J. Didier de Saint Amand

COMPORTEMENT VARIETAL DU COTONNIER A L'EGARD DE LA TOXICITÉ MANGANIQUE

ETUDE BIOMETRIQUE DU BILAN MINERAL

EFFETS DE LA TOXICITÉ MANGANIQUE SUR LA REPARTITION DES CONSTITUANTS PHOSPHORÉS DU COTONNIER

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CÔTE D'IVOIRE

ABIDJAN

Avril 1973

PREMIERE PARTIE

COMPORTEMENT VARIETAL DU COTONNIER A L'EGARD DE LA TOXICITE MANGANIQUE.

ETUDE BIOMETRIQUE DU BILAN MINERAL.

PREMIERE PARTIE

P L A N

page

RESUME

I - INTRODUCTION

- Observation sur les différences variétales dans la nutrition des plants. 4
- Différences variétales dans la résistance aux toxicités minérales. 5
- Problème de la toxicité du Manganèse et des différences variétales de résistance 8

II - CONDITION D'EXPERIMENTATION 11

- Installation matérielle
- Type d'essai
- Conduite de l'expérience
- Observation des symptômes de toxicité
- Variétés testées
- Analyse biométrique des données

III- ETUDE DES POIDS DE RECOLTE 18

- Condition
- Notion du critère de résistance à la toxicité
- Evolution des poids
- Effet des traitements
- Modifications variétales
- Analyse biométrique des récoltes

IV - EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES TENEURS EN MANGANESE DES PLANTES 35

- Observations générales
- Analyse biométrique des données
- Relation manganèse Fer Cuivre.

page

V - ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA TOXICITE SUR LE BILAN MINERAL DES PLANTS

A - Les Anions 44

Azote
Soufre
Phosphore
Conclusion.

B - Les Cations 73

Potassium
Calcium
Magnésium
Conclusion.

VI - CONCLUSIONS GENERALES 100

VIII- TABLEAUX RECAPITULATIFS DES TRAITEMENTS SIGNIFICATIFS ET DES COMPARAISONS DE MOYENNE POUR LES 8 VARIETES. 102

BIBLIOGRAPHIE

R E S U M E

A la suite d'observations faites dans la vallée du Niari, au Congo, où l'abondance de manganèse, liée à un pH très bas des terres entraîne des phénomènes de toxicité naturelle dans des plantations de cotonniers par cet oligo-élément, une expérience a été réalisée en culture sur milieu contrôlé dans le but d'essayer d'établir des discriminations dans le comportement de quelques variétés de Gossypium hirsutum, et une différenciation éventuelle de sensibilité aux traitements toxiques appliqués

- Une analyse statistique des interactions variétés - traitements a permis de mettre en évidence des différences variétales chez les plantes utilisées dans cette expérience, en ce qui concerne les poids des récoltes.

- De plus, une étude biométrique complète du bilan minéral, et de l'effet toxique sur les teneurs en éléments principaux, leur évolution et leur répartition, a été réalisée.

- Dans le souci d'une meilleure compréhension du phénomène d'intoxication minérale, deux niveaux ont été choisis l'un entraînant une toxicité modérée, l'autre une toxicité sévère chez les plantes.

- Deux stades d'observations ont été retenus le premier correspondant à l'époque de la floraison, l'autre à celle de la capsulaison.

L'expérimentation en serre et l'ensemble des analyses réalisées sur le matériel végétal récolté, correspondent aux années 1966-1969. Par suite de mon changement d'affectation, les résultats obtenus étaient demeurés en attente si bien qu'il y a un certain décalage entre l'exécution de cette expérience, et la rédaction de ce mémoire.

I N T R O D U C T I O N.

• OBSERVATIONS SUR LES DIFFERENCES VARIETALES DANS LA NUTRITION DES PLANTES.

Les premières observations faites sur les différences de comportement variétal des plantes, à l'égard du milieu nutritif datent de la fin du siècle dernier, avec les travaux de BOURCET (3). Peu de temps plus tard, HOFFER et CARR (18) signalent des différences dans l'intensité d'absorption de l'Aluminium par plusieurs variétés de maïs. Vers la même époque GREGORY et CROWTHER (14) font mention des différences de réponse de diverses variétés d'avoine, à plusieurs éléments majeurs.

Pour SMITH (38), des variétés d'orge présentent des différences très nettes dans leur faculté d'assimiler le phosphore et l'azote présents dans un milieu nutritif, à différents niveaux. Les travaux de LYNESS (25) relatent une expérimentation du même type avec vingt et une variétés de maïs soumises à différentes doses de phosphore. Et l'auteur note que les variétés ne répondant pas au phosphore ont tendance à accumuler des sucres.

Les observations de tous ces auteurs, déjà fort anciennes montrent donc que ce problème a été abordé depuis longtemps et mettent en évidence l'intérêt qu'il a pu,très tôt,susciter.

Quelques autres travaux plus récents méritent d'être mentionnés.

HOENER et de TURCK (17) signalent des réponses différentes de la part de 2 variétés de maïs, l'une à haute teneur l'autre à basse teneur en protéine. Cette dernière a la meilleure production des deux, sur des milieux faiblement pourvus en azote, mais la meilleure production correspond à la variété ayant une haute teneur en protéines, cultivée sur milieux fortement pourvus en élément azoté.

HARVEY (15) étudie l'absorption et l'utilisation de l'azote par des maïs purs et hybrides et trouve qu'il y a une différence de réponse de la part des plants à la forme ammoniacale et nitrique de l'azote. Il note que ce sont les plants ayant reçu la forme ammoniacale qui présentent les plus fortes valeurs en matière sèche.

En France, MAUME et DULAC (28) ont mis en évidence des différences dans l'absorption de N, P, K, Ca et Mg par plusieurs variétés de blé, poussant dans des conditions analogues. Sur une autre expérimentation, ils observent également des différences variétales dans l'absorption du soufre.

. DIFFERENCES VARIETALES DANS LA RESISTANCE AUX TOXICITES MINERALES.

L'importance en agronomie de l'aménagement des cultures sur les sols salés a entraîné de nombreux travaux sur la résistance aux toxicités minérales, avec, tout particulièrement des études comparatives d'adaptation de variétés au milieu salé et en conséquence l'examen des différences variétales, à la résistance au sel.

HAYWARD et WADLEIGH (16) citent des différences variétales dans la résistance à la toxicité du sel chez de nombreuses cultures, dont : le coton, la luzerne, l'avoine, le blé, l'orge, le maïs. Pour ces auteurs, les différences trouvées seraient plutôt liées à un problème génétique.

Des différences à la tolérance au sel ont été également constatées chez les framboisiers (12) l'orge (1) et le riz (34). Chez ce dernier, on a constaté que la tolérance présentée par les plantules ne se retrouvait pas obligatoirement chez la plante adulte. La résistance apparait liée soit à la possibilité d'un contrôle des ions Na et Cl soit à la faculté de supporter un taux élevé de chlorures.

Ainsi HAYWARD et WADLEIGH (16) ont trouvé que des variétés de trèfle sensibles au sel absorbaient davantage de Cl que des variétés résistantes.

STROGOROV et coll. (40) signalent de leur côté un comportement différent en milieu salé, pour plusieurs variétés de cotonniers.

Les travaux de GREENWAY (13) concernent l'orge pour lequel il observe une élevation des teneurs en Cl et Na des inflorescences, pour les variétés sensibles au sel, par rapport aux variétés résistantes. Cet auteur suggère également que la faculté de résistance, serait en relation avec une possibilité de réguler l'introduction des ions dans le milieu interne. Il apparaitrait ainsi un "mécanisme de résistance" à l'absorption. Indépendamment des études faites pour les sols salés on peut citer bien d'autres recherches faisant apparaître des différences variétales de résistance à un élément toxique.
Pour WILKINS (47) des variétés de riz résistent plus ou moins bien au chlorate de potassium en raison, pour l'auteur, d'une plus ou moins grande aptitude, de la part des plantes à réduire les ions chlorates non toxiques en ions hypochlorite toxiques.

EARLEY (9) cultive des variétés de Soja, montrant des différences dans leur tolérance à la toxicité du Zn. L'une d'elles ne montrant aucun symptôme, pour des concentrations en Zn 8 à 12 fois plus élevées qu'une variété sensible à 0,8 ppm de Zn. Une distinction a été faite alors entre les différences d'absorption et les différences de tolérance, et l'auteur suggère que la variété sensible absorbe davantage de Zn que la variété résistante. En général, chez le Soja les variétés les plus résistantes sont celles qui ont les plus gros grains et les plus sensibles celles qui ont les plus petits, de même que les variétés résistantes ont une maturité précoce, tandis que les variétés sensibles ont une maturité tardive.

WEISS (44) fait mention de différences d'utilisation du Fe par diverses variétés de soja. Certains, présentant plus de résistance, avaient un système racinaire mieux adapté à l'absorption de l'oligo-élément, en particulier lorsqu'il se trouvait en très faible quantité dans le milieu.

Le nombre et les types des racines peuvent de toute évidence influencer la nutrition des plants poussant sur un sol en fonction de l'expansion du système et par conséquent du volume de sol exploité.

Une étude sur l'absorption de ^{32}P par 2 lignées de maïs et leurs hybrides, a montré que l'hybride à système radiculaire le plus développé absorbait les plus grandes quantités de phosphore radioactif (36). Ceci en raison d'un développement plus précoce des racines.

Dans un travail intéressant, sur la surface d'absorption du système radiculaire de la canne à sucre, EVANS (11) a trouvé que 3 variétés différaient dans la précocité de croissance de leurs racines. Il y a de grandes différences dans la surface d'absorption totale des diverses variétés mais il n'y a pas de relation entre la surface d'absorption et la longueur totale ou le poids des racines. Ainsi une des variétés, avec une longueur totale de racine égale seulement à 54 % de celle d'une autre variété, a un système d'absorption 8 fois plus grand.

WILKINS (46-47) a décrit des différences de réponses de Festuca ovina à la toxicité du Plomb. Il trouve que les populations vivant au voisinage des déchets de mine de Plomb montrent une plus grande tolérance à l'intoxication que celles provenant d'un habitat normal. Cette amélioration serait en relation avec une élongation particulière des racines.

Pendant longtemps il a été admis que l'entrée des ions dans la racine se faisait exclusivement à l'état dissous, dans la solution du sol. Mais à la suite de divers travaux, ceux de JENNY et OVERSTREET (21) de LUNDEGARDH (25) d'ELGA BALLY (10) l'idée de l'importance du contact direct des racines avec les colloïdes du sol fut prise en considération. La théorie soutenue par ces auteurs implique qu'il y aurait un transfert direct par échange,des ions adsorbés par les colloïdes du sol et par les surfaces radiculaires. Il a été en effet démontré que les racines sont capables d'absorber les ions et de les échanger. La "capacité d'échange des cations" (CEC) d'une racine se mesure comme celle d'un sol. Cette adsorption sur les sites d'échange de la racine serait une première étape dans la pénétration d'un élément nutritif.

Plusieurs auteurs ont étudié des différences variétales dans la mesure du CEC radiculaire : DRAKE et coll. (8) en ont trouvé sur 2 variétés de Dactylis. VOSE (43) a mis en évidence des différences significatives dans le CEC de 12 variétés de raygrass perenne.

. PROBLEMES DE LA TOXICITE DU MANGANESE ET DES DIFFERENCES VARIETALES DE RESISTANCE.

Ce sont les recherches faites pour résoudre les problèmes agronomiques posés par les sols acides, qui ont entrainé les travaux extrèmement nombreux sur la toxicité manganique proprement dite. Les premières observations datent du début du siècle et sans entrer dans les détails on peut citer les travaux

de G. BERTRAND (2) JADIN et ASTRUC (20) en France, Mac COOL, MM(27) KEELEY H.D. (22). Ces premiers auteurs furent suivis par quantités d'autres, et on peut se reporter pour mémoire à un index bibliographique de travaux concernant le Manganèse dans la vie végétale (6) qui regroupe environ 500 références.

Les travaux sur les différenciations variétales dans la résistance à la toxicité manganique, sont, eux, relativement récents.
LOCKARD, (23) signale, dans une importante étude sur la nutrition minérale du riz, des différences variétales caractéristiques pour le niveau d'absorption du manganèse. Il constate qu'on observe des symptômes de toxicité sur une variété comportant des quantités cinq à six fois plus faibles de Mn, dans les tissus, qu'une autre.

NEENAN a montré (33) que des variétés de blé et d'orge variaient considérablement dans leur tolérance à la toxicité du manganèse et de l'aluminium. Il a trouvé que quelques unes étaient tolérantes à de hauts niveaux d'Al tandis que d'autres étaient tolérantes à de hauts niveaux de Mn, mais la variété de blé "April Red" se montre hautement résistante aux deux toxicités, cette variété étant connue pour être tolérante à une déficience en calcium.

DESSUREAUX et OUELLETTE (5) ont étudié la croissance de 13 variétés de luzerne, en culture sur sable. Ils constatent qu'une concentration toxique de l'ordre de 25 ppm, dans le milieu nutritif n'entraine pas une réduction de croissance de même importance pour toutes les variétés. Ils trouvent que les génotypes résistants tendent à renfermer moins de manganèse et également moins d'aluminium dans les parties aériennes que n'en renferment les génotypes sensibles.
C'est une observation faite dans la vallée du Niari au Congo par un agronome de l'IRCT (35) qui a orienté l'étude que je vais exposer plus loin. Sur cette vaste région des effets de toxicité manganique ont été notés sur des cultures de cotonniers, conjointement à un pH bas du sol. Des prélèvements de matière végétale effectués pendant la phase de croissance des plants ont révélé de fortes teneurs en manganèse. Les manifestations de la toxicité tendent à s'estomper avec la croissance, cependant aucun écart entre les variétés ne s'est avéré statistiquement valable.

Dans une étude sur la comparaison entre des variétés de raygrass poussant avec des niveaux toxiques de Al et Mn (VOSE (43) a montré que celles-ci variaient considérablement dans leur faculté de résistance aux 2 éléments. Il démontra que les séries de plantes résistantes à la fois à Mn et à Al étaient caractérisées par une capacité d'échange radiculaire de Cations, plus faible que les variétés sensibles aux doses toxiques des 2 oligo-éléments.

Dans un autre travail expérimental, le même auteur trouva pour du trèfle blanc poussant en présence de niveaux toxiques de Mn qu'il y avait des différences variétales dans la réponse à l'interaction Mn/Ca. Il estima que celle-ci pourrait être l'une des causes des problèmes des sols acides où il y a déficience en Ca et toxicité en Mn conjuguées.

MUNNS D.N. et JONHSON C.M. (32) signalent au cours d'une expérience faite sur plusieurs variétés d'avoine au moyen de ^{54}Mn des différences dans la teneur finale en oligo-élément des racines qui peuvent être jusqu'à 5 fois plus grandes d'une variété à l'autre. L'expérience réalisée sur les 8 variétés de cotonnier, se situe dans le cadre même de ces différenciations variétales. Sera-t-il ou non envisageable, de retenir telle ou telle variété pour sa résistance aux conditions de toxicité manganique ?

Cependant, on le voit le problème s'avère complexe. Les variétés qualifiées de sensibles sont elles celles qui sont le plus capables d'absorber quantitativement l'ion toxique, les variétés résistantes étant alors aptes de contrôler cette absorption ? S'agit-il d'une compétition entre éléments, ou d'une élevation globale de la concentration minérale dans les tissus végétaux? Nous verrons comment, après avoir examiné l'ensemble du bilan minéral, en relation avec le comportement des cultures au cours de cette expérimentation, ces questions peuvent trouver une réponse.

II - CONDITIONS D'EXPERIMENTATION

. Installation matérielle

- Matériel

Le matériel utilisé pour les cultures est constitué de pots de polyéthylène de type "Riviera", comportant à la base une réserve liquide qui, après vidange des pots, constitue un volume d'air en contact avec le système radiculaire développé au-dessus d'elle dans du sable saturé de solution nutritive. Un système d'écoulement est aménagé à la base afin de permettre une vidange complète des pots. Les pots sont remplis de sable quartzeux préalablement lavé à l'HCl, ce sable servant exclusivement de support aux plantes. L'ensemble est disposé dans une serre dont le minimum thermique est d'environ 22-23°, avec une humidité relative de l'ordre de 45-55 % obtenu par l'utilisation de saturateurs. Chaque pot comporte 12 kg de sable et a une réserve liquide totale de 6 litres de solution nutritive.

- Milieu nutritif

La solution nutritive utilisée a la composition suivante :

- Eléments majeurs (en g. par litre).

PO_4H_2K	0,162
SO_4Mg	0,324
NO_3K	0,566
$(NO_3)_2Mg$	0,148
$(NO_3)_2Ca$	0,912

Soit une concentration totale de 2,1 g par litre environ.

La répartition anionique et cationique est la suivante, exprimée en pourcentage de chaque somme indépendante.

NO_3	SO_4	PO_4	K	Ca	Mg
67	20	13	27	44	29

La somme Anions + Cations correspond à 50 milliéquivalents.

Le rapport $\frac{\text{Anions}}{\text{Cations}} = 1,1$

Le pH des solutions est ajusté à 4,8.

Le pH a tendance à remonter entre deux renouvellements successifs de solution. Ceci est très difficile à modifier. Cependant pour éviter le développement d'algues vertes en surface des pots, algues qui sont généralement susceptibles de modifier le pH des solutions, il a été fait sur le dessus des pots un épandage d'une épaisseur d'environ 1 cm 1/2 d'un petit granulé de polyéthylène noir qui a pratiquement contribué à éliminer tout développement des algues.

- Oligo-éléments.

a) dans les solutions-témoins.

1 - en mg par litre

SO_4Zn	0,85
SO_4Cu	0,18
BO_3H_3	0,85
$(NH_4)_6\ MO_7\ O_{24}$	0,10
$Cl_2\ Mn$	0,65

2 - citrate ferrique ammoniacal
suivant composition q.s.p. 10 mg/l de fer (Fe^{+++})

b) dans les solutions-traitements.

Les oligo-éléments autres que le manganèse sont constants. Le chlorure de manganèse est ajouté aux milieux nutritifs à raison de :

20 mg de manganèse/1 pour le traitement à 50 ppm
60 mg de manganèse/l pour le traitement à 100 ppm

Le volume total de solution nutritive par pot étant maintenu de façon constante à 6 litres.

Les solutions sont données diluées de moitié pendant les 15 jours suivant le repiquage, puis à la concentration normale durant le tout cycle d'expérimentation et renouvelées hebdomadairement. Une aération journalière du système radiculaire est opérée par descente des solutions durant quelques heures.

. Choix des doses.

Les doses de 50 et 100 ppm de manganèse en tant que traitement toxique, ont été déterminées à la suite d'un test préliminaire qui a montré que le seuil de toxicité se situait entre 35 et 50 ppm, de façon plus ou moins accusée, en fonction des variétés. D'une manière générale, la dose de 25 ppm n'a pratiquement provoqué aucun effet toxique. Il a été même constaté que, dans de nombreux cas, elles contribuait à améliorer le poids frais de matière végétale récoltée par rapport à celle des témoins. Cet effet a été également enregistré pour quelques variétés soumises à la dose de 50 ppm de Mn, ainsi que nous le verrons plus loin.

. Type d'essai réalisé.

L'expérience est menée selon un plan entièrement randomisé avec décomposition des degrés de liberté entre traitements en degrés de liberté orthogonaux. Chacune des 8 variétés testées est soumise à 3 traitements :

T_0 - Traitement témoin

T_1 - Traitement apportant 50 ppm de Manganèse

T_2 - Traitement apportant 100 ppm de Manganèse.

Chaque traitement est répété 4 fois.

. Variétés testées.

Nous avons utilisé pour cette étude 8 variétés dont les semences ont été fournies par l'IRCT. Ces variétés proviennent des diverses stations africaines de cet institut. Toutes sont des Gossypium hirsutum (L) sélectionnées par l'IRCT.

Il s'agit de :

P.14 T 129	Sélectionné à la station de Bebedjia - Moundou - Tchad c'est un hybride complexe issu de panmixie réalisé à Bebedjia. Ce cotonnier a un développement végétatif large, avec capsulaison de tête, importante, et grandes feuilles de couleur vert jaune. Sa floraison est tardive.
P 108 F	Sélectionné à la station IRCT de Bône (République Algérienne) c'est une plante à bon développement végétatif et à caractères phénotypiques proches de P.14 T 129
Deltapine 15	Egalement sélectionnée à la station de Bône, cette variété a un développement végétatif plus faible que les 2 précédentes.
Coker 100 Wilt	Introduit des Etats-Unis et sélectionné à Bône ce cotonnier est caractérisé par sa bonne résistance à la fusariose.
M6. S 306	Sélectionné à la station IRCT de Bebedjia Moundou, c'est une variété voisine de Allen, qui présente des branches fructifères et des entre-noeuds courts.
Allen 151	Cette variété a été sélectionnée à la station de Tiken en République du Tchad à partir de semences provenant du Nigeria.
Acala 442	Variété à floraison précoce et développement végétatif moyen, sélectionnée à la station IRCT de Bône.
E. 40	Sélectionnée à Bebedjia - Moundou au Tchad.

. Conduite de l'expérience.

Les graines sont ensemencées sur terrine de sable et les plantules repiquées en pots, une dizaine de jours après leur levée. Les solutions nutritives sont données à 1/2 concentration pendant 10 jours environ pour éviter les phénomènes d'hypertonie, puis à concentration complète. Les traitements sont appliqués au stade d'apparition des 6ème 7ème feuilles sur les plantes, à 1/2 dose pendant une semaine, puis à dose entière jusqu'à la fin de l'expérience. Les conditions des récoltes sont exposées au chapitre "Etude des poids de récolte".

. Observation des symptômes de toxicité.

Les symptômes de toxicité manganique apparaissent très peu de temps après l'application des traitements complets. Sur les cultures ayant reçu la dose fortement toxique, on note les premières nécroses 4 à 5 jours après son application. Quelques jours après, des taches nécrotiques apparaissent également sur les cultures modérément intoxiquées.

Ces pots bruns tendent peu à peu à augmenter de surface, et à envahir le limbe. Dans les cultures ayant reçu 100 ppm de manganèse, les feuilles, au bout d'un certain temps de traitement, commencent à prendre un aspect un peu gaufré comme si, en quelque sorte, la longueur des nervures apparaissait trop courte pour la surface du limbe qui prend un aspect recroquevillé. C'est la manifestation du "crinckle leaf" bien connue des auteurs et souvent décrite.
Lorsque l'effet de toxicité est très marqué on voit alors le bourgeon terminal se déssecher. Les feuilles formées au sommet de la plante sont de plus en plus petites et déformées et l'ultime stade correspond à la dessication totale du sommet de la plante dont la croissance est alors arrêtée. C'est dans cet état que plusieurs variétés ont été récoltées au stade qualifié de "capsulaison" soit à la 2ème récolte.

Sur les plantes modérement intoxiquées, les spots nécrotiques demeurent petits. Ils se multiplient cependant sur la quasi totalité du feuillage mais l'aspect général de la plante, son port en quelque sorte, se différencie relativement peu de celui des

plants témoins. Parfois sur des plants modérément intoxiqués on peut noter la dessication de quelques feuilles. Ici, la capsulaison se produit à la même époque que celle des cultures témoins et aucun symptôme particulier n'a pu être decelé sur les capsules dont l'aspect est sain.

- Analyse biométrique des données.

L'analyse biométrique a été faite sur les variables suivantes :

Poids frais d'une plante 1ère et 2ème récolte

Poids frais de la racine 1ère et 2ème récolte.

Teneur en azote
Teneur en soufre
Teneur en phosphore
Teneur en potassium
Teneur en calcium
Teneur en magnésium
Teneur en manganèse

dans les feuilles et dans les racines pour les 2 stades étudiés.

Les tableaux regroupant les différences significatives figurent à la fin du mémoire. Ils donnent les résultats des comparaisons des traitements deux à deux: lorsque 2 traitements ne sont pas sous une même accolade les 2 moyennes diffèrent significativement. Ils donnent également les résultats de la comparaison au traitement témoin To, : si un traitement n'est pas sous la même accolade que lui, il en diffère significativement.Sur les tableaux les moyennes sont classées par ordre de valeur décroissante de la gauche vers la droite.
Les analyses statistiques concernant ces données ont été réalisées sur les loge en raison d'une question de distribution et d'homogénéité des variances.

