IDESSA-DCI-FCS
Nº 188/91/QP

6/05/91

Note technique

UNE METHODE POUR LA FORMATION DES TIGES

1 - INTRODUCTION

L'objectif est de mesurer la quantité de tige usinable formée (en longueur, nombre d'EN (= entre-noeud) et poids) avant, après ou entre 2 dates choisies, que l'on comparera à la totalité de la tige récoltée.

La méthode proposée ici permet ainsi d'apprécier la contribution relative de différentes périodes du cycle cultural à l'élaboration du poids des cannes.

Un suivi simultané sur 2 traitements d'un essai permet également de mieux appréhender les effets du facteur étudié sur la formation des tiges.

2 - PRINCIPE DE LA METHODE

Elle comprend 2 étapes :

- En cours de végétation, à une ou plusieurs dates choisies, on repère le dernier EN formé (EN ayant acquis sa longueur et son diamètre définitifs) en se basant sur la reconnaissance et le comptage des dernières feuilles émises.

- A la récolte, après avoir prélevé la tige et éliminé le bout blanc ou la hampe florale, celle-ci est tronçonnée en suivant les repères placés précédemment. Les caractéristiques de chaque tronçon sont alors mesurés.

A partir de 2 repères placés aux dates D1 et D2, on obtient ainsi 3 tronçons qui correspondent à 3 périodes de croissance successives :

[Début de la cannaison - D1]
[D1 - D2]
[D2 - Fin de cannaison (floraison) ou fin de cycle]

Reste ensuite à analyser ces valeurs mesurées sur les différentes tiges échantillonnées.

3 - REALISATION PRATIQUE

31 - Première étape : Repérage et marquage du dernier EN formé

311 - Principe :

La planche 1 décrit l'anatomie du sommet d'une canne en croissance végétative.

Les EN en cours de formation (nº 3, 4, 5, 6) étant cachés par les gaines foliaires, ils ne peuvent être examinés sans blesser la canne. C'est

donc par l'intermédiaire des feuilles qu'il nous faut les localiser. Ceci est possible du fait de la synchronisation existant entre le développement des feuilles et des EN. A une feuille d'un rang donné correspond un EN à un stade de développement bien précis.

Ainsi, une fois identifiée la feuille nº 7, l'EN 7 qui porte à son sommet la gaine de cette feuille peut être facilement localisé.

312 - Remarque :

L'important est de bien cerner le stade de développement des EN au sommet de la tige (et non de numéroter les feuilles), c'est pourquoi ils sont numérotés sur la bases de critères morphologiques (et dynamiques) précis établis notamment par H.J.CLEMENTS (1). Ces critères d'identification sont aussi donnés sur la planche 1. Cette nomenclature a été préférée à celle proposée par KUIJPER (cité par VAN DILLEWIJN (2)), qui prend pour référence le dernier ochréa visible. Nous avons en effet pu constater que celui-ci appartient le plus souvent soit à la feuille 3 soit à la feuille 4, mais, en cas de stress hydrique, ce peut être celui de la feuille 5 et parfois même de la 6 !

Au plan de la croissance retenons que :

. EN 7 = dernier EN ayant acquis son volume définitif .
. EN 6 = a pratiquement terminé sa croissance en longueur mais n'a pas encore tout à fait son diamètre final.
. EN 5 = en pleine élongation, il a déja plus de la moitié de sa longueur finale. Son diamètre est bien inférieur à son diamètre final.
. EN 4 = en croissance rapide, mais il n'a encore qu'une faible taille.

313 - En pratique :

- Identifier la feuille nº 1

On prendra comme feuille nº 1 la plus jeune feuille ayant atteint ou dépassé le stade C dessiné sur la planche 2. L'extrèmité du limbe doit avoir commencé à se déployer sur plus de 25 cm (exclure la partie fine de l'extrêmité du limbe).

La feuille dite "demi-déroulée" (stade E) est typiquement une feuille 1 (déja relativement avancée).

- Repérer et marquer le sommet de l'EN 7 (ou 8)

Compter les feuilles en partant de la nº 1, repérer la gaine de la feuille 7 et localiser sa base. L'EN 7 est placé juste en dessous.

Le marquage peut se faire à l'aide d'une épingle enfocée 1cm sous l'attache de la gaine ou par une tache de peinture (à l'aide d'une seringue).

Dans certaines situations (faible croissance), l'imbrication des gaines ne permet pas d'accéder à l'EN 7 sans abimer la gaine 8. On choisira alors de marquer (systématiquement) l'EN 8, voire l'EN 9. Dans ce cas il ne faudra pas oublier d'en tenir compte lors du tronçonnage à la récolte.

