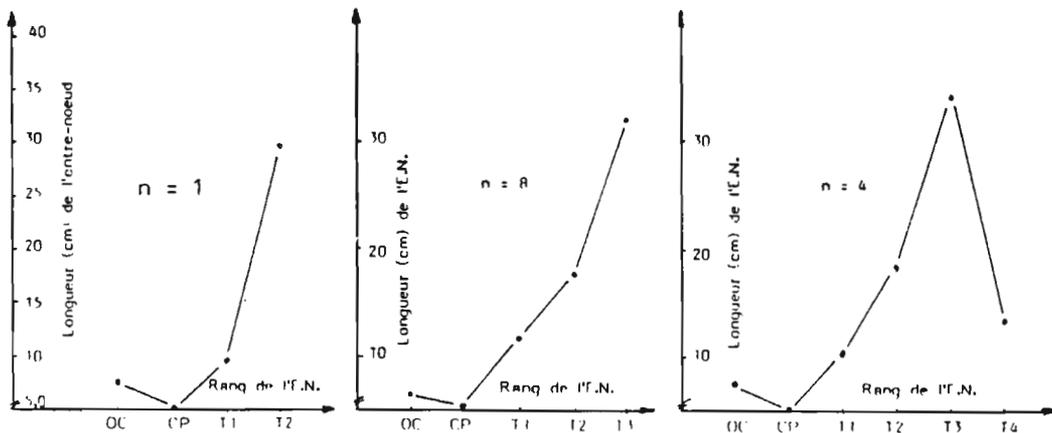
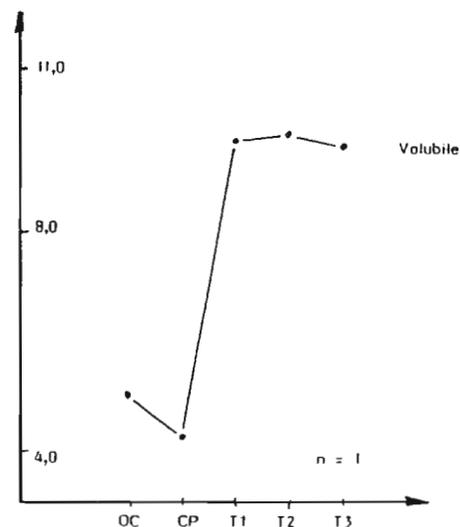
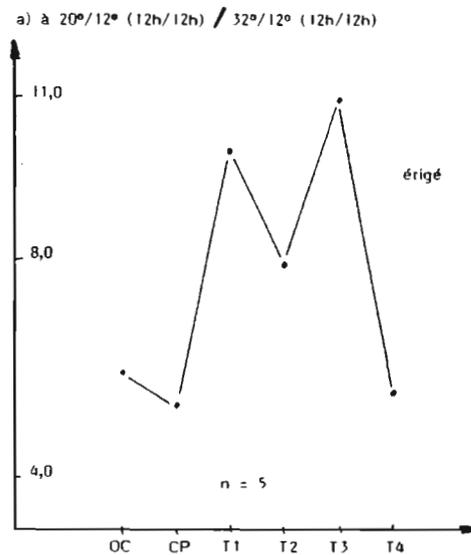
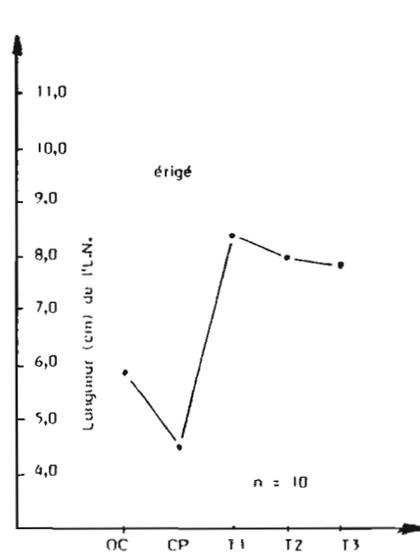


Fig. 21 - Longueur de l'entre-noeud le long de la tige de *Phaseolus vulgaris*, var. Mangetout Princesse.



b) à 13°5 (16h/8h)

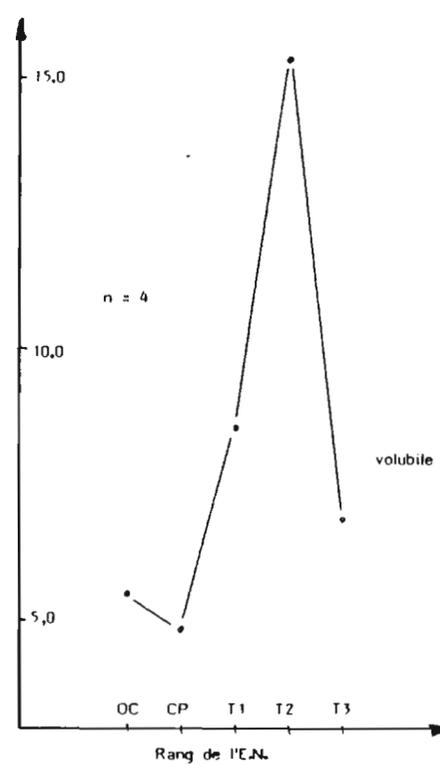
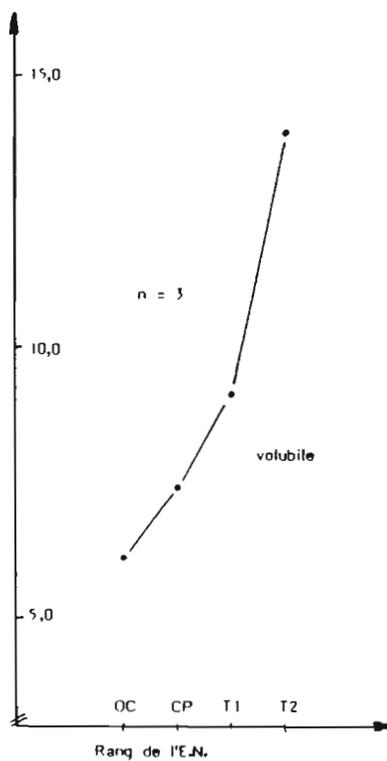
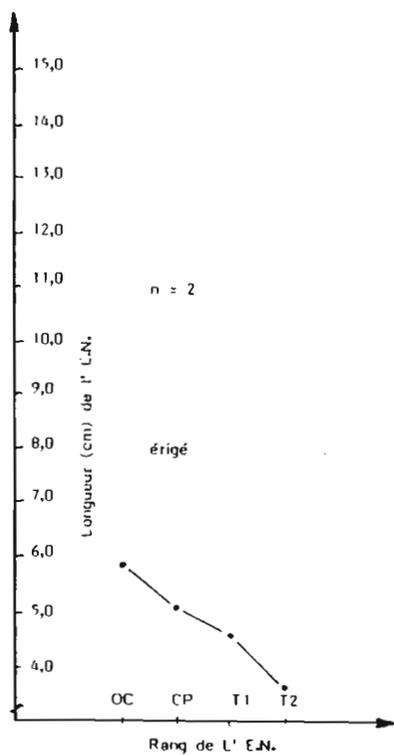
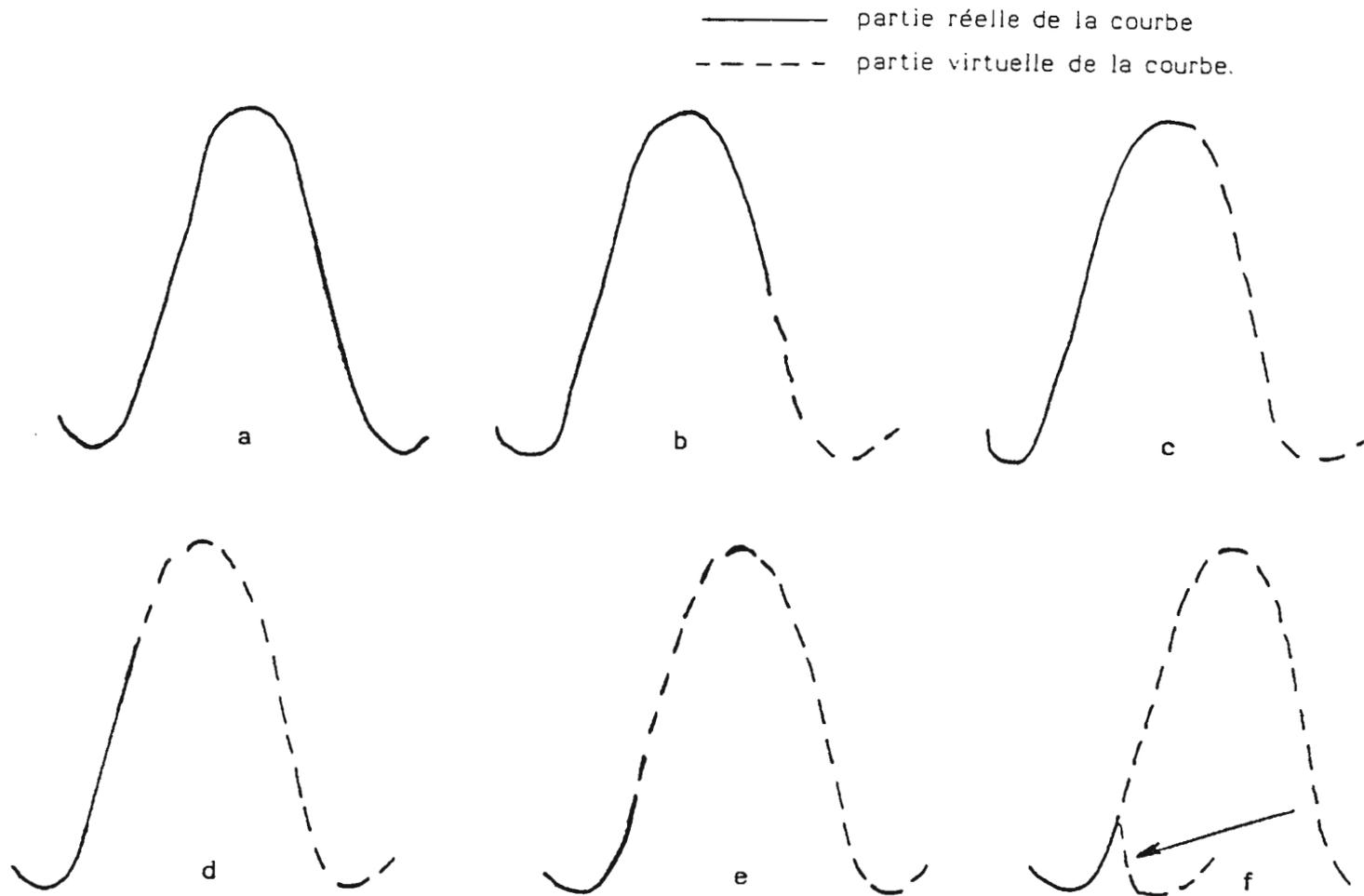


Fig. 22 - Interprétation des graphiques de la longueur de l'entre-noeud le long de la tige par une courbe en cloche.



Exemples :

- a : Fig. 9 a (*Coco nain*), Fig. 10 (*Nabel*, semis du 31 juillet, T_5 et Fig. 11 (*Coco à rames*)
- b : Fig. 10 (*Mangetout Princesse*, semis du 1er juillet, T_6 et semis du 31 juillet, T_5)
- c : Fig. 10 (*Nabel*, semis du 1er juillet, T_4 - *Myrto*, semis du 1er juillet, T_5)
- d : Fig. 10 (*Mangetout Princesse*, semis du 1er juillet, T_5 - *Myrto*, semis du 1er juillet, T_4)
- e : Fig. 10 (*Mangetout Princesse*, semis du 1er juin et 14 août, T_3 - *Myrto*, semis du 1er juin, T_3 - *Coco nain*, semis du 1er juin, T_3 et T_4 .)
- f : Fig. 10 - Semis du 14 août (*Mangetout Princesse*, T_4 - *Nabel*, T_3 et *Coco nain*, T_4).

Fig. 23 - Caractères de *Phaseolus Vulgaris*, var. Mangetout Princesse, à la serre, en fonction de la date de semis.

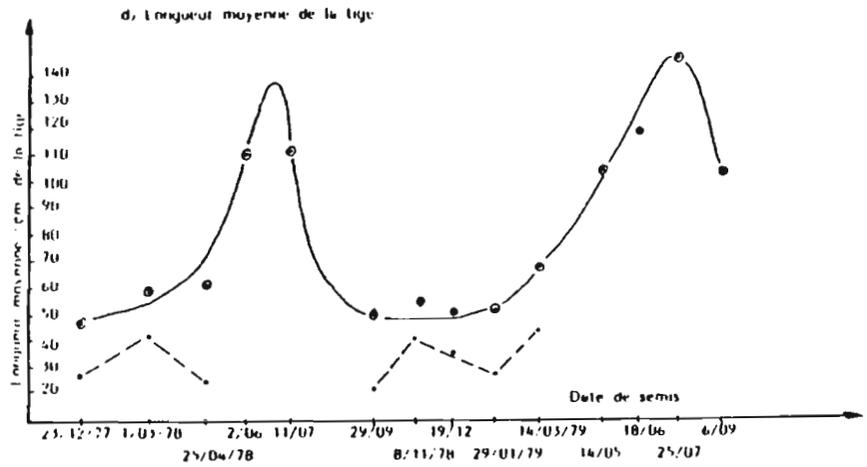
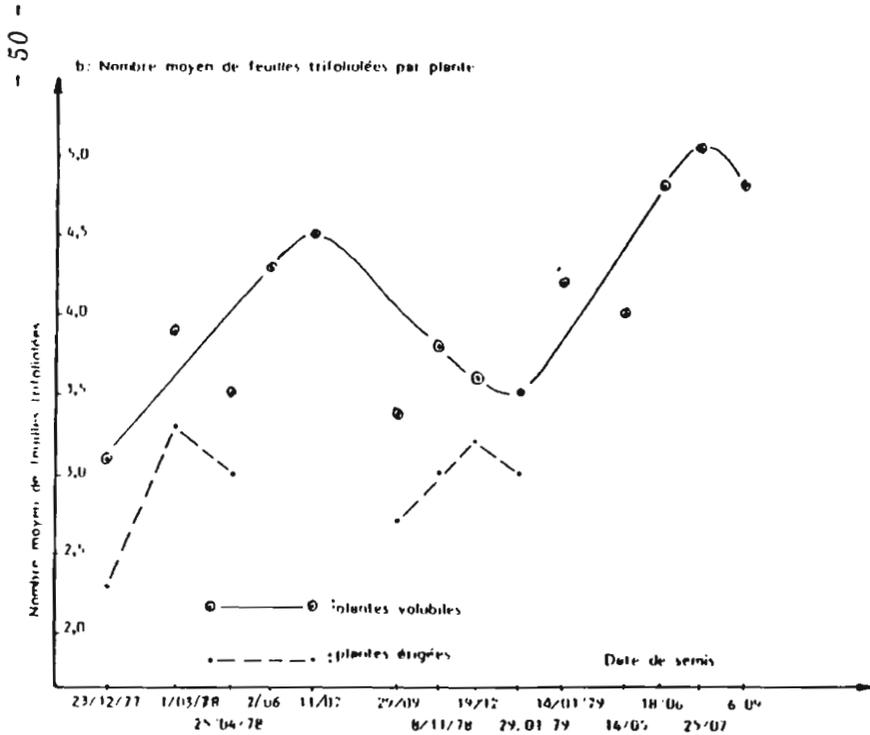
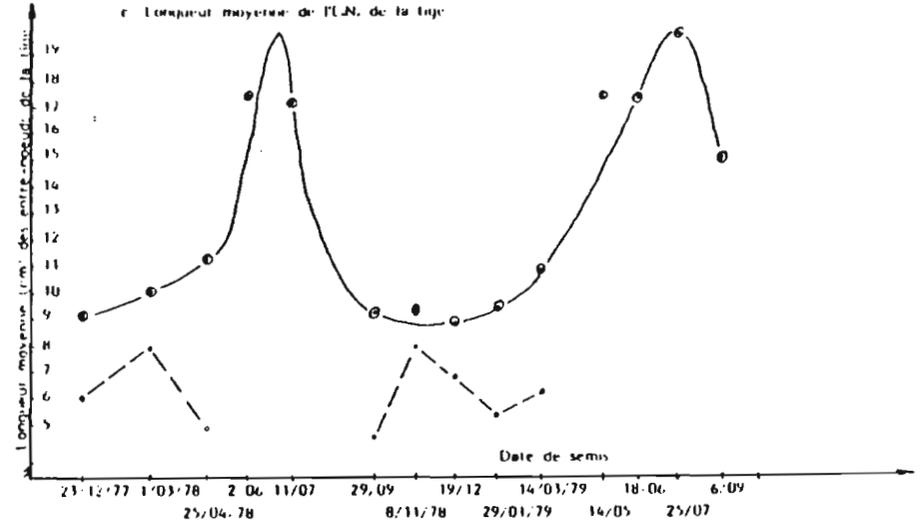
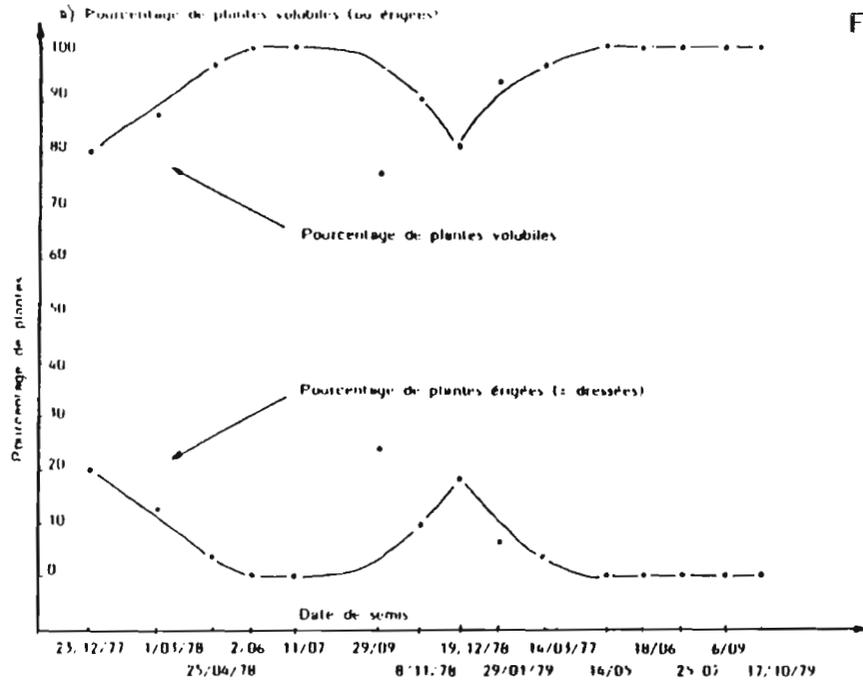
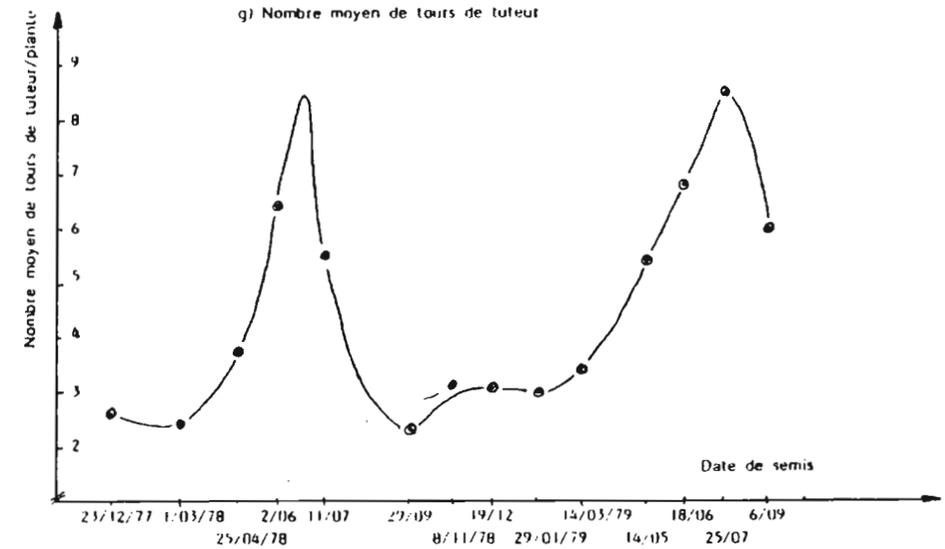
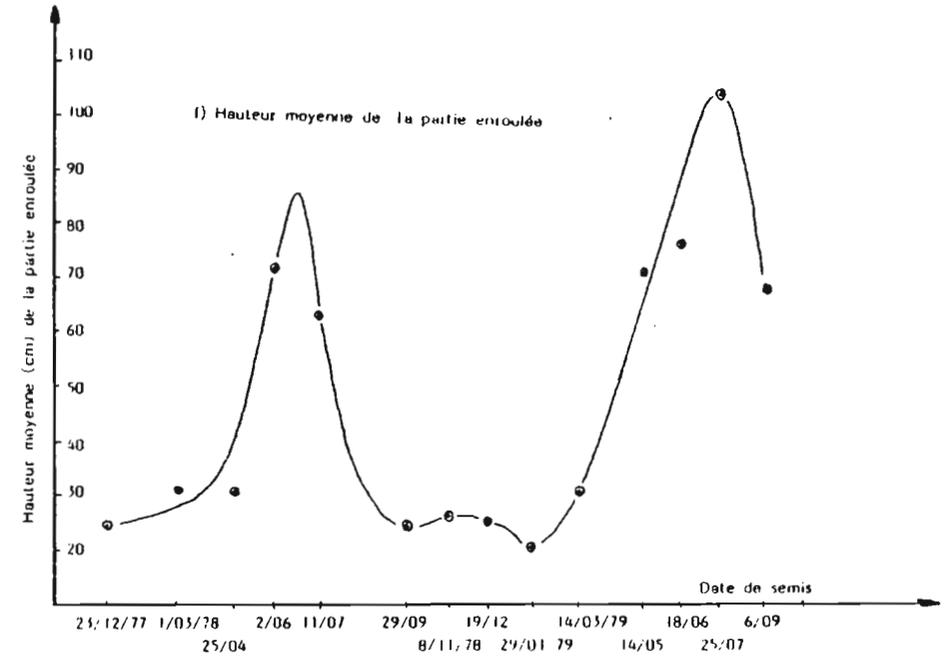
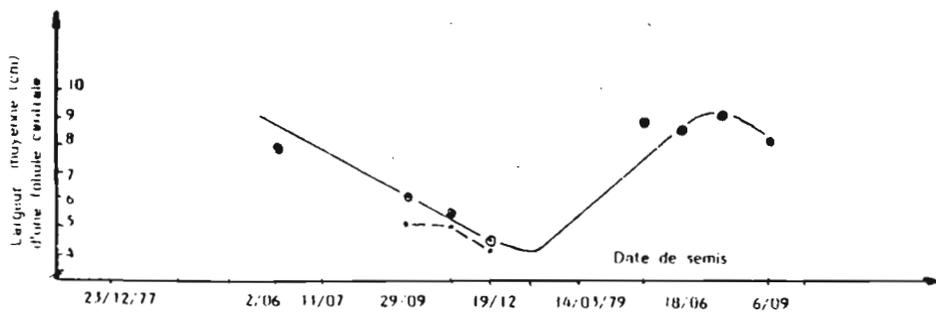
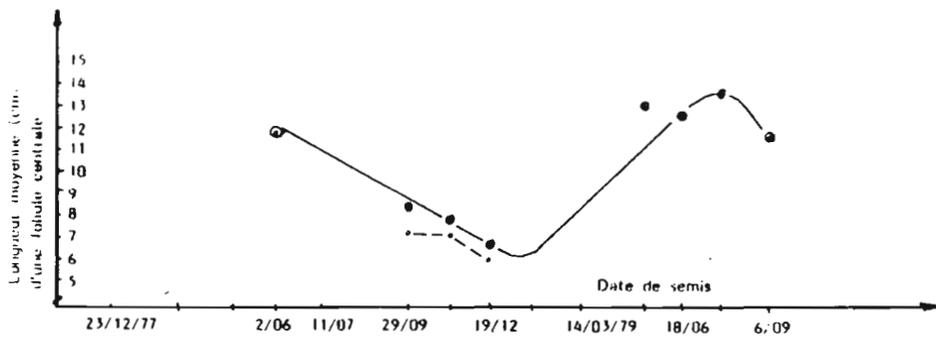
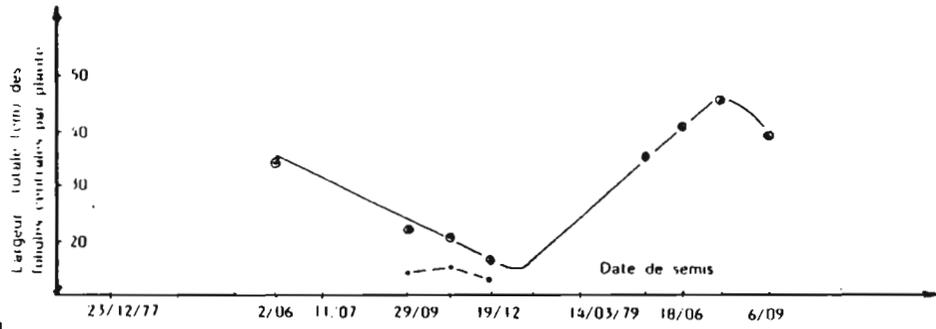
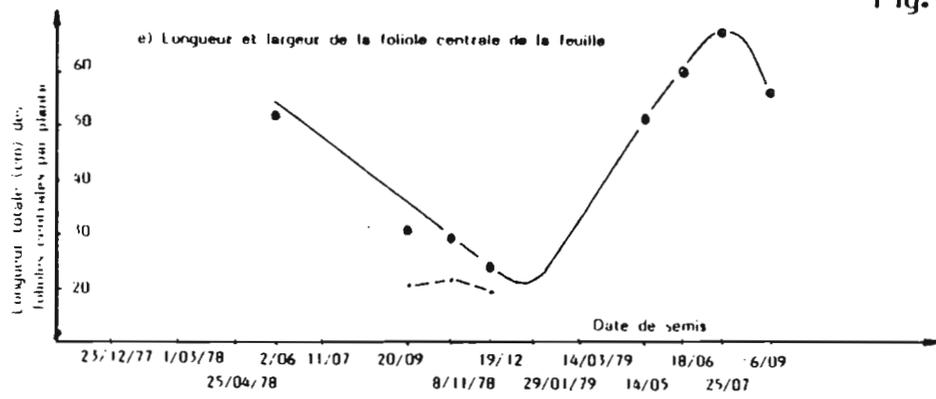


Fig. 23 - Caractères de *Phaseolus Vulgaris*, var. Mangetout Princesse, à la serre, en fonction de la date de semis. (Suite et fin).



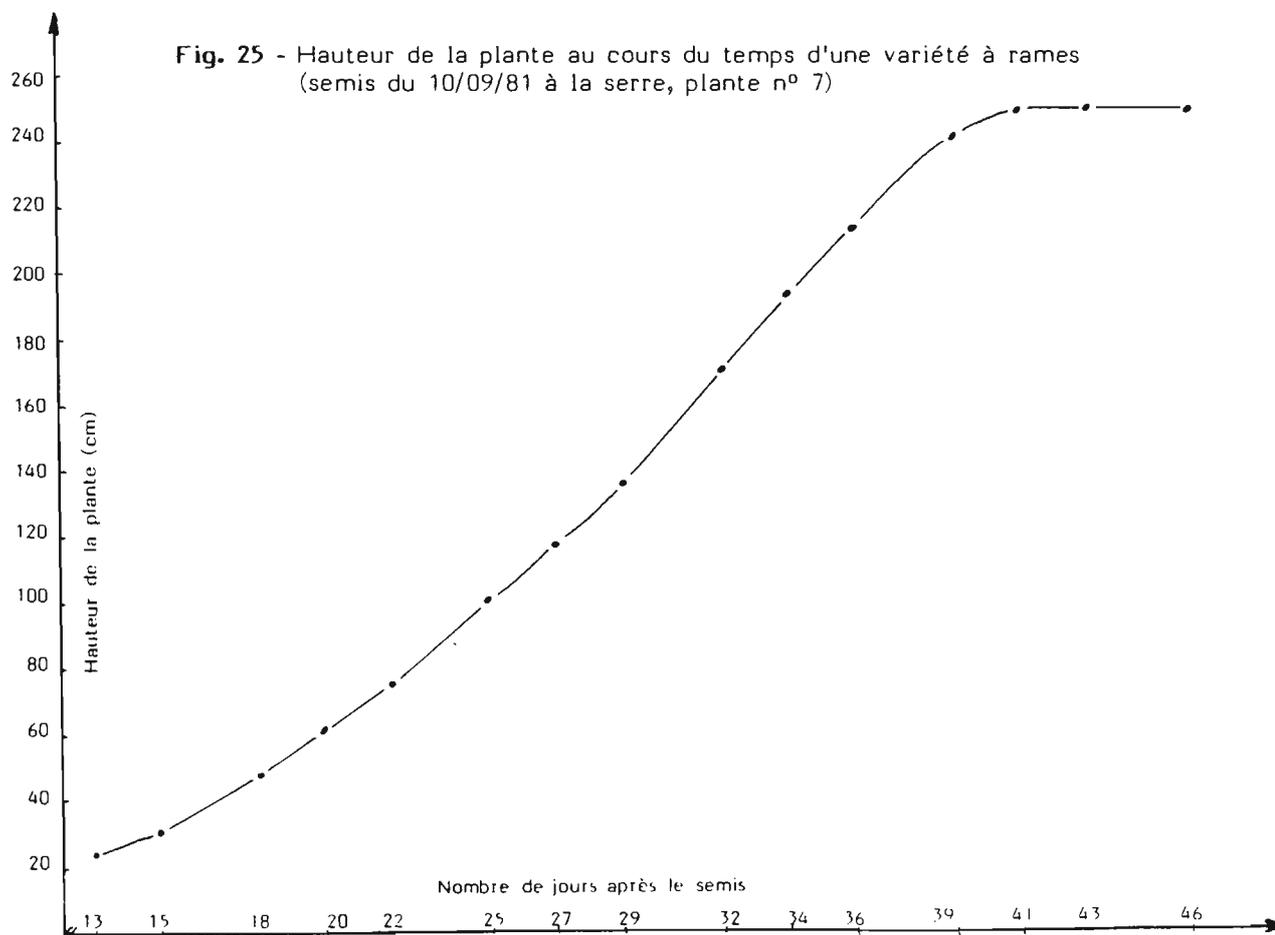
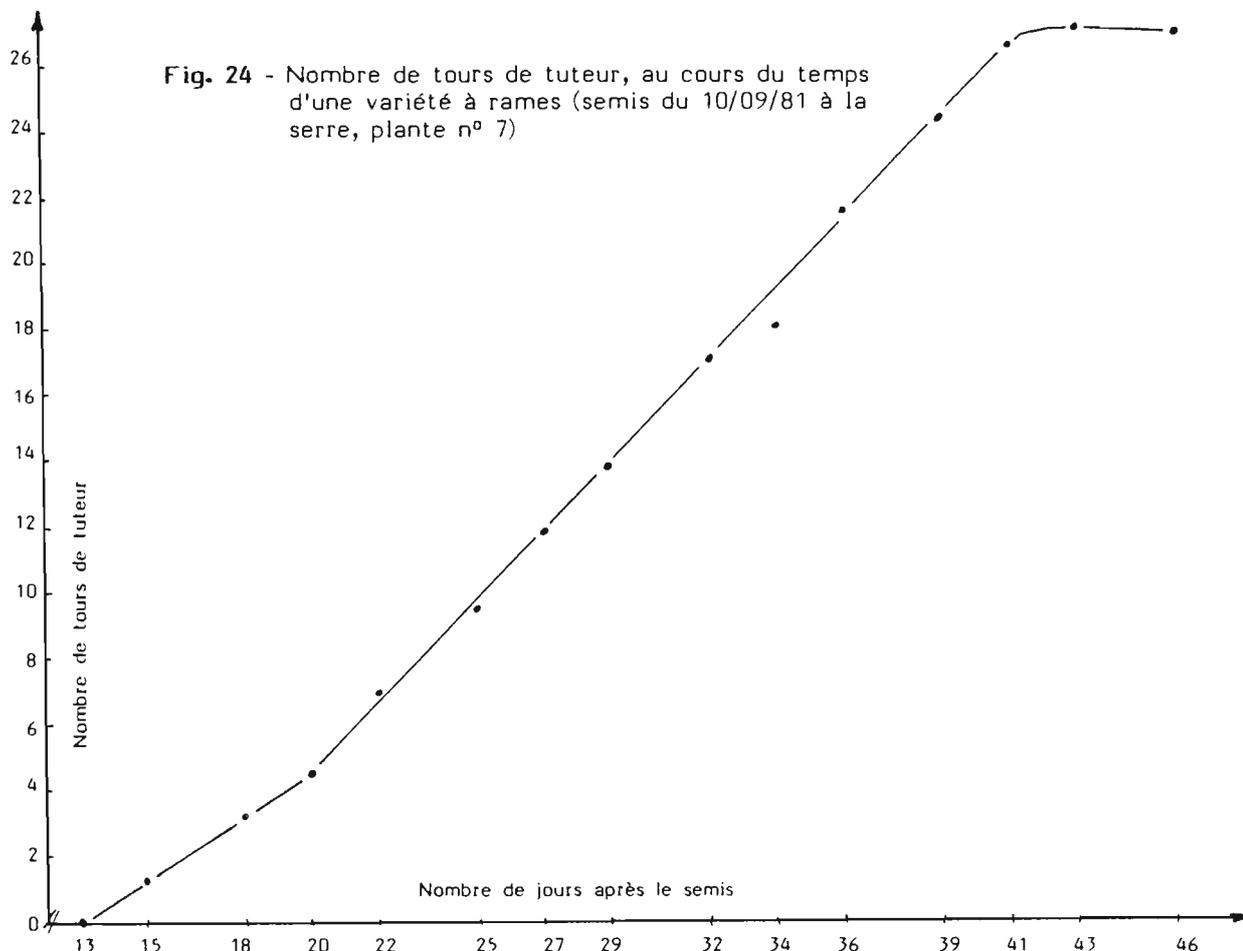


Fig. 26 - Relation entre la hauteur de la plante et le nombre de tours de tuteur chez une variété à rames (semis du 10/09/81 à la serre, plante n° 7)

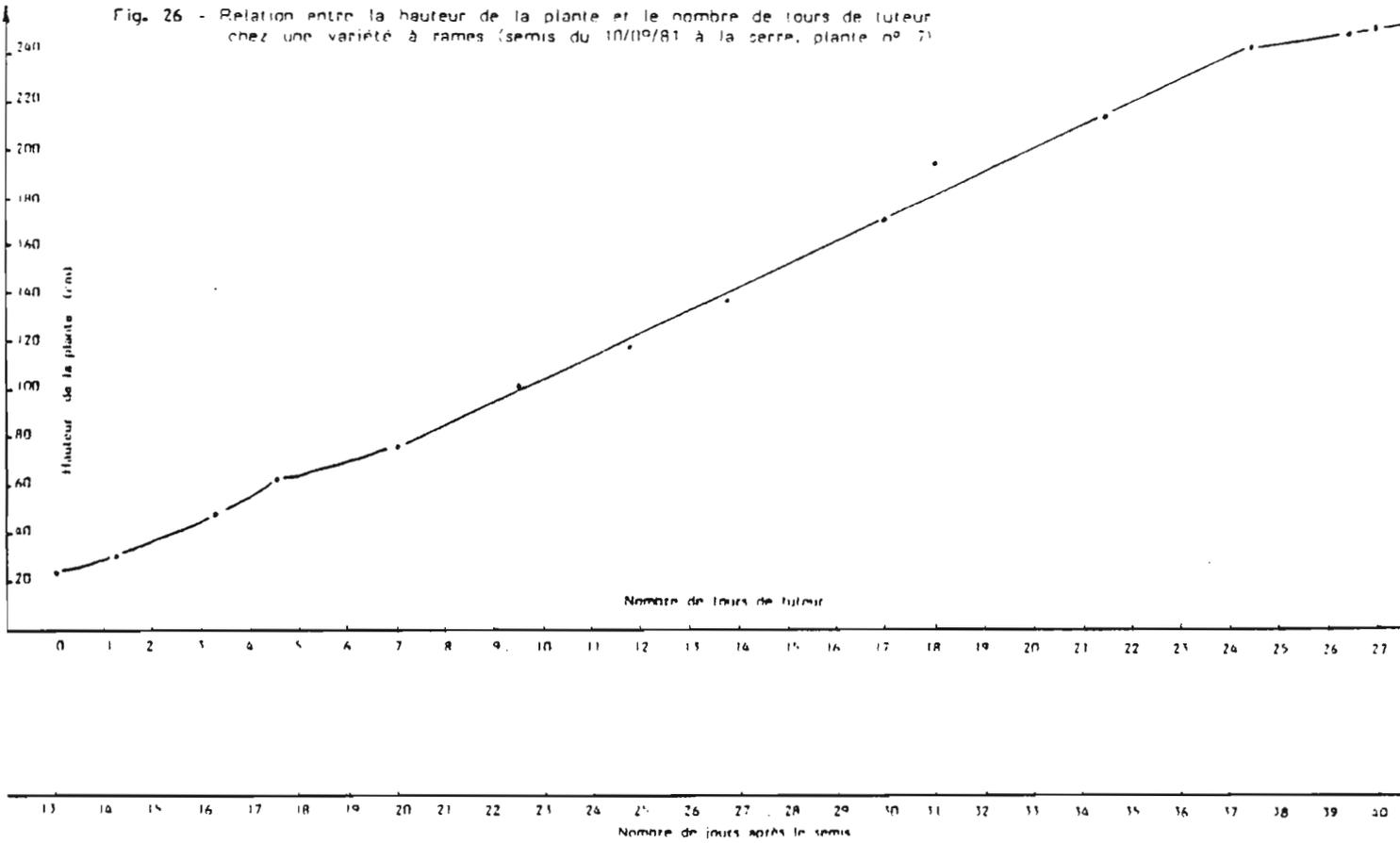


Fig. 27 - Nombre de feuilles trifoliolées au cours du temps chez une variété à rames (semis du 10/09/81, à la serre, plante n° 7)

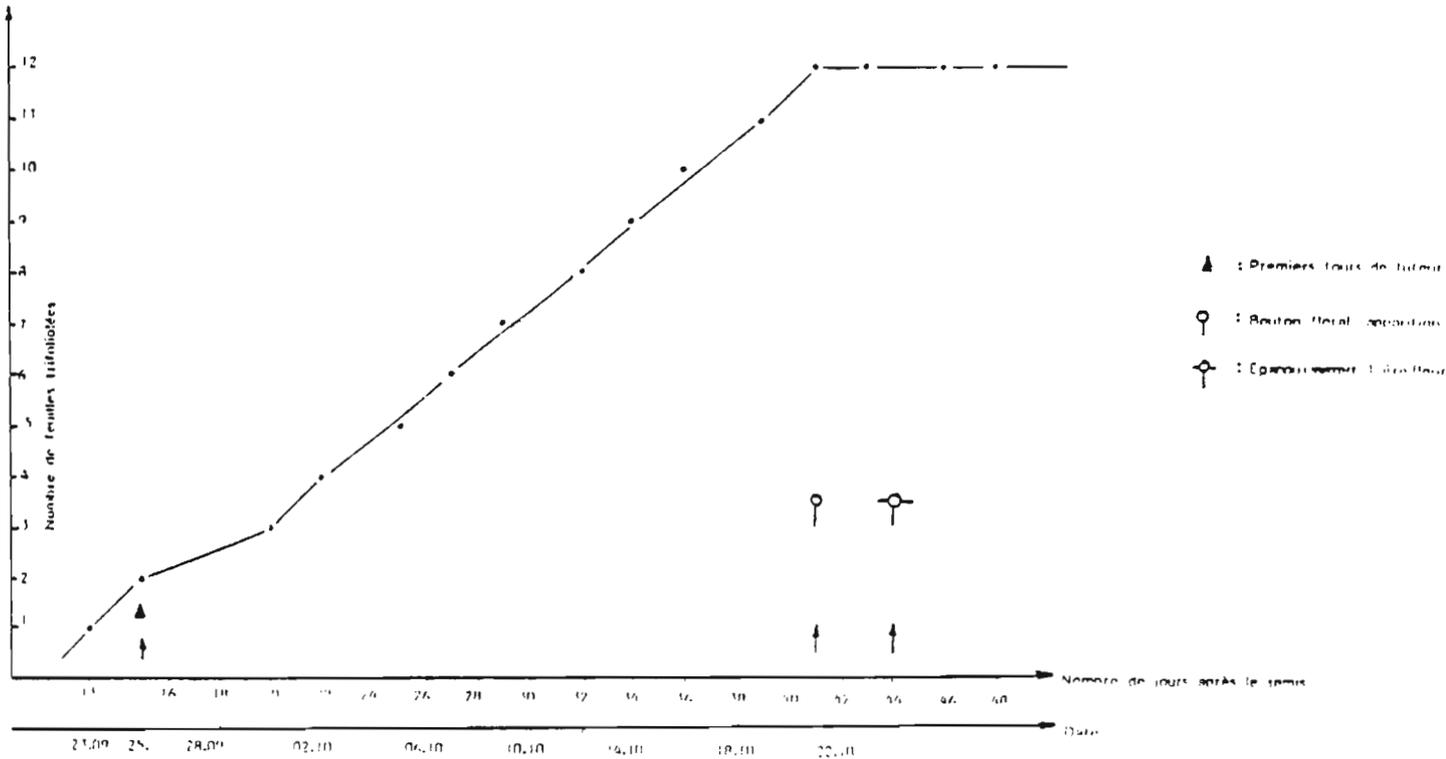


Fig. 28 - Relation entre la hauteur de la plante en début d'enroulement et le nombre de tours de tuteur (coordonnées semi-logarithmiques).

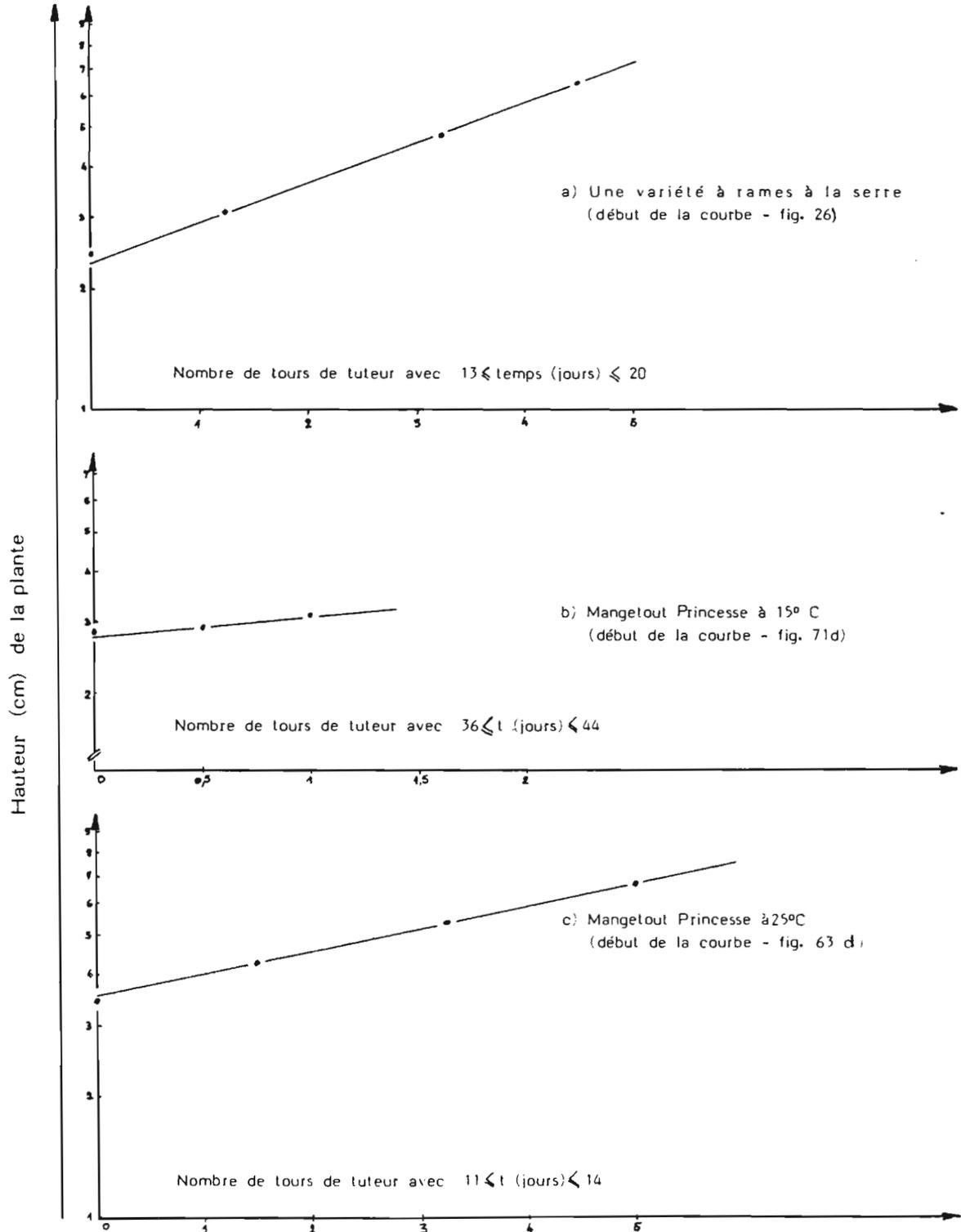


Fig. 29 - Relations géométriques entre le tuteur et le contour de la plante.



Fig. 29a - Demi-ellipse (ou ellipse) d'enroulement dans le plan P, incliné d'un angle i sur le plan horizontal H.

Fig. 29b - Construction d'une ellipse et ses rapports avec la demi-ellipse d'enroulement.

- Rappel de la construction d'une ellipse.

Tracer 2 cercles concentriques de centre O et de rayon a et b, puis un rayon issu du centre commun O faisant un angle θ avec l'axe des abscisses et coupant les cercles en A et B. La verticale de A et l'horizontale de B se coupent en un point T dont les coordonnées vérifient l'équation d'une ellipse. En effet $x = a \cos \theta$ et $y = b \sin \theta$

soit $\frac{x}{a} = \cos \theta$ et $\frac{y}{b} = \sin \theta$

Comme $\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$, nous avons $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, équation d'une ellipse. Quand θ de 0 à 360°, T décrit l'ellipse.

- Rapport avec la demi-ellipse d'enroulement.

Transposée dans le plan P (fig. 29a), cette construction montre que la demi-ellipse d'enroulement est tangente intérieurement au cercle de rayon a et extérieurement au cercle de rayon b. L'intersection du plan H', parallèle au plan H et passant par le centre de l'ellipse d'enroulement, avec le plan P est une droite dont une portion se confond avec un diamètre du tuteur ; à partir de ce diamètre, on peut tracer dans le plan P le cercle de rayon b, rayon du tuteur et demi-petit axe de l'ellipse, concentrique au cercle de rayon a, demi-grand axe de l'ellipse. On retrouve ainsi dans le plan P, la fig. 29b. a et b sont ainsi respectivement demi-grand axe et demi-petit axe de la demi-ellipse (ou ellipse) d'enroulement.

Fig. 29c - Caractéristiques de la demi-ellipse d'enroulement.

Données. Par construction, nous avons :

O = milieu de AB

AB = 2a = grand axe de l'ellipse d'enroulement

BC = 2b = petit axe de l'ellipse d'enroulement (= diamètre du tuteur)

OO' = parallèle à BC d'où $OO' = \frac{BC}{2}$ (Théorème de Thalès car O = milieu de AB)

$$\frac{AO}{AB} = \frac{AO'}{AC} = \frac{OO'}{BC} = \frac{1}{2} \quad (\text{ABC et AOO}' = 2 \text{ triangles rectangles semblables})$$

Relations.

• $AB^2 = AC^2 + BC^2$ (Théorème de Pythagore) d'où : $(2a)^2 = (\lambda/2)^2 + (2b)^2$
 Connaissant $\lambda/2$ et $2b$, on en déduit $2a$.

• $a^2 = b^2 + c^2$. Dans une ellipse, l'abscisse c du foyer est déterminée par la relation $a^2 = b^2 + c^2$ d'où c lorsque l'on connaît a et b.

En outre, dans le triangle rectangle AOO', nous avons $a^2 = b^2 + (\lambda/4)^2$ (Théorème de Pythagore). Donc ici $c = \lambda/4$.

• $e = \frac{c}{a}$ où e = excentricité de l'ellipse. Cette relation devient alors :

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\lambda/4}{a} = \frac{AO'}{AO} = \frac{2AO'}{2AO} = \frac{AC}{AB} = \sin \widehat{ABC} = \sin(i) \quad \text{d'où } \boxed{e = \sin(i)}$$

L'excentricité e de l'ellipse est égale au sinus de l'angle que fait le plan P de l'ellipse avec le plan horizontal H.

NOTA : Dans ces relations, nous n'avons pas tenu compte de l'épaisseur de la tige considérée comme immatérielle. Dans les calculs pratiques, nous en tenons compte.

Fig. 29 - Relations géométriques entre le tuteur et le contour de la plante.

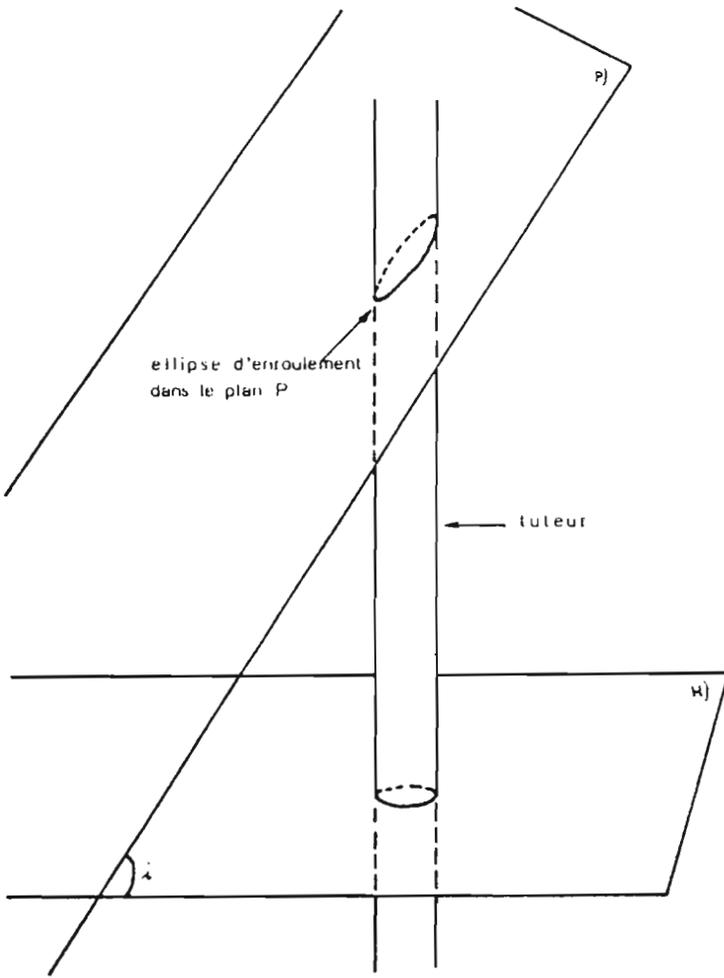


Fig. 29a - Demi-ellipse d'enroulement.

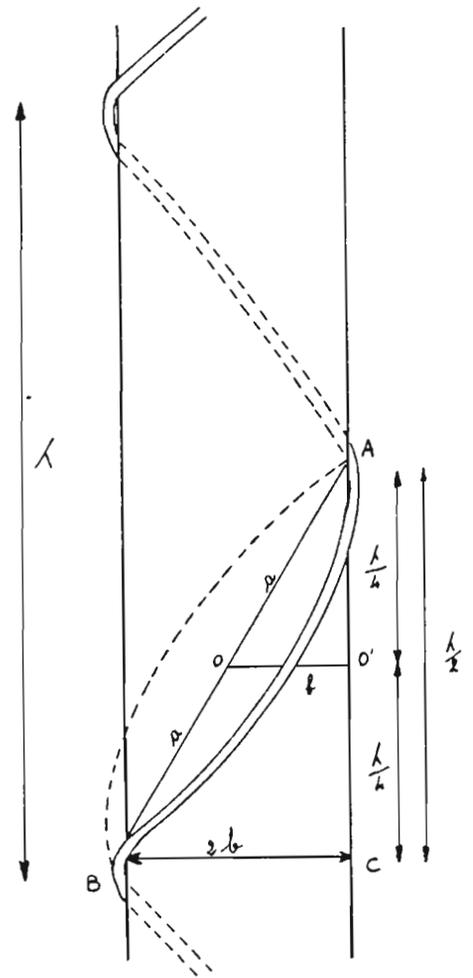


Fig. 29c - Relations trigonométriques caractérisant la demi-ellipse (ou l'ellipse) d'enroulement.

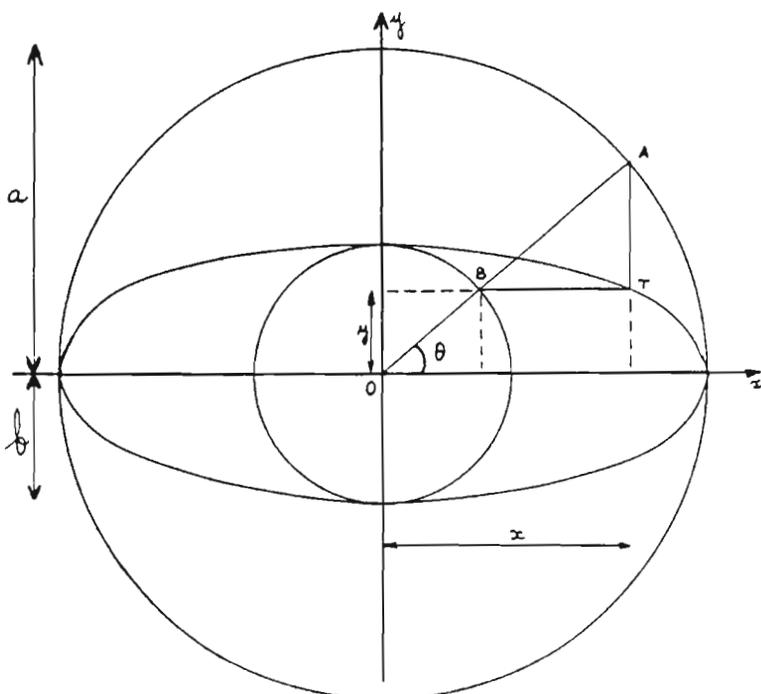


Fig. 29b - L'ellipse d'enroulement tangente à deux cercles.

Fig. 30 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, à la serre (semis du 26/01/81, plante n° 7)

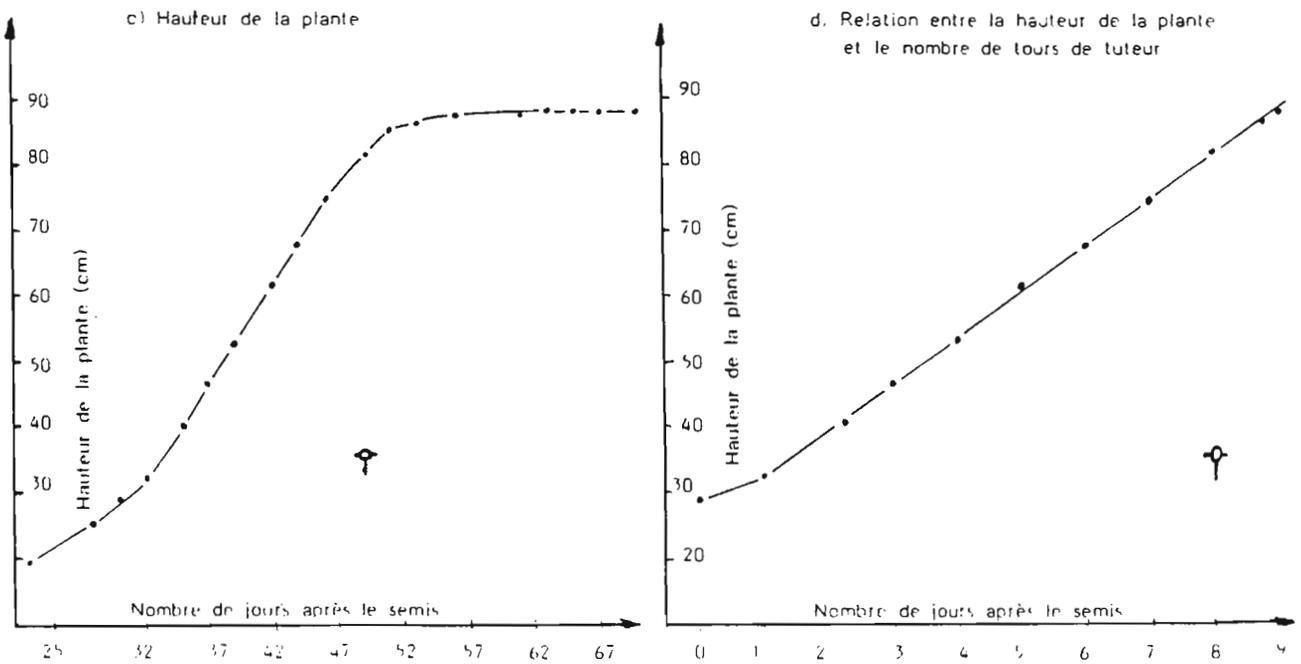
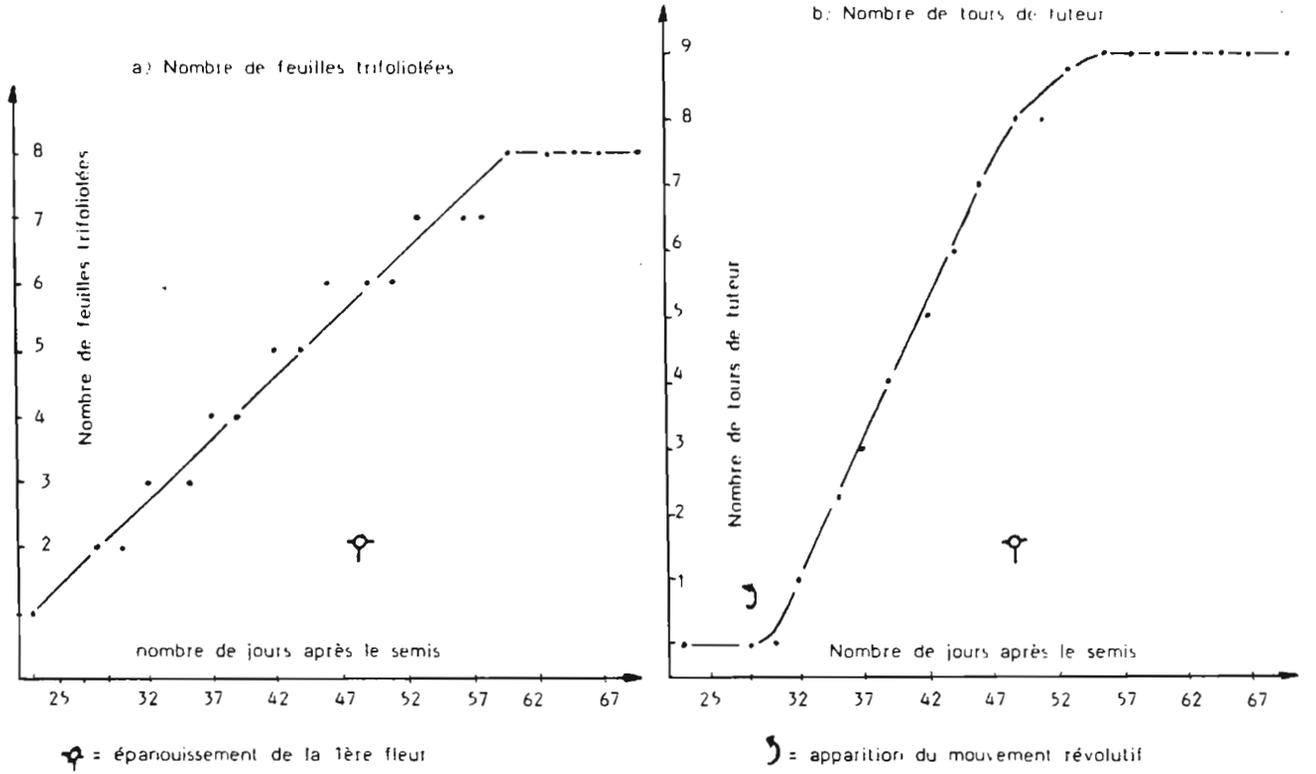


Fig. 31 - Croissance et enroulement au cours du temps de coco à rames à la serre.
(Semis du 26/02/81, plante n° 12)

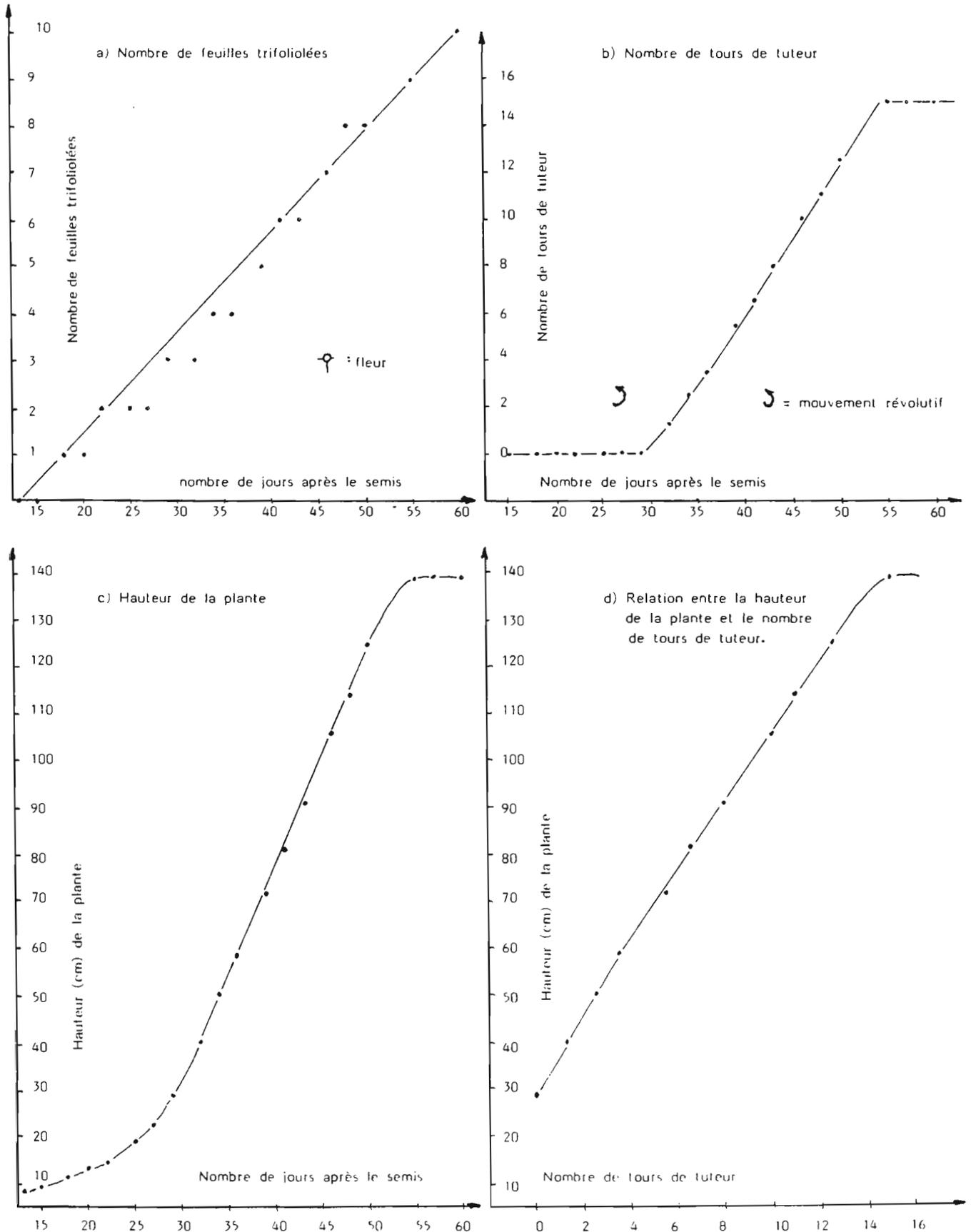


Fig. 32 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, à la serre (semis du 17/04/81, plante n° 10 : dépasse le tuteur 54 jours après le semis)

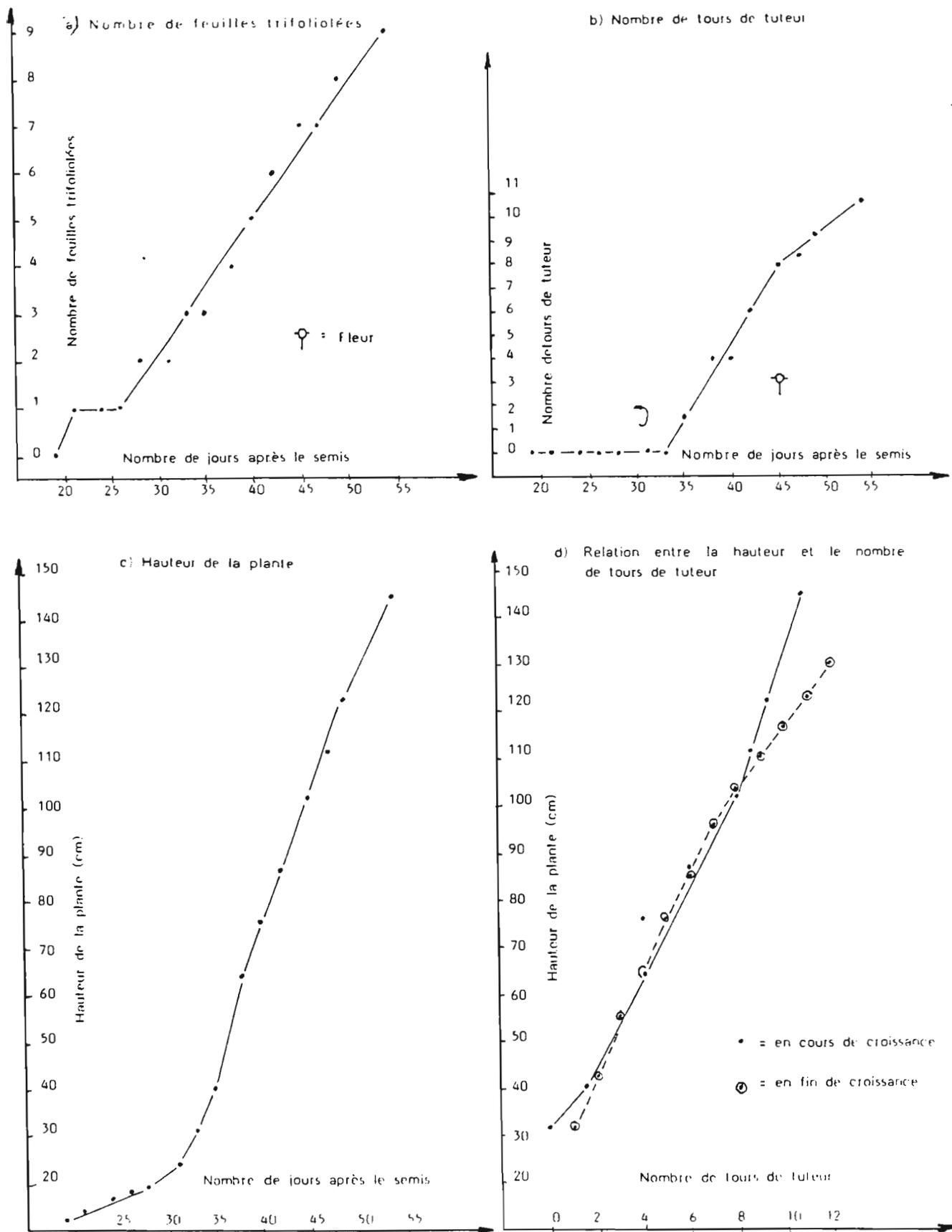


Fig. 33 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, à la serre (semis du 16/06/81, plante n° 5 : dépasse le tuteur 34 jours après le semis)

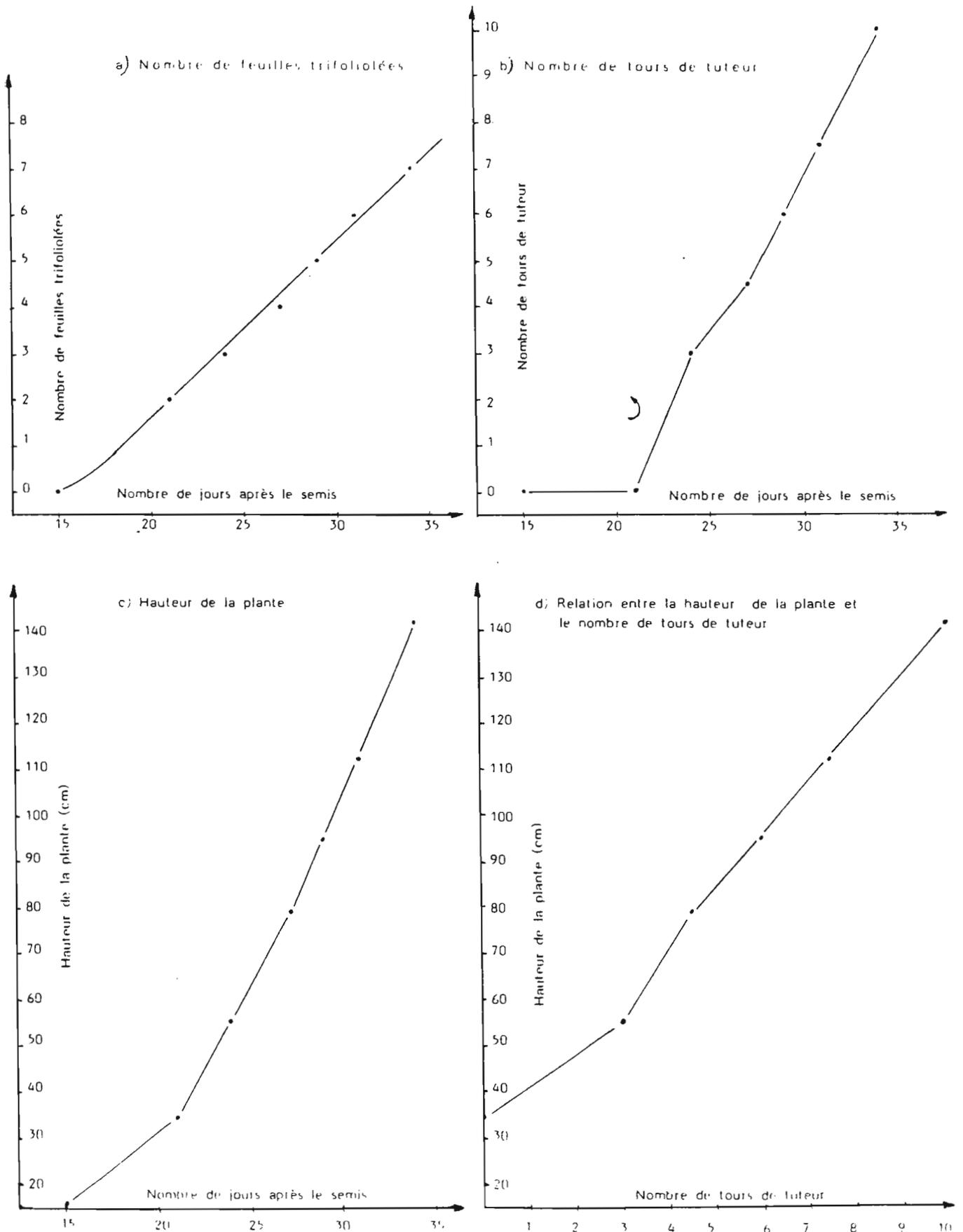


Fig. 34 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames à la serre (semis du 10/09/81, plante n° 11)

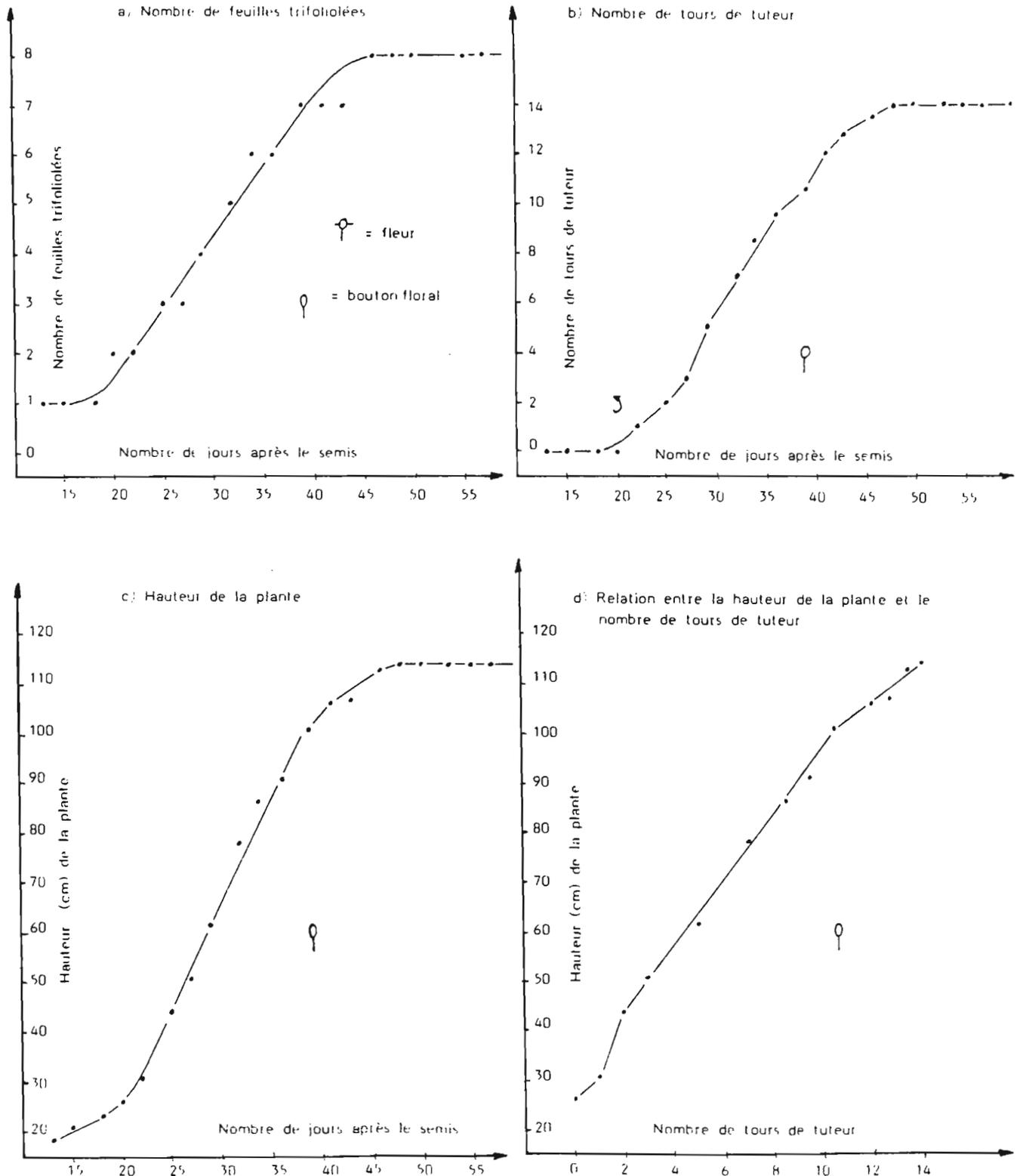
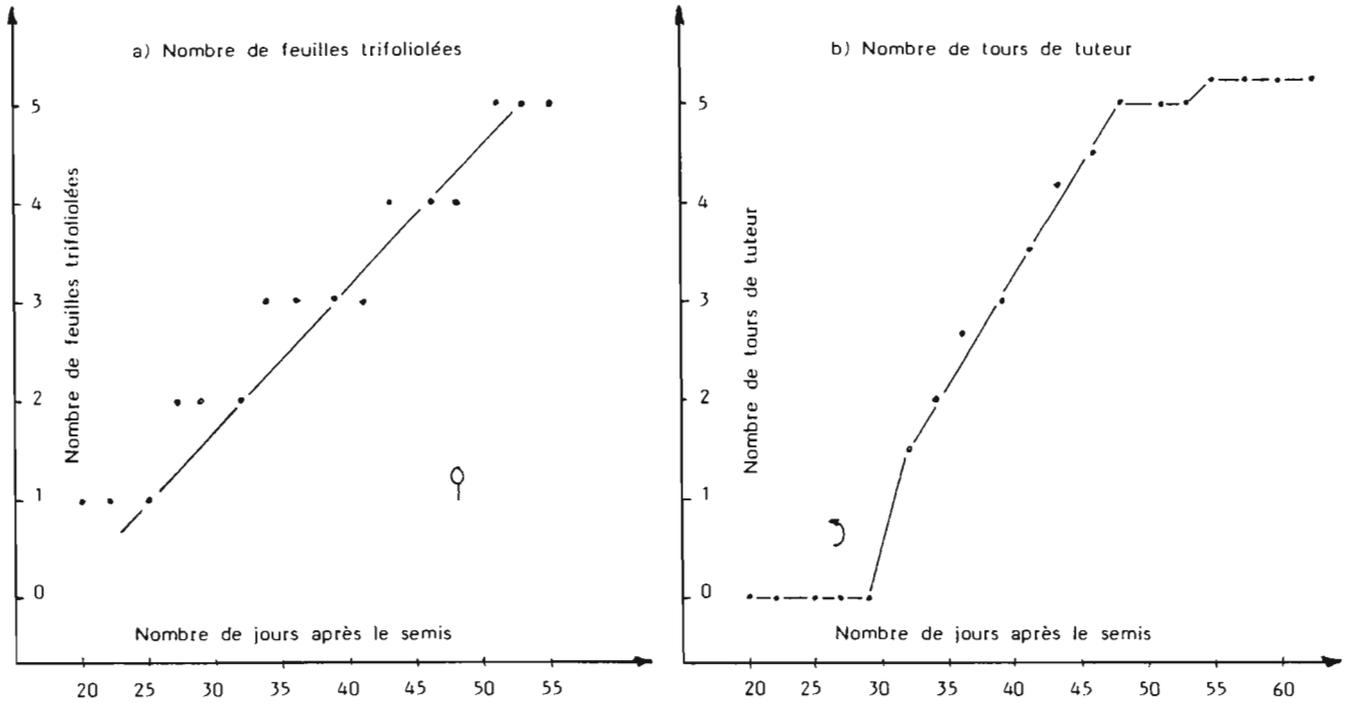


Fig. 35 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames à la serre (semis du 05/11/81, plante n° 3)



NOTA - La 6ème feuille trifoliolée s'est étalée le 18/01/82 (=74 jours après le semis), la hauteur (=53,5 cm) et le nombre de tours (=5 1/4) restent stationnaires.