Une partie des résultats d'analyse biométrique se retrouve du cours du texte, à chacun des paragraphes qui leur correspond. Les moyennes données sont les moyennes retransformées, corrigées du biais. Il arrive, lorsque le carré moyen résiduel est élevé que la correction ne soit pas très satisfaisante (cas de Mg et Mn par exemple). Toutefois par souci d'homogénéité ce sont ces moyennes retransformées qui ont été données.

La possibilité d'une analyse globale des résultats susceptible de faire apparaitre des différences globales entre traitements, entre variétés, et des interactions variétés/traitements a été étudiée. Elle n'a cependant pas pu être possible car il n'est pas apparu d'homogénéité dans les variances résiduelles. Ainsi les résultats sont fournis variété par variété d'une part, et variable par variable d'autre part.

Cependant une analyse réalisée ultérieurement au travail exposé ci-dessus, sur les données "poids de récoltes" transformées en loge. a permis de mettre en évidence des différences significatives de comportement variétal à l'égard des traitements. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le chapitre traitant de l'étude des poids de récolte.

Il convient de souligner que c'est uniquement sur cette donnée "poids" que l'analyse mentionnée ci-dessus a pu mettre en évidence des variances homogènes. Pour l'analyse biométrique de l'ensemble des autres données, l'homogénéité n'a pas pu être admise même sur le traitement des loge correspondant.

Les analyses biométriques ont été réalisées par le bureau de calcul des SSC de Bondy sous la direction de Monsieur DEJARDIN J. avec la collaboration de Madame D. SCHWARTZ.

La partie analytique se rapportant à l'étude de l'interaction variété/poids de récolte a été menée par Madame RENE-CHAUME R., au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.

III - ETUDE DES POIDS DE RECOLTES

. Conditions des récoltes

A la première récolte c'est à dire au début de la floraison :

- une plante entière est récoltée par pot
- débarrassée du sable qui est accroché aux racines, elle est rincée, séchée et pesée.

La racine dst ensuite sectionnée et pesée.

On possède ainsi :

- le poids de la plante entière
- le poids de la racine
- le poids des parties aériennes
- A la 2ème récolte qui correspond au début de la capsulaison, on procède de la même manière et on dénombre en outre les capsules présentes par plante.

Il faut ici souligner que la récolte est faite en même temps sur toutes les variétés et que c'est au moment où se forment les premières capsules qu'elle intervient. Certaines variétés à floraison plus tardive n'ont parfois pas de capsules à ce moment ou en ont une très petite quantité. C'est donc plus à l'âge réel de la plante, qu'au stade physiologique précis de la floraison et de la capsulaison proprement dites que correspondent les époques de prélèvements. D'une manière générale les 2 échantillonnages sont faits aux dates suivantes :

1ère Récolte de 60 à 65 jours après le semis
2ème Récolte de 85 à 90 jours après le semis.

. Notion de résistance à la toxicité : choix du critère

Il est délicat d'établir un critère de "résistance des plantes aux conditions de toxicité, dans les conditions de notre expérimentation. En effet de multiples facteurs interviennent, qui peuvent apporter des modifications de toutes sortes. Ainsi :

- le nombre de plantes cultivées par pot : il est évident que le choix de ce nombre est très important. Une expérience préliminaire a amené à laisser, après germination d'une dizaine de plantules, 3 seulement d'entre elles par pot, celles présen-

tant la meilleure homogénéité phénotypique. A la première récolte deux des plantes, sont prélevées, l'une est conservée, l'autre éliminée. Le pot ne comporte plus alors que la jeune plante destinée à la récolte ultérieure. De la sorte il n'y a pas eu de "gêne" entre les plantes et la 3ème d'entre elles aurait permis un éventuel remplacement en cas de défaillance.

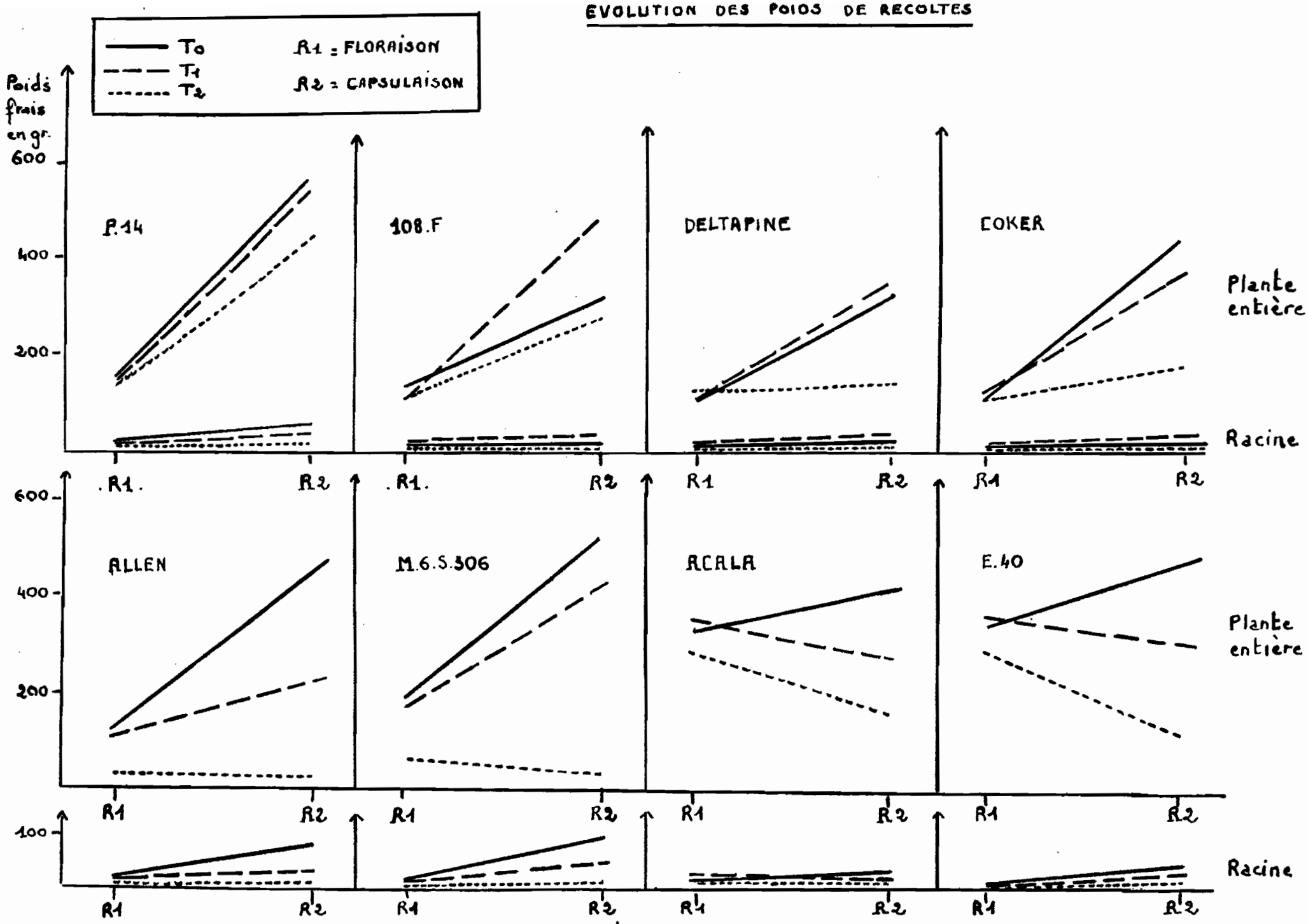
- La saison correspondant à la mise en place de notre expérimentation. La serre utilisée aux S.S.C. de Bondy jouit de conditions convenables, en luminosité et température. Les deux expérimentations successives ont été pratiquées aux mêmes dates afin que les conditions soient les plus reproductibles possibles, en particulier la longueur des jours cependant il n'y a pas une reproduction parfaite des conditions climatiques d'une année à l'autre. L'expérimentation est réalisée pendant les mois de Mai-Juin et Juillet.

La notion de résistance est en fait liée au développement de la plante, c'est donc ce poids de matière verte récoltée qui a été choisi pour définir l'aptitude à la croissance dans des conditions de toxicité. Ce critère "poids frais total de la plante" est d'ailleurs le seul possible pour les récoltes réalisées au stade de la floraison. Au 2ème stade c'est à dire au début de la capsulaison, on peut faire intervenir, en plus, le nombre de capsules présentes sur la plante au moment de la récolte. Cependant il faut aussi, à ce stade, tenir compte de la précocité variétale et ne pas lier directement la notion de résistance au nombre des capsules formées mais à "l'état de santé" général de la plante, qui est en relation avec la production de matière végétale fraiche.

. Evolution des poids frais récoltés

Le graphique 1 , qui représente l'évolution des poids frais récoltés montre que sur les 8 variétés étudiées 4 d'entre elle, P.14 - 108 F - DELTAPINE et COKER, présentent une augmentation de poids de récolte, entre floraison et capsulaison pour les 3 traitements. Pour deux variétés, ALLEN et M.6 S 306, seules les plantes témoins et les plantes soumises à une toxicité modérée montrent cette augmentation entre les deux récoltes.

EVOLUTION DES POIDS DE RECOLTES



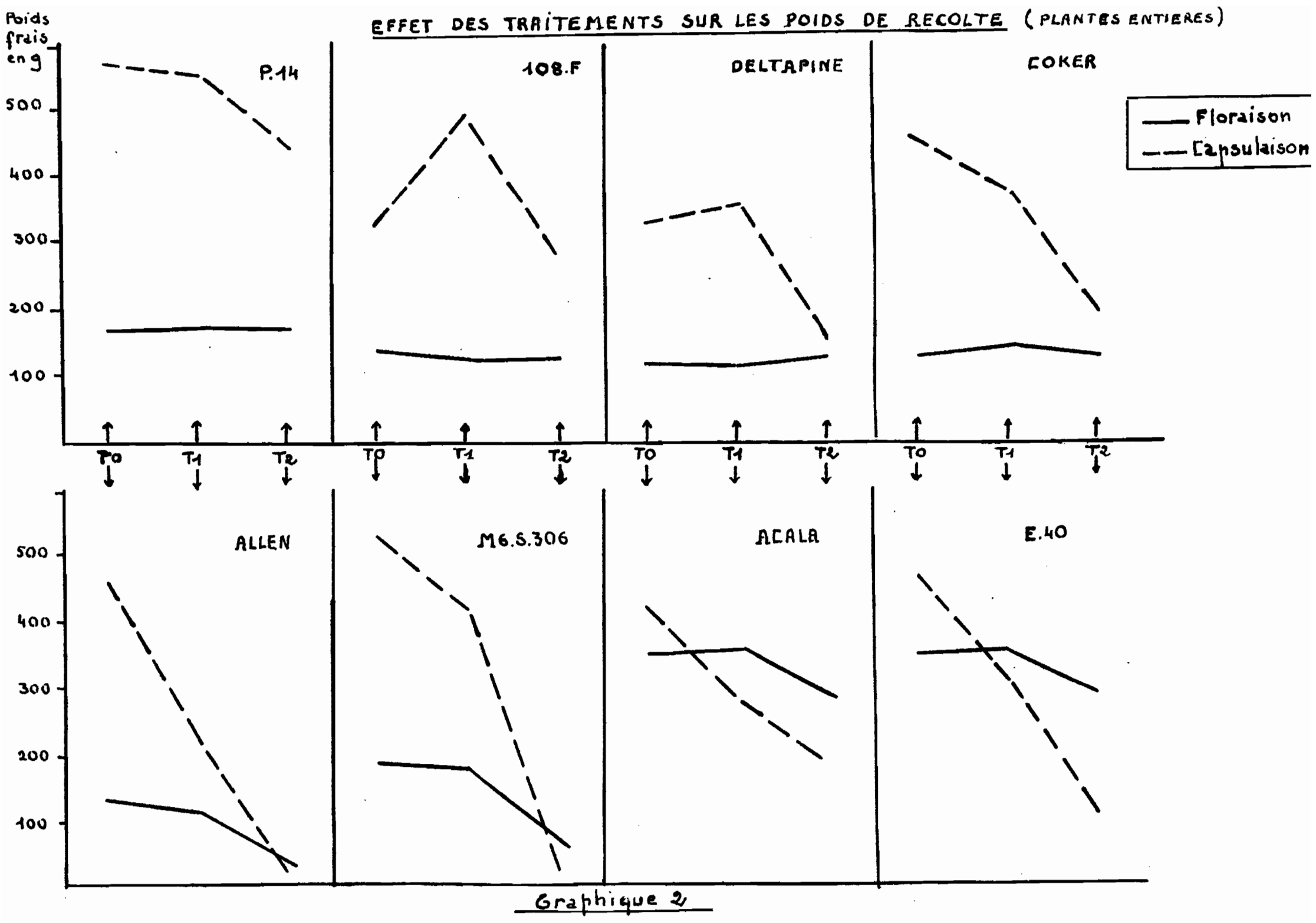
Graphique 1

Les plantes très intoxiquées présentent une réduction. Enfin, chez ACALA et E. 40, seules les plantes témoins s'accroissent entre la première et la 2ème récolte. Les deux traitements ont un effet dépressif. On constate également sur le graphique 1 l'analogie des effets des traitements, pour toutes les variétés, sur les poids des plantes entières et sur les poids des racines, qui subissent les mêmes variations.
L'éventail formé par les courbes correspondant aux 3 traitements donne une idée des variations de poids entrainées d'une récolte à l'autre, par l'effet des traitements. C'est ainsi que chez P. 14 les 3 courbes demeurent très rapprochées et l'éventail correspondant présente une très faible ouverture. Les courbes correspondant à To et à T1 sont presque confondues. Pour la variété 108 F on peut faire approximativement les mêmes observations. A l'opposé, les variétés ALLEN 151 et M.6 S.306 montrent une très large ouverture de l'éventail traduisant le fort effet de toxicité ressenti par les cultures, dans le cas du traitement T_2, le traitement modérément toxique ayant peu influencé le poids des récoltes. Entre ces extrêmes les autres variétés présentent des intermédiaires.

. Effet des traitements

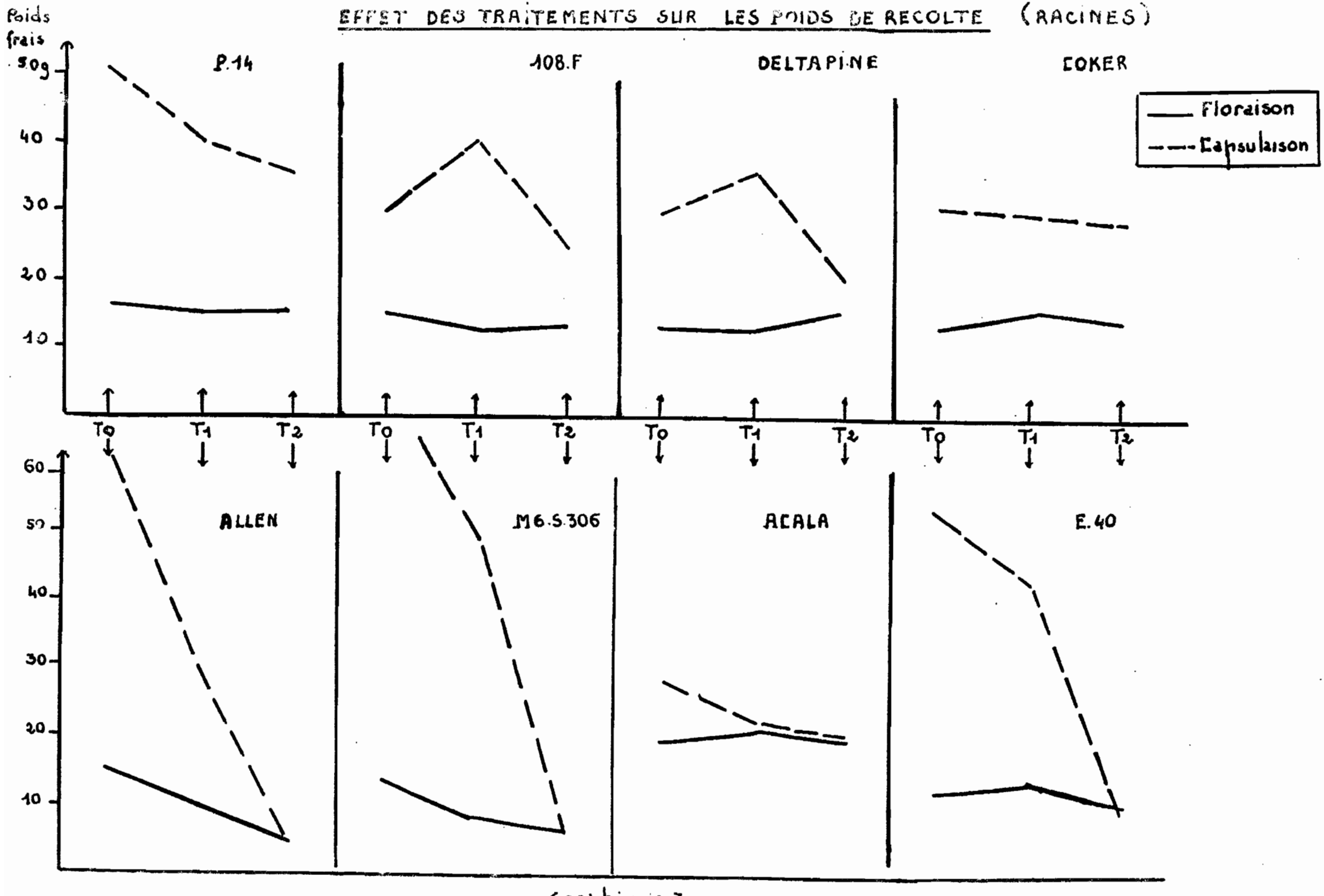
Ils sont portés sur les graphiques 2 et 3 . Pour la plupart des variétés l'effet du traitement peu toxique, à la floraison, est faible, seul le traitement apportant 100 ppm de Mn entraine une diminution du poids sensible, pour 4 des variétés, Allen, M.6 S. 306, Acala et E. 40.
A la capsulaison, l'effet des 2 traitements est une diminution du poids des plantes par rapport aux cultures témoins. Cependant on peut noter pour 108 F et Deltapine une augmentation de celui-ci dans le cas du traitement modérément toxique. Cette observation déjà mentionnée a pu être vérifiée au cours d'expérimentations ultérieures. Il y a confirmation de l'effet favorable d'une dose de 50 ppm de Mn sur le développement végétatif de certaines variétés telles ici que 108 F et Deltapine. Lorsque le milieu nutritif est additionné d'une dose de 25 ppm de Mn, il a pu être observé une augmentation de poids de toutes les variétés expérimentées. L'effet n'a jamais été constaté avec des doses supérieures à 50 ppm de Mn.

EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES POIDS DE RECOLTE (PLANTES ENTIERES)



Graphique 2

EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES POIDS DE RECOLTE (RACINES)



Graphique 3

Toujours sur les graphiques 2 et 3 nous constatons une grande similitude des courbes correspondant aux plantes entières et aux racines. Les variations suivent les mêmes évolutions sous les effets des traitements : ainsi l'effet bénéfique de la dose de 50 ppm qui vient d'être mentionné se retrouve au niveau des racines.

. Toxicité et modifications variétales dans la croissance des plantes

. Le poids de matière végétale récoltée qui a été choisi comme critère de la résistance des variétés étudiées à la toxicité, permet en quelque sorte de classer celles-ci. Mais il est important de tenir compte également de la notion de développement caractéristique de chacune des variétés. Ainsi P. 14 peu développée à la floraison, par rapport à la variété E. 40 par exemple, ainsi que nous le montrent les graphiques 4 et 5 fait entre les deux époques de prélèvement une très forte croissance qui correspond à une augmentation de poids de 80 %. Pour la variété E. 40, elle n'est que de 25 % entre les deux échantillonnages. C'est Acala qui avec 18 % d'amélioration du taux de croissance des plantes témoins, apparait comme la variété ayant eu le plus faible développement végétatif. A cet égard l'examen du graphique 6 met bien en évidence d'une part les différences du taux de croissance très variables pour les 8 variétés, d'autre part l'effet variétal des réductions de poids consécutives aux traitements.

Ainsi, chez les plants témoins, Coker, P.14, Allen ont un taux de croissance du même ordre entre la floraison et la capsulaison mais on voit combien leur comportement apparait différent, pour les plants ayant reçu 100 p.p. de Mn.

Le tableau I permet de suivre l'évolution de la masse pondérale des cultures entre les deux époques de prélèvement.

Poids récolté en gr.

E.40 Acala M6S. P.14 108F Allen Coker Delta E40 Acala M6S. P.14 108F. Allen Coker Delta.

Plantes témoins à la Floraison

400 300 200 100 100 300 400

Plantes intoxiquées T1 à la floraison

Plantes intoxiquées T2

Poids moyen d'une plante à la floraison

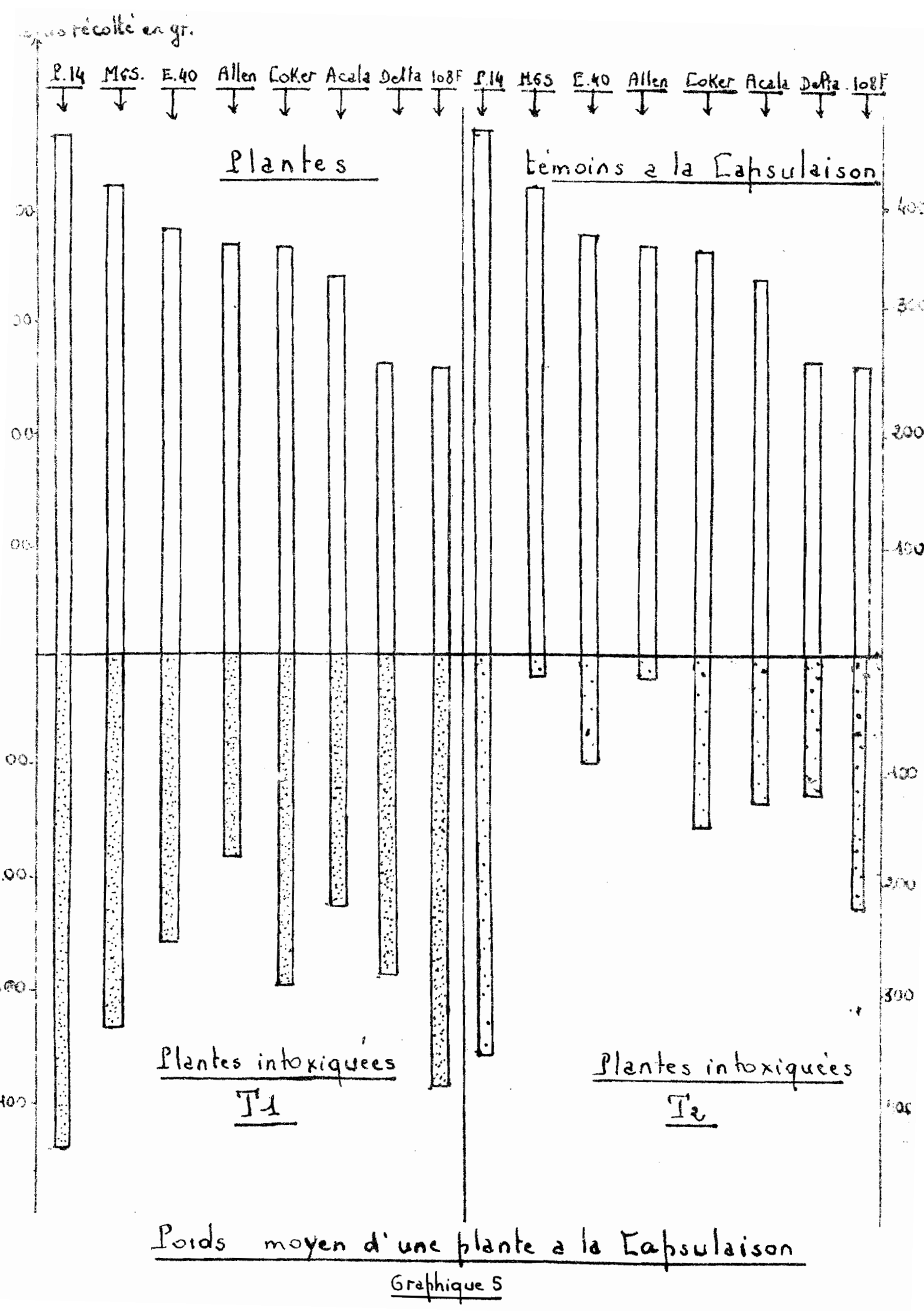
Graphique 4

Evolution de la masse pondérale des plantes entre la floraison et la capsulaison.