L'épingle peut aussi être plantée dans l'EN 7 au travers de la gaine 8.

314 - Difficultés rencontrées :

- Alors que la croissance est un processus progressif et continu, la numérotation des EN et des feuilles réalise au contraire notation discontinue. En examinant le sommet des tiges, on trouvera des cas où le stade de développement de l'EN en fin de croissance sera intermédiaire entre un EN 6 typique et un EN 7.

De même pour la dernière feuille on est parfois amené à hésiter : est-ce encore une feuille 0 ou déja une feuille 1 ?

- La synchronisation entre les feuilles et les EN peut s'écarter légèrement du schéma standard (l'écart dépasse rarement 1/2 EN, soit un déphasage de 4 jours). Les EN peuvent parfois être en avance sur le développement des feuilles (périodes de forte croissance) ou l'inverse. Comme nous cherchons en priorité à bien repérer les EN, il faut alors réajuster en conséquence la définition de la feuille 1.

- En cas de stress hydrique, le déroulement de la feuille 1 se fait mal et elle peut même se trouver enfermée dans la feuille 2 enroulée.

- D'une variété à l'autre et en fonction de l'âge, le déploiement des dernières feuilles peut se faire sous des aspects différents.

Pour surmonter cette variabilité, nous conseillons, avant chaque opération de marquage, de décortiquer plusieurs sommets de tiges (hors échantillon) pour examiner la correspondance du moment entre le déploiement des feuilles et le développement des EN. Cela permet de repréciser à chaque fois à partir de quand la dernière feuille devient une feuille n° 1.

Ce recalage est indispensable pour éviter des erreurs systématiques qui seraient préjudiciables à la qualité des résultats (1 EN en + ou en -)

Cette étape est donc un peu délicate. Elle nécessite une bonne attention et un peu de savoir faire ...

32 - Seconde étape : Mesures à la récolte

Les tiges marquées, prélevées avant le brûlage, seront coupées bien au ras du sol. Elles pourront être partiellement épaillées, en laissant les dernières feuilles du sommet.

Les tiges cassées, malades ou paraissant anormales seront écartées (les peser éventuellement).

321 - Coupe au sommet de la tige usinable :

- Tiges non fleuries : L'EN 7 sera considéré comme étant le dernier EN usinable. La coupe se fera donc à son sommet.

- Tiges fleuries : Il s'agit d'éliminer les EN de la hampe florale ne contenant que peu ou pas de jus (moelle centrale sèche).

Le nombre d'EN à éliminer en partant de la fleur (assimilée à la feuille 0) peut aller de 6 à 10 et parfois même 11.

Nous recommandons donc de fendre les EN 1 par 1 et d'éliminer ceux qui sous la pression de l'ongle paraissent ne contenir que trop peu de jus.

Cette méthode n'est pas des plus satisfaisante, mais elle est

meilleure que celle consistant à rechercher le niveau "naturel de casse".

Noter la floraison.

322 - Tronçonnage de la tige et mesures :

Le tronçonnage doit séparer la partie de la tige formée avant la date de marquage de celle élaborée après. La coupe peut être faite à 3 niveaux selon que l'on choisit de ne retenir que des EN totalement formés à cette date (jusqu'à l'EN 7) ou d'inclure aussi l'EN en fin de croissance (EN 6) ou l'EN en cours d'élongation (EN 5) :

- Au sommet de l'EN 7 (juste au dessus de la marque)
  Dans ce cas la partie inférieure correspond à des EN usinables totalement formés. Mais il faut savoir que la canne portait en plus à cette date 2 EN en fin de croissance (nº 6 et 5 qui en longueur peuvent représenter parfois plus de 35 cm !).

- Au sommet de l'EN 6 (marque + 1 EN)
  L'En 6 ayant presque atteint son volume final, on délimite ainsi la partie usinable potentiellement acquise à cette date.

- Au sommet de l'EN 5 (marque + 2 EN)
  Lors du marquage cet EN n'avait pas encore tout à fait sa longueur finale et son volume ne dépassait pas la moitié du volume actuel. En l'incluant, on surestime le volume de tige formée à la date du marquage.
  Il se trouve par contre que la longueur obtenue (depuis le sol) est proche de la hauteur du sommet de la tige à cette date, car la longueur finale de l'EN 5 est peut différente de la somme des longueurs de EN 5, 4, 3 et 2.

Le choix du niveau de coupe dépendra donc de l'information principale recherchée. En général c'est la coupe au sommet de l'EN 6 qui convient le mieux; soit 1 EN au dessus de la marque si celle-ci a été placée au sommet de l'EN 7 (+ 2 EN si elle a été mise au sommet de l'EN 8).