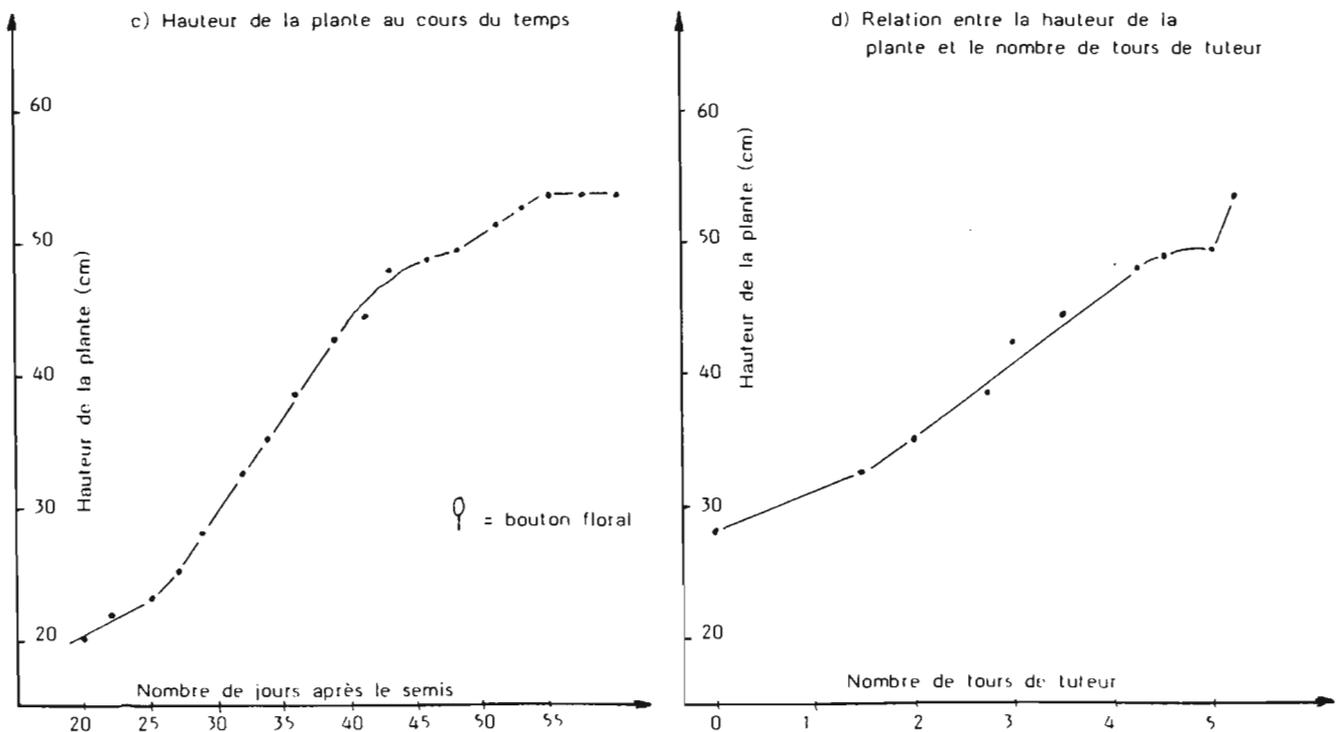


Fig. 36 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, à la serre (semis du 19/11/81, plante n° 8)

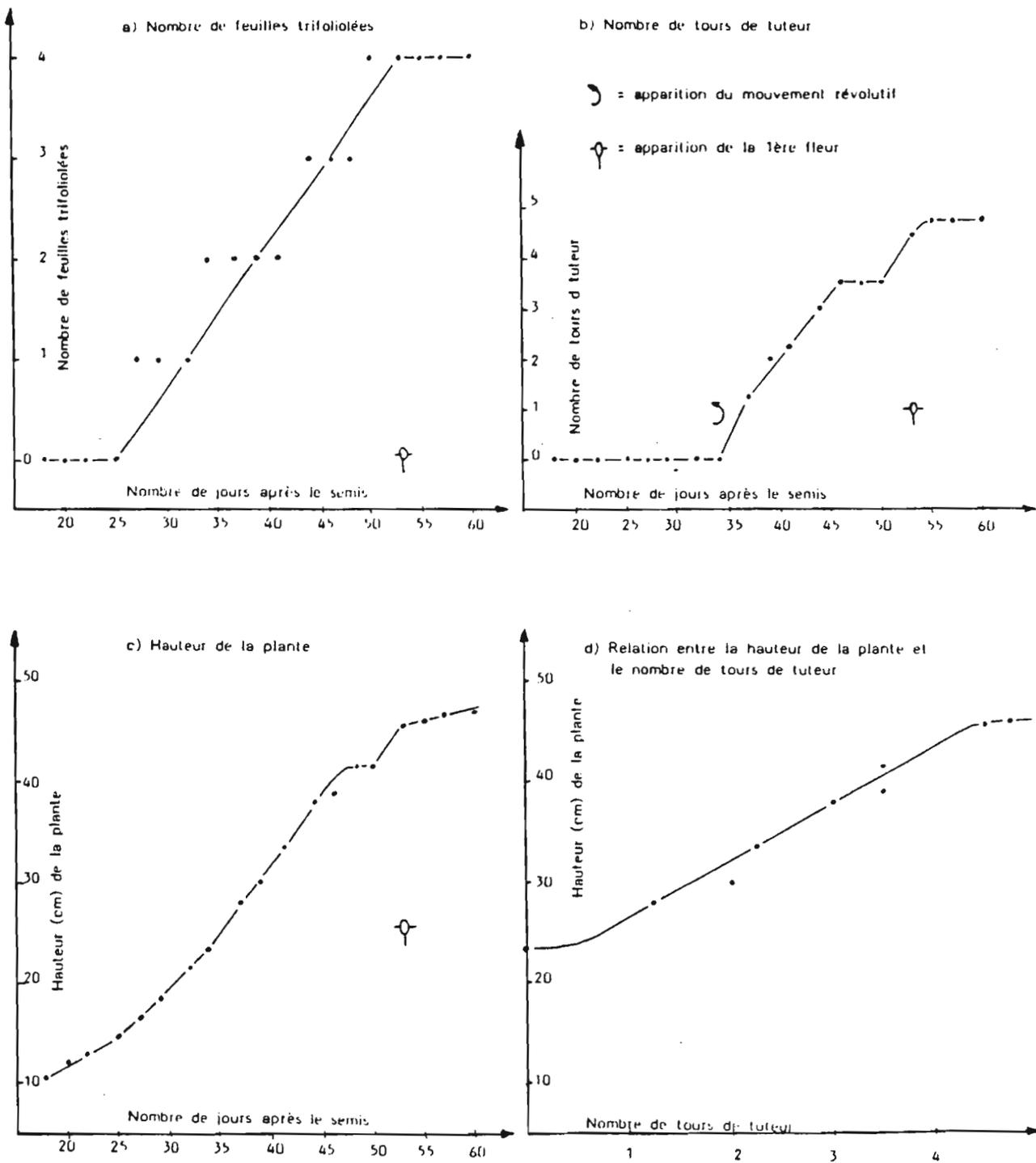
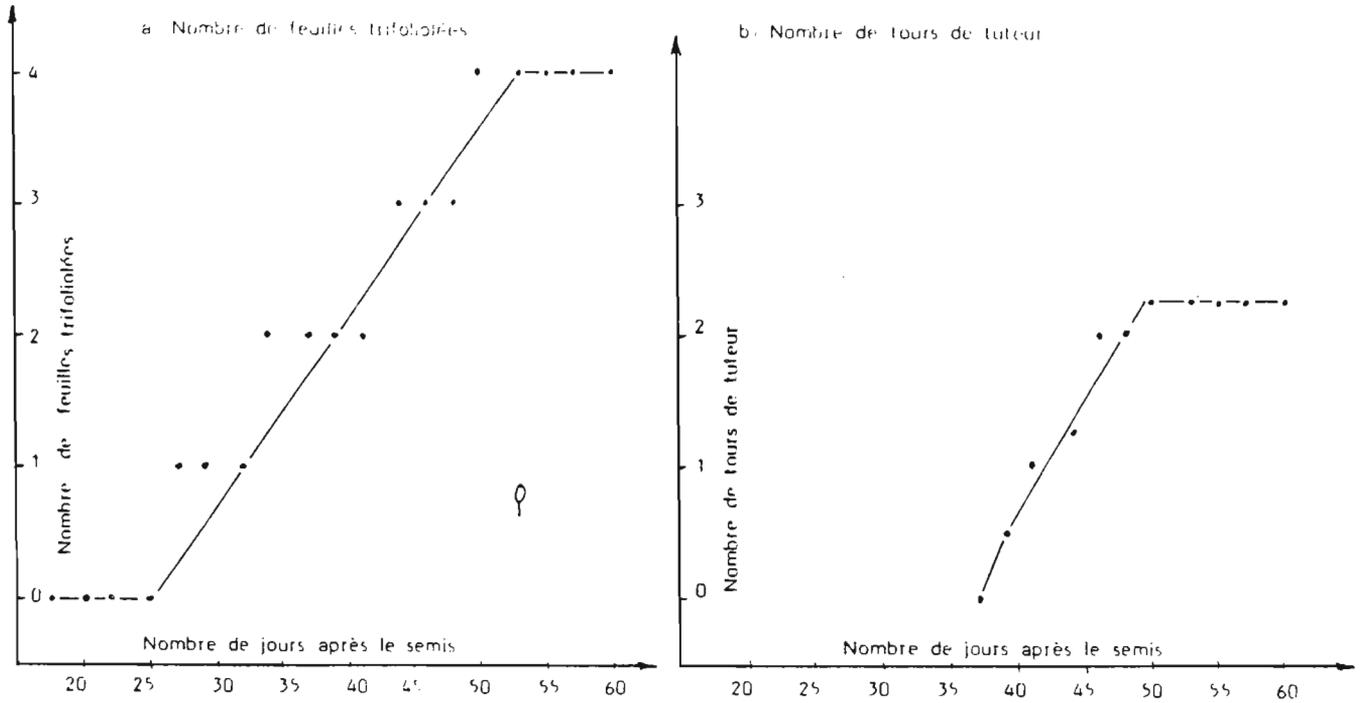


Fig. 37 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames à la serre (semis du 19/11/81, plante n° 7)



φ = apparition du 1er bouton final

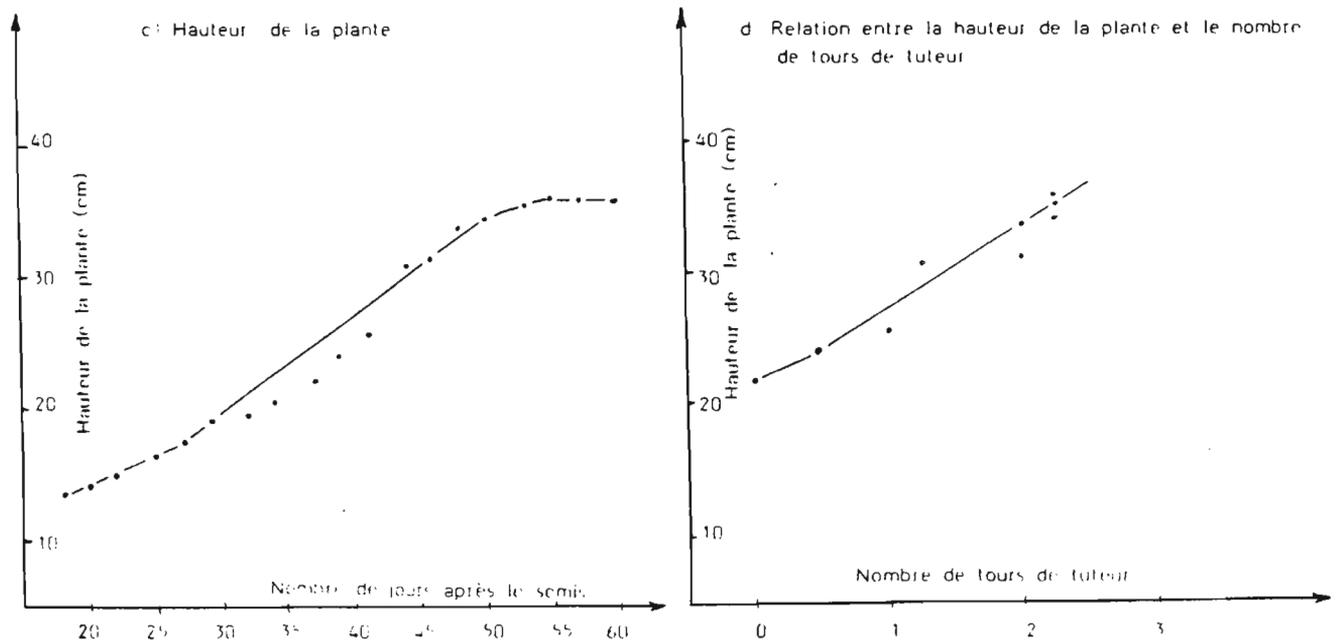


Fig. 38 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, à la serre (semis du 05/12/80, plante n° 7.2)

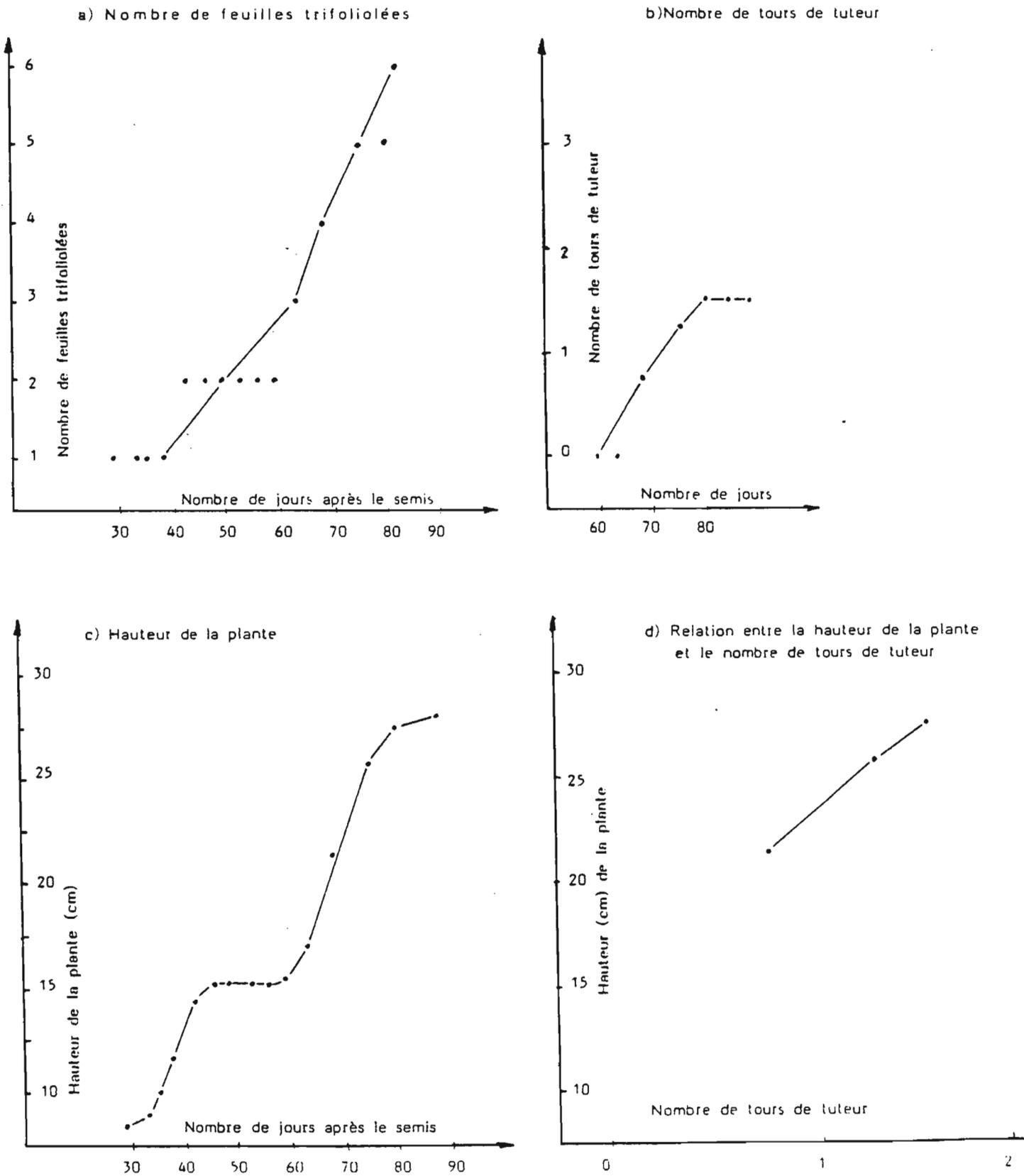


Fig. 39 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames à la serre (semis du 05/12/80, plante n° 7.3)

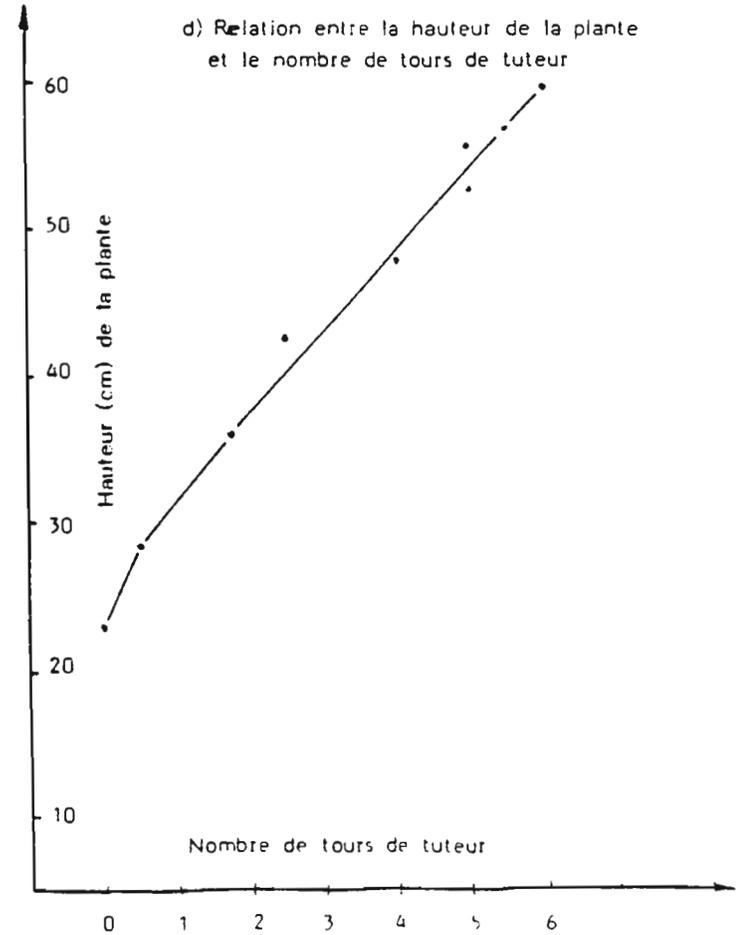
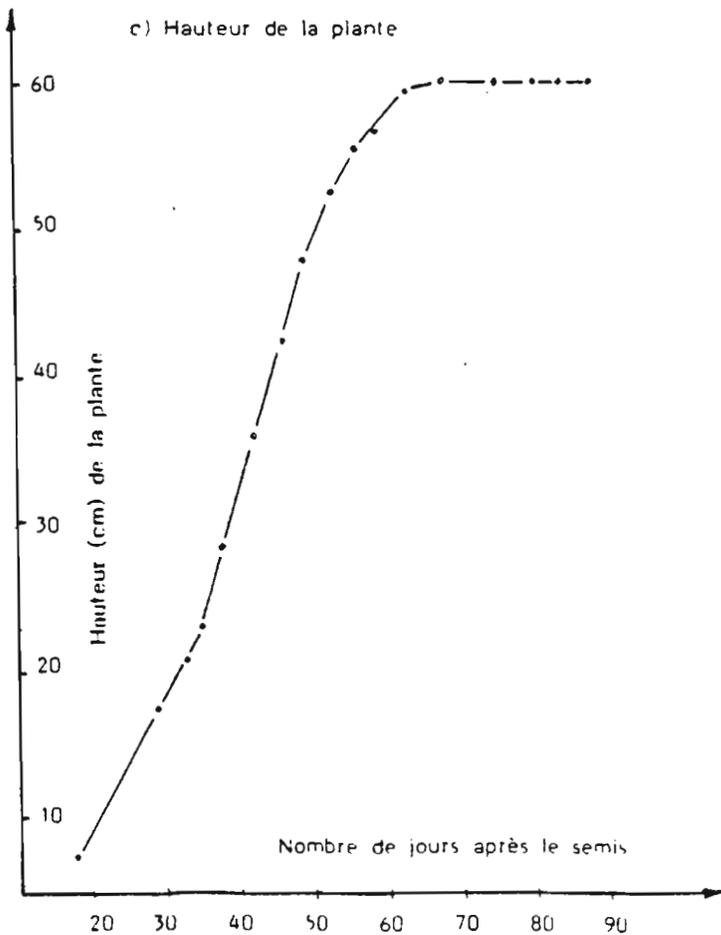
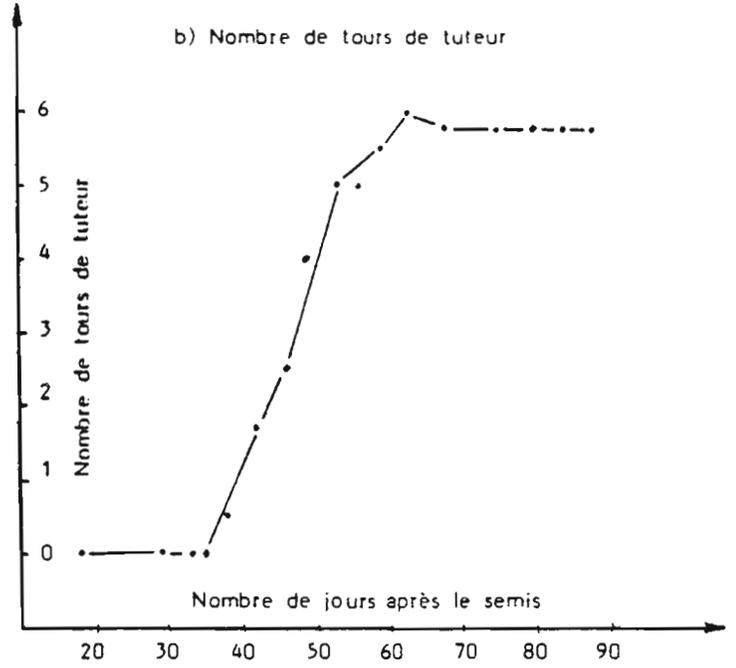
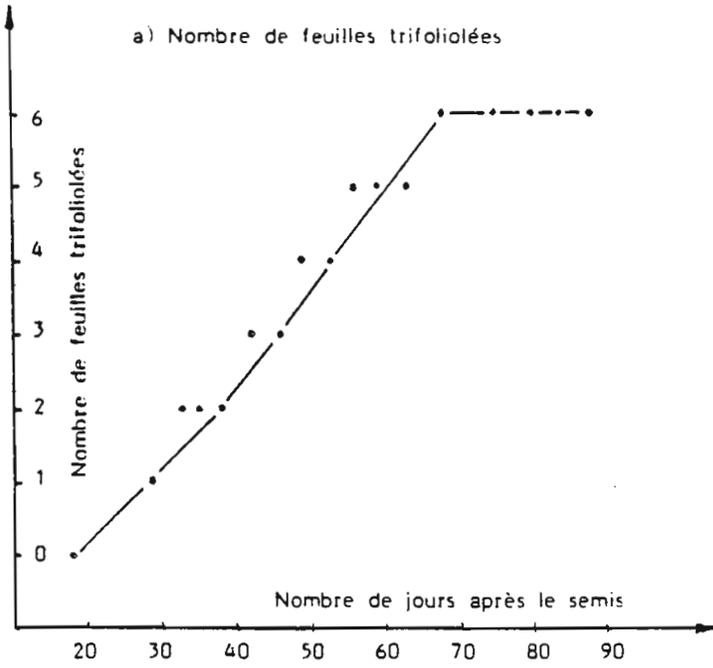


Fig. 40 - Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse volubile à la serre (semis du 05/12/80, plante n° 3.10)

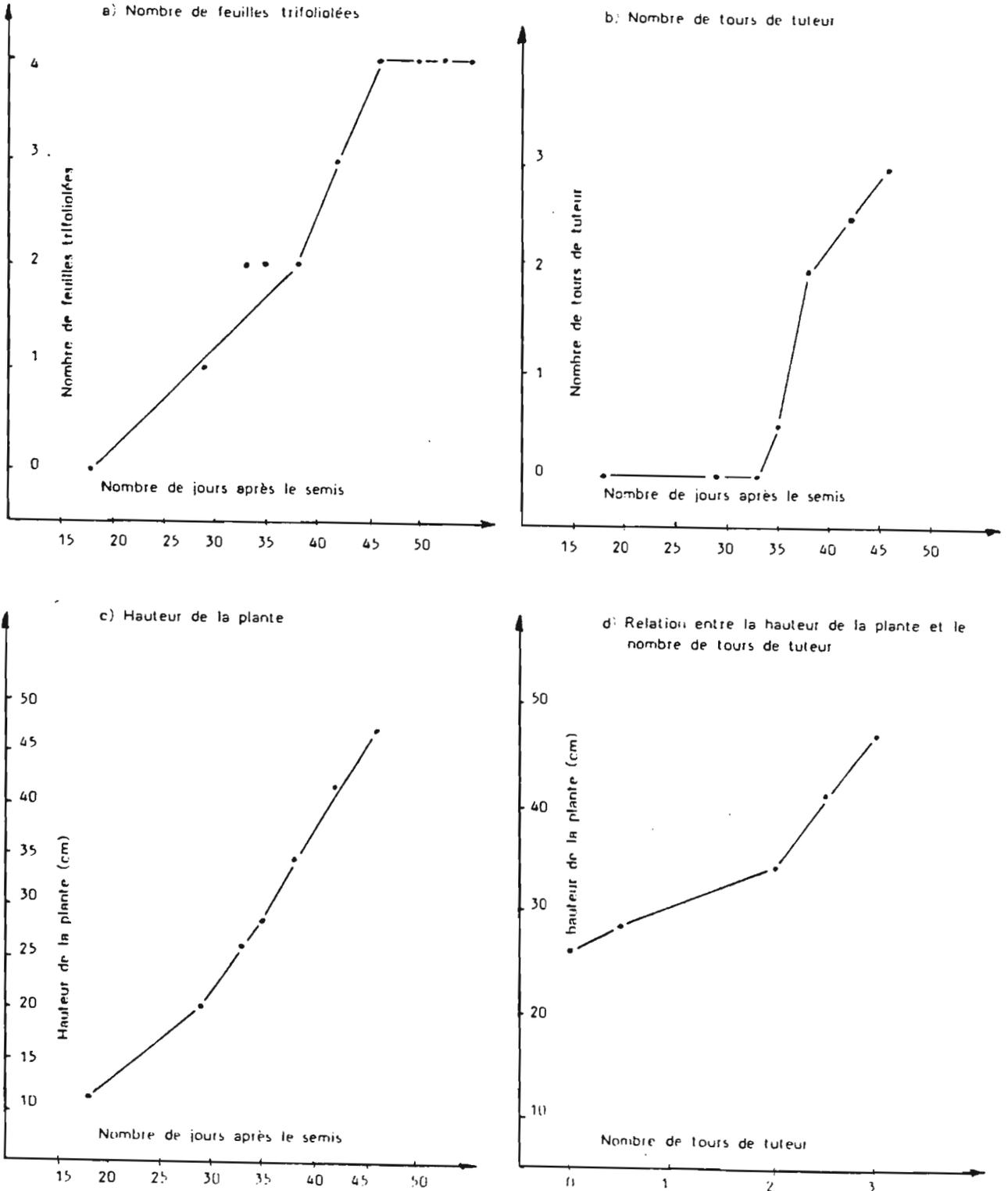


Fig. 41 - Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse, érigé à la serre (semis du 05/12/80, plante n° 1.8)

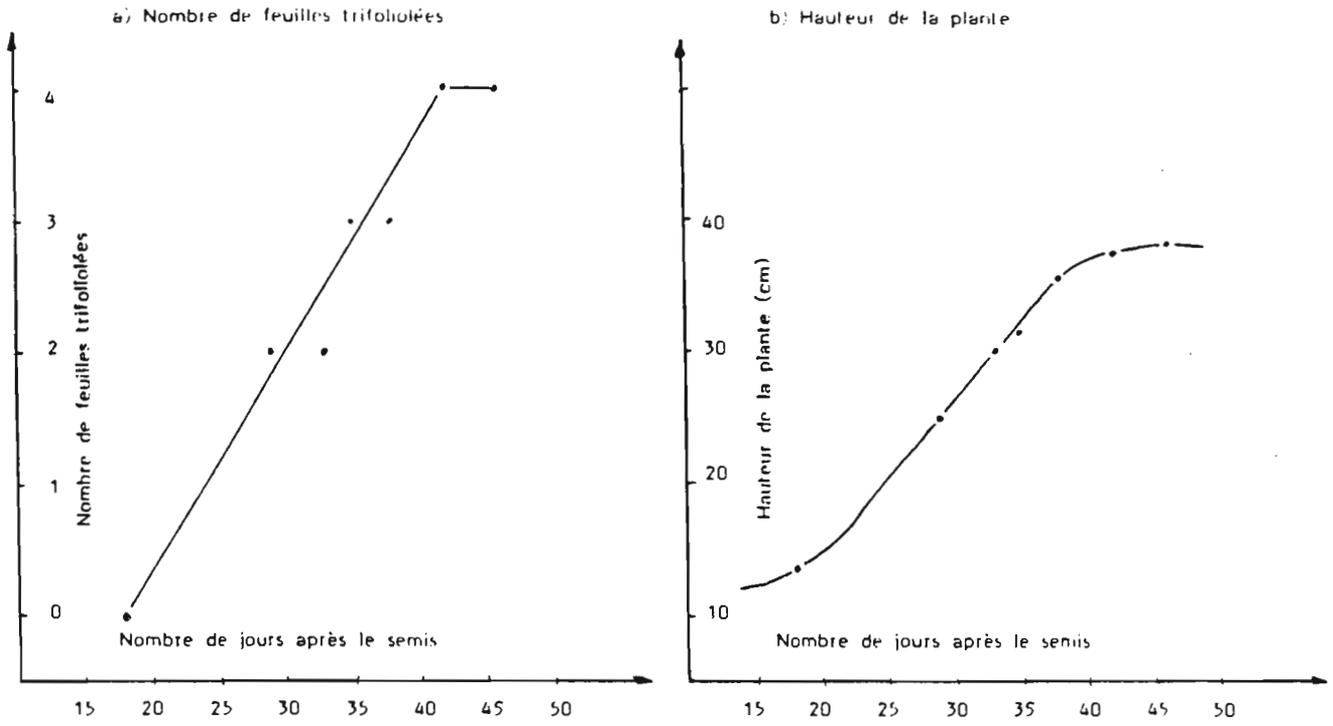


Fig. 42 - Croissance au cours du temps de Coco nain, érigé, à la serre (semis du 24/04/80, plante n° 3.2)

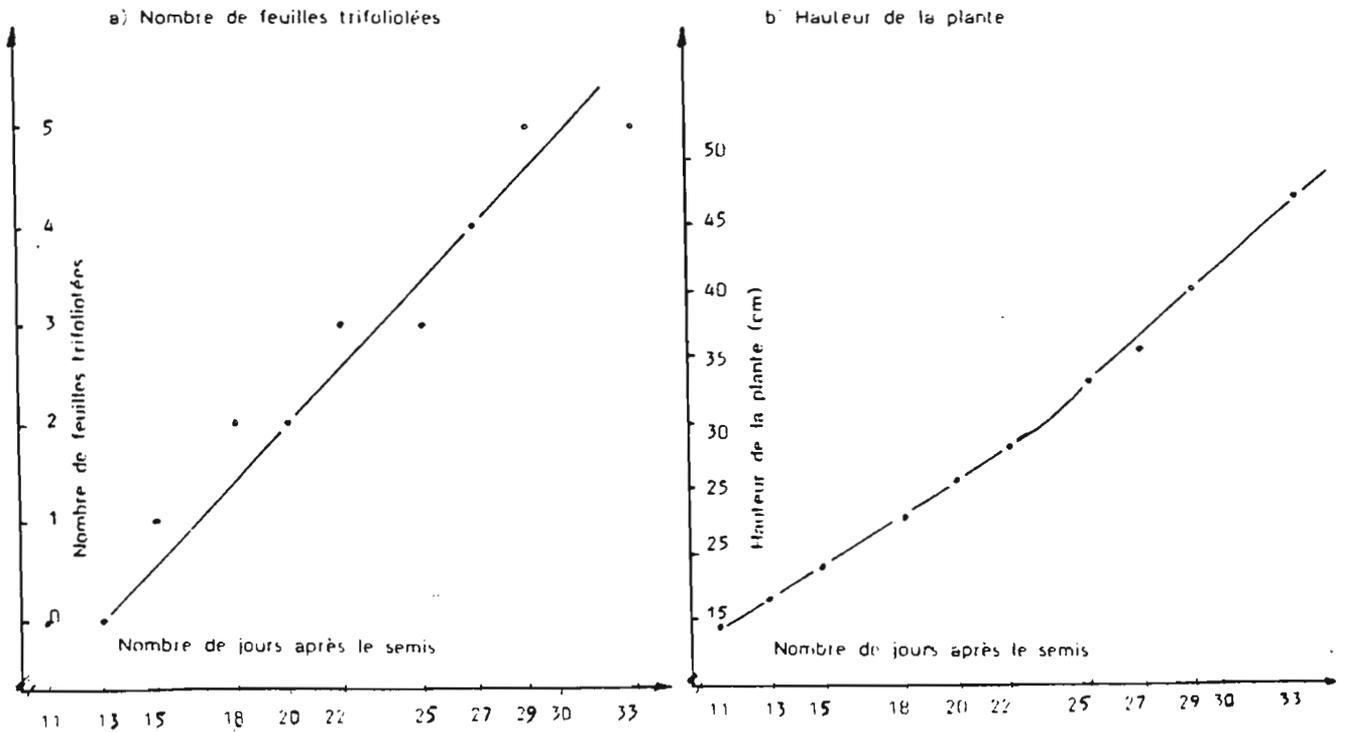


Fig. 43 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco nain volubile, à la serre (semis du 24.04.80, plante n° 3.10)

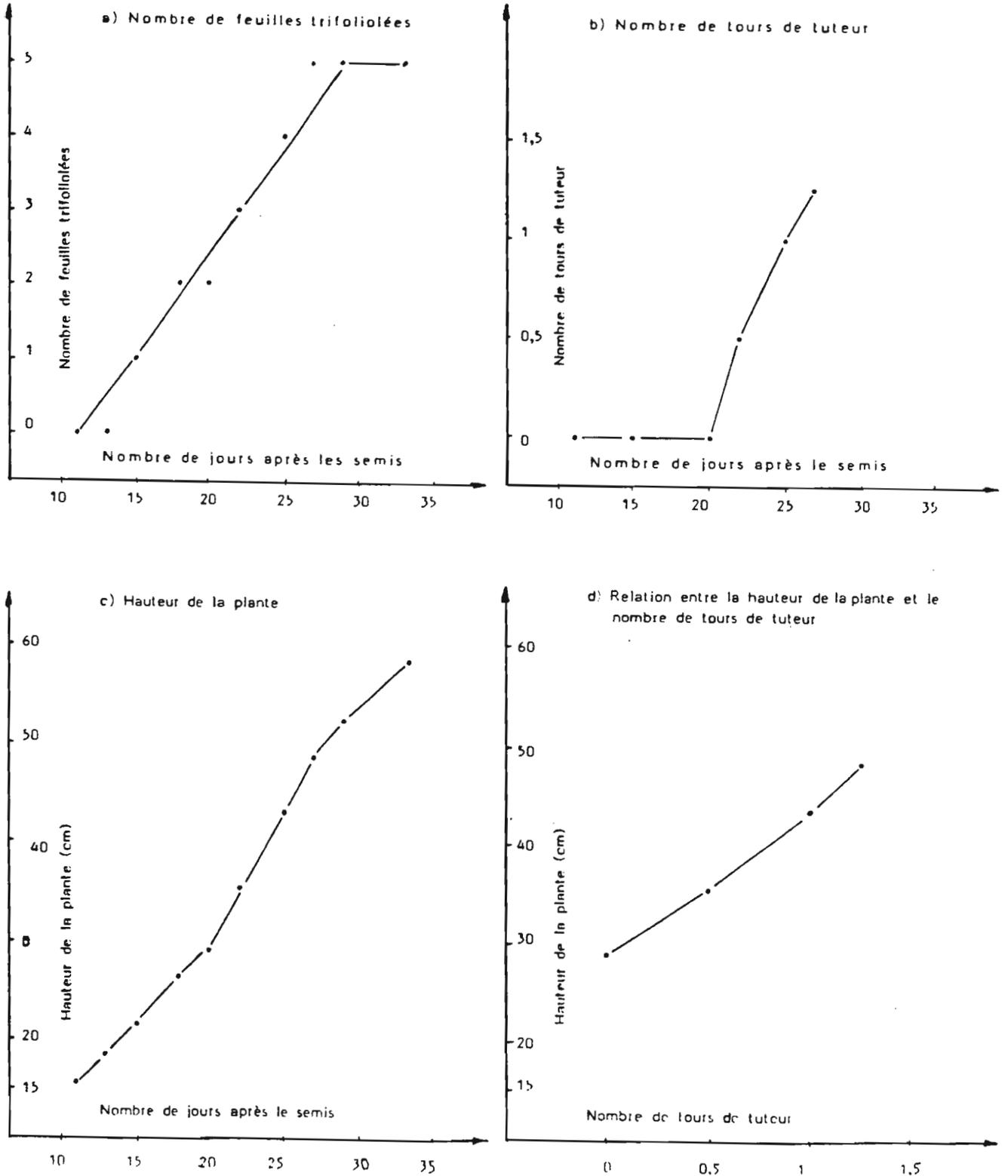


Fig. 44. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à la serre (semis du 24.04.80, plante n°3.9)

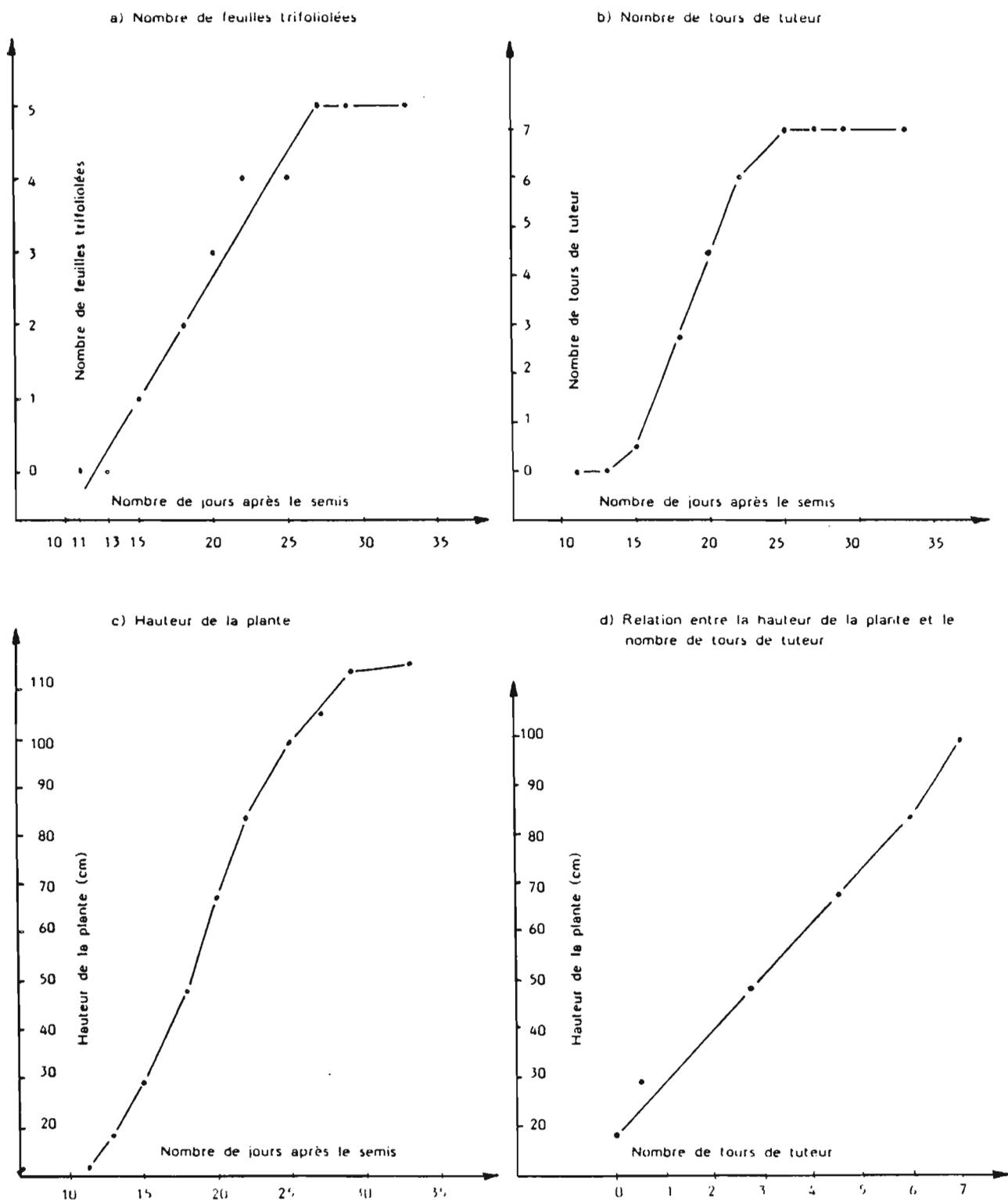


Fig. 45. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à la serre, semis du 31.05.80, objet 13 (= témoin à la serre), plante n°1.02

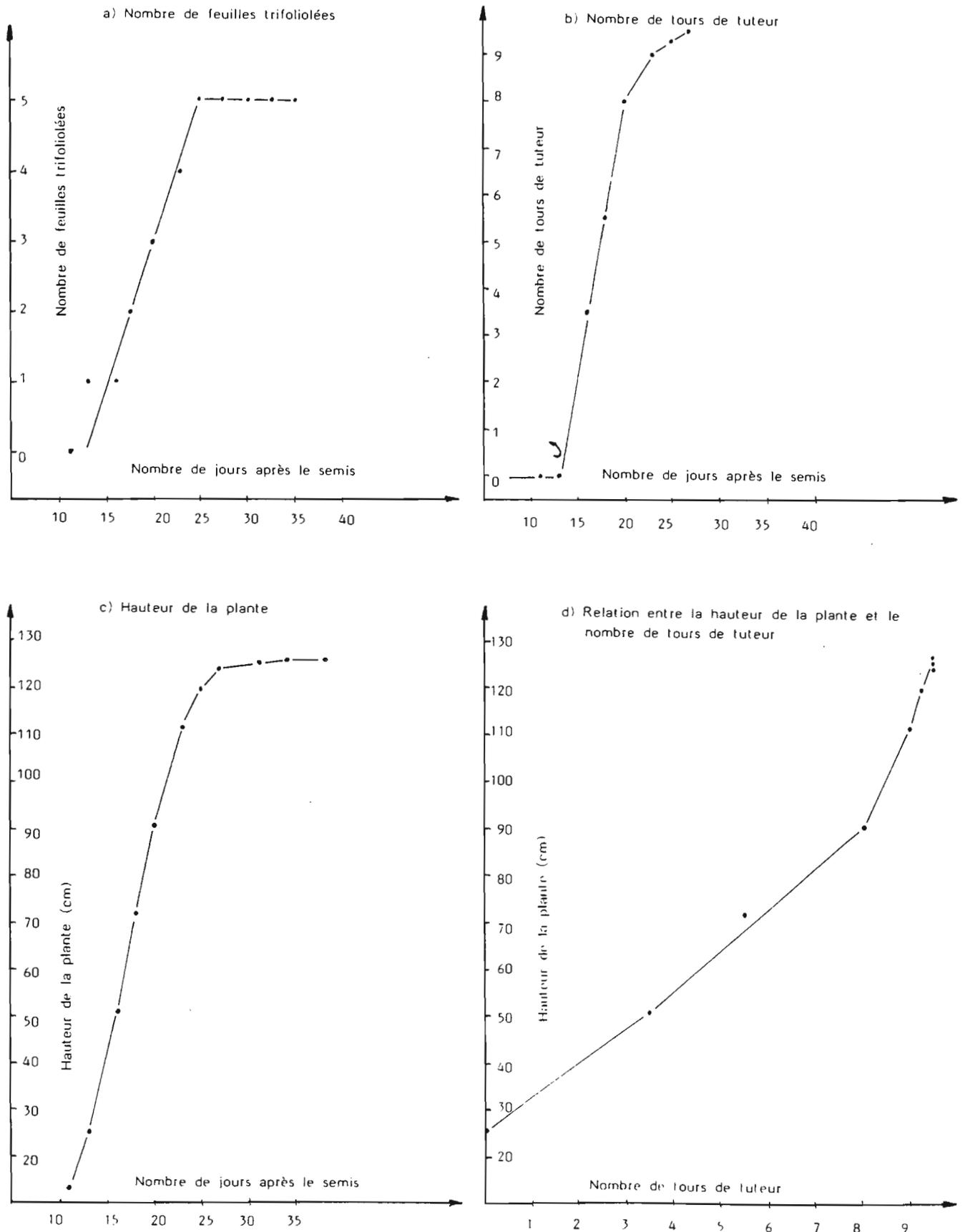


Fig. 46. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse transféré du champ à la serre au stade des feuilles opposées (semis du 31.05.80, transfert le 13.06.80, objet 21, plante n° 1.11.).

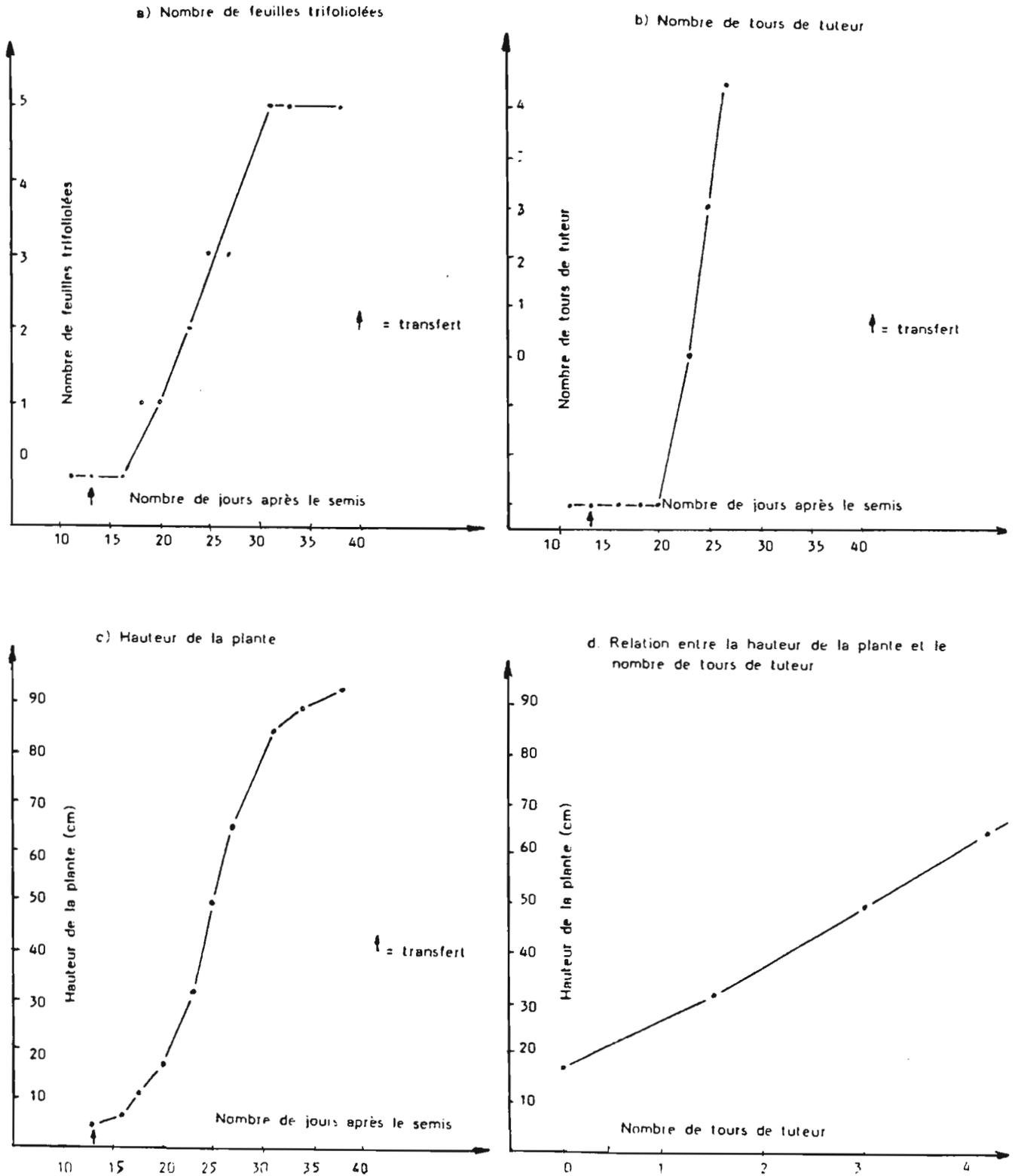


Fig. 47 - Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse transféré du champ à la serre, au stade de la première feuille trifoliolée : semis du 31/05/80, transfert du 25/06/80 ; objet : 22, plante n° 3.03.

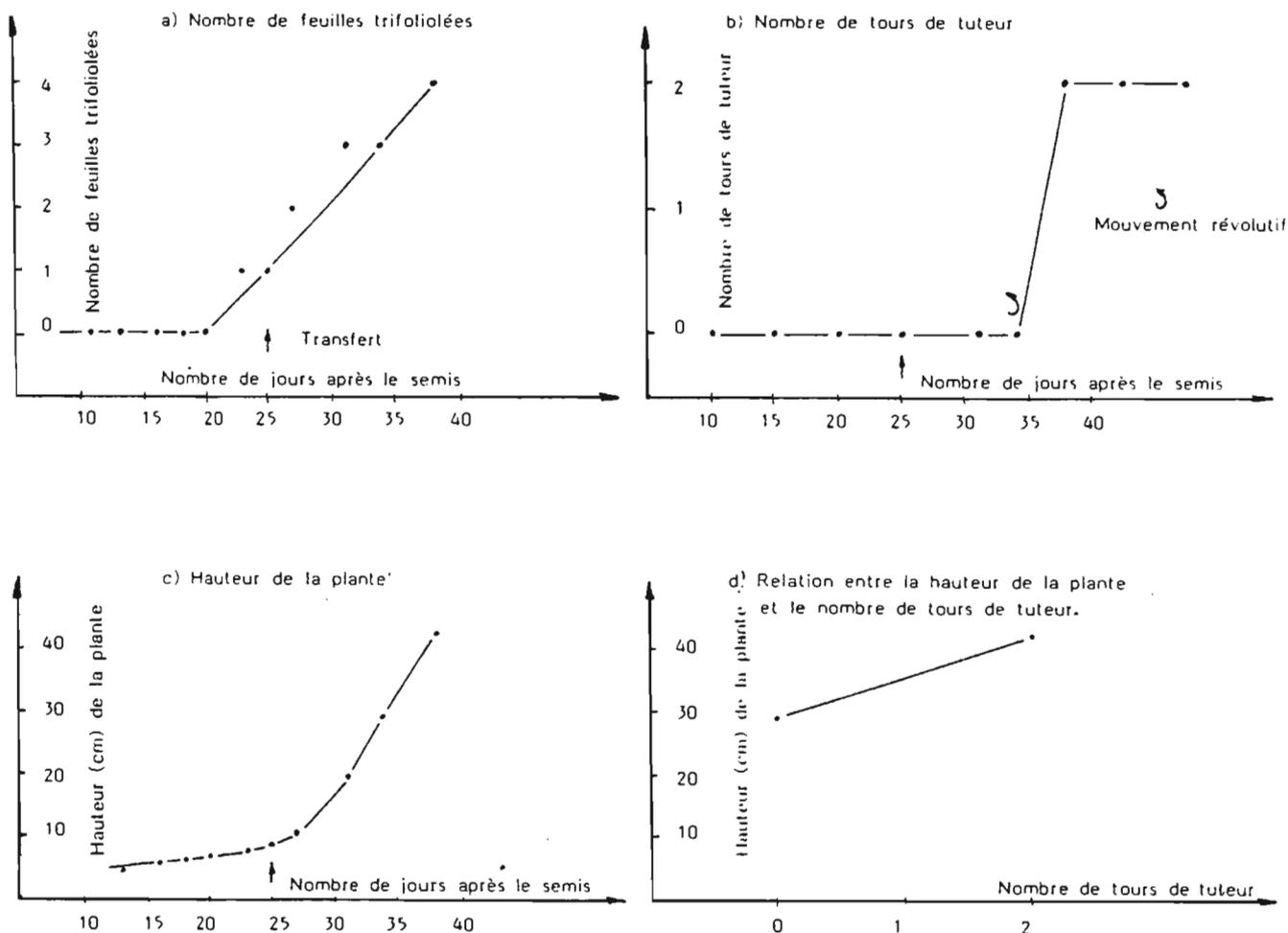


Fig. 48 - Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse, transféré du champ à la serre au stade de la première feuille trifoliolée, port érigé : semis du 31/05/80, transfert ; objet : 22', plante n° 3.10.

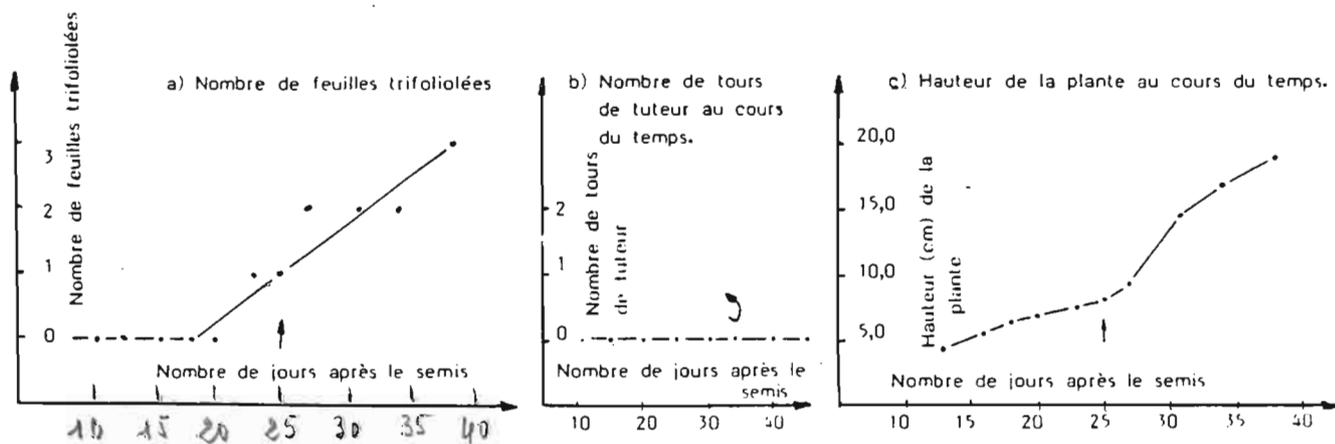
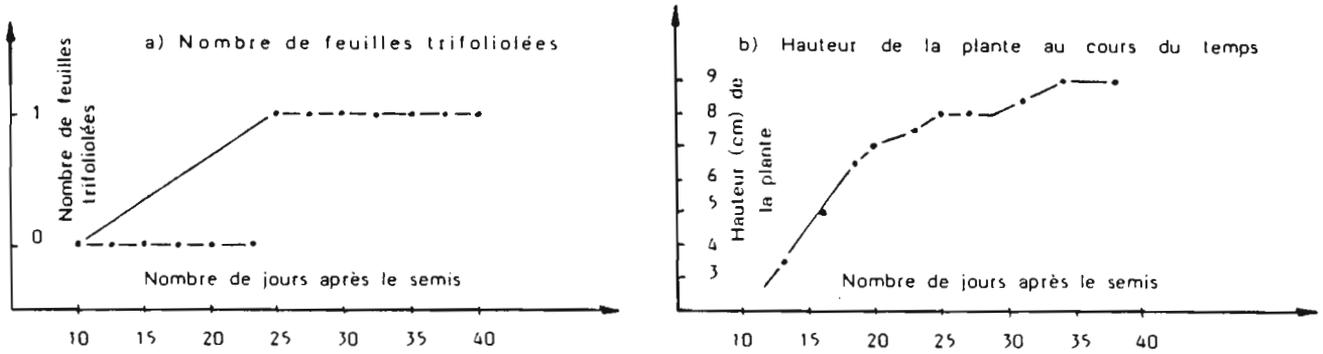
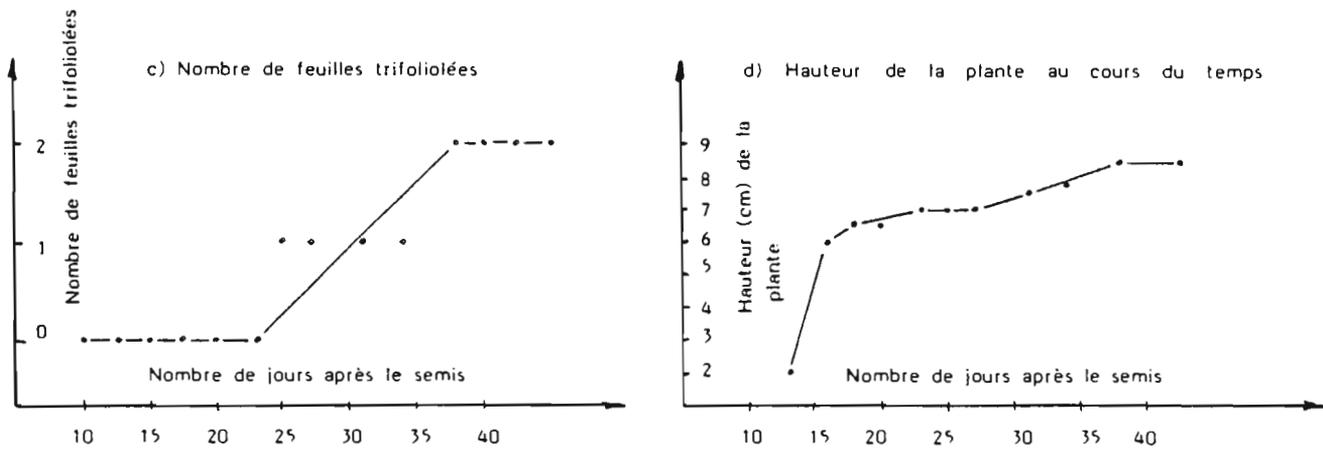


Fig. 49 - Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse cultivé au champ : Semis du 31/05/80 (témoin) ; objet : 23 (érigé).

Plante n° 3.12 (à 1 feuille trifoliolée)



Plante n° 3.04 (à 2 feuilles trifoliolées)



Plante n° 1.01 (à 3 feuilles trifoliolées)

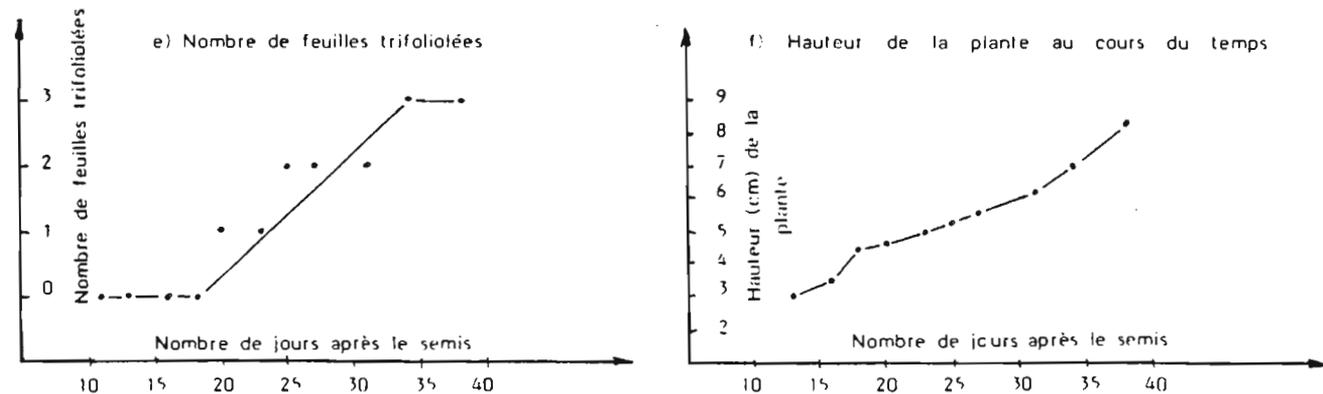
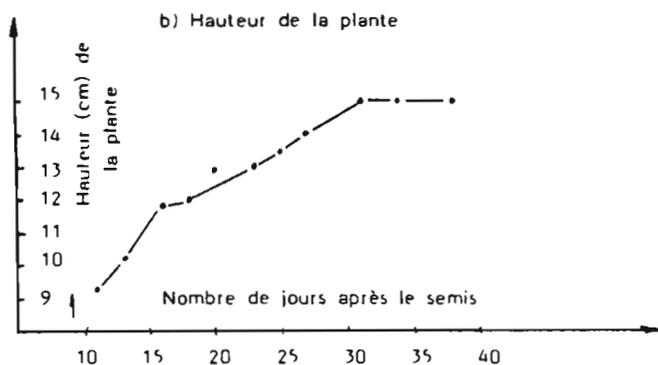
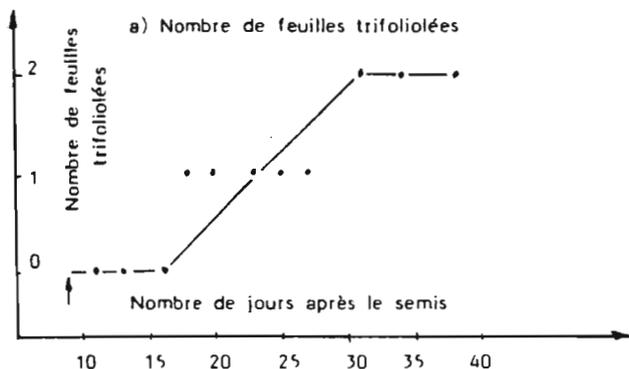
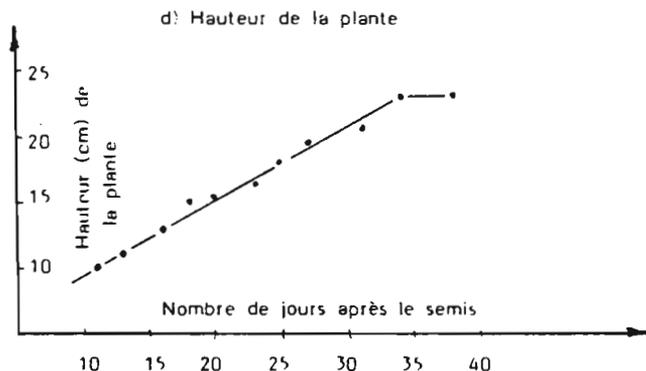
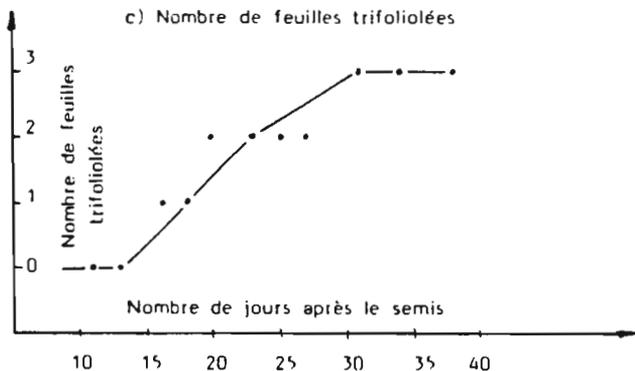


Fig. 50 - Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse transféré de la serre au champ au stade des feuilles opposées (port érigé) : (semis du 31/05/80, transfert du 09/06/80 ; objet : 11).

Plante n° 1.05 (à 2 feuilles trifoliolées)



Plante n° 3.04 (à 3 feuilles trifoliolées)



Plante n° 1.11 (à 4 feuilles trifoliolées)

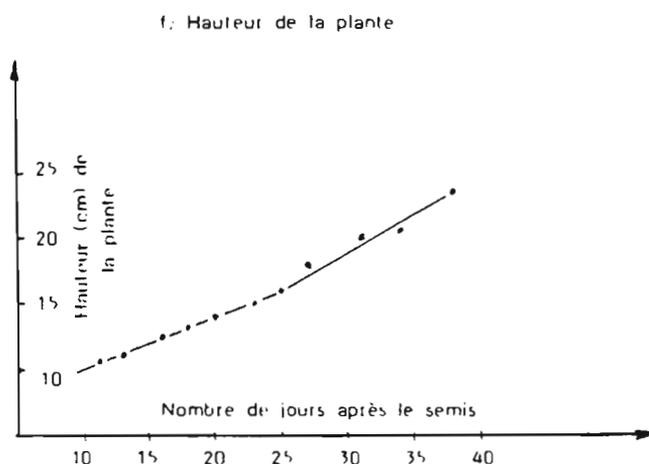
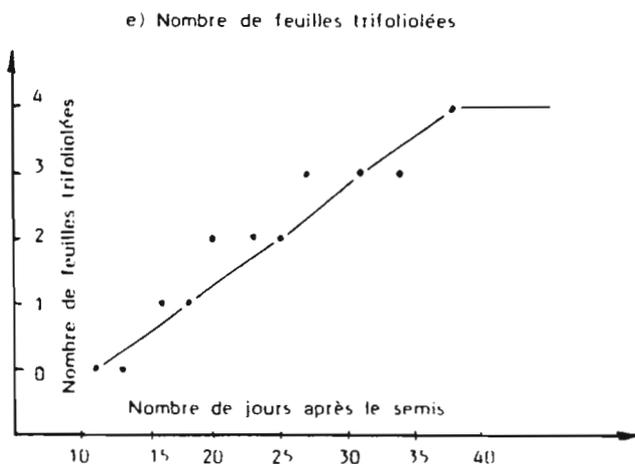


Fig. 51. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse transféré de la serre au champ au stade de la première feuille trifoliolée : (semis du 31/05/80, transfert du 13/06/80 ; objet : 12, plante n° 1.10).

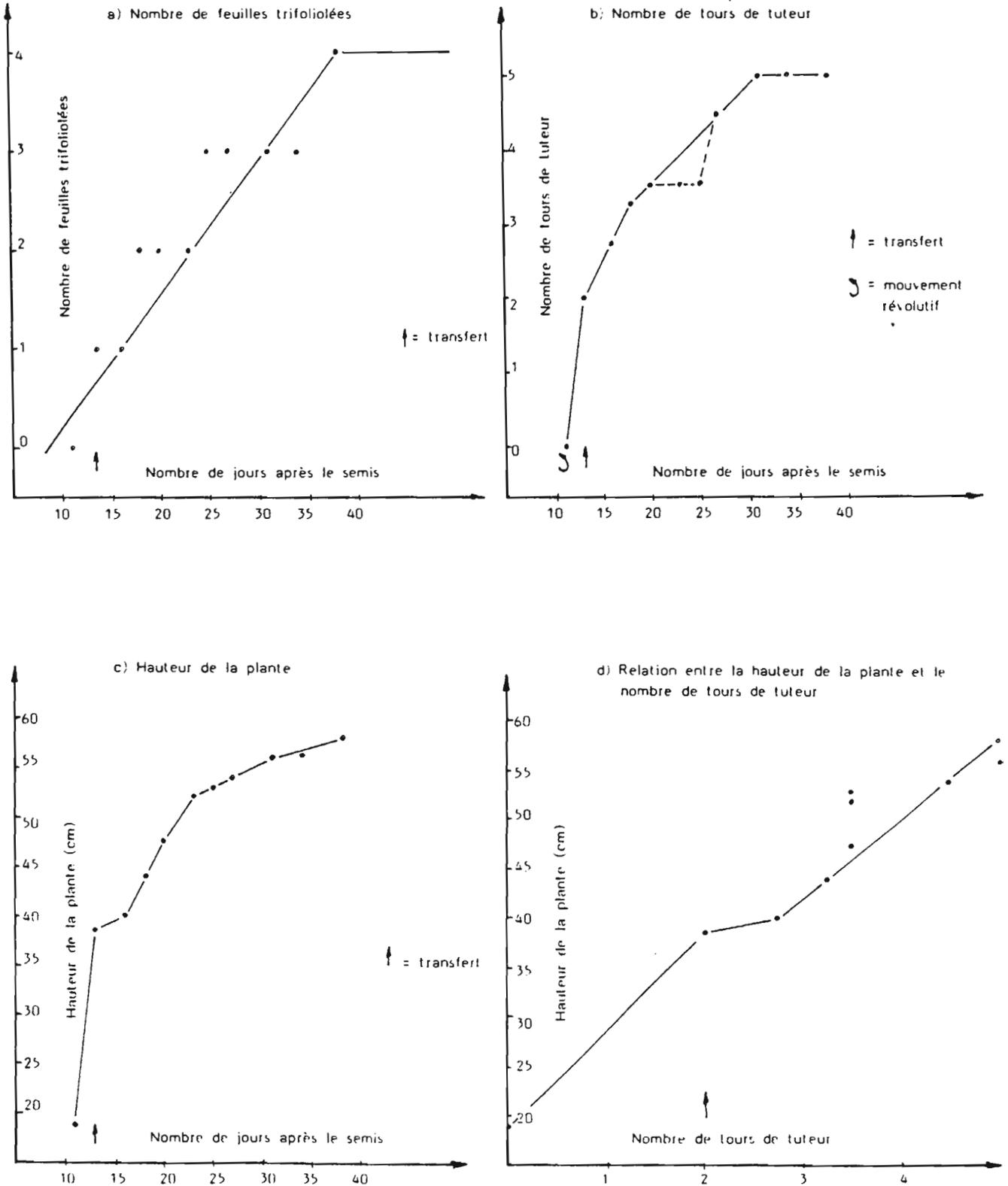


Fig. 52 - Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames à $13^{\circ}1/2\text{C}$
 21 W.m^{-2} , 16 h de jour, 8 h de nuit (semis du 10/04/80, plante n° 2.1).

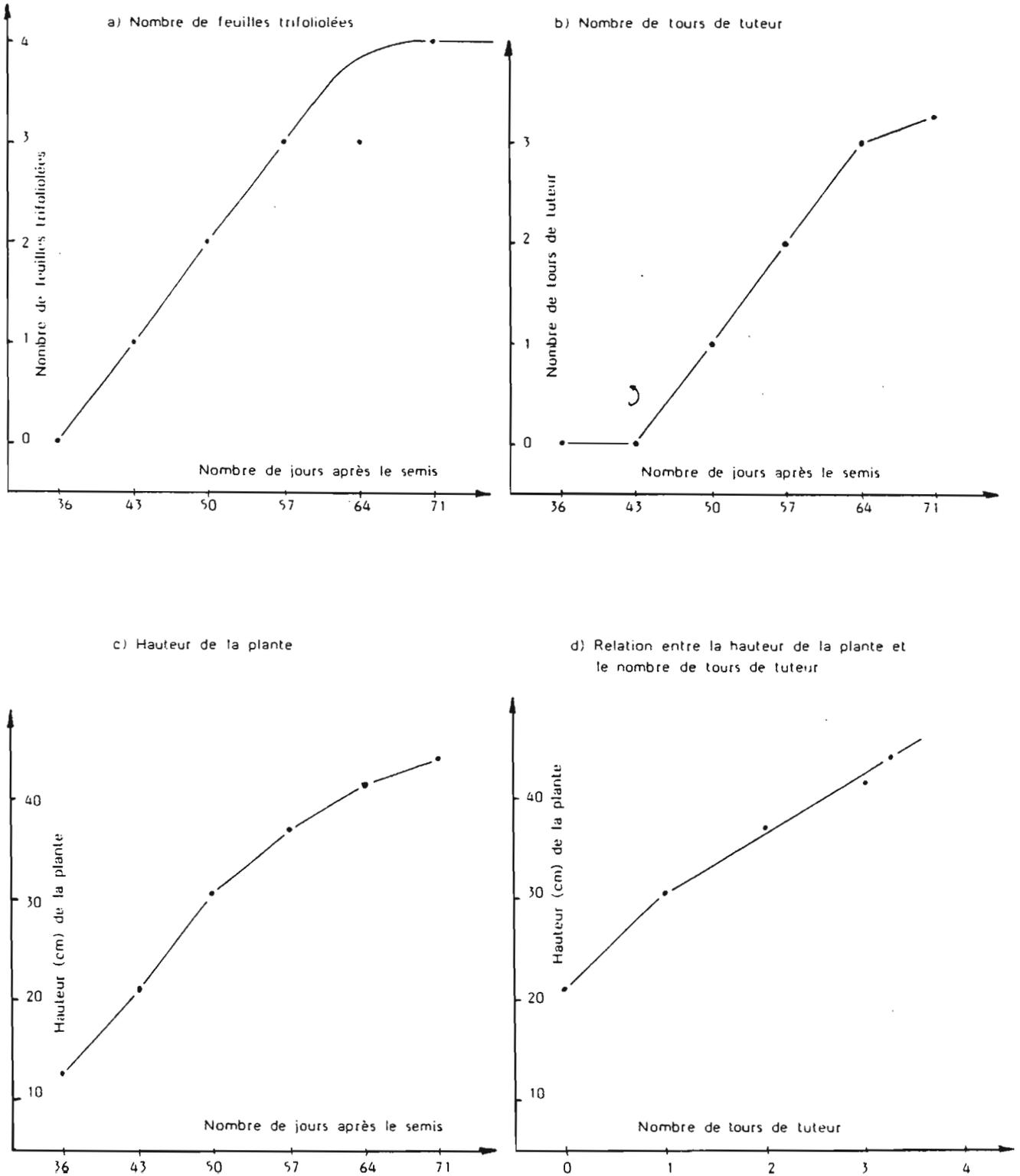
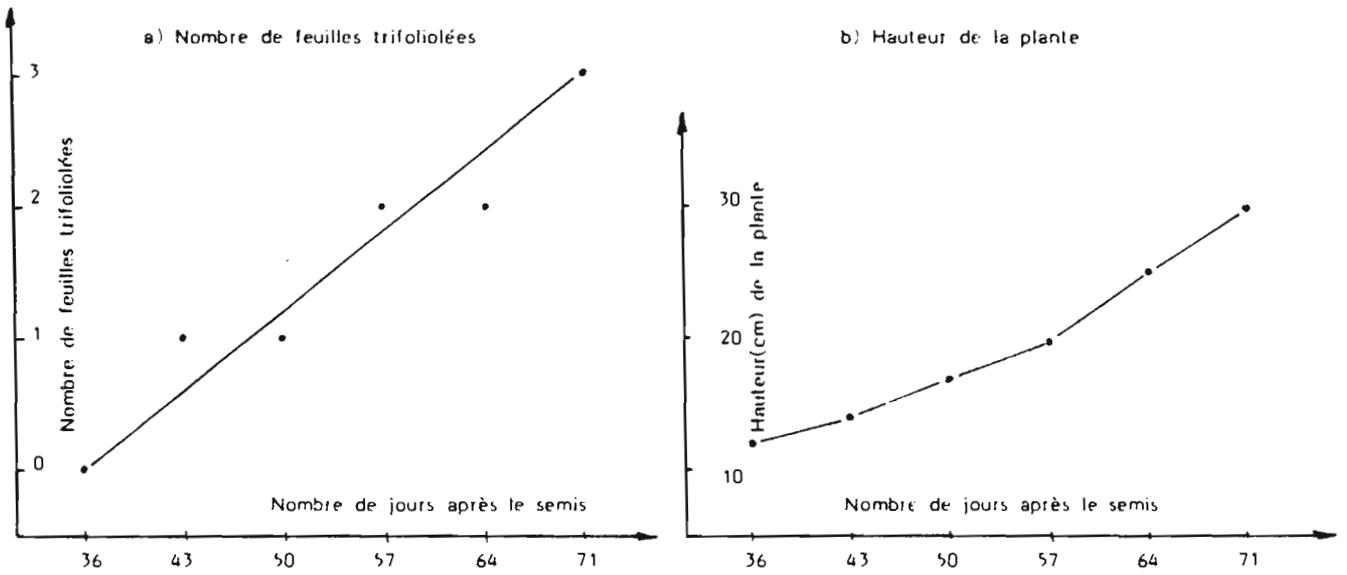


Fig. 53 - Croissance au cours du temps de Coco à rames érigé à $13^{\circ} 1/2C$, $21 W.m^2$, 16h de jour, 8h de nuit, (semis du 10/04/80 : plantes n^{os} 2.4 et n^o 2.8).

Plante n^o 2.4



Plante n^o 2.8

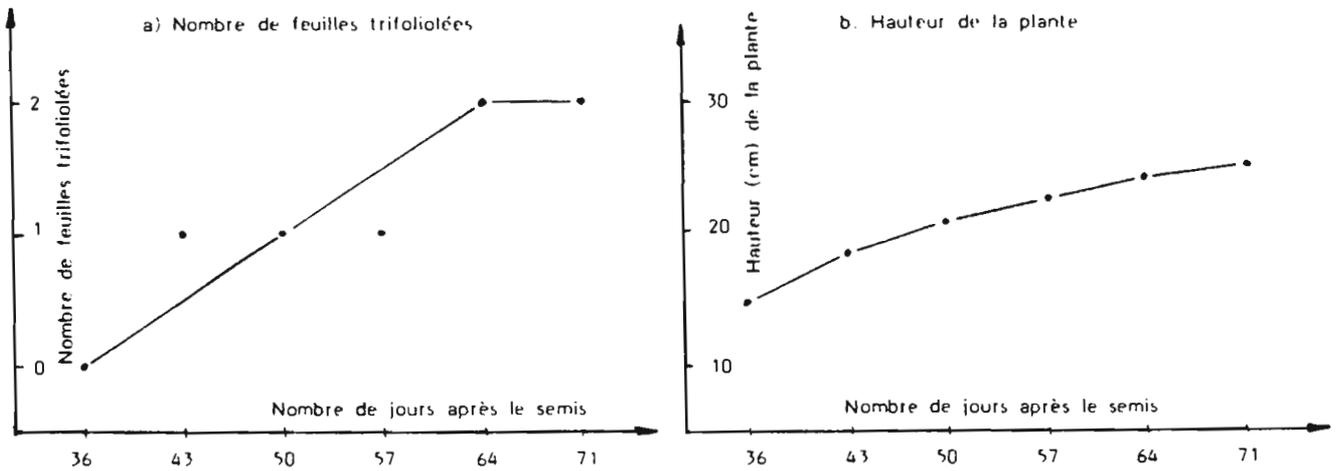


Fig. 54 - Croissance au cours du temps de Coco à rames à 13,5° (16h/8h) : du port érigé au port volubile (semis du 04/01/82).