Variété	Traitement	Différence de poids en g.	Variations
P. 14	T_o	+ 414	+ 71 %
	T_1	+ 385	+ 70 %
	T_2	+ 377	+ 63 %
108. F	T_o	+ 179	+ 55 %
	T_1	+ 355	+ 74 %
	T_2	+ 167	+ 58 %
DELTAPINE	T_o	+ 211	+ 55 %
	T_1	+ 244	+ 67 %
	T_2	+ 22	+ 14 %
COKER	T_o	+ 328	+ 72 %
	T_1	+ 231	+ 62 %
	T_2	+ 63	+ 33 %
ALLEN	T_o	+ 322	+ 70 %
	T_1	+ 110	+ 48 %
	T_2	- 0	- 23 %
M.6 5. 306	T_o	+ 330	+ 63 %
	T_1	+ 240	+ 57 %
	T_2	- 35	- 57 %
ACALA	T_o	+ 78	+ 18 %
	T_1	- 78	- 22 %
	T_2	- 130	- 44 %
E. 40	T_o	+ 121	+ 25 %
	T_1	- 35	- 10 %
	T_2	- 172	- 59 %

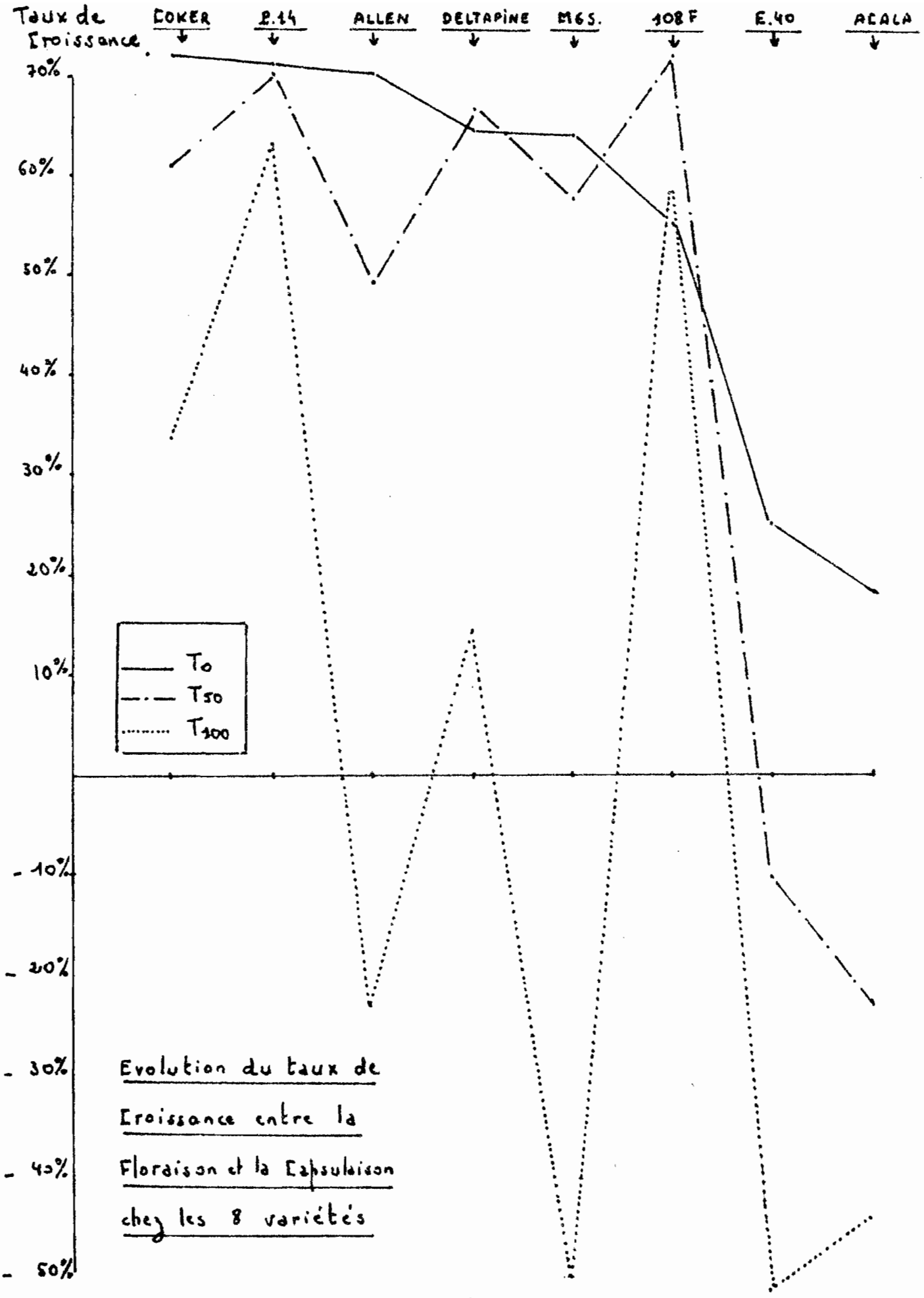
TABLEAU I

(moyennes sur les 4 répétitions de traitements)



Poids moyen d'une plante à la Capsulaison

Graphique 5



Evolution du taux de Croissance entre la Floraison et la Capsulaison chez les 8 variétés

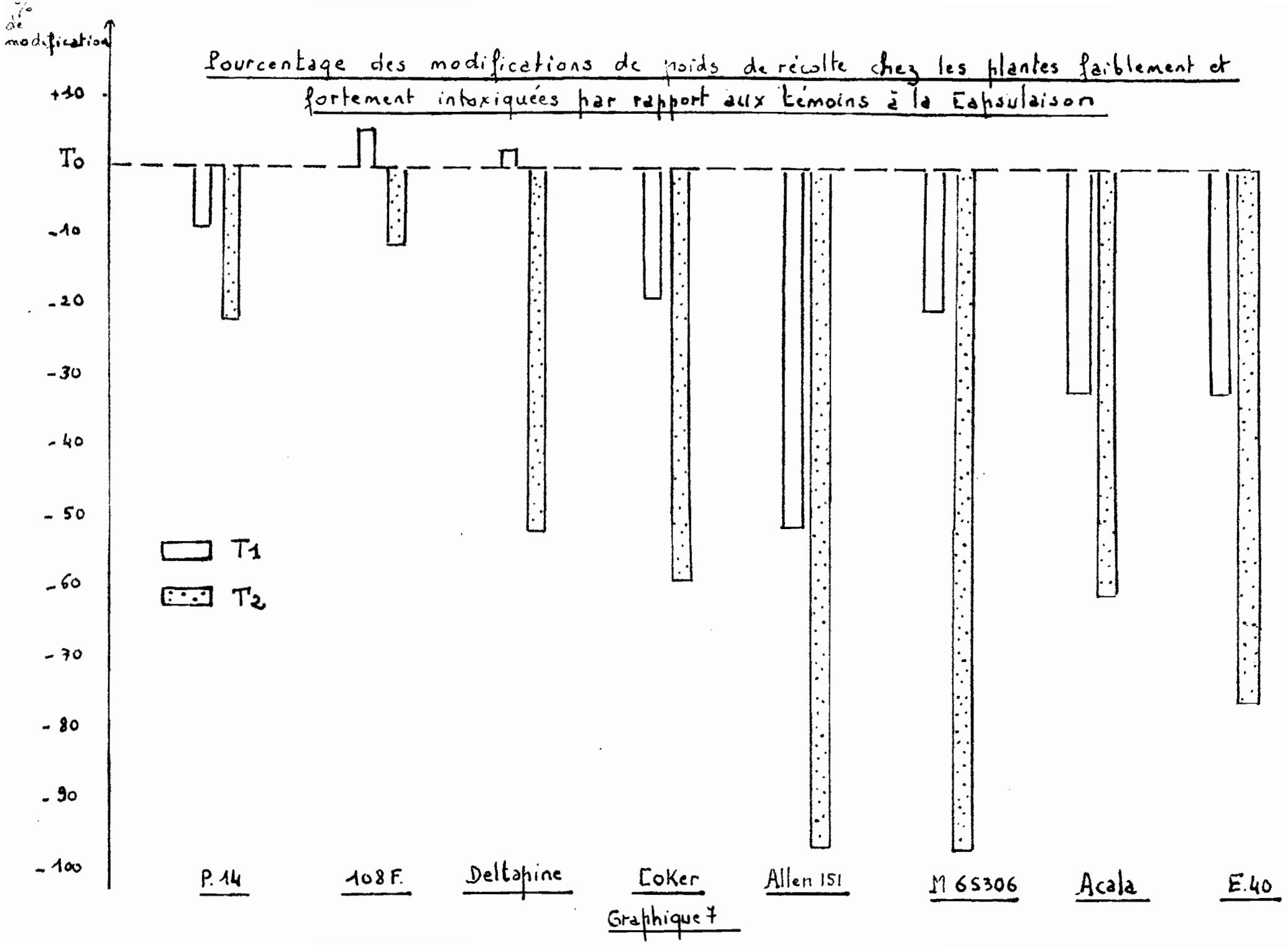
Graphique 6

Nous voyons par exemple que la variété 108 F dont le développement végétatif témoin a été plus faible que celui de M.6 ou de Allen, entre les 2 échantillonnages, a amélioré sa croissance de 75 % dans le cas du traitement modéré et d'environ 60 % dans celui du traitement fortement toxique, alors que ces taux peuvent arriver à être fortement négatifs pour Allen et pour M.6 S. 306. Il ne semble donc pas que ce soient exclusivement les variétés dont le pouvoir de développement est fort, comme c'est le cas de P. 14 par exemple, qui soient les seules résistantes, mais que cette faculté est bien propre à certaines variétés. Si nous tenons compte de la notion de taux de croissance, s'ajoutant à celle des poids de récolte, il apparait la possibilité de "classer les variétés étudiées ainsi :

P. 14 108 F **Deltapine** **Coker**	Variétés les plus résistantes
Allen 151 M.6 S. 306 Acala E. 40	Variétés les plus sensibles

Nous pouvons aussi compléter cette étude de la croissance végétative en évaluant le pourcentage des modifications des poids de récolte qui interviennent à la suite des traitements par rapport aux cultures témoins. Ces modifications ont été étudiées au stade de la capsulaison, ce qui semble plus intéressant car les plantes ont une plus longue période de contact avec les traitements.

Le graphique 7 confirme bien les observations précédentes. Il présente à la ligne horizontale, au point indiqué T_o, la référence du poids des témoins, pour chacune des variétés à partir de laquelle les modifications positives ou négatives des poids correspondant aux deux traitements ont été enregistrés.


% de modification
Pourcentage des modifications de poids de récolte chez les plantes faiblement et fortement intoxiquées par rapport aux témoins à la Capsulaison
+10
To
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
T1
T2
P. 14
108 F.
Deltapine
CoKer
Allen 151
M 65306
Acala
E.40

Graphique 7

Les modifications extrêmes qui interviennent pour le traitement modérément toxique vont de + 5 % chez 108 F à - 52 % chez Allen 151. Pour le traitement fortement toxique, elles oscillent entre - 10 % chez 108 F et - 95 %, toujours par rapport aux cultures témoins, chez Allen 151 ou M.6 S. 306. Enfin, un autre point de vue peut intervenir, rapportant non plus les modifications de poids par rapport au poids réel des cultures témoins comme le représente le graphique 7 mais a un poids témoin théorique uniformisé pour toutes les variétés, qui a été ici arbitrairement choisi égal à 300 g. Ces données sont portées sur le graphique 8 . Les courbes en pointillé figurent les poids des récoltes témoins classées par ordre décroissant, puis les poids des récoltes T_1 et T_2. En traits pleins apparaissent le poids théorique T_u, uniformisé puis les poids des récoltes T_1 et T_2 tels qu'ils deviendraient pour ce poids T_u de récolte témoin. Ainsi disparait la notion de développement variétal propre et est mise en évidence la notion de faculté de croissance propre. Nous voyons que le tracé des courbes en traits pleins et pointillés suivent des variations de même sens.

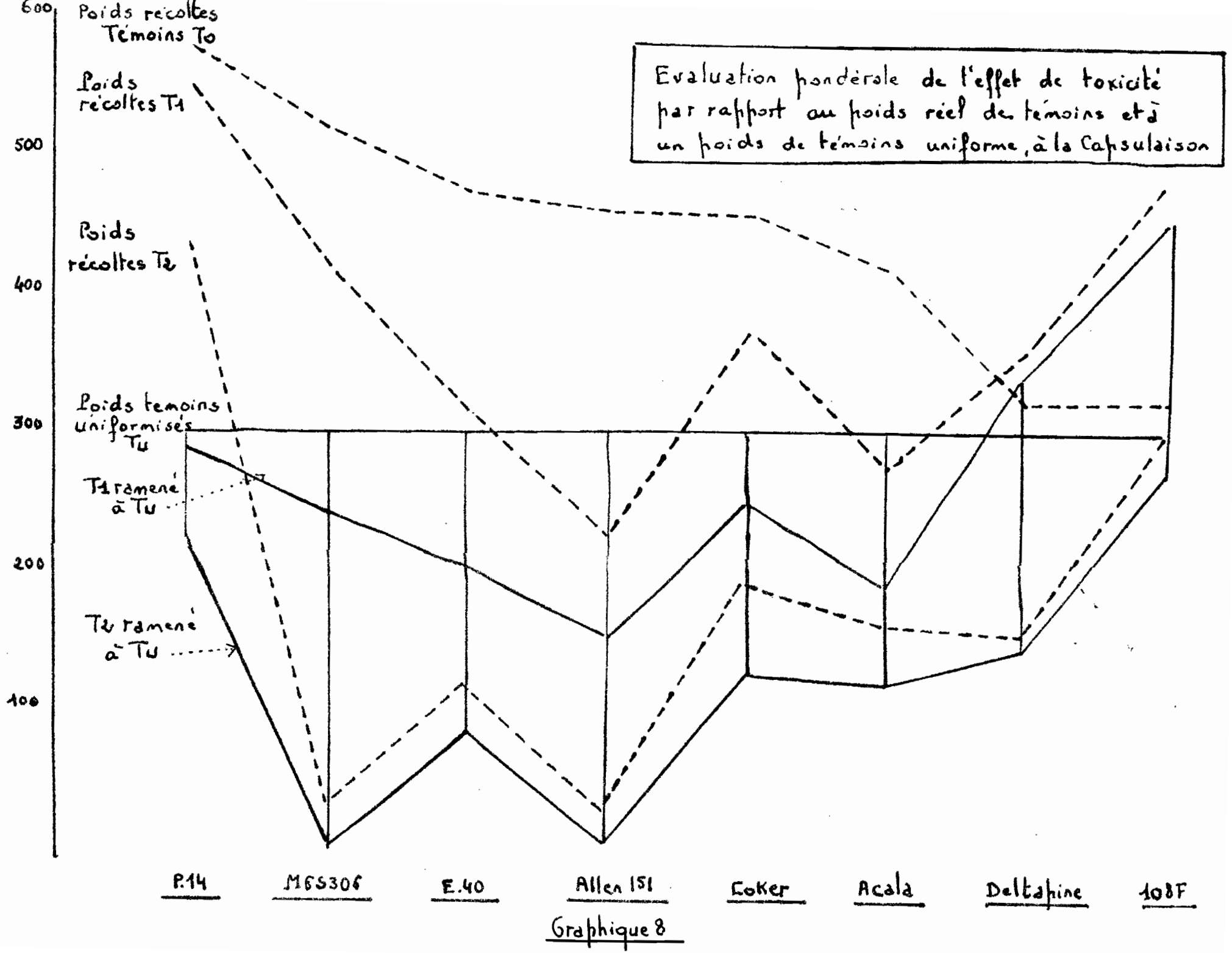
Ainsi, la classification précédemment proposée se trouve confirmée

- Certaines variétés telles que M.6. S. 306 ou Allen semblent plus sensibles que d'autres à un seuil d'action toxique du Mn. La dose de 50 ppm les perturbe modérément aux 2 stades étudiés, la dose de 100 ppm les perturbe profondément

- Pour les autres variétés la dose de 100 ppm affecte moins la croissance au stade de la floraison qu'au stade de la capsulaison

- Pour la plupart des variétés le traitement T_2 entraine au moins à 1 des 2 stades étudiés parfois aux 2, des différences significatives de moyennes de poids de récolte par rapport aux témoins

- La variété P. 14 qui fait exception peut être considérée comme la plus résistante des 8, suivie de près par la variété 108 F. La variété Allen peut être considérée comme la plus sensible.


Evaluation pondérale de l'effet de toxicité par rapport au poids réel de témoins et à un poids de témoins uniforme, à la Capsulaison
Poids récoltes Témoins To
Poids récoltes T1
Poids récoltes T2
Poids témoins uniformisés Tu
T1 ramené à Tu
T2 ramené à Tu
600
500
400
300
200
100
P.14
M6S306
E.40
Allen 151
Coker
Acala
Deltapine
108F

Graphique 8

. Analyse biométrique des données

Le tableau suivant résume les effets des traitements sur le poids frais d'une plante, et sur le poids frais d'une racine.

		Poids frais d'1 plante	Poids frais Racine
ACALA	Réc. 1	NS	NS
	2	T_o-T_2 = S	NS
E. 40	Réc. 1	T_o-T_2 = S	NS
	2	NS	NS
M.6.5.306	Réc. 1	T_o-T_2 = S	NS
	2	T_o-T_2 = S	T_o - T_2 = S
COKER	Réc. 1	NS	NS
	2	T_o-T_2 = S	NS
108 F	Réc. 1	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S	NS
	2	NS	NS
DELTAPINE	Réc. 1	T_o-T_2 = S	NS
	2	T_o-T_2 = S	NS
P. 14	Réc. 1	NS	NS
	2	NS	NS
ALLEN	Réc. 1	T_o-T_2 = S	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
	2	T_o-T_2 = S	T_o - T_2 = S

On voit que le traitement T_1 n'a un effet significatif que sur 2 variétés, à la première récolte :

- 108 F chez qui il entraine une augmentation significative du poids de récolte
- Allen chez qui il contribue à l'abaisser

Pour toutes les autres variétés ce traitement n'a aucun effet significatif à l'une ou à l'autre des récoltes.

Le traitement T_2 abaisse significativement les poids récoltés

- à la floraison chez E. 40, M.6. S. 306, Deltapine, Allen
- à la capsulaison chez toutes les variétés sauf chez P.14.

TABLEAU II

. Essai de classement statistique des variétés.

On vient de constater que les différences variétales dans les poids de récolte permettent d'identifier des variétés plus résistantes que d'autres.
Est-il possible de vérifier statistiquement cette différence ?
Dans le premier traitement des données réalisé par le bureau de calcul des S.S.C. de Bondy l'analyse globale des interactions traitement/poids de récolte n'avait pas été faite.
Elle a pu être réalisée à Adiopodoumé par Madame R. RENE-CHAUME :
En traitant dans un premier temps les données brutes des poids de récolte il n'est pas apparu d'interaction Traitements/variétés, car le test d'homogénéité des variances résiduelles (test de BARTLETT)a mis en évidence des variances hétérogènes.
Cependant, ces données transformées en log. ont fourni des variances homogènes et permis d'établir une différence significative du comportement des 8 variétés à l'égard des traitements.
L'analyse a porté sur les poids des plantes récoltées à la capsulaison.

F. traitements 40,8 **
F. variétés 5,35 ** } significatifs à 1 %
F. traitements/variétés : 2,1* significatif à 5 %
Cv = 16.64

p.p.d.s. entre traitements par variété = 0,290.

Dans le schéma ci-dessous est indiqué le classement des variétés par ordre de résistance décroissante ; deux traitements non réunis par un crochet sont significativement différents

P.14	T_o T_1 T_2	variétés résistantes pas d'effet significatif entre traitements
108 F	T_o T_1 T_2	
Coker	T_o T_1 T_2	variétés sensibles à la dose la plus toxique.
M6. S 306	T_o T_1 T_2	
E. 40	T_o T_1 T_2	
Acala	T_o T_1 T_2	
Delta.	T_o T_1 T_2	
Allen	T_o T_1 T_2	variété sensible dès la dose modérément toxique.

Nous voyons ainsi que cette différence variétale se trouve parfaitement vérifiée par l'analyse statistique, et que P. 14 et 108 F peuvent être tenues pour les plus résistants tandis que 5 des variétés constituent un ensemble de caractère voisin, c'est à dire sensible à une dose élevée d'élément toxique. La variété Allen apparait sensible même à la dose modérément toxique de Manganèse.

IV - EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES TENEURS EN MANGANESE DES PLANTES.

. Observations générales.

L'effet des deux traitements correspond à une très forte élevation des teneurs en Manganèse, particulièrement au niveau des feuilles, par rapport aux chiffres observés chez les plantes témoins. En outre, d'une manière générale les quantités de Manganèse augmentent, pour un traitement donné, entre la floraison et la capsulaison, tant au niveau des feuilles qu'au niveau des racines. Les teneurs apparaissent aussi très différentes d'une variété à l'autre.

Ces teneurs figurent sur le graphique 9 . Notons que l'échelle portant les teneurs en p.p.m. de Mn, est logarithmique, afin que puissent y figurer les teneurs basses des plantes témoins et celles très élevées, d'une valeur pouvant atteindre 20.000 p.p.m., des plants fortement intoxiqués.

. Dans les feuilles.

- A la floraison, on observe pour le traitement modérément toxique, un minimum de 2700 p.p.m. chez P 14 et un maximum de 7585 p.p.m. chez M 6 S 306.

Pour le traitement toxique, ces chiffres extrêmes deviennent 5232 p.p.m. chez 108 F et 18.450 p.p.m. chez Allen 151. Les teneurs observées, dans ce cas, apparaissent très différentes d'une variété à l'autre. On retrouve, ainsi 3 fois plus de Mn dans les feuilles de Allen 151 que dans celles de 108 F de P.14.

- Au stade de la capsulaison, le traitement apportant 50 p.p.m. de Manganèse correspond à un minimum de 4500 p.p.m. chez P. 14 et 108 F et à un maximum de 7400 p.p.m. chez Acala, tandis que dans les conditions de toxicité élevée les valeurs extrêmes sont de 9646 p.p.m. chez P. 14 et de 19.900 p.p.m. chez M6 S 306.

. Dans les racines.

Les plus fortes teneurs trouvées sont de l'ordre de 3000 p.p.m. à la floraison et de 3.800 à la capsulation. L'amplitude des variations tant d'une époque à l'autre que d'une variété à l'autre est donc moindre au niveau des racines qu'au niveau des feuilles.