Pour chaque tronçon de tige ainsi constitué on mesurera la longueur, le poids et le nombre d'EN.

323 - Traitement des données :

A partir des valeurs moyennes des tiges de l'échantillon, il est possible d'établir :

- les caractéristiques d'une tige entière moyenne,
- Les vitesses de croissance au différentes périodes (cm/j, EN/j, g/j)
- Les caractéristiques moyennes des EN formés durant ces périodes,
- La contribution de chaque période en % du total.

Concernant ce dernier point, il est possible d'extrapoler à l'échelle du champ et en terme de rendement (tC/ha) en supposant que les contributions relatives de chaque période au niveau de l'ensemble des tiges de la parcelle sont du même ordre de grandeur que celle mesurées sur l'échantillon étudié.

324 - Autre méthode :

La tige usinable est gardée entière et pesée. On mesure ensuite EN par EN la longueur et le diamètre moyen.

Pour la longueur, on mesurera plutôt la hauteur des noeuds successifs depuis la base (ainsi la longueur totale de la tige est juste). La longueur des EN sera calculée par différence. (précision des mesures 1/2 cm).
Pour le diamètre (pris au milieu de l'EN), il est souhaitable de faire 2 mesures perpendiculaires afin d'établir une valeur moyenne. Cette moyenne pourra être faite mentalement au moment des 2 mesures (précision 1mm, mais le 1/2mm pourra être indiqué pour échapper à des arrondis problématiques).

On n'oubliera pas d'indiquer les EN marqués à leur sommet (cf un exemple de fiche de saisie en annexe) .

L'exploitation de ces nombreuses données nécessite un traitement informatique. Un programme a été spécialement conçu à l'IDESSA pour cette tâche. Dans une première étape il calcule des caractéristiques de chaque EN (en particulier le volume) et de la tige entière. Ensuite il est possible de réaliser un tronçonnage "informatique" en indiquant les niveaux de coupe retenus. Le programme calcule alors les caractéristiques des différents tronçons ainsi délimités. Le poids est obtenu en multipliant le volume par la densité moyenne calculée sur l'ensemble de la tige.

Cette méthode qui demande plus de temps, a l'avantage de fournir une étude plus fine des variations de la taille des EN et débouche sur une représentation graphique des tiges permettant d'illustrer le déroulement de la formation de la tige usinable (ses anomalies en particulier).
Elle pourra être appliquée à un petit groupe de tiges qui auront été jugées comme étant représentatives d'un plus grand échantillon.

33 - Recommandations :

331 - Taille de l'échantillon :

Pour permettre des comparaisons statistiques de moyennes, il faut disposer d'une trentaine de valeurs par échantillon, ce qui suppose de travailler sur un échantillon initial de 35 à 40 tiges.

Toutefois, à partir d'un nombre plus limité (10 à 15 tiges), il est déja possible de bien apprécier comment s'est déroulé la formation des tiges usinables, et de percevoir les anomalies de la croissance (les stress hydriques notamment).

332 - Pas de temps entre 2 marquages :

Il ne doit pas être inférieur à 1,5 mois, de façon que la canne ait pu former au moins 4 ou 5 EN. La précision de cette méthode ne permet donc pas des suivis rapprochés (les erreurs relatives seraient trop importantes).

Il ne semble pas non plus opportun d'aller au-delà de 3 marquages sur un cycle annuel. L'important est de bien choisir les dates.

4 - EXEMPLE D'APPLICATION

Le suivi réalisé en 1989 sur l'essai d'irrigation B1-155 de FERKE 1 (variété Co449) est donné à titre d'exemple en annexe 2.

Les 2 traitements comparés sont :

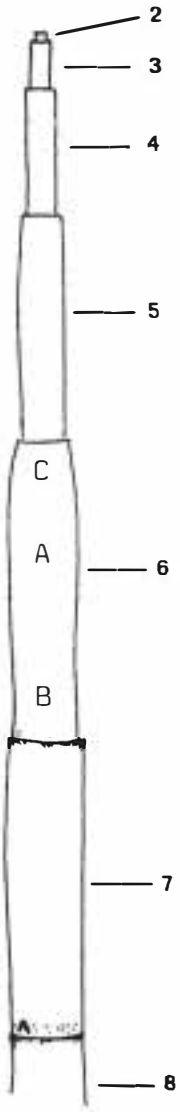
T1 : irrigué régulièrement jusqu'aux pluies (90 tC/ha)
T0 : arrêt des arrosages à la fin-mars (57 tC/ha)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Harry F. CLEMENTS - (1977)
Sugarcane crop logging and crop control; principles and practices
Pitman Publishing Limited, London

(2) C. VAN DILLEWIJN - 1960
Botanique de la canne à sucre
Veenman , Wageningen

CRITERES DE RECONNAISSANCE DES ENTRE-NOEUDS



EN 2 : très court, il est cependant assez bien différencié du bourgeon terminal.