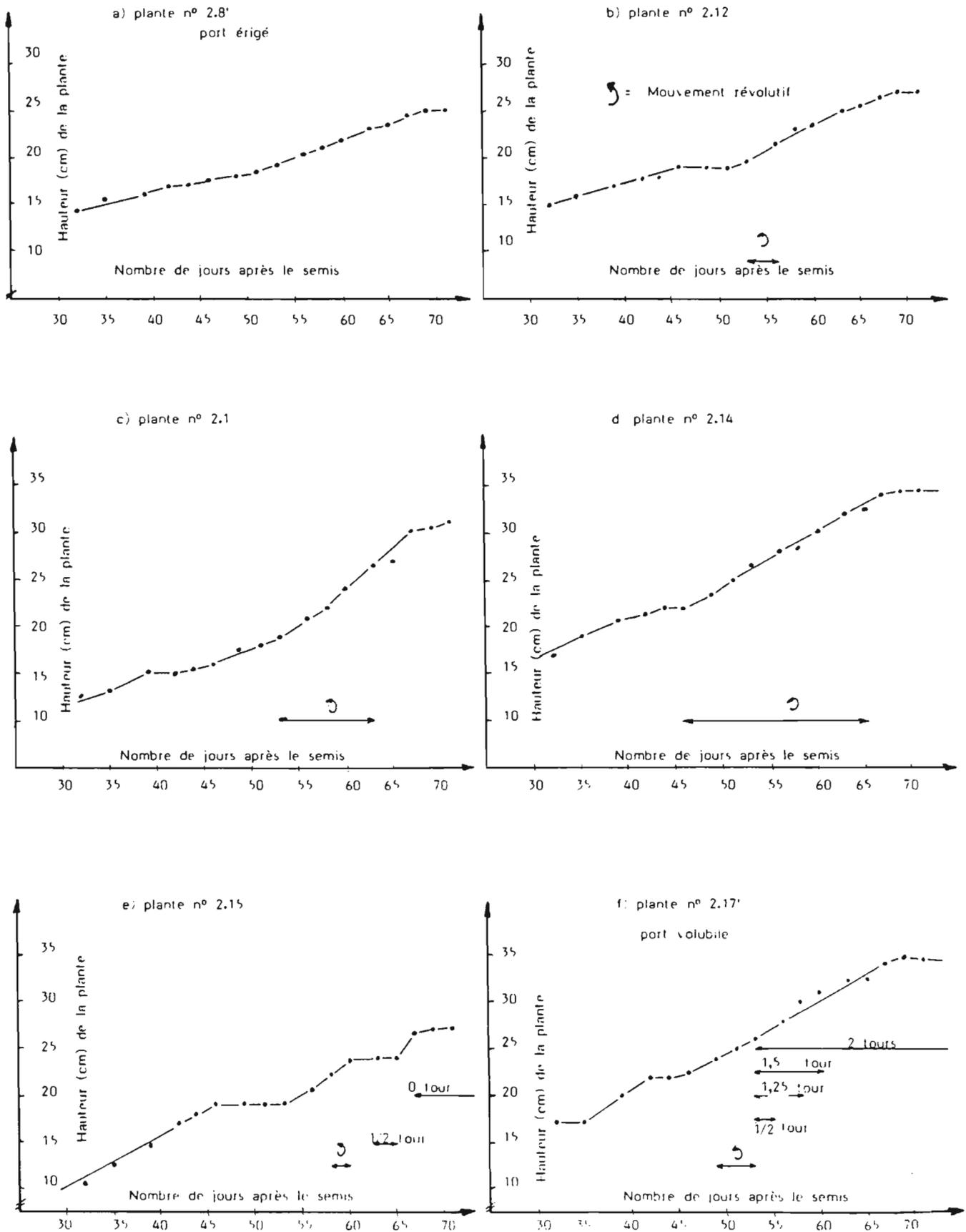


Fig. 55. Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, sous 21W.m²
13°1/2 (16h/8h) 70 jours 32°/12° (16h/8h) 52 jours 25°/12° (16h/8h)
(semis du 02.07.82, plante n°13).

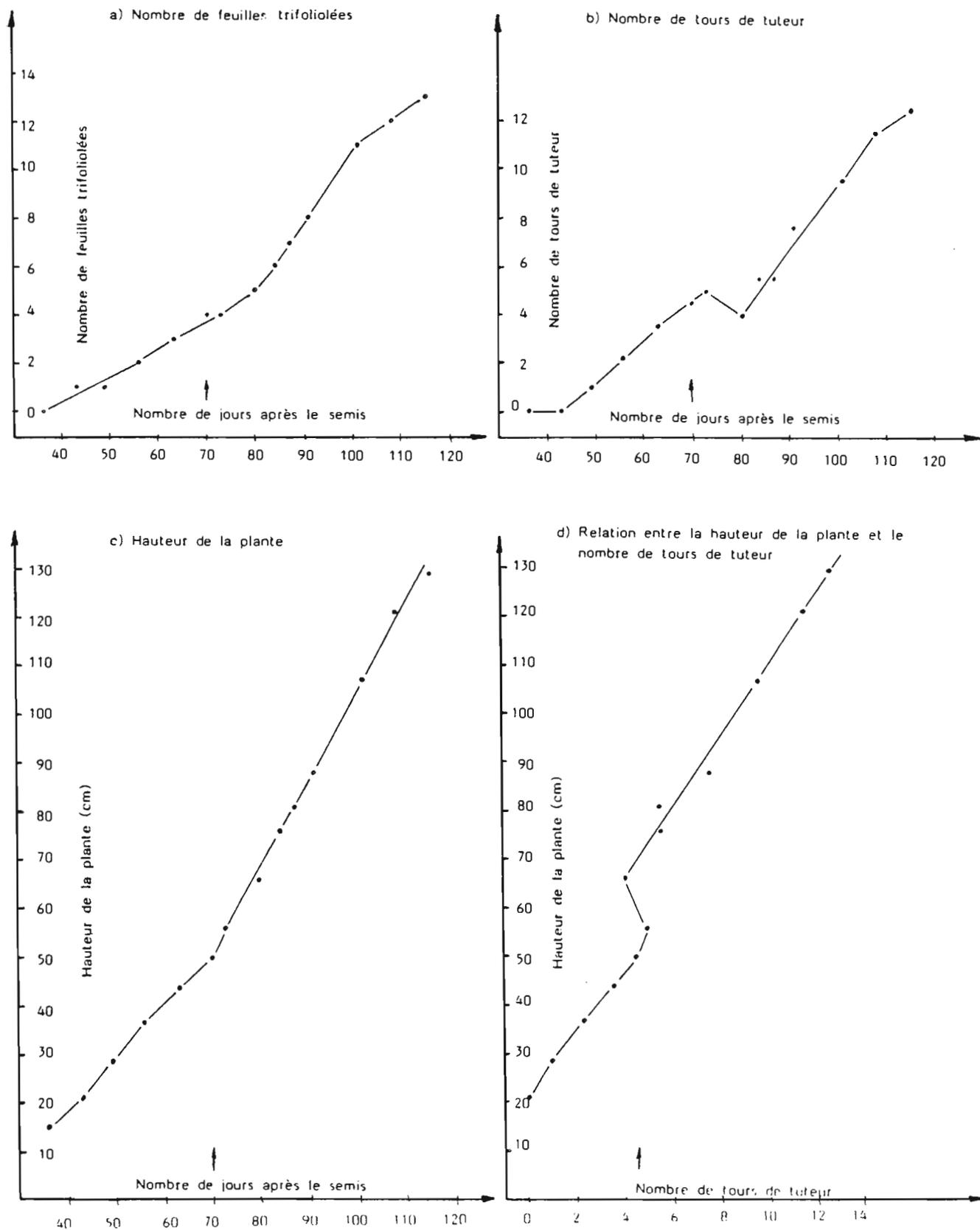


Fig. 56. Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames, sous 21W.m²
20°/12° (12 h/12 h) 40 jours 32°/12° (16 h/8 h; semis du 10.09.81, plante n°2.05.

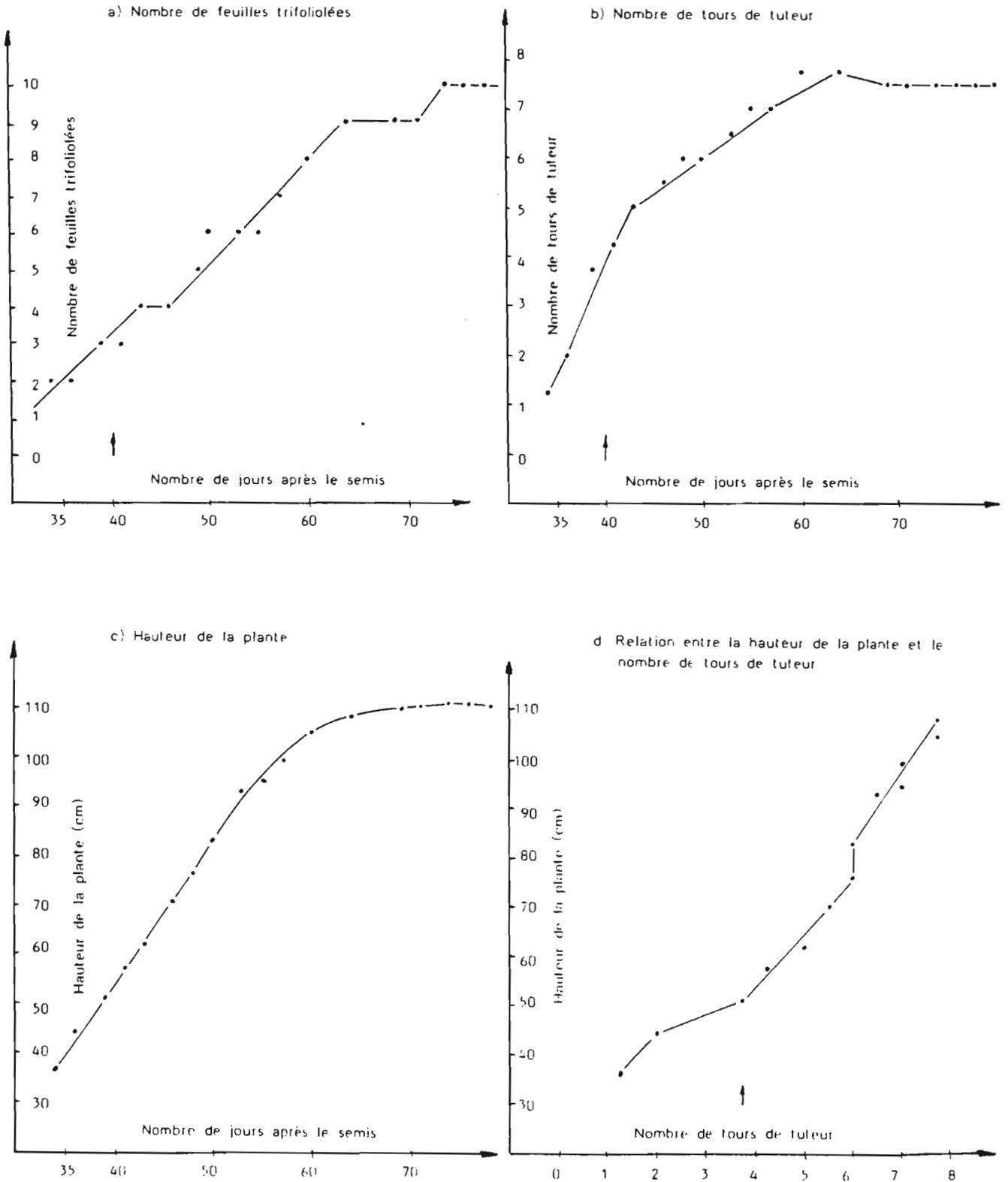


Fig. 57. Croissance et enroulement au cours du temps de Coco à rames sur 21W.m², 32°/12° (16h/8 h) 19jours 13°1/2 (16h/8h) [semis du 29.09.80, plante n°2.8] $\xrightarrow{FT_2}$

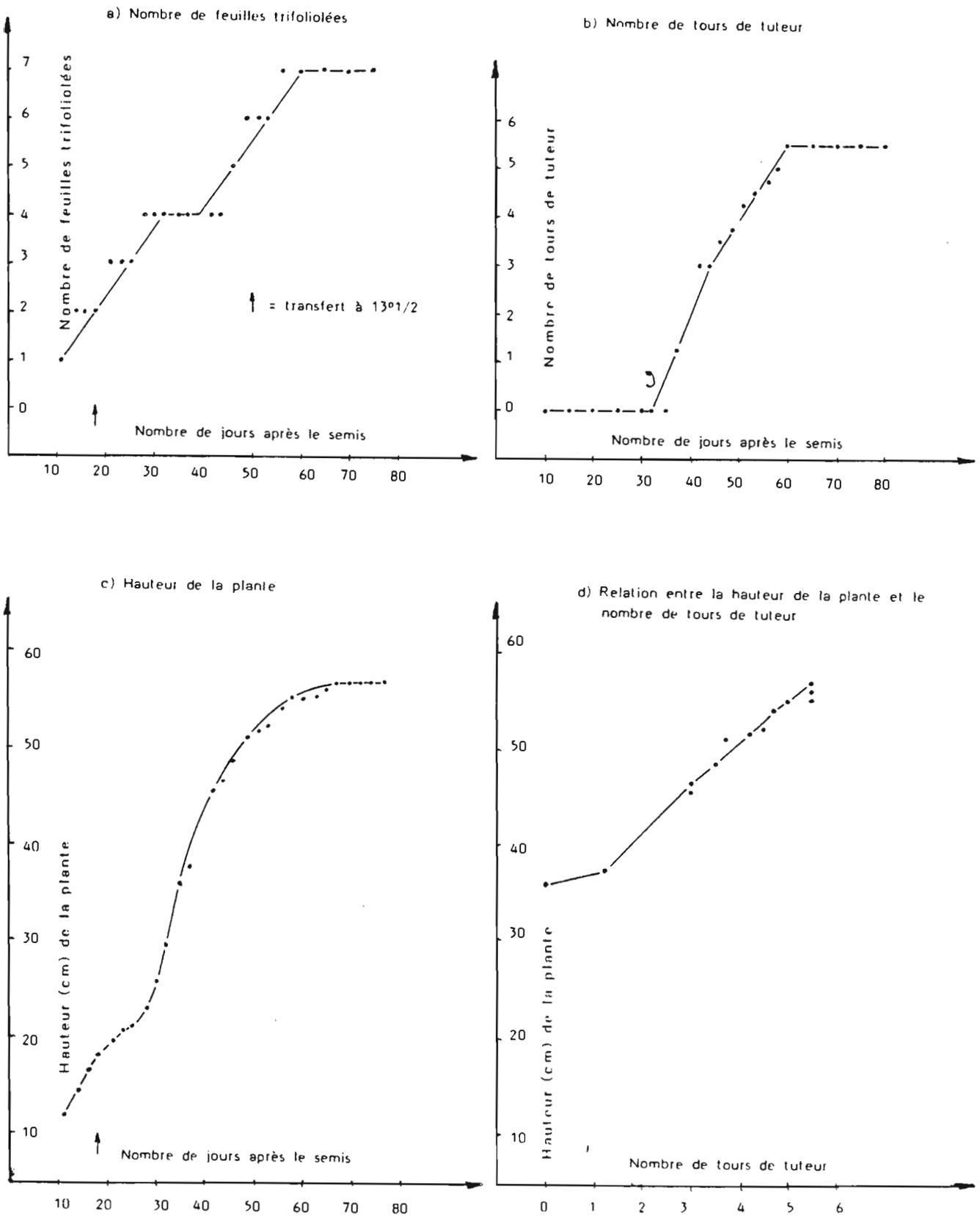


Fig. 58. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse volubile à 13° 1/2 (16 h / 8 h) (semis du 10/4/80, plante n°1.2)

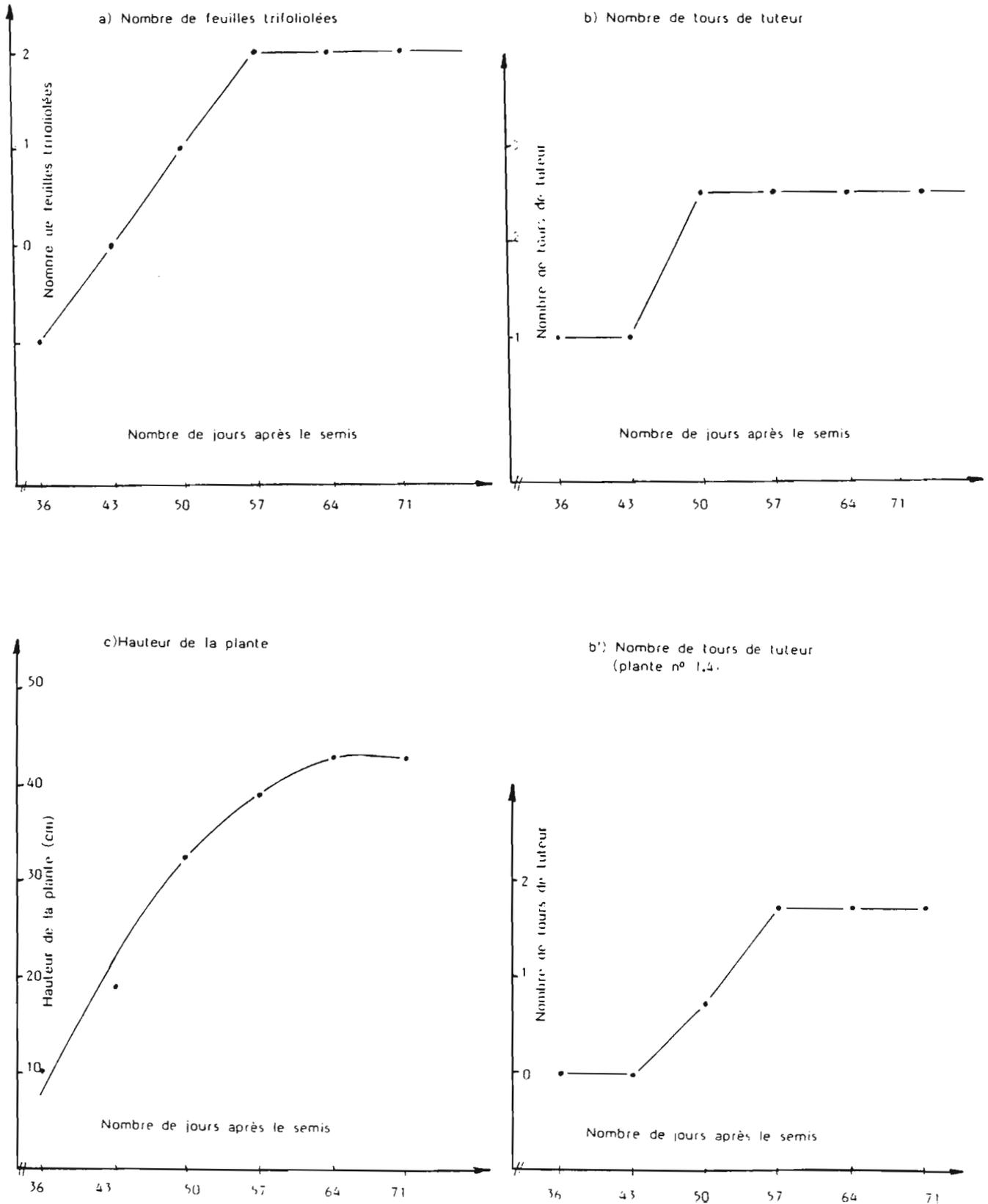
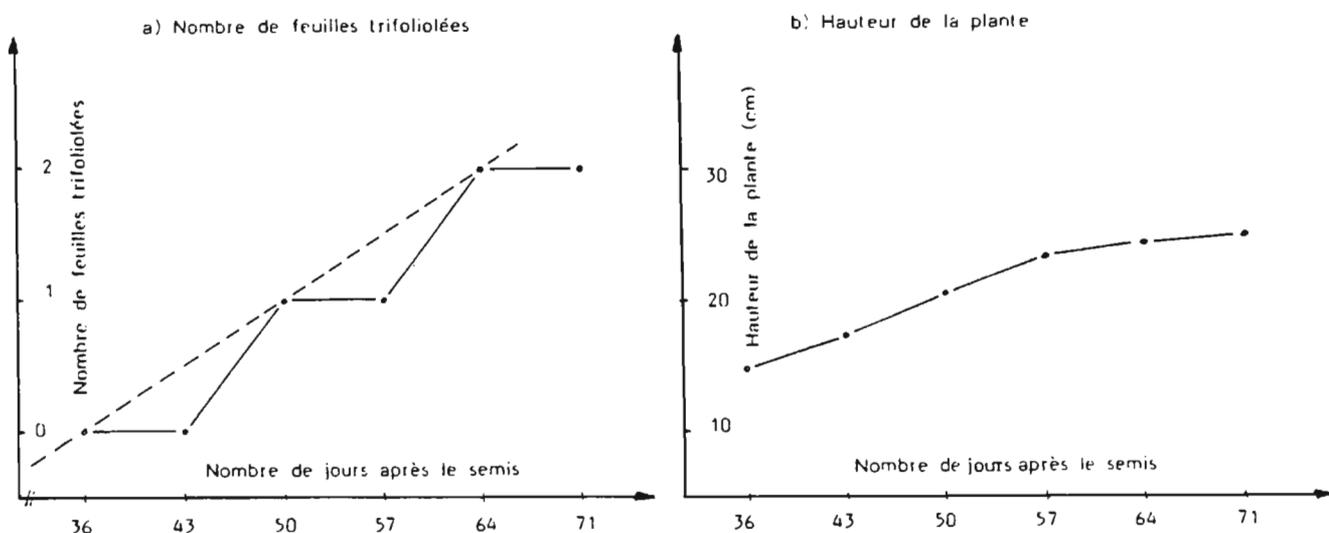


Fig. 59. Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse érigé à 13°1/2 (16 h/8h)
(semis du 10.04.80)

Plante N° 1.1



Plante N° 1.8

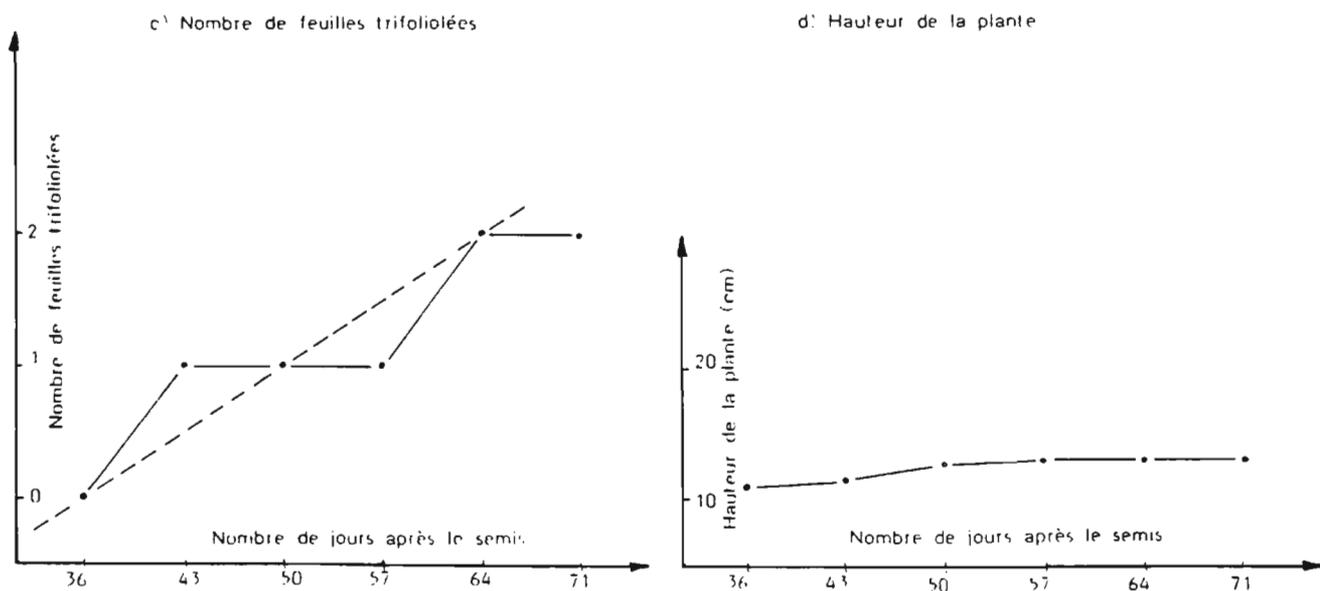


Fig. 60. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse volubile à 20°, 21 W.m², jour continu (semis du 31.03.76, plante n°8)

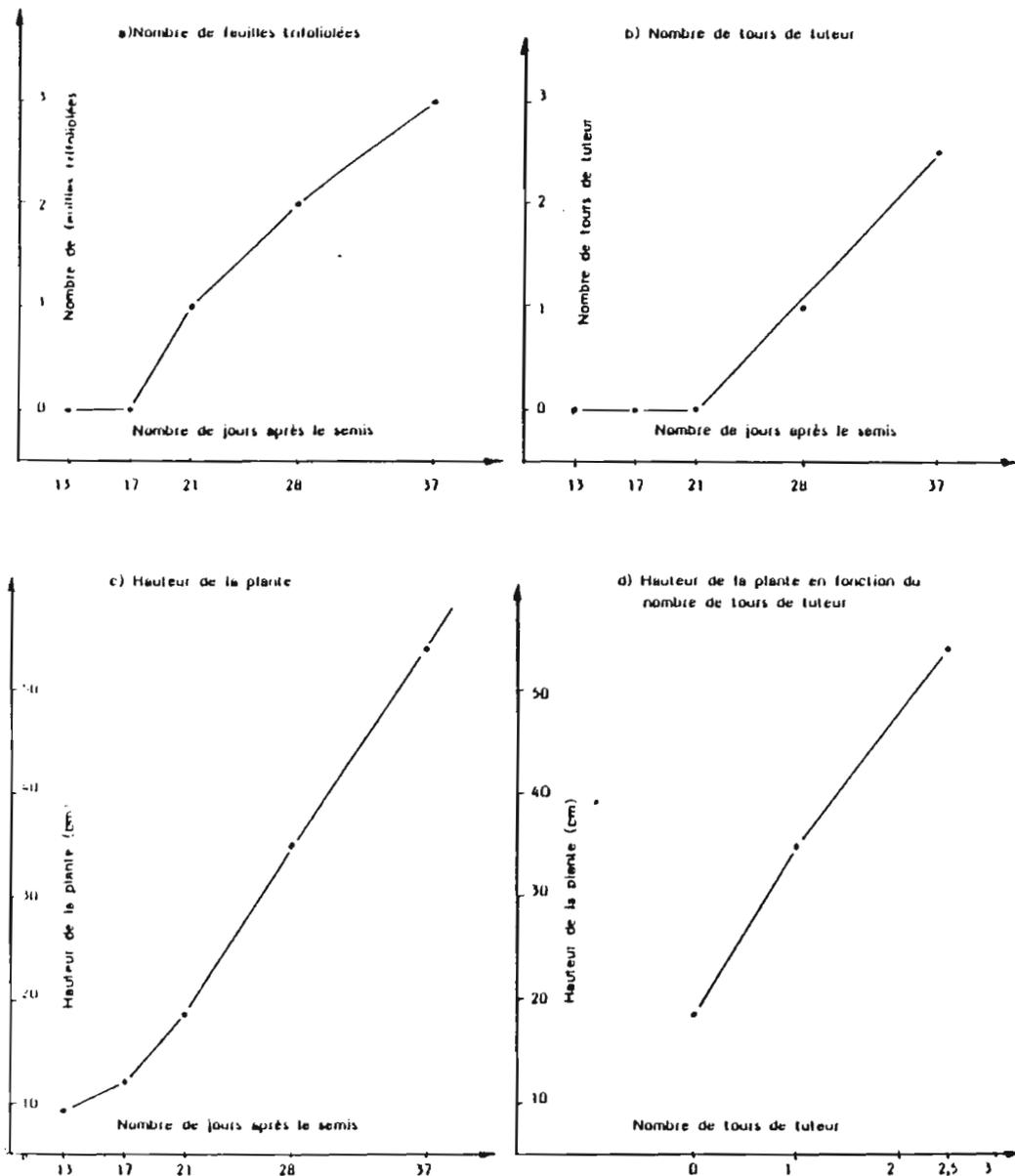


Fig. 61. Croissance au cours du temps de Mangetout Princesse, érigé, à 20°C, 21 W. m⁻², jour continu (semis du 31.03.76, plante n°4)

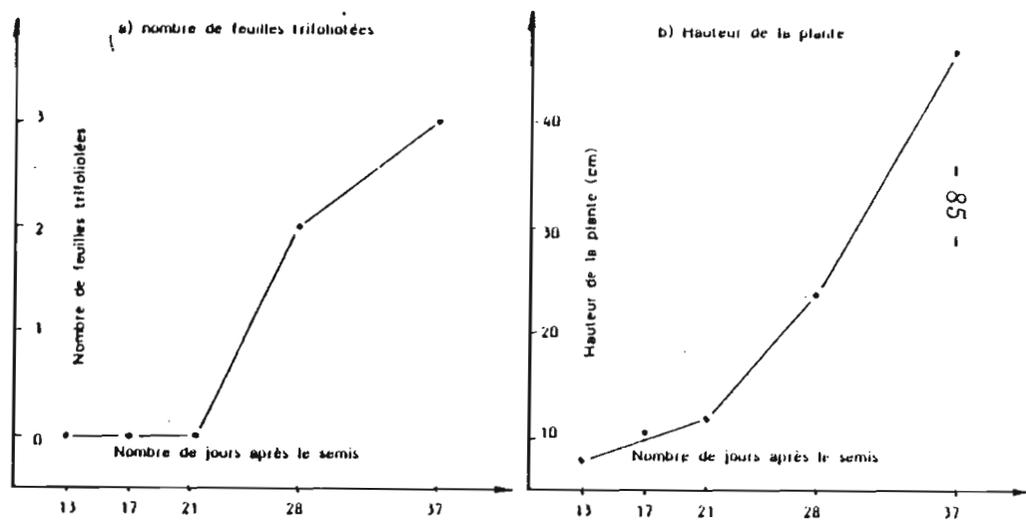
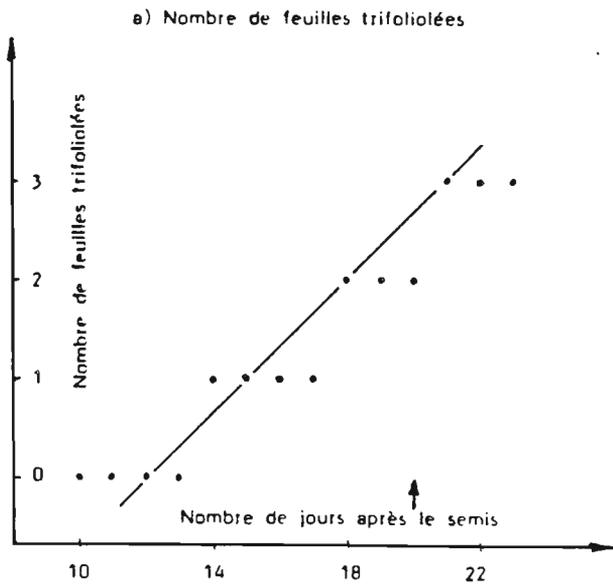
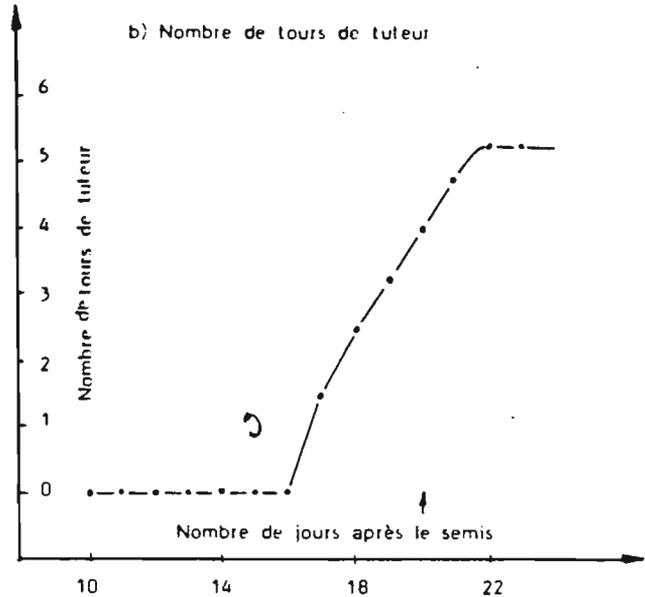


Fig. 62. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 23°C, 21W.m², jour continu (semis du 30.10.77, plante n°2).



↑ = apparition du bourgeon floral



↷ = apparition du mouvement révolutif

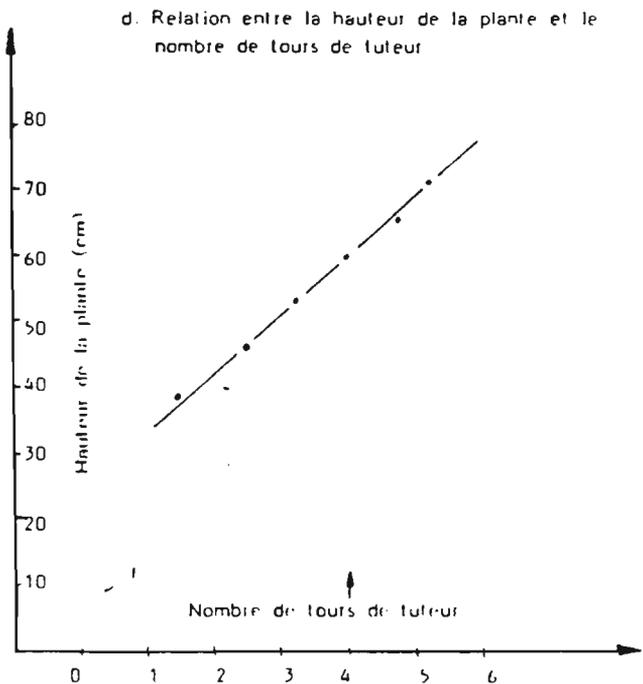
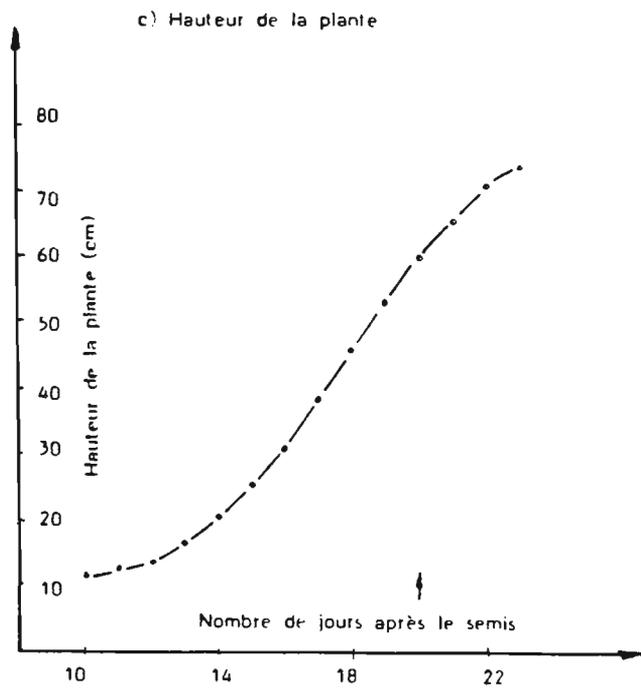


Fig. 63. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 25°C, 21W.m², jour continu (semis du 30.10.77, plante n°15).

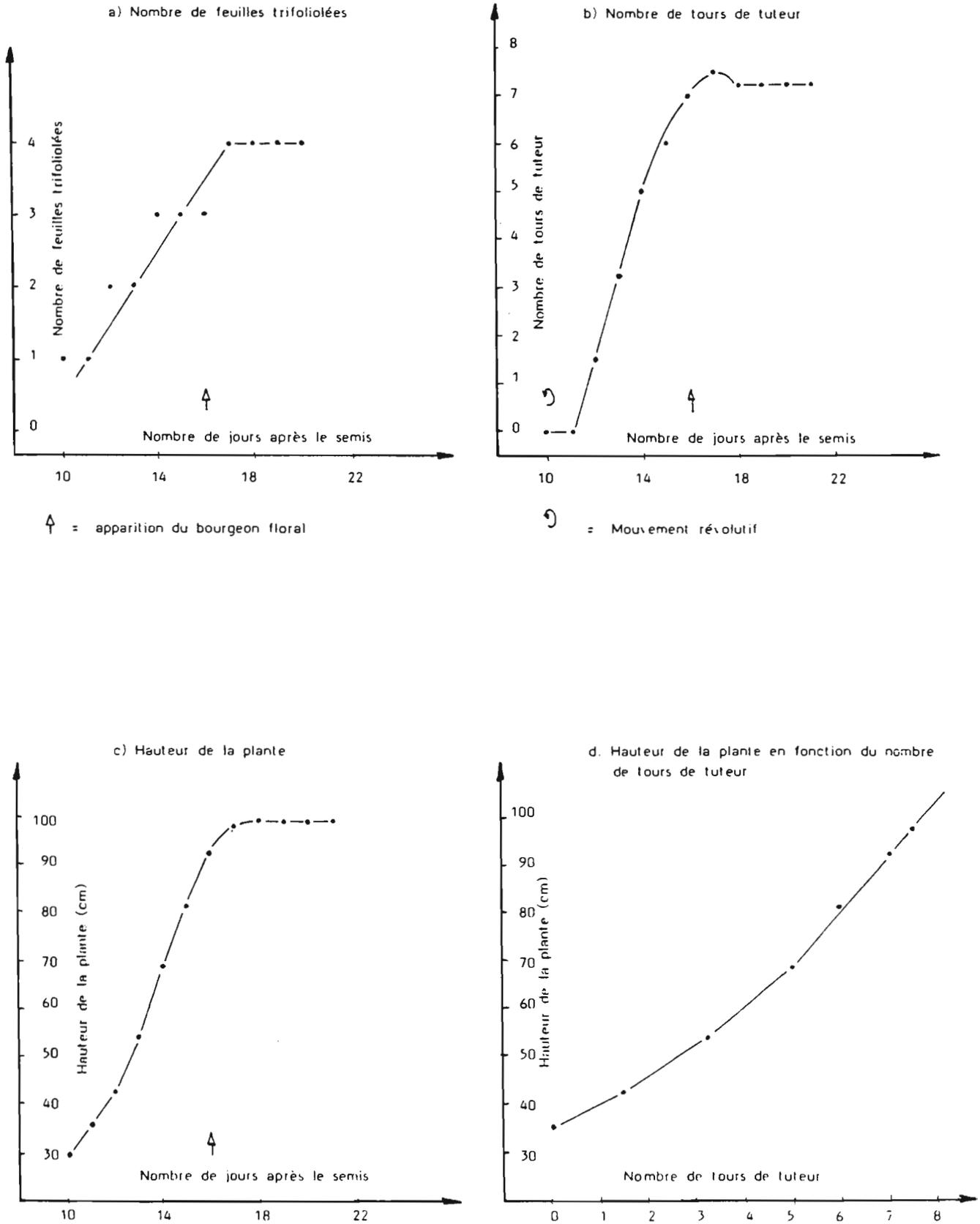
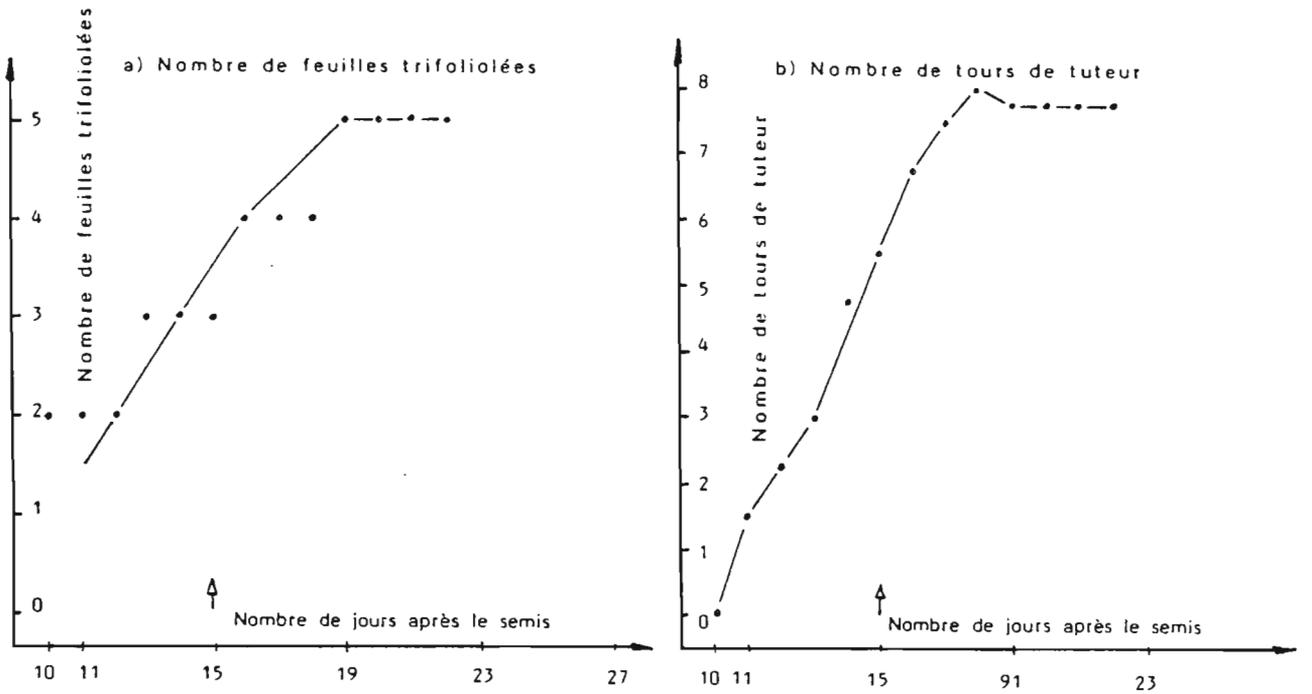


Fig. 64. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 27°C, 21W.m², jour continu (semis du 30.10.77, plante n°5).



↑ = apparition du bourgeon floral

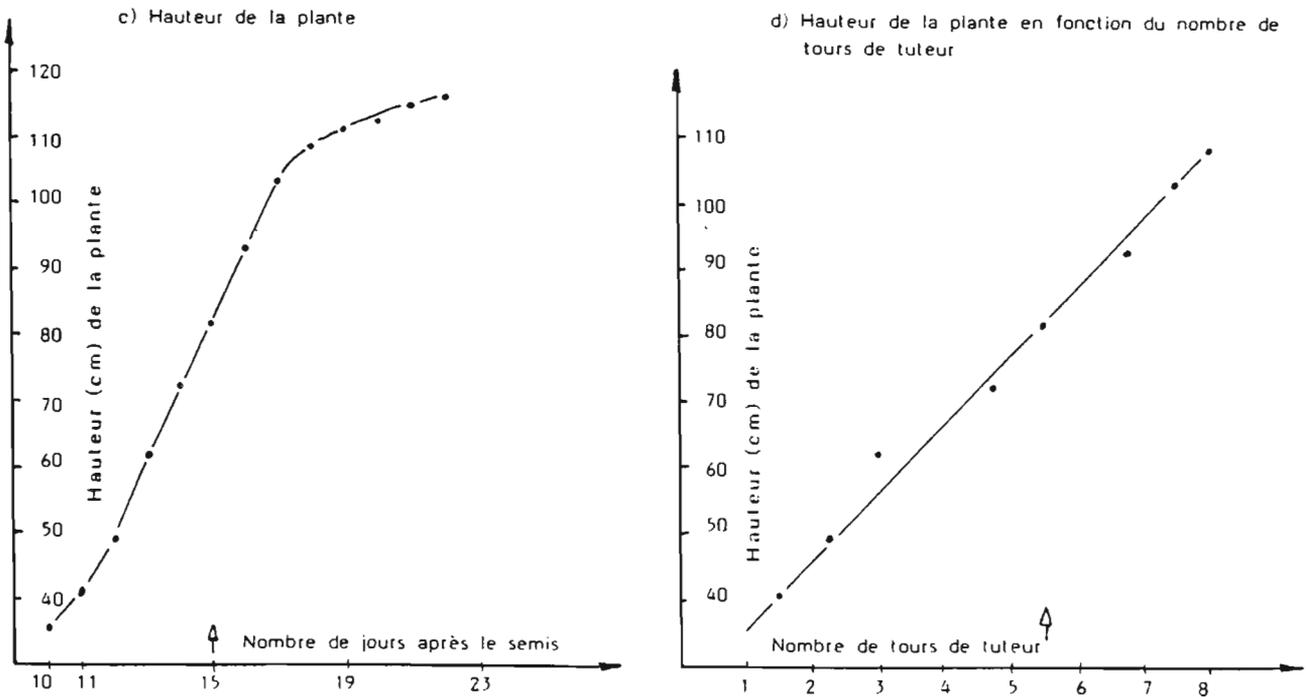


Fig. 65. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 30°C, 21W.m², jour continu (semis du 31.03.76, plante n°2.).

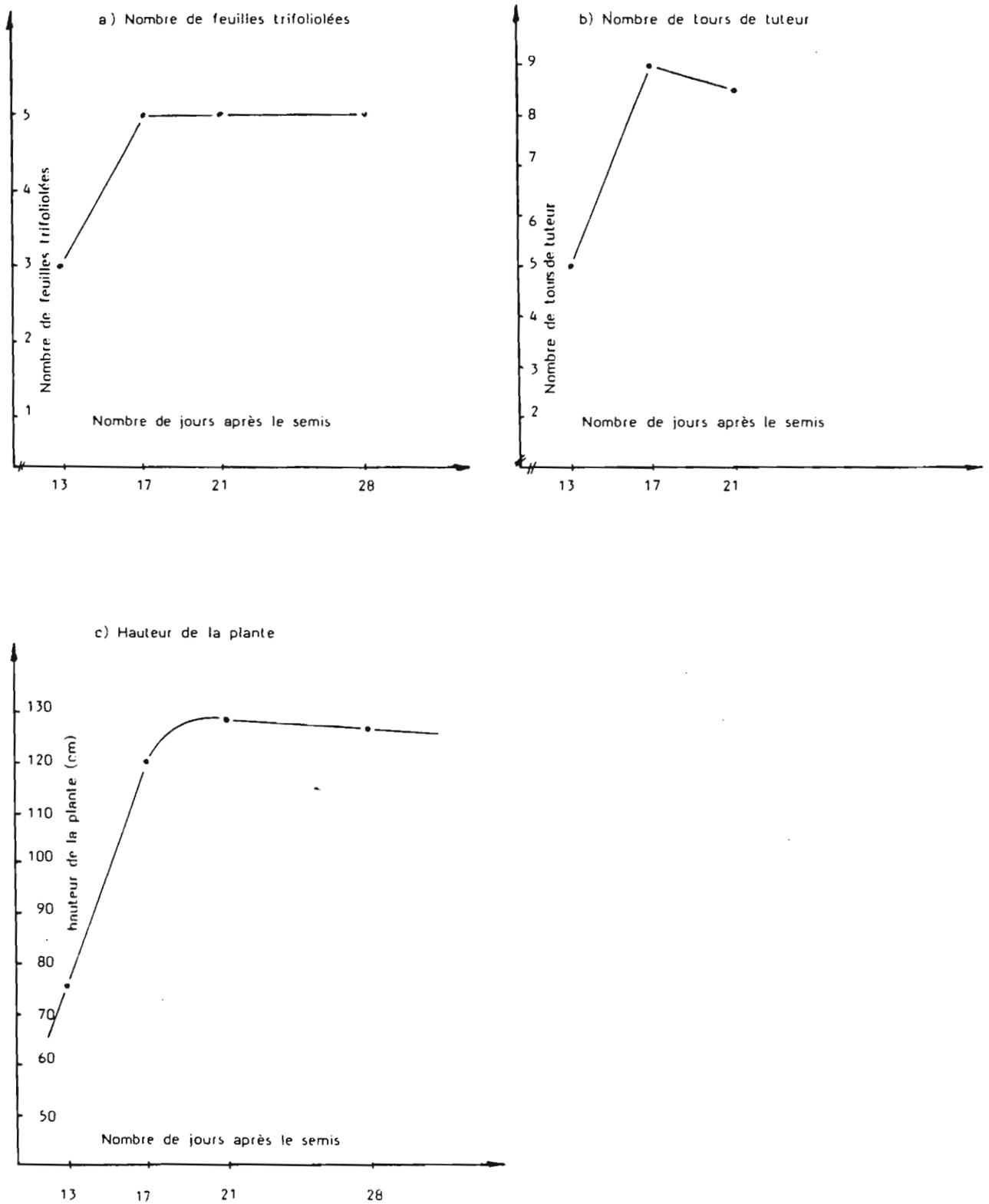


Fig. 66. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 32°C, 21W.m⁻², jour continu (semis du 21.09.79, plante n°10).

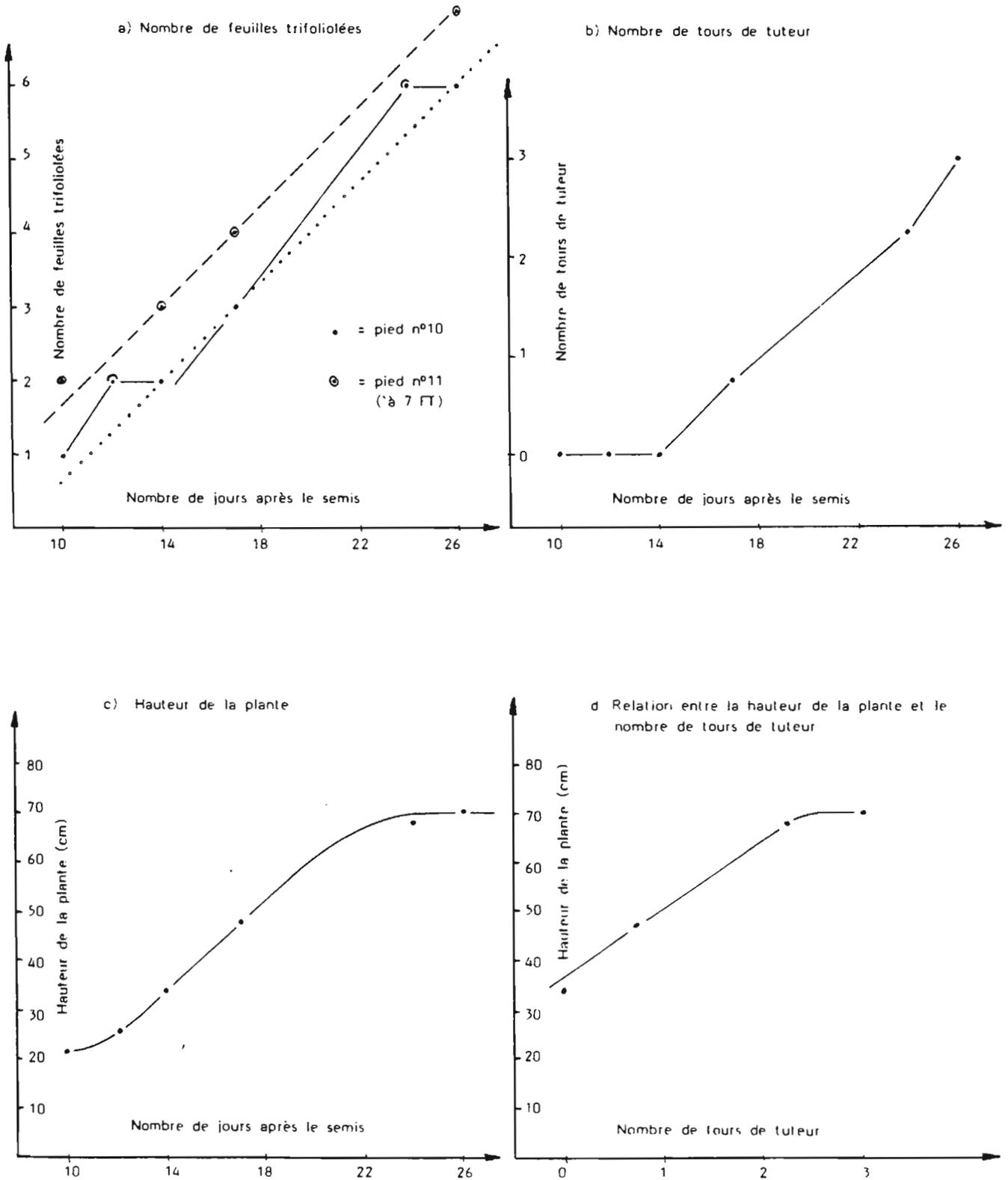
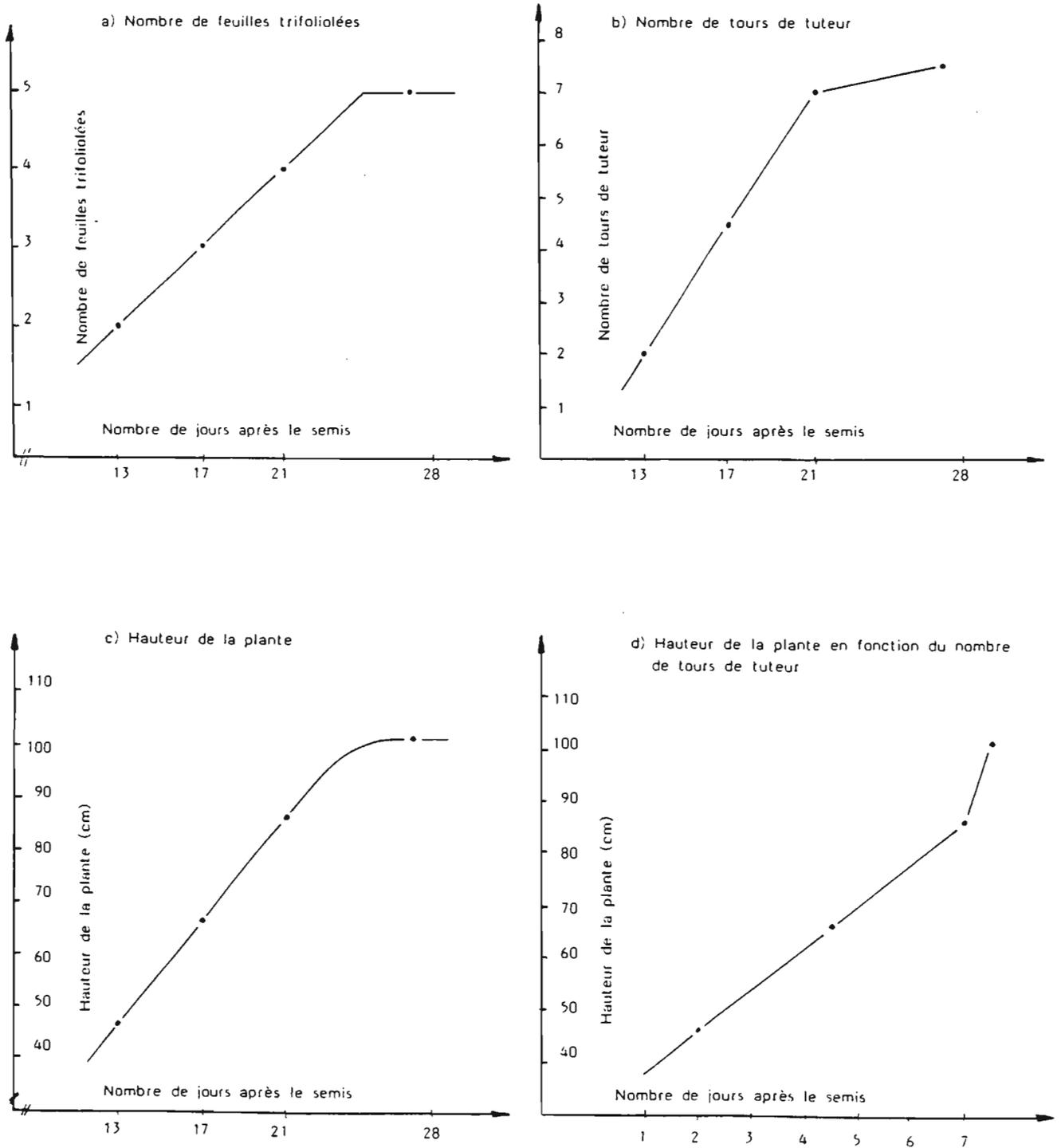


Fig. 67. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 30°/20°C 21W.m², jour continu (semis du 31.03.76, plante n°7).



NOTA : Le transfert de 30° à 20° a lieu le 12ème jour après le semis

Fig. 68. Croissance et encombrement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20° 3 jours 32°C, 21W.m², jour continu (semis du 21.09.79, plante n°10).

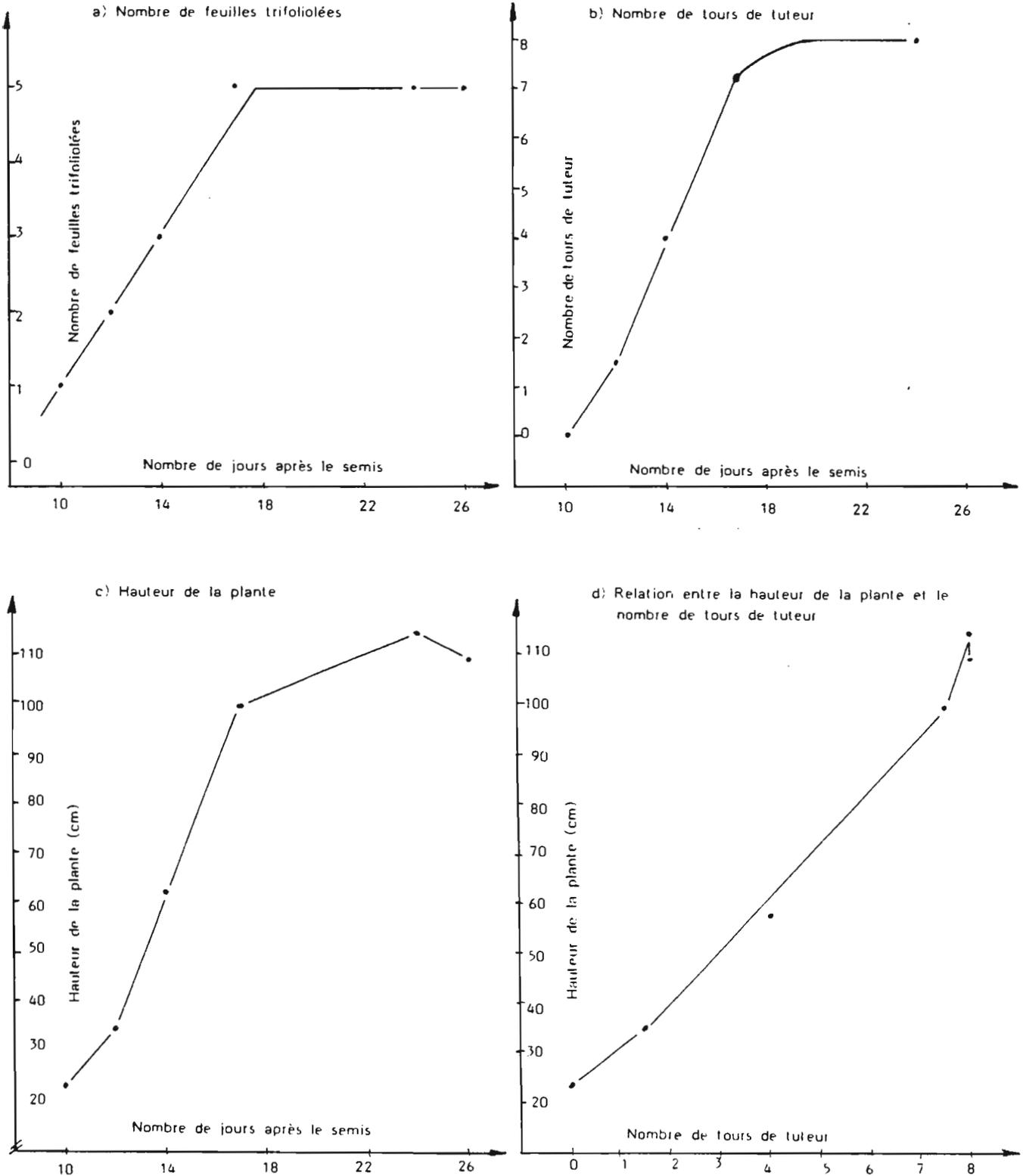
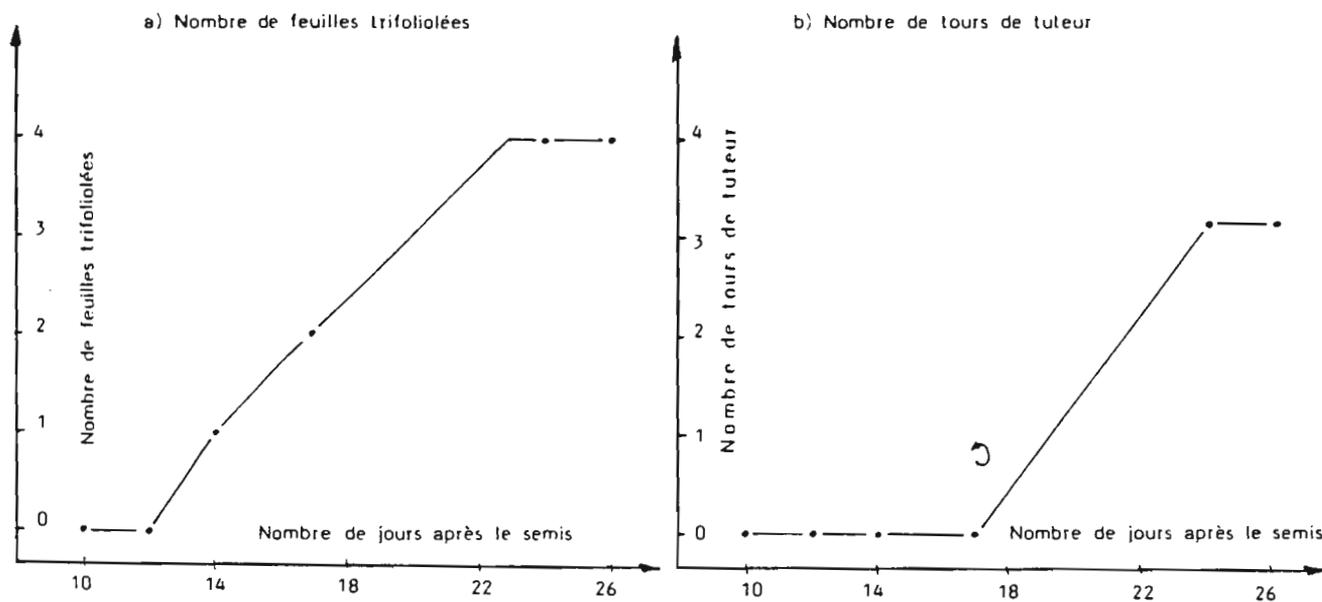


Fig. 69. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20° 6 jours 32°C, 21W.m², jour continu (semis du 21.09.79, plante n°8).



○ = apparition du mouvement révolitif

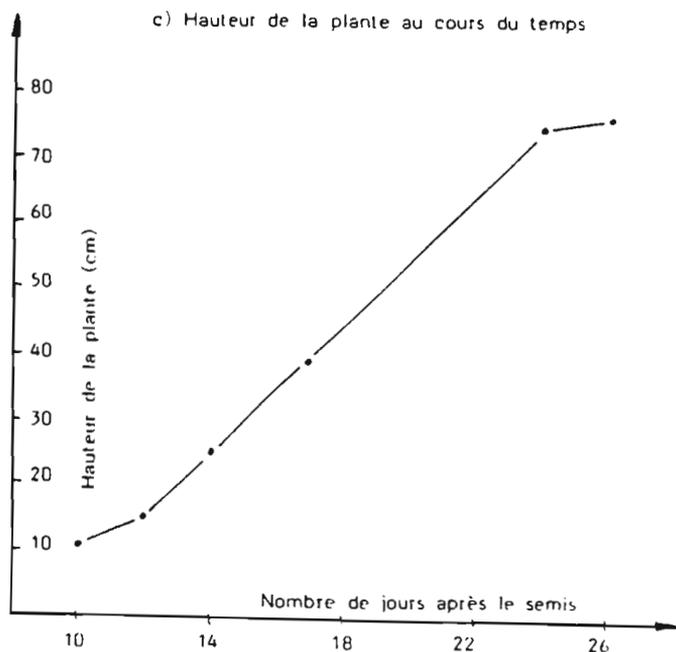


Fig. 70 - Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 15°C, jour continu, 21 W.m⁻² : semis du 17/12/81, Plante n° 15.

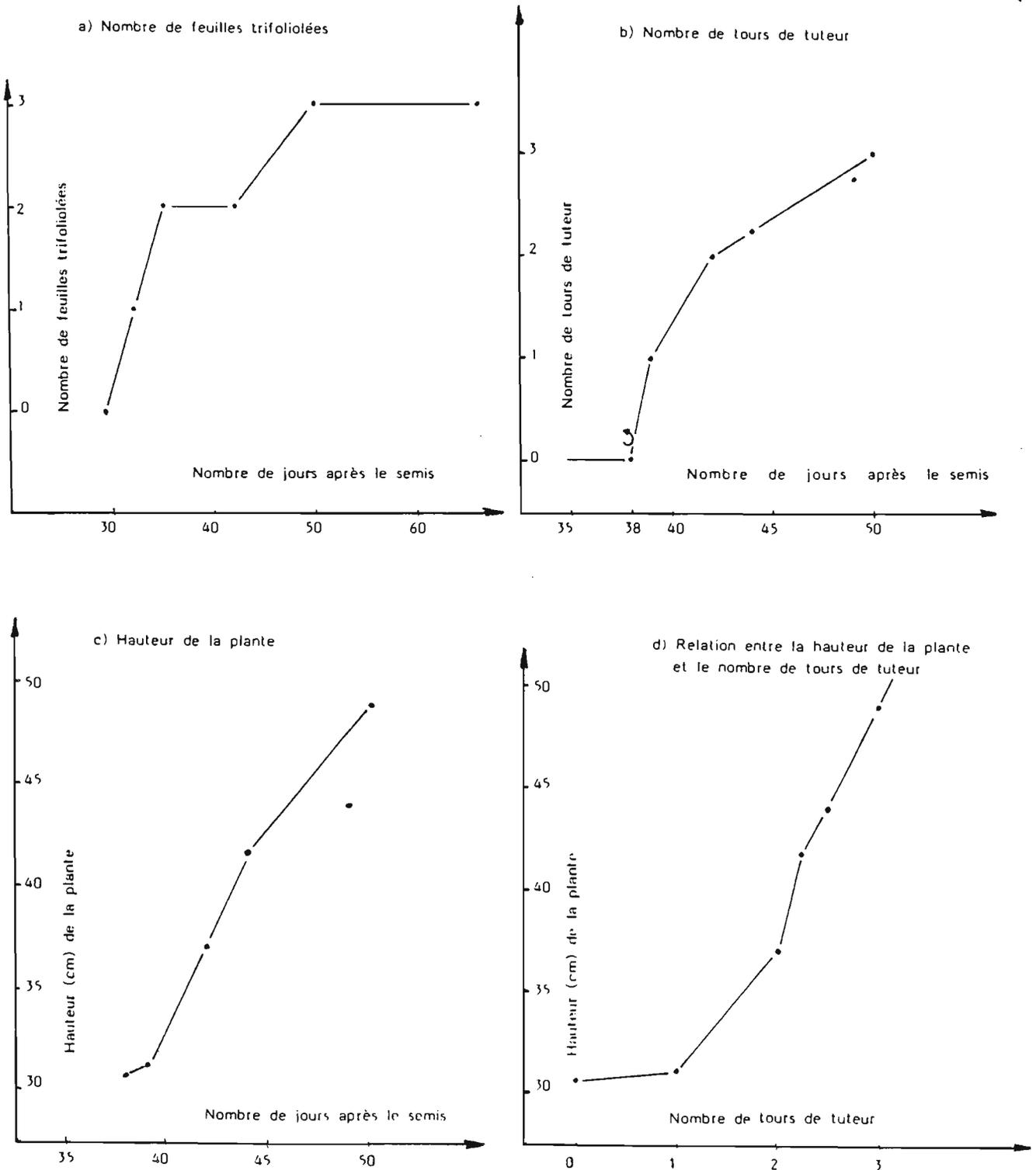


Fig. 71. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, 15°C, jour continu, 21W.m² (semis du 17.12.81, plante n°16).

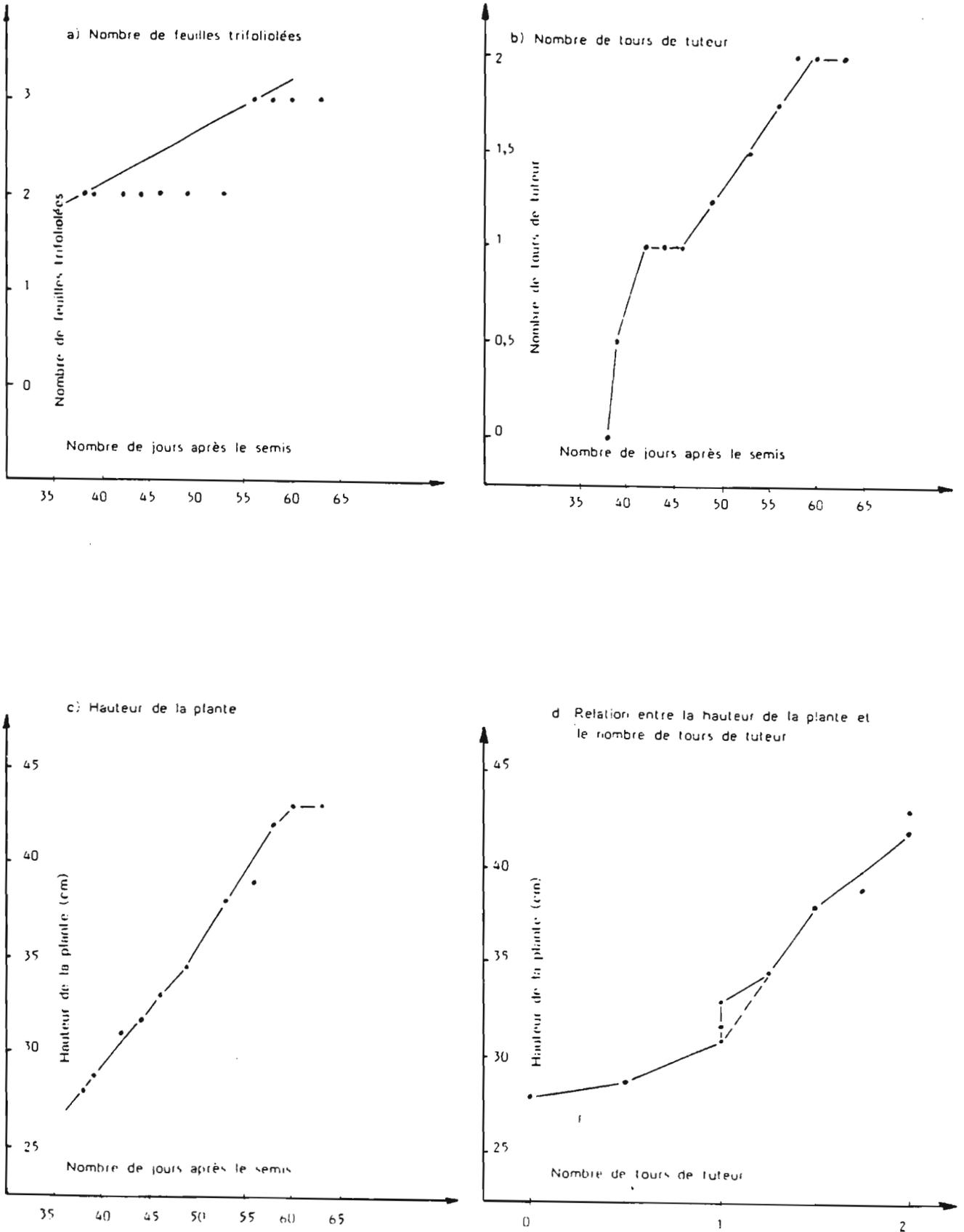


Fig. 72. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 20°C, jour continu, 21W m² (semis du 03.07.82, plante n°13).

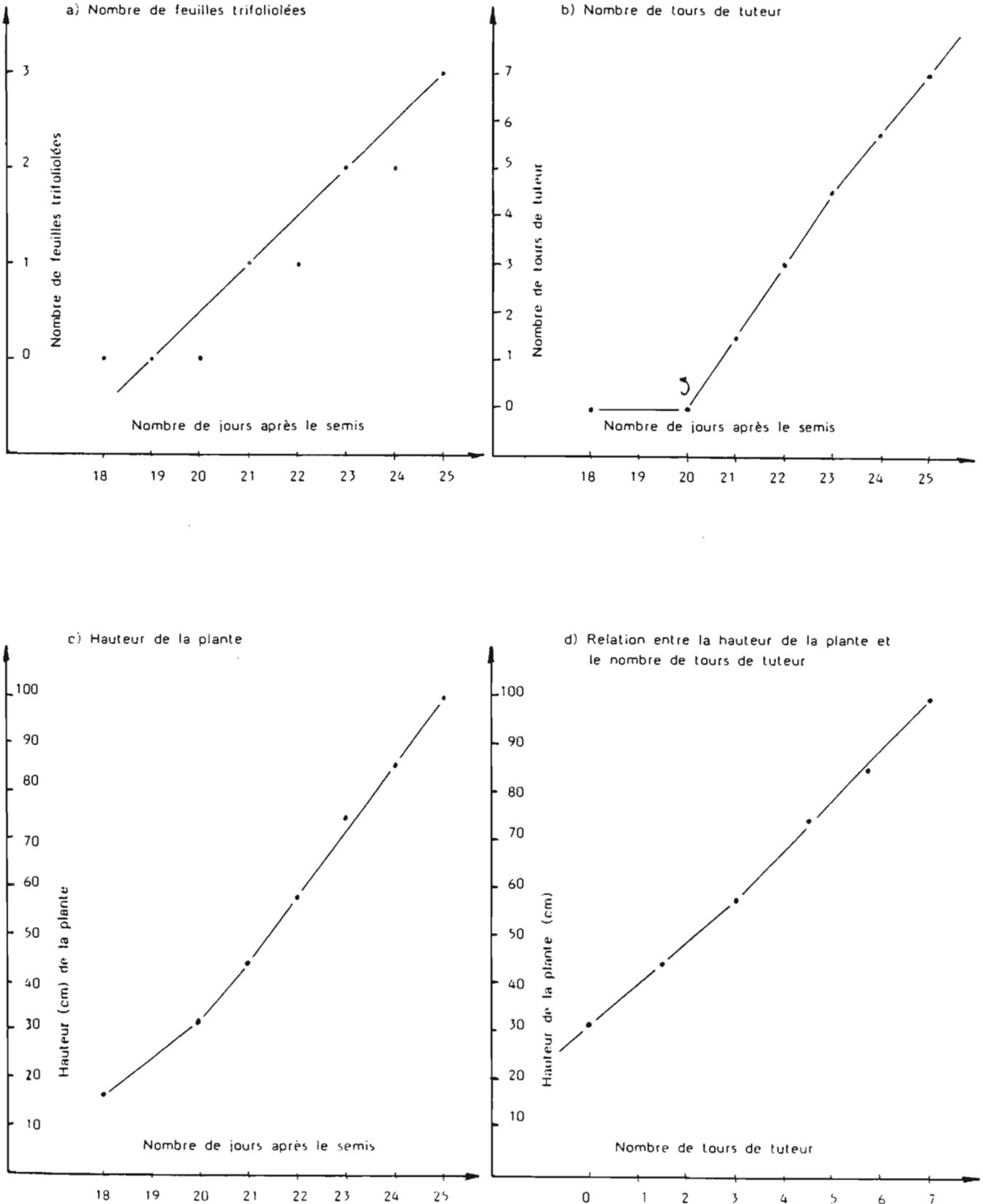


Fig. 73. Croissance et enroulement de Myrto, à 20°C, jour continu, 21W.m² (semis du 03.07.82, plante n°20).

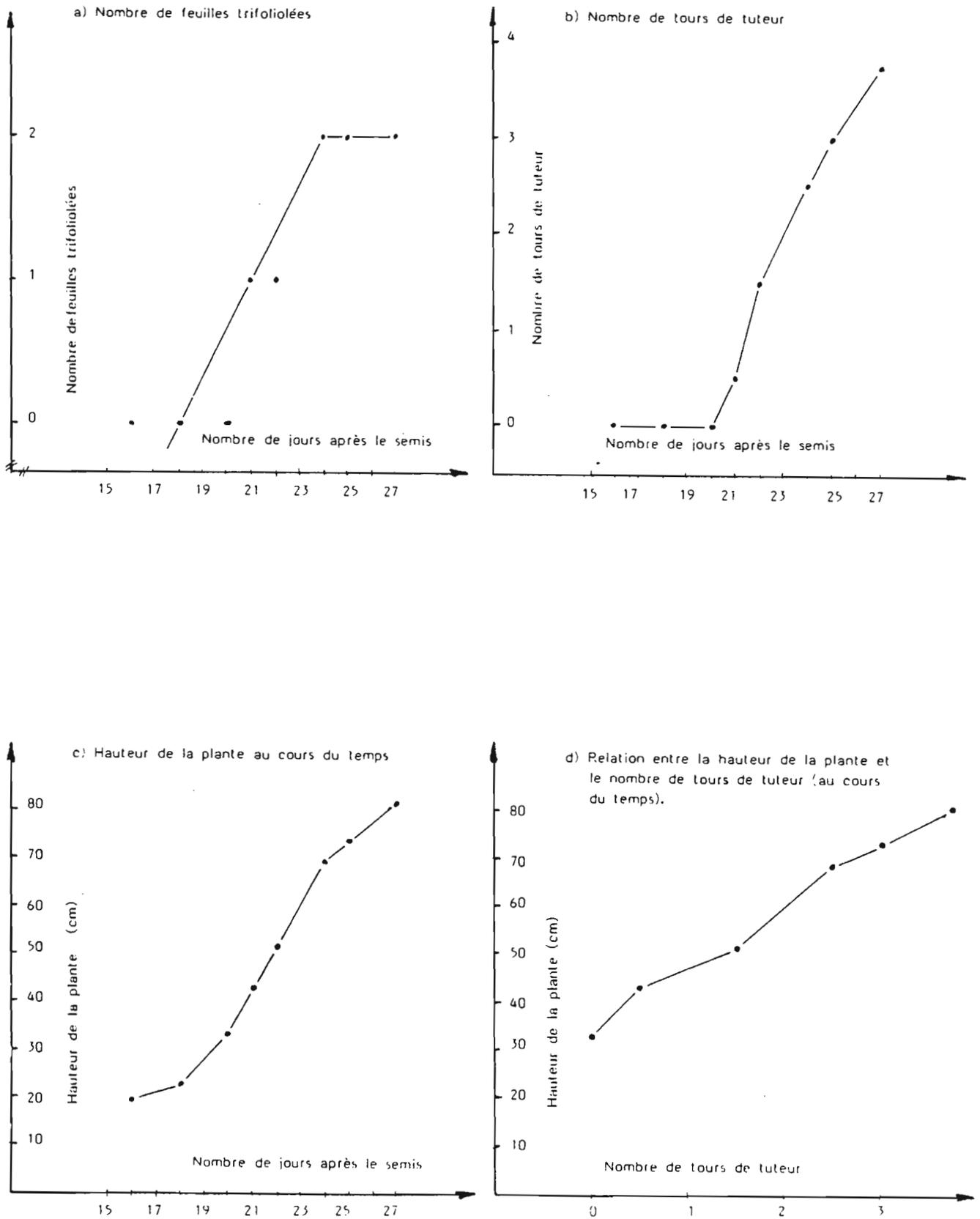


Fig. 74. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 25°C, jour continu, 21W.m² (semis du 05.06.82, plante n°16).