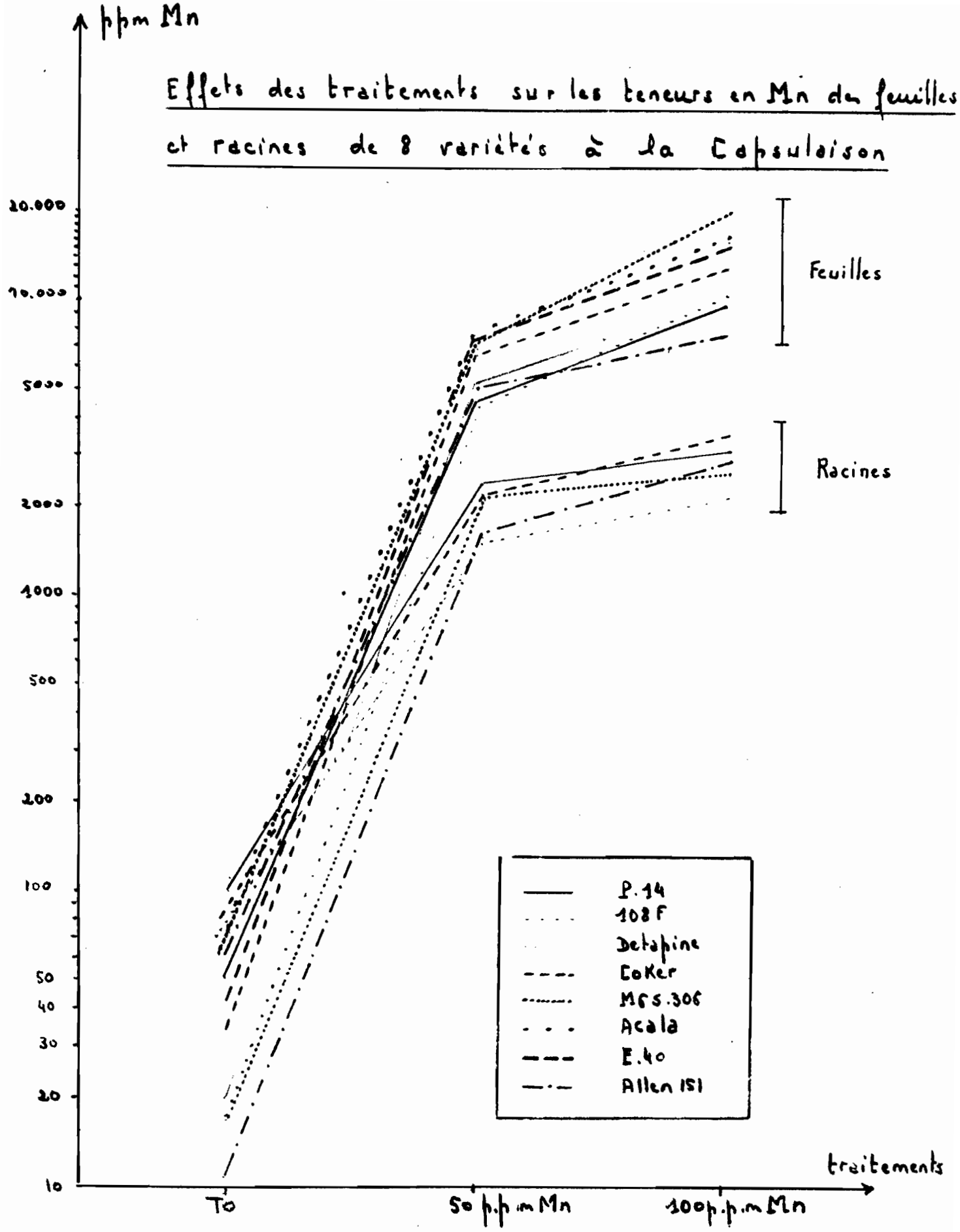
Le tableau suivant indique les valeurs moyennes des quatre répétitions de traitement pour les 8 variétés :

		FLORAISON		CAPSULAISON	
		Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
P. 14	T_o	27	70	50	100
	T_1	2712	1350	4684	2460
	T_2	5722	3010	9646	3110
108 F	T_o	28	30	17	75
	T_1	2845	1108	4627	1543
	T_2	5232	2543	10122	2240
Delta	T_o	24	65	20	113
	T_1	3115	1330	5250	2050
	T_2	6272	2295	10687	2340
Coker	T_o	32	50	33	80
	T_1	3312	1310	6672	2260
	T_2	6102	2980	13729	3750
Allen	T_o	19	9	61	6
	T_1	4417	1555	5583	1653
	T_2	18450	1888	17647	2950
M 6. S 306	T_o	7	5	60	17
	T_1	7585	810	6728	2166
	T_2	12544	1556	19907	2690
Acala	T_o	76	36	61	40
	T_1	6280	957	7457	-
	T_2	11280	2000	16383	-
E. 40	T_o	79	38	42	48
	T_1	4750	1340	7048	-
	T_2	13380	1680	15566	-

TABLEAU III

Teneurs en Manganèse des Cotonniers

Résultats exprimés en p.p.m.


ppm Mn
Effets des traitements sur les teneurs en Mn des feuilles et racines de 8 variétés à la Capsuleison
20.000
10.000
5000
2000
1000
500
200
100
50
40
30
20
10
Feuilles
Racines
P.14
108 F
Delapine
Coker
MCS.306
Acala
E.40
Allen 151
traitements
To
50 p.p.m Mn
100 p.p.m Mn

Graphique 9

. Dans les pétioles.

Quelques dosages du Manganèse ont été faits lors du 2ème prélèvement au niveau des pétioles afin de voir si les teneurs y étaient plus proches de celles des feuilles ou de celles des racines. Le tableau IV présente quelques valeurs et nous constatons que les chiffres correspondant au traitement modérément toxique sont très comparables à ceux des tissus radiculaires, tandis qu'ils prennent une valeur intermédiaire entre celles des racines et celles des feuilles dans le cas des cultures fortement intoxiquées.

P. 14	T_o	40
	T_1	955
	T_2	3240
108 F	T_o	100
	T_1	1557
	T_2	4093
Deltapine	T_o	60
	T_1	2499
	T_2	3840
Coker	T_o	70
	T_1	2163
	T_2	3134
Allen	T_o	30
	T_1	1750
	T_2	3838
M 6. S 306	T_o	30
	T_1	1191
	T_2	3218
Acala	T_o	30
	T_1	2391
	T_2	3373
E. 40	T_o	20
	T_1	1584
	T_2	3742

TABLEAU IV

Les pétioles sont donc une zone de passage de l'oligo-élément et non une zone d'accumulation. La migration du Manganèse vers les feuilles se fait très rapidement dès le début de l'intoxication. Peu de Manganèse reste au niveau des racines, assez peu au niveau des pétioles et la zone d'accumulation massive est le tissu foliaire où notons le, pour certaines variétés les teneurs mesurées arrivent à être comparables à celles d'un élément majeur.

L'éventail des taux de Manganèse dans les feuilles, est plus ouvert à la floraison qu'à la capsulaison, pour les 8 variétés ce qui traduit que les différences observées tendent à s'amenuiser avec la croissance. En effet nous avons vu précédemment que le traitement apportant 100 p.p.m. de Mn dans le milieu nutritif induit des teneurs qui peuvent être environ 4 fois plus élevées pour certaines variétés que pour d'autres, à la floraison. Ces différences ne sont plus que du simple ou double à la capsulaison.

. Analyse biométrique des données.

Les tableaux ci-dessous résument les résultats d'analyse biométrique des groupes de moyennes : (rappelons que deux traitements se trouvant sous le même crochet ne sont pas significativement différents entre eux).

- Au niveau des feuilles. (tableau V)

- Toutes les données sont significativement différentes des témoins.

- Elles diffèrent le plus souvent significativement pour les deux traitements, T_1 et T_2.

	108 F			Coker			Allen			P. 14		
Floraison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
Capsulaison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
	Deltapine			E. 40			M6. S 306			Acala		
Floraison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
Capsulaison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o

TABLEAU V

- Au niveau des Racines : (Tableau VI)

- Toutes les données sont significativement différentes des témoins

- En outre, dans la majorité des cas elles diffèrent significativement entre les deux traitements toxiques, comme pour les feuilles

	108 F			Coker			Allen			P. 14		
Floraison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
Capsulaison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
	Deltapine			E. 40			M6. S 306			Acala		
Floraison	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o	T_2	T_1	T_o
Capsulaison	T_2	T_1	T_o	-			T_2	T_1	T_o	-		

TABLEAU VI

RELATIONS MANGANESE - FER - CUIVRE.

. Manganèse - Fer.

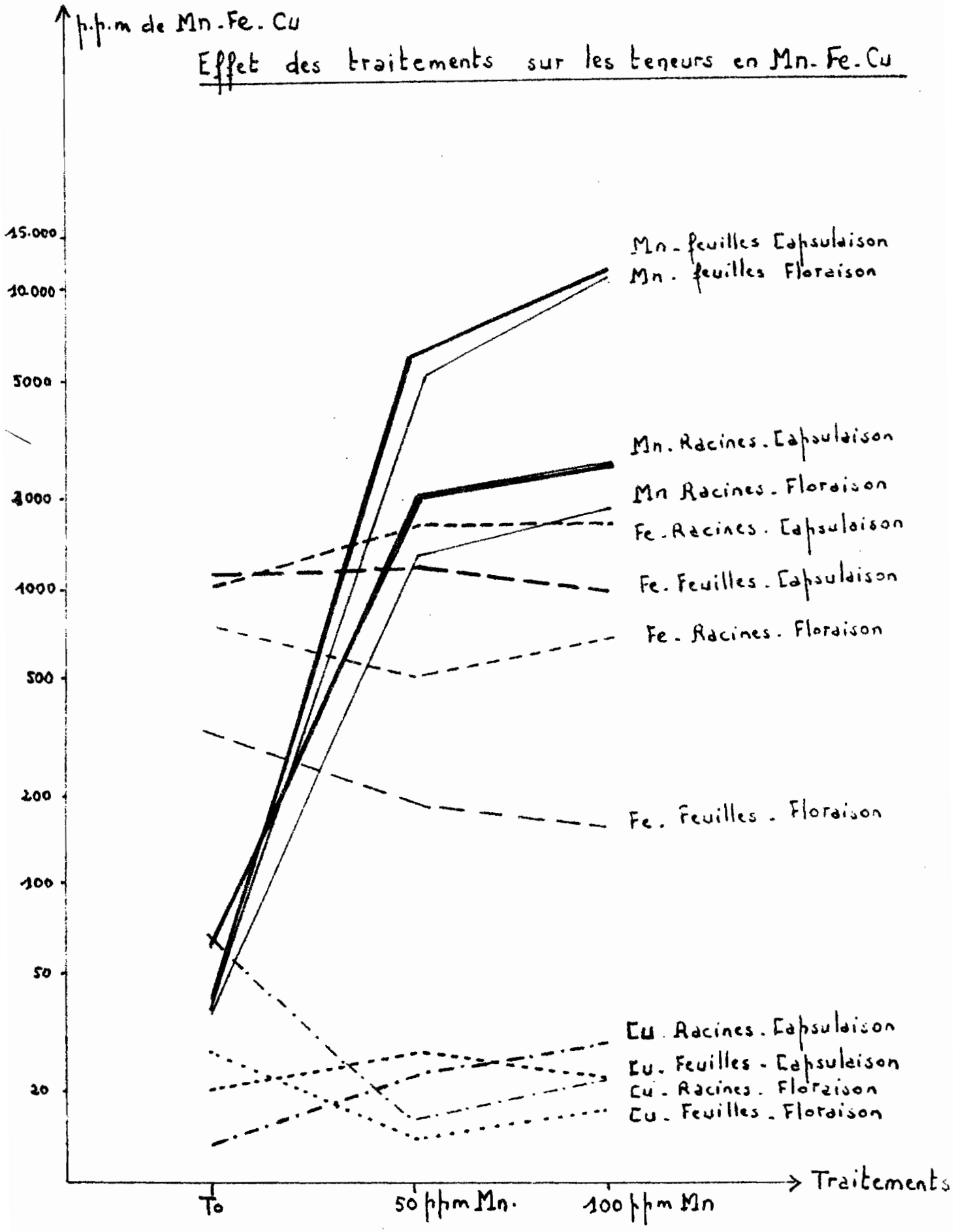
Les teneurs en fer ont été déterminées sur les feuilles et les racines au cours des 2 prélèvements et sont portées sur le graphique 10.

Une première observation peut être faite : A la floraison il y a plus de fer dans les racines que dans les feuilles. Ceci est valable tant chez les plantes témoins que chez les plantes faiblement ou fortement intoxiquées.

Sur les cultures ayant reçu 50 p.p.m. de Manganèse il y a une légère diminution des teneurs par rapport à celles des plantes témoins probablement consécutive à l'antagonisme Mn Fe (bien) souvent reconnu car elle correspond à un accroissement en Mn dans les tissus foliaires et radiculaires. Sur les plants ayant reçu 100 p.p.m. de Manganèse, il y a une très légère remontée du Fer au niveau des racines tandis que l'appauvrissement en Fer des feuilles se poursuit.

A la capsulaison, les teneurs en Fer augmentent en valeur absolue pour les 3 traitements à la fois dans les feuilles et dans les racines. Cependant, elles sont dans les cultures témoins légèrement supérieures pour les feuilles. Dans les cultures faiblement et fortement intoxiquées ce sont à nouveau les racines qui présentent les teneurs les plus fortes. Les différences sont plus accentuées sur les plantes ayant reçu 100 p.p.m. de Manganèse. Les teneurs en Fer des feuilles et racines sont donc assez fidèlement liées à la présence du Manganèse.

Subissant peu de variations dans les cultures peu intoxiquées, elles ont tendance à s'amenuiser lorsque le Manganèse s'accroit, dans les feuilles comme dans les racines, conformément à l'antagonisme d'absorption de ces deux cations.



Graphique 10

Le rapport Fer/Manganèse a, chez les témoins au niveau des feuilles, une valeur moyenne de l'ordre de 7 à la floraison. Ce rapport passe à 10 à la capsulaison. Dans les cultures intoxiquées il diminue de façon considérable en raison des teneurs très fortes en Manganèse. Cependant les cultures n'ont pas présenté des symptômes caractéristiques de carence en fer, induites par la toxicité mangasique, alors que divers auteurs signalent souvent ce fait. . Ils expliquent en effet que lorsque les teneurs en Mn d'un milieu nutritif sont trop abondantes, il y a dans le milieu cellulaire une accumulation de Fe^{+++} qui conduit rapidement à une déficience en fer du fait de son inertie. Dans le cas de carence en Mn au contraire, c'est le Fe^{++} qui s'accumule dans la cellule ce qui produit très vite une intoxication du fait de la réactivité élevée du Fe^{++}. Dans notre expérimentation, les symptômes de toxicité manganique ont été les seuls observés, et le graphique 10 nous montre que les teneurs en fer des tissus analysés ont augmenté entre la floraison et la capsulaison, en dépit des conditions de toxicité, comme elles l'ont fait dans les cultures témoins.

. Manganèse - Cuivre.

Le graphique 10 montre l'effet des traitements sur les teneurs en cuivre.

. A la floraison nous voyons comme pour le fer que les racines en sont plus pourvues que les feuilles pour les trois traitements mais surtout chez les témoins. Sur les plants ayant reçu 50 p.p.m. de Manganèse, les valeurs sont moins élevées que chez les témoins puis demeurent à peu près similaires chez les plantes fortement intoxiquées.

. A la capsulaison il y a une légère modification : les feuilles comportent un peu plus de cuivre chez les plantes témoins et peu intoxiquées, alors que c'est l'inverse chez les plantes fortement intoxiquées. Quoiqu'il en soit les variations sont de peu d'amplitude. Notons également qu'il y a une certaine similitude dans l'allure des courbes Fer et Cuivre.

Pas plus que pour le Fer, l'expérimentation n'a révélé des symptômes de carence en Cuivre sur les cultures intoxiquées par le Manganèse.

V -ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA TOXICITE SUR LE BILAN MINERAL DES PLANTES.

LES ANIONS.

Chacun des anions étudiés fait l'objet de deux types de graphiques qui permettent pour l'un, l'examen du sens de l'évolution de la teneur en éléments entre les deux périodes de prélèvements, floraison et capsulaison, pour l'autre, l'incidence de chacun des traitement étudiés sur les teneurs , à l'époque de la capsulaison. Le choix de cette époque est motivé par le fait qu'elle correspond à une période plus longue de mise en contact de la plante avec l'élément toxique et donne ainsi une évaluation plus représentative de l'effet à long terme du traitement. En outre chacun des deux types de graphique présente, évolution des teneurs et modification des teneurs, dans les feuilles d'une part et dans les racines d'autre part.

Pour chacun des anions ces deux aspects seront envisagés.

A Z O T E

Evolution des teneurs entre les deux périodes de prélèvements

• Au niveau des feuilles (Graphique 11)

La tendance générale de l'évolution de l'azote foliaire se fait dans le sens d'une diminution des teneurs entre les deux époques de prélèvements. S'il faut probablement apparenter ce phénomène à "l'effet de dilution" de l'élément nous verrons que plusieurs exceptions ne permettent pas de généraliser cette notion.

Précisons cet effet de dilution : on sait que si l'on trace la courbe du taux d'un élément en fonction du temps d'absorption, celle-ci est ascendante si l'alimentation est supérieure à la croissance de la plante. Si c'est la croissance qui est supérieure à l'absorption il se produit un effet de "dilution" et le taux de l'élément s'abaisse. Dans le cas général on observe d'abord une diminution de la teneur en élément correspondant à une phase active de la croissance, puis une élevation de celle-ci au fur et à mesure du ralentissement de la croissance.

Sur les courbes d'évolution présentées ci-dessous, toujours au niveau des feuilles, nous observons pour les cultures témoins tout d'abord une diminution à peu près générale des teneurs, celle-ci étant plus ou moins accuséeselon les variétés. Or, toutes les cultures témoins présentent un accroissement de poids. On a donc affaire ici à l'effet de dilution de l'élément qui entraine une diminution de l'azote total. (graphique 11)

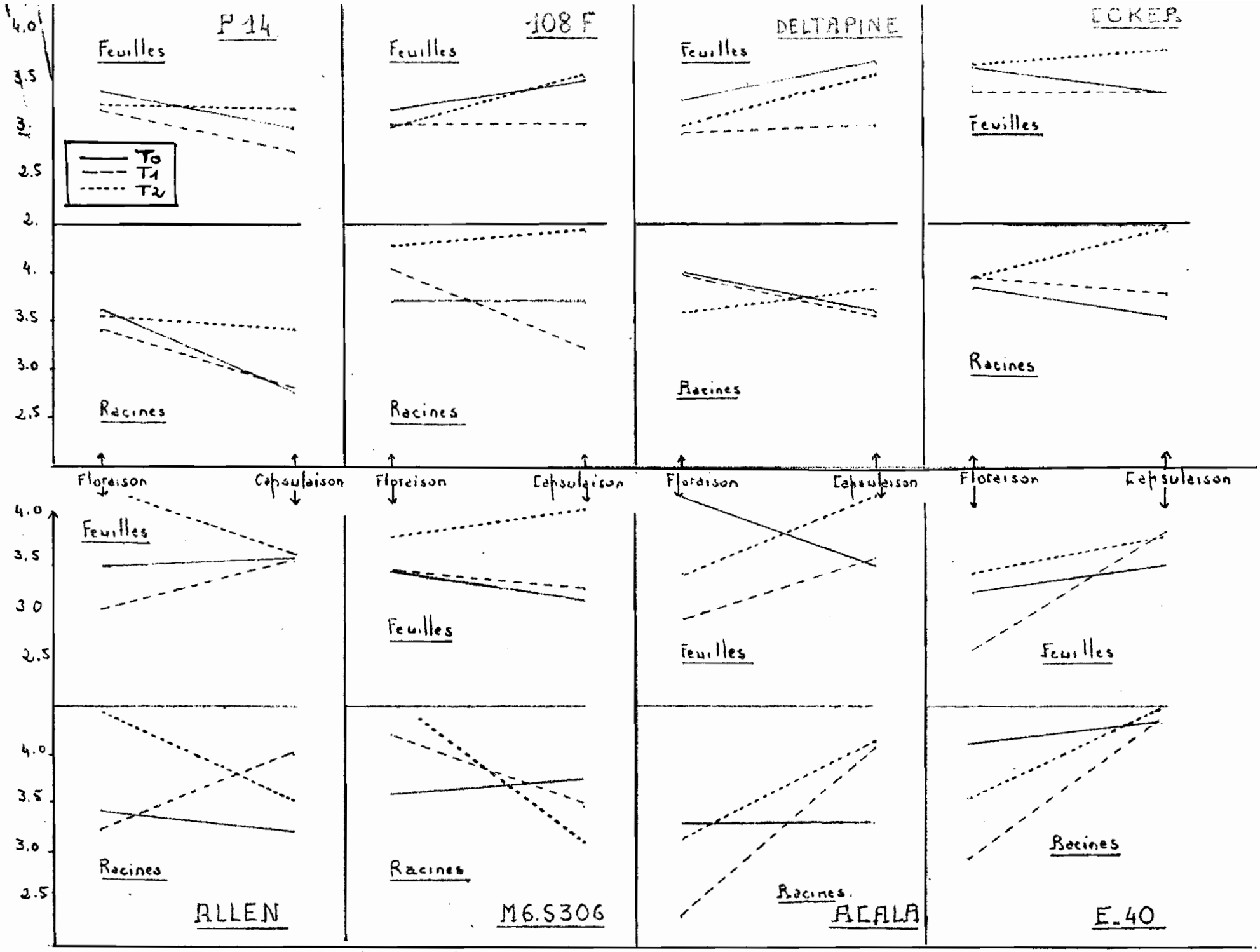
Pour le traitement apportant 50 ppm de Mn le sens d'évolution se fait, avec 2 exceptions, à peu près dans le même sens que pour les plantes témoins. Ces deux exceptions, Deltapine et M6 S306 présentent cependant un net accroissement de poids entre les 2 périodes : 115 à 359 g pour la première, 178 à 418 g pour la seconde. Ainsi, il ne semble pas qu'il y ait relation nette entre développement des plantes et modification du taux d'azote car si ceci reste valable pour les plantes témoins nous voyons par exemple que l'azote diminue chez Acala et E 40 alors que le poids de plante récolte passe de 354 à 276 g pour la première et de 350 à 315 g pour la 2ème, entre la floraison et la capsulaison. L'élément a donc bien diminué malgré la différence de poids récolté.

Il faut préciser ici, que, pour une raison qui est évidente, ce ne sont pas les mêmes plantes qui sont prélevées successivement à la floraison puis à la capsulaison. Il intervient donc la différence individuelle propre à chaque plante. Précisons cependant que sur les 2 plantes retenues par pot pour les deux récoltes les différences d'individu n'ont pas été apparemment très importantes au cours de la culture.

Finalement retenons une tendance à l'abaissement du taux d'azote foliaire entre floraison et capsulaison.

. Dans les racines.

On observe pour la majorité des cas un phénomène inverse. Le taux d'azote tend à s'accroitre. Ceci peut s'expliquer par le fait que le système radiculaire qui subit en fait peu d'augmentation de volume poursuit son absorption, et que l'anion reste fixé au niveau de celui-ci.



EVOLUTION DES TENEURS EN POTASSIUM DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

Graphique 21

Pour plusieurs variétés les cultures témoins, elles, montrent que le phénomène inverse se produit. Il y aurait ainsi pour celles-ci absorption continue de l'azote et en même temps accroissement du poids de racines contribuant à l'effet de dilution. En examinant les évolutions de poids de chacun des ensembles radiculaires entre les deux époques de prélèvement on constate que le traitement apportant 100 ppm de Mn perturbe considérablement le bon développement des racines. Ces poids frais de racines récoltés sont indiqués dans le tableau suivant :

Poids exprimés en grammes :

	P 14		108 F		Deltapine		Coker	
	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison
T_o	16	52	14	30	13	30	13	32
T_1	14	42	12	40	12	36	15	30
T_2	15	36	13	24	15	20	13	28

	Allen		M 6 S 306		Acala		E. 40	
	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison	Floraison	Capsulaison
T_o	14	86	13	99	19	28	12	53
T_1	9	32	7	51	23	22	13	43
T_2	4	4	5	4	19	20	10	8

TABLEAU N° VII

On constate que sur les 8 variétés, 4 n'ont pas eu pratiquement de développement radiculaire entre la floraison et la capsulaison. Il s'agit d'Allen,de M 6 S 306 de E.40 et d'Acala. Ceci pour le traitement fortement toxique. Le graphique 11 indique bien pour ces 4 variétés une augmentation, du taux d'azote pour les traitements T_1 et T_2. On pourrait admettre, pour ces 4 variétés, que le traitement toxique entraîne, comme cela a été dit plus haut, une accumulation d'azote radiculaire accompagné d'un ralentissement de sa migration vers le feuillage.