EN 3 : petit EN (1 à 3 cm) ayant commencé à s'allonger de façon perceptible.

EN 4 : il a déjà une longueur non négligeable, mais ne paraît pas encore avoir atteint la moitié de sa longueur (potentielle) finale. Son volume est encore faible. EN en croissance rapide, très tendre, cassant facilement.

EN 5 : déjà long, il poursuit son élongation et grossi simultanément (en gardant encore une forme cylindrique). Son diamètre est nettement inférieur à celui de l'EN 6. Il est tendre mais suffisamment solide pour porter sans casser les feuilles placées au dessus (nº 5 et <).

EN 6 : il paraît avoir fini sa croissance en longueur et continue de grossir. La partie A est la plus grosse et la plus fibreuse. La partie B est plus mince et tendre. Partout l'ongle peut être aisément enfoncé. Le raccordement à l'EN 5 se fait par un amincissement (C).

EN 7 : Il paraît avoir acquis sa forme définitive. Il n'y a pas d'amincisement au contact de l'EN situé au dessus. Déja bien fibreux, il résiste assez bien à l'ongle.

EN 8 : Dur, il ne peut être que difficilement blessé à l'ongle.

Remarque : Au moment de l'observation, il n'est évidemment pas possible de prédire qu'elle sera la taille exacte des EN en croissance. Les EN 6 et 7 permettent de situer l'ordre de grandeur. Il faut cependant se méfier des comparaisons avec le EN plus agés et ne pas trop attacher d'importance aux longueurs, elles sont toutes relatives. Par exemple, en début de cannaison, l'EN 4 pourra être aussi long que l'EN 6 (phase d'accroissement de la taille des EN).

A

Apparition d'un nouveau fouet n dont l'extrémité s'est décollé du limbe n-1

B

Le fouet est dégagé sur une bonne hauteur mais reste enroulé

C

Debut de deroulement du fouet d'un côté

D

Fouet presque à demi déroulé, à l'extrémité on commence à distinguer la nervure centrale

E

Debut de deroulement de l'autre côté du limbe ; nervure centrale bien visible

F

En déroulant légèrement le bord du limbe n, on trouve le fouet n+1

Planche 2

Annexe 1

TAILLE DES ENTRE-NOEUDS DE LA TIGE USINABLE

Tr. 1 : tige 5

	N°	H cm	D mm
	1	2,5	27
	2	17,5	27
	3	39,5	26
	4	63	26
	5	86	25
	6	105	27
	7	123	25,5
	8	142	25
*	9	157	26
	10	169	26
	11	181	26,5
	12	191,5	26,5
	13	201,5	26
	14	209,5	26
	15	218	27
	16	226	26,5
	17	234,5	28,5
	18	244	28,5
	19	255	28
*	20	265,5	27
	21	275,5	24
	22	284	25,5
	23	290,5	25
	24	297	25
	25	303,5	26
	26	310,5	25
	27		
	28		
	P =	1680	g

Non fleurie

	N°	H cm	D mm
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	P =		g

	N°	H cm	D mm
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	P =		g

	N°	H cm	D mm
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
	16		
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
	22		
	23		
	24		
	25		
	26		
	27		
	28		
	P =		g

N° : numéro de l'EN depuis la base de la tige (au dessus du sol)
H : hauteur du sommet de l'EN depuis la base
D : diamètre moyen au milieu de l'EN
* : marquage (épingle, peinture) placé au sommet de cet EN
P : poids total de la tige

SUIVI DE LA CROISSANCE
Sur l'essai d'irrigation en saison chaude
de la parcelle B1-155 à Ferké 1 en 1989

DEBUT DE LA CANNAISON, FLORAISON

Au début de février, la végétation était belle et l'on pouvait s'attendre à un départ en cannaison dès la fin du mois. L'interruption des arrosages jusqu'au 10 mars a eu pour conséquences un arrêt du développement puis un net dépérissement de la culture (jaunissement). Finalement la cannaison n'a véritablement commencé qu'à la fin mars, alors que débute l'irrigation différenciée.

Toutes les tiges suivies sur T1 sont entrées en floraison, mais pour 43% l'inflorescence n'est pas sortie (pourriture). Sur T0 la majorité (90%) a également fleuri.