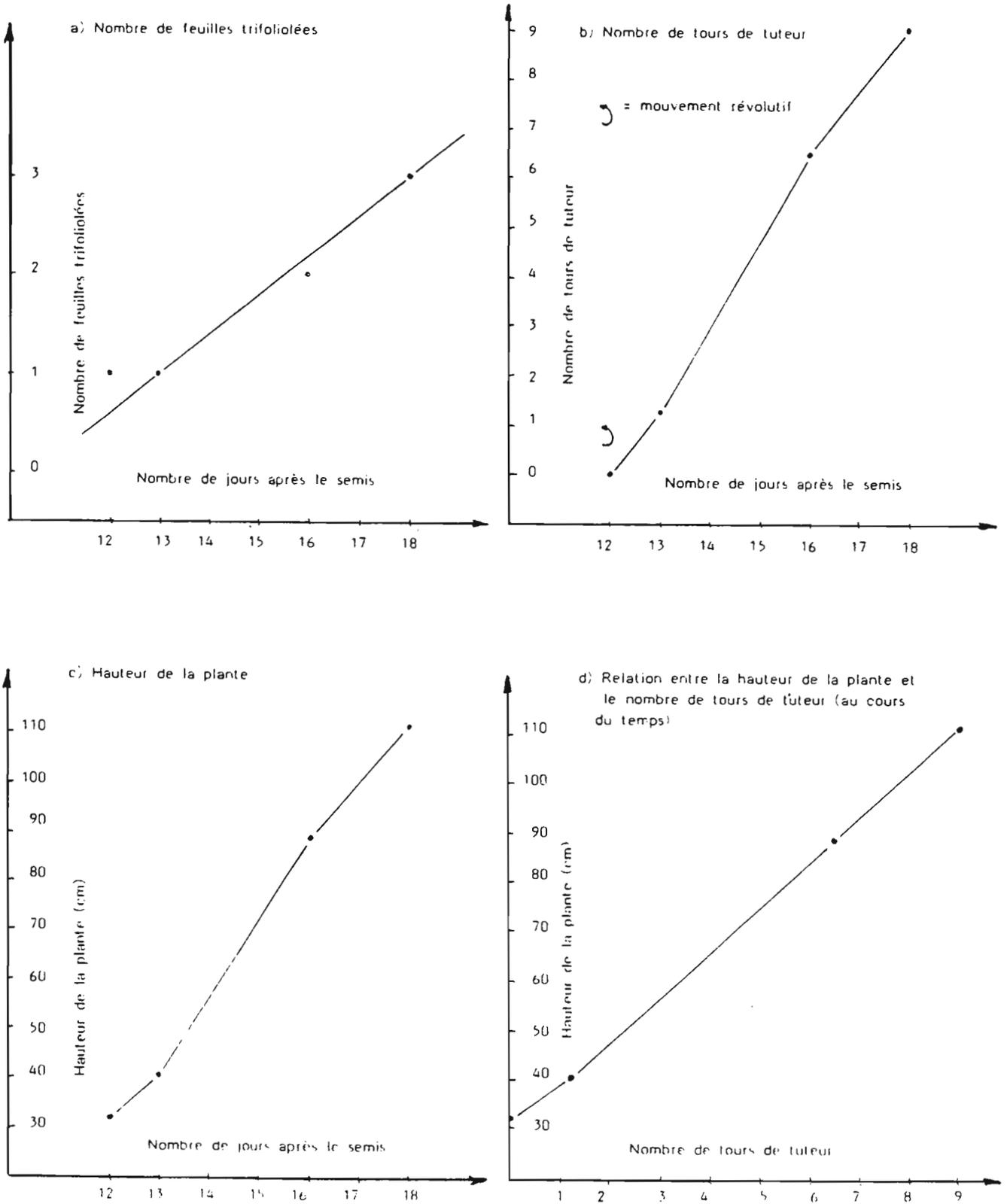


Fig. 75. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 32°/12° (16h/8h), 21W.m² [semis du 07.12.81, plante n°6 (port volubile)],

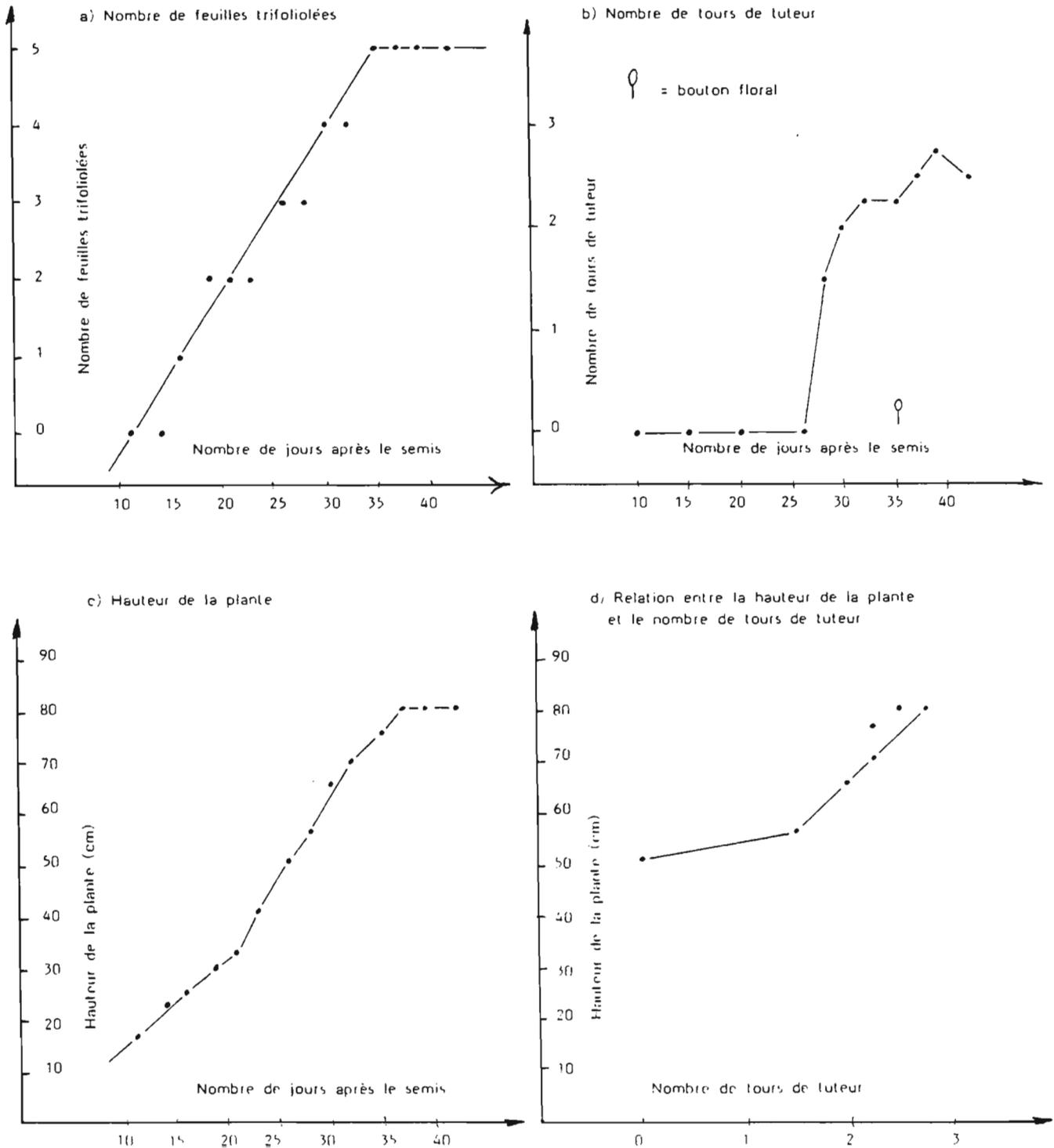


Fig. 76. Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 32°/12° (16 h/8 h) 21W.m² [semis du 07.12.81, plante n°1 (port érigé)].

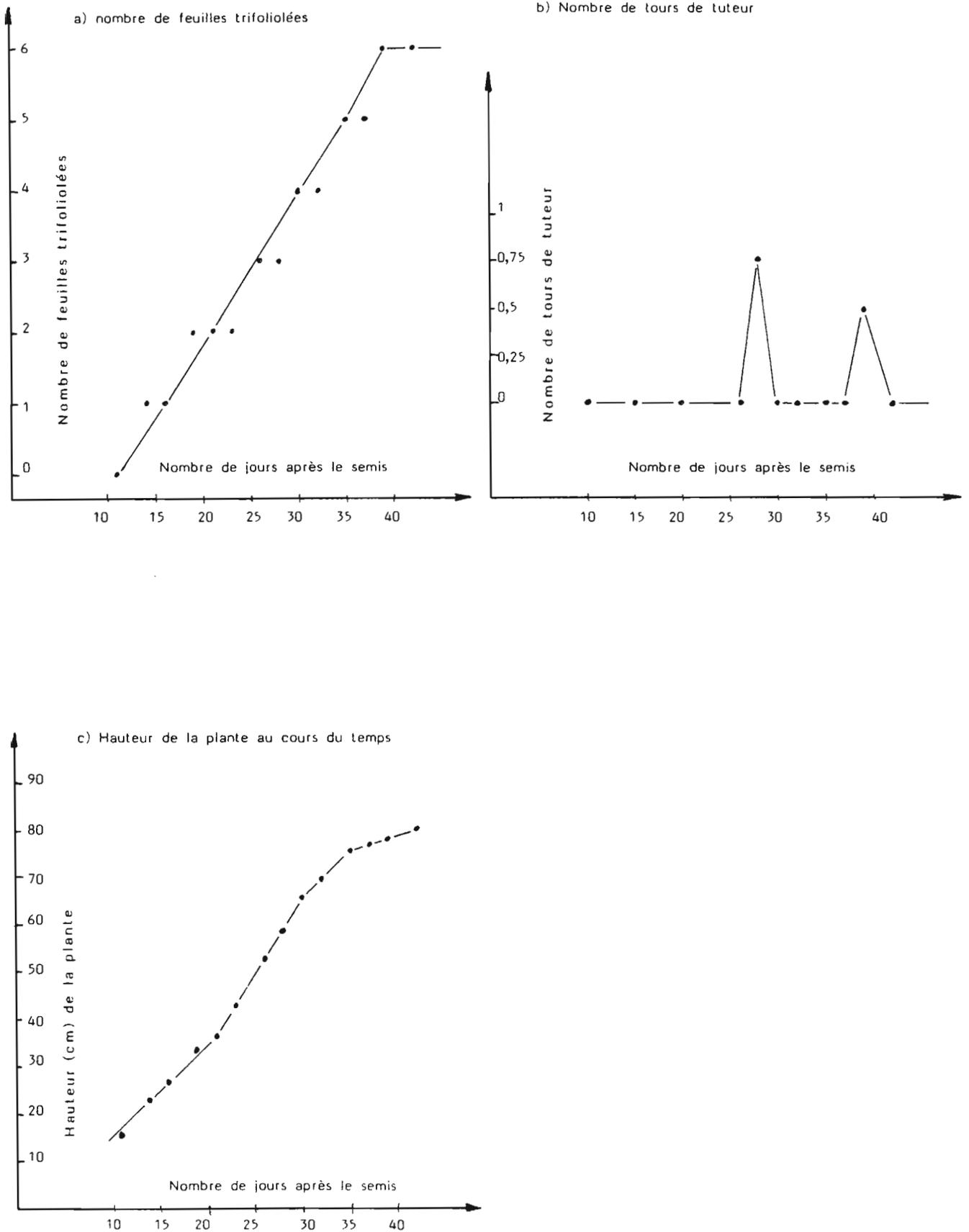
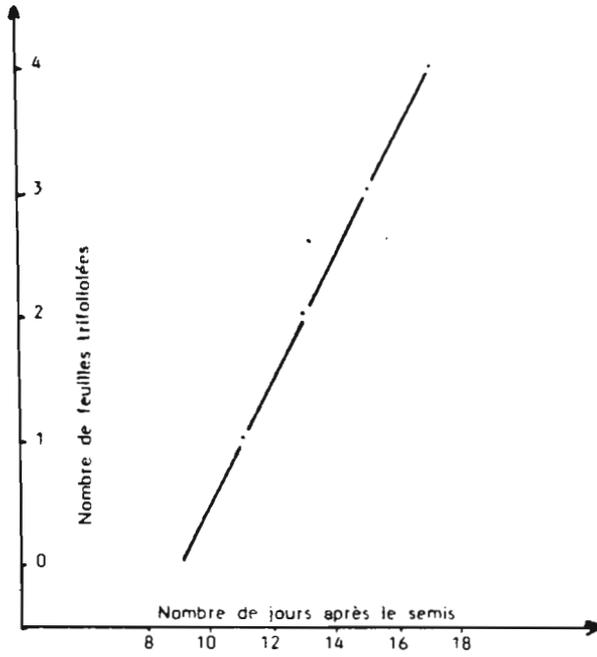
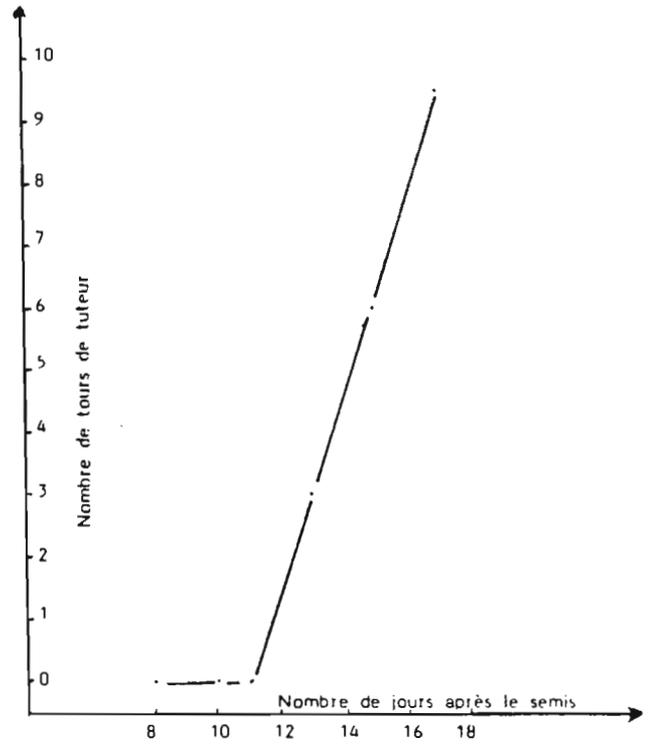


Fig. 77 - Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse, à 30°C, jour continu, 21.m⁻² : semis du 04/05/82, plante n° 1.

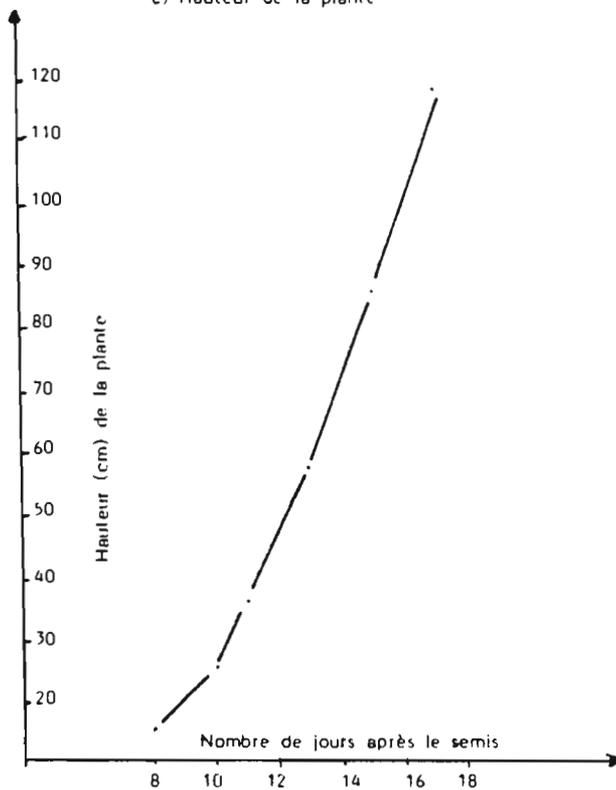
a) Nombre de feuilles trifoliolées



b) Nombre de tours de tuteur



c) Hauteur de la plante



d) Relation entre la hauteur de la plante et le nombre de tours de tuteur

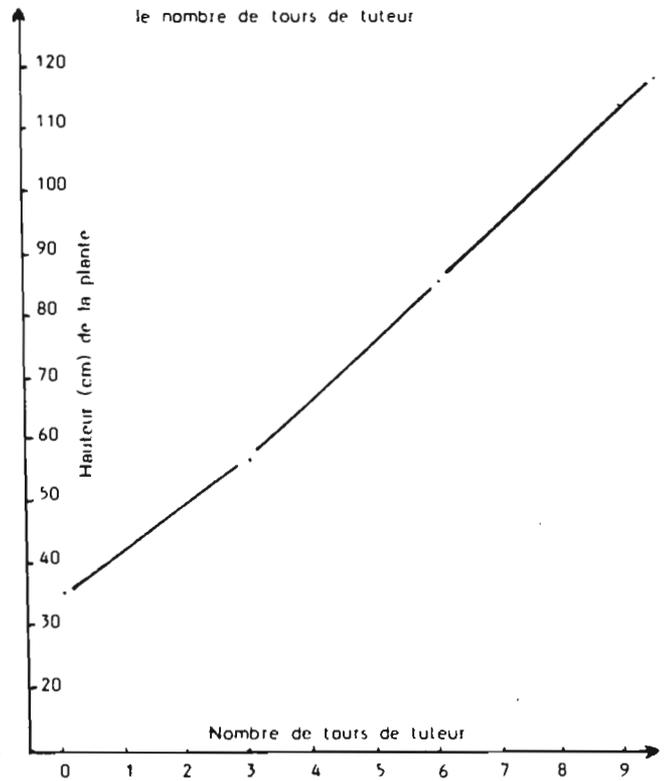


Fig. 77 - Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 30°C, jour continu, 21W.m⁻² : semis du 04/05/82, plante n° 1.

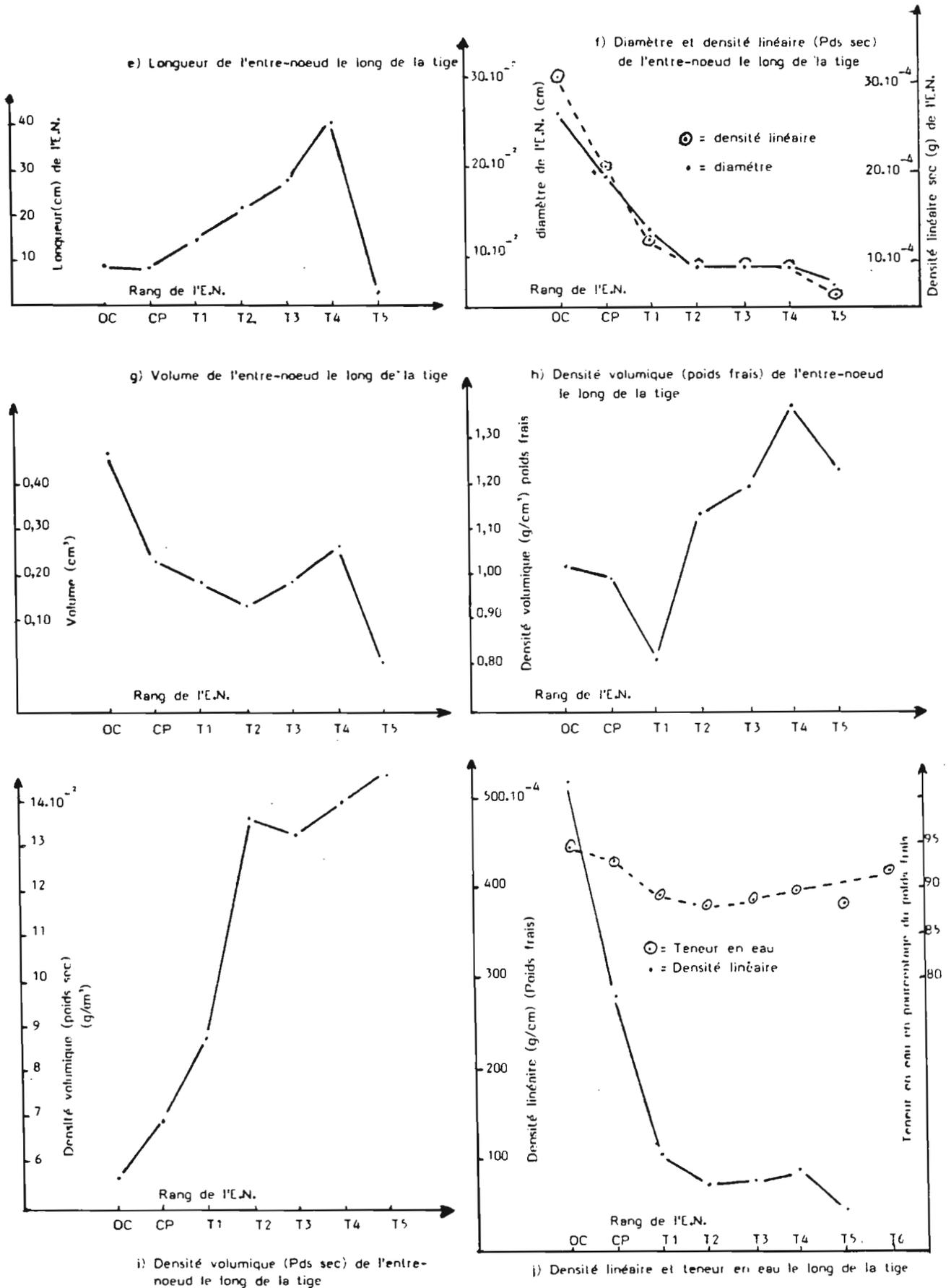


Fig. 78 - Rapport poids frais des feuilles / poids frais de la tige au cours du temps chez Mangetout Princesse.

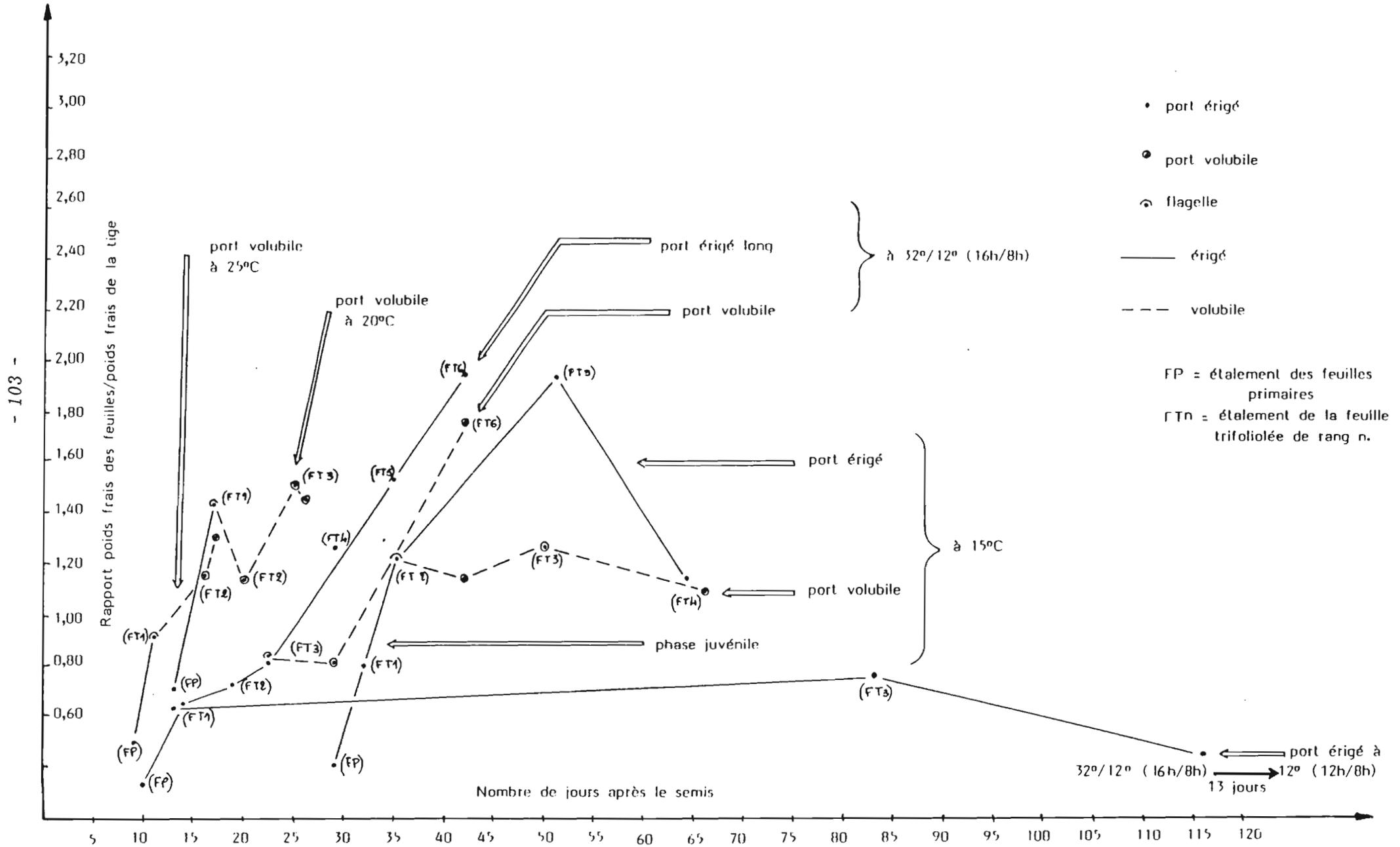


Fig. 79 - Rapport poids frais des feuilles/poids frais de la tige au cours du temps chez Myrto et Coco nain.

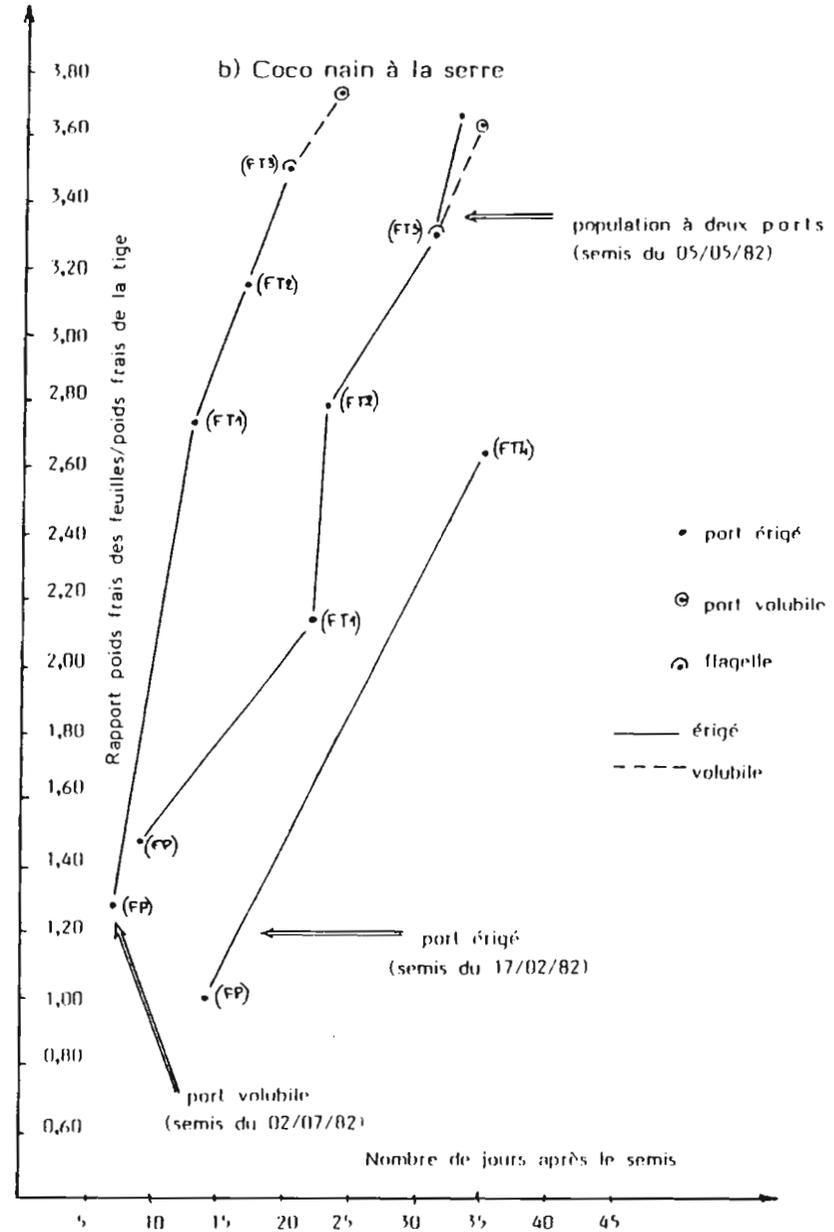
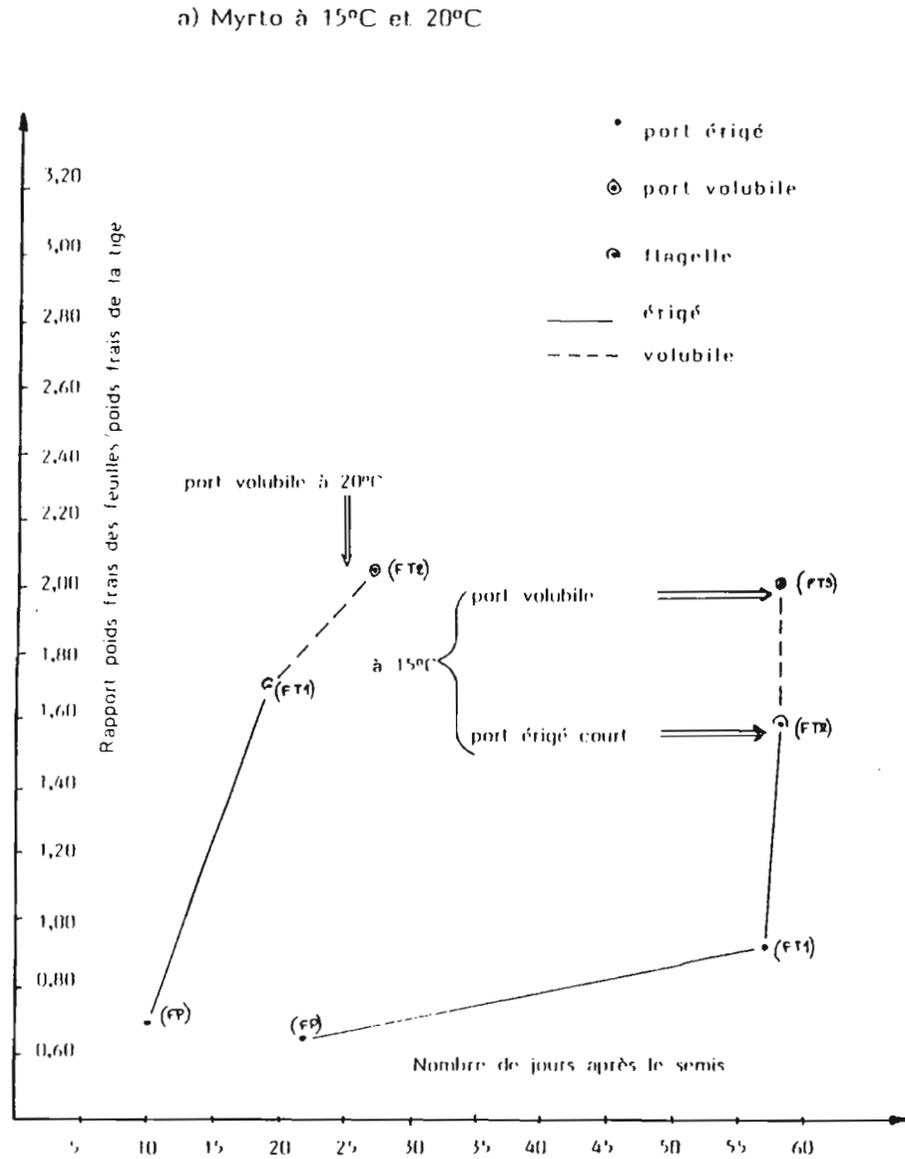


Fig. 80 - Vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles au cours du temps chez Mangetout Princesse.

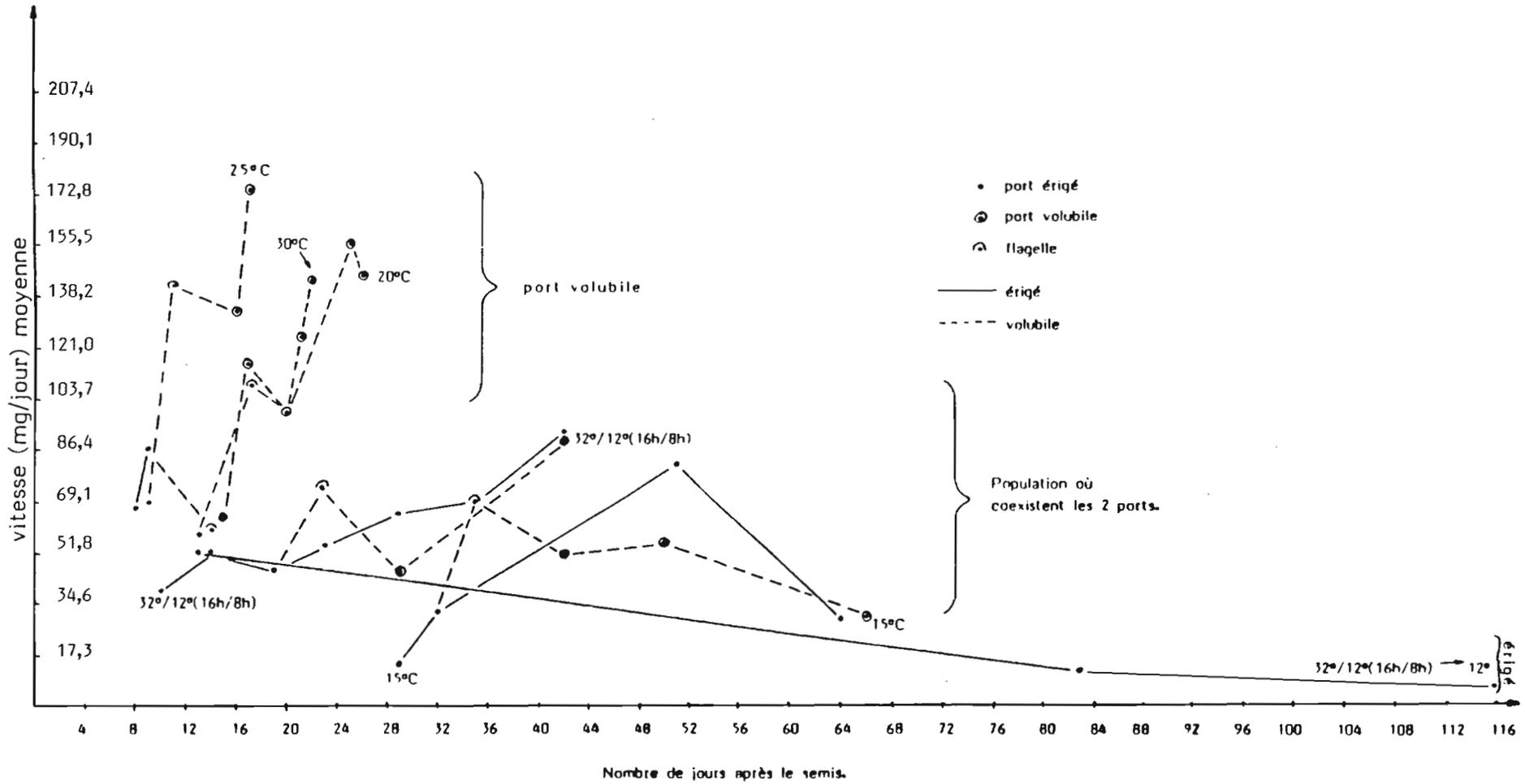


Figure 81 : Caractéristiques de la demi-ellipse d'"enroulement" chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés (diamètre tuteur + tige = 0,41 cm)

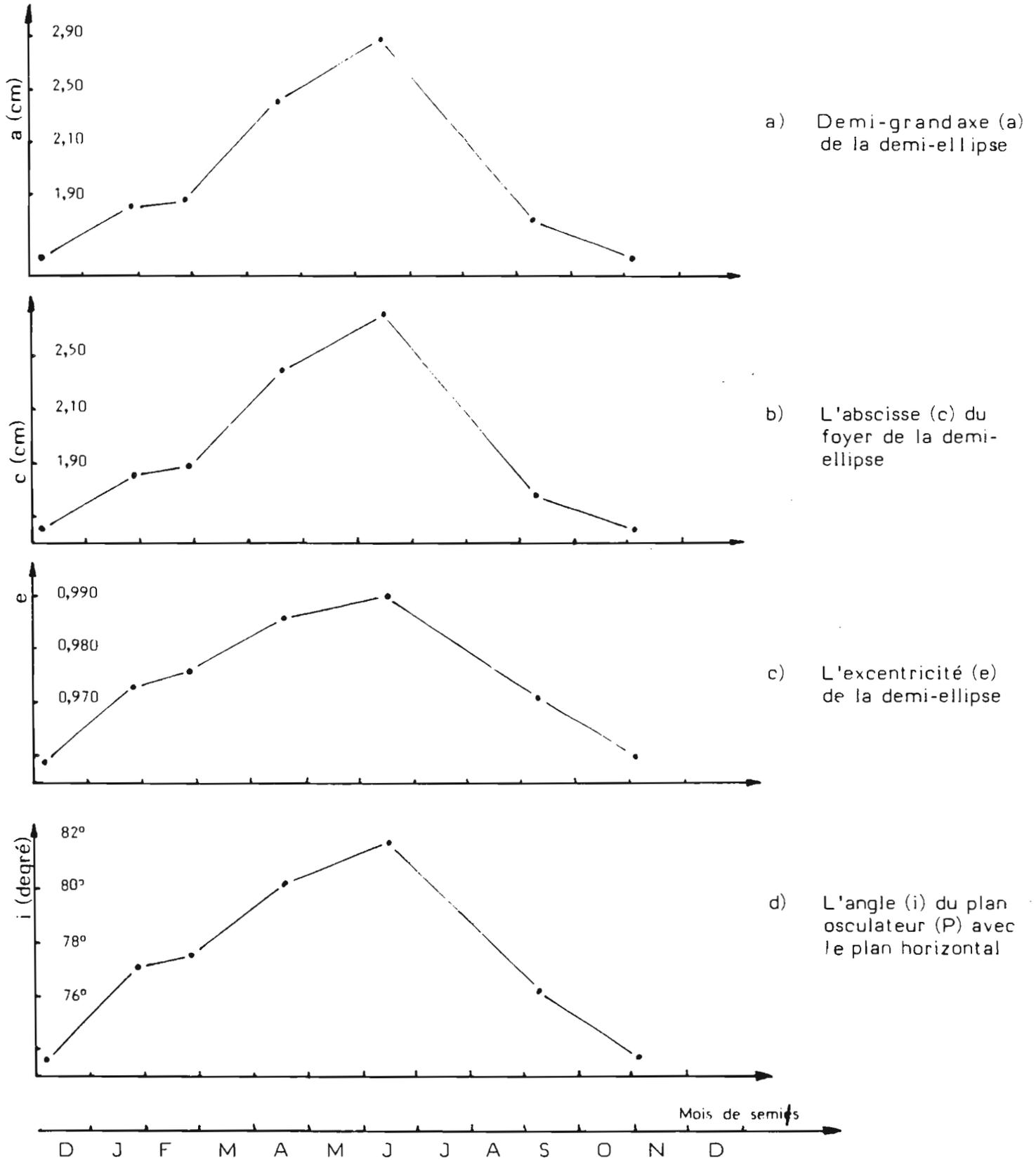


Figure 82 : Paramètres de la croissance et de l' "enroulement" chez Coco à rames à la serre en semis échelonnés

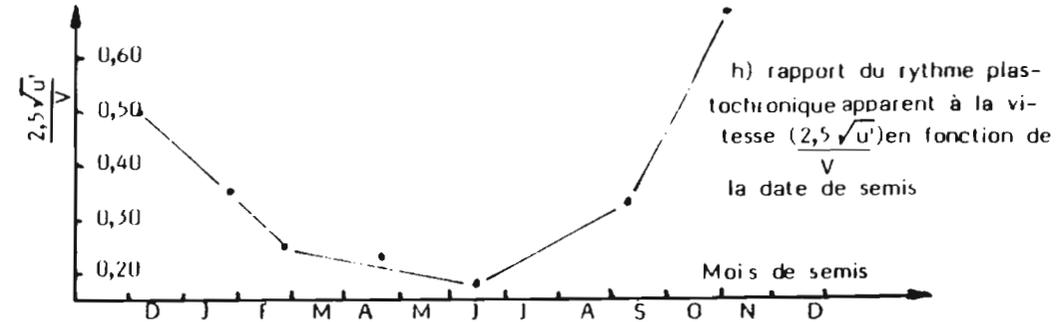
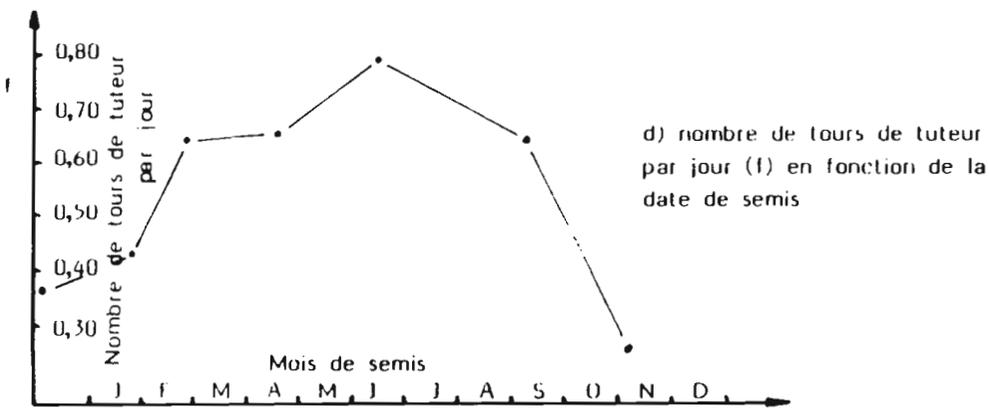
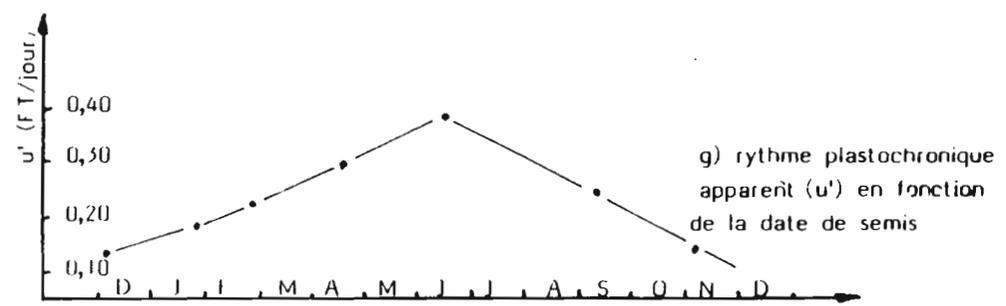
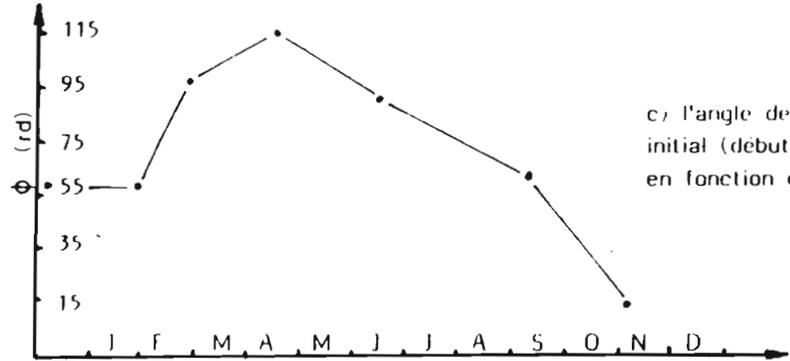
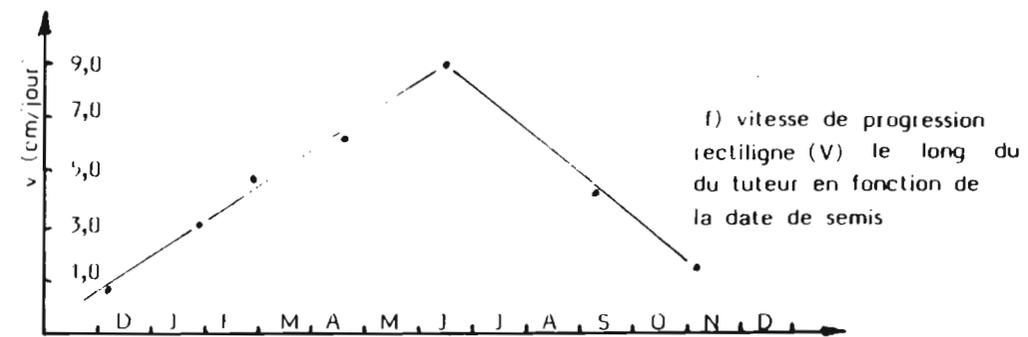
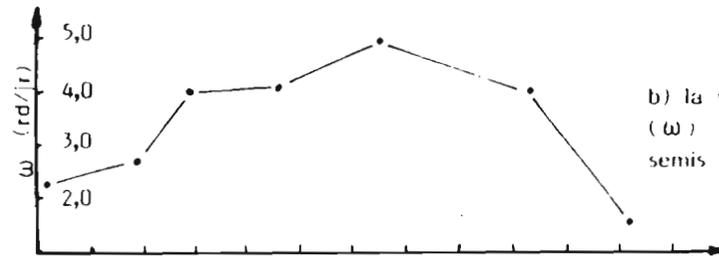
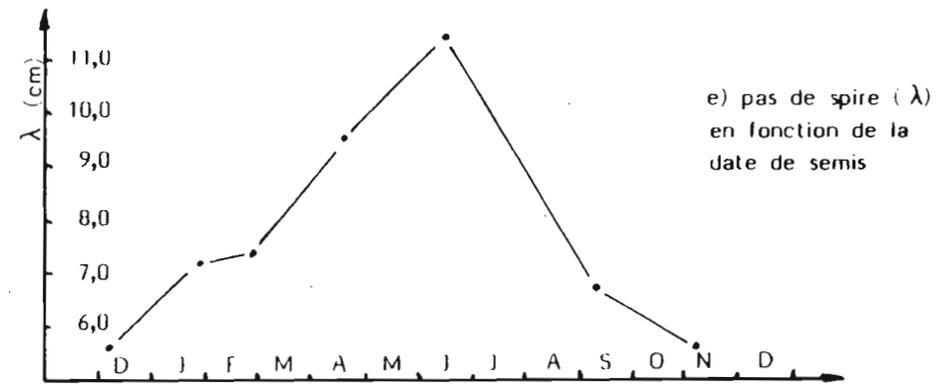
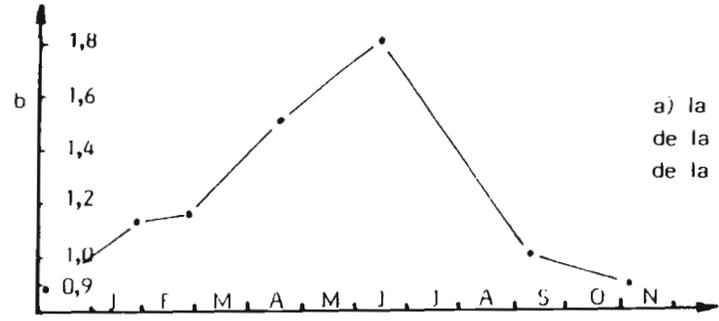


Figure 83 : Caractéristiques de la demi-ellipse d' "enroulement" chez Mangetout Princesse cultivé entre 20°C et 32°C, en jour continu, 21 W.m⁻²

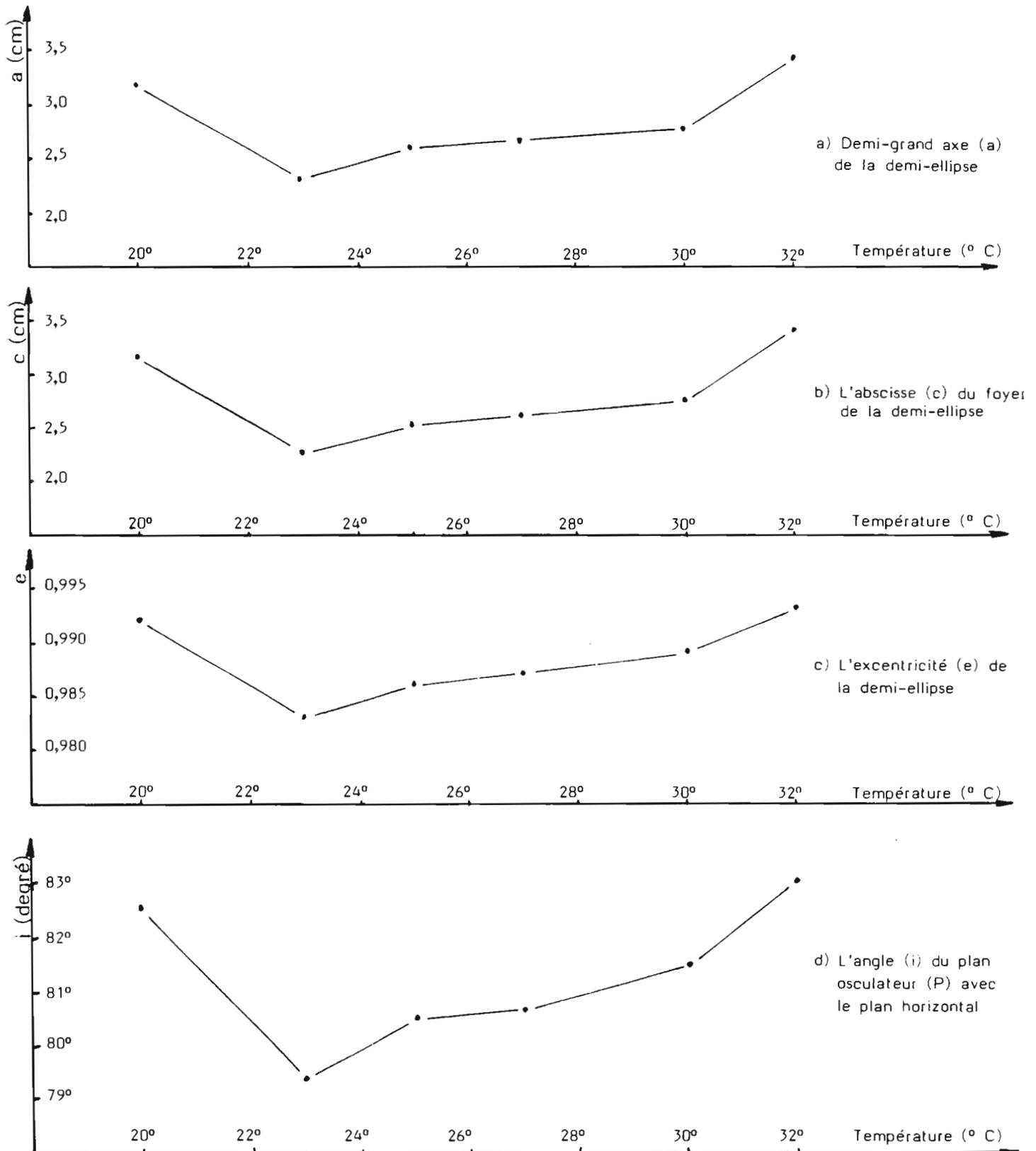


Figure 84 : Paramètres de la croissance et de l' "enroulement" chez Mangelout Princesse cultivé entre 20° et 32°, en jour continu, 21 W.m⁻²

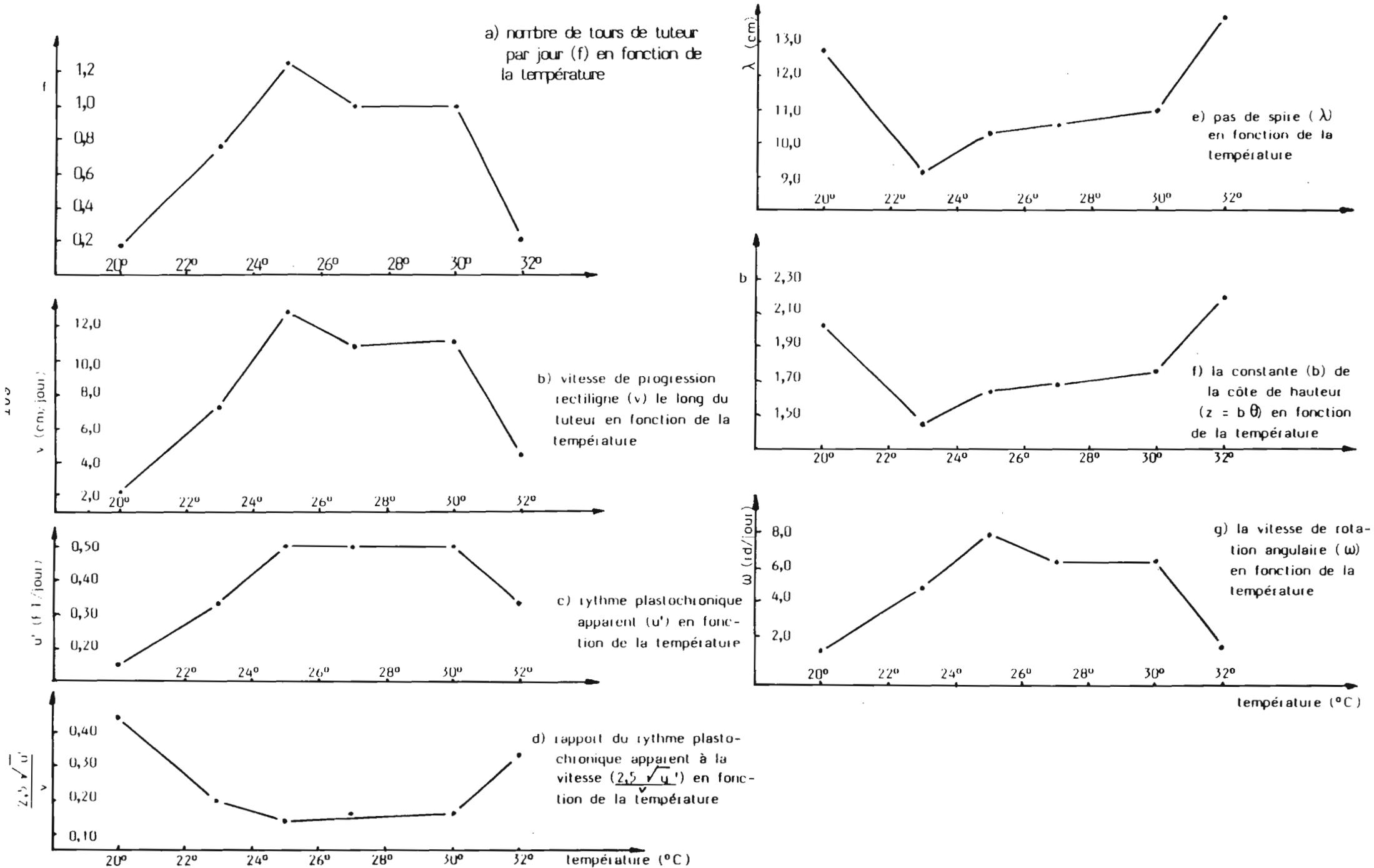
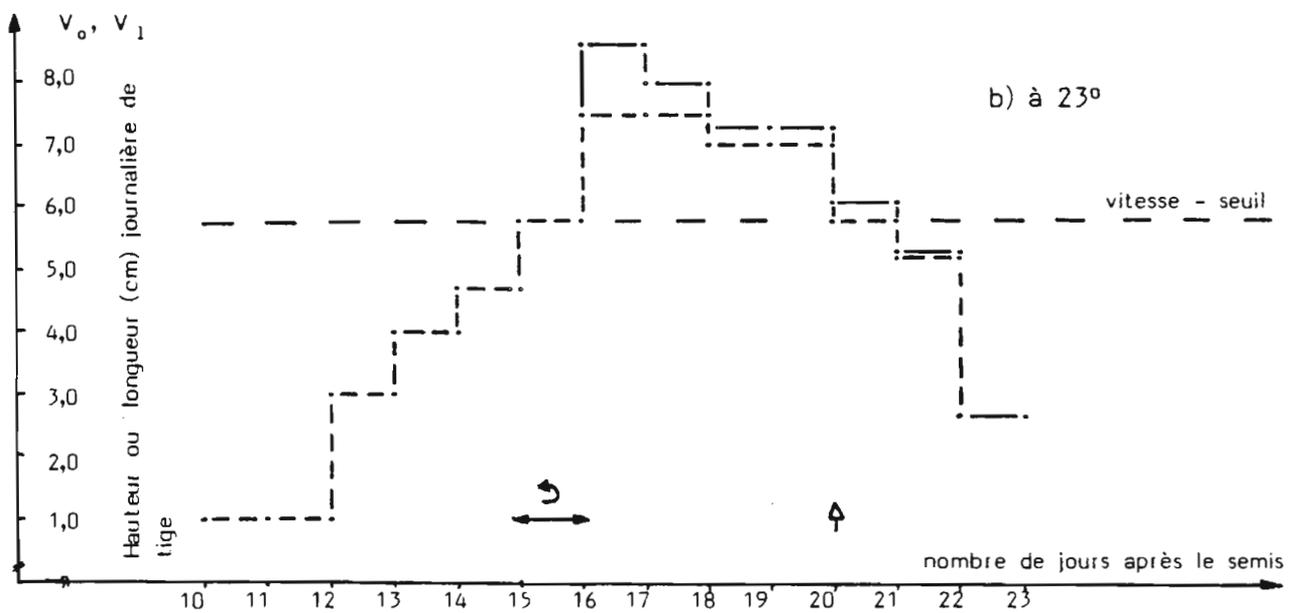
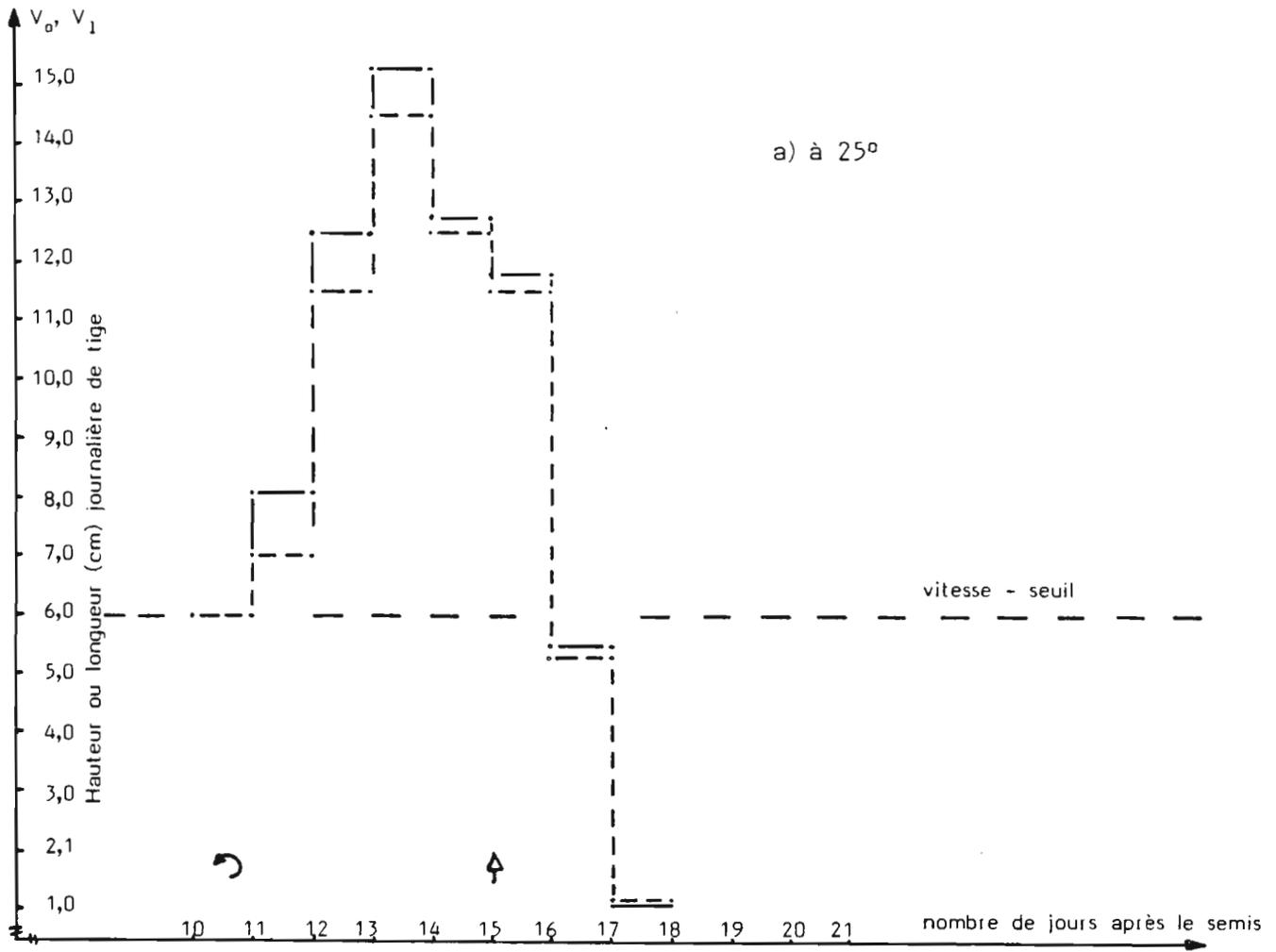


Figure 85: Comparaison des vitesses de croissance longitudinale et de progression rectiligne le long du tuteur chez Mangetout Princesse, en jour continu, 21 W.m^{-2}



- ↻ = mouvement révolutif puis contact avec le tuteur
- ↑ = apparition (à l'oeil nu) du bourgeon floral
- = longueur journalière de tige (= V_1)
- - - = hauteur journalière de tige (= V_0)

Figure 86 : Influence de la température sur la vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles chez Mangetout Princesse

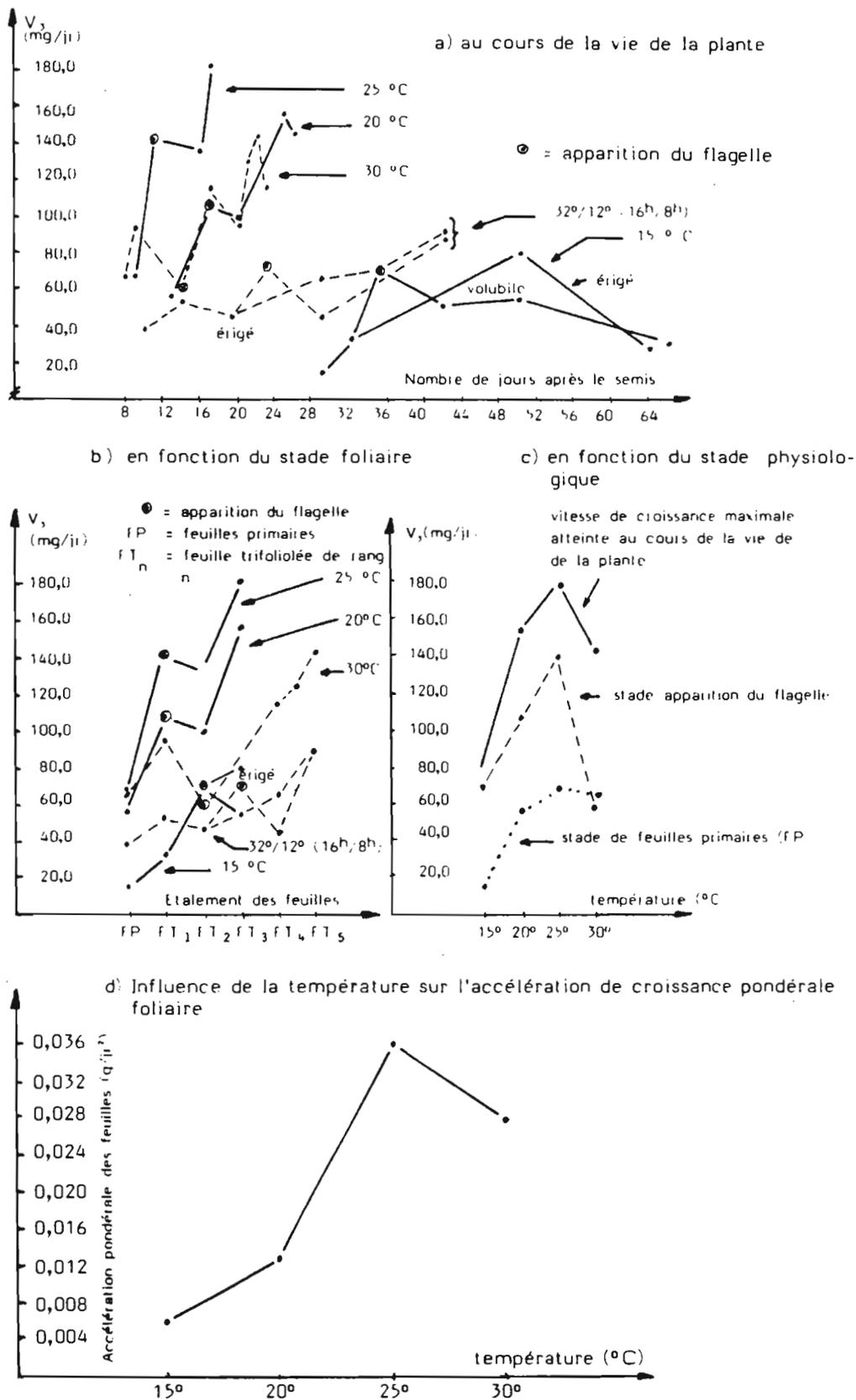
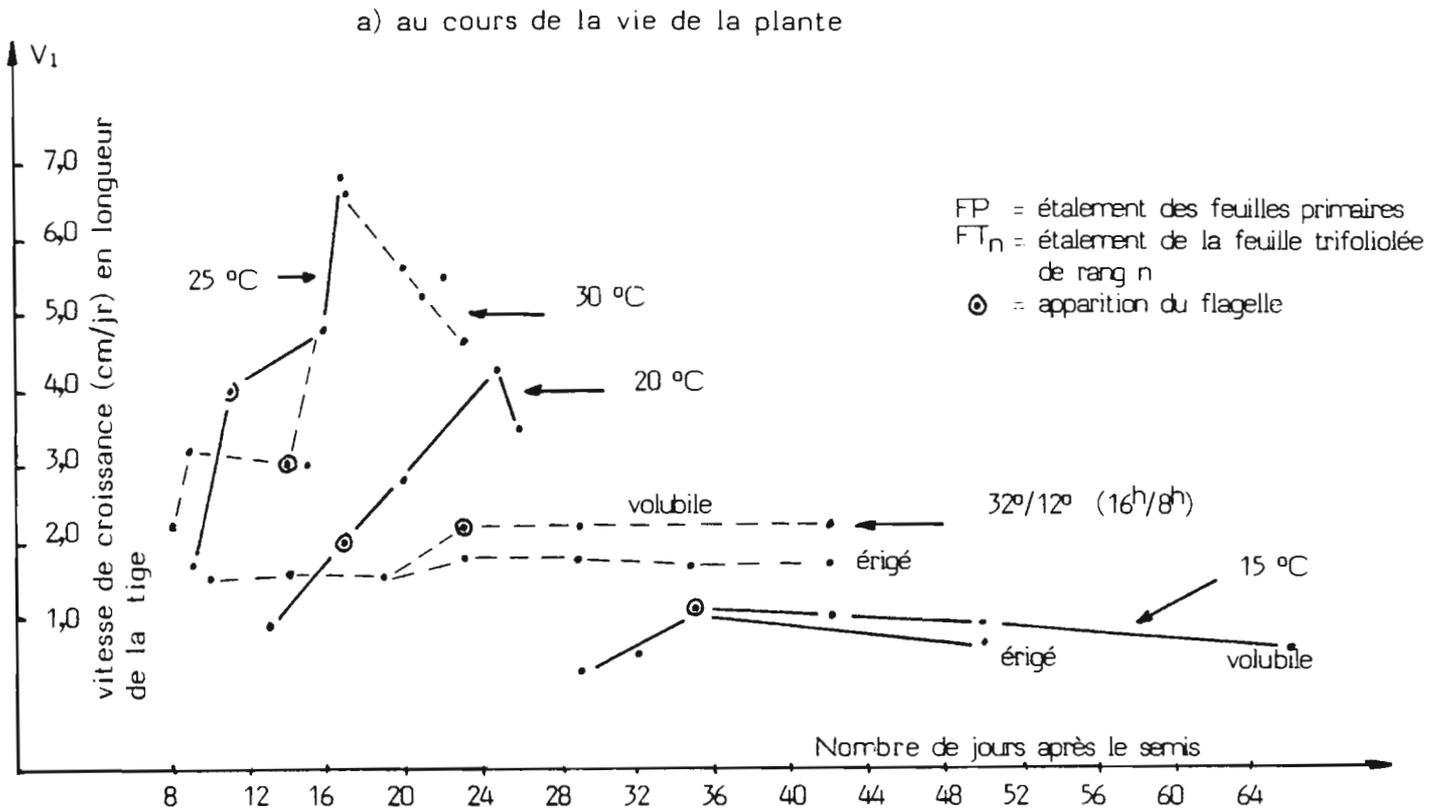


Figure 87 : Influence de la température sur la vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige chez Mangetout Princesse



b) en fonction du stade foliaire

c) en fonction du stade physiologique

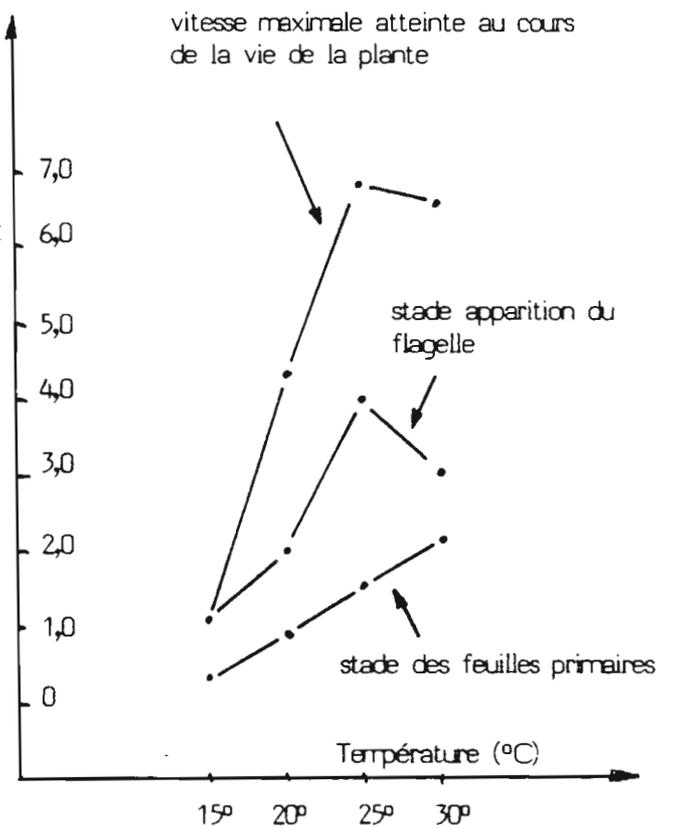
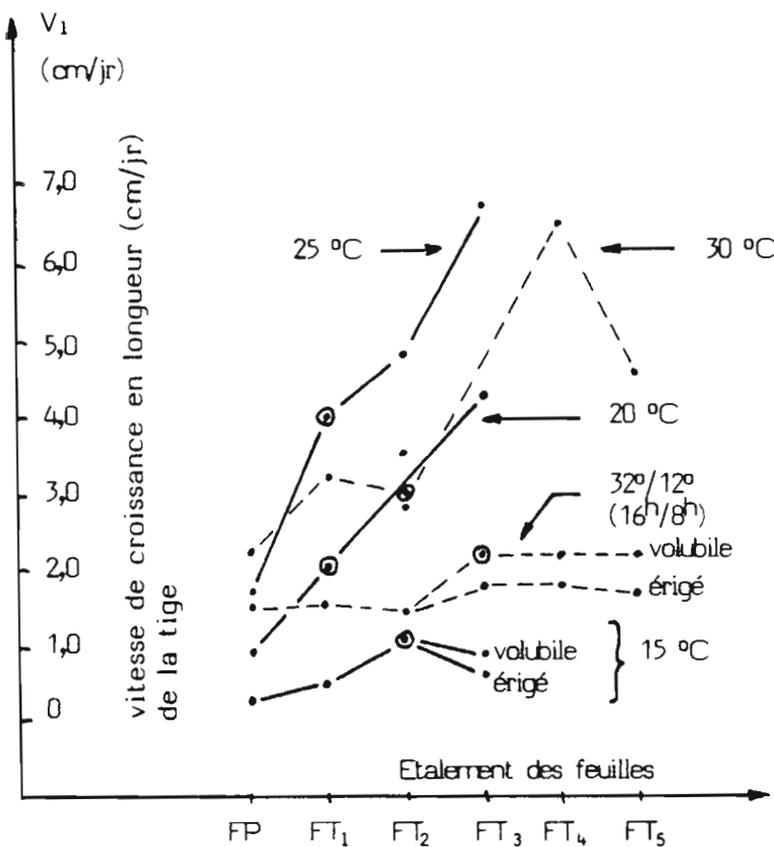


Figure 88 : Influence de la température sur la vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige chez Mangetout Princesse