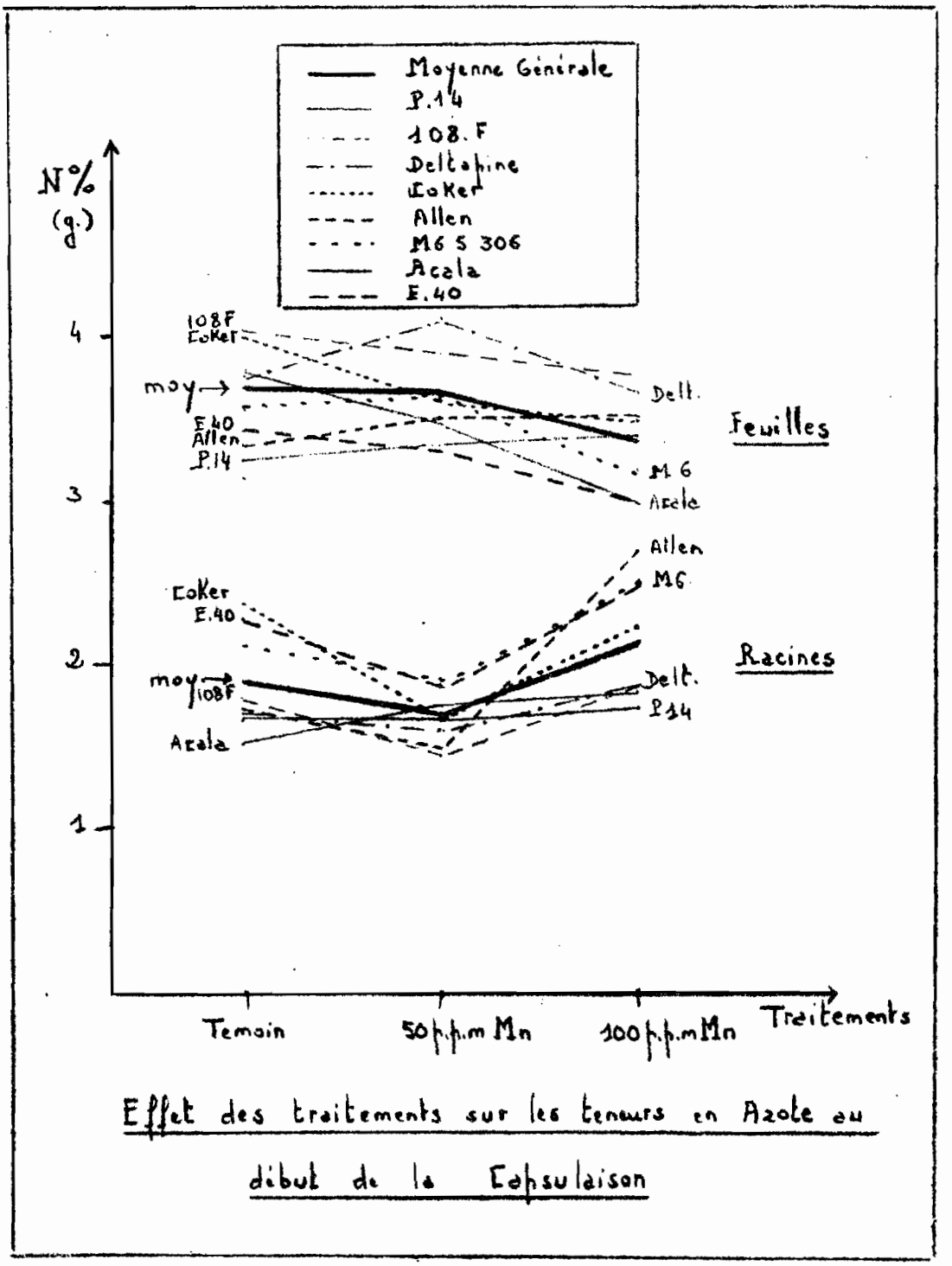
Ces teneurs en azote montrent que, quel que soit le degré de développement du chevelu radiculaire, l'élément passe du milieu nutritif dans le milieu interne. Ces données permettent également de constater que certaines variétés telles que P 14 et 108 F ont eu un accroissement radiculaire qui a entrainé l'abaissement du taux d'élément prouvant une croissance plus forte que son absorption. Une différence variétale apparait donc pour ces deux dernières.

. Effet des traitements.

Le graphique 12 met bien en évidence l'effet des traitements au niveau des feuilles et des racines.

En se référant à la courbe de moyenne générale des 8 variétés (indiquée en trait gras sur le graphique) nous voyons que le traitement à 50 ppm de Mn tend à augmenter légèrement les teneurs en azote dans les feuilles et à les diminuer dans les racines, par rapport aux témoins. Le traitement le plus toxique contribue, lui, à abaisser les taux d'azote dans les feuilles et à les élever dans les racines par rapport aux témoins.

Quelle explication physiologique peut-on donner à ce qui semblerait être un antagonisme ? L'abaissement de la teneur en azote au niveau radiculaire pour le traitement faiblement toxique, correspond nous l'avons vu à l'effet de dilution. Cet azote radiculaire absorbé par les racines faiblement intoxiquées qui poursuivrent leur croissance, - c'est le cas de toutes les variétés ainsi que l'indique le tableau VII - migre au niveau du feuillage, contribuant à élever la teneur de celui-ci en azote.



Effet des traitements sur les teneurs en Azote au début de la Capsulaison

Graphique 12

Dans les cultures les plus intoxiquées on observe au contraire une augmentation de l'élément par suite de l'arrêt de croissance des racines pour la plupart des variétés. Au niveau du feuillage, qui, lui au contraire poursuit plus ou moins fortement son développement la migration n'est plus suffisamment importante pour maintenir le taux d'azote qui tend alors vers une diminution.

- Analyse biométrique des données.

Redonnons un mot d'explication à propos du ces résultats :

Le tableau ci-dessous présente les groupes de moyennes pour les 8 variétés : deux traitements sont significativement différents entre eux ou significativement différents des témoins lorsqu'ils ne sont pas sous la même accolade. Pour une même colonne les teneurs vont en décroissant de gauche à droite.

Exemple : Pour \ To T1, \ T2, dans la variété Allen les traitements To et T1 ne sont pas significativement différents entre eux, T2 est significativement différent de T_o et T_1 et a une valeur plus faible que T_o et T_1. En d'autres termes le traitement T_2 a un effet significatif sur la diminution de l'azote dans les feuilles par rapport aux traitements To et T_1 qui ne diffèrent pas significativement entre eux. Sur les tableaux des moyennes l'indication R_1 signifie 1ère récolte (Floraison) et R_2 2ème récolte (Capsulaison). Les teneurs sont exprimées en grammes d'élément pour 100 g de matière sèche. Seules les moyennes significatives sont indiquées. Dans les autres cas c'est simplement la moyenne générale qui figure.

Cette valeur n'a pas une signification intéressante par elle même, mais elle permet de fixer les idées sur l'ordre de grandeur des teneurs, et les comparer entre elles, lorsque les traitements ne les différencient pas les uns des autres. C'est la raison pour laquelle, nous l'avons laissé figurer sur les tableaux.

° Au niveau des feuilles le test de signification donne les résultats suivants :

FEUILLES

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P 14	Deltapine	E. 40	M. 6 S 306	Acala
Réc. 1			T_o T_1 T_2			T_o T_1 T_2	T_o T_1 T_2	T_o T_1 T_2
Réc. 2						T_o T_1 T_2		T_o T_1 T_2

Moyennes Azote feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o					3.772						3.753	3.439	3.816		4.011	3.704		
T_1					3.390						3.588	3.358	3.395		3.624	3.516		
T_2					2.980						3.280	2.957	3.290		3.461	2.954		
Moy. géné.	3.914	3.896	3.819	3.720		3.508	3.743	3.344	3.711	3.855				3.498				

TABLEAU N° **VIII**

Il y a donc un effet significatif des traitements sur la diminution du taux d'azote foliaire

- à la floraison pour 4 variétés : Allen, E. 40 M 6 S 306, Acala
- à la capsulaison pour 2 variétés : E. 40, Acala.

° Dans les racines les effets significatifs ci-dessous sont à retenir :

RACINES

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M 6 S 306	Acala
Réc. 1			T_2 T_o T_1				T_2 T_o T_1	
Réc. 2	T_2 T_o T_1		T_2 T_o T_1			T_2 T_o T_1	T_2 T_o T_1	

Moyennes Azote racines

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o		1.799			1.587	1.755						2.315	1.658	2.112		
T_1		1.452			1.372	1.551						1.909	1.649	1.932		
T_2		1.882			2.309	2.706						2.496	1.960	2.500		
Moy. géné.	1.883		1.914	2.132			1.977	1.690	2.155	1.739	1.638				1.543	1.719

L'augmentation de l'azote radiculaire est significative :

- A la floraison pour 2 variétés : Allen, E. 40, M 6 S. 306
- A la capsulaison pour 4 variétés : 108 F, Allen, E. 40, M 6 S. 306.

TABLEAU N° IX

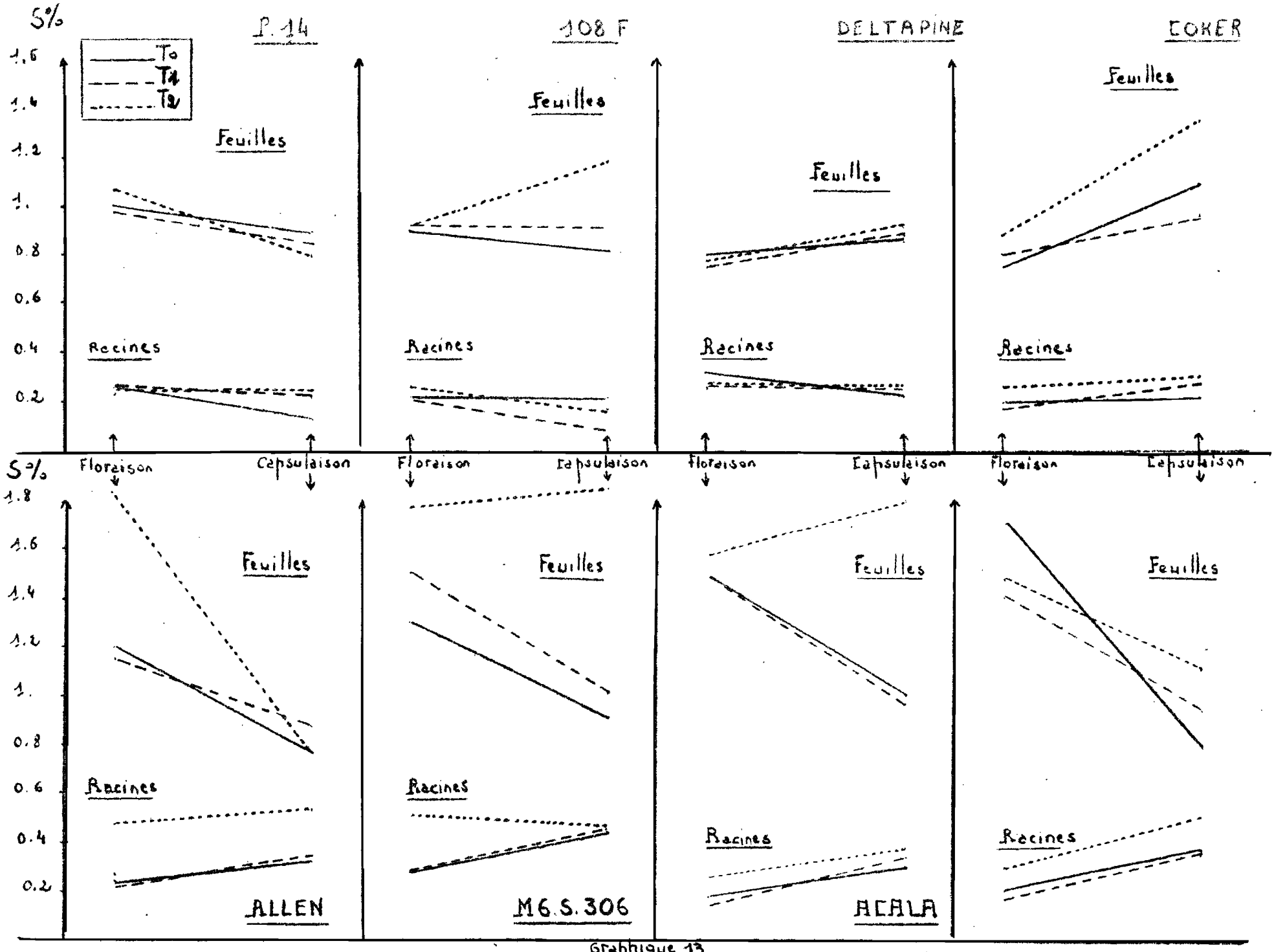
SOUFRE

- Evolution des teneurs au cours des 2 périodes de prélèvement.

En examinant en premier lieu l'évolution dans les cultures témoins nous observons, à l'exception près de la variété Coker, un abaissent plus ou moins important du taux de soufre total entre les deux époques de prélèvement. Sachant que toutes ces cultures ont eu une croissance positive durant cette période le sens de cette évolution apparait donc normal. (graphique 13)

Dans le cas des cultures ayant reçu 50 ppm de Mn les observations demeurent sensiblement similaires à celles faites sur les cultures témoins, Coker constituant à nouveau une exception avec Deltapine, en offrant une légère augmentation du soufre total foliaire. Retenons pour simplifier que dans la majorité des cas l'évolution du taux de soufre pour les cultures témoins et faiblement intoxiquées suit le cours normal correspondant à une diminution liée à la croissance.

Pour les plantes fortement intoxiquées le graphique 13 fait apparaître chez certaines variétés une augmentation parfois très élevée du taux du soufre foliaire, ceci particulièrement pour les variétés 108 F - Coker - M 6 S. 306 et Acala. Ainsi en valeur absolue des teneurs de l'ordre de 1,8 % ont été mesurées ce qui représente une valeur assez exceptionnelle dans un tissu végétal et ceci sur un milieu nutritif d'une composition absolument normale où les ions SO^{4--} représentent 20 % de la somme des anions. Notons en outre que ces valeurs élevées sont observées à la floraison sur plantes intoxiquées (Allen - M6 S. 306) comme sur plants sains (E. 40). A la capsulaison les teneurs correspondant au traitement T_2 sont pour toutes les variétés toujours supérieures à celles du traitement témoin.



Graphique 13

EVOLUTION DES TENEURS EN SOUFRE DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

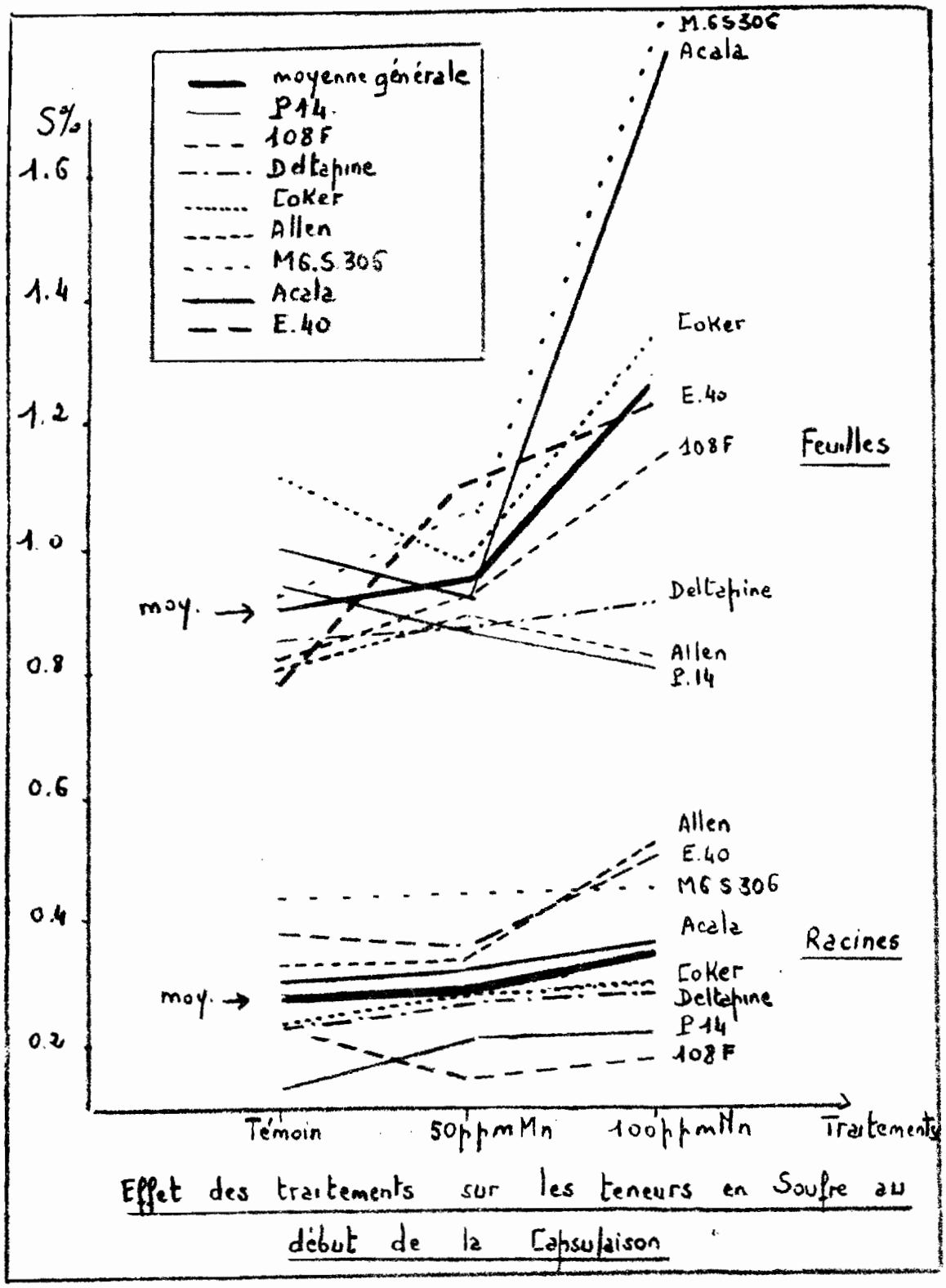
Dans les Racines, le graphique 13 fait apparaître des taux de soufre relativement peu différents d'une variété à l'autre, ils varient en effet de 0,15 à 0,30 % en moyenne. Pour P 14 - 108 F et Deltapine les teneurs tendent à s'abaisser légèrement entre floraison et capsulaison ce qui traduit une croissance plus nette du système radiculaire de ces 3 variétés pour les 3 traitements.

. Effet des traitements sur les teneurs en soufre.

En observant en premier lieu les 2 courbes des moyennes générales, on constate une similitude de pente pour les Racines et les feuilles. Il y a entre cultures témoins et cultures traitées par 50 ppm de Mn, une légère augmentation moyenne des teneurs en soufre, suivie d'une élevation plus affirmée entre cultures modérément et fortement intoxiquées. (graphique 14)

Le graphique 14fait apparaître, dans le cas des feuilles, une amplitude assez modérée des valeurs chez les 8 variétés pour T_o et T_1, tandis que celle-ci est très fortement accentuée pour le traitement T_2. En effet entre P14 et Deltapine d'une part et M6 S 306 et Acala d'autre part les valeurs passent d'environ 0,8 % à plus de 1,8 % ce qui, nous l'avons dit plus haut est un chiffre très élevé. Ainsi est mise en évidence pour certaines variétés M6 S 306 et Acala une très forte migration de soufre vers le feuillage.

Pour les racines l'amplitude des valeurs observées n'est pas aussi importante que pour les feuilles. Les racines ne sont donc qu'une zone de passage pour cet élément dont le transport vers le haut de la plante est tout à fait caractéristique. Pour certaines variétés, il semble que les conditions de toxicité entrainent une surabsorption de soufre ou une absence de contrôle d'absorption de cet élément qui s'accumulerait dans les feuilles.



Effet des traitements sur les teneurs en Soufre au début de la Capsulaison

Graphique 14

• Analyse biométrique.

Dans les feuilles

FEUILLES

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P 14	Deltapine	E. 40	M.6 S. 306	Acala
Réc. 1			T_2, T_o T_1					
Réc. 2	T_2, T_1, T_o				T_2, T_1, T_o		T_2, T_1 T_o	T_2, T_1 T_o

Moyennes Soufre feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o		0.816			1.229					0.829				0.924		1.020
T_1		0.921			1.164					0.868				1.055		1.146
T_2		1.160			1.870					0.919				1.860		1.856
Moy. géné.	0.926		0.835	1.149		0.817	1.044	0.871	0.776		1.138	1.027	1.527		1.508	

L'analyse fait apparaître une élevation significative des teneurs en soufre:

- à la floraison pour la variété Allen 151 pour laquelle elles atteignent 1,87 % dans les cultures fortement intoxiquées,

- à la capsulaison pour les variétés 108 F, Deltapine, M6 S306 et Acala, avec des teneurs du même ordre de grandeur pour ces 2 dernières.

TABLEAU N° X

Notons que pour la plupart des variétés les teneurs en soufre augmentent de façon non significative avec le traitement toxique : à la floraison pour 108 F, Coker, P.14, M6 S. 306, Acala.

à la capsulaison pour

108 F, Coker, Deltapine, E. 40.

Dans les racines.

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P.14	Deltapine	E. 40	M.6 S. 306	Acala
Réc. 1		T_2 T_o T_1	T_2, T_o T_1			T_2, T_o, T_1	T_2, T_o T_1	
Réc. 2			T_2, T_1 T_o	T_2 T_1, T_o		T_2, T_o T_1		T_2, T_1 T_o

Moyennes Soufre Racines

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o			0.214		0.238	0.326		0.126			0.208	0.380	0.288			0.302
T_1			0.178		0.219	0.341		0.207			0.178	0.334	0.287			0.318
T_2			0.263		0.466	0.524		0.222			0.287	0.504	0.475			0.369
Moy. géné	0.235	0.181		0.273			0.247		0.291	0.260				0.440	0.201	

Au niveau des Racines l'élevation significative des teneurs est observée :

- à la floraison pour Coker, Allen, E.40 et M6 S. 306,
- à la capsulaison pour 108 F, Allen, P. 14, E. 40, Acala.

L'effet général de la toxicité se traduit donc par l'augmentation des teneurs en soufre tant au niveau de feuilles qu'au niveau des racines.

TABLEAU N° XI

P H O S P H O R E

- Evolution des teneurs au cours des deux périodes de prélèvements.