FORMATION DE LA TIGE USINABLE

Le marquage à l'aide d'une épingle, à 3 dates successives, du dernier entre-noeud [EN] formé sur une trentaine de tiges réparties sur les blocs 2 et 5, permet de suivre comparativement la croissance et la formation de la tige usinable sur T1 et T0. Toutefois les résultats présentés ci-après anticipent un peu la réalité (6 jours environ pour la longueur et le double pour le volume) car ils incluent un EN (EN 5) qui n'avait pas encore sa taille définitive au dates indiquées.

Date	Longueur (cm)			Entre-noeuds			Volume (cm3)		
	T1	T0	d*	T1	T0	d*	T1	T0	d*
Croissance depuis l'observation précédente									
22 avril	53,3	21,6	s	3,82	3,11	s	304	107	s
05 juin	87,8	30,5	s	5,14	3,44	s	456	154	s
19 juillet	59,4	56,6	ns	4,54	4,67	ns	274	272	ns
Récolte	52,1	81,6	s	3,61	5,70	s	185	302	s
Tige formée (cumul)									
22 avril	53,3	21,6		3,82	3,11		304	107	
05 juin	141,1	52,1		8,96	6,55		760	261	
19 juillet	200,5	108,7		13,50	11,22		1034	533	
Récolte	252,6	190,3	s	17,11	16,93	ns	1219	835	

d* : s = différence significative (seuil 1%); ns = non significative

- Formation des entre-noeuds et satisfaction hydrique :

Le fort stress hydrique subi par T0 en avril et mai a eu pour conséquence une sévère réduction de la longueur des EN (Fig A1), qui en

outre sont formés en moins grand nombre. Ainsi, du 22 avril au 5 juin, la formation d'un EN a pris 12,8 jours sur T0 contre 8,6 jours sur T1. On note aussi sur T0 que le diamètre des EN est alors très irrégulier (Fig A2).

A partir de juin, grâce aux pluies, le rythme de formation des EN sur T0 redevient comparable à celui de T1, leur taille s'accroît progressivement et rejoint celle notée sur T1 vers la mi-juillet (reconstitution du feuillage).

Après la mi-juillet, les cannes de T0 ont formé, avant de développer leur hampe florale), 2 EN usinables de plus, si bien qu'à la récolte le nombre d'E.N usinables est finalement identique sur les 2 traitements.

Sur T1 on note que les EN formés en juin et plus encore en juillet sont nettement plus petits que ceux d'avril-mai (Fig A1) sans que cela puisse être attribué à une alimentation hydrique insuffisante. Les conditions climatiques de température et d' ensoleillement, qui deviennent brutalement moins favorables avec l'installation de la saison pluvieuse, pourraient en être une des causes, en plus du vieillissement des tiges. Cette réduction se retrouve également au niveau de la longueur des gaines, comme l'illustre la figure A3 où l'on peut aussi observer la forte diminution engendrée sur T0 par la sécheresse.

- Bilan de la croissance par période :

A la mi-juin les cannes irriguées ont déjà formé 62% de leur volume final contre 31% pour T0. En valeur absolue, la différence est importante (89cm en longueur) et représenterait, en faisant l'hypothèse qu'il existe une proportionnalité entre la croissance des tiges échantillonnées et l'élaboration du rendement moyen, environ 38 tC/ha (57 tC/ha sur T1 contre 19 sur T0).