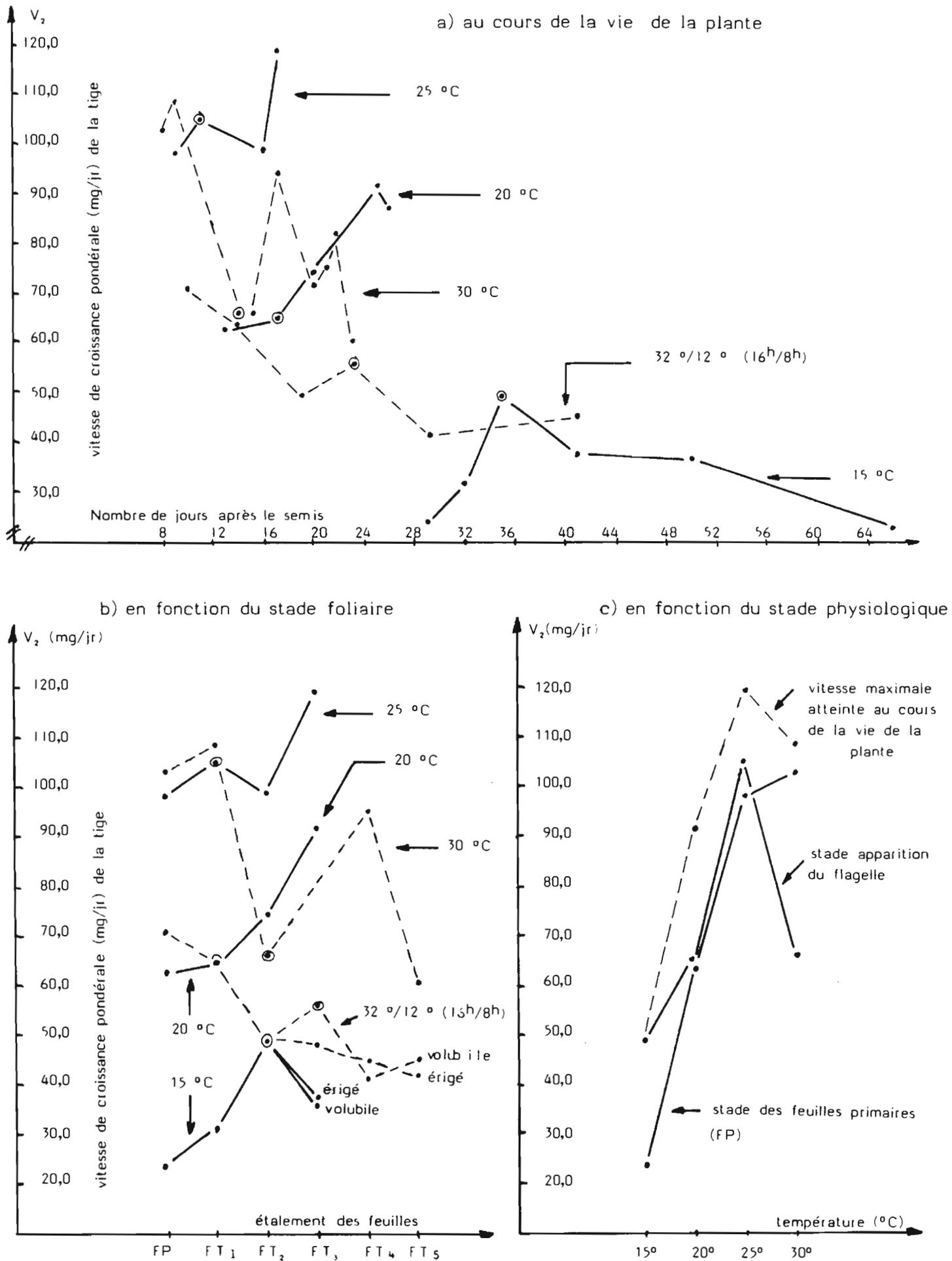
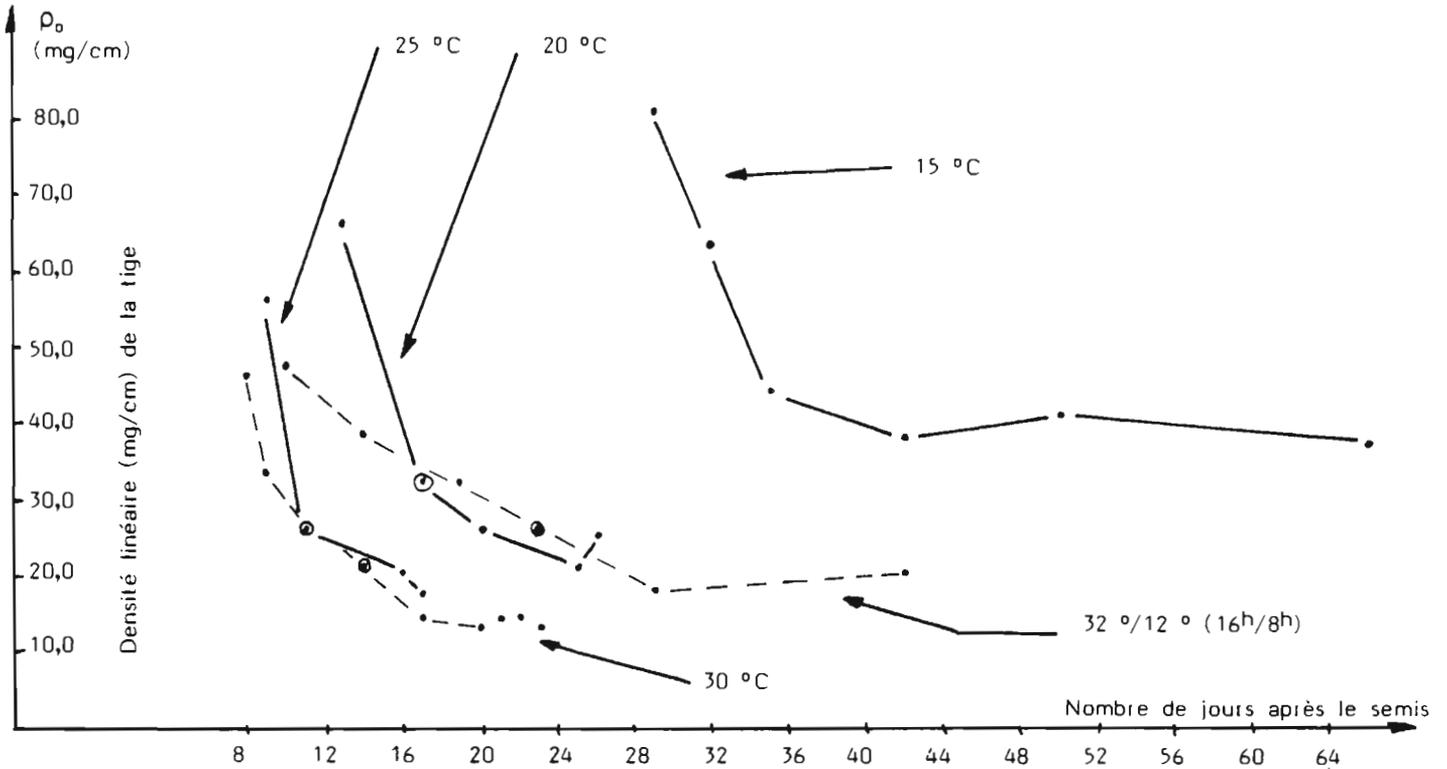


Figure 89 : Influence de la température sur la densité linéaire moyenne de la tige chez Mangetout Princesse

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire

c) en fonction du stade physiologique

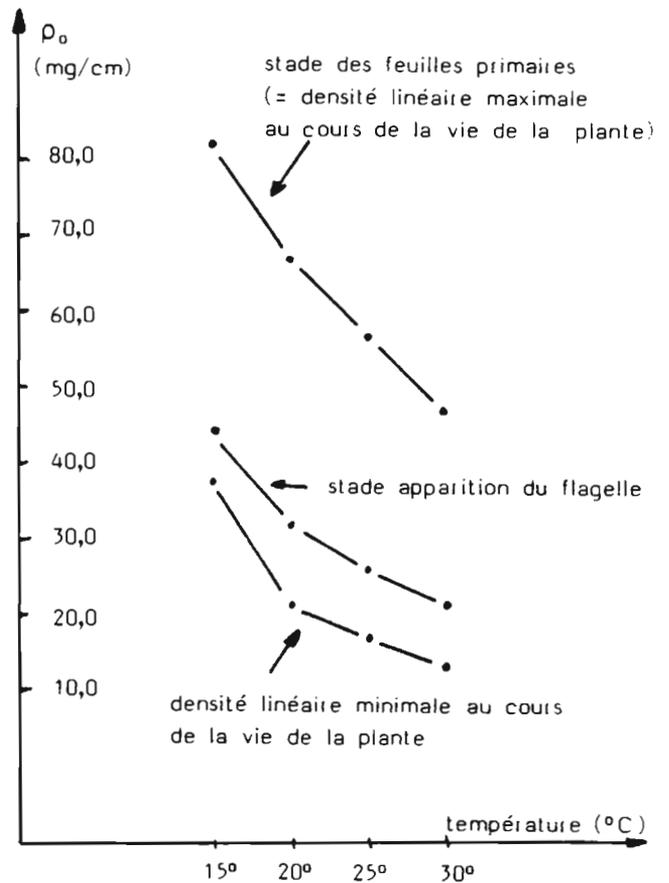
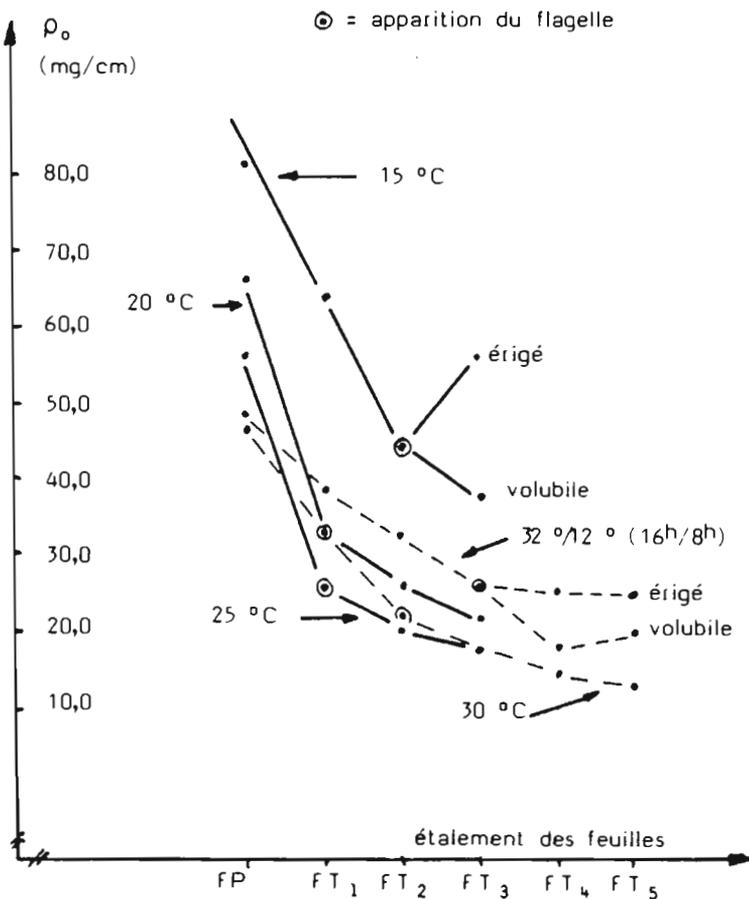
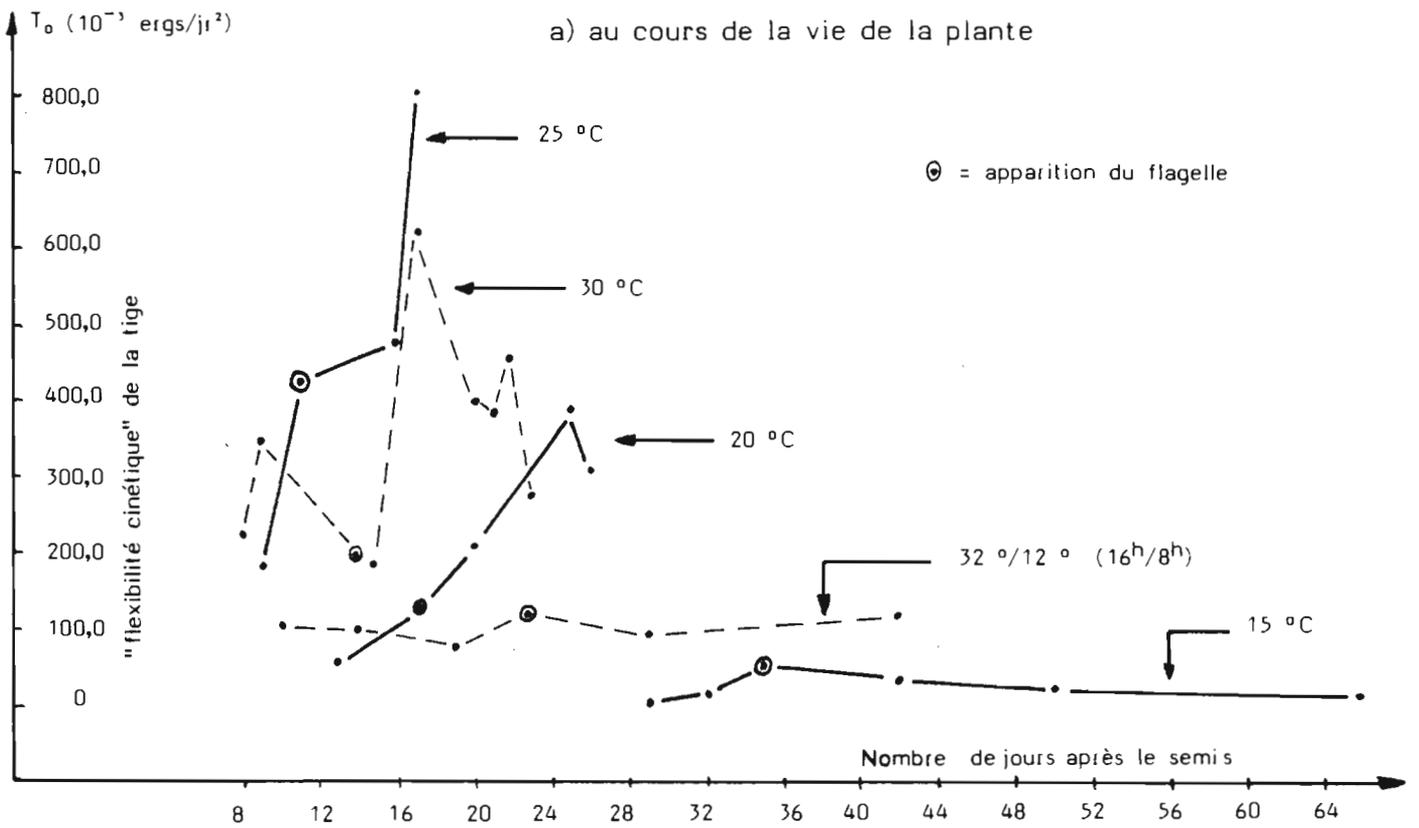


Figure 90 : Influence de la température sur la "flexibilité cinétique" moyenne de la tige chez Mangetout Princesse



b) en fonction du stade foliaire

c) en fonction du stade physiologique

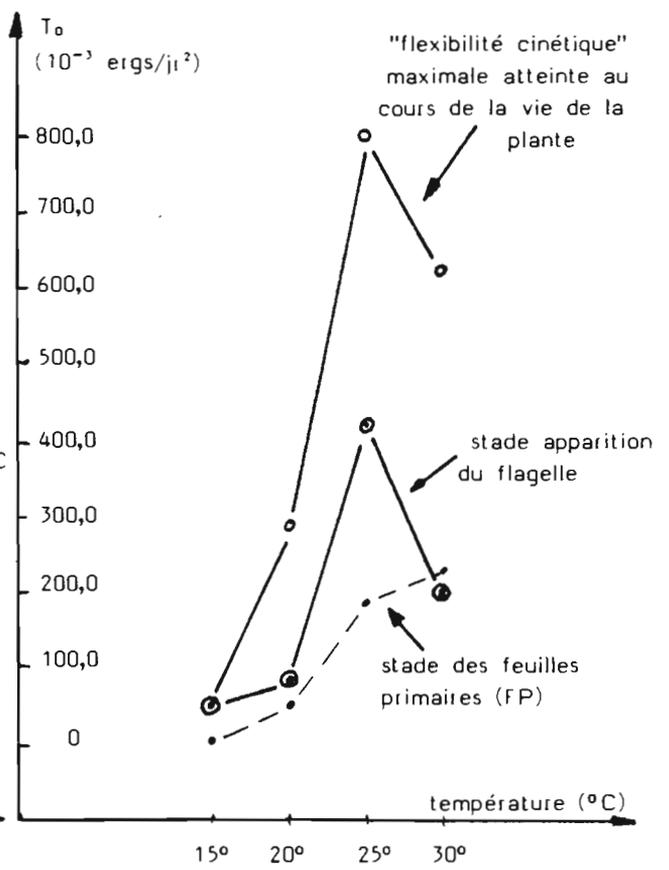
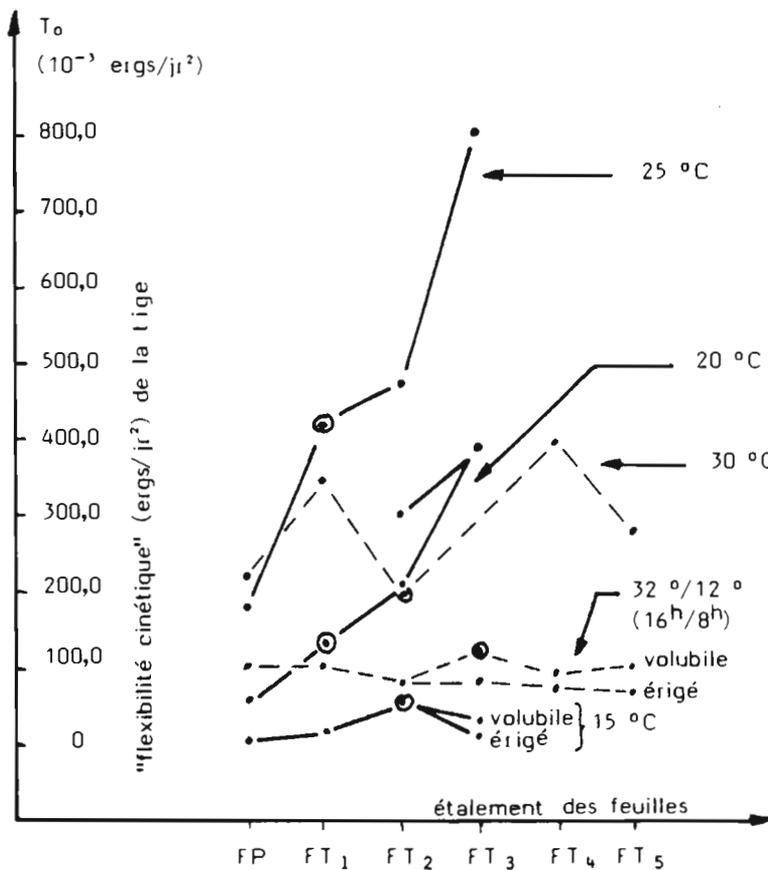


Figure 91 : Comparaison chez Mangetout Princesse des paramètres pondéraux de la vitesse de croissance dans deux populations, l'une entière érigée, l'autre mixte.

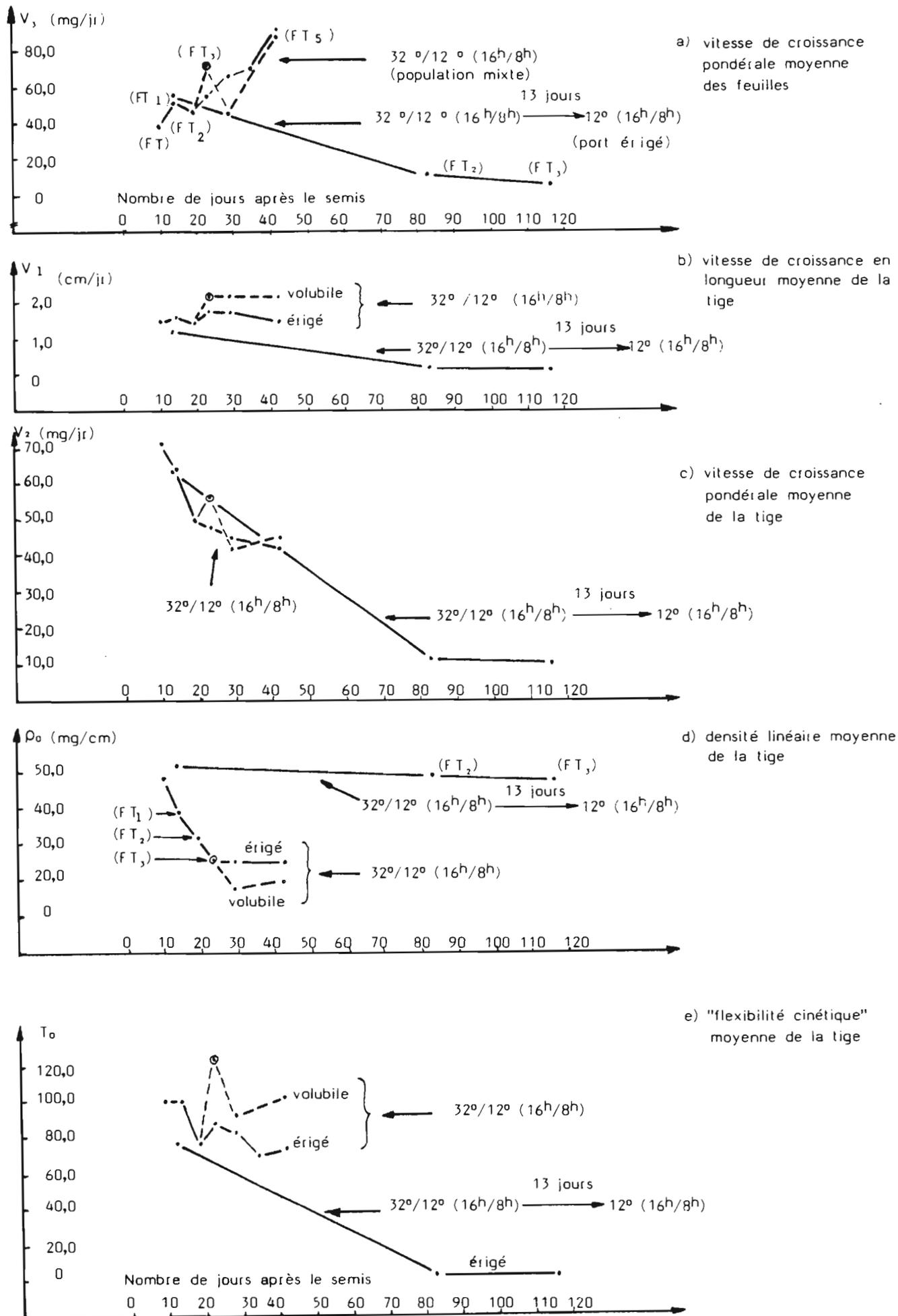
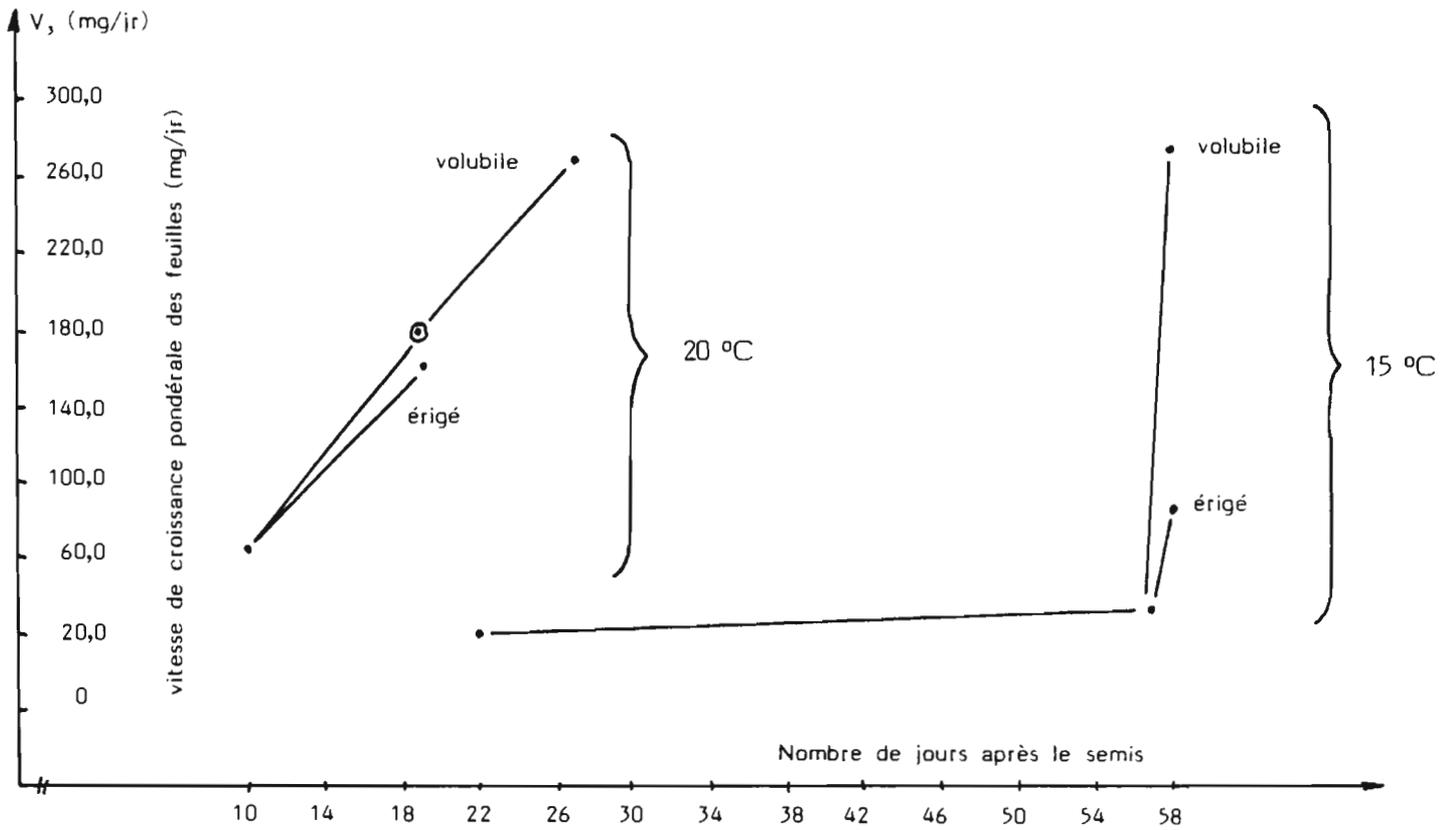
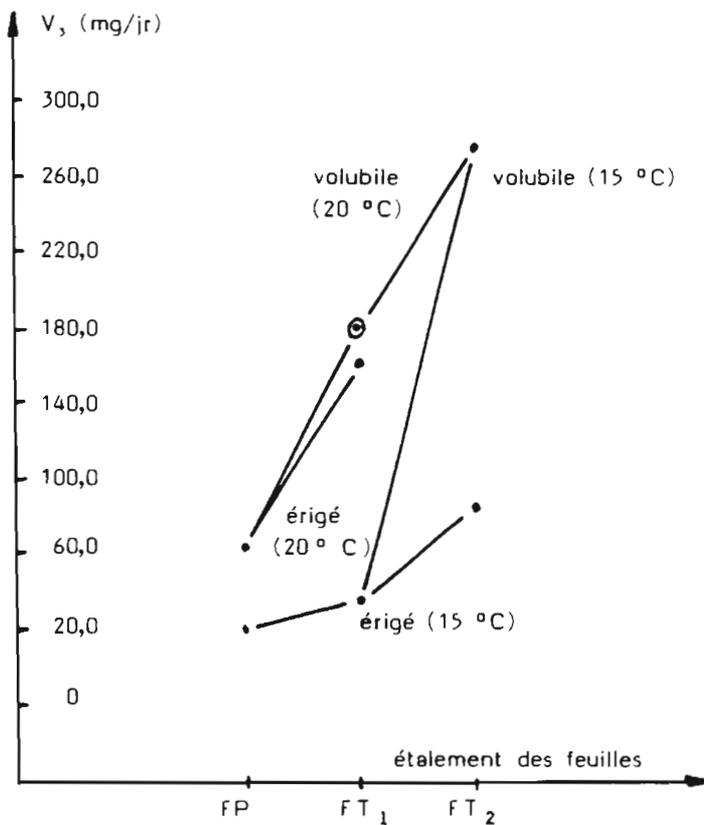


Figure 92 : Influence de la température sur la vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles chez Myrto

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

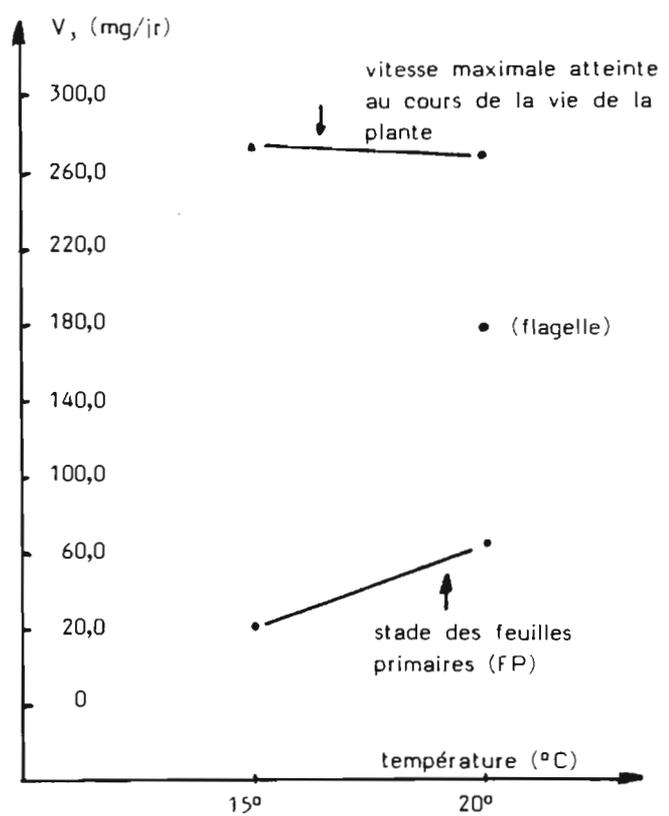
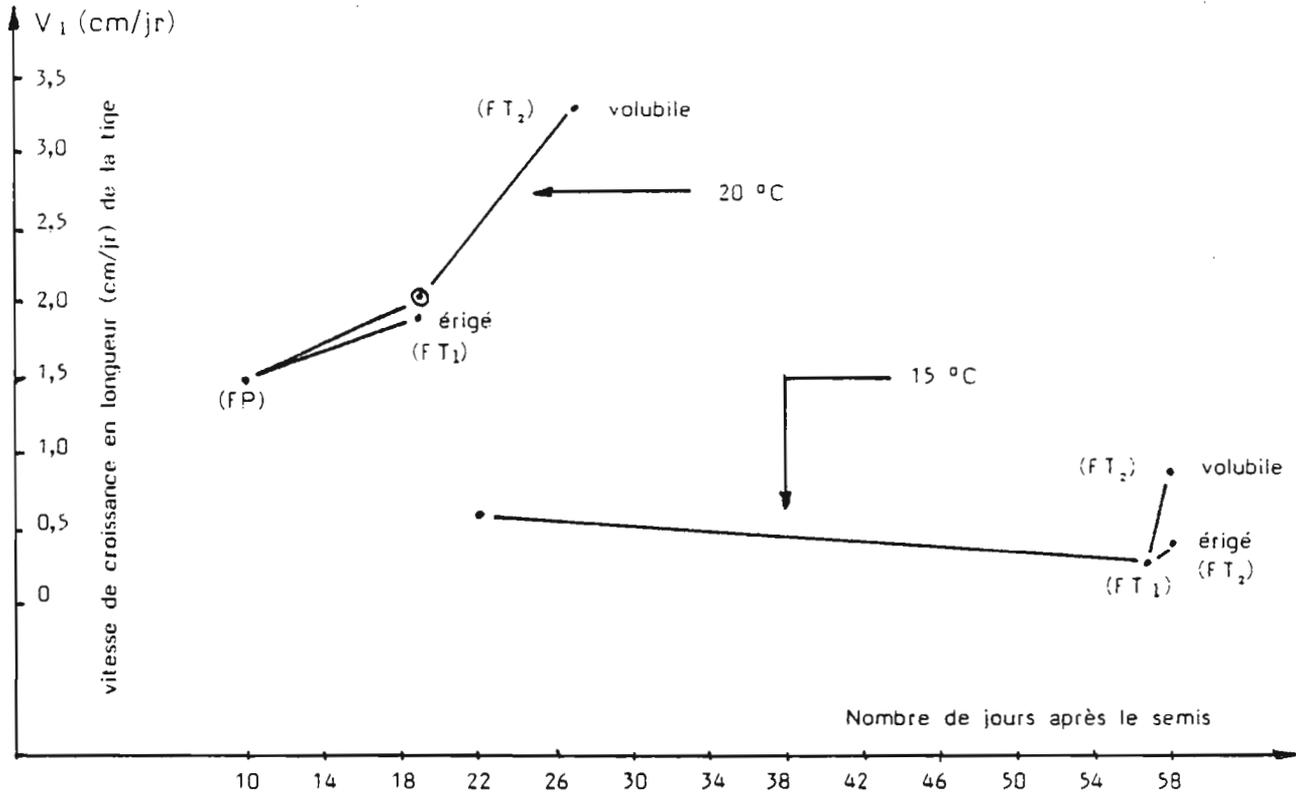
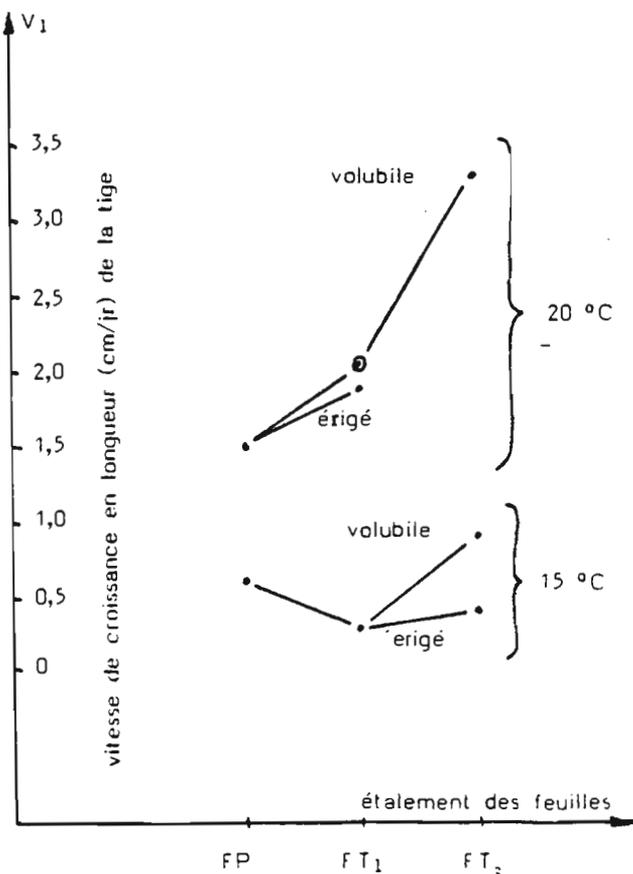


Figure 93 : Influence de la température sur la vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige chez Myrta

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

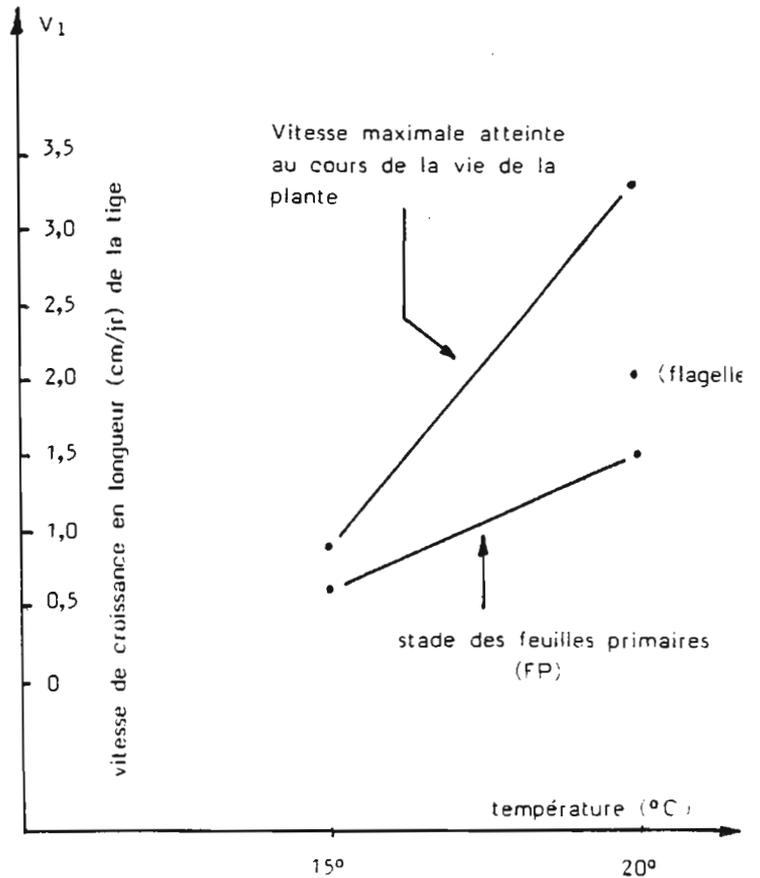
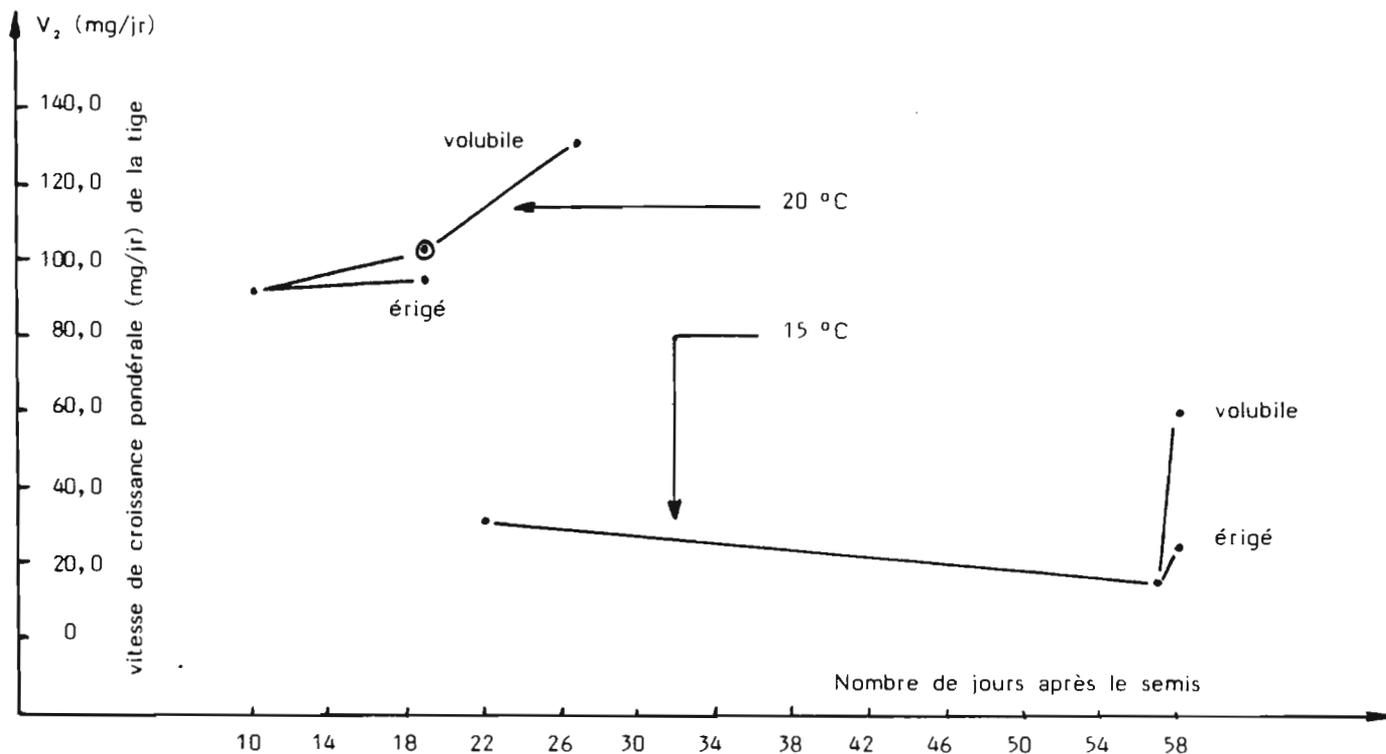


Figure 94 : Influence de la température sur la vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige chez Myrto

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire

c) en fonction du stade physiologique

⊙ = apparition du flagelle

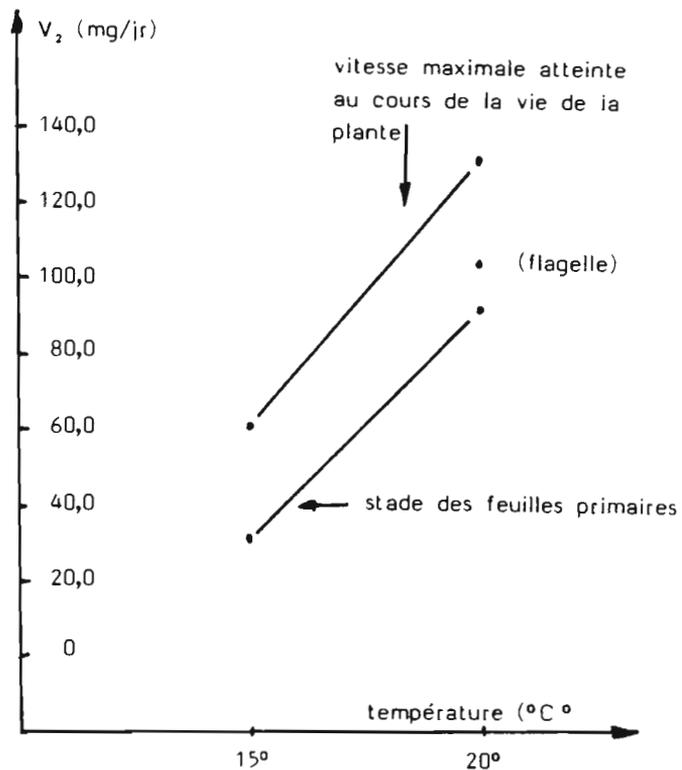
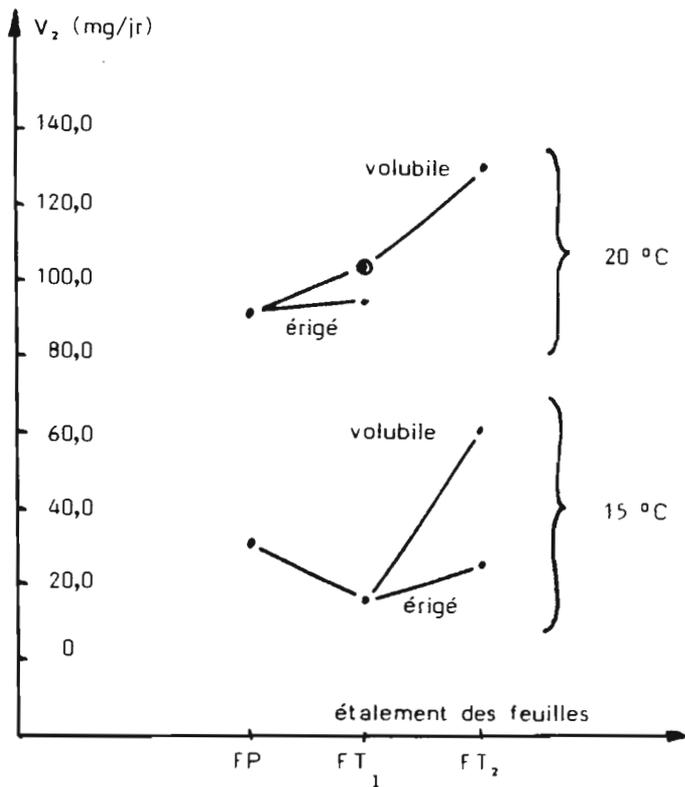
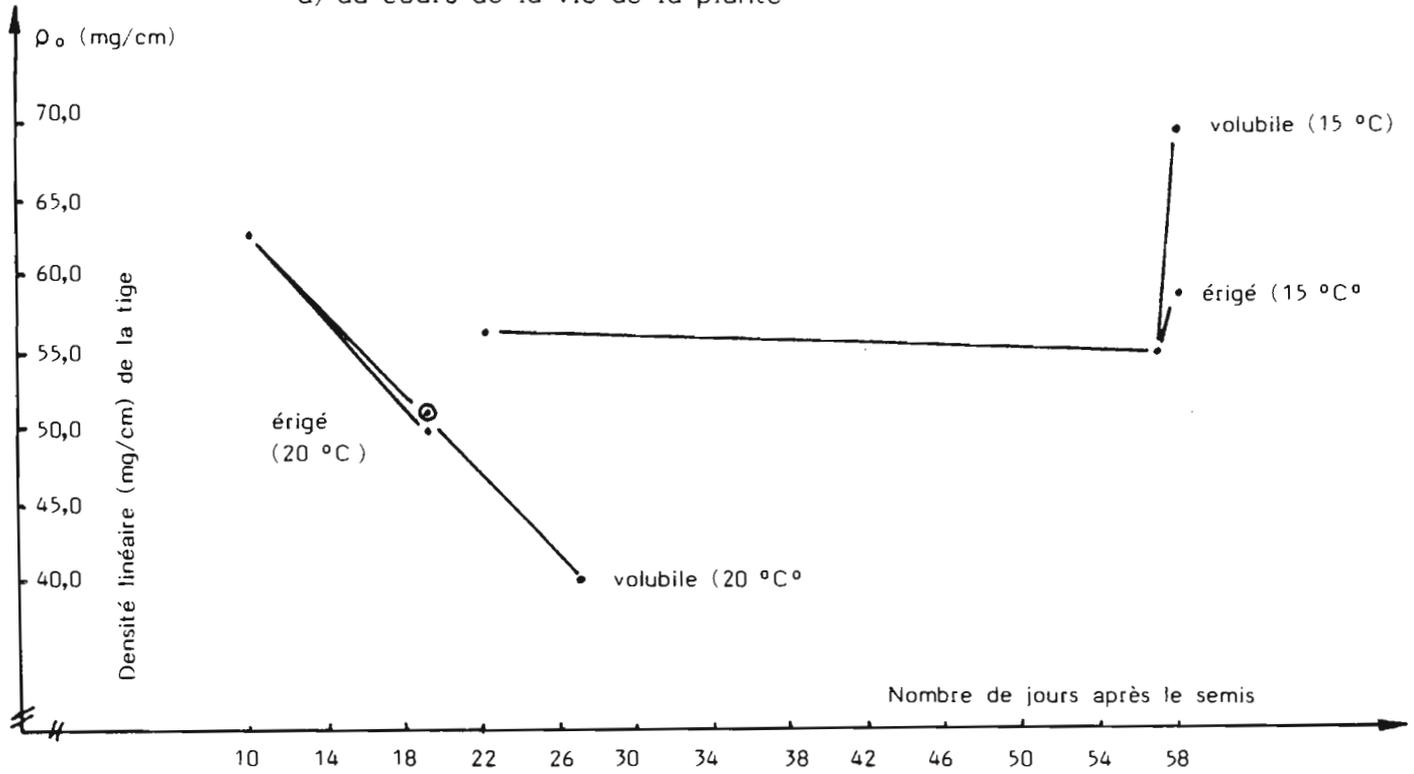
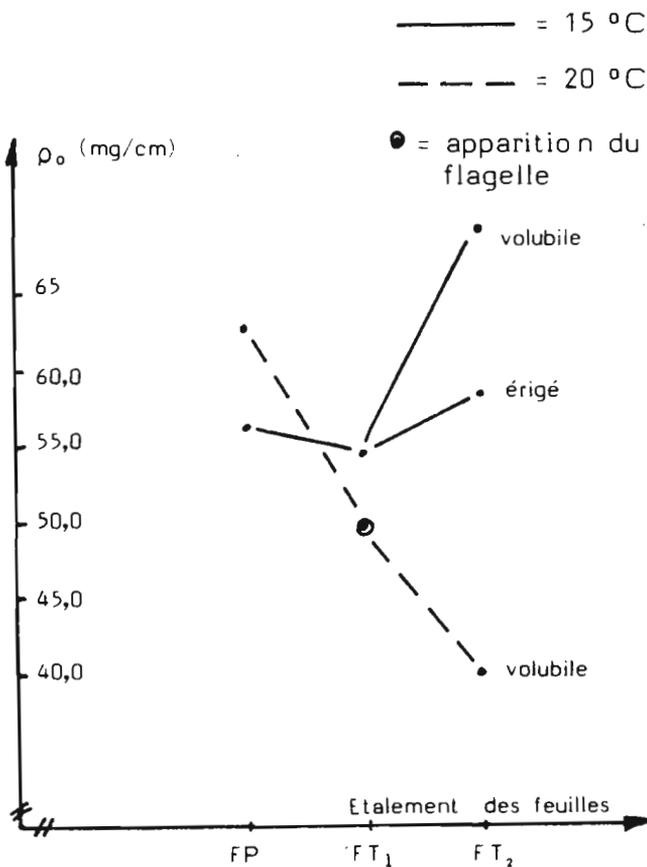


Figure 95 : Influence de la température sur la densité linéaire moyenne de la tige chez Myrto

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

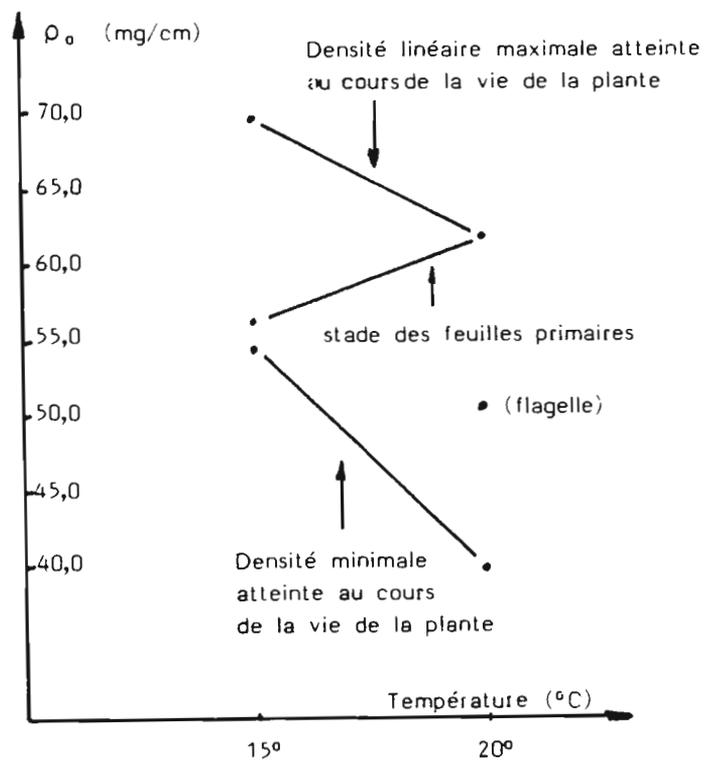
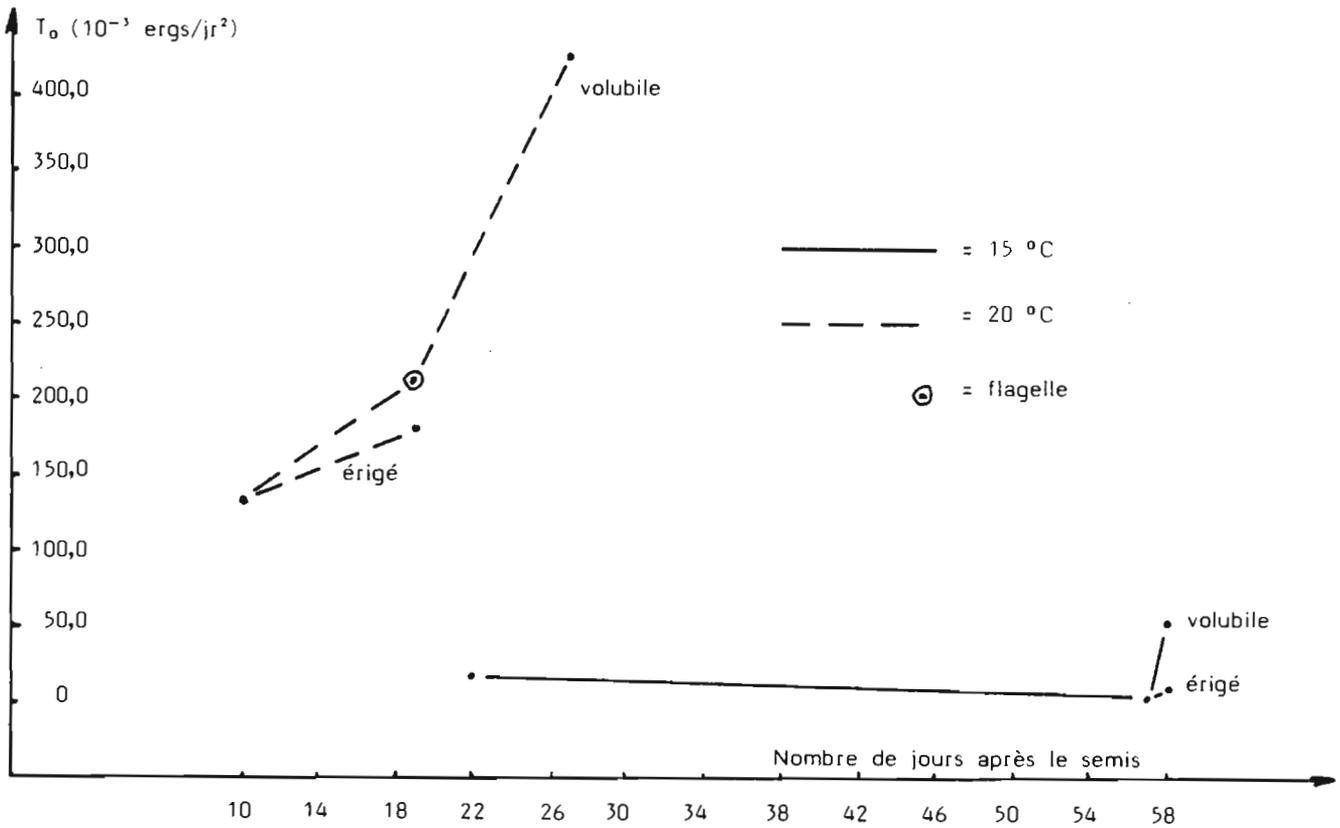
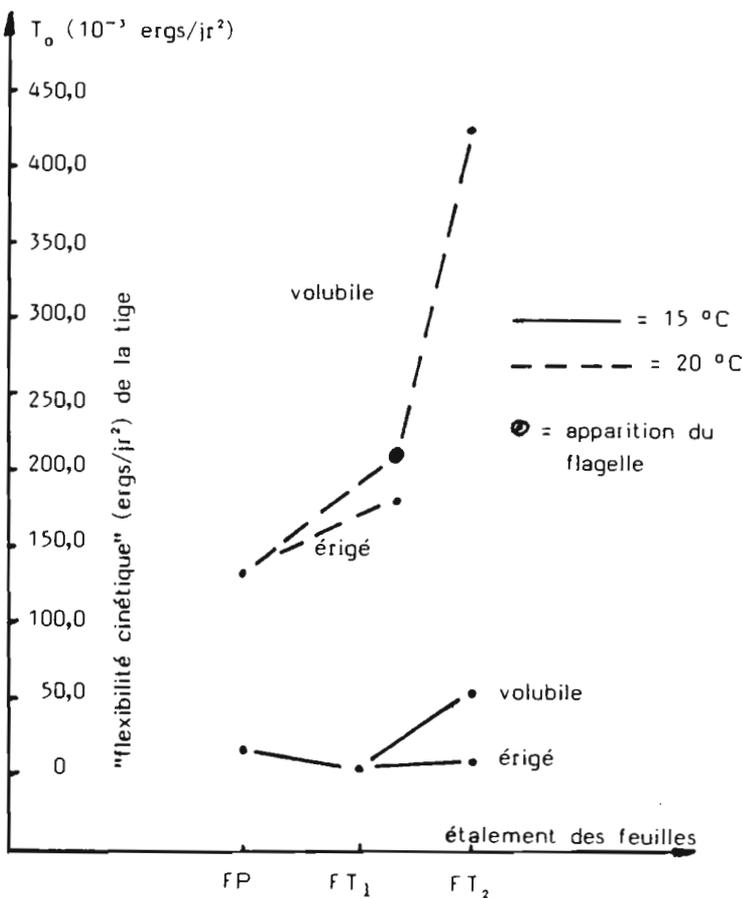


Figure 96 : Influence de la température sur la "flexibilité cinétique" moyenne de la tige chez Myrto

a) Au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

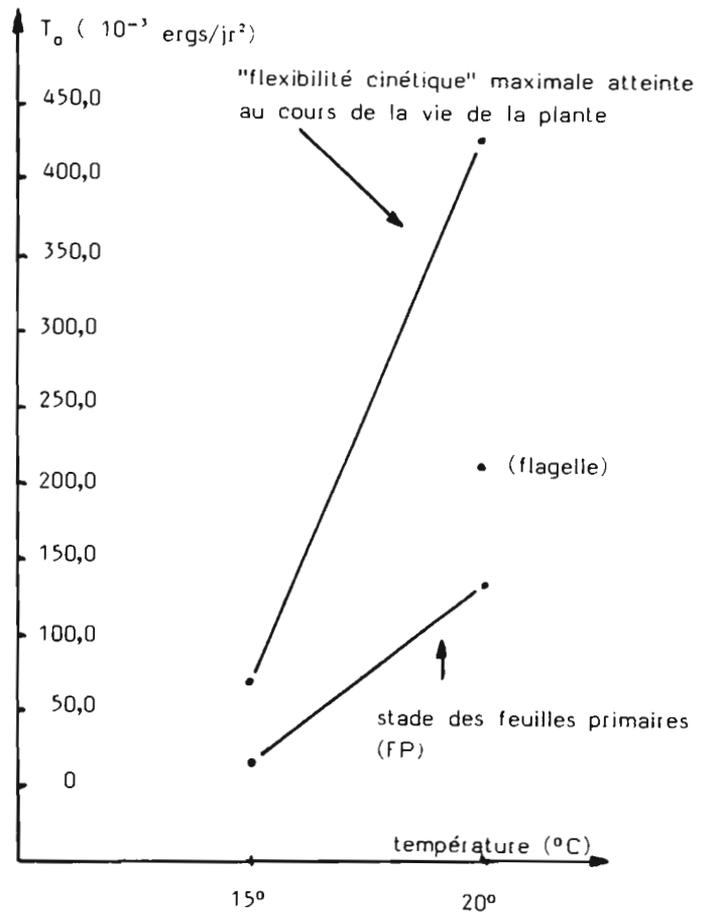
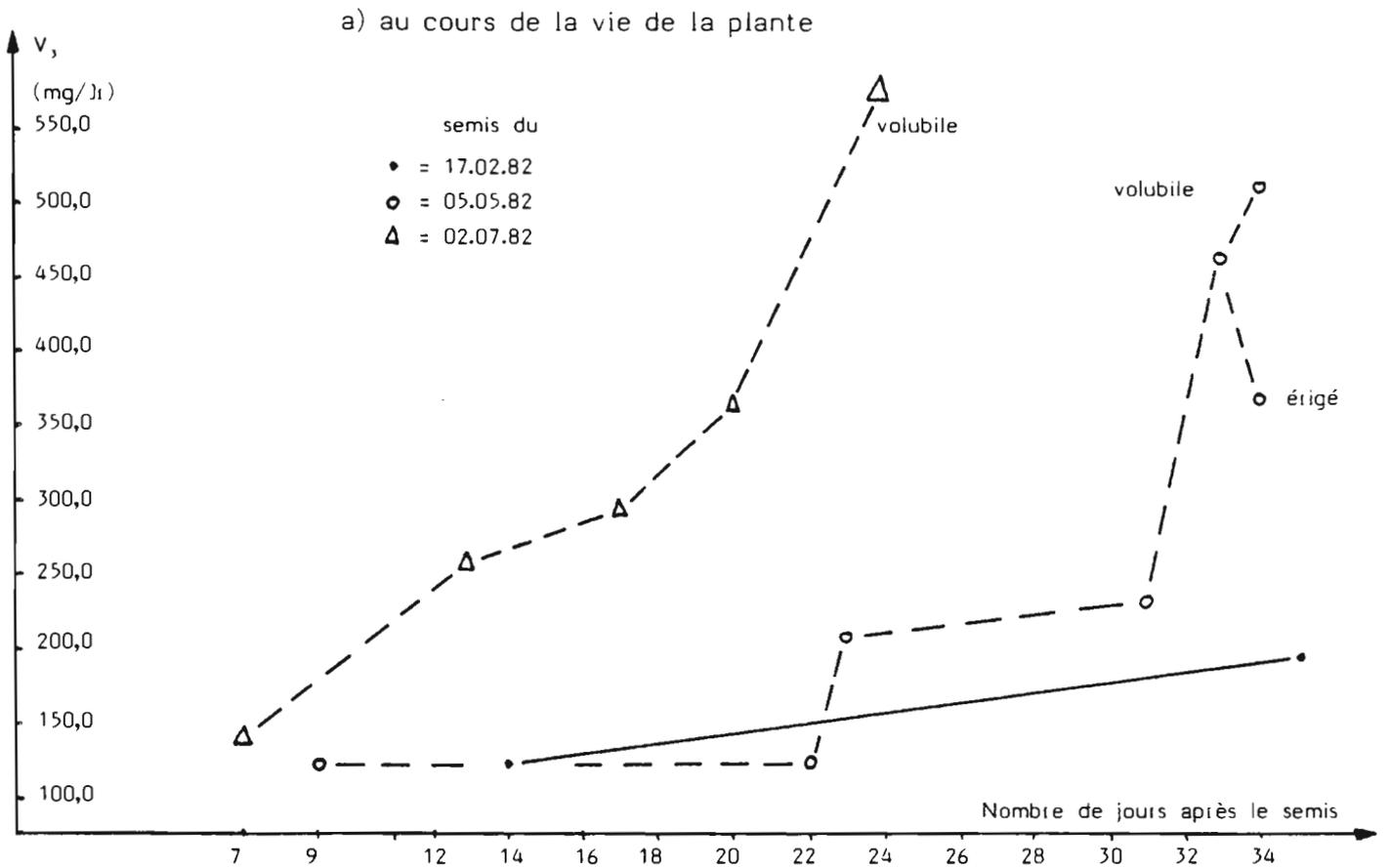
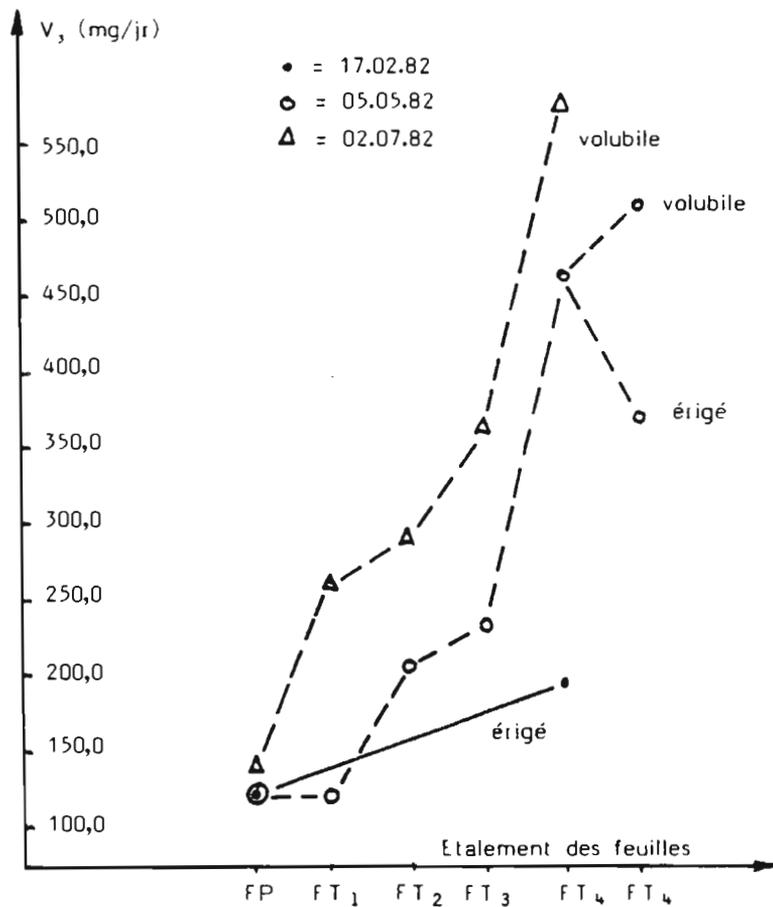


Figure 97 : Influence de la date de semis sur la vitesse de croissance pondérale moyenne des feuilles chez Coco nain à la serre



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

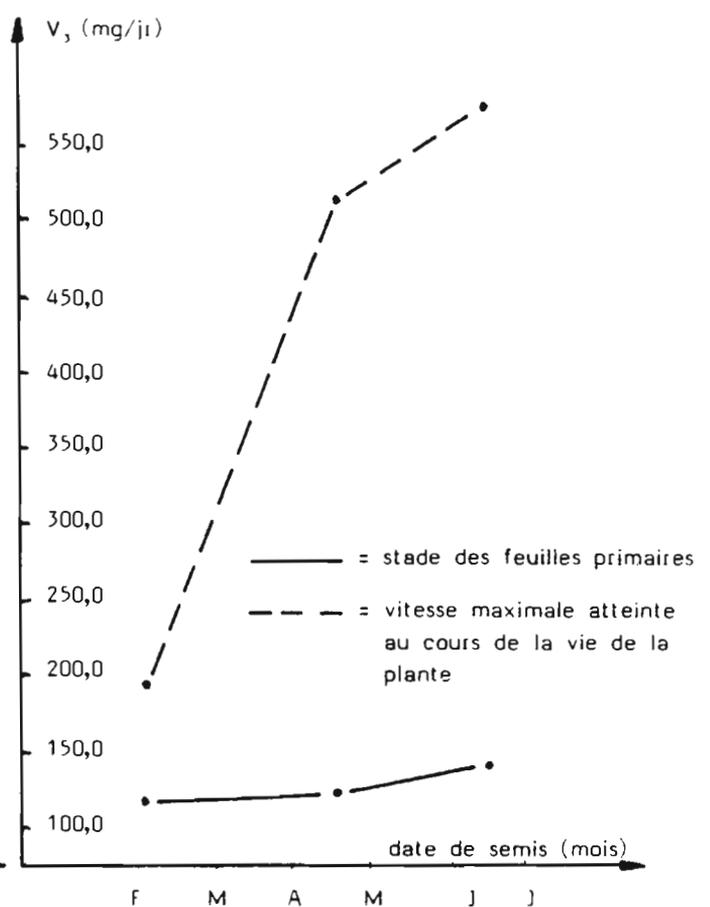
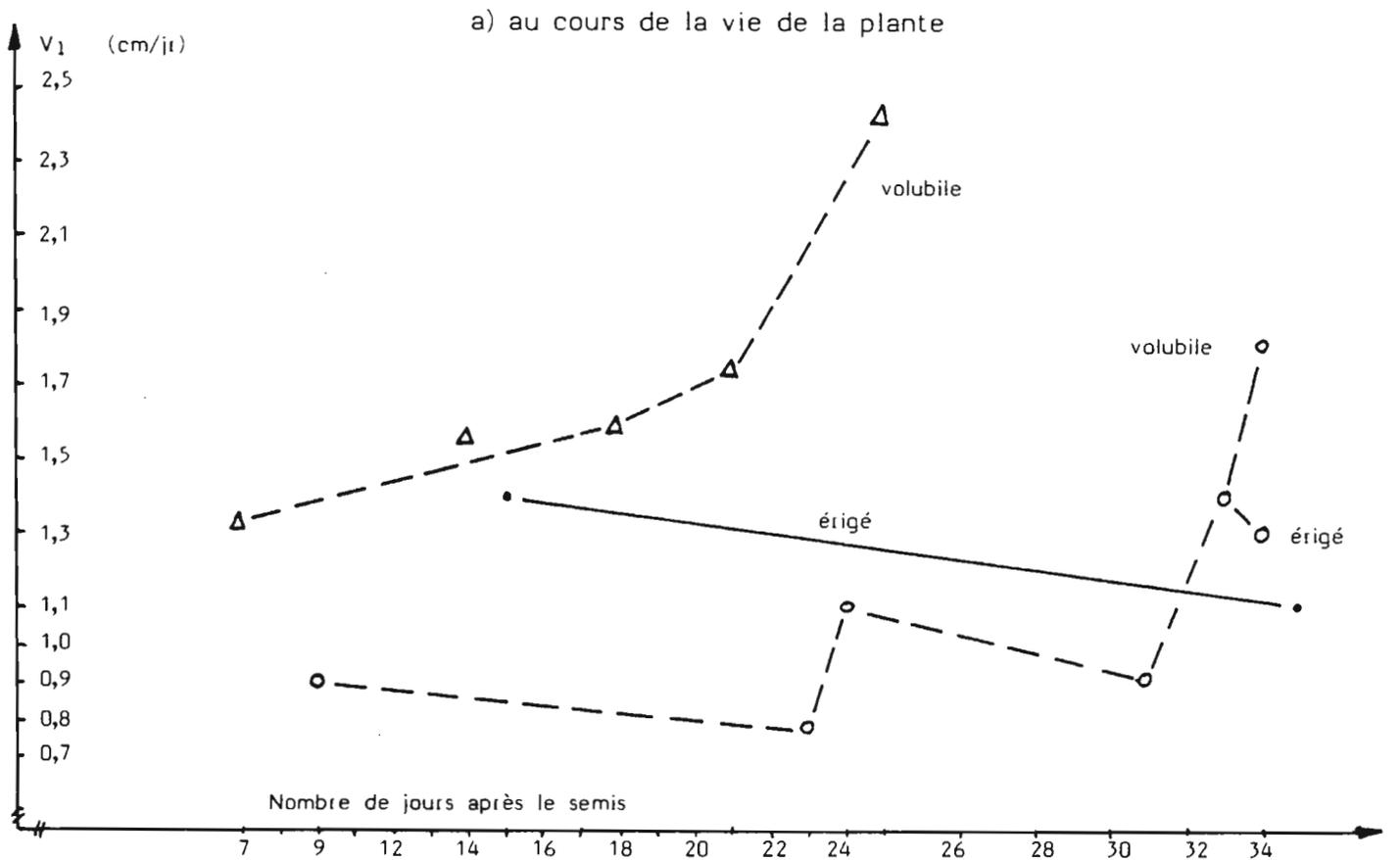


Figure 98 : Influence de la date de semis sur la vitesse moyenne de croissance en longueur de la tige de Coco nain à la serre



b) en fonction du stade foliaire

c) en fonction du stade physiologique

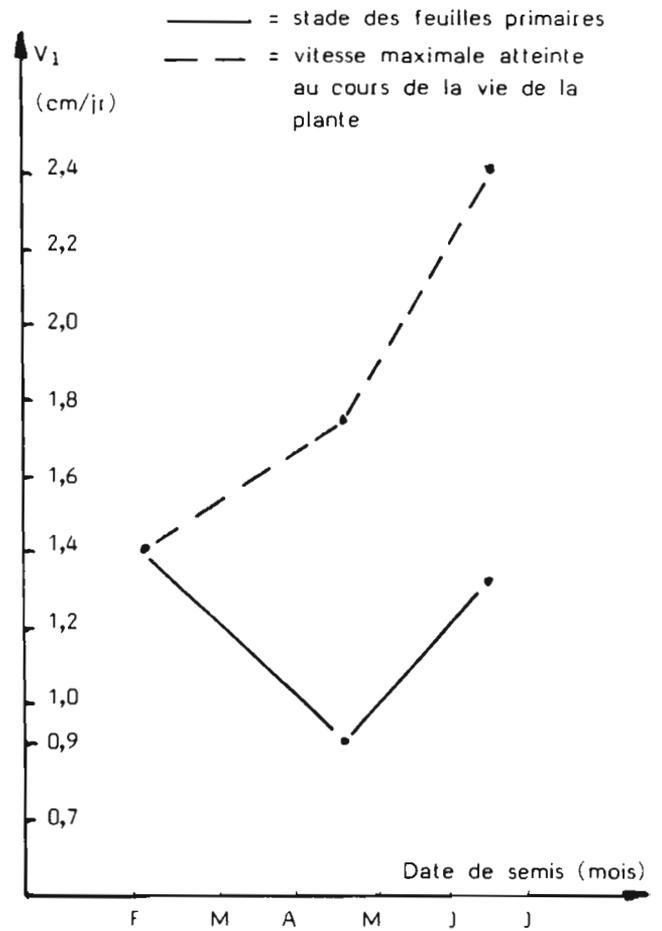
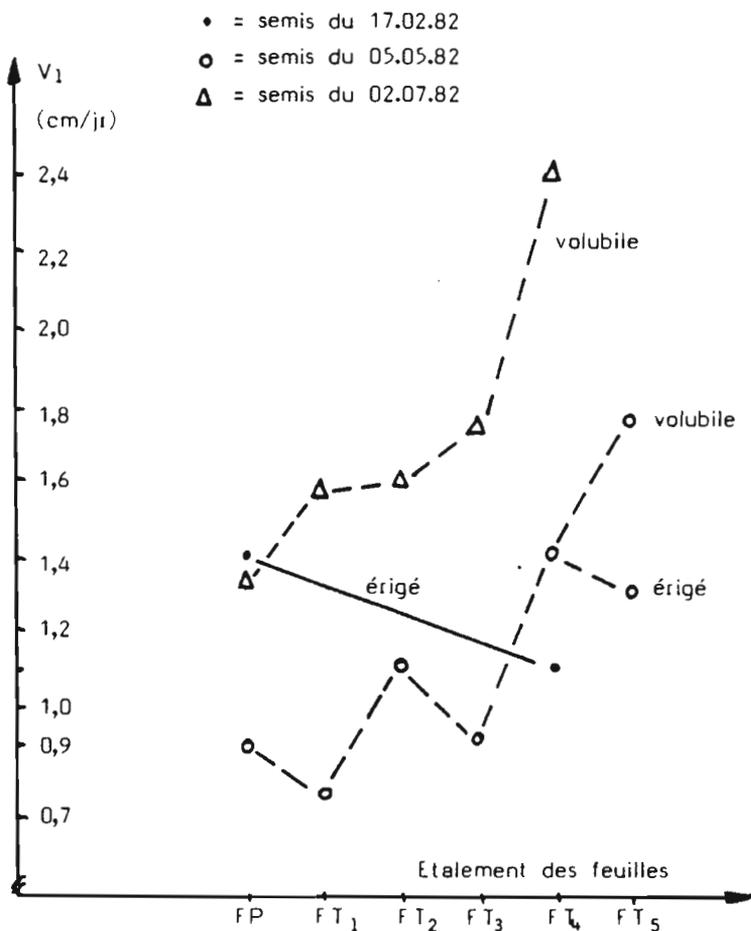
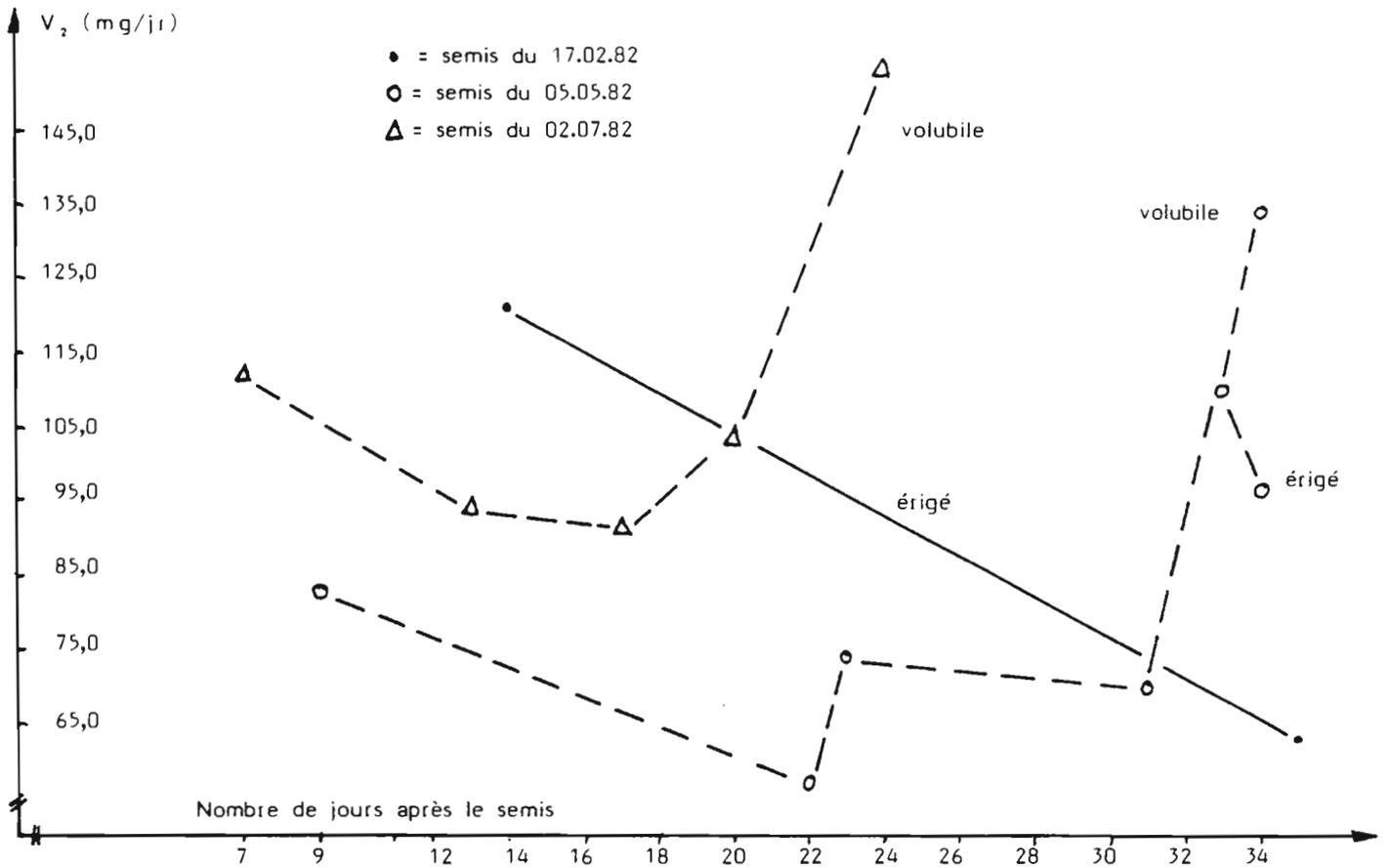
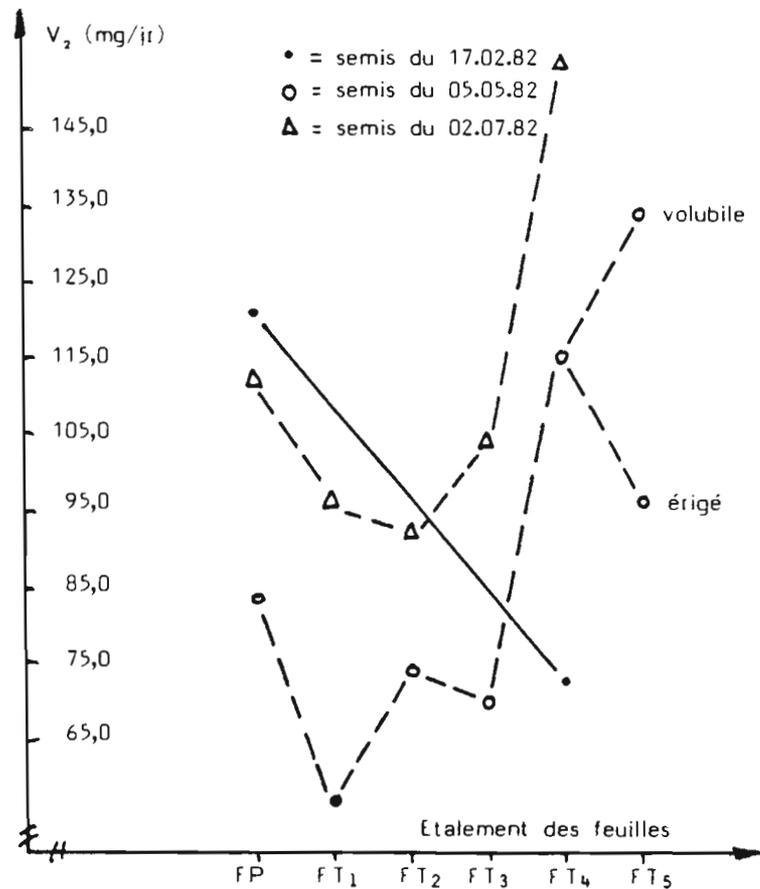