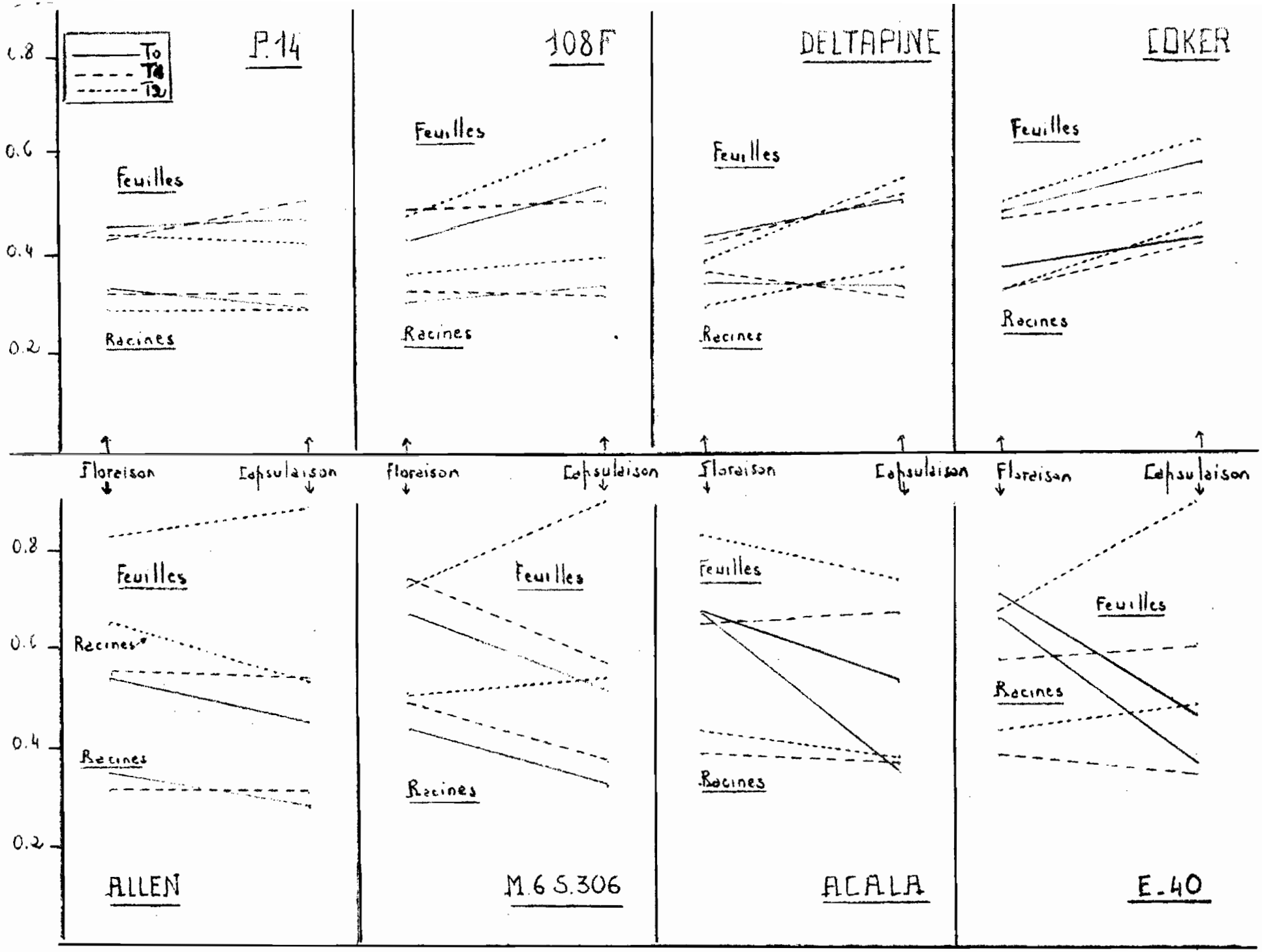
Le graphique 15 ne met pas en évidence une uniformité d'évolution des teneurs en P pour toutes les variétés.

- Pour les cultures témoins tout d'abord, notons que les teneurs en P demeurent à peu près constantes pour les feuilles et racines chez P. 14 tandis qu'elles présentent une légère augmentation chez 108 F, Deltapine et Coker, et une diminution plus ou moins sensible, chez Allen, M6 S. 306, Acala et E. 40. Or toutes les cultures témoins, ayant présenté une augmentation de poids entre la floraison et la capsulaison, il n'y a pas de relation apparente entre celle-ci et l'évolution des teneurs en P.

- Dans le cas des cultures ayant reçu 50 ppm de Mn on observe entre floraison et capsulaison, au niveau des feuilles une légère augmentation du P, ceci pour toutes les variétés à l'exception de M6 S. 306. Les différences demeurent atténuées dans les racines.

- Enfin chez les plantes fortement intoxiquées toutes les variétés - à l'exception d'Acala présentent au niveau des feuilles en particulier une très nette augmentation des teneurs en P. Cette augmentation se retrouve, avec moins d'importance dans les tissus radiculaires. Il faut donc admettre une relation entre induction de la toxicité et accroissement des teneurs en P.

Signalons que cette observation renouvelée au cours de plusieurs séries d'expériences a donné lieu à une étude particulière qui a permis de contrôler la répartition des constituants phosphorés et de définir les composés responsables de cette augmentation. Cette étude constitue la 2ème partie de ce mémoire.



EVOLUTION DES TENEURS EN PHOSPHORE DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

Graphique 15

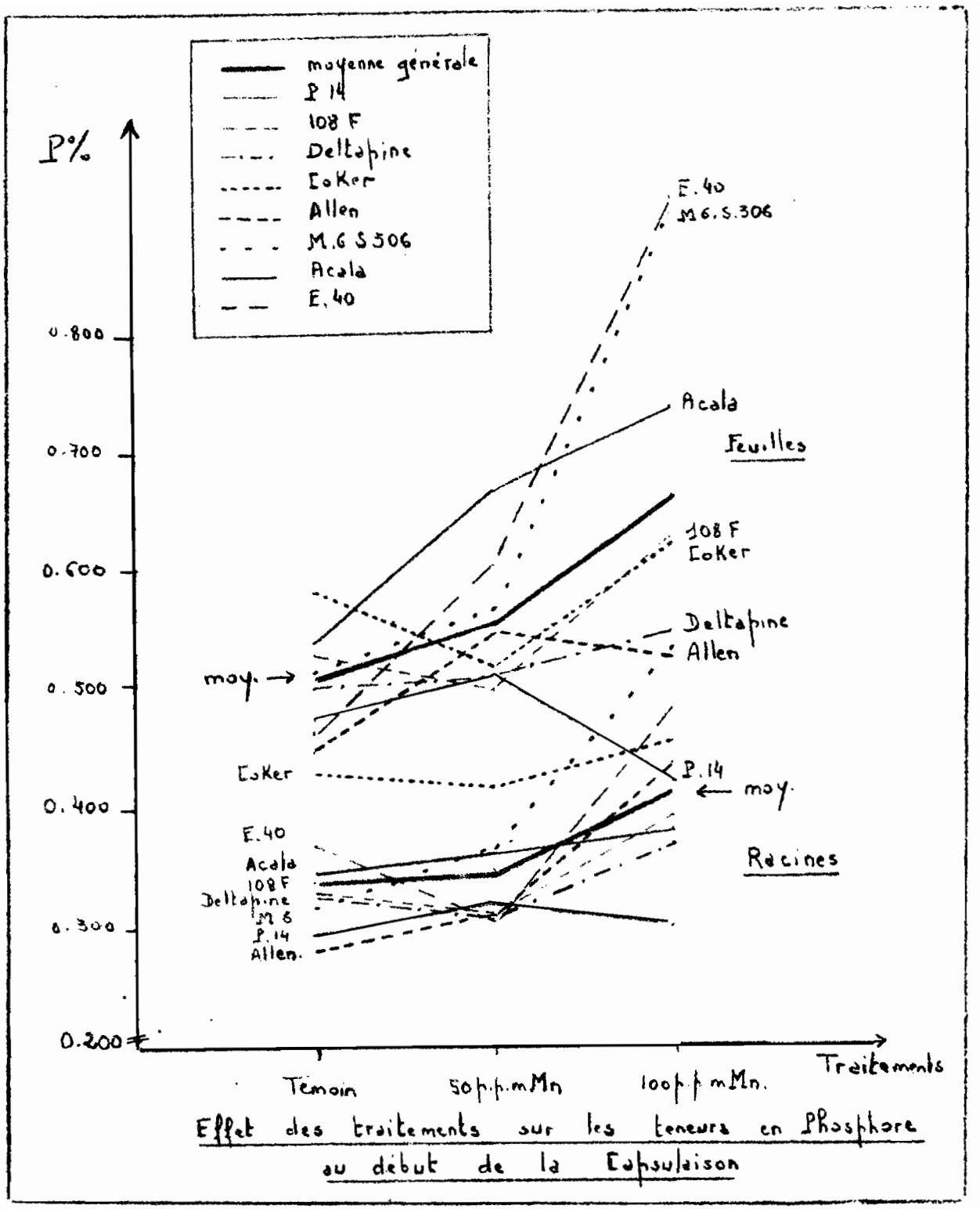
. Effets des traitements sur les teneurs.

Le graphique 16 met en évidence cette augmentation. Nous pouvons constater que les courbes des moyennes générales présentent une similitude pour les racines et les feuilles, avec une élevation du P, d'abord peu marquée entre les plantes témoins et les plants ayant reçu 50 ppm de Mn, puis plus nette entre ces dernières et les plantes fortement intoxiquées.

Il faut aussi noter l'analogie de ce graphique avec celui présentant l'effet des traitements sur les teneurs en soufre. Les deux anions évoluent de façon parallèle sous l'effet de la toxicité. Ce parallélisme est marqué non seulement sur l'effet moyen traduit par l'allure de la courbe des moyennes générales de P et de S, mais aussi dans le comportement particulier des variétés Allen et P. 14 chez lesquelles on observe un abaissement exceptionnel des teneurs en P et S pour les plantes fortement intoxiquées.

On peut envisager d'une manière générale que l'effet de toxicité induit chez les plants un manque de contrôle dans l'absorption des anions P et S pour la plupart des variétés.

Nous notons que cette tendance générale trouve à nouveau une exception avec la variété P. 14.



Effet des traitements sur les teneurs en Phosphore au début de la Capsulaison

Graphique 16

- Analyse biométrique des données.

) dans les feuilles

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P 14	Deltapine	E. 40	M. 6 S. 306	Acala
Réc. 1	T_2, T_1 T_o		T_2, T_o T_1					
Réc. 2	T_2, T_o T_1	T_2, T_o T_1				T_2, T_1 T_o	T_2, T_1 T_o	

Moyennes Phosphore feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o	0.492	0.530		0.581	0.558							0.469		0.520		
T_1	0.433	0.505		0.520	0.555							0.607		0.576		
T_2	0.476	0.660		0.649	0.852							0.914		0.902		
Moy. géné.			0.486			0.511	0.443	0.471	0.411	0.517	0.656		0.720		0.729	0.655

L' augmentation des teneurs en Phosphore est significative :

- à la floraison pour les Variétés 108 F et Allen 151
- à la capsulaison pour les variétés 108 F, Coker, E. 40 et M 6 S. 306.

TABLEAU N° XII

) dans les Racines

L'effet de la toxicité sur l'augmentation des teneurs en P total radiculaire est significatif pour toutes les variétés soit pour l'une ou l'autre des récoltes soit pour les deux ainsi que le montre le tableau suivant.

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M 6 S. 306	Acala
Réc. 1	T_2, T_1, T_o		T_2, T_o T_1	T_o T_1, T_2	T_1 T_o, T_2	T_o, T_2 T_1	T_2 T_1, T_o	
Réc. 2	T_2, T_o T_1	T_2 T_1, T_o	T_2, T_1 T_o		T_2, T_o T_1	T_2, T_o T_1	T_2, T_1 T_o	

Movennes Phosphore racines

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o	0.308	0.228		0.233	0.348	0.281	0.328		0.340	0.328	0.570	0.371	0.437	0.325	0.685	
T_1	0.325	0.310		0.290	0.316	0.316	0.320		0.362	0.321	0.391	0.349	0.491	0.372	0.390	
T_2	0.360	0.400		0.320	0.650	0.435	0.285		0.292	0.367	0.433	0.494	0.511	0.518	0.446	
Moy. géné.			0.339					0.300								0.365

- ainsi, à la floraison le P augmente chez 108 F - Allen 151 - E. 40 - M6 S.306
- à la capsulaison, cette observation est valable chez 108 F - Coker - Allen 151 - Deltapine - E. 40 - M6 S.306.

P. 14 et Deltapine font cependant exception, à la floraison en présentant une diminution significative des teneurs en P pour le traitement fortement toxique.

TABLEAU N° XIII

Cependant la tendance généralement observée se confirme à la capsulaison et apparait particulièrement nette, si l'on examine le graphique 17 sur lequel sont portées les exportations de P total par un poids constant de tissus radiculaire (ici 100 g). Les chiffres sont les suivants pour les huit variétés :

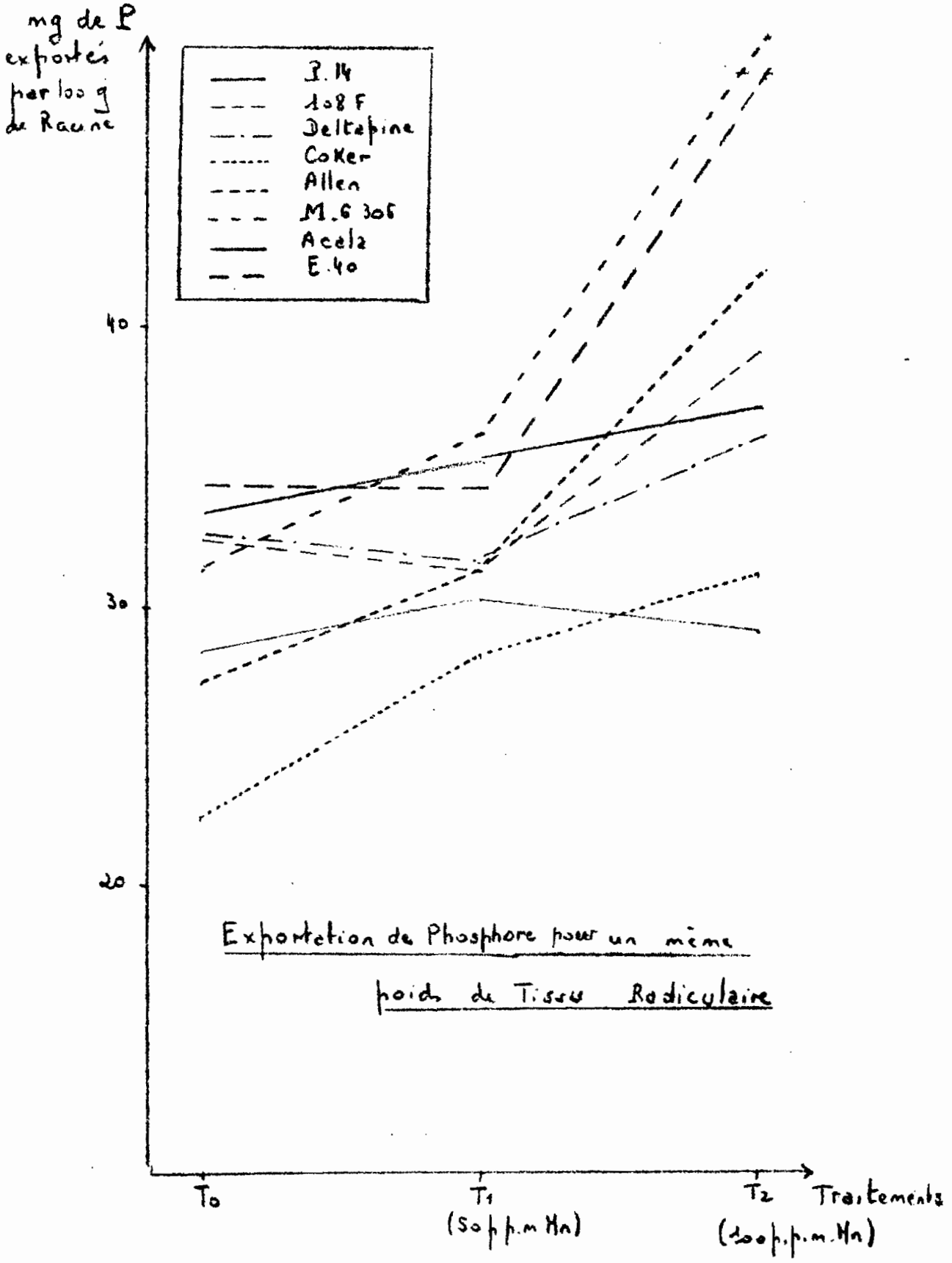
	108 F	Coker	Allen	P. 14	Delta.	E. 40	M6. S	Acala
T_o	33	23	28	29	33	37	32	34
T_1	32	29	31	31	32	35	37	36
T_2	40	32	43	30	37	50	53	38

P total exporté pour un poids constant de tissu radiculaire. (mg pour 100 g.)

(TABLEAU N° XIV)

Ainsi pour un poids identique de tissu radiculaire l'exportation de l'élément P est presque toujours augmentée entre T_o et T_1 et très nettement augmentée entre T_o et T_2.

On peut se reporter à la 2ème partie du mémoire pour une étude plus détaillée de cette observation. On verra alors quels sont-ils composés phosphorés qui, tant dans les feuilles que dans les racines sont plus particulièrement responsables de cette élevation du phosphore total.



Exportation de Phosphore pour un même poids de Tissus Radiculaire

Graphique 17

C O N C L U S I O N

- Bilan moyen des anions au cours des 2 époques de prélèvement.

Le graphique 18 présente les proportions respectives des 3 anions pour une somme N + S + P ramenée à 100, dans les tiges et les racines à la floraison et à la capsulaison.

1) Dans les feuilles :

- la comparaison des traitements T_o - T_1 indique :

. à la floraison

légère augmentation de S
identité pour P
légère diminution de N

. à la capsulaison

légère augmentation de S
légère augmentation de P
légère diminution de N

- la comparaison des traitements T_o - T_2 indique :

. à la floraison

nette augmentation de S
nette augmentation de P
nette diminution de N

. à la capsulaison

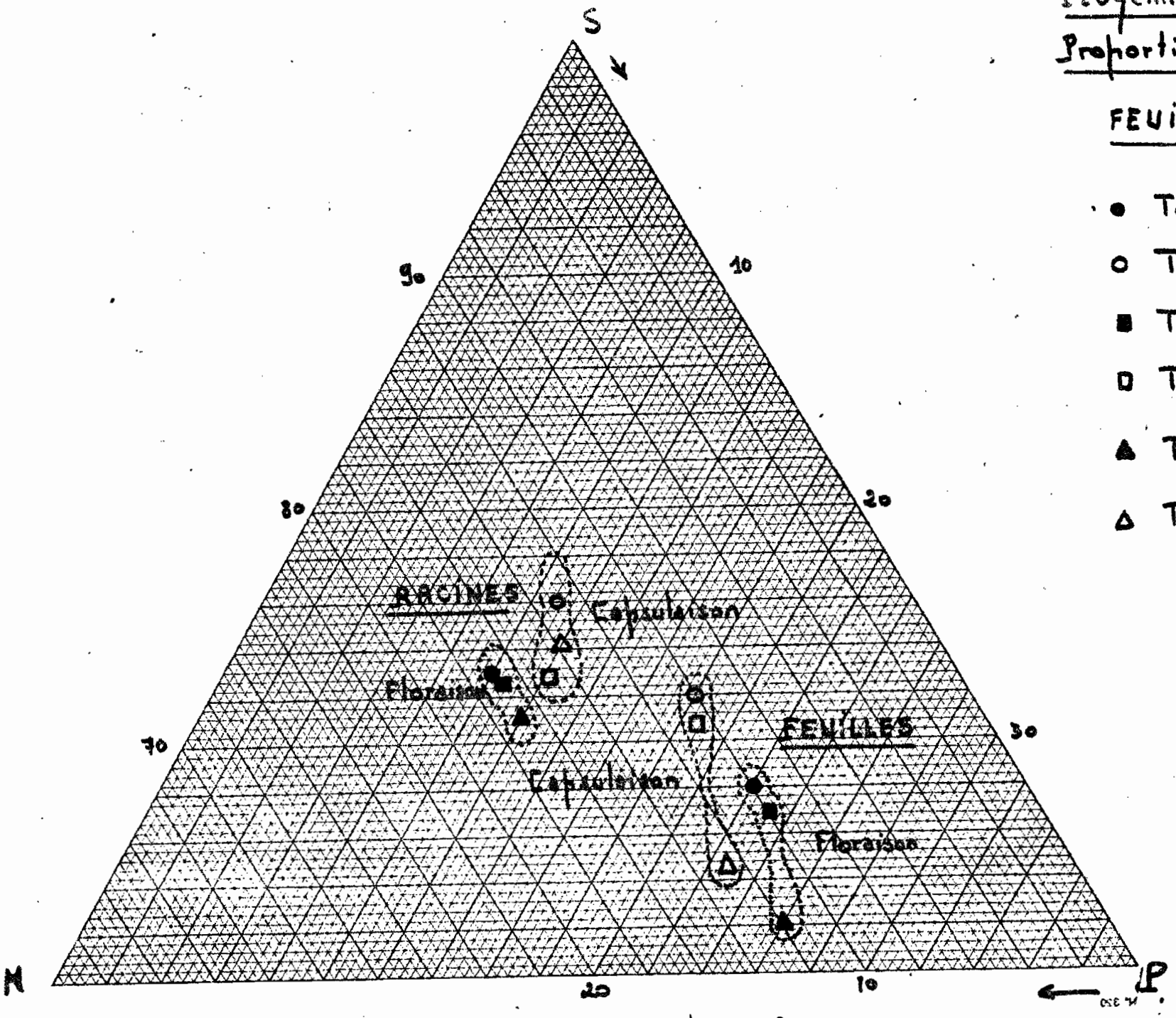
nette augmentation de S
nette augmentation de P
nette diminution de N.

Moyenne Générale

Proportions N. S. P

FEUILLES et RACINES

- ● To - Floraison
- ○ To Capsulaison
- ■ T1 Floraison
- □ T1 Capsulaison
- ▲ T2 Floraison
- △ T2 Capsulaison.



Graphique 18

2) Dans les racines

Le décrochement dans le sens de l'augmentation du soufre est plus atténué que dans les feuilles.

- la comparaison des traitements T_0 - T_1 indique :

.) à la floraison

Pas de différence notable dans les proportions N S P.