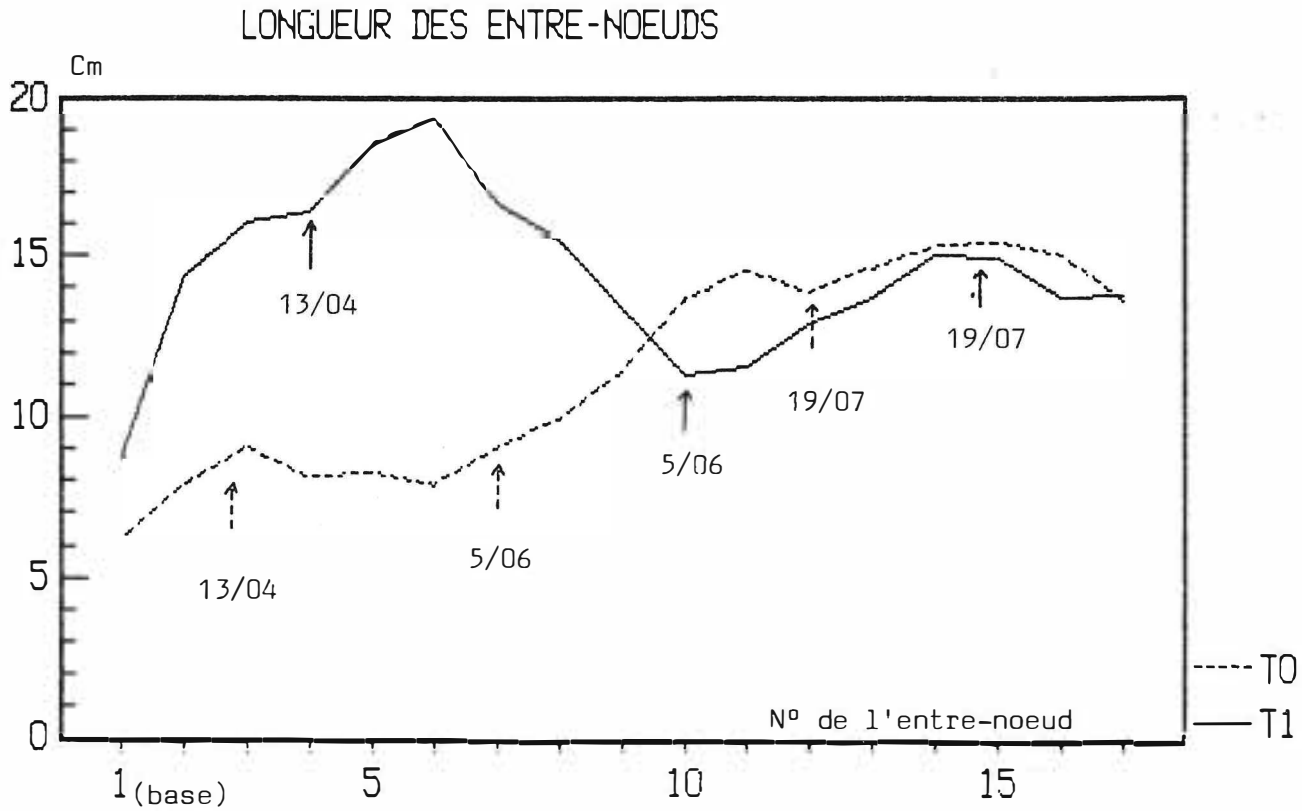
Cependant les cannes sur T0 ont relativement bien supporté la sécheresse d'avril et mai puisqu'avec peu d'eau elles ont survécu et bien récupéré à l'arrivée des pluies, et ont même réussi à grandir.

Globalement, entre la mi-juin et la mi-juillet, les croissances des tiges suivies sur T1 et sur T0 sont pratiquement identiques.

Après la fin juillet, les cannes de T0 ont plus grandi (+30 cm, ce qui équivaudrait à +7 tC/ha), valorisant ainsi mieux la pluie d'aout et septembre.

L'arrivée des pluies n'a pas entrainé l'émission d'une nouvelle génération de talles ou de babas sur T0, bien que la couverture du sol était encore incomplète. Ce sont des talles ayant passé la sécheresse d'avril-mai qui ont formé l'essentiel de la récolte.

- Remarque : Les tiges échantillonnées font parti des plus précoces et des plus grosses; on retrouve néanmoins à la récolte une assez bonne proportionnalité entre le rapport du poids des tiges de T1 et T0 (T0 = 68% de T1) et le rapport des rendements moyens sur ces 2 traitements (T0 = 67% de T1 en moyenne et 61% pour les 2 blocs échantillonnés).