Figure 99 : Influence de la date de semis sur la vitesse de croissance pondérale moyenne de la tige chez Coco nain à la serre

a) au cours de la vie de la plante



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

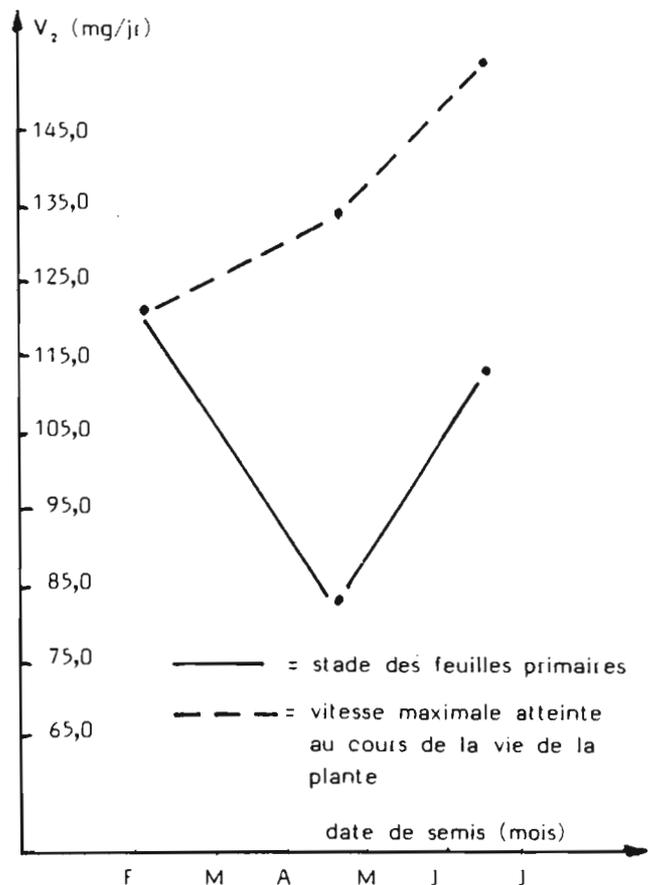
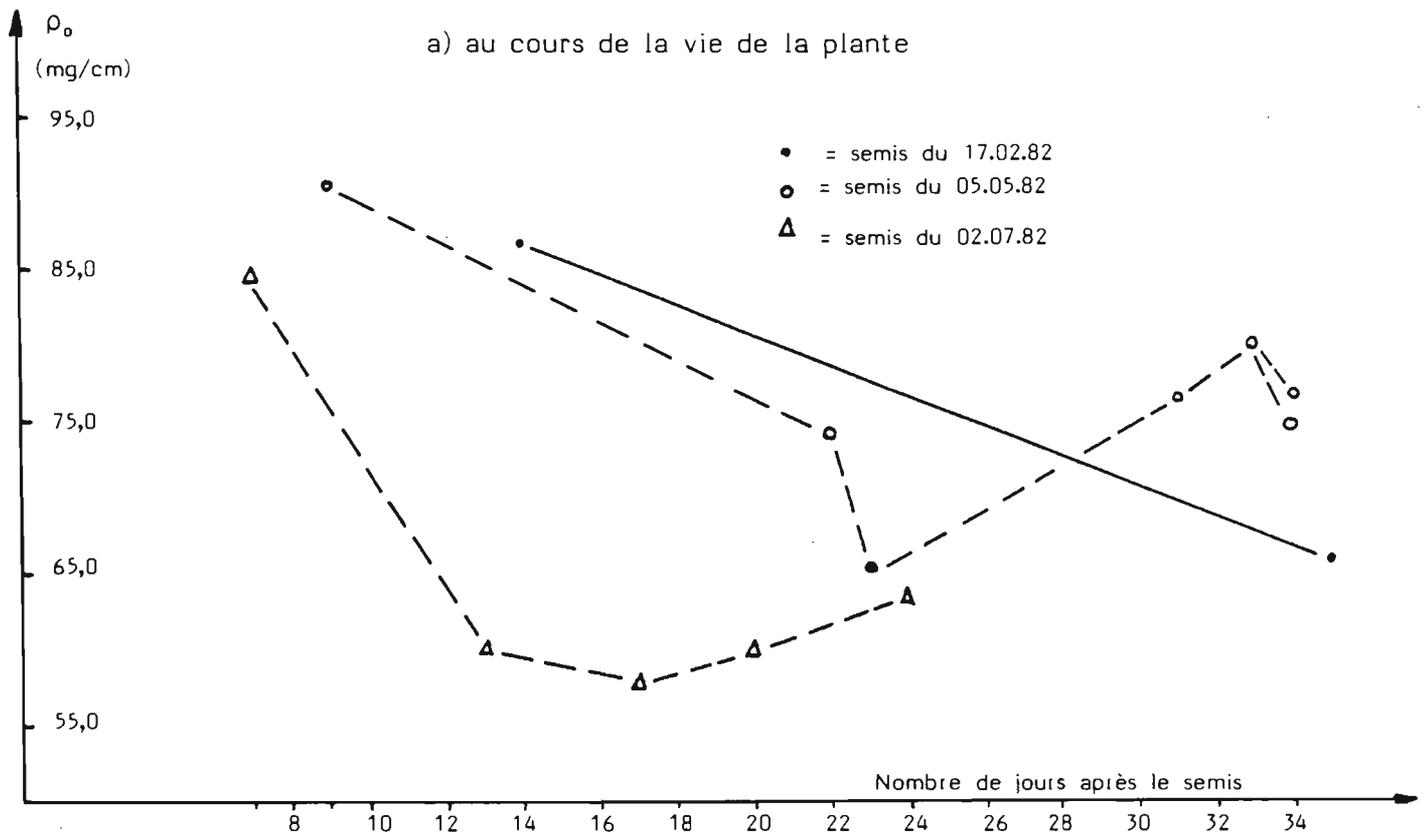
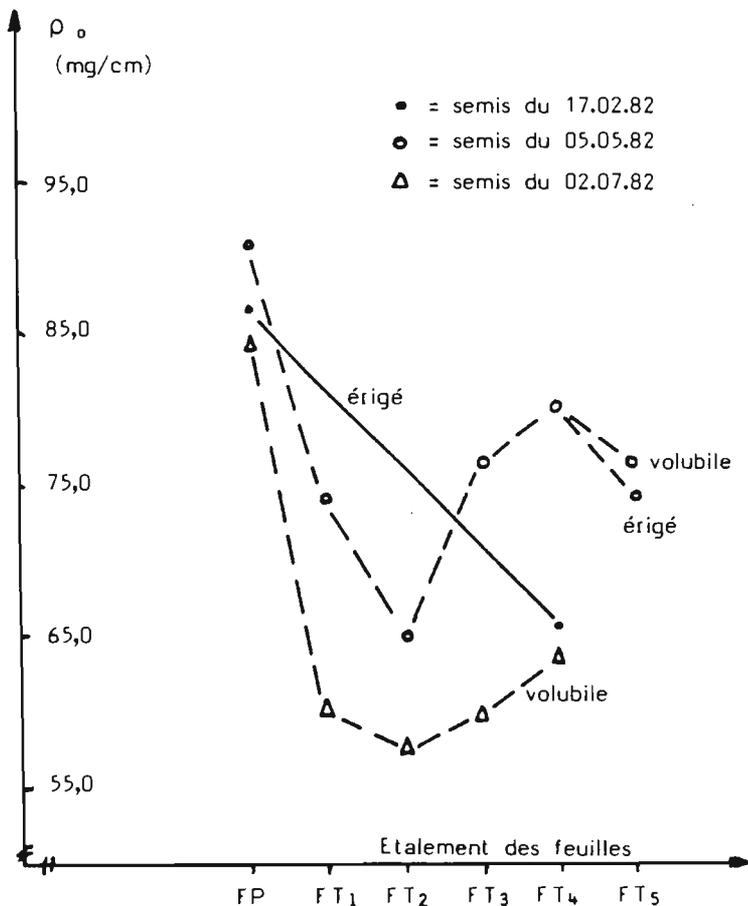


Figure 100 : Influence de la date de semis sur la densité linéaire moyenne de la tige chez Coco nain à la serre



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

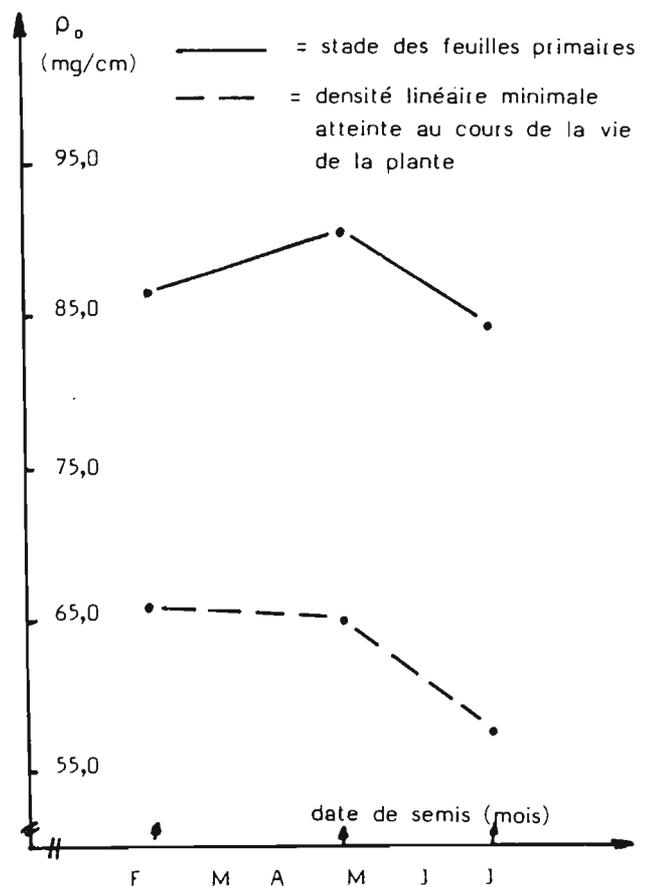
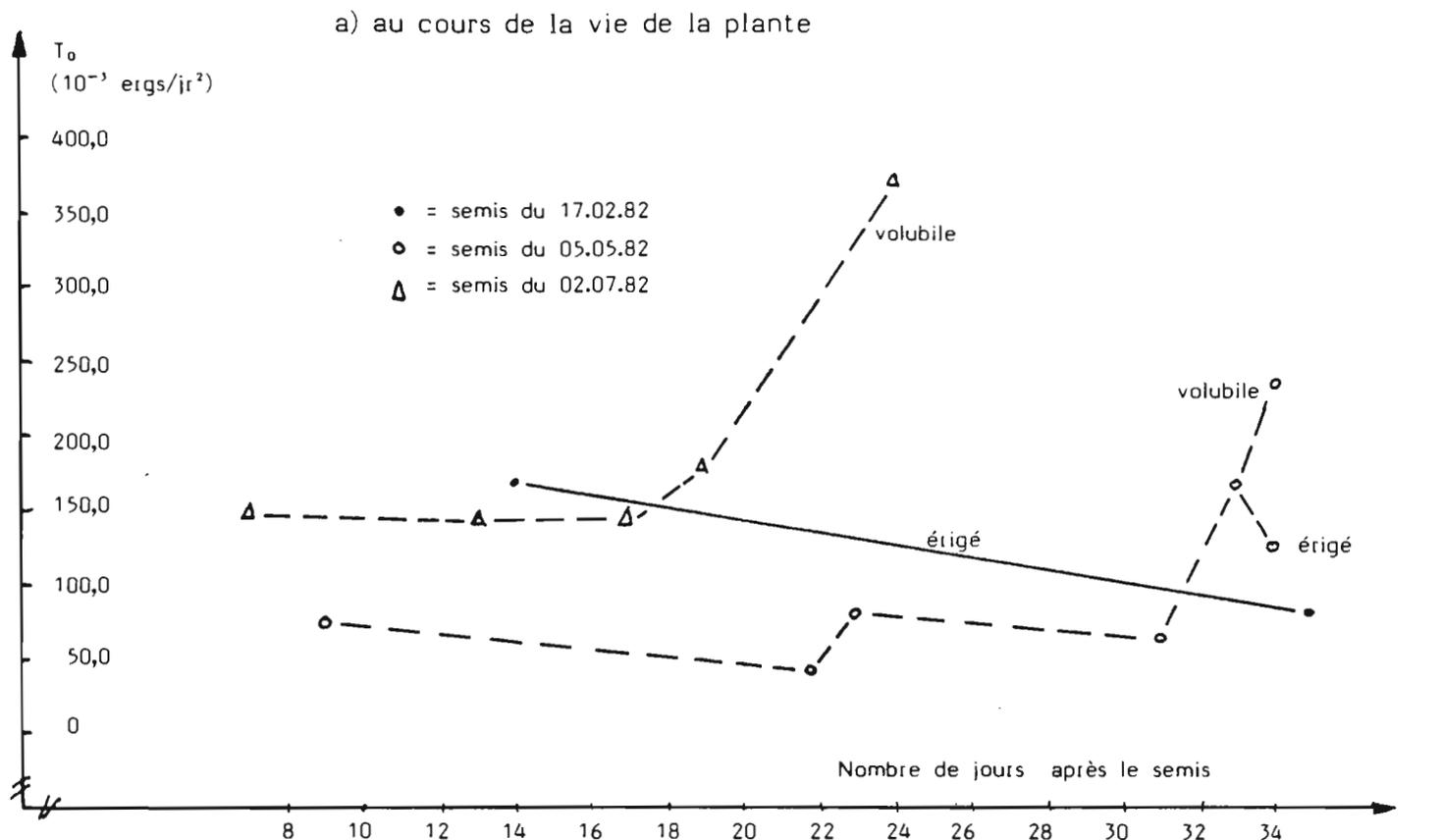
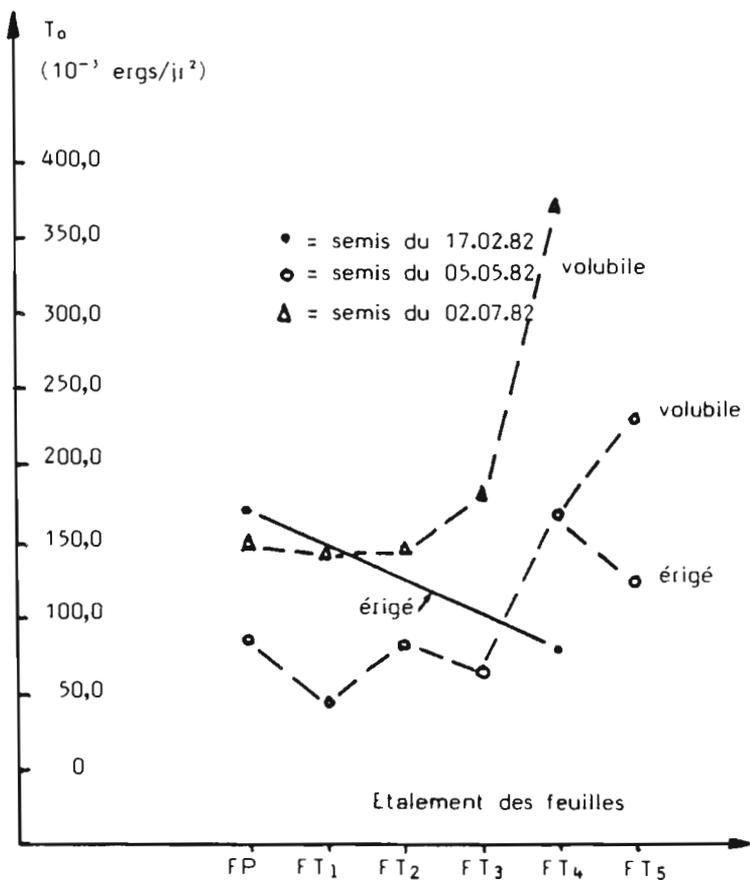


Figure 101 : Influence de la date de semis sur la "flexibilité cinétique" moyenne de la tige chez Coco nain à la serre



b) en fonction du stade foliaire



c) en fonction du stade physiologique

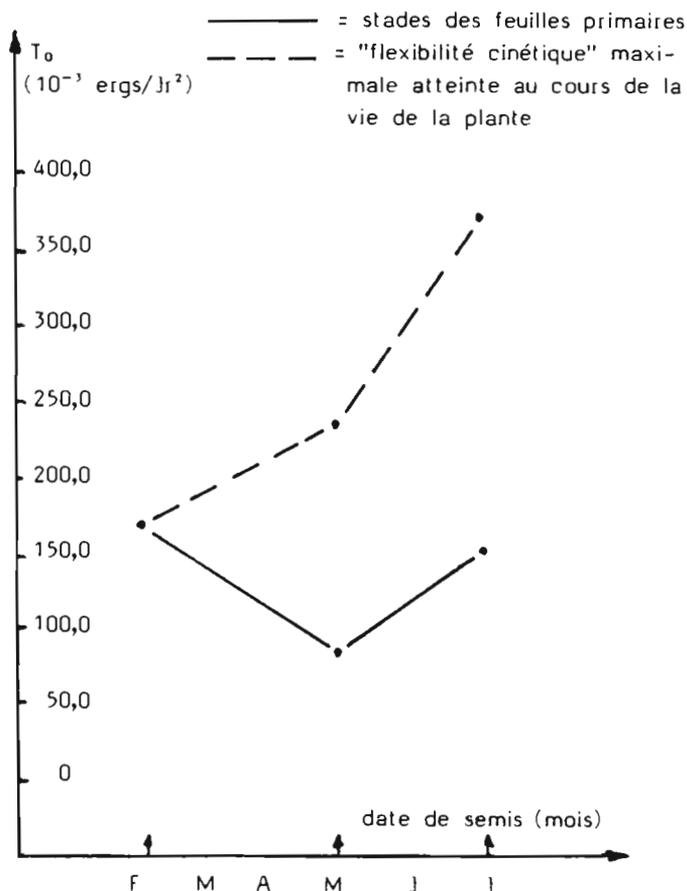
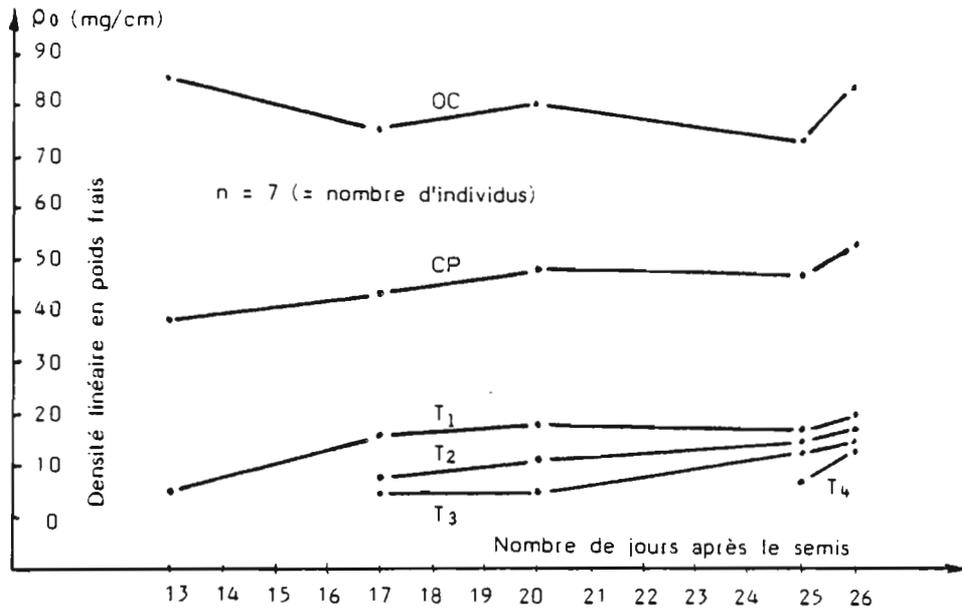
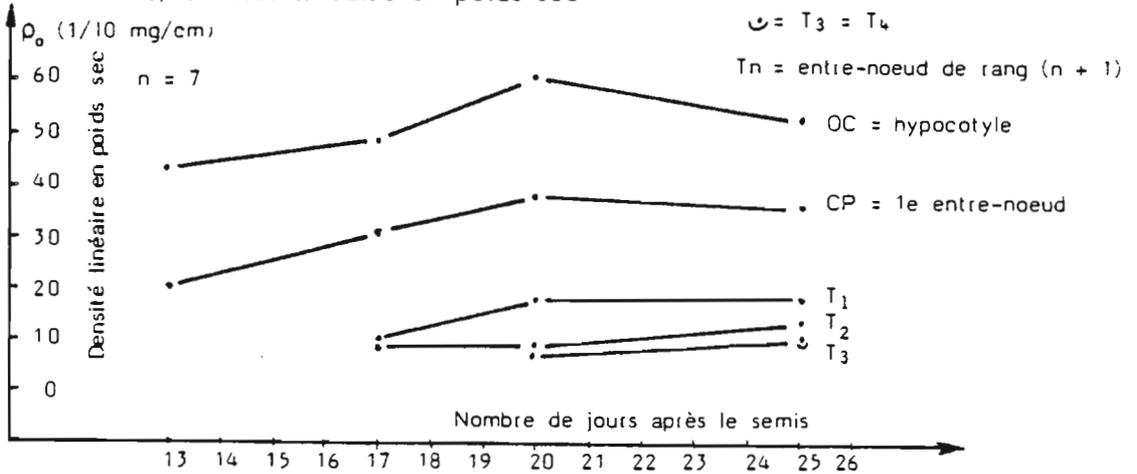


Figure 102.2 : Densité linéaire et teneur en eau au cours du temps chez Mangetout Princesse à 20°C, jour continu, 21 W.m⁻², entre-noeud par entre-noeud

a) densité linéaire en poids frais



b) densité linéaire en poids sec



c) teneur en eau (en % du poids frais)

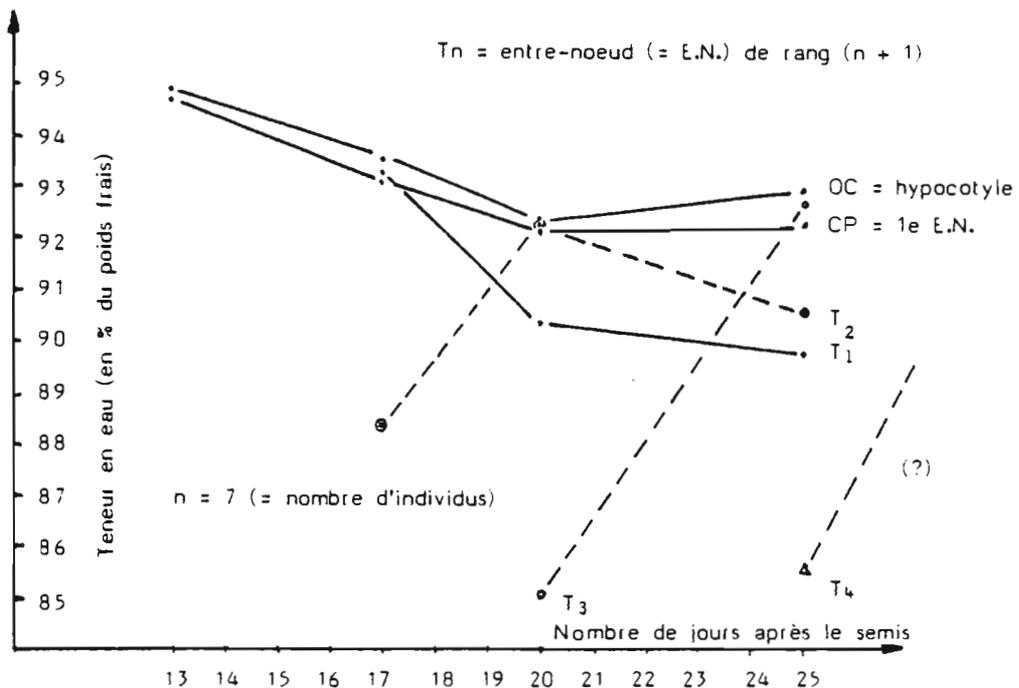


Figure 102.3 : Densité linéaire et teneur en eau au cours du temps chez Mangetout Princesse à 25°C, jour continu, 21 W.m⁻², entre-noeud par entre-noeud.

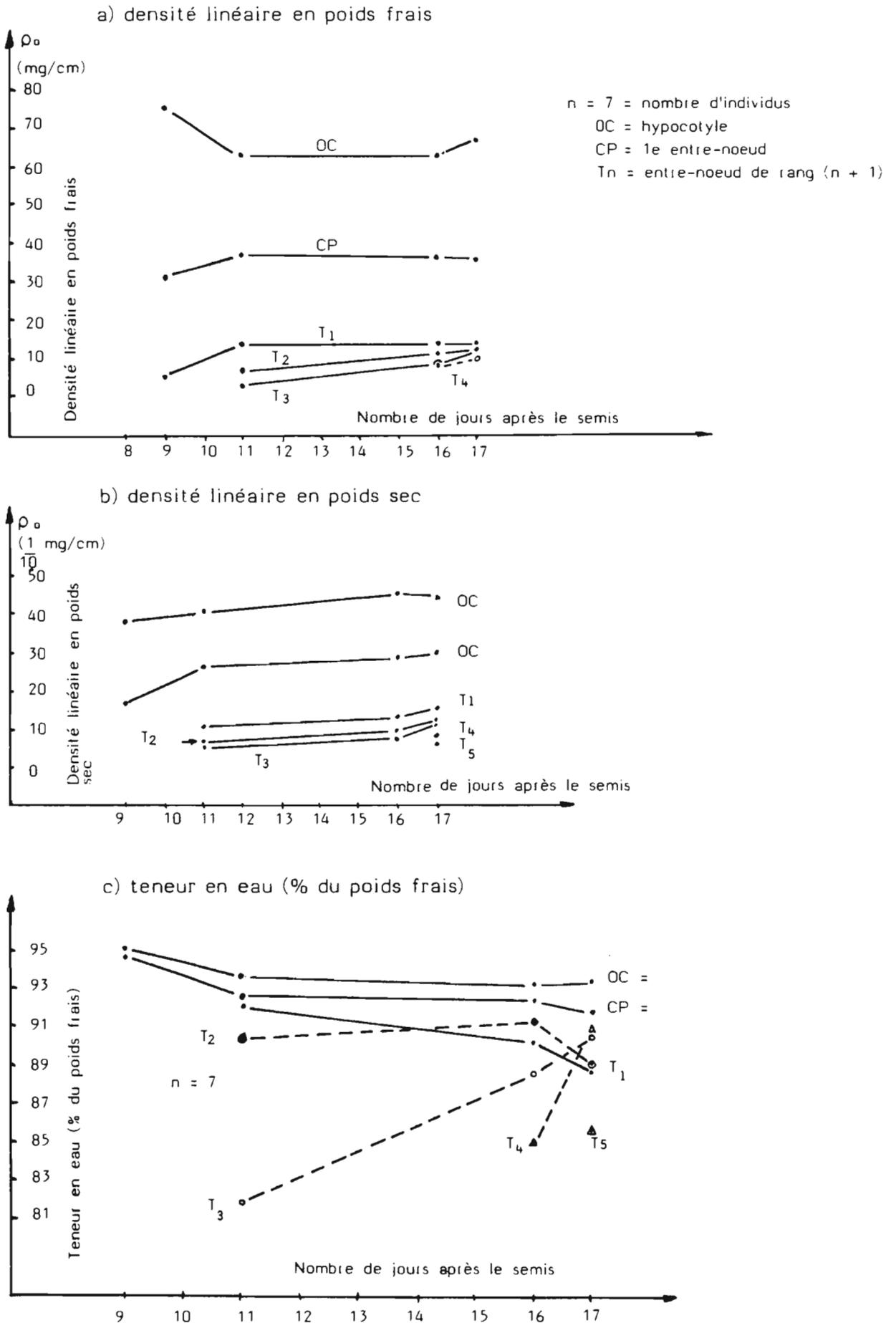
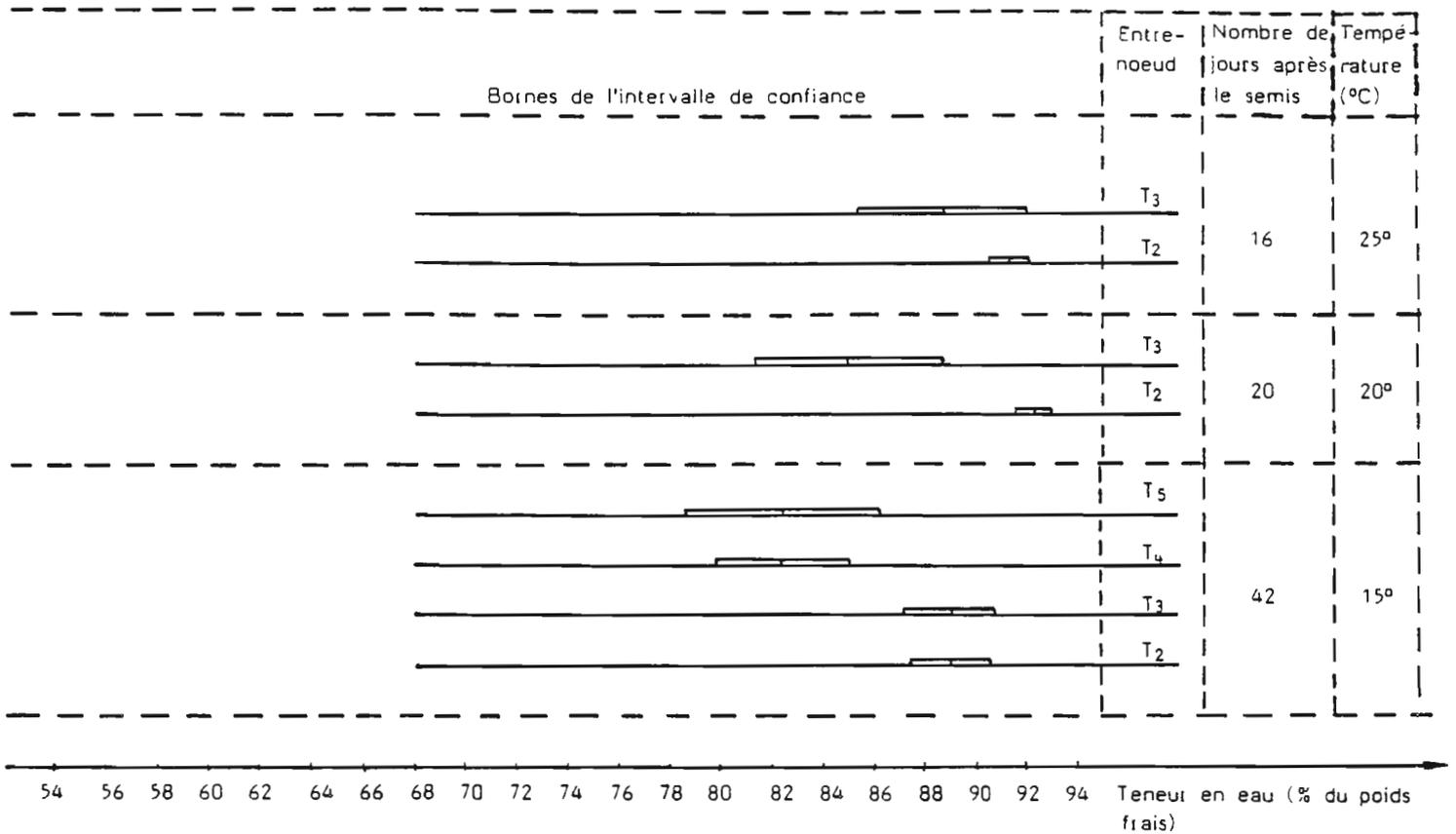


Figure 102.4 : Intervalle de confiance de la teneur en eau à 15°C, 20°C, 25°C, dans les entre-nœuds supérieurs de Mangetout Princesse (jour continu, 21 W.m⁻²).

a) à l'avant-dernier prélèvement



b) au dernier prélèvement

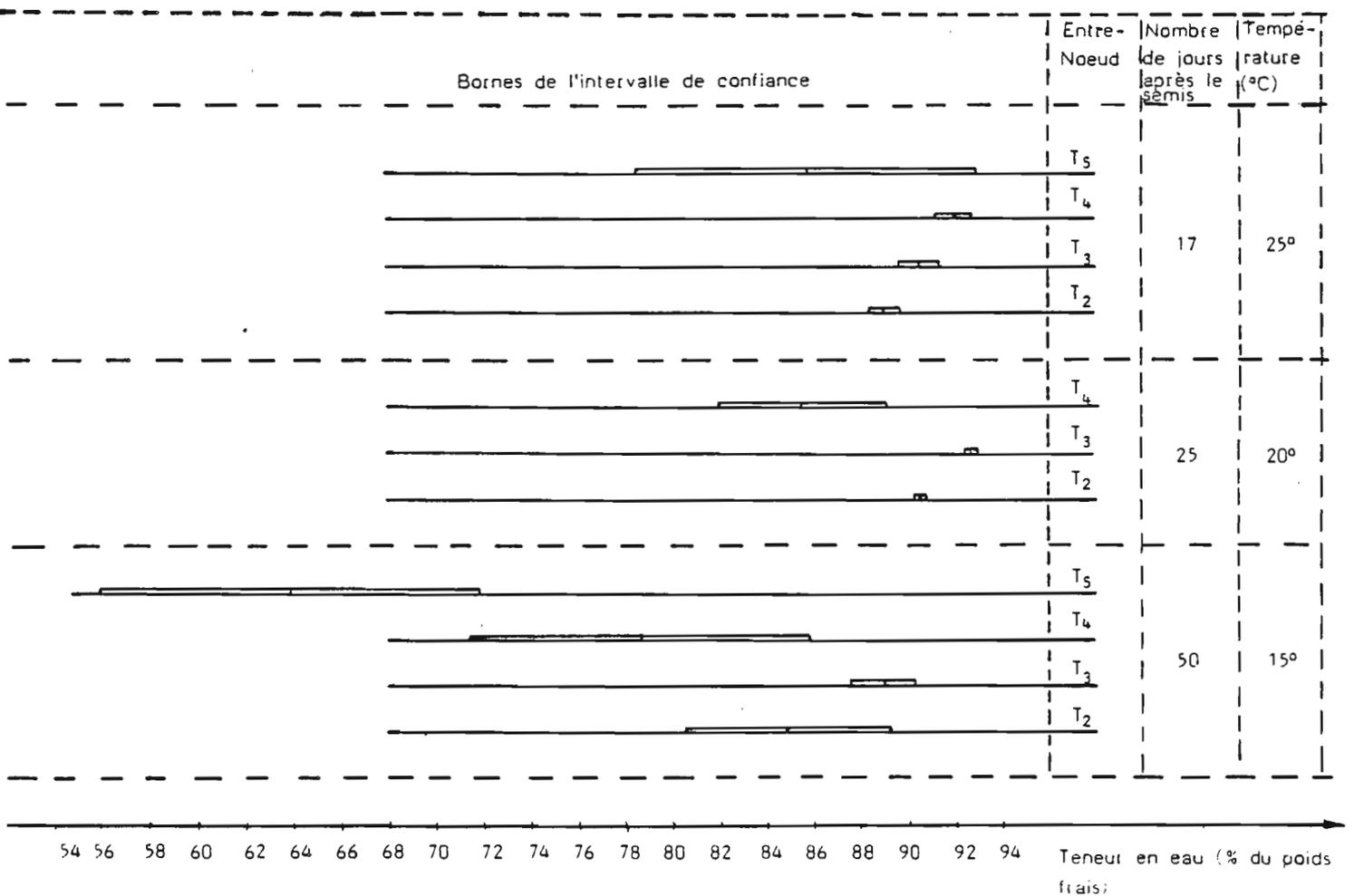


Figure 103 : Densité linéaire en poids frais au cours du temps chez Coco nain à la serre entre-noeud par entre-noeud.

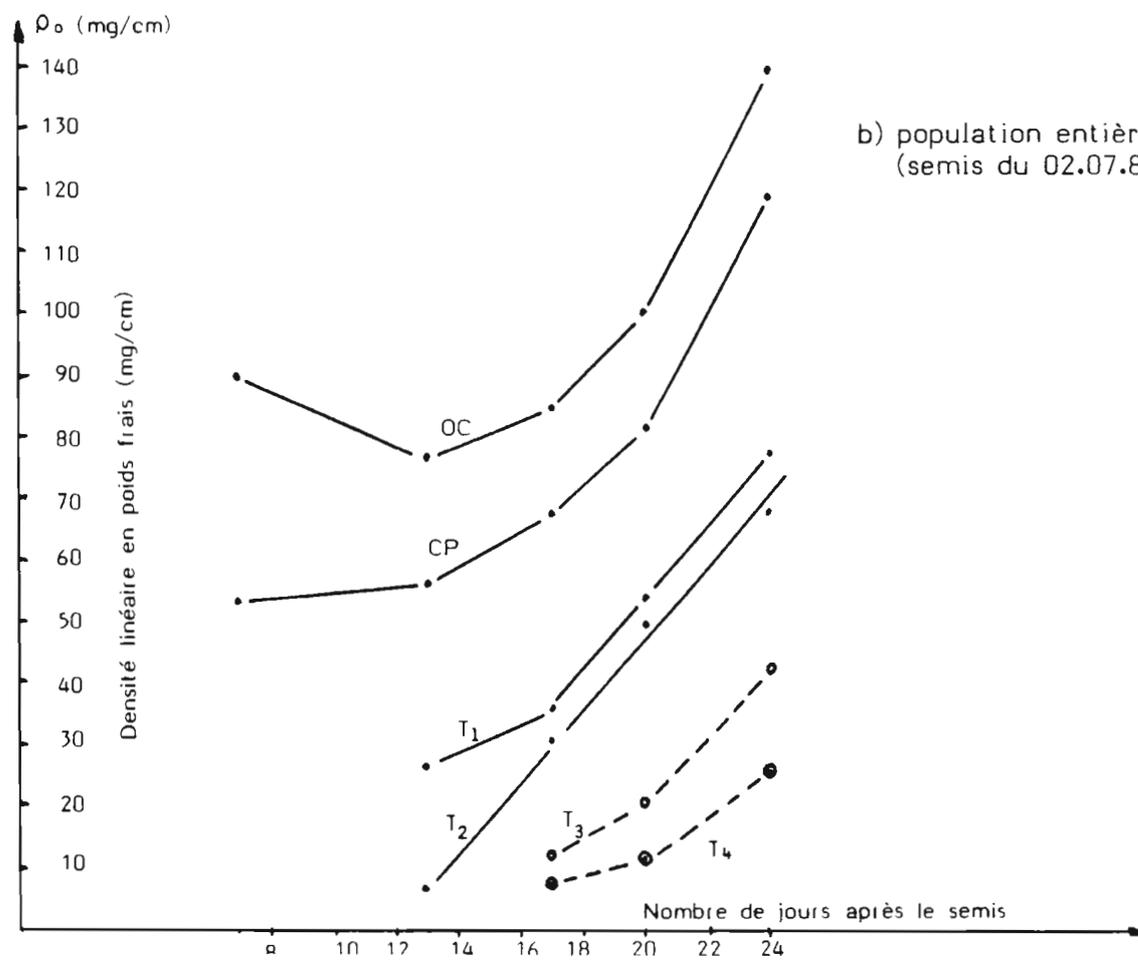
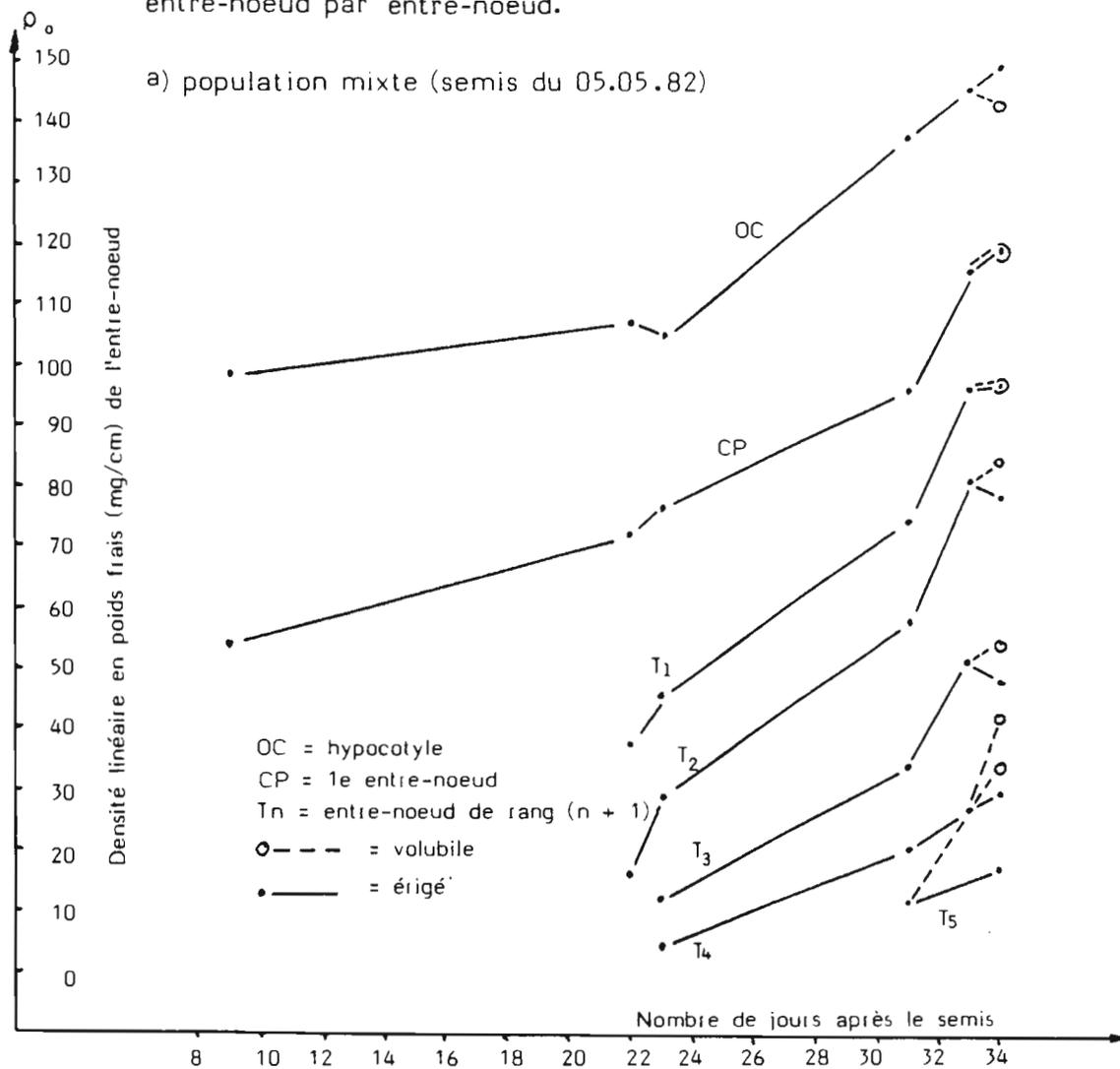
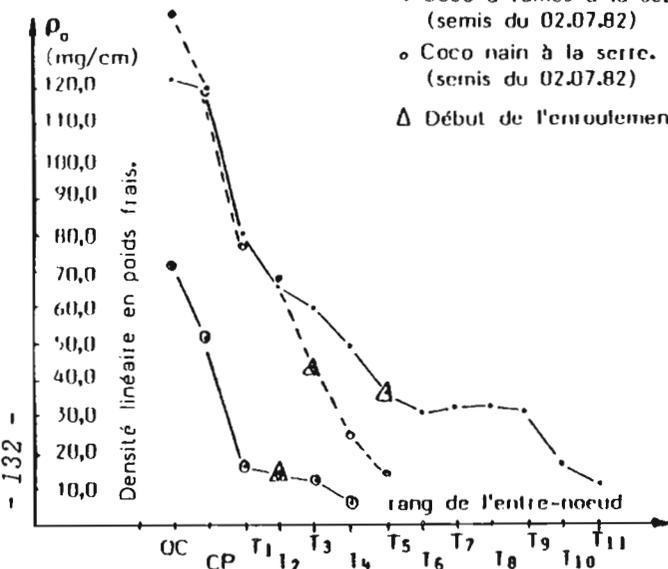


Figure 104. Densité linéaire et teneur en eau le long de la tige.

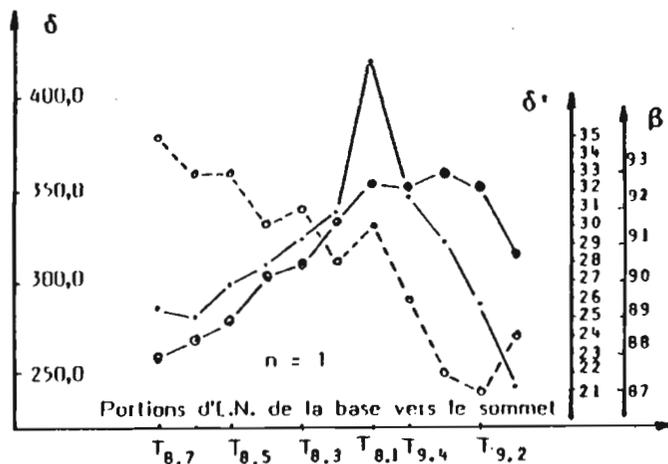
• = Densité linéaire en poids frais. (1/10 mg/cm) = δ
 ○ = Densité linéaire en poids sec. (1/10 mg/cm) = δ'
 ⊕ = Teneur en eau. (en % du poids frais) = β
 n = Nombre d'individus.

a) Par entre-nœud chez : ⊕ Mangetout Princesse à 20°.

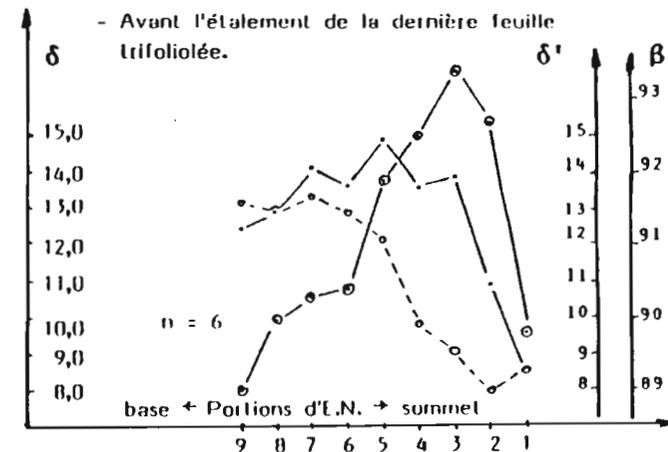
• Coco à rames à la serre.
 (semis du 02.07.82)
 ○ Coco nain à la serre.
 (semis du 02.07.82)
 Δ Début de l'enroulement



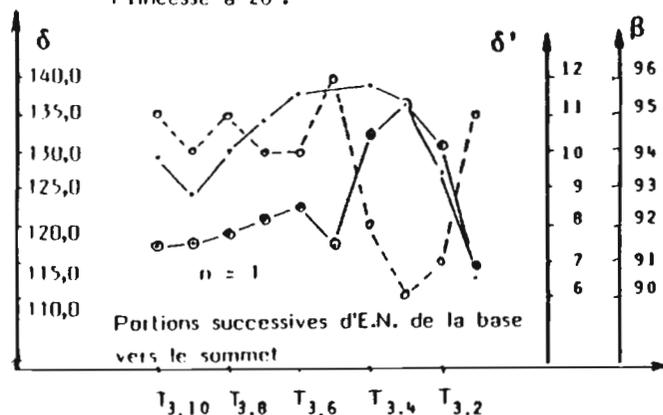
c) Par portions des entre-nœuds T8 et T9 chez Coco à rames à la serre (semis du 02.07.82).



e) Densité linéaire et teneur en eau par portions d'entre-nœud chez Mangetout Princesse à 25°C, jour continu, 21 W.m⁻².



b) Par portions de l'entre-nœud T3 chez Mangetout Princesse à 20°.



d) Par portions de l'entre-nœud T4 chez Coco nain à la serre (semis du 02.07.82, plante n°11).

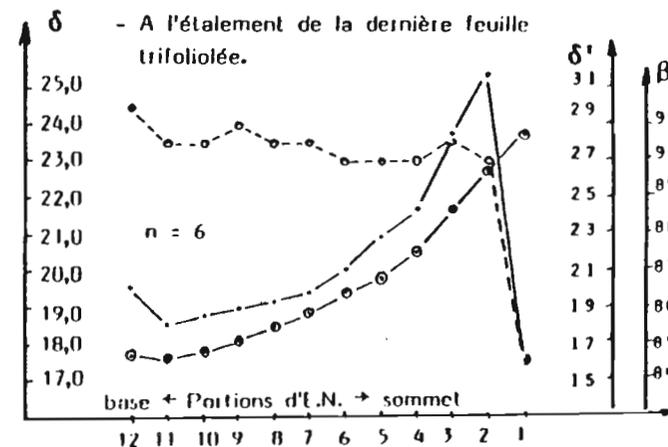
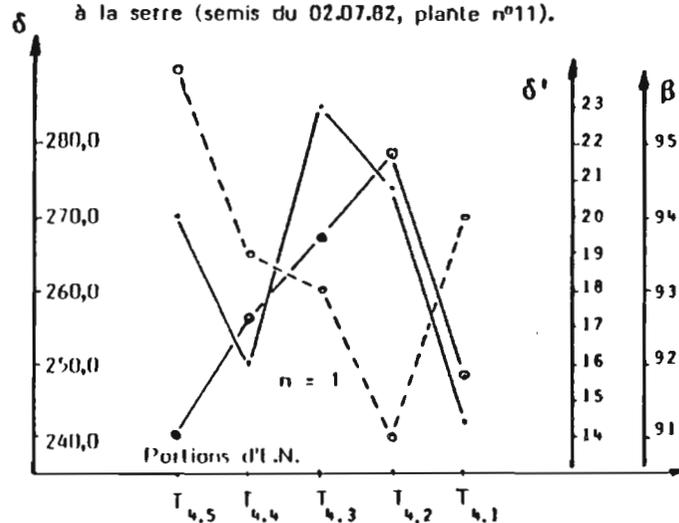
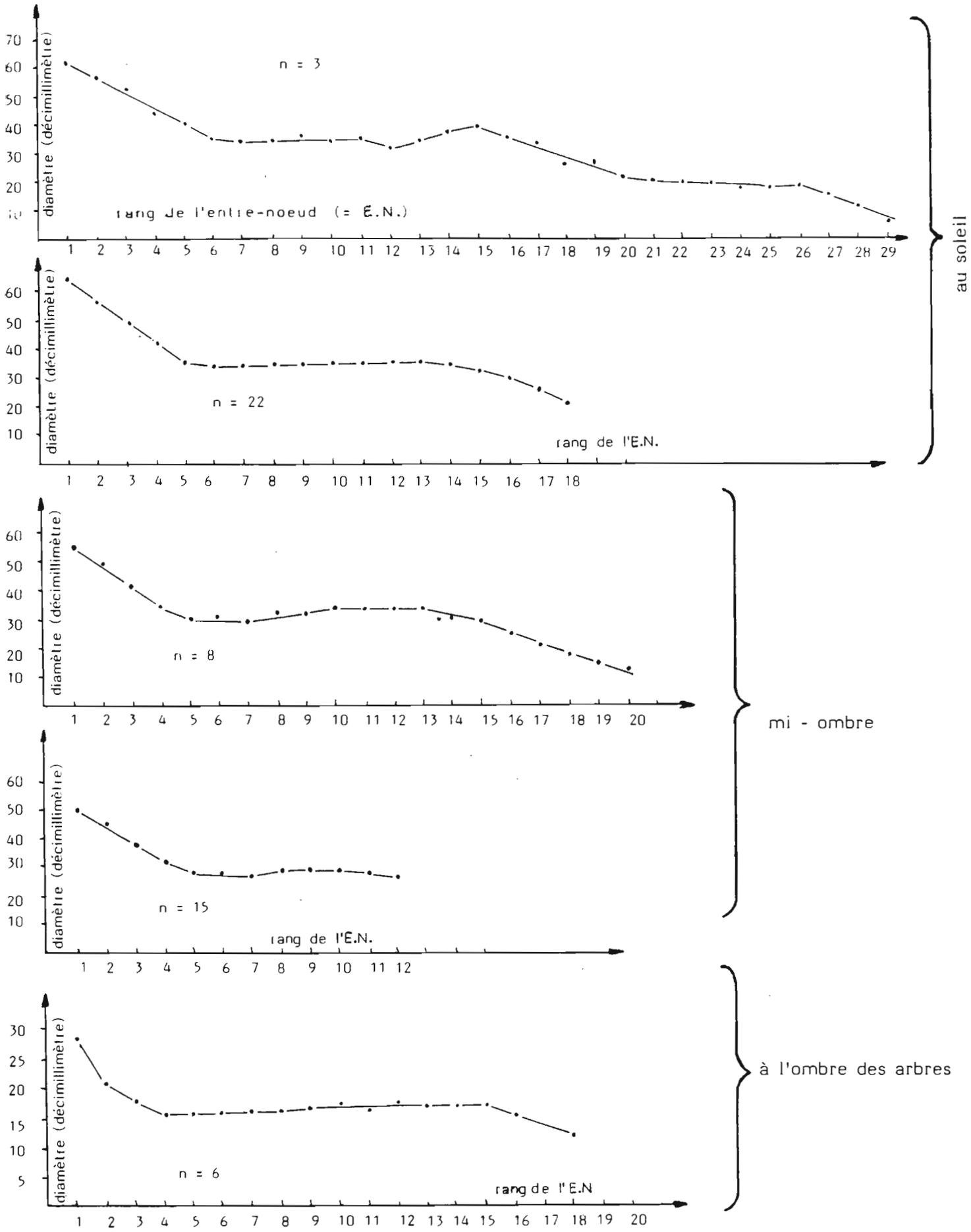
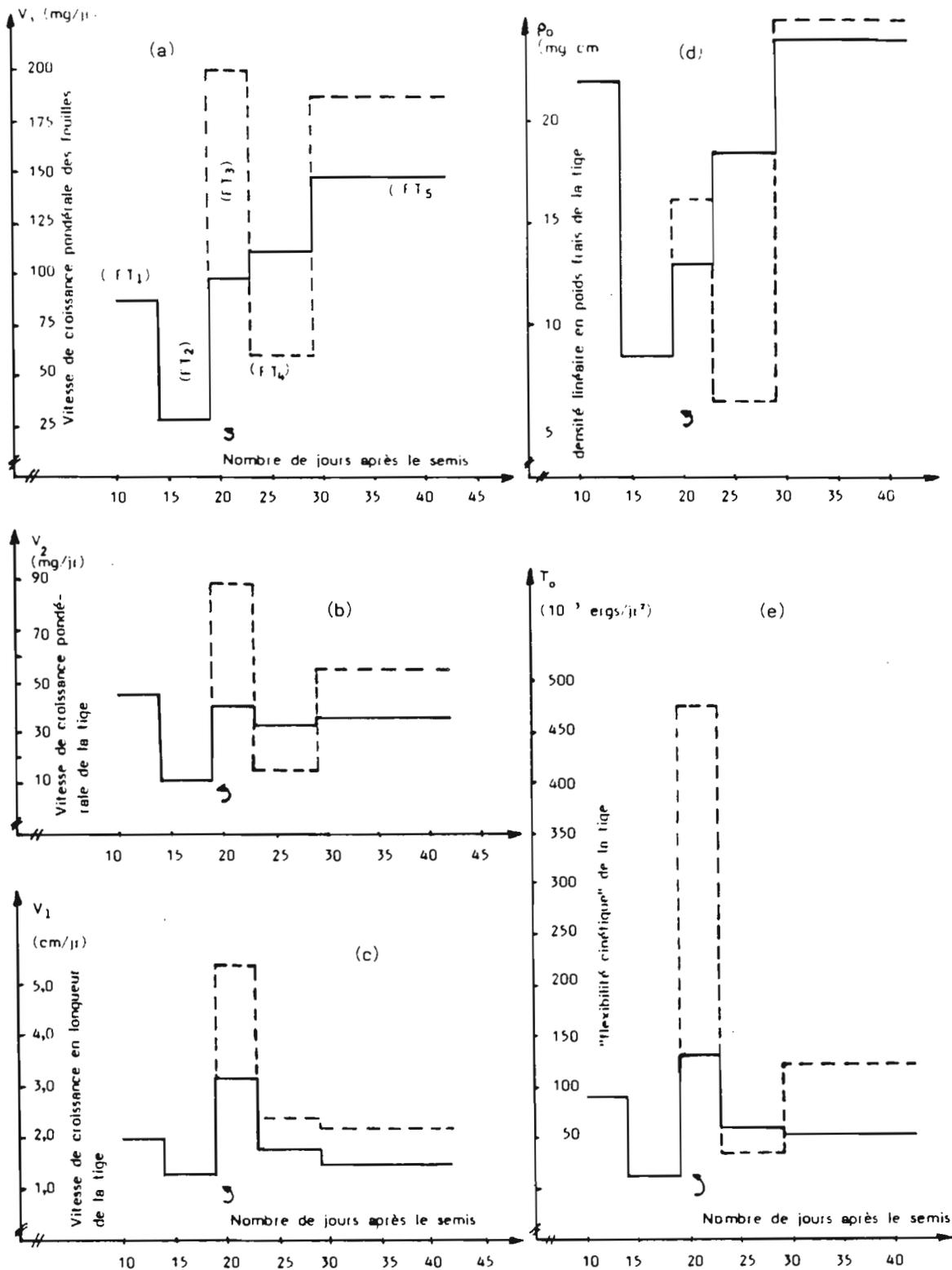


Figure 104. f) Epaisseur de l'entre-nœud de la tige de Coco à rames, en champ, sous trois éclairagements différents (comparaison avec la densité linéaire de Coco à rames Fig. 104. a).



n = nombre d'individus. Dans une même population il a été choisi faible (en vue d'un grand nombre d'entre-nœuds) ou élevé (en vue des répétitions) comme dans la figure n° 8.

Figure 105. Paramètres de la croissance pondérale de la partie en voie de croissance chez Mangetout Princesse à 32°/12° (16h/8h).



- FT_n = Développement de la feuille trifoliolée de rang n jusqu'à l'étalement.
 ↻ = Apparition du flagelle. — = Erigé. - - - = Volubile.
 (a) = Vitesse de croissance pondérale (V_3) des feuilles au cours du temps.
 (b) = Vitesse de croissance pondérale (V_2) de la tige au cours du temps.
 (c) = Vitesse de croissance en longueur (V_1) de la tige au cours du temps.
 (d) = Densité linéaire (ρ_0) de la tige au cours du temps.
 (e) = "Flexibilité cinétique" (T_0) de la tige au cours du temps.

Figure 106 : Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-nœud en voie de croissance, le long de la tige chez Mangetout Princesse à 20°, jour continu, 21 W.m⁻², au cours du temps.

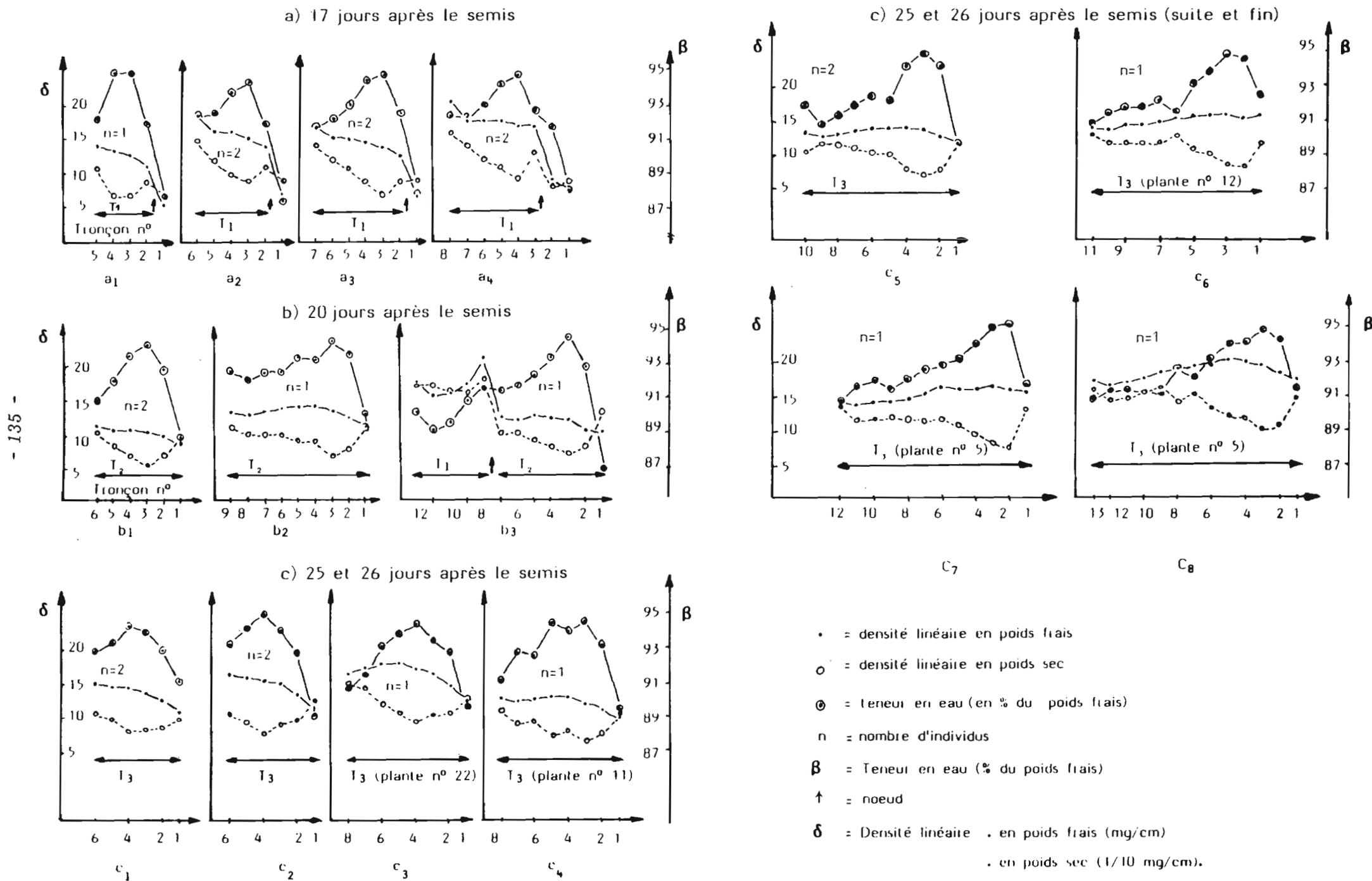
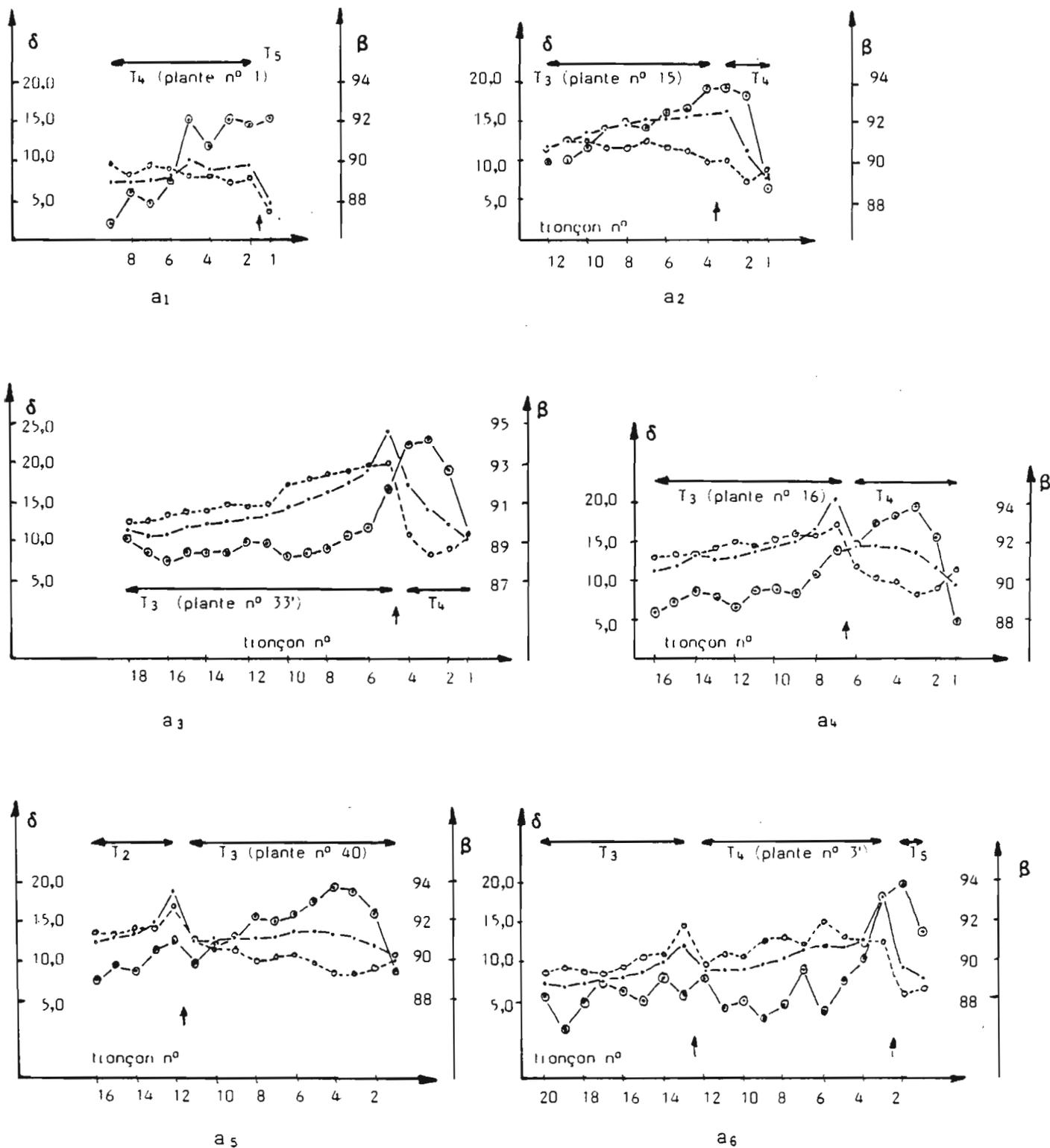


Figure 107 : Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-noeud en voie de croissance chez Mangetout Princesse à 25°C, jour continu, 21 W.m⁻², 23 jours après le semis (fin de croissance longitudinale), à deux stades foliaires différents.

a) avant l'étalement de la dernière feuille trifoliolée



↑ = noeud.

δ = Densité linéaire, en poids frais (mg/cm)
 . en poids sec (1/10 mg/cm)

β = Teneur en eau (% du poids frais)

Figure 107. Densité linéaire et teneur en eau par portion d'entre-noeud en voie de croissance chez Mangetout Princesse à 25°C, jour continu, 21 W.m⁻², 23 jours après le semis (fin de croissance longitudinale), à deux stades foliaires différents.

b) Peu après l'étalement de la dernière feuille trifoliolée.

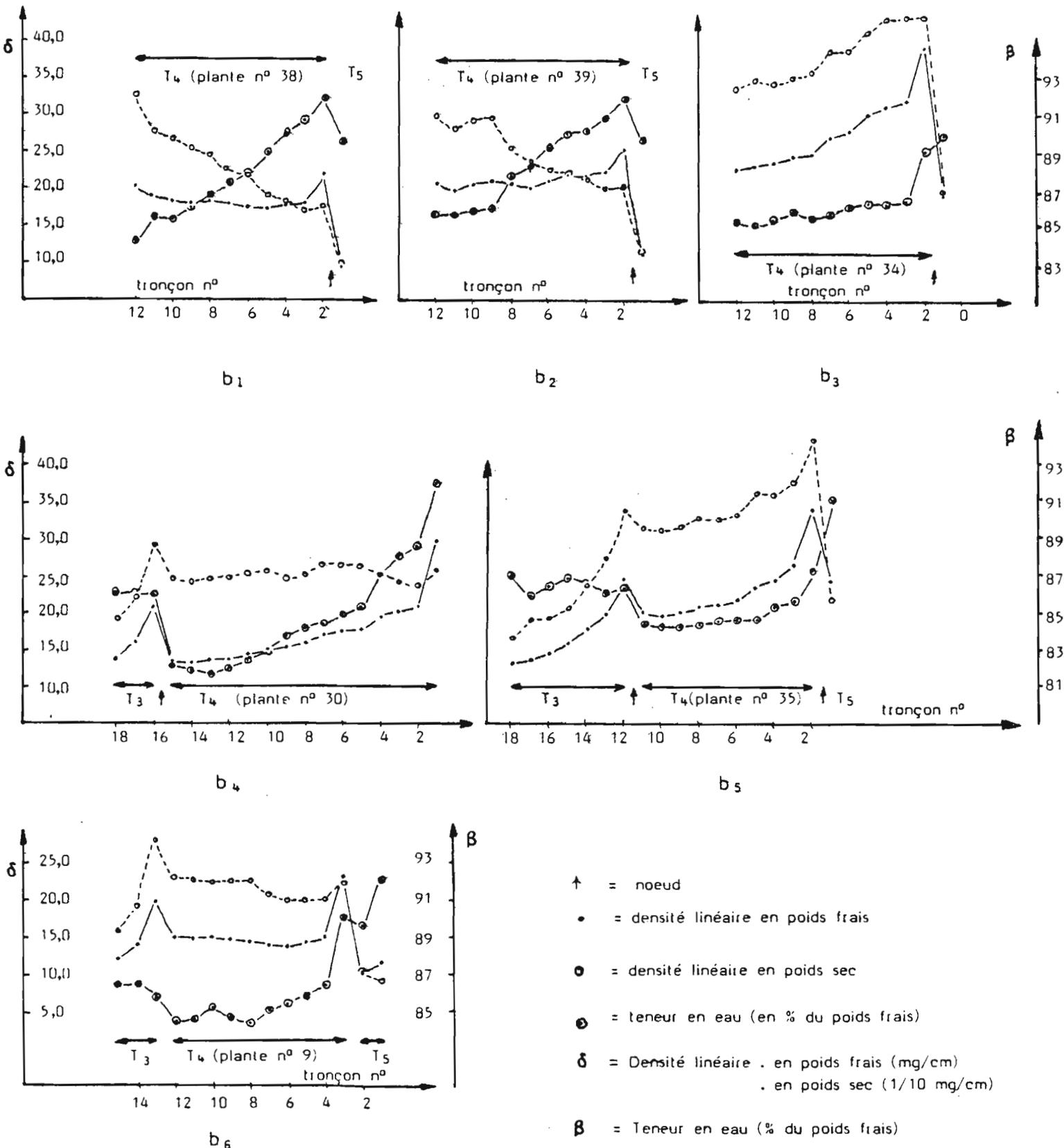


Figure 108. Légende et commentaire.

Les tronçons, d'environ 3 cm chacun, et les portions de courbes correspondantes sont comptés à partir du sommet de la plante, situé à la droite des figures.

Première série de courbes : de **a)** à **e)**. Une courbe en cloche pour 6 à 8 tronçons.

Deuxième série de courbes : **f)** et **g)**. Amorce d'une deuxième courbe en cloche pour 6 à 10 tronçons.

Troisième série de courbes : **h)** et **i)**. Deux courbes en cloche et amorce de la troisième courbe en cloche pour 10 à 12 tronçons.

Quatrième série de courbes : **j)** et **k)**. Amorce de plusieurs courbes en cloche : 8 à 9 tronçons.

Cinquième série de courbes : **l)** à **p)**. Succession de 3 à 5 courbes en cloches partielles pour 11 à 16 tronçons.

Sixième série de courbes : **q)** et **r)**. La première courbe en cloche apparaît plus nettement que dans les cas précédents. De plus, elle se distingue nettement aussi du reste de la courbe.

La première moitié de cette première courbe en cloche se réduit petit à petit [entière dans **q)** - partielle dans **r)**] pour s'annuler (fig. 107. b₅) à l'étalement de la dernière feuille trifoliolée, c'est-à-dire à la fin de la croissance longitudinale de l'entre-noeud.

Ainsi, plus le nombre de tronçons de tige, comptés à partir du sommet de la plante, s'élève, plus le nombre de courbes en cloche s'élève. La première de ces courbes est toujours la plus importante et correspond à la partie de la tige la plus en voie de croissance. Les autres courbes sont partielles ou entières et toujours de hauteur moindre.

=====

Figure 108 . Teneur en eau le long de la tige, principalement dans la partie en voie de croissance, chez Mangetout Princesse à 20°C et 25°C, jour continu, 21 W.m⁻² : essai de rapprochement des différentes sortes de courbes des figures 106 (20°C) et 107 (25°C).

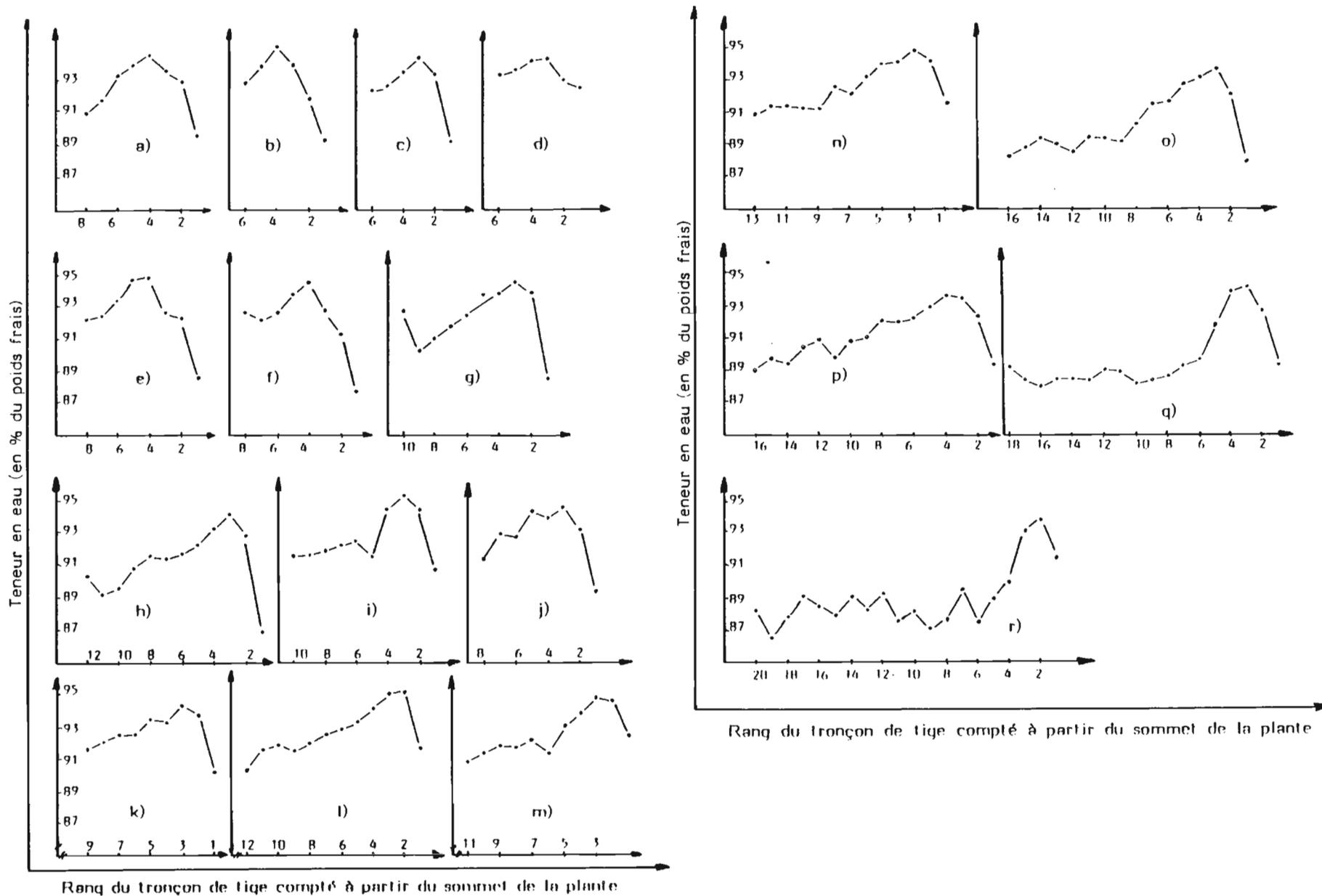
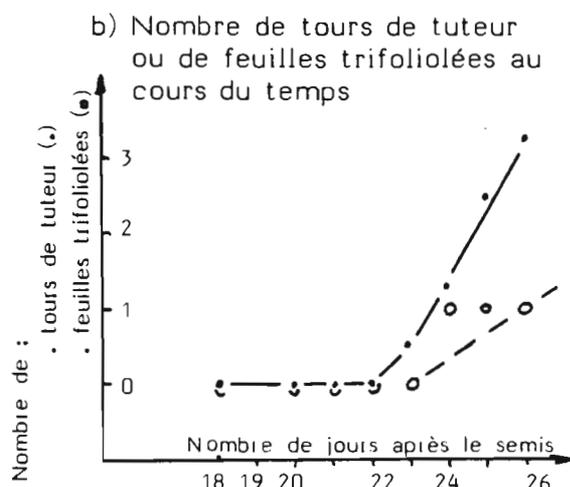
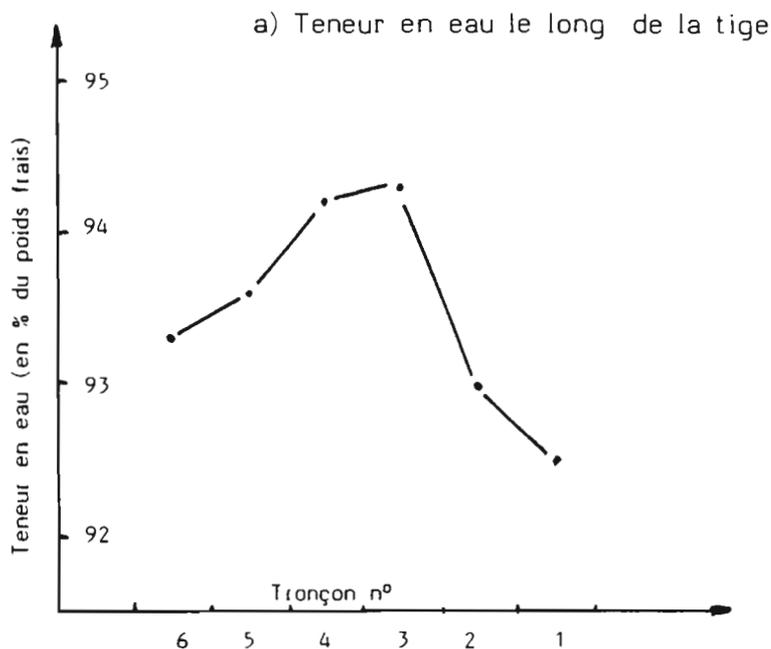
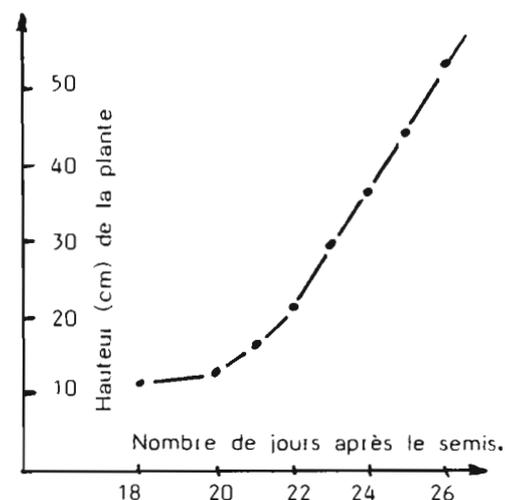


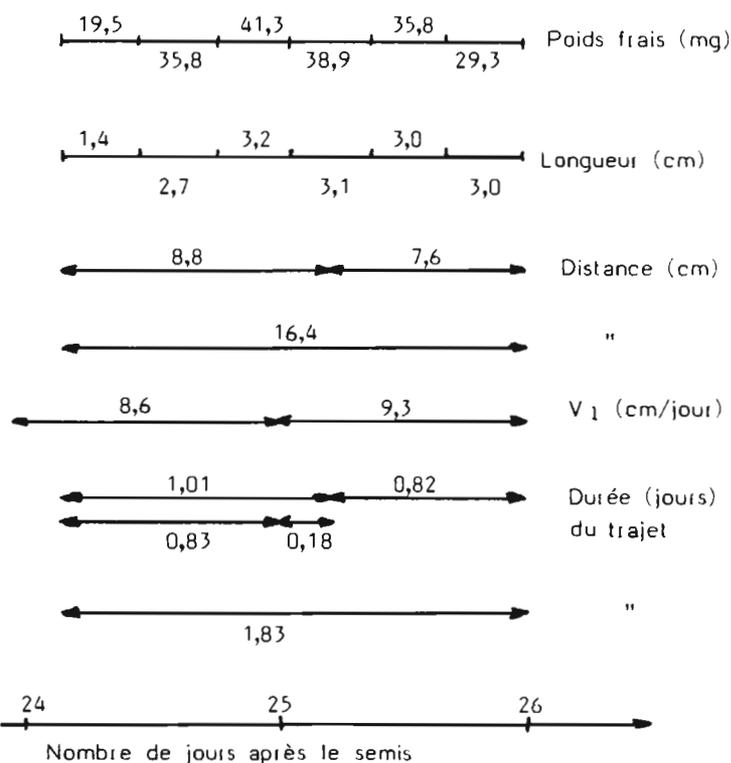
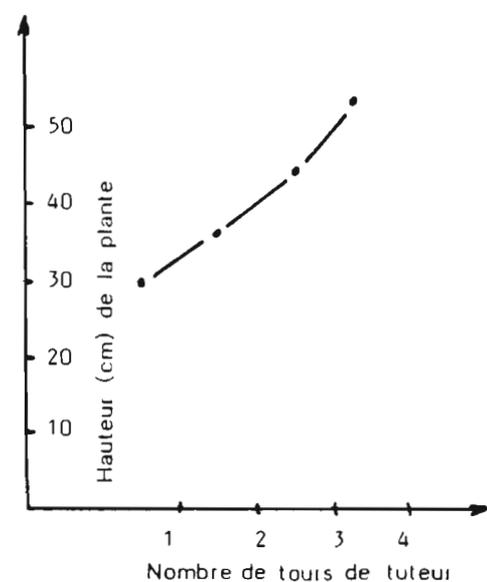
Figure 109.1 : Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20°C, 21 W.m⁻², jour continu (plante n° 2' prélevée pour étude de la teneur en eau, 26 jours après le semis)



c) Hauteur de la plante au cours du temps



d) Hauteur de la plante en fonction du nombre de tours de tuteur



Nombre de jours après le semis	20	21	22	23	24	25	26
Hauteur (cm) de la plante	13,2	16,7	21,6	29,5	36,4	44,7	53,7
V ₀ (cm/jour)	-	-	7,9	6,9	8,3	9,0	
V ₁ (cm/jour)	3,5	4,9	8,0	7,3	8,6	9,3	

$$V_1 = \sqrt{(\omega A)^2 + v_0^2} \quad \text{avec ici } A = 0,41 \text{ cm et } \omega = \begin{cases} 3,14 \text{ rd/jr} \\ 5,78 \text{ rd/jr} \end{cases}$$

Figure 109.2 : Croissance et enroulement au cours du temps de Mangetout Princesse à 20°C, 21 W.m⁻², jour continu (plante n° 13 prélevée pour étude de la teneur en eau, 26 jours après le semis).