.) à la capsulaison

légère augmentation de S
légère augmentation de P
Diminution de N

- la comparaison des traitements T_0 - T_2 indique :

.) à la floraison

augmentation du soufre
légère diminution de l'azote
pas de changement pour P

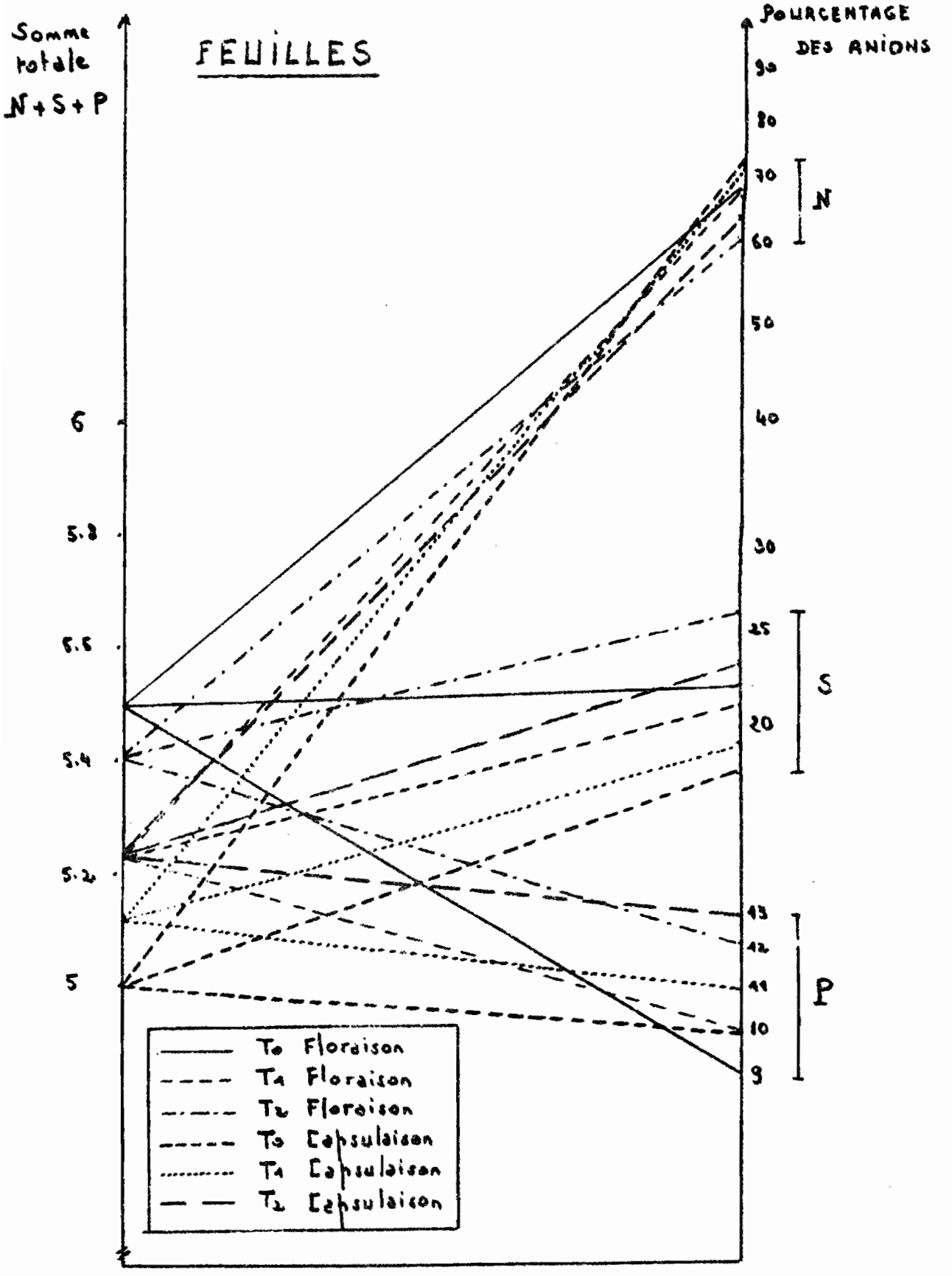
.) à la capsulaison

légère augmentation de S
légère augmentation de P
légère diminution de N

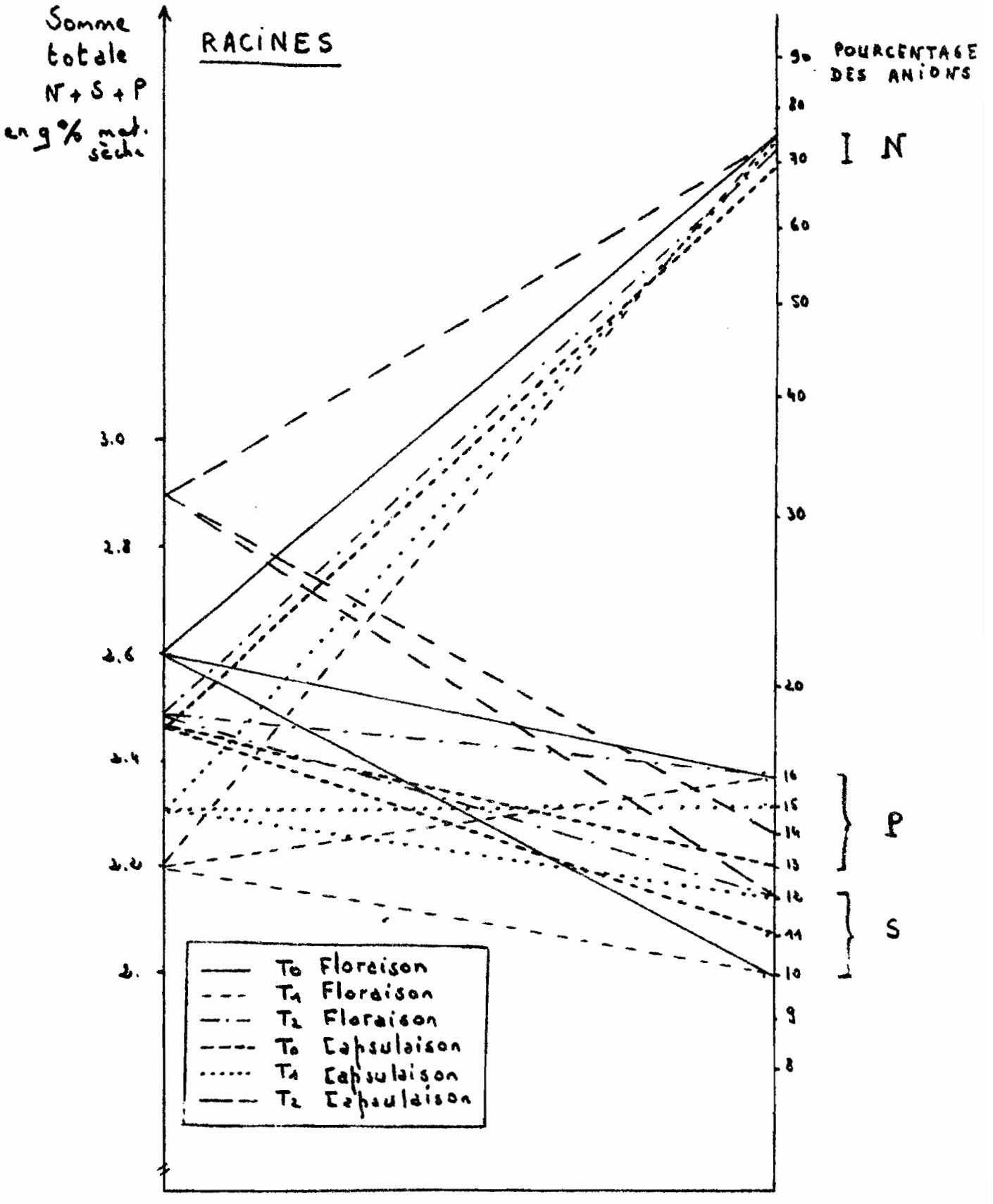
Les variations sont analogues à celles observées dans les feuilles mais elles sont moins marquées.

Les deux graphiques ci-dessous aident à situer les proportions respectives de N S et P dans les feuilles et les racines. Sur ces graphiques sont portées d'une part les sommes des éléments N S P pour les 3 traitements aux 2 époques de prélèvements et d'autre part une projection de la proportion correspondante de chacun des anions. Chaque somme totale correspond à la moyenne des 8 variétés. Ainsi pour T_0 floraison la somme totale N + S + P est de 5,5 g pour 100 g de matière sèche et correspond à 9 % de P, 23 % de S et 68 % de N. (graphiques 19 et 20).

En comparant les deux graphiques, on voit que dans les feuilles il y a une proportion de soufre supérieure à celle de phosphore, alors que dans les racines la proportion de phosphore est supérieure à celle de soufre. D'une manière générale il y a une plus grande extensibilité des anions pour les 3 traitements au niveau des feuilles qu'au niveau des racines, et ceci plus particulièrement pour l'azote dont les proportions peuvent varier de 60 à 75 % dans les feuilles alors qu'elles sont de 70 à 74 % dans les racines.



Graphique 19



Graphique 20

LES CATIONS

Comme pour les anions les graphiques, présentent pour chacun des cations, d'une part l'évolution des teneurs entre la floraison et la capsulaison, d'autre part l'effet de chacun des traitements sur le taux d'élément à l'époque de la capsulaison.

POTASSIUM

L'évolution des teneurs, indiquée sur le graphique 21 ne montre pas une tendance d'ensemble pour toutes les variétés.

Au niveau des feuilles les cultures témoins présentent dans la majorité des cas, une diminution de K entre la floraison et la capsulaison. Cependant pour quelques variétés les taux de K ne présentent qu'une faible différence entre ces 2 périodes, et on note même parfois une légère augmentation. Quoiqu'il en soit les variations ont une faible amplitude puisque la moyenne générale de toutes les variétés passe, toujours dans les cultures témoins, de 3,47 % à la floraison à 3,40 % à la capsulaison.

Les cultures faiblement intoxiquées présentent des différenciations variétales mais dans la majorité des cas il y a une légère augmentation de K d'une récolte à l'autre. La moyenne générale pour les 8 variétés passe ici de 3,04 à 3,35 %.

Dans les cultures ayant reçu 100 p.p.m. de Mn, à l'exception près de Allen 151, on observe une élevation du taux de K entre la floraison et la capsulaison. Cette élevation est plus ou moins accusée, mais elle est nette. Les moyennes générales passent de 3,40 à 3,81 %. Pour résumer, on peut retenir, que, si chez les cultures témoins, on observe une légère diminution des teneurs en K liée au phénomène de croissance, il y a par contre une élevation du taux de ce cation chez les cultures faiblement et fortement intoxiquées.

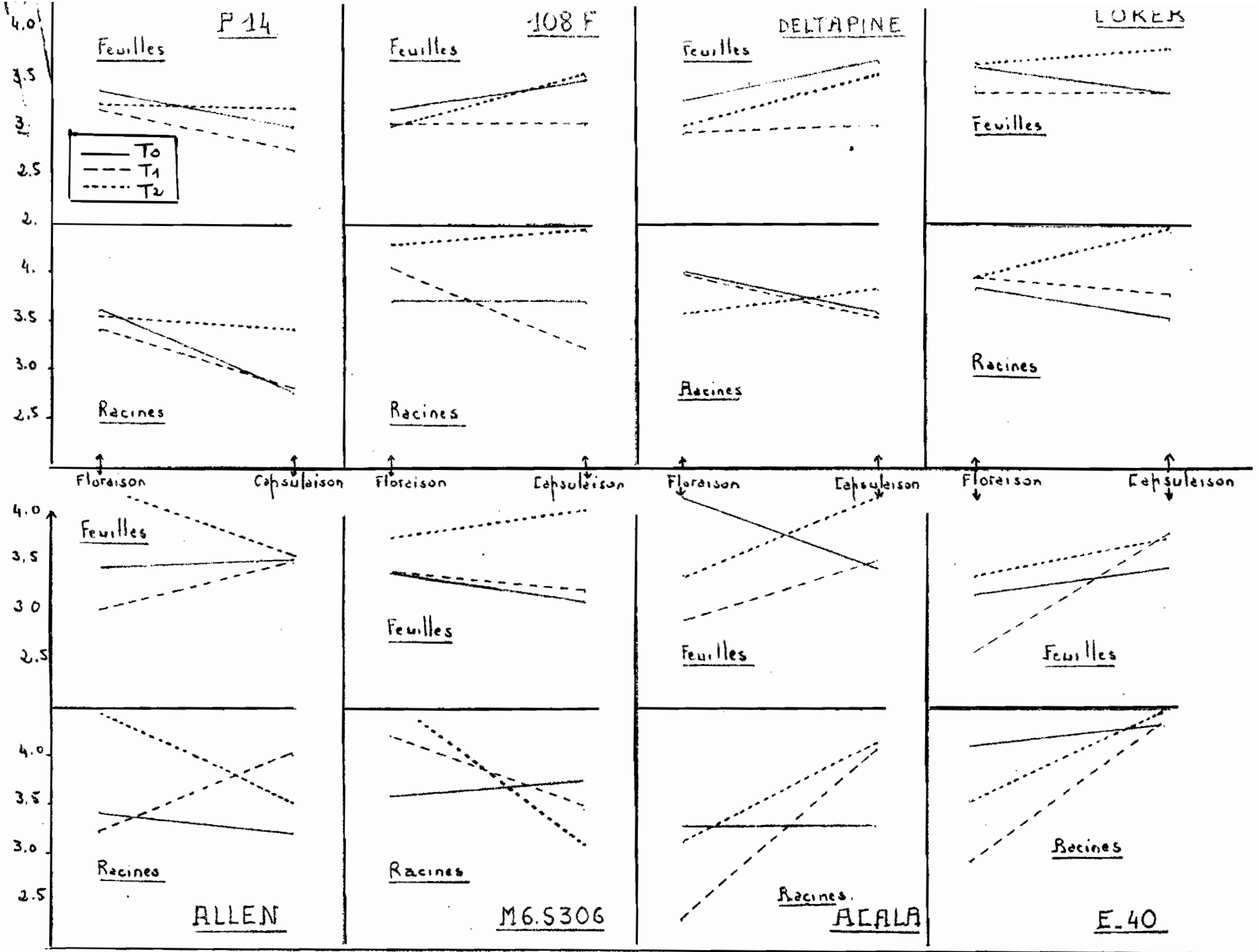
. Dans les Racines.

L'amplitude des variations est faible dans les cultures témoins, avec une tendance à une légère baisse des teneurs d'une récolte à l'autre.

Notons qu'en valeur absolue les teneurs en K des feuilles et des racines sont tout à fait du même ordre de grandeur, généralement situé entre 3 et 4 % de la matière sèche. Dans les cultures faiblement ou fortement intoxiquées aucune ligne précise d'évolution ne se dégage : certaines variétés présentent une diminution du K entre la floraison et la capsulaison, tandis que d'autres présentent l'inverse. De plus les variations peuvent être opposées pour une même variété en fonction de l'intensité du traitement toxique.

Effet des traitements sur les teneurs en K

Le graphique 22 montre au niveau des feuilles pour la majorité des variétés une diminution plus ou moins accusée du taux de K, dans les cultures traitées par 50 ppm de Mn. Au contraire ce taux s'élève de façon souvent importante chez les plantes fortement intoxiquées. La courbe des moyennes générales a une forme en V très ouvert. Plusieurs variétés, Acala, Deltapine, M6 S 306 ont des teneurs qui dépassent 4 %. La variété P. 14, se différencie à nouveau, avec les teneurs les moins élevées pour les 3 traitements. E. 40 fait seule exception à la règle générale en montrant une légère augmentation du K pour le traitement faiblement toxique, par rapport au témoin, suivie d'une légère baisse du taux de l'élément pour le traitement fortement toxique.



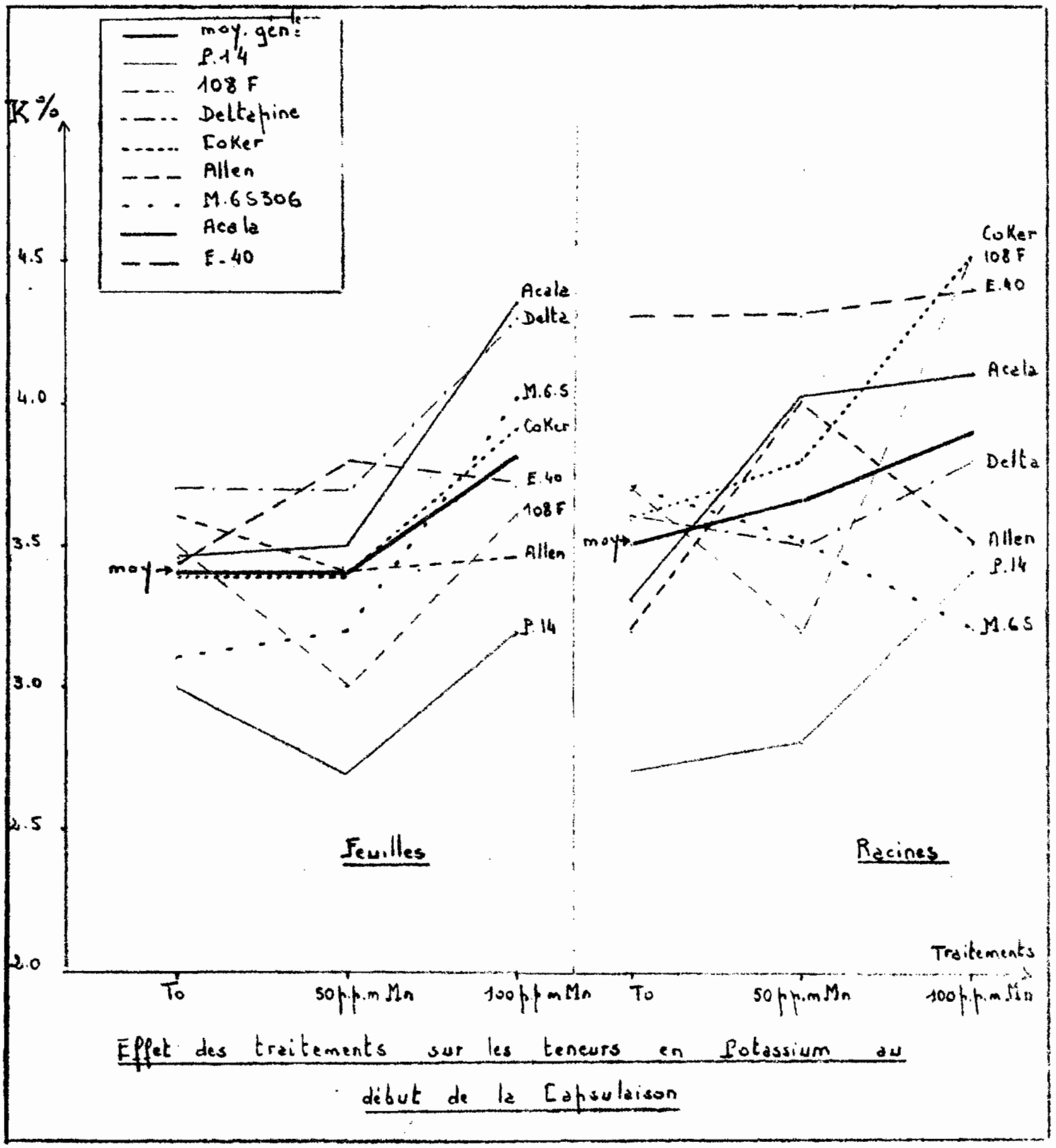
EVOLUTION DES TENEURS EN POTASSIUM DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

Graphique 21

Dans les racines, il est difficile de retenir une règle générale. Le graphique 22 nous montre en effet que les diverses variétés peuvent présenter un comportement tout à fait opposé. Notons cependant que la courbe des moyennes générales correspond à une augmentation du K successivement pour les 2 traitements toxiques.

On peut également observer que le niveau de K reste toujours le plus bas chez la variété P. 14. Chez cette dernière ainsi que chez 108 F, Coker, Deltapine les courbes gardent approximativement la même allure dans les feuilles et dans les racines. Au contraire, Acala, Allen, E.40, M6 S306 ont des courbes tout à fait différentes, c'est à dire dont les pentes sont opposées, au niveau des feuilles et dans les racines.

Retenons seulement que, si les courbes des moyennes générales des feuilles et des racines, présentent une augmentation du K plus ou moins accusées en fonction des traitements, les différences variétales dans la répartition de ce cation, au niveau des organes analysés, sont très nettes



Effet des traitements sur les teneurs en Potassium au début de la Capsulaison

Graphique 22

. Analyses biométriques des données

1°) Dans les feuilles

Le test de signification donne les résultats suivants :

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M. 6 S 306	Acala
R_1			T_2, T_o T_1			T_2 T_o, T_1		T_o, T_2, T_1
R_2							T_2, T_1, T_o	

Moyenne K feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o					3.49						3.16			3.09	4.26	
T_1					3.04						2.57			3.24	2.83	
T_2					4.78						2.87			4.08	3.41	
Moy. géné.	3.100	3.38	3.58	3.58		3.45	3.27	2.99	3.12	3.90		3.68	3.51			3.78

TABLEAU N° XV

Les valeurs étant décroissantes de gauche à droite on voit qu'il n'y a pas de règle précise dans leur répartition en fonction des traitements. L'examen des moyennes générales données pour les variétés ne présentant pas de résultats significatifs de l'effet des traitements, montre une certaine homogénéité dans les teneurs. Les modifications des teneurs en K des feuilles n'ont pas de relations significatives avec les traitements toxiques.

2°) Dans les Racines

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M. 6 S 306	Acala
R_1			T_2, T_o T_1			T_o T_2 T_1	T_2 T_1 T_o	T_o T_2 T_1
R_2			T_2 T_1 T_o				T_o T_1 T_2	T_2 T_1 T_o

Moyenne en K Racines

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o					3.62	3.19					4.12		3.58	3.74	3.32	3.30
T_1					3.37	4.01					2.81		4.45	3.48	2.29	4.07
T_2					4.92	3.49					3.49		4.78	3.21	3.18	4.13
Moy. géné.	4.03	4.82	3.95	3.96			3.53	2.95	3.88	3.66		4.32				

TABLEAU N° XVI

Il y a plus d'éléments significatifs qu'au niveau des feuilles. Cependant :

- à la floraison pour Allen et M6 S 306 il apparait une augmentation de K dans les cultures fortement intoxiquées, tandis que pour E. 40 et Acala ce sont les cultures témoins qui ont les plus fortes teneurs en K.
- à la capsulaison, le K augmente significativement dans les cultures très intoxiquées d'Allen et d'Acala, mais M.6 S 306 présente des valeurs inverses.

Nous voyons également que les teneurs moyennes en K des racines pour l'ensemble des variétés se situent au même niveau que celles des feuilles.

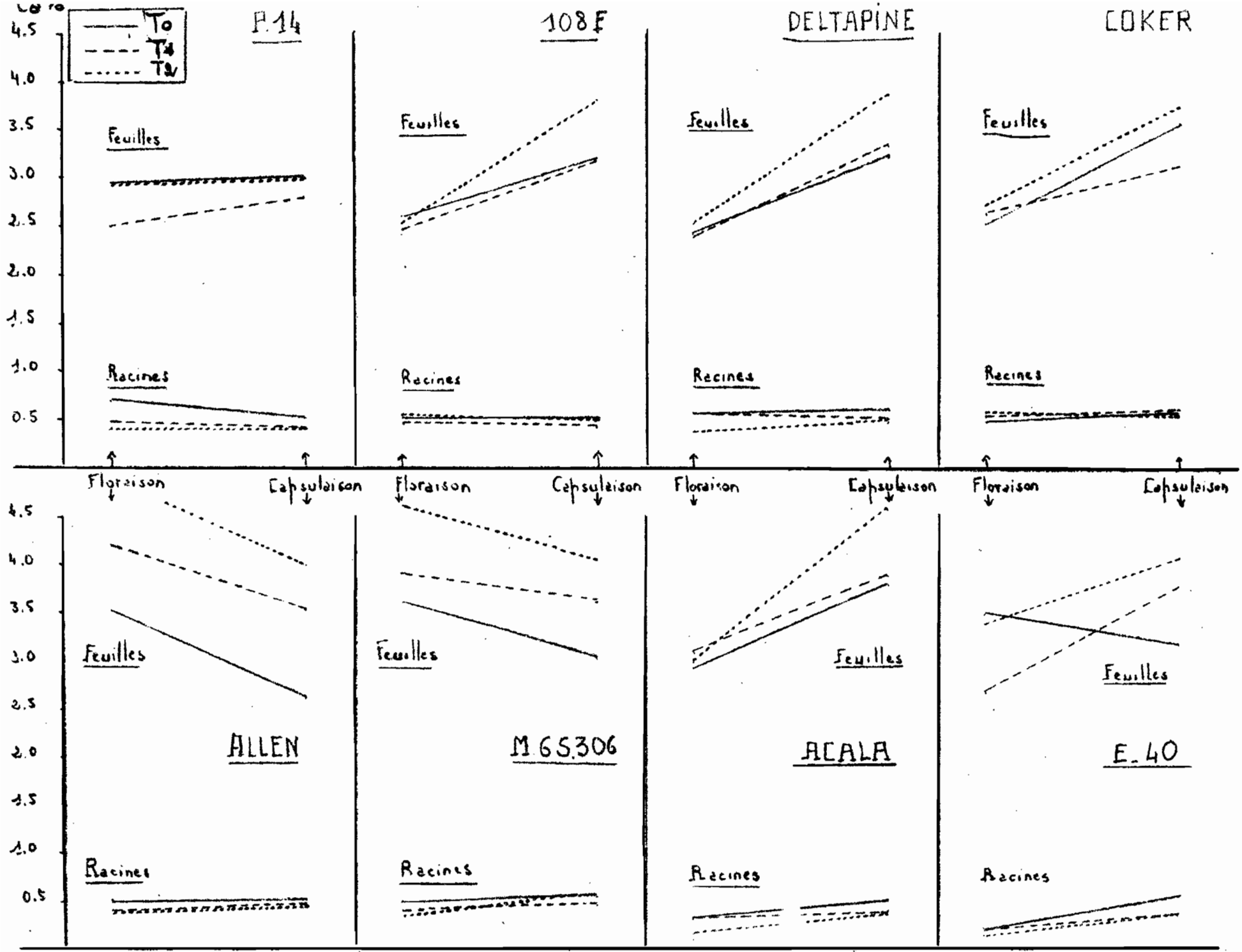
CALCIUM

Le graphique 23 présentant l'évolution du Ca entre la floraison et la capsulaison, montre que sur 5 des plantes témoins il y a une augmentation du taux, alors que sur trois d'entre elles le Ca tend à diminuer entre les 2 périodes de prélèvements. Il y a donc une évolution variétale propre avec une tendance plus générale à l'augmentation de l'élément dans le feuillage. Toujours dans les feuilles on observe une augmentation du Ca dans les cultures faiblement et fortement intoxiquées à l'exception d'Allen et de M6 S 306 dont le taux d'élément évolue dans le même sens que chez les cultures témoins. Les teneurs mesurées sont d'une manière générale élevées en valeur absolue.

Assez uniformes chez les plantes témoins où elles varient de 2,9 à 3,5 %, certaines atteignent 5,5 % dans des cultures fortement intoxiquées. Des teneurs en Ca de cet ordre qui peuvent être observées chez les Rutacées par exemple sont assez exceptionneles sur un végétal tel que le cotonnier.