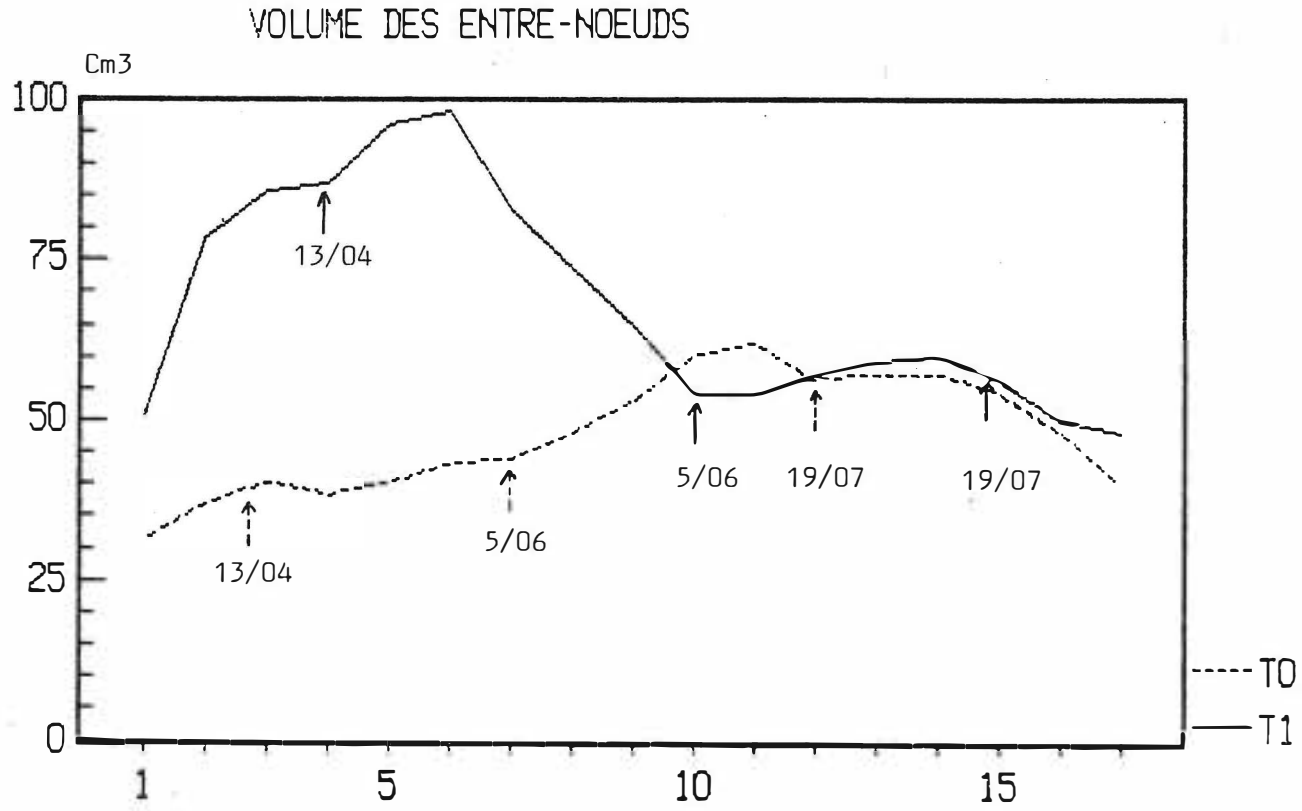
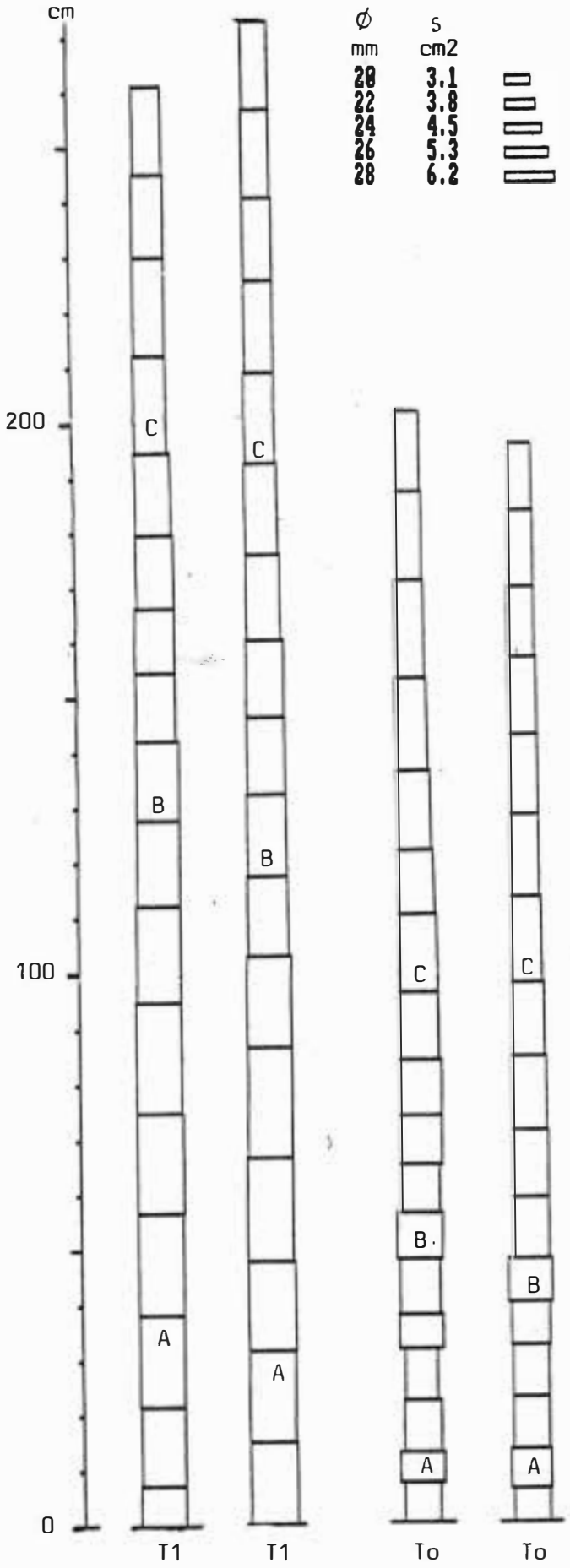