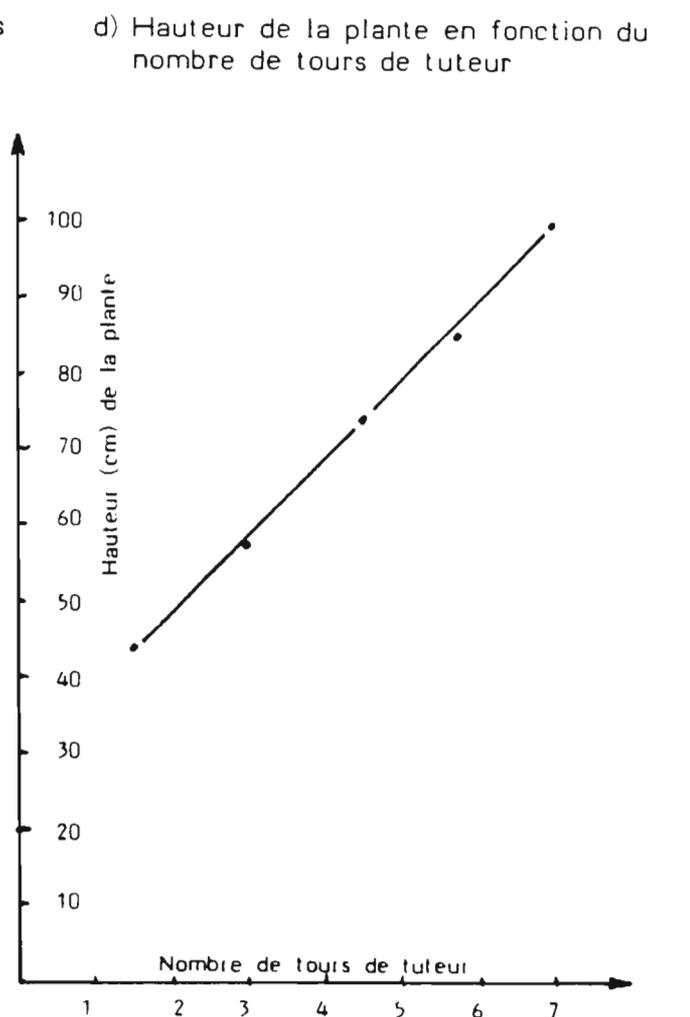
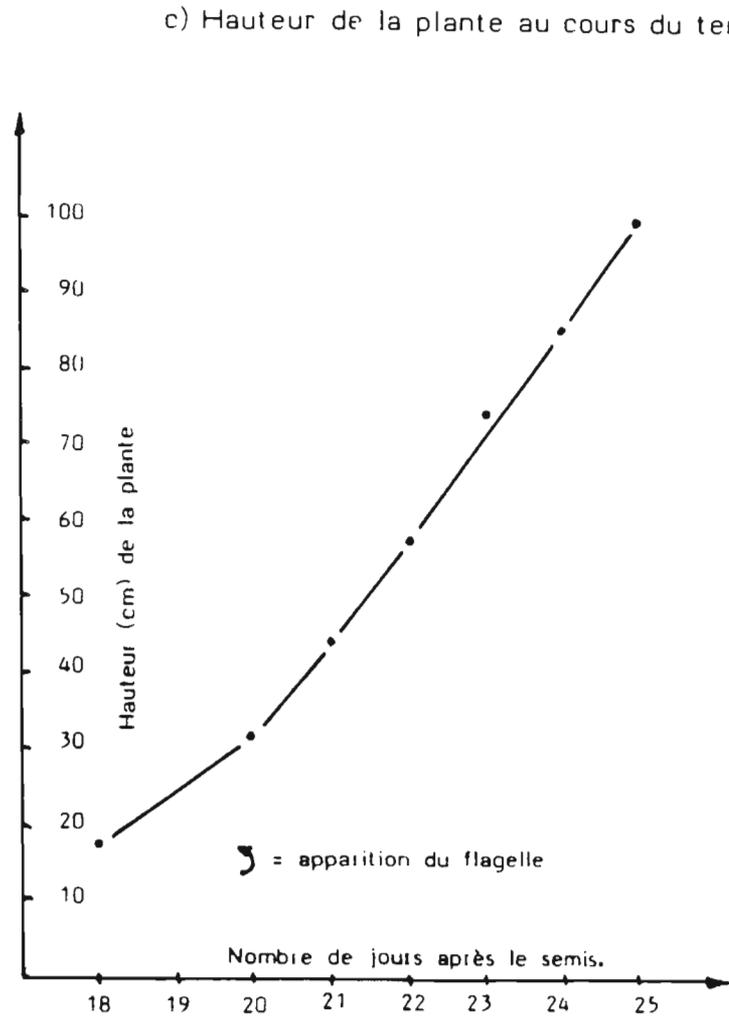
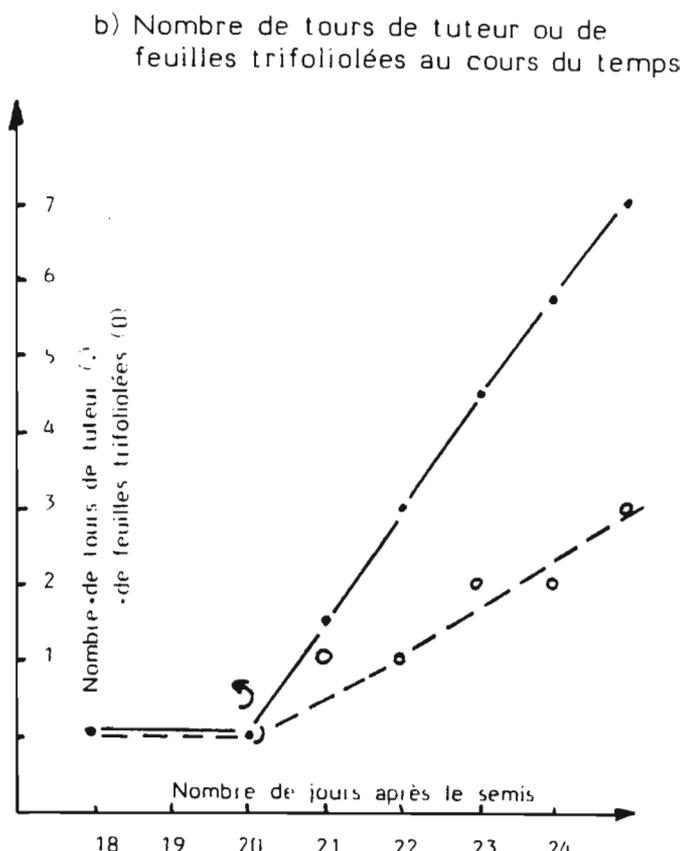
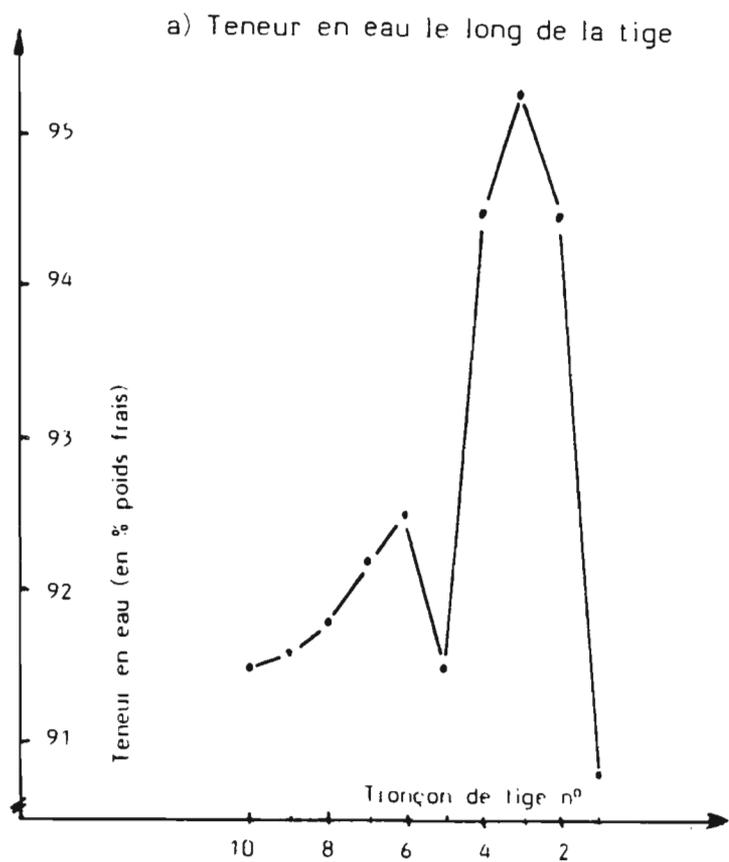
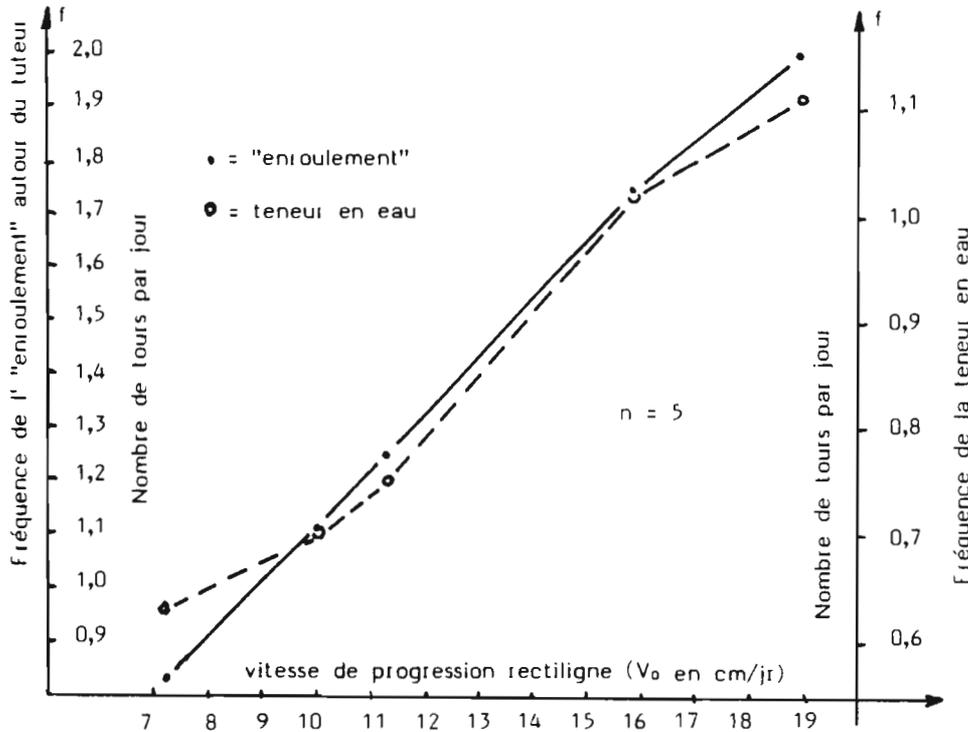


Figure 110 : Relation entre la fréquence de l' "enroulement" et la fréquence de la teneur en eau de la partie en voie de croissance chez Mangetout Princesse

a) en fonction de la vitesse de croissance de la tige (à 25°C)



b) la fréquence de l' "enroulement" en fonction de la fréquence de la teneur en eau (à 20° et 25°)

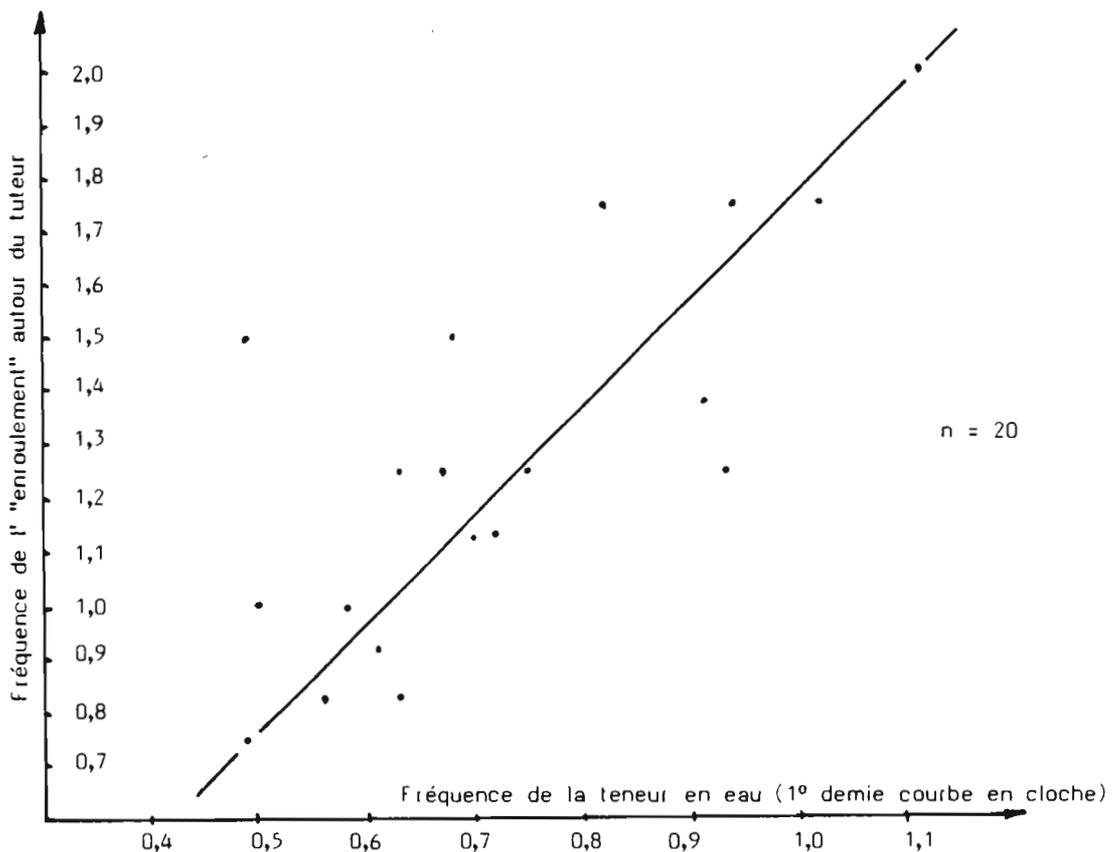
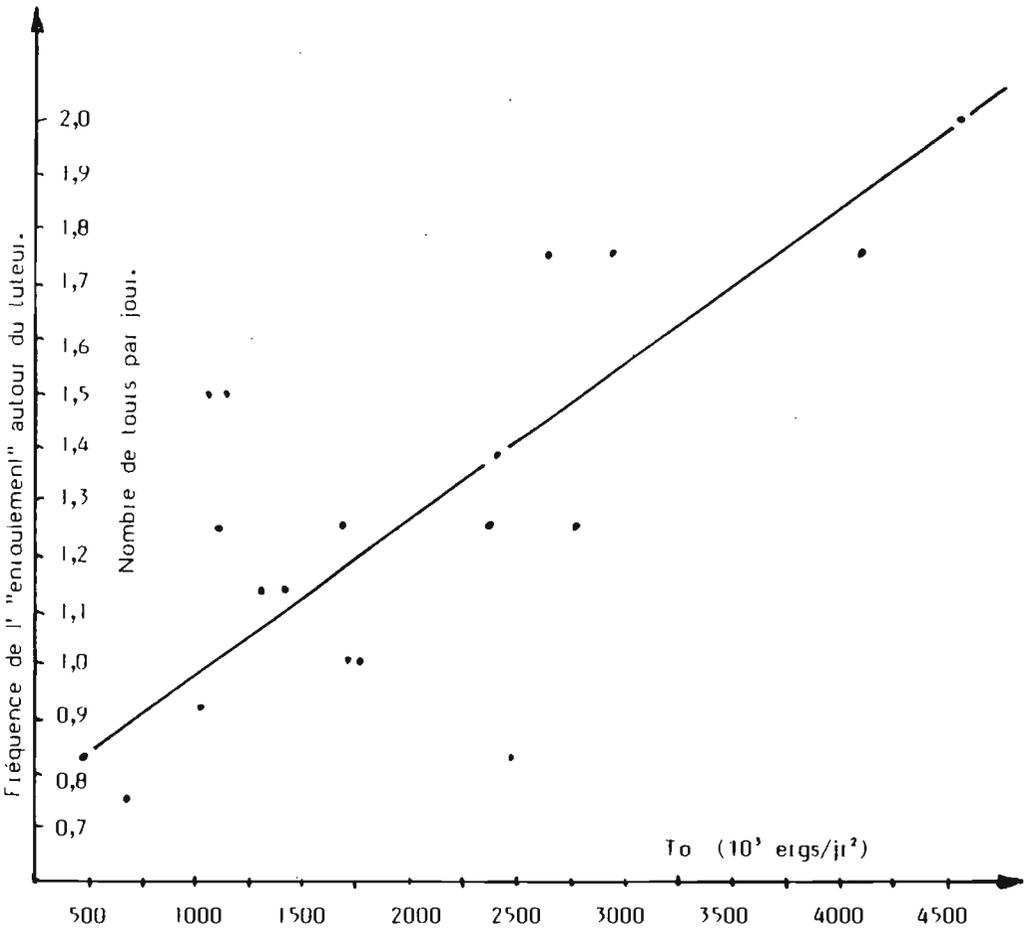


Figure 110 (suite et fin) . Relation entre la fréquence de l' "enroulement" et la fréquence de la teneur en eau de la partie en voie de croissance chez Mangetout Princesse.

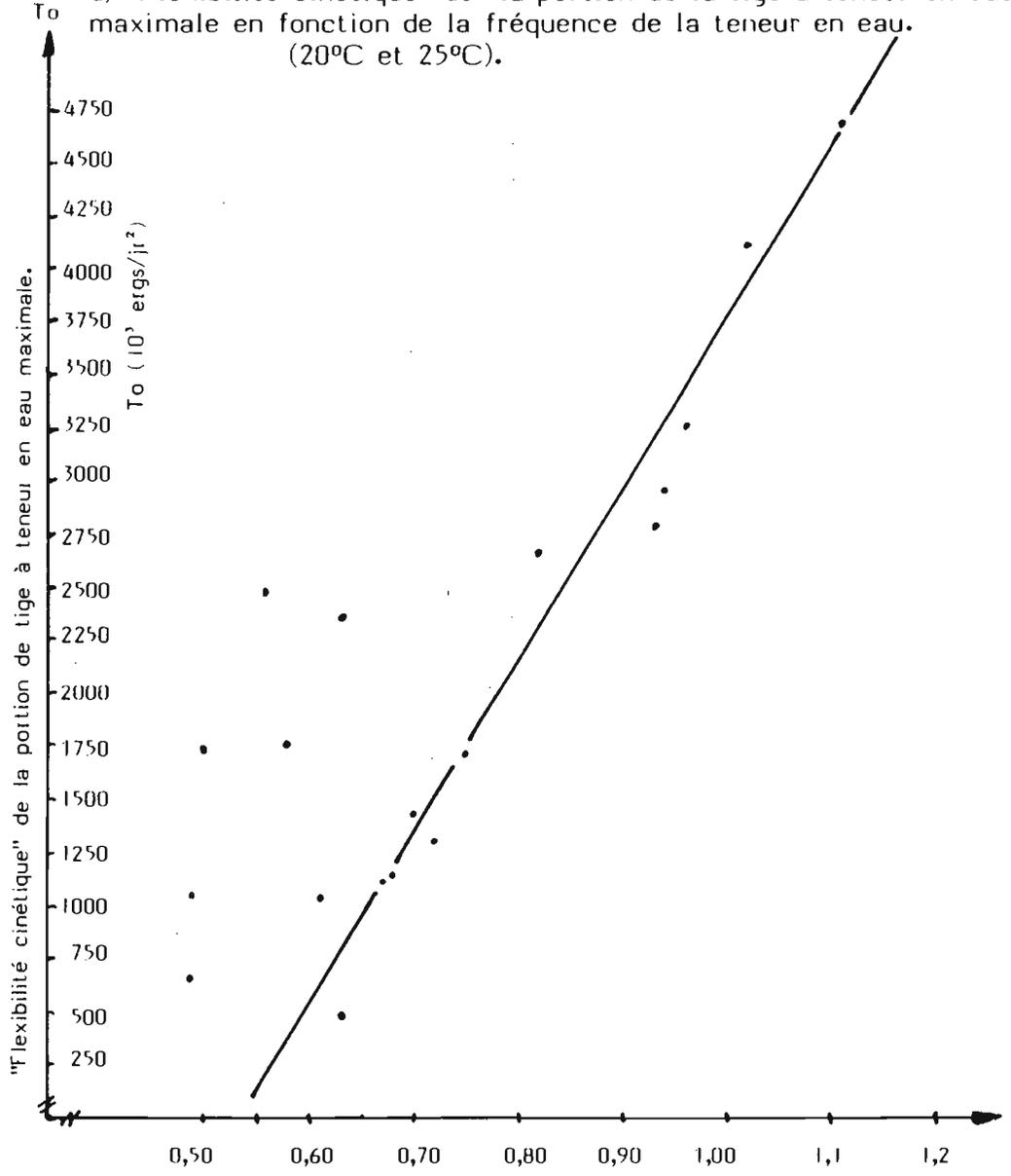
141 bis

c) Fréquence de l' "enroulement" en fonction de la "flexibilité cinétique" de la portion de la tige à teneur en eau maximale. (20°C et 25°C).

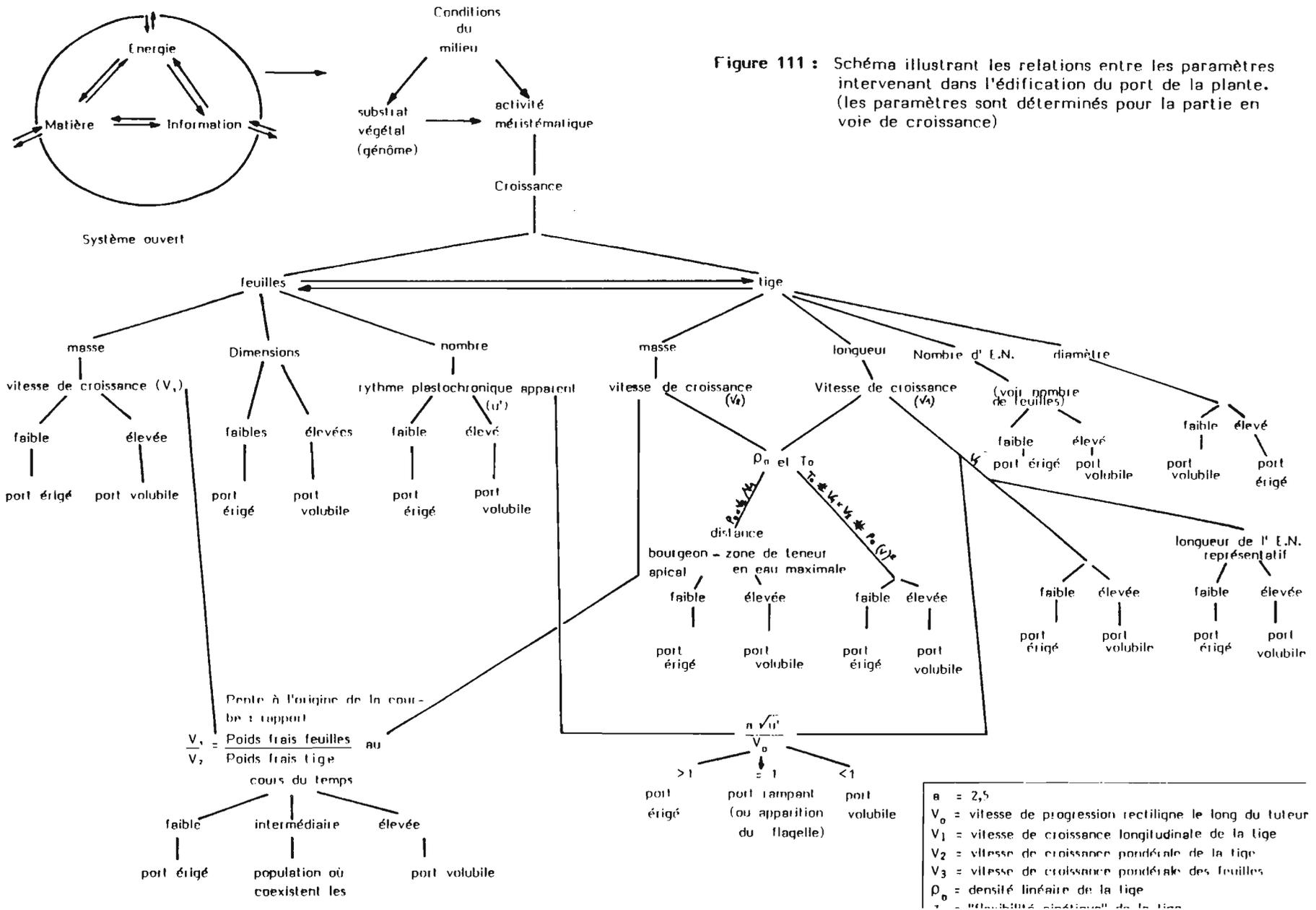


"Flexibilité cinétique" de la portion de tige à teneur en eau maximale.

d) "Flexibilité cinétique" de la portion de la tige à teneur en eau maximale en fonction de la fréquence de la teneur en eau. (20°C et 25°C).



Fréquence de la teneur en eau dans la partie proximale du bourgeon (nombre de tours par jour).



T A B L E A U X



L I S T E des T A B L E A U X

A - <i>Port de la plante</i> =====	Page
<u>1. Données météorologiques</u>	
Tabl. 1 : <i>Température (°C et 1/10 °C) moyenne mensuelle $\frac{\overline{T_n} + \overline{T_x}}{2}$ de la période de culture du haricot en champ (1974 - 1977).</i>	147
Tabl. 2 : <i>Minima et Maxima de température (°C et 1/10 °C) des années 1978 à 1980 à Clermont-Ferrand.</i>	147
<u>2. A la serre</u>	
<i>Port érigé, port volubile et deux formes de port intermédiaire à la serre au cours du temps (semis échelonnés) chez :</i>	
Tabl. 3 : <i>Coco nain</i>	148
Tabl. 4 : <i>Mangetout Princesse</i>	149
<u>3. En chambres conditionnées</u>	
<u>3.1. Influence de deux températures successives sur le port en jour continu :</u>	
Tabl. 5 : <i>Coco nain (14 W.m⁻²); 20°/30° et 30°/20° (températures témoins 20° et 30°)</i>	150
Tabl. 6 : <i>Coco nain (14 W. m⁻²) à 30° suivis de températures plus fraîches</i>	150
Tabl. 7 : <i>Coco nain (21 W. m⁻²) à 30° suivis de températures plus fraîches</i>	151
Tabl. 8 : <i>Coco nain (21 W.m⁻²) à 20°/28°</i>	151
Tabl. 9 : <i>Ocelo (21 W.m⁻²) : 20°/30° et 30°/20° (températures témoins 20° et 30°)</i>	152
Tabl. 10 : <i>Coco nain (21 W.m⁻²) : effet de la durée de la température initiale</i>	152
Tabl. 11 : <i>Dix variétés naines (21 W.m⁻²) à 30°/20° (températures témoins 20° et 30°)</i>	153
Tabl. 12 : <i>Caractères volubiles de quinze variétés (12 naines et 3 à rames) à 30°/20°</i>	154
Tabl. 13 : <i>Classification de douze variétés naines suivant leur aptitude au volubilisme</i>	155

	Page
3.2. <u>Influence de couples de température en alternance jour / nuit :</u>	
Tabl. 14 : Recherche des conditions où Mangetout Princesse var. naine, est volubile	156
Tabl. 15 : Recherche des conditions où Coco à rames est érigé	157
Tabl. 16 : Variation du port volubile chez Coco à rames	158
 B - Caractères morphologiques =====	
1. <u>Au champ</u>	
Tabl. 17 : Influence de l'exposition au soleil sur le nombre d'entre - noeuds, la longueur et le diamètre d'un entre - noeud, la longueur de la tige chez Coco nain	159
Tabl. 18 : Influence de l'exposition au soleil sur le nombre d'entre - noeuds, la longueur moyenne des entre-noeuds, la longueur de la tige chez quatre variétés naines	160
Tabl. 19 : Influence de la date de semis sur le nombre d'entre - noeuds, la longueur moyenne de l'entre-noeud, la longueur de la tige chez quatre variétés naines	161
2. <u>A la serre</u>	
2.1. <u>Influence de la date de semis (semis échelonnés)</u>	
Tabl. 20 : Sur le nombre d'E.N.*; la longueur moyenne de l'E.N., la longueur de la tige chez Coco nain	162
Tabl. 21 : Sur le nombre d'E.N. chez Mangetout Princesse	163
Tabl. 22 : Sur la longueur de l'E.N., la longueur de la tige chez Mangetout Princesse	164
2.2. <u>Caractères</u>	
Tabl. 23 : De Mangetout Princesse à port volubile en semis échelonnés	165
Tabl. 24 : De Mangetout Princesse transféré de la serre au champ et inversement	166
Tabl. 25 : De Coco à rames en semis échelonnés	167
3. <u>En chambres conditionnées</u>	
3.1. <u>Influence de la température sur le nombre moyen de F.T. (Feuilles Trifoliolées) :</u>	
Tabl. 26 : Chez Mangetout Princesse et Coco à rames (alternance jour/nuit - 21W.m ⁻²)	168

* : E.N. = Entre - Noeud.

	Page
Tabl. 27 : Chez Mangetout Princesse (jour continu - 21 W.m^{-2}) a) Températures constantes à intervalle régulier b) Autres températures c) Données statistiques relatives aux températures constantes à intervalle régulier.	169
Tabl. 28 : Chez Ocelo (influence de la température initiale)	169
Tabl. 29 : Chez dix variétés naines	170
3.2. <u>Caractères, à diverses températures, de :</u>	
Tabl. 30 : Coco nain à 20° , 30° , $20^\circ/30^\circ$, $30^\circ/20^\circ$ (jour continu - 21 W.m^{-2})	171
Tabl. 31 : Ocelo à 20° , 30° , $20^\circ/30^\circ$, $30^\circ/20^\circ$ (jour continu - 21 W.m^{-2})	172
Tabl. 32 : Mangetout Princesse [alternance jour/nuite (12h/12h) 21 W.m^{-2}]	173
Tabl. 33 : Mangetout Princesse (jour continu - 21 W.m^{-2})	174
Tabl. 34 : Huit variétés naines à 20° , 30° , $30^\circ/20^\circ$ (jour continu - 21 W.m^{-2})	175
Tabl. 35 : Coco à rames.	176
3.3. <u>Divers.</u>	
Tabl. 36 : Variations des caractères de Coco à rames liées à l'existence d'un gradient de température dans un milieu à température élevée.	177
Tabl. 37 : Longueur moyenne de chaque E.N. chez sept variétés naines dans une population où coexistent les deux types de port.	178
Tabl. 38 : Relation entre la période de croissance active de l'E.N. représentatif et celle de l'apparition du mouvement.	179
Tabl. 39 : Influence de la température initiale sur la longueur de la tige (Coco nain, Ocelo et Mangetout Princesse)	180
Tabl. 40 : Relation entre la longueur de la tige et les caractères volubiles chez deux variétés naines	180
Tabl. 41 : Relation entre la longueur de la tige et les caractères volubiles chez sept variétés naines	181
Tabl. 42 : Poids des graines de quatre variétés : Coco à rames, Coco nain, Ocelo et Mangetout Princesse	182

C - Croissance au cours du temps

=====

1. Comparaison du tracé suivi par l' "enroulement" à une hélice.

Tabl. 43 : Comparaison, au cours du temps (t), des hauteurs (z) mesurée et calculée de Coco à rames à la serre et dans les chambres conditionnées. 183

Tabl. 44 : Equation de la hauteur (z) de la plante en fonction de l'angle de rotation $[\theta(t)] : z = b\theta$ avec $\theta = \omega t + \phi$ (θ en radians). 184

Tabl. 45 : Vérification de la formule $V = \lambda f$ sur les données des tableaux 43 et 44 avec V = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur, λ = pas de spire et f = fréquence. 184

2. Applications de cette comparaison dans différentes conditions du milieu

2.1. Paramètres de la croissance et de l'enroulement, au cours du temps :

Tabl. 46 : De Mangetout Princesse transféré de la serre au champ et inversement 185

Tabl. 47 : De Mangetout Princesse, Coco à rames et Coco nain à la serre (comparaison). 185

Tabl. 48 : De Coco à rames à la serre et dans les chambres conditionnées 186

Tabl. 49 : De Mangetout Princesse à différentes températures 186

2.2. Schémas de la croissance et de l'enroulement au cours du temps :

Tabl. 50 : Mangetout Princesse transféré de la serre au champ et inversement 187

Tabl. 51 : Coco à rames à la serre 188

Tabl. 52 : Mangetout Princesse à différentes températures 189

Tabl. 53 : Schéma de la relation entre le port de la plante et les positions relatives des débuts des "pleins régimes" de la vitesse de croissance et de la fréquence de l' "enroulement". 190

Tabl. 54.1 : Croissance et enroulement de Mangetout Princesse en jour continu, 21 W.m⁻², à 23°C, 25°C et 27°C. 191

Tabl. 54.2 : Longueur (cm) par entre-noeud de la tige de Mangetout Princesse à la récolte. 191

TABLEAU 1 . Température (°C et 1/10 °C) moyenne mensuelle $\frac{\bar{T}_n + \bar{T}_x}{2}$, de la période de culture du haricot en champ (1974-1977).

\bar{T}_n = moyenne mensuelle des minima \bar{T}_x = moyenne mensuelle des maxima

ANNEE MOIS	ANNEE				TOTAL	MOYENNE	S	S'
	1974	1975	1976	1977				
AVRIL	9,4	9,5	8,9	8,4	36,2	9,05	0,51	0,44
MAI	12,5	11,9	14,3	12,1	50,8	12,70	1,10	0,95
JUIN	16,2	15,4	19,2	15,3	66,1	16,50	1,83	1,58
JUILLET	18,2	19,0	20,4	17,7	75,3	18,80	1,18	1,02
AOUT	19,5	20,2	18,3	16,5	74,5	18,60	1,62	1,40
TOTAL	75,8	76,0	81,1	70,0	302,9			

S = écart-type de l'échantillon

S' = écart-type de la population

TABLEAU 2 . Minima et Maxima de température (°C et 1/10 °C) des années 1978 à 1980 à Clermont (Données fournies par la station météorologique d'Aulnat).

ANNEE MOIS	Minima absolus			Maxima absolus			Moyenne mensuelle des					
							Minima			Maxima		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
JANVIER	- 8,7	- 14,1	- 9,3	12,1	15,1	14,5	- 1,1	- 3,5	- 2,2	5,9	4,8	5,8
FEVRIER	- 13,2	- 8,4	- 3,4	17,4	14,4	17,4	0,6	1,5	3,2	9,1	8,0	11,3
MARS	- 5,6	- 6,5	- 5,3	23,3	17,4	18,6	1,8	3,1	1,7	11,9	12,2	10,4
AVRIL	- 4,7	- 3,9	- 3,3	19,1	20,7	19,3	2,8	3,8	3,5	12,4	13,3	12,3
MAI	1,7	- 2,3	0,0	23,4	28,2	23,7	7,2	7,0	5,9	16,7	18,7	16,7
JUIN	3,2	4,6	4,7	29,0	28,0	26,5	10,1	12,1	9,9	21,3	22,7	20,7
JUILLET	7,0	5,6	4,4	34,1	32,4	34,1	12,2	12,0	11,2	24,3	25,4	23,2
AOUT	5,3	4,0	2,4	30,4	31,6	36,3	10,4	11,6	13,0	23,7	22,7	26,0
SEPTEMBRE	- 0,8	2,1	4,0	29,2	29,2	30,1	8,2	9,8	10,3	22,4	22,4	23,8
OCTOBRE	- 2,7	- 0,6	- 2,7	28,7	27,4	24,6	5,0	8,7	6,1	17,0	17,8	16,2
NOVEMBRE	- 8,1	- 6,5	- 8,8	19,9	18,9	20,7	- 0,1	1,8	0,2	11,6	10,1	9,0
DECEMBRE	- 8,6	- 6,4	- 14,2	17,5	17,5	14,0	2,7	1,0	- 2,6	9,8	9,5	5,1

TABLEAU 3 : Port érigé, port volubile et deux formes de port intermédiaires chez Coco nain à la serre, au cours du temps (semis échelonnés).

Date de		POURCENTAGE DE PLANTES				Nombre total de plantes
		à enroulement ferme	à enroulement lâche	à zizzags autour du tuteur	érigées	
Semis	Récolte					
15.04.76	19.05.76	7,4	-	40,7	51,9	27
24.05.76	28.06.76	32,1	17,9	17,9	32,1	28
05.10.76	17.11.76	55,2	-	13,8	31,0	29
20.11.76	05.01.77	23,3	20,0	10,0	46,7	30
08.01.77	14.02.77	5,6	-	8,3	86,1	36
18.02.77	28.03.77	9,4	21,9	-	68,7	32
30.03.77	09.05.77	51,5	18,2	12,1	18,2	33
11.05.77	20.06.77	22,6	12,9	-	64,5	31
22.06.77	21.07.77	39,3	14,3	10,7	35,7	28
22.07.77	30.08.77	65,6	9,4	-	25,0	32
31.08.77	03.11.77	29,0	12,9	9,7	48,4	31
08.11.77	19.12.77	22,2	11,1	-	66,7	27

TABLEAU 4 : Port érigé, port volubile et deux formes de port intermédiaire chez Mangetout Princesse, à la serre, au cours du temps (semis échelonnés).

Date de		POURCENTAGE DE PLANTES				Nombre total de plantes
		à enroulement ferme	à enroulement lâche	à zigzags autour du tuteur	érigées	
Semis	Récolte					
23.12.77	24.02.78	76,7	3,3	0,0	20,0	30
01.03.78	06.04.78	75,0	6,3	6,2	12,5	32
25.04.78	29.05.78	90,6	3,1	0,0	6,3	32
02.06.78	04.07.78	100,0	0,0	0,0	0,0	33
11.07.78	18.09.78	100,0	0,0	0,0	0,0	28
29.09.78	06.11.78	75,9	0,0	0,0	24,1	29
08.11.78	18.12.78	90,6	0,0	3,1	6,3	32
19.12.78	25.01.79	81,8	0,0	6,1	12,1	33
29.01.79	07.03.79	93,6	0,0	0,0	6,4	31
14.03.79	07.05.79	96,3	0,0	0,0	3,7	27
14.05.79	13.06.79	100,0	0,0	0,0	0,0	33
18.06.79	19.07.79	100,0	0,0	0,0	0,0	33
25.07.79	30.08.79	100,0	0,0	0,0	0,0	33
06.09.79	10.10.79	100,0	0,0	0,0	0,0	32
17.10.79	26.11.79	100,0	0,0	0,0	0,0	33
05.12.79	21.01.80	100,0	0,0	0,0	0,0	33
26.01.80	04.03.80	77,4	12,9	0,0	9,7	31

TABLEAU 5 : Influence de deux températures successives sur le port de Coco nain, en jour continu, 14 W. m² (essai du 05.01.76)

Température initiale (°C)	20°			30°	
	DUREE DE LA TEMPERATURE INITIALE	JUSQU'A LA RECOLTE	PENDANT 16 JOURS	PENDANT 10 JOURS	JUSQU'A LA RECOLTE
Température finale (°C)	20°	30°	30°	30°	20°
Pourcentage de plantes à enroulement ferme	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Nombre de tours de tuteur	0,5	0,5	-	0,5	1,3
Hauteur de la partie enroulée (cm)	7,6	7,5	-	19,0	14,2
Hauteur de la plante (cm)	30,7	28,5	27,5	55,0	46,3
Nombre de feuilles trifoliolées	3,1	3,0	3,3	5,8	5,6
Caractères descriptifs de la tige	3 plantes à enroulement lâche + 3 plantes à zigzags + 1 plante érigée	1 plante à enroulement lâche + 6 plantes érigées typiques	9 plantes érigées typiques	1 plante à zigzags au tour du tuteur + 4 plantes érigées typiques	7 plantes à enroulement serré autour du tuteur
NOMBRE DE PLANTES	7	7	9	5	7

Tableau 6. Influence de deux températures successives sur le port de Coco nain, en jour continu, 14 W. m⁻² : température initiale de 30°C (du semis à l'étalement de la première feuille trifoliolée), température finale (de ce stade à la floraison).

CARACTERES	T° FINALES					
	30°	25°5	21°	21°	19°	17°
Pourcentage de plantes à enroulement ferme	0 %	22 %	100 %	100 %	89 %	67 %
Nombre moyen de tours de tuteur	1,0	2,1	2,2	2,1	2,2	1,2
Hauteur moyenne de la partie enroulée (cm)	24,6	33,0	37,7	31,7	27,9	15,6
Hauteur de la plante (cm)	67,6	70,8	71,8	68,1	63,8	47,3
Nombre de feuilles trifoliolées	5,6	6,0	6,0	5,9	5,9	5,6
Port de la plante	5 plantes à zigzags entourant le tuteur. + 4 plantes à zigzags entourant le tuteur en bas, enroulement lâche en haut	7 plantes à zigzags en bas, enroulement serré en haut + 2 plantes à enroulement serré	9 plantes à enroulement serré	8 plantes à enroulement serré + 1 plante virosée éliminée	8 plantes à enroulement serré + 1 plante à enroulement lâche	6 plantes à enroulement serré + 2 plantes à enroulement lâche + 1 plante érigée (en cours de croissance)
Nombre de plantes	9	9	9	8	9	9
Essai du	02.06.75			05.07.75		

T° = température.

Tableau 7. Influence de deux températures successives sur le port de Coco nain, en jour continu, 21 W. m⁻² : température initiale de 30° (du semis à l'étalement de la 1e feuille trifoliolée), température finale (de ce stade à la floraison). Essai du 13.10.75.

Caractères \ T° finale	30°	25°	20°
Pourcentage de plantes à enroulement ferme.	0%	0%	100%
Nombre moyen de tours de tuteur	-	2.0	2.0
Hauteur moyenne de la partie enroulée (cm)	-	22.2	28.1
Hauteur de la plante (cm)	48.6	53.8	59.9
Nombre de feuilles trifoliolées	5.7	5.6	5.9
Port de la plante	9 plantes érigées accrochées au tuteur entre foliole latérale et pétiole.	9 plantes à zig-zags en bas et à enroulement serré en haut.	9 plantes à enroulement serré.
Nombre de plantes	9	9	9

Tableau 8. Influence de deux températures successives sur le port de Coco nain, en jour continu, 21 W. m⁻² : température initiale de 28°C (du semis à l'étalement de la 1e feuille trifoliolée), température finale (de ce stade à la floraison). Essai du 17.11.75.

Caractères \ T° finales	Température initiale 28° → étalement 1e f.	
	20° pendant 3 semaines puis 28°	28° (jour) 20° (nuit)
Pourcentage de plantes à enroulement ferme	100%	22%
Nombre moyen de tours de tuteur	1.4	0.7
Hauteur moyenne de la partie enroulée (cm)	14.4	13.8
Hauteur de la plante (cm)	44.6	44.2
Nombre de feuilles trifoliolées	5.4	5.0
Port de la plante	9 plantes à enroulement serré tant que dure la température de 20°C.	2 plantes à enroulement serré + 7 plantes à zigzags autour du tuteur.
Nombre de plantes	9	9

Tableau 9. Influence de deux températures successives sur le port de Ocelo en jour continu 21 W. m⁻² (essai du 02.06.78).

Température initiale (°C)	20°			30°	
Durée de la température initiale	jusqu'à la récolte	pendant 21 jours	pendant 12 jours	jusqu'à la récolte	pendant 12 jours
Température finale (°C)	20°	30°	30°	30°	20°
Pourcentage de plantes à enroulement ferme.	17%	6%	0%	100%	100%
Nombre de tours de tuteur	1.3	0.5	-	2.6	4.3
Hauteur moyenne de la partie enroulée (cm).	20.8	34.5	-	37.1	53.9
Hauteur moyenne d'une spire (cm)	16.0	69.0	-	14.3	12.5
Nombre d'individus	12	16	12	10	10

Tableau 10. Influence de la durée de la température initiale sur Coco nain en jour continu, 21 W. m⁻².

a) 30°/20° : température initiale de 30° - température finale de 20°.

	Semis du 31.08.77			Semis du 15.07.77		
	1 jour	2 jours	3 jours	3 jours	6 jours	9 jours
Nombre de feuilles trifoliolées (FT)	3.2	4.8	5.0	4.9	5.2	5.0
Pourcentage de plantes volubiles	7.7	69.2	53.9	100.0	76.9	69.2
Nombre de tours de tuteur	0.8	0.8	0.8	1.3	1.5	1.0
Hauteur de la partie enroulée (cm)	11.0	11.0	10.0	15.7	16.4	14.3
Hauteur de la plante (cm)	30.0	34.8	34.0	37.8	42.8	44.3
Hauteur moyenne d'un spire (cm)	13.8	13.8	12.5	12.1	10.9	14.3
Nombre de plantes	13	13	13	13	13	13

b) 20°/30° : température initiale de 20° - température finale de 30°.

	Semis du 24.10.78			Semis du 04.12.78			Semis du 11.01.79		
	1 jour	2 jours	3 jours	3 jours	6 jours	9 jours	9 jours	12 jours	15 jours
Nombre de feuilles trifoliolées	5.3	5.4	5.2	4.9	3.5	3.0	3.0	3.1	3.1
Pourcentage de plantes volubiles	46.2	30.7	23.1	0	7.7	0	0	7.7	0
Nombre de tours de tuteur	0.7	0.7	0.7	0	0.7	0	0	0.5	0
Hauteur de la partie enroulée (cm)	19.8	17.6	11.1	0	12.0	0	0	22.0	0
hauteur de la plante (cm)	54.9	52.0	45.5	46.0	43.5	38.4	35.8	31.9	33.3
hauteur moyenne d'une spire (cm)	28.3	25.1	15.9	-	17.1	-	-	44.0	-
Nombre de plantes	13	13	13	13	13	12	13	13	13

TABLEAU 11 : Influence des températures 20°, 30° et 30°/20° sur le pourcentage de plantes volubiles chez 10 variétés naines en jour continu, 21 W. m⁻².

VARIETE	(1) = Pourcentage (2) = Nombre d'individus	30°C	30°C/20°C	20°C
MANGETOUT	1	100 %	100 %	92 %
PRINCESSE	2	12	12	12
MYRTO	1	100 %	100 %	83 %
	2	6	6	6
NABEL	1	100 %	100 %	33 %
	2	6	6	6
ARIAN	1	100 %	100 %	12 %
	2	6	6	8
OCELO	1	100 %	100 %	9 %
	2	6	6	21
COREL	1	100 %	100 %	0 %
	2	12	12	12
BEURRE	1	42 %	100 %	0 %
FINDOR	2	12	12	12
MANGETOUT	1	33 %	100 %	4 %
CONSTANT	2	12	12	24
COCO NAIN	1	0 %	100 %	0 %
	2	9	9	6
MANGETOUT	1	0 %	0 %	0 %
SILVERT	2	12	11	12

Le Mangetout Silvert à 20°C est mort après un mois de culture au stade des feuilles primaires.

TABLEAU 12 : Caractères de 15 variétés (12 naines et 3 à rames), à port volubile à 30° 9 jours → 20°, jour continu, 21 W. m⁻² (3 plantes par variété - semis du 16.02.76).

PARAMETRES ETUDIES		Longueur (cm) moyenne de la plante	Hauteur (cm) moyenne de la plante	Hauteur (cm) enroulée moyenne	Nombre de tours de tuteur moyen
VARIETE					
NAINE	MANGETOUT PRINCESSE	94,3	84,8	54,9	5,7
	MYRTO	77,5	71,7	31,2	3,0
	NABEL	67,3	65,1	27,7	2,8
	ARIAN	94,0	88,2	39,0	3,3
	MICHELET à longues cosses	59,1	56,8	19,2	2,0
	OCELO	85,0	81,3	35,2	2,4
	ADRIA	69,0	64,8	20,0	1,5
	COREL	56,1	53,3	16,0	1,3
	MANGETOUT CONTANT	53,4	51,2	16,5	1,4
	COCO NAIN	52,7	50,5	18,2	1,5
	BEURRE FINDOR	74,3	69,5	13,9	1,0
	MANGETOUT SILVERT	55,9	53,3	13,8	1,1
A RAMES	NECORES	-	196,0	163,3	21,8
	COCO A RAMES	-	110,3	80,8	10,7
	MICHELET A RAMES	-	91,0	48,8	4,5

Tableau 13. Classification de 12 variétés naines suivant leur aptitude au volubilisme, en jour continu, 21 W. m⁻²

Variété	Mangetout Princesse	Myrto	Nabel	Arian	Michelet à longues cosses	Ocelo	Adria	Corel	Mangetout Constant	Coco nain	Beurre Findor	Mangetout Silver
Nombre de tours d'enroulement le plus élevé à 30°/20° (pour 3 pieds par variété)	9,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	0
30° C (jusqu'à l'étalement de la 1ère feuille trifoliolée) puis 20° C												0% V
30° C									33% V	0% V	42% V	0% V
20° C	92% V	83% V	33% V	12% V		9% V		0% V	4% V	0% V	0% V	0% V

————— : 100 % des plantes volubiles

en blanc : variété non expérimentée

----- : mélange de plantes volubiles et de plantes naines.

TABLEAU 14 : Recherche des conditions du milieu où Mangetout Princesse, variété naine, est volubile (21 W. m⁻²).

CONDITIONS	ERIGE		VOLUBILE			NOMBRE DE PLANTES AU TOTAL	DATE DE SEMIS	DUREE DE L'ESSAI (jours)
	% DE PLANTES	HAUTEUR (cm) DE LA PLANTE	HAUTEUR (cm) DE LA PLANTE	HAUTEUR (cm) ENROULEE	NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR			
(1) 32°/12° (16h/8h)	73 %	64,6	76,5	32,6	1,8	15	20.12.79	35
(2) 32°/12° (12h/12h)	73 %	62,1	70,7	18,4	1,0	15	25.01.80	47
(3) 20°/12° (12h/12h)	60 %	33,9	44,3	22,8	1,8	15	25.01.80	48
(4) 20°/12° (8h/16h)	27 %	32,9	47,8	21,7	2,1	15	21.01.80	49
(5) 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{13 \text{ JRS}}$ 20°/12°(12h/12h)	0 %	-	64,3	33,0	4,2	15	18.03.80	55
(6) 20°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{6 \text{ JRS}}$ 32°/12°(12h/12h)	7 %	58,0	78,0	30,5	3,2	15	03.11.80	47
(7) 20°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{12 \text{ JRS}(FP)}$ 32°/12°(12h/12h)	19 %	54,8	65,4	28,9	2,7	16	03.11.80	39
(8) 20°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{18 \text{ JRS}(FP)}$ 32°/12°(12h/12h)	88 %	46,2	52,1	11,1	0,4	16	03.11.80	39
(9) 20°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{22 \text{ JRS}}$ 32°/12°(12h/12h) $\xrightarrow{FT (+1)}$	94 %	36,7	36,0	9,5	0,25	16	22.12.80	44
(10) 20°/12°(12h/12h) $\xrightarrow{32 \text{ JRS}}$ 32°/12°(12h/12h) $\xrightarrow{FT_1}$	88 %	40,5	56,7	24,5	1,5	16	22.12.80	44
(11) 13,5 ° (16h/8h)	10 %	22,2	36,2	13,5	1,4	10	10.09.81	68
(12) 13,5° (16h/8h) $\xrightarrow{40 \text{ JRS}}$ 32°/12°(16h/8h) $\xrightarrow{FT_1}$	70 %	36,5	43,1	9,1	0,8	10	10.09.81	54
(13) 32° (JOUR CONTINU)	0 %	-	72,6	31,2	2,9	15	21.09.79	31
(14) 20° $\xrightarrow{3 \text{ JRS}}$ 32° (JOUR CONTINU)	0 %	-	112,0	89,0	7,8	15	21.09.79	31
(15) 20° $\xrightarrow{6 \text{ JRS}}$ 32° (JOUR CONTINU)	50 %	41,1	70,6	37,6	2,9	16	21.09.79	31
(16) 35°/22° (16h/8h)	20 %	55,0	68,0	33,0	4,5	15	12.04.84	47
(17) 37°/22° (16h/8h)	100 %	30,8	-	-	-	50	25.05.84	30
(18) 32°/12°(12h/12h) $\xrightarrow{8 \text{ JRS}(FP)}$ 12°(16h/8h)	100 %	13,1	-	-	-	25	23.06.81	120
(19) 32°/12°(12h/12h) $\xrightarrow{10 \text{ JRS}(FP)}$ 12°(16h/8h)	100 %	33,8	-	-	-	17	12.12.80	133
(20) 32°/12°(16h/8h) $\xrightarrow{10 \text{ JRS}(FT+1)}$ 12°(16h/8h)	100 %	26,7	-	-	-	38	22.10.81	103
(21) 32°/12°(16h/8h) $\xrightarrow{12 \text{ JRS}(FT1)}$ 12°(16h/8h)	100 %	20,1	-	-	-	30	13.04.82	116
(22) 32°/12°(16h/8h) $\xrightarrow{14 \text{ JRS}(FT1)}$ 12°(16h/8h)	INADAPTATION A 12°					30	28.01.82	17-76

JRS = jours

\longrightarrow = Transfert

FP = Stade des feuilles primaires (opposées) étalées

FT₍₊₁₎ = Stade de la 1^è feuille trifoliolée développée mais non étalée

FT₁ = Stade de la 1^è feuille trifoliolée étalée

TABLEAU 15 : Recherche des conditions du milieu où Coco à rames est érigé (21 W. m⁻²)

	PLANTES ERIGEES			PLANTES VOLUBILES				NOMBRE DE PLANTES	DATE DE SEMIS	DUREE DE L'ESSAI (Jours)
	POURCENTAGE	HAUTEUR DE LA PLANTE (cm)	NOMBRE DE F.T.	HAUTEUR DE LA PLANTE (cm)	HAUTEUR ENROULEE (cm)	NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR	NOMBRE DE F.T.			
(1) 32°/12° (12h/12h)	12	96,8	10,0	110,0	46,8	3,6	11,5	16	17.04.81	62
(2) 13° 1/2 ± 1° 1/2 (16h/8h)	22	25,3	2,5	34,2	16,9	2,9	3,9	9	10.04.80	77
(3) 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow{5 \text{ JOURS}}$ 13°1/2 ± 1°1/2	0	-	-	34,6	12,0	2,0	6,7	6	17.02.81	140
(4) 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow[10 \text{ JOURS}]{\text{F.P.}}$ 13°1/2 ± 1°1/2	33	31,3	4,3	45,7	22,7	4,5	5,0	9	12.12.80	69
(5) 32°/12° (16h/8h) $\xrightarrow[19 \text{ JOURS}]{\text{F.T. 2}}$ 13°1/2 ± 1°1/2	0	-	-	55,9	26,0	5,5	6,7	9	29.09.80	81
(6) JOUR CONTINU - 32° - 33° C CONSTANT	93	52,0	8,2	134,5	36,0	1,5	16,0	14	27.07.79	46
(7) JOUR CONTINU - 20° C $\xrightarrow{3 \text{ JOURS}}$ 32°-33° C	79	64,4	10,6	120,2	50,5	2,3	10,7	14	27.07.79	47
(8) JOUR CONTINU - 20° C $\xrightarrow{3 \text{ JOURS}}$ 30°	21	100,5	10,0	118,1	49,2	2,9	9,8	14	27.07.79	33
(9) 32°/12° (12h/12h) $\xrightarrow[10 \text{ JOURS}]{\text{F.P.}}$ 12° C (16h/8h)	100	27,4	3,1	-	-	-	-	21	12.12.80	132
(10) 35°/22° (16h/8h)	100	-	-	-	-	-	-		12.04.84	47
(11) 37°/22° (16h/8h)	100	15,2	4,0	-	-	-	-	50	25.05.84	30

f.P. = Feuilles primaires (opposées)

f.T_n = Feuille trifoliolée de rang n (compté à partir du bas)

f.T. = Feuille trifoliolée

Tableau 16. Variation du port volubile chez Coco à rames (21 W.m⁻²) :

a) 2 portions de tige enroulées, séparées par une portion de tige érigée.

CONDITIONS	PLANTE N°	HAUTEUR PARTIE ERIGEE A LA BASE (cm)	PREMIER ENROULEMENT		HAUTEUR PARTIE ERIGEE AU MILIEU (cm)	DEUXIEME ENROULEMENT		HAUTEUR PARTIE ERIGEE EN HAUT (cm)	HAUTEUR DE LA PLANTE ENTIERE (cm)	NOMBRE DE FEUILLES TRIFO- LIOLEES	ENTRE- NOEUD OU COMMENCE L'ENROU- LEMENT
			NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR	HAUTEUR ENROU- LEE (cm)		NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR	HAUTEUR ENROU- LEE (cm)				
(1)	2.13'	22,0	1	12,0	-	-	-	39,0	74,5	9	T ₇
	2.20	69,5	-	-	-	2	16,5		86,5	9	T ₇
	2.20'	34,0	2	17,0	17,5	1 1/2	17,0		85,0	9	T ₃ et T ₇
	2.16	39,0	1 1/4	7,0	38,0	3	28,0	5,5	115,0	11	T ₁ et T ₈
	2.16'	24,0	1	17,0	37,0	4	39,0	3,0	119,0	13	T ₂ et T ₈
	2.19	26,0	1 1/2	22,5	35,0	1 1/2	13,0	retombe	95,0	10	T ₁ et T ₈
	2.19'	36,5	2	17,0	13,0	3 1/2	39,5	retombe	107,4	13	T ₁ et T ₇
	2.2	41,0	1/2	12,0	24,0	4 1/2	52,5	retombe	141,0	13	T ₄ et T ₇
	2.5'	25,0	1/2	8,8	12,5	3 1/2	38,8		86,0	7	T ₁ et T ₅
	2.6	46,0	1	12,5	24,0	5 1/2	54,0		122,5	12	T ₁ et T ₅
(2)	2.4	21,5	1	5,0	15,0	2	19,0	18,0	80,0	10	T ₁
	2.5	16,0	2	13,0	13,0	3 1/2	34,0	0	76,0	9	T ₂
	2.13	23,0	4	28,0	18,0	7 1/2	55,0	9,0	133,0	17	T ₂
	2.18	23,0	5	33,0	14,0	2 1/2	31,0	7,0	108,0	12	T ₂

(1) : 13°S (16h/8h) $\xrightarrow[53 \text{ jours}]{\text{F.T. 1 ; FLAGELLE}}$ 32°/12° (16h/8h). Durée : 04.01.82 - 28.04.82

(2) : 13°S (16h/8h) $\xrightarrow[70 \text{ jours}]{} 32°/12° (16h/8h) \xrightarrow[52 \text{ jours}]{} 25°/12° (16h/8h)$ Durée : 02.07.82 - 14.12.82

b) Début d'enroulement à un niveau élevé :

13°S (16h/8h) $\xrightarrow[31 \text{ jours}]{\text{F.P.}}$ 32°/12° (16h/8h). Durée : 04.01.82 - 26.04.82

PLANTE N°	HAUTEUR PARTIE ERIGEE A LA BASE (cm)	HAUTEUR PARTIE ENROULEE (cm)	HAUTEUR DE LA PLANTE (cm)	NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR	NOMBRE DE FEUILLES TRIFOLIOLÉES	ENTRE-NOEUD OU COMMENCE L'ENROULEMENT	OBSERVATIONS
2.27	83,5	3,7	87,5	1,5	13	T ₁₃	
2.28'	89,0	18,5	107,5	1,5	11	T ₁₀	
2.25	33,0	55,5	89,0	4	13	T ₆	TEMOIN

TABLEAU 17 : Influence de l'exposition au soleil sur le nombre d'entre-nœuds, la longueur et le diamètre d'un entre-nœud, la longueur de la tige chez Coco nain en champ.

	EXPOSITION DES PLANTES			
	AU SOLEIL		A L'OMBRE DES ARBRES	
	TOUTE LA JOURNÉE	UNE PARTIE IMPORTANTE DE LA JOURNÉE	AVEC UN PEU DE SOLEIL	SANS SOLEIL
NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS (= n) }	3			1
	4		1	1
	5		9	
	6		9	
	7	9*	10	0
	8	16	5	1
	9			
NOMBRE DE PLANTES	28	15	20	2
LONGUEUR MOYENNE DU 2 ^e EN (mm)	29,6	35,6	48,6	36,0
DIAMETRE MOYEN (mm) du 2 ^e EN	5,9	4,8	3,0	1,1
LONGUEUR MOYENNE (mm) DE LA TIGE	313,1	307,2	271,8	189,0

* Nombre de plantes dont la tige est formée d'un nombre donné n d'entre-nœuds.

Le nombre d'entre-nœuds n, compté au-dessus des cotylédons, comprend les entre-nœuds végétatifs et ceux du sommet florifère.

TABLEAU 18 - Influence de l'exposition au soleil chez quatre variétés naines en champ (semis du 18.05.76)

a) sur le nombre d'entre-noeuds :

Nombre d'E.N. de la plante adulte	Mangetout Princesse		Myrto		Nabel		Arian	
	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre
3			1	2				
4			5	6	2	11		2
5	1*	7	14	15	18	9	5	2
6	12	1				1		
7	3							
nombre moyen d'E.N	6,1	5,1	4,7	4,6	4,9	4,5	5,0	4,5

b) sur la longueur moyenne des entre-noeuds :

Nombre d'E.N. de la plante adulte	Mangetout Princesse		Myrto		Nabel		Arian	
	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre
3			3,1	3,7				
4			5,7	4,9	4,4	5,2		3,7
5	6,0	3,8	6,4	5,4	6,2	5,1		5,3
6	5,5	3,2				5,8		
7	7,1							
moyenne	5,8	3,7	6,2	5,1	6,0	5,2	6,2	4,6

c) sur la longueur moyenne de la tige :

Nombre d'E.N. de la plante adulte	Mangetout Princesse		Myrto		Nabel		Arian	
	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre	au soleil	mi-ombre
3			12,2	14,9				
4			28,3	24,3	22,2	25,8		18,7
5	36,0	22,6	38,6	32,2	37,1	30,4	39,1	32,0
6	38,1	25,0				40,5		
7	56,8							
moyenne	41,5	22,9	34,7	28,6	35,6	28,5	39,1	25,3

* Nombre de plantes dont la tige présente un nombre donné n d'entre-noeuds.

Le nombre d'entre-noeuds, comprend seulement les entre-noeuds inférieurs au sommet florifère.

TABLEAU 19 : Influence de la date de semis en champ sur le nombre de feuilles trifoliolées (FT), la longueur moyenne de l'entre-noeud et la longueur de la tige de 4 variétés naines (essai 1977).

		Mangetout Princesse						Myrto							
		nbre de FT		T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	Moyenne	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	Moyenne
Date de semis															
longueur moyenne (cm) de l'entre-noeud	1er juin			3,3	3,9	3,9			3,8		4,1	4,8			4,4
	1er juillet					4,5	4,8		4,5			5,5	5,8	5,3	5,7
	31 juillet				5,2	5,0			5,0			5,6	5,6		5,6
	14 août	2,5	2,3	2,2					2,3		3,7				3,7
longueur moyenne de la tige (cm)	1er juin		16,7	23,3	27,0			22,7		20,5	28,6			23,7	
	1er juillet				31,3	38,0		32,0			32,8	40,4	42,2	37,4	
	31 juillet			31,3	34,8			34,0			33,6	39,2		34,7	
	14 août	9,8	11,4	13,4				12,4		18,7				18,7	
Nombre de plantes	1er juin		4	15	2			Total 21		12	8			Total 20	
	1er juillet				18	2		20			8	12	1	21	
	31 juillet			5	16			21			17	4		21	
	14 août	1	10	10				21		21				21	

		Nabel						Coco nain						
		nbre de FT		T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	Moyenne	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Date de semis														
longueur moyenne (cm) de l'entre-noeud	1er juin	3,5	4,1	4,6				4,3		3,7	3,8			3,8
	1er juillet		5,1	4,7	4,2			4,5				3,9	4,0	3,9
	31 juillet		5,2	5,1				5,1			4,6	4,3		4,3
	14 août		3,2					3,2		3,2	2,9			3,0
longueur moyenne de la tige (cm)	1er juin	14,0	20,5	27,4				22,6		18,7	22,7			20,6
	1er juillet		25,3	28,0	29,7			28,6				27,5	31,9	27,7
	31 juillet		26,0	30,3				29,9			27,8	29,9		29,6
	14 août		15,8					15,8		15,8	17,2			16,4
Nombre de plantes	1er juin	1	14	6				Total (20)		11	10			Total 21
	1er juillet		1	13	7			(20)				20	1	21
	31 juillet		2	19				21			3	19		22
	14 août		20					20		12	9			21

Nota - Longueur moyenne de l'E.N. = $\frac{\text{longueur tige}}{\text{nombre de FT} + 2}$

(20) Le total est 21, mais nous avons éliminé le pied de valeur extrême la plus basse au moment de faire les moyennes.

TABLEAU 20 : Influence de la date de semis sur le nombre de feuilles trifoliolées (FT), la longueur moyenne de l'entre-noeud et la longueur de la tige chez Coco nain à la serre.

	DATE SEMIS	NARE FT PORT	FT ₂	FT ₃	FT ₄	Moyenne	MOYENNE		NOMBRE DE PLANTES									
							ERIGE	VOLUBILE	ERIGE				VOLUBILE					
									FT ₂	FT ₃	FT ₄	TOTAL	FT ₂	FT ₃	FT ₄	TOTAL		
LONGUEUR MOYENNE (cm) DE L'E.N.	06.11.74	ERIGE			6,9	6,9	6,9				5	5						
		VOLUBILE			9,7	9,7		9,7							3			3
	17.01.75	ERIGE	8,0	7,9		7,9	7,9		6	10		16						
	21.03.75	ERIGE		6,8	6,4	6,7	6,7			8	2	10						
	09.05.75	ERIGE		8,7		8,7	8,7			5		5						
		VOLUBILE		9,1		9,1		9,1						5				5
	11.06.75	VOLUBILE		12,6	9,6	9,8	9,8							1	11		12	
	11.07.75	VOLUBILE			9,0	9,0	9,0									10		10
	23.09.75	ERIGE			7,8	7,8	7,8				3		3					
		VOLUBILE		9,5	8,8	9,0		9,0							2	5		7
	30.10.75	ERIGE			7,7	7,7	7,7				4		4					
		VOLUBILE			9,0	9,0	9,0		9,0						7			7
18.12.75	ERIGE			5,4	5,4	5,4				16		16						
	VOLUBILE			6,3	6,3	6,3		6,3						2			2	
LONGUEUR MOYENNE DE LA TIGE (cm)	06.11.74	ERIGE			41,6	41,6	41,6											
		VOLUBILE			58,3	58,3		58,3										
	17.01.75	ERIGE	32,1	39,6		37,4	37,4											
	21.03.75	ERIGE		34,0	38,2	34,8	34,8											
	09.05.75	ERIGE		43,6		43,6	43,6											
		VOLUBILE		45,6		45,6		45,6										
	11.06.75	VOLUBILE		62,9	57,6	58,1	58,1											
	11.07.75	VOLUBILE			54,1	54,1	54,1											
	23.09.75	ERIGE			39,2	39,2	39,2											
		VOLUBILE		47,6	52,6	51,2	51,2											
	30.10.75	ERIGE			38,5	38,5	38,5											
		VOLUBILE			44,8	44,8	44,8		44,8									
18.12.75	ERIGE			26,8	26,8	26,8		26,8										
	VOLUBILE			31,7	31,7	31,7		31,7										

Nota : Nombre d'E.N. = nombre de feuilles trifoliolées (FT) + 1

TABLEAU 21 : Influence de la date de semis sur le nombre d'entre-noeuds chez Mangetout Princesse à la serre.

PORT Nbre d'E.N. Végétatifs Plante Date de semis	ERIGE						VOLUBLE							NOMBRE TOTAL DE PLANTES	
	3	4	5	6	Nombre de Plantes	Pourcen- tage	2	3	4	5	6	7	Nombre de Plantes		Pourcen- tage
23.12.77	4*	2			6	20,0		2	18	4			24	80,0	30
01.03.78		3	1		4	12,5			10	11	7		28	87,5	32
25.04.78		1			1	3,3			17	11	1		29	96,7	30
02.06.78	-	-	-		-	0			3	17	11	1	32	100,0	32
11.07.78	-	-	-		-	0				13	15		28	100,0	28
29.09.78	3	3	1		7	24,1		1	10	11			22	75,9	29
08.11.78	3				3	9,4			6	23			29	90,6	32
19.12.78		5	1		6	18,2			13	12	1	1	27	81,8	33
29.01.79		2			2	6,4		2	13	13		1	29	93,6	31
14.03.79				1	1	3,7			4	13	9		26	96,3	27
14.05.79	-	-	-	-	-	0				33			33	100,0	33
18.06.79	-	-	-	-	-	0				7	26		33	100,0	33
25.07.79	-	-	-	-	-	0					32	1	33	100,0	33
06.09.79	-	-	-	-	-	0				5	27		32	100,0	32
17.10.79	-	-	-	-	-	0					9	24	33	100,0	33
05.12.79	-	-	-	-	-	0			10	23			33	100,0	33
26.01.80		2	1		3	9,7			4	24			28	90,3	31
06.03.80	-	-	-	-	-	0			8	25	1		34	100,0	34

* NOMBRE DE PLANTES

TABLEAU 22 : Influence de la date de semis sur le nombre de feuilles trifoliolées (FT), la longueur moyenne de l'entre-noeud et la longueur de la tige de Mangetout Princesse à la serre.

Date de semis	Nbre d'EN Nbre FT Port	longueur moyenne de l'E.N. (ou des EN) (cm)						Longueur moyenne de la tige (cm)						Nombre de plantes					
		3	4	5	6	7	moyenne	3	4	5	6	7	moyenne	3	4	5	6	7	total
		FT ₂	FT ₃	FT ₄	FT ₅	FT ₆		FT ₂	FT ₃	FT ₄	FT ₅	FT ₆		FT ₂	FT ₃	FT ₄	FT ₅	FT ₆	
23.12.77	érigé	5,7	6,5				6,0	23,0	32,5				26,1	4	2				6
	volubile	8,1	8,9	10,4			9,1	32,5	44,4	62,3			46,4	2	18	4			24
01.03.78	érigé		7,6	8,7			7,9		37,9	52,1			41,5		3	1			4
	volubile		8,6	10,2	11,2		10,0		43,1	60,9	78,4		58,9		10	11	7		28
25.04.78	érigé		4,8				4,8		24,0				24,0		1				1
	volubile		10,3	11,9	16,0		11,2		51,6	71,5	112,1		61,2		17	11	1		29
02.06.78	volubile		16,4	17,5	17,0	22,5	17,4		81,8	104,7	119,2	180,1	110,0		3	17	11	1	32
11.07.78	volubile			16,5	17,5		17,1			98,9	122,4		111,5			13	15		28
29.09.78	érigé	4,2	4,5	5,1			4,5	16,7	22,7	30,4			21,3	3	3	1			7
	volubile	10,1	7,7	10,3			9,2	30,2	38,6	61,7			49,8	1	10	11			22
08.11.78	érigé		8,0				8,0		40,1				40,1		3				3
	volubile		8,6	9,6			9,4		43,0	57,3			54,3		6	23			29
19.12.78	érigé		6,7	7,2			6,8		33,7	43,1			35,3		5	1			6
	volubile		8,6	9,0	8,9	11,3	8,9		42,9	54,0	62,6	90,6	50,3		13	12	1	1	27
29.01.79	érigé		5,3				5,3		26,4				26,4		2				2
	volubile	9,3	9,6	9,4	-	7,4	9,4	37,1	47,9	56,2	-	59,4	51,3	2	13	13	-	1	29
14.03.79	érigé				6,1		6,1				43,0		43,0					1	1
	volubile		11,5	10,5	10,9		10,8		57,4	62,8	76,5		66,7		4	13	9		26
14.05.79	volubile			17,3			17,3			103,9			103,9			33			33
18.06.79	volubile			14,8	18,0		17,4			88,5	126,3		118,3			7	26		33
25.07.79	volubile				20,8	20,7	20,7				145,4	165,9	146,0				32	1	33
06.09.79	volubile			16,8	14,7		15,0			100,7	102,8		102,5			5	27		32

TABLEAU 23 : Caractères de Mangetout Princesse, à port volubile, à la serre, en semis échelonnés.

Date semis	Nbre EN	Nombre de tours de tuteur moyen					Hauteur moyenne (cm) de la partie enroulée						Hauteur moyenne (cm) de la partie érigée en bas						
		3	4	5	6	7	Moyenne	3	4	5	6	7	Moyenne	3	4	5	6	7	Moyenne
23.12.77	2,1	2,4	3,3			2,6	15,3	23,5	35,2			24,3	15,3	16,4	21,3				17,0
01.03.78		1,6	2,4	3,8		2,4		22,4	30,0	45,4		31,0		15,8	18,6	17,2			17,2
25.04.78		3,2	4,2	7,5		3,7		25,4	35,2	65,0		30,5		21,9	23,4	37,0			23,0
02.06.78		5,3	6,1	6,9	10,0	6,4		48,3	67,6	77,3	144,0	71,5		25,1	21,4	23,1	15,0		22,1
11.07.78			4,9	6,0		5,5			54,3	69,8		62,9			26,6	23,3			24,8
29.09.78	2,0	1,4	3,3			2,3	19,5	14,6	36,4			24,7	10,0	15,9	16,9				16,4
08.11.78		2,3	3,3			3,1		20,5	27,7			26,2		18,3	19,2				19,0
19.12.78		2,4	3,5	4,5	6,5	3,1		19,8	28,3	32,5	47,0	25,1		18,0	18,8	18,5	24,5		18,6
29.01.79	2,5	2,7	3,8		5,0	3,0	13,8	17,1	24,0		32,0	20,2	18,3	23,7	23,5		22,0		23,0
14.03.79		2,5	3,2	3,8		3,4		23,3	29,8	32,9		30,6		24,5	23,0	25,1			23,9
14.05.79			5,4			5,4			70,9			70,9			17,6				17,6
18.06.79			4,5	7,4		6,8			49,6	83,1		76,0			23,6	27,4			26,6
25.07.79				8,5	8,5	8,5				103,7	111,0	104,0				20,8	26,0		21,0
06.09.79			6,4	5,9		6,4			68,3	68,0		68,3			20,8	20,9			20,8
17.10.79			5,3	6,5		6,2			47,4	61,0		57,3			24,8	22,5			23,1
05.12.79		3,7	4,0			3,9		33,8	32,4			32,8		21,6	21,6				21,6
26.01.80		1,6	2,3			2,2		24,5	29,1			28,4		26,6	19,8				20,8
06.03.80		1,7	2,5	4,0		2,4		28,3	31,7	35,5		31,0		18,6	19,5	24,0			19,4
24.04.80			5,5	7,0	9,5	7,1			72,3	78,9	103,3	80,9			29,5	23,6	23,5		24,3

Nota : le nombre de plantes est noté dans le tableau 22.

TABLEAU 24 : Caractères de Mangetout Princesse transféré de la serre en champ et inversement (semis du 31.05.80 - récolté le 11.07.80).

LIEU DU	SEMIS	CHAMP	SERRE		CHAMP		SERRE
	TRANSFERT	TEMOIN	CHAMP		SERRE		TEMOIN
MOMENT DU TRANSFERT	STADE	-	FP	FT ₁	FP	FT ₁	-
	NBRE DE JRS	-	9	13	13	25	-
	APRES LE SEMIS						
HAUTEUR (cm) MOYENNE		10,4	22,7	58,1	77,8	32,1	123,1
HAUTEUR (cm) ENROULEE MOYENNE		0	0	38,8	50,2	13,8	100,1
NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR MOYEN		0	0	4,1	4,1	1,1	8,0
NOMBRE DE FT MOYEN		2,6	3,4	3,6	4,9	3,6	4,7
NOMBRE DE PLANTES		8	13	12	13	11 (V) + 2 (E)	7
HAUTEUR (CM) ERIGEE A LA BASE		0	0	18,8	19,6	16,2	21,4
E.N. DU DEBUT D'ENROULEMENT		0	0	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁

FT = feuille trifoliolée

JRS = jours

E.N. = entre-noeud

E = érigé

V = volubile

FP = feuilles primaires

FTn = feuille trifoliolée de rang n.

Tn = entre - noeud de rang n.

Tableau 25. Caractéristiques de Coco à rames à la serre en semis échelonnés.

(m = moyenne - s' = écart-type de la population)

Caractères étudiés	para- mètres	Date de semis					
		26.01.81	26.02.81	17.04.81	16.06.81	10.09.81	05.11.81
Nombre de feuilles trifolio- lées	m	7.7	9.6	10.5	11.9	8.2	5.1
	s'	0.8	1.0	0.9	1.4	0.8	0.6
Longueur (cm) de la tige (= somme des E.N.)	m	91.5	147.6	178.2	208.2	121.4	58.1
	s'	19.2	24.4	32.1	22.4	16.6	14.5
Hauteur (cm) de la tige (sur tuteur + au-delà du tuteur)	m	83.1	135.5	168.7	201.1	112.1	53.7
	s'	18.2	22.9	32.1	23.4	15.8	12.9
Hauteur (cm) de la partie érigée à la base.	m	24.6	27.1	25.4	30.3	23.7	24.4
	s'	4.1	4.0	4.5	4.7	5.4	3.5
Hauteur (cm) de la partie enroulée pour la longueur du tuteur.	m	57.9	100.3	105.2	100.1	88.3	29.1
	s'	19.1	10.5	9.9	8.2	15.6	11.6
Nombre de tours de tuteur pour la longueur du tuteur.	m	8.6	13.3	12.3	9.6	12.6	5.4
	s'	2.7	1.2	1.8	1.5	2.0	2.4
Hauteur (cm) d'un tour de tuteur.	m	6.7	7.6	8.7	10.7	7.0	5.4
	s'	0.9	0.6	1.0	1.0	0.7	0.8
Longueur (cm) de l'E.N. moyen de la tige.	m	9.4	12.8	14.3	15.1	11.6	7.9
	s'	1.4	1.4	2.5	1.8	1.6	1.3
Longueur de l'extrémité terminale sèche.	m	abscission	abscission	5.4	8.1	1.6	récolté
	s'	de	de	3.1	7.9	0.5	avant le
		l'extrémité	l'extrémité				stade de
							l'extrémité
							sèche.
Durée de l'essai (jours)	-	80	104	78	77	67	76
Nombre de plantes	-	17	18	18	18	15	8

Tableau 26. Influence de la température sur le nombre moyen de feuilles trifoliolées chez Mangetout Princesse et Coco à rames (alternance jour/nuit - 21 W.m⁻²).

VARIETE	CONDITIONS	Température initiale (°C)	Durée de la température initiale (jour)	Température finale (°C)	Température témoin (°C)	Nombre de feuilles trifoliolées.	Durée de l'essai (jours)	Nombre de plantes à la récolte
MANGETOUT PRINCESSE	(1)				12°C (16h/8h) (peu de germination)	1	100	1
	(2)	32°/12°C(12h/12h)	5	12°C (16h/8h)		1.5	75	3
	(3)	32°/12°C(12h/12h)	8	12°C (16h/8h)		2.8	120	25
	(4)	32°/12°C(16h/8h)	10	12°C (16h/8h)		2.95	103	38
	(5)	32°/12°C(16h/8h)	12	12°C (16h/8h)		2.33	116	30
	(6)	32°/12°C(16h/8h)	14	12°C (16h/8h)	ne s'adapte pas	-	17-76	30
	(7)				13,5°C (16h/8h)	3.0	68	10
	(8)	13.5°C (16h/8h)	40	32°/12°C(16h/8h)		3.2	54	10
	(9)				32°/12°C(12h/12h)	5.95	47	15
	(10)				32°/12°C (16h/8h)	5.95	35	15
	(11)				35°/22°C (16h/8h)	5.95		15
	(12)				37°/22°C (16h/8h)	5.95		50
COCO A RAMES	(1)	32°/12°C(12h/12h)	5	12°C (16h/8h)		0(FP)	60	5
	(2)	32°/12°C(12h/12h)	10	12°C (16h/8h)		3.1	132	21
	(3)				13.5°C (16h/8h)	3.6	77	9
	(4)	32°/12°C(12h/12h)	10	13.5°C (16h/8h)		4.8	69	9
	(5)	32°/12°C(12h/12h)	19	13.5°C (16h/8h)		6.7	81	9
	(6)	13.5°C (16h/8h)	70	32°/12°C(16h/8h)		8.0	148	1
	(7)	13.5°C (16h/8h)	53	32°/12°C(16h/8h)		11.0	114	20
	(8)	13.5°C (16h/8h)	31	32°/12°C(16h/8h)		12.6	109	24
	(9)	13.5°C (16h/8h)	70	32°/12°C(16h/8h) 52 jours → 25°/12°C (16h/8h)		10.2	165	23
	(10)				32°/12°C(12h/12h)	11.3		
	(11)				37°/22°C(16h/8h)	4.0	30	50

Tableau 27. Influence de la température sur le nombre de feuilles trifoliolées (FT) chez Mangetout Princesse (jour continu - 21 W. m⁻²).

a) Températures constantes séparées par des écarts de 2°C.

Nbre de FT Tem- pérature	2	3	4	5	Nbre total de FT	Nbre moyen de FT
23°	1*	8	4		42	3.23
25°		2	8	3	53	4.08
27°			1	12	64	4.92

* Nombre de plantes.

b) Autres températures.

Nbre de FT Tem- pérature	3	4	5	6	7	Nbre total de FT	Nbre moyen de FT
20°	10*	2				38	3.2
30°			11	1		61	5.1
32°				13	2	92	6.1
30° ^{11jrs} →20°		2	10			58	4.8
20° ^{3jrs} →32°			7	8		83	5.5
20° ^{6jrs} →32°	4	9	1	1		59	3.9

c) Données statistiques relatives au tableau a) (après transformation racine carrée et multiplication par 100 des données transformées).

Source de variation	Somme des carrés	D.L.	Carré moyen	F	F _{0.01}
Traitements	12 197.90	2	6 098.95	30.54**	5.25
Régression linéaire	12 191.12	1	12 191.12	61.05**	8.40
Régression non linéaire	6.78	1	6.78	0.03	
Erreur	7 188.46	36	199.68		

Tableau 28. Influence de la température initiale sur le nombre moyen de feuilles trifoliolées (FT) chez Ocelo (jour continu - 21 W. m⁻²).

	30°C	30° ^{12 jrs} FT ₁ à 30°	20° ^{12 jrs} FT ₁ à 30°	20° ^{21 jrs} FT ₁ à 30°	20°C
Nombre de plantes	10	10	12	16	11
Nombre moyen de FT	4.5	4.7	3.1	3.0	2.9
Nbre moyen de FT	4.6			2.9	

FT₁ à 20° = étalement de la feuille trifoliolée FT₁ à 20°.

Tableau 29. Influence de la température (20°, 30°, 30°/20°) sur le nombre moyen de feuilles trifoliolées (FT) chez 10 variétés naines (jour continu - 21 W. m⁻²).

Variété	Nbre de FT (±1) Nbre de plantes(=2)	Température			Date de semis	Récolte n jours après le semis : n =
		30°	30°/20°	20°		
Mangetout Princesse	1	5.2	4.8	3.2	31.03.76	36
	2	12	12	12		
Myrto	1	5.0	5.5	2.8	24.04.76	44
	2	6	6	6		
Nabel	1	4.7	5.2	2.8	24.04.76	44
	2	6	6	6		
Arian	1	4.3	4.8	2.6	08.06.76	34
	2	6	6	8		
Ocelo	1	5.0	5.3	2.7	08.06.76	34
	2	6	6	21	29.09.76	40
Corel	1	5.0	5.1	2.5	08.03.77	36
	2	12	12	12		
Mangetout Constant	1	5.1	4.8	2.6	29.01.77	31
	2	12	12	24		
Beurre Findor	1	5.2	5.1	2.8	19.04.77	45
	2	12	12	12		
Coco nain	1	5.7	5.9	2.8	05.11.75	37
	2	9	9	6		
Mangetout Silvert	1	6.4	5.3	-	08.06.77	36
	2	12	11	mort précoce		

TABLEAU 30 : Caractères de Coco nain en chambres conditionnées, jour continu, 21 W. m⁻² :
20° C, 30° C, 20°/30° C et 30°/20° C (Semis du 05.01.76)

CONDITIONS	20°C		20° $\xrightarrow{16\text{jrs}}$ 30°C	20° $\xrightarrow{10\text{ jrs}}$ 30°		30°C	30° $\xrightarrow{10\text{ jrs}}$ 20°	
	NOMBRE D'EN DE LA PLANTE ADULTE	4	5	4	4	5	7	6
PORT DE LA PLANTE	E	E	E	E	E	E	V	V
LONGUEUR MOYENNE DE L'EN MOYEN DE LA PLANTE (cm)	6,1	5,3	5,7	4,9	6,0	7,1	6,1	6,1
LONGUEUR MOYENNE DE LA TIGE (cm)	30,5	31,9	28,5	24,3	36,1	56,6	42,7	49,0
NOMBRE DE PLANTES	6	1	7	5	3	4	3	4
E.N. DU DEBUT D'ENROULEMENT							T ₄	T ₄
NOMBRE DE TOURS DE TUTEUR							1,1	1,4
HAUTEUR MOYENNE (cm) PARTIE ENROULEE							11,8	16,1
HAUTEUR MOYENNE (cm) D'UNE SPIRE.							10,7	11,5

E = érigé

V = volubile

jrs = jours

E.N. = entre - noeud

T_n = entre - noeud de rang (n+1).

TABLEAU 31 : Caractères de Océlo en chambres conditionnées ; jour continu, 21 W. m⁻²
20° C, 30° C, 20° C/30° C et 30° C/20° C (semis du 02.06.78)

CONDITIONS	20° C				20°C $\xrightarrow[FT_1 \text{ à } 20^\circ \text{ C}]{21 \text{ jours}}$ 30°C				20°C $\xrightarrow[FT_1 \text{ à } 30^\circ \text{ C}]{12 \text{ jrs}}$ 30°C		30° C		30° C $\xrightarrow{12 \text{ jrs}}$ 20°C	
	3	4	4	5	3	4	5	5	4	5	5	6	5	6
NOMBRE D'ENTRE - NOEUDS	3	4	4	5	3	4	5	5	4	5	5	6	5	6
PORT	E	E	V	V	E	E	E	V	E	E	V	V	V	V
LONGUEUR MOYENNE d'un E.N. (cm)	8,4	7,8	9,0	10,2	11,9	10,3	10,7	13,6	9,7	12,0	15,4	16,5	14,1	15,0
LONGUEUR MOYENNE DE LA TIGE (cm)	33,0	38,9	44,8	61,4	47,7	51,3	64,2	81,5	48,5	72,1	92,6	115,6	84,9	105,0
NOMBRE DE PLANTES	2	8	1	1	2	9	3	1	11	1	5	5	3	6
E.N. DU DEBUT D'ENROULEMENT	-	-	T ₃	T ₃	-	-	-	T ₃	-	-	T ₃	T ₃ (et T ₄)	T ₃	T ₃
NOMBRE MOYEN DE TOURS DE TUTEUR	-	-	1,0	1,5	-	-	-	0,5	-	-	1,7	3,8	3,6	4,5
HAUTEUR MOYENNE DE LA PARTIE ENROULEE (cm).	-	-	18,0	23,5	-	-	-	34,5	-	-	31,2	44,5	46,7	56,9
HAUTEUR MOYENNE D'UNE SPIRE (cm)	-	-	18,0	15,7	-	-	-	69,0	-	-	18,4	11,7	13,0	12,6

E = ERIGE

V = VOLUBILE

E.N. = entre - noeud

TABLEAU 32 : Caractères de Mangetout Princesse en chambres conditionnées, à différentes températures, et en alternance jour/nuit, 21 W. m⁻²

Conditions	20° C/12° C (12h/12h)				20° C/12° C (12h/12h) 22 jrs 32°/12° (12h/12h)			32°/12° C (12h/12h) 13 jrs 20°/12° C (12h/12h)		32°/12° C (12h/12h)		
	4	5	4	5	4	5	4	5	6	7	7	6
Nombre d'entre-noeuds	4	5	4	5	4	5	4	5	6	7	7	6
Port	E	E	V	V	E	E	V	V	V	E	V	V
Longueur moyenne (cm) de l'E.N.	6,7	6,5	9,2	7,6	6,9	7,6	7,7	10,0	10,1	7,9	9,0	10,9
Longueur moyenne (cm) de la tige	33,6	39,3	45,9	45,8	34,7	45,5	38,3	60,2	71,7	63,4	71,9	76,1
E.N. du début d'enroulement			T2	T2			T3	T3	T3		T ⁴ et T ⁵	T ⁴
Nombre moyen de tours de tuteur			1,6	1,9			0,25	3,9	4,3		0,8	1,5
Hauteur moyenne (cm) partie enroulée			23,8	22,3			9,5	29,3	35,5		19,3	15,5
Hauteur moyenne (cm) d'une spire			14,9	11,7			38,0	7,5	8,3		24,1	10,3
Hauteur partie érigée à la base			14,4	16,9			27,0	29,0	30,1		48,7	43,5
Nombre de plantes	6	3	2	4	10	5	1	6	9	11	3	1
Date du semis	25.01.80				22.12.80			18.03.80		25.01.80		

E = érigé - V = volubile

TABLEAU 33 : Caractères de Mangetout Princesse en chambres conditionnées,
jour continu, 21 W. m⁻²

Conditions	30° C		30° C/20° C		20° C			23° C			25° C			27° C			32° C			20° C $\xrightarrow{3 \text{ jrs}}$ 32° C			20° C $\xrightarrow{6 \text{ jrs}}$ 32° C					
	6	7	5	6	4	4	5	3	4	5	4	5	6	5	6	6	7	8	5	6	7	4	5	7	4	5	6	
Nombre d'entre-noeuds	V	V	V	V	E	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	E	E	E	V	V	V	
Port	V	V	V	V	E	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	E	E	E	V	V	V	
Longueur moyenne (cm) d'un EN	17,9	16,3	15,2	15,7	9,5	11,2	14,0	12,8	14,7	14,6	11,4	17,0	18,4	19,0	17,5	9,6	10,2	9,2	16,6	16,2	15,4	7,1	8,5	5,1	9,3	12,5	13,1	
Longueur moyenne (cm) de la tige	125,3	130,1	91,0	110,1	47,5	56,1	84,2	51,0	73,0	87,6	56,9	101,9	128,6	114,5	122,5	67,3	81,4	82,9	99,3	113,4	123,3	35,5	50,7	40,7	46,7	75,0	91,8	
EN en début d'enroulement	T2	T2	T2	T2	-	T2	T2	T2	T1 ou T2	T2	T1 ou T2	T1	T1	T1	T1	T4	T4	T5	T2	T1 ou T3	T1 ou T2				T2	T3	T3	
Nbre moyen de tours de tuteur	8,7	10,2	6,0	7,9	-	1,7	4,0	2,5	4,5	5,6	4,9	6,5	9,3	8,0	8,1	2,5	2,9	3,0	6,5	7,4	8,1	-	-	-	0,5	2,6	4,5	
Hauteur moyenne (cm) partie enroulée	85,0	89,3	51,8	68,6	-	24,4	51,2	29,0	51,3	65,4	49,5	80,1	102,0	97,0	92,0	27,5	31,4	32,0	73,0	84,1	93,3	-	-	-	17,5	35,5	57,0	
Hauteur moyenne (cm) d'1 spire	9,8	8,8	8,6	8,7	-	14,4	12,8	11,6	11,4	11,7	10,1	12,3	11,0	12,1	11,4	11,0	10,8	10,7	11,2	11,4	11,5	-	-	-	35,0	13,7	12,7	
Hauteur moyenne partie érigée à la base	30,9	30,8	27,9	33,8	-	23,1	19,5	21,0	18,4	16,5	15,5	14,4	19,5	15,0	15,9	36,0	38,4	46,5	18,0	22,8	21,2	-	-	-	24,0	34,1	30,3	
Nbre de plantes	9	3	2	10	1	9	2	1	8	4	2	7	3	1	12	1	13	1	1	6	8	3	5	1	1	4	2	
Date de sarris	31.03.76		31.03.76		31.03.76			30.10.77			30.10.77			30.10.77			21.09.79			21.09.79			21.09.79					
Durée de l'essai (jours)	20		26		36			24			23			21			31			32			33					

E = Erigé - V = Volubile

TABLEAU 34 : Caractères de 8 variétés naines, en chambres conditionnées, jour continu, 21 W. m⁻² : 20° C, 30° C et 30°/20° C.

Variétés	Myrto					Nabel					Ocele					Arian					Corel														
	30° C		30°/20° C		20° C	30° C		30°/20° C	20° C		30° C		30°/20° C	20° C		30° C		30°/20° C	20° C		30° C		30°/20° C	20° C											
Conditions (température)	6	6	7	3	4	5	6	6	3	4	4	6	6	7	3	4	4	5	6	5	6	3	4	3	3	6	7	6	7	3	4				
Nombre d'entre-noeuds	6	6	7	3	4	5	6	6	3	4	4	6	6	7	3	4	4	5	6	5	6	3	4	3	3	6	7	6	7	3	4				
Port	V	V	V	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V	V	V	E	E				
Longueur moyenne (cm) de l'E.N.	13,0	11,3	13,7	7,1	11,2	12,2	12,9	9,3	5,3	8,0	9,0	14,4	12,6	13,5	7,7	8,1	8,3	15,2	13,0	12,3	13,4	7,9	6,4	8,4	14,1	13,9	14,1	11,0	12,0	6,5	7,0				
Longueur moyenne (cm) de la tige	104,9	79,0	109,3	28,4	35,8	33,3	90,0	63,0	21,0	39,8	45,1	100,8	88,0	107,9	31,0	40,5	42,7	91,3	104,7	74,9	93,9	31,6	33,1	33,7	84,6	97,3	112,9	77,0	93,7	26,2	34,9				
E.N. du début d'enroulement	T3	T3	T3	-	T2 et T3	T3	T3	T3	-	-	T2	T3 et T4	T3	T3 et T4	-	-	T1 et T3	T2 et T3	T3	T3	T3	-	-	T2	T3-4	T4	T4-5	T3	T3	-	-				
Nbre moyen de tours de tuteur	3,9	3,0	6,3	-	1,4	1,5	2,1	2,8	-	-	1,0	2,5	3,6	4,5	-	-	0,8	3,8	3,5	3,0	3,8	-	-	0,5	2,0	1,4	3,5	3,6	3,0	-	-				
Hauteur moyenne (cm) partie enroulée	42,3	43,8	36,0	-	15,1	22,3	31,8	23,7	-	-	16,5	36,3	44,3	49,0	-	-	13,0	30,1	32,0	33,3	43,5	-	-	15,0	29,0	26,4	49,0	41,5	39,0	-	-				
Hauteur moyenne (cm) d'une spire	10,9	8,8	8,9	-	10,8	14,9	13,1	9,2	-	-	16,5	14,6	12,3	10,9	-	-	16,3	13,2	14,9	11,4	11,5	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-				
Hauteur moyenne partie érigée à la base	46,3	34,6	39,3	-	31,0	38,8	42,6	33,1	-	-	18,3	51,8	33,3	46,2	-	-	24,0	32,0	42,8	24,5	33,3	-	-	12,2	46,0	33,6	61,0	28,0	33,0	-	-				
Nombre de plantes	6	2	4	1	3	2	4	6	1	3	2	6	4	2	6	14	7	3	3	1	3	2	3	1	1	10	1	11	1	6	6				
Date de semis	27.04.76					27.04.76					08.06.76					08.06.76 et 29.09.76					08.06.76					08.06.76 et 29.09.76					08.03.77				

Variétés	Beurre Fendorf						Mangetout Constant						Mangetout Silvert											
	30° C		30°/20° C		20° C		30° C		30°/20° C		20° C		30° C			30°/20° C								
Conditions (température)	6	6	7	6	7	3	4	6	6	7	3	6	7	3	4	4	6	7	8	7	8	5	6	7
Port	E	V	V	V	V	E	E	E	V	V	V	V	V	E	E	V	E	E	E	V	V	E	E	E
Longueur moyenne (cm) de l'E.N.	12,0	12,4	12,7	11,4	11,8	4,7	3,8	9,2	9,3	10,0	8,0	8,4	8,9	5,9	3,4	6,0	9,3	7,6	7,1	8,2	7,7	3,9	4,2	4,3
Longueur moyenne (cm) de la tige	84,2	88,3	101,6	80,0	94,2	18,8	29,2	64,2	64,4	79,9	48,2	39,1	70,8	23,6	26,8	30,0	64,3	60,7	63,4	63,7	69,1	23,5	29,2	34,4
E.N. du début d'enroulement	-	T4	T4	T3	T3	-	-	-	T4 et T5	T3	T4	T4	T4	-	-	T2-3	-	-	-	T4	T4	-	-	-
Nbre moyen de tours de tuteur	-	0,9	1,0	2,7	3,5	-	-	-	0,6	0,5	2,3	2,4	3,3	-	-	0,3	-	-	-	0,3	0,3	-	-	-
Hauteur moyenne (cm) partie enroulée	-	23,6	28,2	33,7	44,0	-	-	-	19,4	15,0	23,7	23,8	38,3	-	-	11,0	-	-	-	31,3	20,0	-	-	-
Hauteur moyenne (cm) d'une spire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hauteur moyenne partie érigée à la base	-	33,4 (flèche)	36,0 (flèche)	36,7	39,0	-	-	-	43,0	48,5	20,7	29,1	30,0	-	-	17,0	-	-	-	33,0	33,2	-	-	-
Nombre de plantes	2	7	3	11	1	3	9	8	3	1	3	7	1	6	17	1	1	4	5	1	1	1	6	4
Date de semis	19.04.77						29.01.77						(29.09.76 et 29.01.77)						08.06.77					

E = Érigé - V = Volubile

TABLEAU 33 : Caractères de Coco à rames en chambres conditionnées, à différentes températures (21 W. m⁻²)

Conditions (température)	32°/12° C (12h/12h) 10 jrs 12° C (16h/8h) FP				13° 1/2 (16h/8h)								32°/12° (16h/8h) 13 jrs 13° 1/2 (16h/8h) FT2						20° C 3 jrs → 32° C jour continu				20° C 3 jrs → 30° C jour continu				32° C jour continu			
	3	4	5	Moyenne	3	4	4	5	7	Moyenne			6	7	8	9	Moyenne	14,3	s	14,3	s	14,7	s	13,1	s	12,0	s	20		
	E	E	E	E	E	E	V	V	V	E	V	E + V	V	V	V	V	V	E		V		E		V		E		V		
Nombre d'entre-nœuds	3	4	5	Moyenne	3	4	4	5	7	Moyenne			6	7	8	9	Moyenne	14,3	s	14,3	s	14,7	s	13,1	s	12,0	s	20		
Port	E	E	E	E	E	E	V	V	V	E	V	E + V	V	V	V	V	V	E		V		E		V		E		V		
Longueur moyenne (cm) de l'E.N.	4,1	4,9	6,1	5,2	6,2	6,1	5,3	5,6	8,2	6,1	6,0	6,0	6,0	6,2	7,0	7,7	6,9	4,7	1,3	9,6	1,9	7,1	0,3	9,5	1,4	4,5	1,9	7,8		
Longueur moyenne de la tige (cm)	16,4	24,6	36,4	27,2	24,8	30,4	26,6	33,6	65,2	27,6	33,1	33,4	42,3	49,3	62,8	76,7	60,7	73,6	30,8	141,9	12,2	111,8	7,3	131,6	17,1	64,6	42,5	153,3		
E.N. du début d'enroulement	-	-	-	-	-	-	T2 et T3	T2 et T3	T1				T4-5	T4	T4 et T5	T4	T4	-	-	T4 à T6				T6				T11		
Nombre moyen de tours de tuteur							1,5	2,5	8,0	-	2,9	-	2,0	3,6	6,1	8,0	3,5			2,3	1,9			3,6	3,1			1,5		
Hauteur moyenne (cm) partie enroulée							9,4	14,0	48,0	-	16,9	-	9,5	18,1	29,4	35,4	26,0			30,5	9,0			49,2	29,7			36,0		
Hauteur moyenne d'une spire							6,3	5,6	6,0	-	5,8	-	4,8	5,0	4,8	4,4	4,7			22,0				13,7				24,0		
Hauteur moyenne (cm) partie érigée à la base							16,7	18,5	25,0	-	18,6	-	35,0	28,6	33,0	36,3	33,0			46,8	20,6			51,9	13,6			83,5		
Nombre de plantes	2	13	6	21	1	1	3	3	1	2	7	9	1	2	4	2	9	12	-	3	-	3	-	10	-	12	-	1		
Date de semis	12.12.80				10.04.80								29.09.80						26.07.79											
Durée de l'essai (jours)	132				77								81						47				33				46			

m = moyenne - s = écart-type de l'échantillon - E = érigé - V = Volubile

Tableau 36. Variations des caractères de Coco à rames liées à l'existence d'un gradient de température dans un milieu à température élevée : $32^{\circ} \leq \text{température} \leq 35^{\circ}$, jour continu, 21 W. m^{-2} (semis du 26.07.79).

$35^{\circ}\text{C} \leftarrow \text{côté ventilation} \quad 32^{\circ}\text{C} \quad \text{côté opposé à la ventilation} \rightarrow 35^{\circ}\text{C}$

Pied n° E.N.	érigé					volu- bile	érigé						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
OC	5.3*	8.3	8.7	7.0	4.0	10.0	8.0	8.0	8.8	6.2	8.0	8.0	5.0
CP	2.5	4.2	2.5	2.7	7.5	3.4	2.0	3.4	3.4	3.4	2.8	2.5	3.5
T ₁	1.8	3.1	2.1	5.3	3.5	3.0	5.7	3.5	5.2	2.6	2.3	3.0	2.0
T ₂	2.3	2.3	3.6	4.4	4.0	4.5	7.4	5.0	5.5	3.8	2.8	1.7	2.2
T ₃	3.0	3.6	5.4	5.4	4.5	6.8	8.8	8.4	7.3	8.2	3.5	2.8	1.6
T ₄	3.4	4.5	5.7	7.0	6.5	8.0	10.0	10.4	8.2	7.9	3.7	2.0	0.7
T ₅	3.3	4.2	5.5	6.5	7.0	7.8	11.3	10.0	7.7	7.5	4.4	1.2	
T ₆	2.4	3.7	5.4	6.0	6.6	7.5	11.2	10.5	8.2	8.0	4.2		
T ₇	1.0	3.3	5.3	5.8	6.7	8.5	12.2	12.4	9.0	7.7	3.5		
T ₈	0.3	2.3	4.4	5.0	7.7	9.1	14.0	12.4	9.6	4.7	1.2		
T ₉		1.2	2.6	3.2	7.9	9.3	14.4	12.6	8.7	2.8	0.3		
T ₁₀		0.5	1.6	1.8	5.4	10.5	15.0	12.2	7.3	1.2			
T ₁₁			2.5	1.0	4.0	10.5	12.5	12.0	2.9	0.5			
T ₁₂				0.5	2.8	11.6	9.3	8.1	1.3	0.2			
T ₁₃				0.3	1.3	11.7	3.0	2.8	0.6				
T ₁₄					0.8	14.0	1.1	1.3	0.2				
T ₁₅					0.5	11.2	0.3	0.4					
T ₁₆						6.0	0.2						
T ₁₇						1.5							
T ₁₈						0.4							
Longueur (cm) de la tige.	25.3	41.2	55.3	61.9	80.7	155.3	146.4	133.4	93.9	64.7	36.7	21.2	15.0
Longueur moyenne (cm) de l'E.N.	2.5	3.4	4.3	4.1	4.7	7.8	8.1	7.8	5.9	4.6	3.3	3.0	2.5
Nombre d'E.N.	10	12	13	15	17	20	18	17	16	14	11	7	6

$\leftarrow \text{érigé} \quad \text{érigé long} \quad \text{volubile} \quad \text{érigé long} \quad \text{érigé} \rightarrow$

* Longueur (cm) de chaque entre-noeud.

E.N. = entre-noeud.

Tableau 37. Longueur moyenne (cm) de chaque entre-noeud, chez sept variétés naines, en chambres conditionnées, dans une population où coexistent les deux types de port.

Variété	conditions	Port	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Coco nain	FT ₁ 28° → 28°/20° (jour continu)	E	5.7	4.5	5.7	6.5	7.6	
		V	6.7	4.8	5.7	7.1	7.7	
Myrto	20°	E	7.0	15.7				
		V	12.2	18.0	14.1			
Nabel	20°	E	7.7	15.7	5.7			
		V	7.8	16.6	7.2			
Ocelo	20°	E	7.5	12.7	8.4			
		V	8.6	13.8	9.0			
Arian	20°	E	6.6	15.7				
		V	7.1	16.2				
Mangetout Constant	30°	E	6.0	5.6	8.3	12.0	14.8	
		V	5.4	5.8	8.7	12.7	16.2	
Beurre Findor	30°	E	14.5	9.0	14.2	15.5	13.4	
		V	14.7	8.2	15.0	16.4	14.8	

E = érigé

V = volubile

T_n = entre-noeud de rang (n+1)

FT₁ = étalement de la première feuille trifoliolée.

Tableau 38. Relation entre la période de croissance active de l'entre - noeud représentatif et celle de l'apparition du mouvement (mouvement révolutif suivi d'enroulement).

VARIÉTÉ	PLANTE N°	FIG. N°	CONDITIONS	Série définie par :			Longueur des E.N. (cm) voisins de l'E.N. représentatif				Étalement des feuilles trifoliolées (FT) (jours à partir du semis)			Mouvement révolutif (nombre de jours après semis)	Premiers tours de tuteur (nombre de jours après semis)	OBSERVATIONS
				nombre de feuilles trifoliolées	Entre-noeud moyen		T _(n-1)	T _n	T _(n+1)	T _(n+2)	FT _n	FT _(n+1)	FT _(n+2)			
					longueur (cm)	rang T _n -T _(n+1)										
Mangetout Princesse	1.02	45	serre(témoïn)	5	18,5	T ₁ -T ₂	5,5	17,0	26,3	35,4	13	17	-	13	16	mouvement révolutif non suivi d'enroulement
	1.11	46	champ ^{FP} serre	5	12,2	T ₂ -T ₃	7,0	10,1	26,5	30,7	23	25	-	-	23	
	3.03	47	champ ^{FT1} serre	4	4,9	T ₂ -T ₃	2,3	2,4	16,3	17,1	27	31-37	-	34	38	
	3.10	48	champ ^{FT1} serre	3	2,5	T ₁ -T ₂	2,7	2,7	3,3	5,7	23-25	27-34	-	32	néant	
	1.10	51	serre ^{FT1} → champ	4	7,6	CP-T ₁	6,5	6,4	18,0	14,0	11	13-16	-	11	13	
	2	62	23°C	3	14,6	T ₁ -T ₂	6,0	11,7	22,5	29,5	14-17	18-20	-	15	17	courbe commencée 13 jours après le semis avec 2 FT et 2 tours tuteur
	15	63	25°C	4	17,0	T ₂ -T ₃	12,0	13,7	22,0	36,8	12-13	14-16	-	10	12	
	5	64	27°C	5	17,5	T ₂ -T ₃	13,8	14,2	27,4	39,8	10-12	13-15	-	-	11	
	7	67	30°/20°	5	15,7	CP- η	8,5	8,1	15,0	16,0						
	8	60	20°C	3	11,2	T ₁ -T ₂	5,0	9,2	16,8	17,8	21	28	-	-	28	
Coco à ramés	2.8	57	32°/12°/135°	7	7,0	T ₂ -T ₃	3,9	3,4	4,5	11,8	14-18	21-25	28-44	32	37	
	2.05	56	20°/12°/ 32°/12°	10	5,5	T ₂ -T ₃	7,0	13,7	17,7	16,8	33-36	38-42	-	-	33	
	5	33	serre (semis de juin)	15	12,5	T ₂ -T ₃	7,7	7,5	14,5	19,0	21	24	-	21	24	

NOTA. Se reporter aux figures pour la détermination du moment de l'étalement des différentes feuilles trifoliolées (fig. a) et celui de l'apparition du mouvement (fig. b).

T_n = entre - noeud de rang (n+1)

FT_n = feuille trifoliolée de rang n.

Tableau 39. Influence de la température initiale sur la longueur moyenne (cm) de la tige.

Jour continu										Jour de 12 h - Nuit de 12 h			
Coco nain (14 W.m ⁻²)					Ocelo (21 W.m ⁻²)					Mangetout Princesse (21 W.m ⁻²)			
20°	20°/30° (16 jrs)	20°/30° (10 jrs)	30°/20° (10 jrs)	30°	20°	20°/30° (21 jrs)	20°/30° (12 jrs)	30°/20° (12 jrs)	30°	20°/12°	20°/12°/32°/12° (22 jrs)	32°/12°/20°/12° (13 jrs)	32°/12°
30,7	28,5	27,5	46,3	55,0	40,2	55,4	50,4	104,1	98,3	39,6	38,3	67,1	66,0
28,8		49,9			49,2			101,4		38,9		66,5	

Nota . Le nombre de plantes est consigné dans les tableaux 5 (Coco nain), 30 (Ocelo) et 31 (Mangetout Princesse)

Tableau 40. Relation entre la longueur de la tige et les caractères volubiles chez 2 variétés naines.

E.N. = entre - noeud

Variété	Nombre d'EN	Température	Longueur (cm) de la plante	Nombre de tours de tuteur	Hauteur enroulée (cm)	Nombre de plantes volubiles
Ocelo	5	30° (jour continu)	92,6	1,7	31,2	5
		30° / 20° (jour continu)	84,9	3,6	46,7	3
	6	30° (jour continu)	115,6	3,8	44,5	5
		30°/20° (jour continu)	105,0	4,5	56,9	6
Mangetout Princesse	6 et 7	32°/12° (12h/12h)	73,0	1,0	18,4	4 (sur 15)
	5 et 6	32°/12° (12h/12 h)/ 20°/12° (12h/12h)	67,1	4,2	33,0	15 (sur 15)

Tableau 41. Relation entre la longueur de la tige et les caractères volubiles chez sept variétés naines, à 30° ET 30°/20°, jour continu 21 W.m⁻².

Variété	Nombre d'E.N.	Température (°C)	Longueur de la plante (cm)	Hauteur enroulée (cm)	Nombre de tours de tuteur
MYRTO	6	30°	104.9	42.5	3.9
		30°/20°	79.0	43.8	5.0
NABEL	6	30°	90.0	31.8	2.1
		30°/20°	65.0	25.7	2.8
OCELO	6	30°	100.8	36.5	2.5
		30°/20°	88.0	44.3	3.6
COREL	6	30°	97.5	26.6	1.6
		30°/20°	77.0	41.5	3.6
	7	30°	112.9	49.0	3.5
		30°/20°	95.7	59.0	5.0
MANGETOUT CONSTANT	6	30°	66.4	19.6	0.6
		30°/20°	59.1	25.8	2.4
	7	30°	79.9	15.0	0.5
		30°/20°	70.8	38.5	3.5
ARIAN	5	30°	91.3	50.1	3.8
		30°/20°	74.9	35.5	3.0
	6	30°	104.7	52.0	3.5
		30°/20°	93.9	43.5	3.8
MANGETOUT PRINCESSE	6 et 7	30°	126.5	86.1	9.1
	5 et 6	30°/20°	105.2	65.8	7.6

E.N. = entre - noeud.

TABLEAU 42 : Poids des graines de 4 variétés de *Phaseolus vulgaris* : tableau de fréquence et poids moyen

port de la plante variété	volubile				érigé					
	coco à rames				Mangetout Princesse		Ocelo		Coco nain	
Intervalle de classe n°	mj	fj	fj mj	fj (mj - \bar{x}) ²	mj	fj	mj	fj	mj	fj
1	0,207	1	0,207	0,113 569	0,1095	5	0,1205	2	0,1695	19
2	0,262	23	6,026	1,829 052	0,1295	17	0,1405	52	0,2095	38
3	0,317	49	15,533	2,524 921	0,1495	57	0,1605	92	0,2495	76
4	0,372	126	46,872	3,727 584	0,1695	70	0,1805	148	0,2895	137
5	0,427	233	99,491	3,189 537	0,1895	124	0,2005	221	0,3295	244
6	0,482	307	147,974	1,180 108	0,2095	190	0,2205	288	0,3695	355
7	0,537	447	240,039	0,021 903	0,2295	287	0,2405	322	0,4095	368
8	0,592	404	239,168	0,930 816	0,2495	427	0,2605	272	0,4495	398
9	0,647	288	186,336	3,055 392	0,2695	454	0,2805	238	0,4895	232
10	0,702	147	103,194	3,669 708	0,2895	255	0,3005	209	0,5295	94
11	0,757	59	44,663	2,676 771	0,3095	85	0,3205	96	0,5695	28
12	0,812	12	9,744	0,861 888	0,3295	22	0,3405	41	0,6095	9
13	0,867	3	2,601	0,312 987	0,3495	7	0,3605	14	0,6495	2
14							0,3805	5		
Total	-	2099	1.141,848	24,094 236	-	2.000	-	2.000	-	2.000
(1) = $\sum f_j = n$ (2) = $\sum f_j m_j$ (3) = $\sum f_j (m_j - \bar{x})^2$	(1) = 2099 (2) = 1 141,848 (3) = 24,094 236				(1) = 2000 (2) = 491,0200 (3) = 3,300 560		(1) = 2000 (2) = 486,3800 (3) = 4,690 617		(1) = 2000 (2) = 797,0400 (3) = 13,088 480	
$\bar{x} = \frac{(2)}{(1)}$ $\sigma^E = \sqrt{\frac{(3)}{n-1}}$ $\sigma_m = \frac{\sigma^E}{\sqrt{n}}$ $\bar{x} \pm 2 \sigma_m$	$\bar{x} = 0,5440$ $\sigma^E = 0,107 165$ $\sigma_m = 0,002 339$ $\bar{x} = 0,5440 \pm 0,0047$				$\bar{x} = 0,2455$ $\sigma^E = 0,040 634$ $\sigma_m = 0,000 909$ $\bar{x} = 0,2455 \pm 0,0018$		$\bar{x} = 0,2432$ $\sigma^E = 0,048440$ $\sigma_m = 0,001 083$ $\bar{x} = 0,2432 \pm 0,0022$		$\bar{x} = 0,3985$ $\sigma^E = 0,080 917$ $\sigma_m = 0,001 809$ $\bar{x} = 0,3985 \pm 0,0036$	

mj = valeur centrale de l'intervalle de classe
fj = fréquence relative à l'intervalle de classe
 $\sum f_j$ = nombre total de graines

\bar{x} = moyenne arithmétique
 σ^E = valeur estimée de l'écart-type pour n mesures
 σ_m = écart-type des moyennes
 $\bar{x} \pm 2 \sigma_m$ = intervalle de confiance de \bar{x} pour une probabilité de 95,5 %.

Tableau 43. Comparaison, au cours du temps (t), des hauteurs (z) mesurée et calculée de Coco à rames à la serre et dans les chambres conditionnées.
(n°) = équation du tableau 44.

Semis du 16.01.81 (fig. 30 - serre)	t (nbre jours après le semis)	32	35	37	39	42	44	46		
	z mesuré (cm)	32.8	40.6	46.8	53.0	61.7	67.5	74.4		
	z calculé (1)	31.5	40.7	46.8	53.0	62.2	68.4	74.5		
Semis du 16.02.81 (fig. 31 - serre)	t (nbre de jours après le semis)	32	34	36	39	41	43	46	48	50
	z mesuré (cm)	40.0	50.0	58.5	71.5	81.0	91.0	105.3	114.0	124.8
	z calculé (2)	-	-	56.9	71.1	80.6	90.1	104.3	113.8	123.2
	" (2')	40.0	49.3	58.5	-	-	-	-	-	-
Semis du 17.04.81 (fig. 32 - serre)	t (nbre de jours après le semis)	33	35	38	40	42	45	47	49	54
	z mesuré (cm)	31.8	40.2	64.0	76.0	87.0	102.0	111.8	122.5	145.0
	z calculé (3)	-	40.2	58.7	71.1	83.5	102.0	-	-	-
	" (3')	-	-	-	-	-	102.0	111.6	121.1	145.0
	x (nbre de tours)					8	9	10	11	12
(en fin de croissance)	z mesuré (cm)	-	-	-	-	103.5	110.0	117.0	123.0	130.5
	z calculé (3'')	-	-	-	-	103.5	110.3	117.0	123.8	130.5
Semis du 16.06.81 (fig. 33 - serre)	t (nbre de jours après le semis)	27	29	31	34					
	z mesuré (cm)	79.0	94.7	112.0	141.5					
	z calculé (4)	79.0	96.8	114.7	141.5					
Semis du 10.09.81 (fig. 34 - serre)	t (nbre de jours après le semis)	25	27	29	32	34	36	39		
	z mesuré (cm)	44.0	50.7	61.3	78.0	86.5	91.0	101.0		
	z calculé (5)	42.1	50.7	59.3	72.3	80.9	89.5	102.5		
	z calculé (5')	-	-	64.1	77.0	85.7	94.3	-		
Semis du 05.11.81 (fig. 35 - serre)	t (nbre de jours après le semis)	32	34	36	39	41	43			
	z mesuré (cm)	32.5	35.0	38.3	42.5	44.7	48.0			
	z calculé (6)	32.5	35.3	38.1	42.4	45.2	48.0			
Semis du 29.09.80 (fig. 57) 32°/12 ^a →13,5 ^a	t (nbre de jours après le semis)	44	46	48	51	53	56	58	60	
	z mesuré (cm)	46.5	48.5	51.0	51.8	52.4	54.0	55.0	56.8	
	z calculé (7)	46.5	47.8	49.1	51.0	52.3	54.2	55.5	56.8	

Tableau 44. Equation de la hauteur (z) de la plante en fonction de l'angle de rotation $[\theta(t)] : z = b\theta$ avec $\theta = \omega t + \phi$ (θ en radians) et A = amplitude de l' "enroulement".

Semis du	EQUATION		numéro	Durée jour après le semis	A (cm)
	$z = b\theta$	$z = At + B$			
26.01.81	$z = 1.14 (2.69t - 58.61)$	$z = 3.1t - 66.8$	(1)	32 - 46	0.41
26.02.81	$z = 1.17 (4.04t - 98.86)$	$z = 4.7t - 115.7$	(2)	36 - 50	0.41
	$z = 1.31 (3.53t - 82.53)$	$z = 4.6t - 108.1$	(2')	32 - 36	0.41
17.04.81	$z = 1.51 (4.08t - 116.53)$	$z = 6.2t - 176.0$	(3)	35 - 45	0.41
	$z = 2.49 (1.92t - 45.41)$	$z = 4.8t - 113.1$	(3')	45 - 54	0.41
	$z = 1.07 (1.92t - 9.95) =$ $= 6.8x + 49.5$	$z = 2.1t - 10.7$	(3'')	8 - 12 (x)	0.41
16.06.81	$z = 1.81 (4.94t - 89.61)$	$z = 8.9t - 162.2$	4	27 - 34	0.41
10.09.81	$z = 1.07 (4.04t - 61.55)$	$z = 4.3t - 65.9$	5	25 - 39	0.41
	$z = 1.07 (4.04t - 57.06)$	$z = 4.3t - 61.1$	(5')	29 - 36	0.41
05.11.81	$z = 0.90 (1.57t - 14.04)$	$z = 1.4t - 12.6$	(6)	32 - 43	0.41
29.09.80	$z = 0.66 (0.98t - 27.72)$	$z = 0.7t - 18.3$	(7)	44 - 60	0.37

Tableau 45. Vérification de la formule $v = \lambda f$ sur les données des tableaux 43 et 44 où v = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur λ = pas de l'hélice et f = fréquence.

EQUATION	λ (cm)	f(nbre tours par jour)	λf (cm/jour)	V (cm/jour)		Ecart
				calculée	mesurée	
(1)	7.2	0.43	3.1	3.1	3.0	0.1
(2)	7.4	0.64	4.7	4.7	4.7	0
(2')	(8.2)	0.56	4.6	4.6	4.6	0
(3)	9.5	0.65	6.2	6.2	6.2	0
(3')	(15.6)	0.31	4.8	4.8	4.8	0
(4)	11.4	0.79	9.0	8.9	8.9	0.1
(5)	6.7	0.64	4.3	4.3	4.1	0.2
(5')	(6.7)	0.64	4.3	4.3	4.2	0.1
(6)	5.6	0.25	1.4	1.4	1.4	0
(7)	4.1	0.16	0.7	0.6	0.6	0.1

Tableau 46. Paramètres de la croissance et de l' "enroulement" de Mangetout Princesse transféré de la serre au champ et inversement (semis du 31.05.80).

Lieu de départ	serre					champ						
Lieu d'arrivée (au stade)	champ (FP)			champ (FT ₁)	serre (témoin)	serre (FP)	serre (FT ₁)		champ (témoin)			
	plante n°						plante n°		plante n°			
	1.05	3.04	1.11				3.03	3.10	3.12 FT	3.04 2 FT	1.01 3 FT	
f (tours/jour)	érigé	érigé	érigé	0.25	1.12	0.69	0.50	érigé	érigé	érigé	érigé	
u' (FT/jour)	0.13	0.20	0.15	0.14	0.40	0.36	0.23	0.15	0.07	0.13	0.19	
V (cm/jour)	0.2	0.6	0.6	1.9	10.0	8.3	3.2	1.3	0.6	0.1	0.3	
$2,5 \sqrt{u'}/v$	4.51	1.86	1.61	0.49	0.16	0.18	0.37	0.74	1.10	9.01	3.63	
(1)	14.8	25.0	25.8	56.3	126.5	91.0	45.0	20.0	8.8	11.0	10.9	
(2)	0	0	0	38.5	101.0	53.0	23.0	0	0	0	0	
(3)	0	0	0	5.0	8.75	4.0	1.75	0	0	0	0	
(4)	2	4	4	4	5	5	4	3	2	3	4	

- (1) : hauteur verticale de la plante à la récolte.
 (2) : hauteur de la partie enroulée à la récolte.
 (3) : nombre de tours de tuteur à la récolte.
 (4) : nombre de feuilles trifoliolées à la récolte.

Tableau 47. Comparaison intervariétal de la croissance et de l' "enroulement" à la serre.

Semis du :	05.12.80				24.04.80		
Variété	Coco à rames		Mangetout Princesse		Mangetout Princesse	Coco nain	
Plante n°	7.2	7.3	3.10	1.8	3.9	3.10	3.8
f (nombre tours/jour)	0.07	0.36	0.50	érigé	0.79	0.17	érigé
u' (nombre FT/jour)	0.14	0.13	0.25	0.17	0.33	0.29	0.29
V (cm/jour)	0.7	1.8	1.7	1.1	8.8	2.8	1.7
$2,5 \sqrt{u'}/V$	1.33	0.50	0.74	0.94	0.16	0.48	0.79

f = Fréquence de l' "enroulement".
 u' = Rythme plastochronique apparent.
 V = Vitesse de progression rectiligne le long du tuteur.

Tableau 48. Paramètres de la croissance et de l' "enroulement" chez Coco à rames à la serre (semis échelonnés) et dans les chambres conditionnées.

Date de semis	Serre (fig. 30 à 39)										Chambres à 13,5° (fig. 52 - 53)		
	05.12.80 (plante n°)		26.01.81	26.02.81	17.04.81	16.06.81	10.09.81	05.11.81	19.11.81(plante n°)		10.04.80 (plante n°)		
	7.2	7.3							8	7	2.1	2.4	2.8
$a \sqrt{u'}/V$ ($a = 2,5$)	1.33	0.50	0.35	0.25	0.23	0.18	0.33	0.68	0.68	1.33	0.73	1.08	1.33
u' (nbre FT/jour)	0.14	0.13	0.18	0.22	0.29	0.38	0.29	0.14	0.14	0.14	0.14	0.09	0.07
V (cm/jour)	0.7	1.8	3.1	4.7	6.2	8.9	4.2	1.4	1.4	0.7	1.3	0.7	0.5
f (nbre tours/jour)	0.07	0.35	0.43	0.64	0.65	0.79	0.64	0.25	0.25	0.17	0.14	érigé	érigé

u' = rythme plastochronique apparent

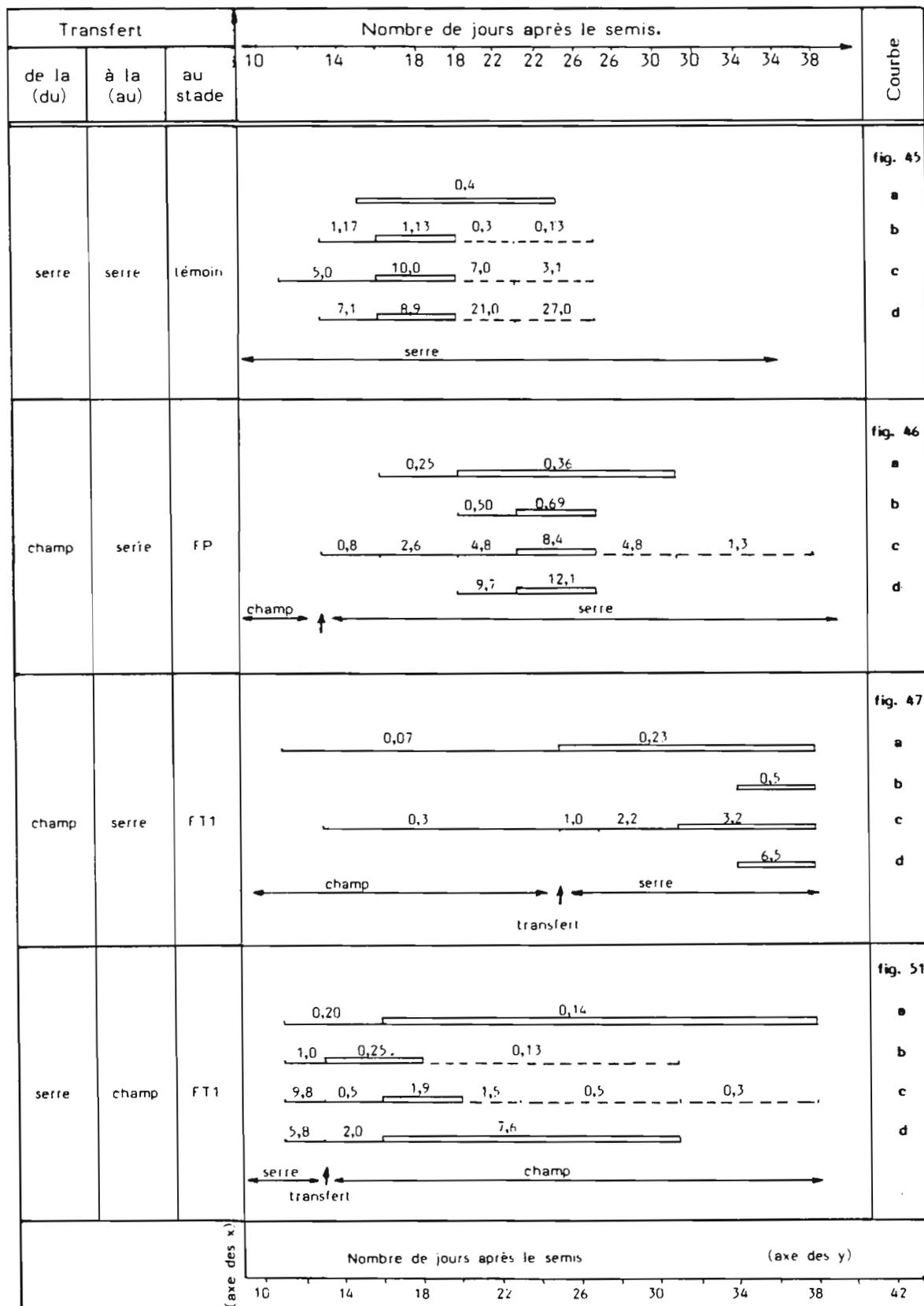
V = vitesse de progression rectiligne le long du tuteur

f = fréquence de l' "enroulement".

Tableau 49. Paramètres de la croissance et de l' "enroulement" chez Mangetout Princesse à différentes températures.

Température (°C)	Jour continu (fig. 60 à 69).										16h (jour) / 8 h (nuit)		
	20°	23°	25°	27°	30°	32°	30°/20°	20°/32° (3jrs)	20°/32° (6jrs)	20°	13.5°(fig.58-59).		
											PLANTE N°		
											1.2	1.1	1.8
$a\sqrt{u'}/v$ ($a = 2,5$)	0.44	0.20	0.14	0.16	0.16	0.33	0.25	0.14	0.29	0.52	0.55	1.65	6.61
u' (nbre FT/jour)	0.15	0.33	0.50	0.50	0.50	0.33	0.25	0.50	0.33	0.29	0.14	0.07	0.07
V (cm/jour)	2.2	7.3	12.8	10.8	11.0	4.4	5.0	12.9	4.9	2.6	1.7	0.4	0.1
f (nbre tours/jour)	0.17	0.75	1.25	1.00	1.00	0.21	0.62	1.20	0.46	érigé	0.21	érigé	érigé

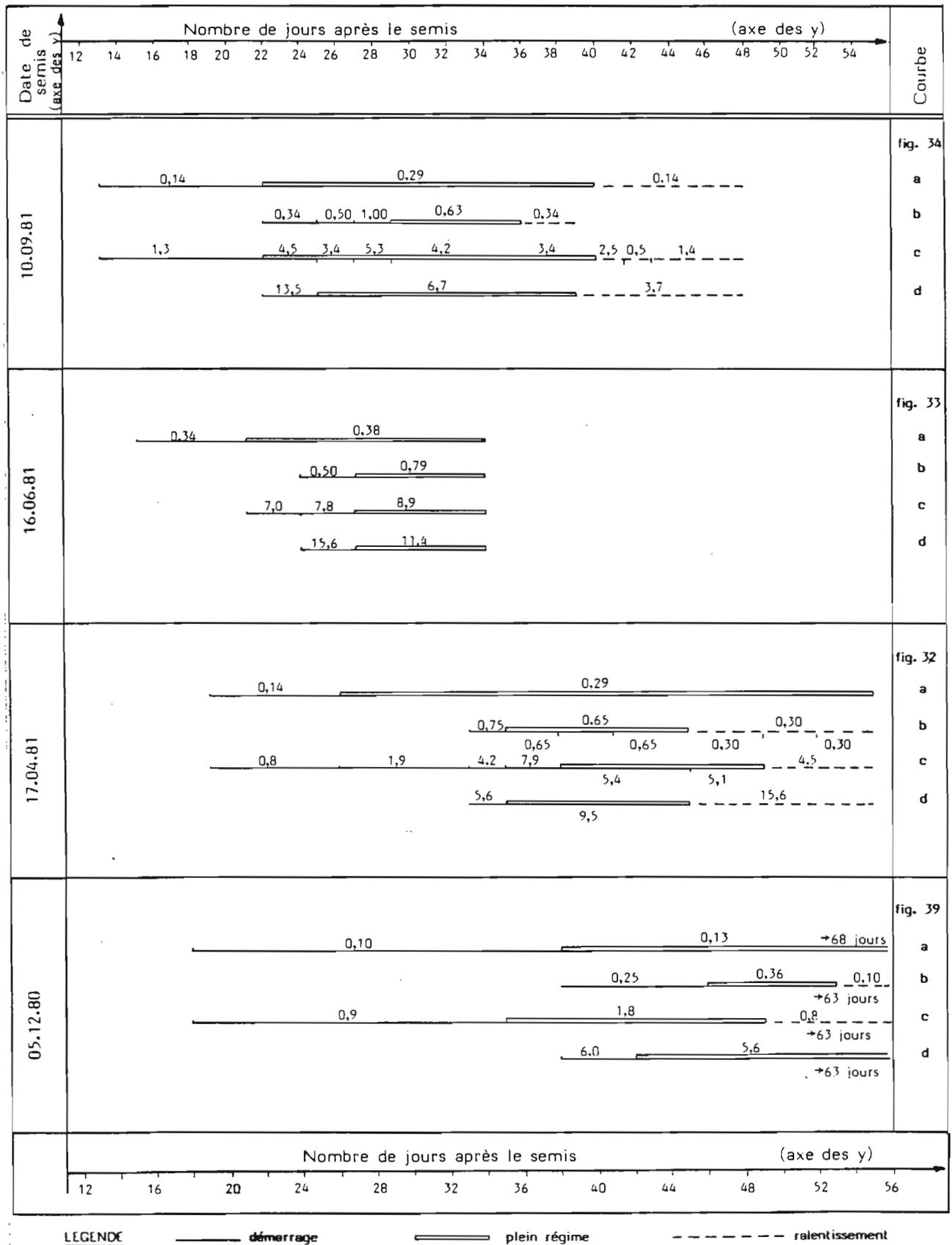
Tableau 50 : Schéma de la croissance et de l'enroulement de Mangetout Princesse transféré de la serre au champ et inversement (semis du 31.05.80.).



LEGENDE : ——— démarrage ——— plein régime - - - - - ralentissement

NOTA : Les nombres portés sur les schémas sont les valeurs exprimées :
 . pour la courbe a (rythme plastochronique) en nombre de feuilles trifoliolées par jour.
 . pour la courbe b (fréquence de l'enroulement) en nombre de tours de tuteur par jour.
 . pour la courbe c (vitesse de propagation de l'enroulement) en centimètre par jour.
 . pour la courbe d (pas de l'hélice) en centimètre.

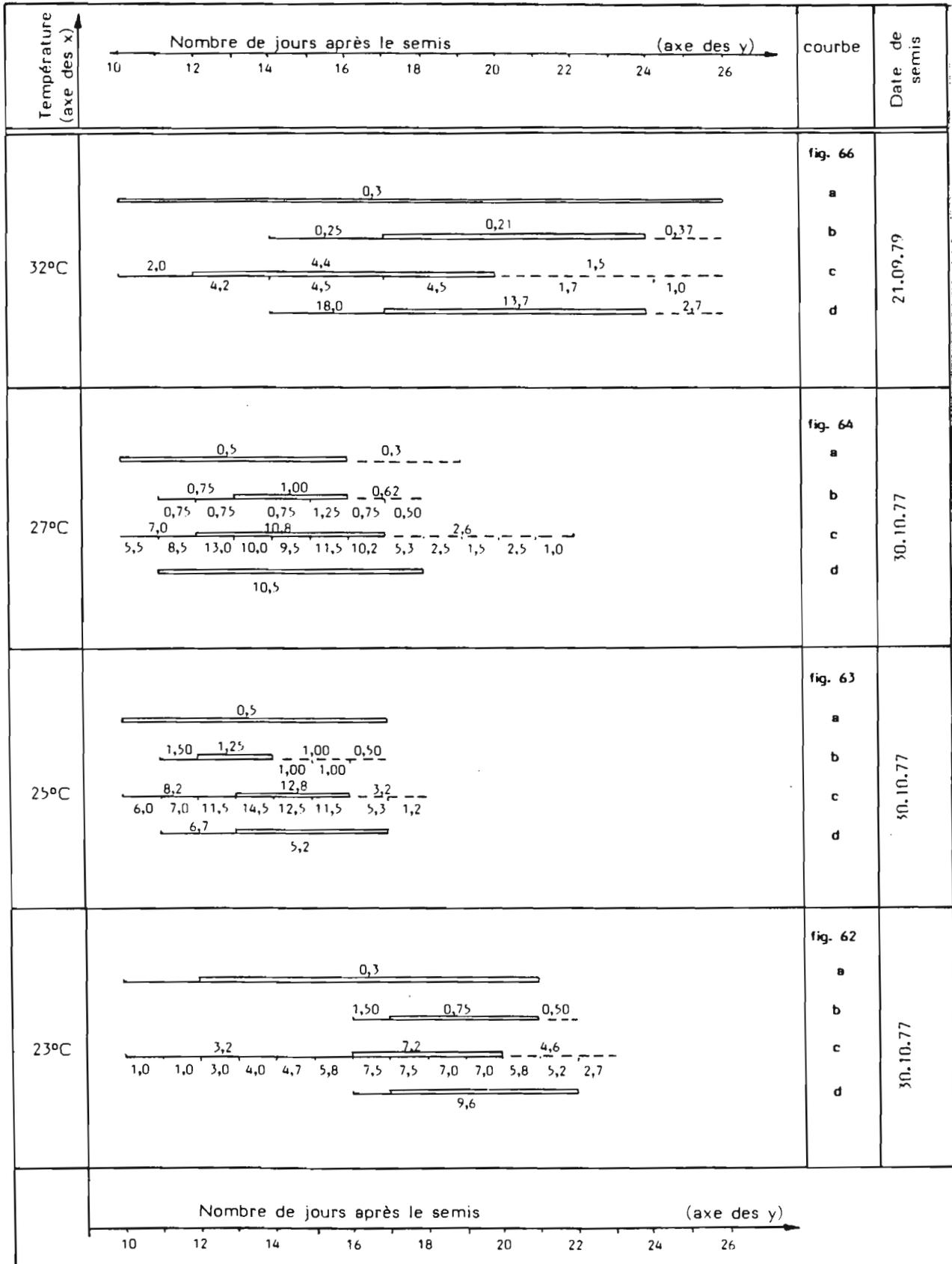
Tableau 51 : Schéma de la croissance et de l'enroulement de Coco à rames, en semis échelonnés le long de l'année, à la serre.



NOTA : Les nombres portés sur les schémas sont les valeurs exprimées :

- pour la **courbe a** (rythme plastochronique) en nombre de feuilles trifoliolées par jour.
- pour la **courbe b** (fréquence de l'enroulement) en nombre de tours de tuteur par jour.
- pour la **courbe c** (vitesse de propagation de l'enroulement) en centimètre par jour.
- pour la **courbe d** (pas de l'hélice) en centimètre.

Tableau 52 : Schéma de la croissance et de l'enroulement de Mangetout Princesse, à différentes températures : 23°C, 25°C, 27°C et 32°C (jour continu - 21W.m⁻²).

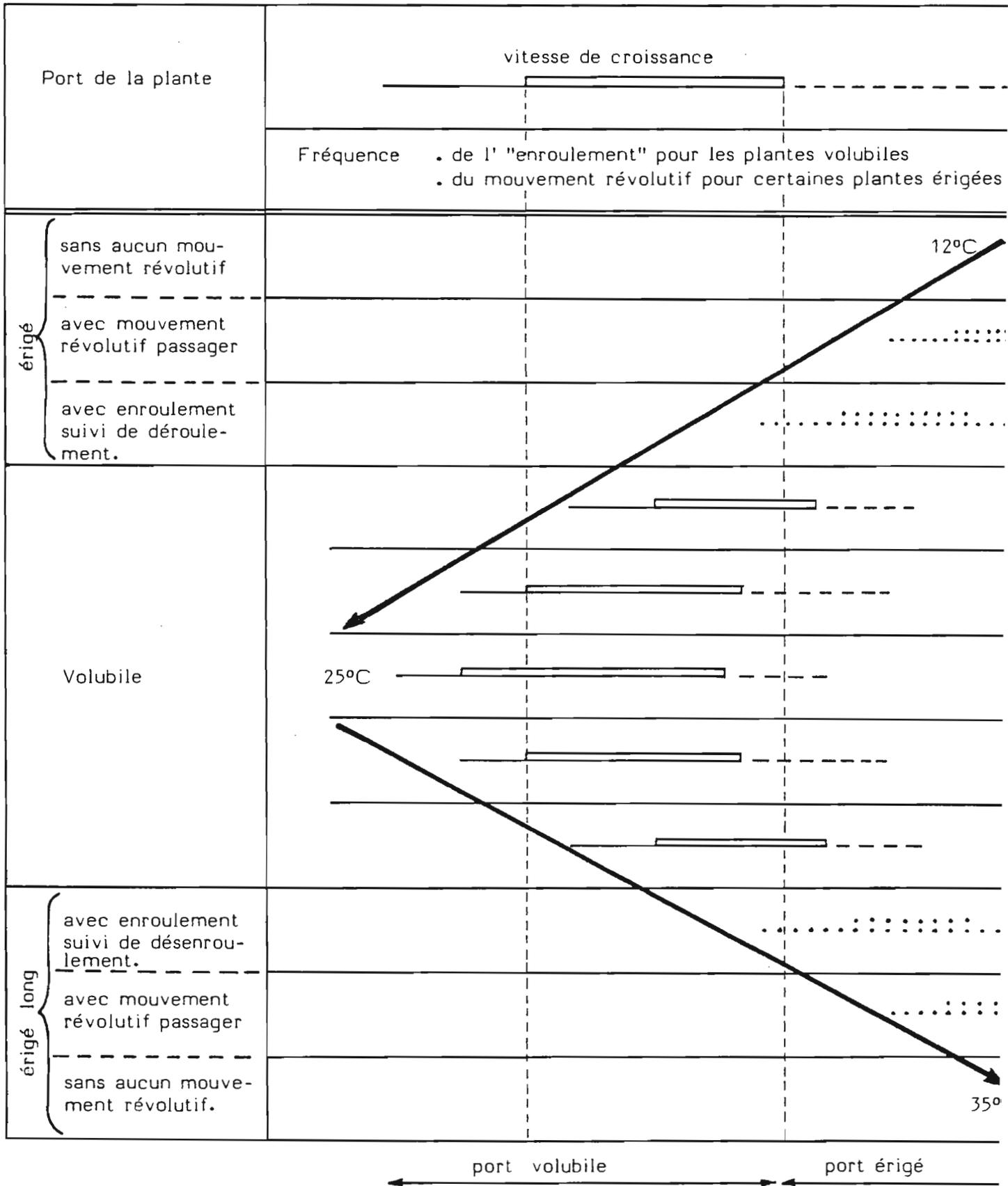


LEGENDE ——— démarrage ————— plein régime - - - - - ralentissement

NOTA : Les nombres portés sur les schémas sont les valeurs exprimées :

- pour la courbe a (rythme plastochronique) en nombre de feuilles trifoliolées par jour.
- pour la courbe b (fréquence de l'enroulement) en nombre de tours de tuteur par jour.
- pour la courbe c (vitesse de propagation de l'enroulement) en centimètre par jour.
- pour la courbe d (pas de l'hélice) en centimètre.

Tableau 53. Schéma de la relation entre le port de la plante et les positions relatives des débuts des "pleins régimes" de la vitesse de croissance et de la fréquence de l' "enroulement".



Légende : — : démarrage ——— : plein régime - - - : ralentir
 : mouvement révolutif

Tableau 54.1. Croissance et enroulement de Mangetout Princesse en jour continu, 21W. m⁻², à 23°C, 25°C et 27°C.

Température	Nombre de jours après le semis	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
23°C	Nombre de tours de tuteur	0	0	0	0	0	↑	↑	1.5	2.5	3.25	4.0(†)	4.75	5.25	5.25
	Hauteur (cm)	11.5	12.5	13.5	16.5	20.5	25.2	31.0	38.5	46.0	53.0	60.0	65.8	71.0	73.7
	Longueur (cm)								39.6	47.6	54.9	62.2	68.3	73.6	<u>76.3</u>
	Vitesse de croissance (cm/jour)														
	verticale		1.0	1.0	3.0	4.0	4.7	5.8	7.5	7.5	7.0	7.0	5.8	5.2	2.7
	longitudinale								8.6	8.0	7.3	7.3	6.1	5.3	2.7
25°C	Nombre de tours de tuteur	↑	↑	1.5	3.25	5.0	6.0(†)	7.0	7.5	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	
	Hauteur (cm)	29.5	35.5	42.5	54.0	68.5	81.0	92.5	97.8	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	
	Longueur (cm)			43.6	56.1	71.4	84.2	96.0	101.5	<u>102.6</u>					
	Vitesse de croissance (cm/jour)														
	verticale		6.0	7.0	11.5	14.5	12.5	11.5↑	5.3	1.2					
	longitudinale			8.1	12.5	15.3	12.8	11.8	5.5	1.1					
27°C	Nombre de tours de tuteur	↑	1.5	2.25	3.0	4.75	5.5	6.75(†)	7.5	8.0	7.75	7.75	7.75	7.75	
	Hauteur (cm)	35.0	40.5	49.0	62.0	72.0	81.5	93.0	103.2	108.5	111.0	112.5	115.0	116.0	
	Longueur (cm)		41.8	50.5	63.7	74.8	84.6	96.5	106.9	112.4	114.8	116.3	118.8	<u>119.8</u>	
	Vitesse de croissance (cm/jour)														
	verticale		5.5	8.5	13.0	10.0	9.5	11.5	10.2	5.3	2.5	1.5	2.5	1.0	
	longitudinale		6.8	8.7	13.2	11.1	9.8	11.9	10.4	5.5	2.4	1.5	2.5	1.0	

↑ = mouvement révolutif puis contact avec le tuteur.

† = apparition de la floraison à l'oeil nu.

Tableau 54.2. Longueur (cm) par entre-noeud de la tige de Mangetout Princesse à la récolte.

Température \ E.N.	OC	CP	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	TOTAL
23°C	6.4	6.0	11.7	22.5	29.5	-	-	<u>76.1</u>
25°C	9.0	8.1	12.0	14.7	22.0	36.8	-	<u>102.6</u>
27°C	9.0	6.9	13.8	14.5	27.4	39.8	8.2	<u>119.6</u>

E.N. = entre - noeud
OC = hypocotyle

CP = premier entre - noeud
T_n = entre-noeud de rang n + 1

Tableau 55.1. - Détermination de la valeur de la vitesse de croissance longitudinale réduite ($V_l - \omega A$) dans une population mixte.

Variété	Conditions	Plante N°	A (cm)	i (jours)	43-50	50-57	57-64	64-71					
Coco à rames	13°5 (16h/8h)	2.1 (fig. 52, p. 77)	0,37	i	1,1	0,7	0,4	0,3					
				$V_l - \omega A$	0,14	0,14	0,14	0,04					
				V_o	1,4	0,9	0,6	0,4					
Mangetout Princesse	15°C (jour continu)	1 (fig. 70, p. 94)	0,42	i	42-43	43-46							
				$V_l - \omega A$	0,3	2,2							
				f^l	0,5	0,3							
		V_o	1,0	2,9									
		15 (fig. 71, p. 95)	0,37	i	43-46	46-48	48-53						
				$V_l - \omega A$	1,3	2,1	0,4						
	f^l			0,33	0,13	0,05							
	16 (fig. 71, p. 95)	0,38	i	39-42	42-44	44-46	46-49	49-53	53-56	56-58			
			$V_l - \omega A$	0,5	-	-	0,4	0,8	0,2	1,2			
			f^l	0,16	0	0	0,08	0,06	0,08	0,125			
	serre (semis du 05.12.80 tabl. 47, p. 185)	3.10 (fig. 40, p. 67)	0,41	i	33-35	35-38	38-46						
				$V_l - \omega A$	0,9	0,8	1,4						
f^l				0,25	0,50	0,125							
Myrto	13°5 (16h/8h)	12	0,37	i	40-43	43-48	48-51						
				$V_l - \omega A$	1,5	1,4	1,5						
				f^l	0,17	0,15	0,08						
	15°C (jour continu)	1	0,39	i	40-43	43-48							
				$V_l - \omega A$	0,9	2,0							
				f^l	0,33	0,05							
Coco nain	serre (semis du 24.04.80 tabl. 47, p. 185)	3.10 (fig. 43, p. 69)	0,41	i	20-22	22-25	25-27						
				$V_l - \omega A$	2,7	2,4	2,5						
				f^l	0,25	0,17	0,125						
				V_o	3,3	2,8	2,8						

- A = amplitude de l' "enroulement" = rayon du tuteur + 0,05 cm
- i = intervalle de temps qui sépare 2 mesures (nombre de jours après le semis)
- V_l = vitesse de croissance longitudinale (cm/jour)
- ω = vitesse de rotation angulaire (rd/jour)
- $V_l - \omega A$ = vitesse de croissance longitudinale réduite (cm/jour)
- V_o = vitesse de progression rectiligne (cm/jour) le long du tuteur.

Variété	Conditions	Plante N°	A (cm)	i (jours)	68-75	75-80	80-82				
Coco à rames	serre (semis du 05.12.80 tabl. 47, p. 185)	7.2 (fig. 38, p. 65)	0,41	$V_l - \omega A$ f l Vo	0,6 0,07 0,7	0,2 0,05 0,3	- 0 0,3				
		7.3 (fig. 39, p. 66)	0,41	i $V_l - \omega A$ f l Vo	38-46 1,3 0,25 1,8	46-49 1,1 0,36 1,8	49-53 0,3 0,36 0,8	53-63 0,6 0,10 0,8			
	serre (semis du 02.07.82)	1'	0,45	i	19-21	21-22	22-23	23-24	dépasse le tuteur		
				$V_l - \omega A$ f l Vo	7,8 1,63 11,5	15,7 1,75 20,0	10,4 1,50 14,0	12,4 1,0 15,0			
	Mangetout Princesse	20°C	2' (fig. 109.1 p. 139)	0,41	i	24-25	25-26				
					$V_l - \omega A$ f l Vo	6,2 0,50 8,3	8,0 0,92 9,0				
13 (fig. 72, p. 96 - tabl. XLII.1 à XLII.4)		0,37	i	20-22	22-23	23-25					
			$V_l - \omega A$ f l Vo	10,6 1,50 13,7	12,6 1,50 15,7	10,5 1,25 13,1					
23°C (tabl. 54.1 p. 191)		2	0,43	i	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	
				$V_l - \omega A$ f l Vo	4,5 1,50 7,5	6,0 0,75 7,5	5,0 0,75 7,0	5,3 0,75 7,0	4,1 0,75 5,8	3,9 0,50 5,2	
25°C (tabl. 54.1 p. 191)	15	0,43	i	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17		
			$V_l - \omega A$ f l Vo	4,0 1,5 7,0	7,8 1,75 11,5	10,6 1,75 14,5	10,1 1,0 12,5	9,1 1,0 11,5	4,1 0,5 5,3		
Myrto	20°C	20' (fig. 73, p. 97)	0,42	i	20-21	21-22	22-24	24-25	25-27		
				$V_l - \omega A$ f l Vo	8,8 0,5 10,0	6,5 1,0 8,7	7,4 0,5 8,7	3,1 0,5 4,2	2,0 0,4 3,9		
Coco nain	serre (semis du 02.07.82)	11	0,39	i	19-21	21-22	22-23	23-24			
				$V_l - \omega A$ f l Vo	4,6 0,25 5,2	5,5 0,75 7,1	4,6 0,5 5,7	2,3 0,25 2,8			

- A = amplitude de l' "enroulement" = rayon du tuteur + 0,05 cm
i = intervalle de temps qui sépare 2 mesures (nombre de jours après le semis)
 V_l = vitesse de croissance longitudinale (cm/jour)
 ω = vitesse de rotation angulaire (rd/jour)
 $V_l - \omega A$ = vitesse de croissance longitudinale réduite (cm/jour)
Vo = vitesse de progression rectiligne (cm/jour) le long du tuteur.

Imp Sciences 24, Avenue des Landais-63170 Aubière-Dépôt Légal

2ème Trimestre 1985

Les relations entre le port de la plante et les conditions du milieu (température, en particulier) où elle est cultivée, ont été analysées : **suivant ces conditions, une même variété de haricot, naine ou à rames, peut être érigée ou volubile.**

En général, une température constante faible (10° - 12°C par exemple) est propice au port érigé et une température constante plus élevée (27°C par exemple), propice au port volubile. Une température chaude (30°C par exemple) suivie, à l'étalement de la première feuille trifoliolée, d'une température plus fraîche (20°C par exemple), conduit au port volubile. Il en est de même d'une thermopériode à rythme quotidien chaude (32°/12° (16h/8h) par exemple) suivie d'une thermopériode à rythme quotidien fraîche (20°/12° (16h/8h) par exemple). L'inverse (température fraîche suivie d'une température chaude, 20°/30° par exemple) conduit au port érigé.

On crée à volonté, aussi bien à la serre que dans les chambres conditionnées, des plantes à port intermédiaire entre le port érigé et le port volubile (zigzags autour du tuteur, enroulement lâche, par exemple). De plus, une plante au cours de sa croissance, peut passer par des stades intermédiaires entre le port érigé et le port volubile (mouvement révolatif, pendant plusieurs jours, non suivi d'enroulement ; mouvement révolatif suivi d'un enroulement puis de dénouement, par exemple). **Le port de la plante n'est pas régi par une loi du tout ou rien.**

Dans une succession de 2 températures (30°C puis 20°C), un séjour de 2 jours, à partir du semis, à la première température, suffit à induire un port volubile aussi caractéristique qu'après un séjour beaucoup plus long (10 jours). L'induction du port de la plante, dans ces conditions, s'effectue très tôt, avant même la levée germinative (4 jours après le semis à 30°C).

Il existe une relation entre la vitesse du plastochrone apparent et le port de la plante. Chez Mangetout Princesse par exemple, cette vitesse, exprimée en nombre de feuilles par jour, est de 0,03 pour une population tout entière érigée à 12°C, de 0,14 pour une population mixte à 13°5 C, de 0,33 pour une population tout entière volubile à 23°C et de 0,50 pour une population tout entière volubile à 25°C.

Pour une même variété et des conditions de milieu données, on observe chez la plante volubile une zone caulinaire de teneur en eau maximale située, au cours du temps, à une distance constante du sommet et caractérisée, à l'apparition de l'enroulement, par un accroissement notable des vitesses de croissance longitudinale et pondérale, de la densité linéaire et de la flexibilité.

Un entre-noeud "moyen" a été défini. Il est le premier entre-noeud, à partir de la base, à présenter une longueur supérieure à la longueur moyenne de tous les entre-noeuds de la plante. 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-noeud "moyen" que commence à apparaître le port futur (érigé ou volubile) de la plante, suivant que sa longueur est inférieure ou supérieure au seuil.

La partie de la plante enroulée autour de son tuteur est comparable à une hélice. Sur cette partie, nous avons pu vérifier les propriétés fondamentales de cette figure géométrique. Cela permet une mesure aisée de certains paramètres de la croissance et la mise en évidence d'autres paramètres jusqu'ici peu étudiés (fréquence de l'enroulement, densité linéaire, flexibilité).

Un tableau de corrélations multiples et de coordination entre ces divers paramètres a été établi.

Mots clés : Haricot, port, température, géotype - milieu, croissance, enroulement.