Fig. A1 : Longueur et volume des entre-noeuds successifs sur T1 et TO
(valeurs moyennes établies sur 10 tiges synchronisées)

↑ Entre-noeuds en fin d'élongation (n° 5) aux dates indiquées

Fig. A 2 : Morphologie de 2 tiges réelles "moyennes" de T1 et To



A, B, C : entre-noeuds en élongation aux dates suivantes :

A = 13 Avril 89

B = 5 Juin 89

C = 19 Juillet 89

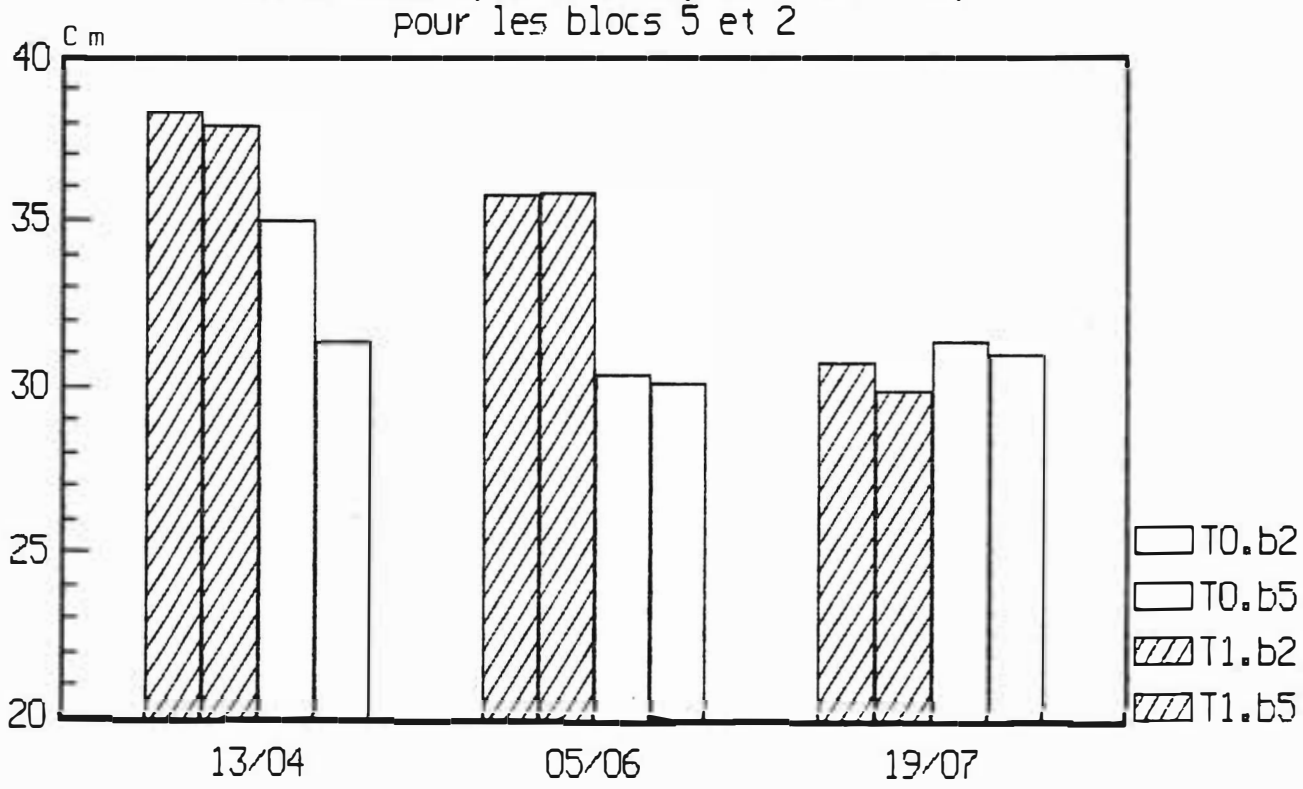



Fig. A3 : Longueur de la gaine portant le dernier ochréa apparu, à 3 dates, sur T1 et T0, pour les blocs 5 et 2