Ceci nous montre aussi que l'amplitude des teneurs en Ca peut être accentuée de façon importante au sein d'un même organe végétal. Cette amplitude est observée à la fois pour le même traitement, d'un prélèvement à l'autre, et aussi entre les différents traitements. Le Ca apparait donc au niveau du feuillage, comme un élément particulièrement mobile, dont les variations suivent assez généralement le même sens que celles du Mn.

C'est une observation tout à fait différente que l'on peut faire dans les Racines. Le graphique 23 montre en effet que la variation du Ca dans ces tissus est extrêmement réduite, que ce soit chez les cultures témoins ou chez les cultures faiblement et fortement intoxiquées. En ce qui concerne le sens de l'évolution de l'élément les cultures témoins, montrent, à part pour la variété P.14, une tendance à une légère augmentation du Ca radiculaire d'un prélèvement à l'autre, tendance qui se manifeste à peu près de façon analogue, chez les cultures faiblement et fortement intoxiquées.



EVOLUTION DES TENEURS EN CALCIUM DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

Graphique 23

Retenons, que dans les tissus radiculaires, le niveau de l'élément est faible en valeur absolue et présente une amplitude extrêmement limitée à la fois sur le plan variétal et sur le plan des traitements.

L'effet des traitements est porté sur le graphique 24.

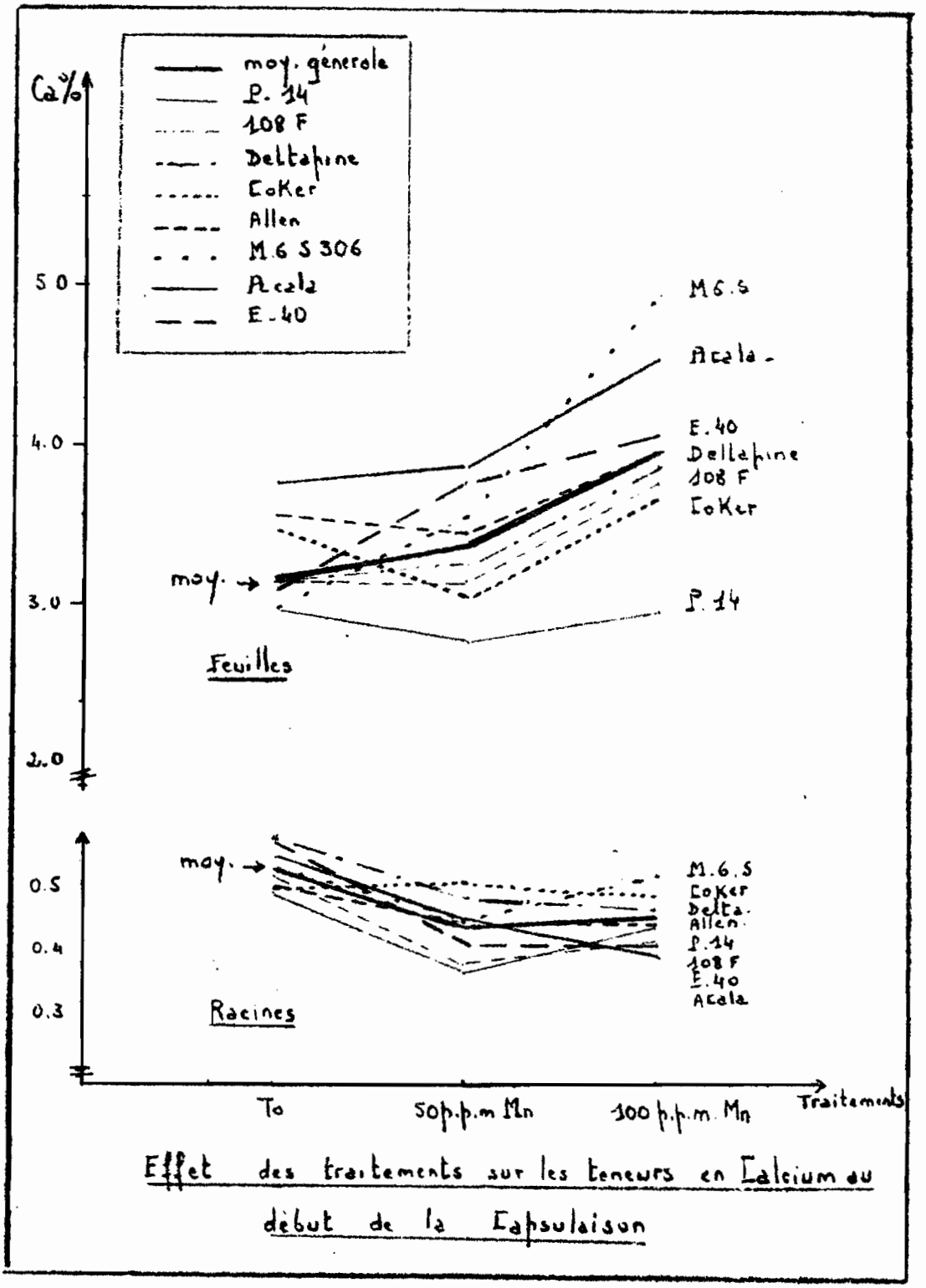
La courbe des moyennes générales au niveau des feuilles traduit bien l'élevation du taux de Ca pour les cultures ayant reçu 50 et 100 ppm de Mn. Nous voyons également que la variété P.14, de même que cela était observé pour le K, présente les plus faibles teneurs en Ca, pour les 3 traitements. Il semble qu'on puisse attribuer à cette variété la faculté de limiter l'introduction des cations dans le milieu interne et que celle-ci soit en relation avec une meilleure possibilité de résister à l'élément toxique. Le même graphique nous montre les fortes amplitudes de teneurs observées chez M6 S 306, Acala, E.40 entre les témoins et les plantes fortement intoxiquées. Dressons un tableau des pourcentages de variations de poids observés dans les cultures traitées par rapport aux cultures témoins, à la capsulaison

Variétés / Perte de poids	P.14	108 F	Deltapine	Coker	Allen	M6 S306	Acala	E.40
T_1	-4 %	- 4.8	+ 1	- 18	- 51	- 19	- 34	- 33
T_2	-9 %	- 1	- 53	- 58	- 95	- 95	- 61	- 75

TABLEAU N° XVII

On voit que ce sont les variétés les plus touchées par la perte de poids qui comportent le plus de Ca foliaire, ainsi M6 S 306, Allen, E. 40, Acala.

L'effet des traitements au niveau des racines se traduit, en moyenne générale, par une diminution du Ca dans les cultures faiblement intoxiquées tandis que cet élément subit peu de variations entre ces dernières et celles ayant reçu 100 ppm de Mn. L'amplitude des teneurs entre variétés est réduite pour chacun des 3 traitements, et leur valeur absolue est basse.
Les conditions de toxicité ne semblent pas influencer la migration du Ca de la racine vers le feuillage. Pour le K, au contraire nous avions observé une homogénéisation des teneurs dans l'ensemble de la plante.



Effet des traitements sur les teneurs en Calcium au début de la Capsulaison

Graphique 24

. Analyses biométriques des données

1°) Dans les feuilles

Le tableau ci-dessous traduit les effets signfficatifs des traitements sur la répartition du Ca foliaire :

Variétés	108 F	Coker 100	Allen 151	P.14	Deltapine	E. 40	M.6 S 306	Acala
R_1			T_2, T_1, T_o			T_2 T_o T_1	T_2, T_1 T_o	
R_2	T_2, T_1 T_o		T_2 T_1, T_o		T_2, T_1 T_o		T_2, T_1, T_o	

Moyenne Ca feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o	3.17	3.17			3.54	2.88				3.21	3.57		3.62	3.07		
T_1		3.17			4.22	3.51				3.32	2.73		3.89	3.59		
T_2		3.77			5.66	3.96				3.86	3.61		4.69	5.02		
Moy. géné.	2.49		2.64	3.47			2.80	2.97	2.43			3.70			3.04	4.10

TABLEAU N° XVIII

On a donc au niveau des feuilles une augmentation significative du Ca

a) à la floraison pour Allen, E.40, M6. S306

b) à la capsulaison pour 108 F, Allen, Deltapine, M6 S 306.

De plus, le traitement T_1 élève, lui aussi, significativement les valeurs du Ca foliaire, par rapport au traitement témoin, chez Allen aux deux époques de prélèvements et chez M6 S 306 à la capsulaison. Il est donc permis de penser, que les variations du taux de Ca sont plus dépendantes des conditions de toxicité, que ne l'étaient celles du K. Les teneurs en Ca des racines sont faibles alors qu'elles sont élevées au niveau des feuilles.

2°) Dans les racines

Variétés	108 F	Coker	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M.6 S 306	Acala
R_1			T_o, T_1 T_2	T_o T_1, T_2	T_o T_1, T_2			
R_2	T_o, T_2 T_1					T_o, T_2 T_1		T_o, T_1 T_2

Moyenne Ca racines

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o		0.53			0.53		0.65		0.56			0.59				0.56
T_1		0.39			0.42		0.52		0.56			0.42				0.46
T_2		0.43			0.39		0.46		0.36			0.43				0.40
Moy. géné.	0.50		0.51	0.51		0.47		0.44		0.53	0.26		0.42	0.51	0.27	

TABLEAU N° XIX

A l'inverse des observations faites au niveau des feuilles nous voyons ici que c'est dans les cultures témoins que les teneurs en Ca sont significativement plus élevées que dans les cultures traitées.

a) à la floraison chez Allen, P. 14, Deltapine

b) à la capsulaison chez 108 F, E. 40, Acala.

Les valeurs décomposées lorsqu'elles sont significatives et les moyennes générales montrent le faible niveau du Ca radiculaire.

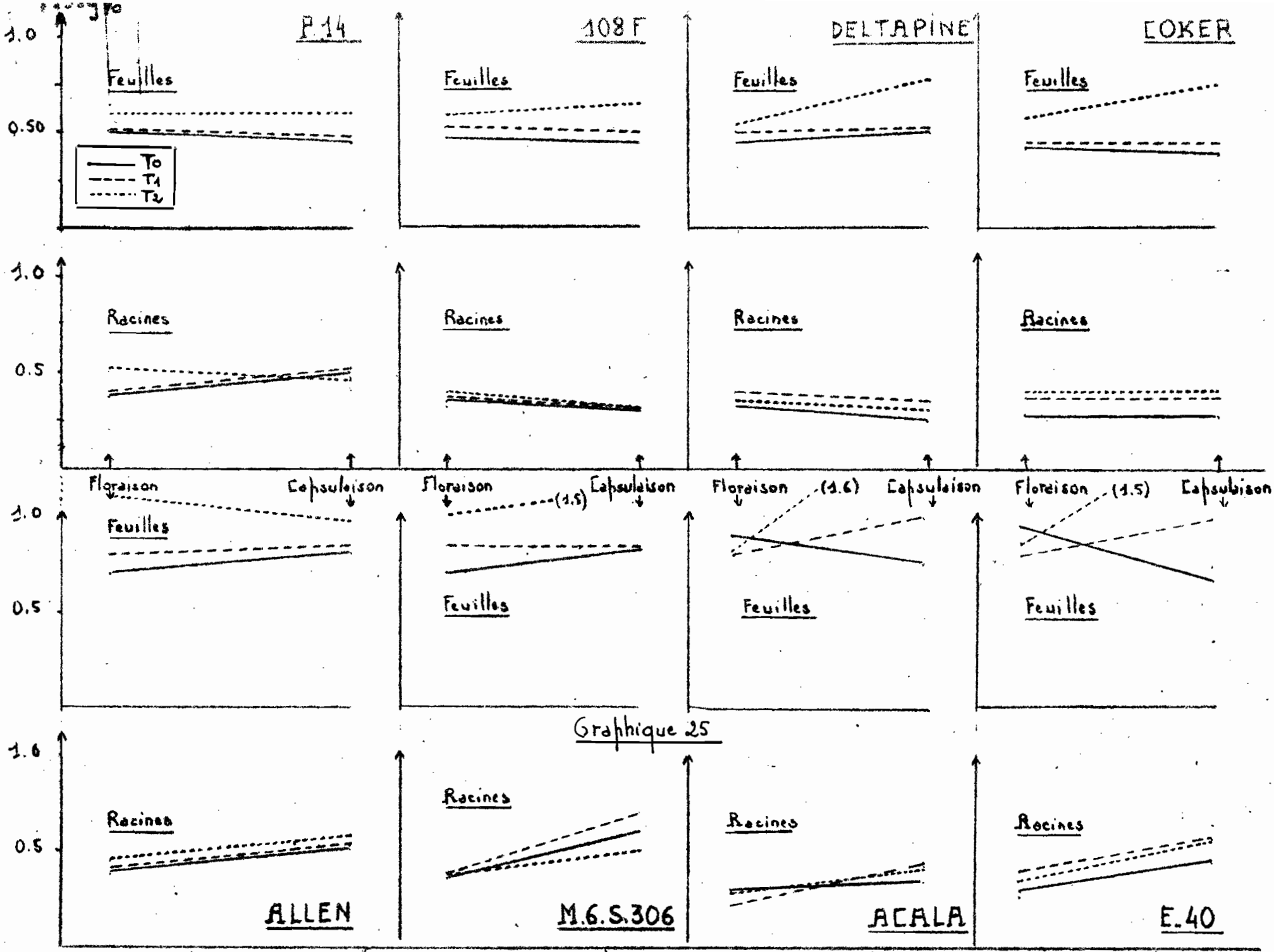
MAGNESIUM

Evolution des teneurs entre les 2 époques de prélèvements (Graphique 25)

. Dans les feuilles les courbes correspondant aux cultures témoins présentent une faible amplitude entre la floraison et la capsulaison c'est ainsi que la moyenne générale pour les 8 variétés est de 0,64 % au 1er prélèvement et de 0,61 % au suivant. Dans les cultures faiblement intoxiquées l'évolution se fait à peu près de la même manière. C'est au niveau des cultures traitées par 100 ppm de Mn que s'observe une augmentation sensible du Mg entre floraison et capsulaison.

. Les observations faites au niveau des feuilles se retrouvent dans le cas des tissus radiculaires, où, cependant, l'augmentation du taux de Mg dans les cultures fortement intoxiquées est le plus souvent moins nette que dans les feuilles. Notons qu'en valeur absolue il y a, la plupart du temps, une grande homogénéité des teneurs dans les racines et les feuilles, Cependant chez quelques variétés le taux de Mg peut atteindre chez des plantes très intoxiquées, 1,5 à 1,6 %, ce qui est une valeur élevée.

L'effet des traitements observé au prélèvement du début de la capsulaison est porté sur le graphique 26 . La courbe correspondant à la moyenne générale, pour les feuilles, montre l'augmentation du taux du Mg, d'abord légère pour le traitement à 50 ppm, puis nettement accusée dans les cultures fortement intoxiquées. Nous constatons, sur le même graphique, que l'allure de la courbe de moyenne générale réflète parfaitement celles des 8 variétés. Trois d'entre elles, Acala, E. 40, M 6 S 306 présentent les fortes teneurs en Mg signalées plus haut. Nous voyons à nouveau que P.14 ainsi que 108 F présentent les valeurs les plus basses.



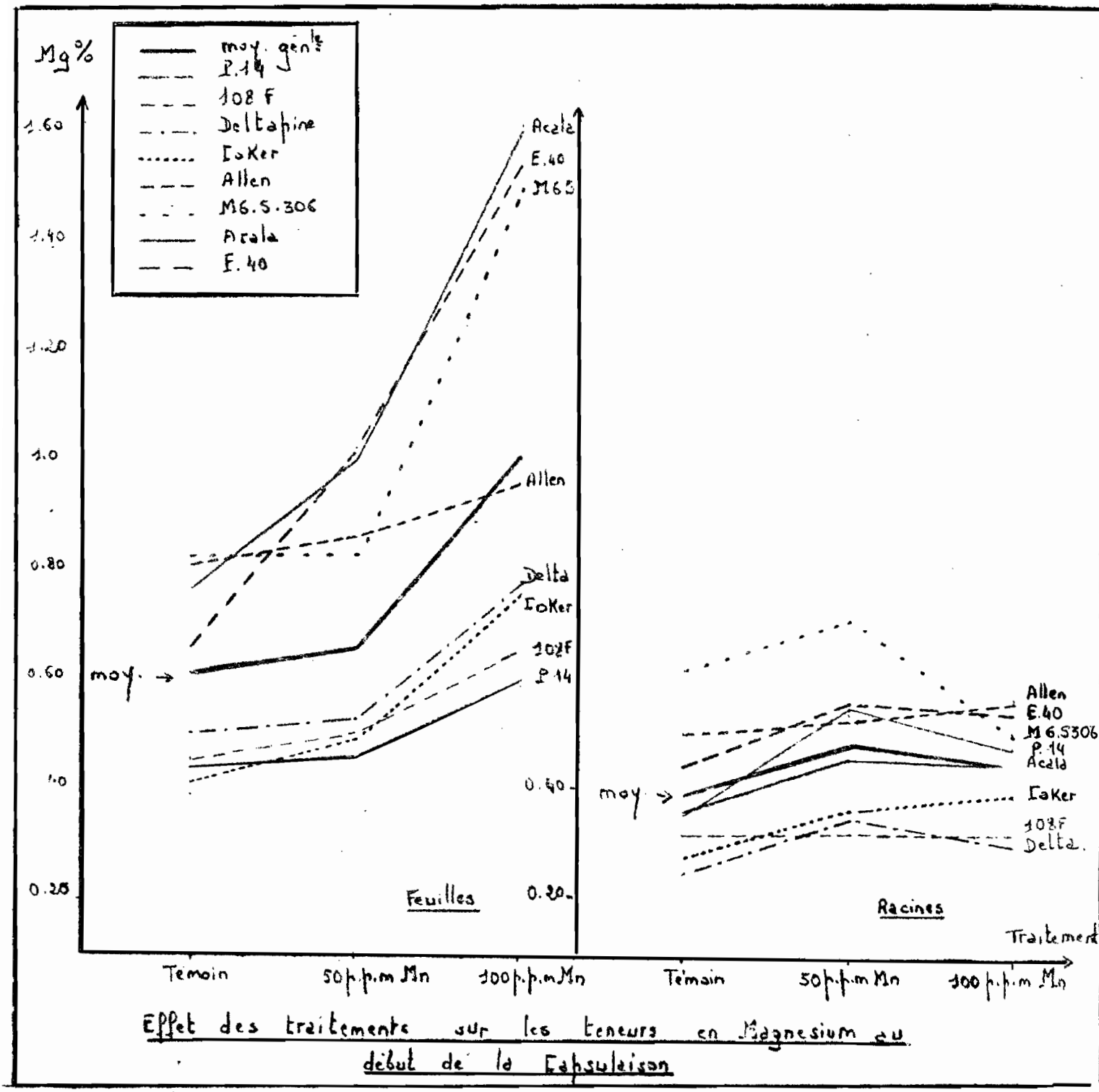
Graphique 25

EVOLUTION DES TENEURS EN MAGNESIUM DANS LES FEUILLES ET LES RACINES

L'amplitude des teneurs entre variétés est très grande. Il faut ici signaler une observation faite au cours de l'expérimentation. Les cultures fortement intoxiquées présentaient un feuillage d'un vert nettement plus intense que celui des plantes témoins L'intensité de la coloration du feuillage allait de pair avec le gaufrage et l'ensemble des symptômes de toxicité observés. L'augmentation du taux de Mg pourrait ainsi correspondre à celle du taux de chlorophylle. Mais cette dernière n'a pas été dosée.

Dans les racines la courbe des moyennes générales a une allure en V renversé, avec une augmentation du Mg chez les cultures faiblement intoxiquées suivie d'un abaissement du taux de l'élément chez les plantes ayant reçu 100 ppm de Mn. Pour la plupart des variétés les courbes s'assimilent à celle de la moyenne générale. La diminution du Mg doit correspondre à la forte migration de ce dernier vers le feuillage, qui "vide" en quelque sorte les tissus radiculaires de ce cation.

Nous verrons plus loin, dans l'examen de l'évolution du rapport Anions/Cations, en fonction du degré d'intoxication des plantes, qu'il se produit un déséquilibre entre ceux deux catégories d'éléments, par suite d'une élevation de la somme globale des cations chez les cultures fortement intoxiquées. Il est certain que la tendance observée ici pour le Magnésium qui augmente nettement, contribue à expliquer partiellement ce déséquilibre.



Effet des traitements sur les teneurs en Magnesium au début de la Fehsuleison

Graphique 26

• Analyses biométriques des données

1°) Au niveau des feuilles

Variétés	108 F	Coker 100	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M.6 S 306	Acala
R_1	T_2, T_1, T_o	T_2, T_o T_1,	T_2, T_1 T_o		T_2 T_1, T_o		T_2, T_1, T_o	
R_2	T_2, T_1, T_o	T_2, T_1, T_o		T_2, T_1, T_o	T_2, T_1 T_o	T_2 T_1, T_o	T_2, T_1 T_o	T_2, T_1, T_o

Moyenne Mg feuilles

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o	0.470	0.453	0.484	0.407	0.701			0.443	0.448	0.503		0.660	0.718	0.835		0.768
T_1	0.536	0.498	0.483	0.496	0.834			0.464	0.512	0.533		1.040	0.833	0.830		1.008
T_2	0.591	0.648	0.575	0.755	1.187			0.585	0.535	0.773		1.545	1.004	1.495		1.623
Moy. géné.						0.888	0.535				0.889				0.830	

TABLEAU N° XX

On constate que l'augmentation des teneurs en Mg est significative pour toutes les variétés soit à l'une ou l'autre des époques de prélèvement soit aux deux.

Ainsi :

- à la floraison, l'effet de la toxicité induit une augmentation significative de Mg chez 108 F, Coker, Allen, Deltapine, M6. S.306
- à la capsulaison cette observation est valable pour toutes les variétés à l'exception d'Allen.

On voit que dans la plupart des cas, le test de signification est valable non seulement pour T_2 mais également pour T_1.

2°) Dans les racines

Variétés	108 F	Coker 100	Allen 151	P. 14	Deltapine	E. 40	M6. S 306	Acala
R_1	T_2, T_1 T_o	T_2 T_1, T_o			T_1 T_2, T_o			
R_2		T_2 T_1, T_o		T_1, T_2 T_o	T_1 T_2, T_o		T_1 T_o, T_2	T_2 T_1, T_o

	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
T_o	0.335		0.270	0.278				0.368	0.308	0.258				0.622		0.357
T_1	0.353		0.369	0.376				0.549	0.409	0.369				0.714		0.462
T_2	0.413		0.388	0.393				0.477	0.348	0.311				0.509		0.449
Moy. géné.		0.319			0.400	0.543	0.437				0.375	0.518	0.367		0.304	

TABLEAU N° XXI

Il y a dans les racines une élevation significative des teneurs en Mg pour les traitements T_2 et T_1 soit séparément, soit ensemble, eux mêmes pouvant alors ne pas être significativement différents entre eux :

- à la floraison l'élevation des taux de Mg est significative pour 108 F, Coker et Deltapine
- à la capsulaison, elle l'est pour Coker, P.14, Deltapine, M6. S.306, Acala.

Le test de signification, au niveau des tissus radiculaires, confirme ainsi les observations faites au niveau des feuilles.

Il y a une forte correlation entre l'élevation des teneurs en Mn dans les tissus, et l'enrichissement de ceux-ci en Mg. Cette augmentation semble être liée à l'état de toxicité puisque nous l'observons chez la variété P. 14 pour laquelle aucune autre correlation traitement - élément anionique ou cationique n'a été constatée.

CONCLUSION

Bilan moyen des cations au cours des 2 époques de prélèvements

Les variations des proportions K - Ca - Mg aux deux prélèvements sont portées sur les représentations triangulaires du graphique 27 .

1°) Dans les feuilles

La comparaison des traitements T_o-T_1 indique :

- à la floraison
  Légère diminution de K
  Augmentation de Ca
  Augmentation de Mg
- à la capsulaison
  Mêmes observations.

La comparaison des traitements T_o-T_2 indique :

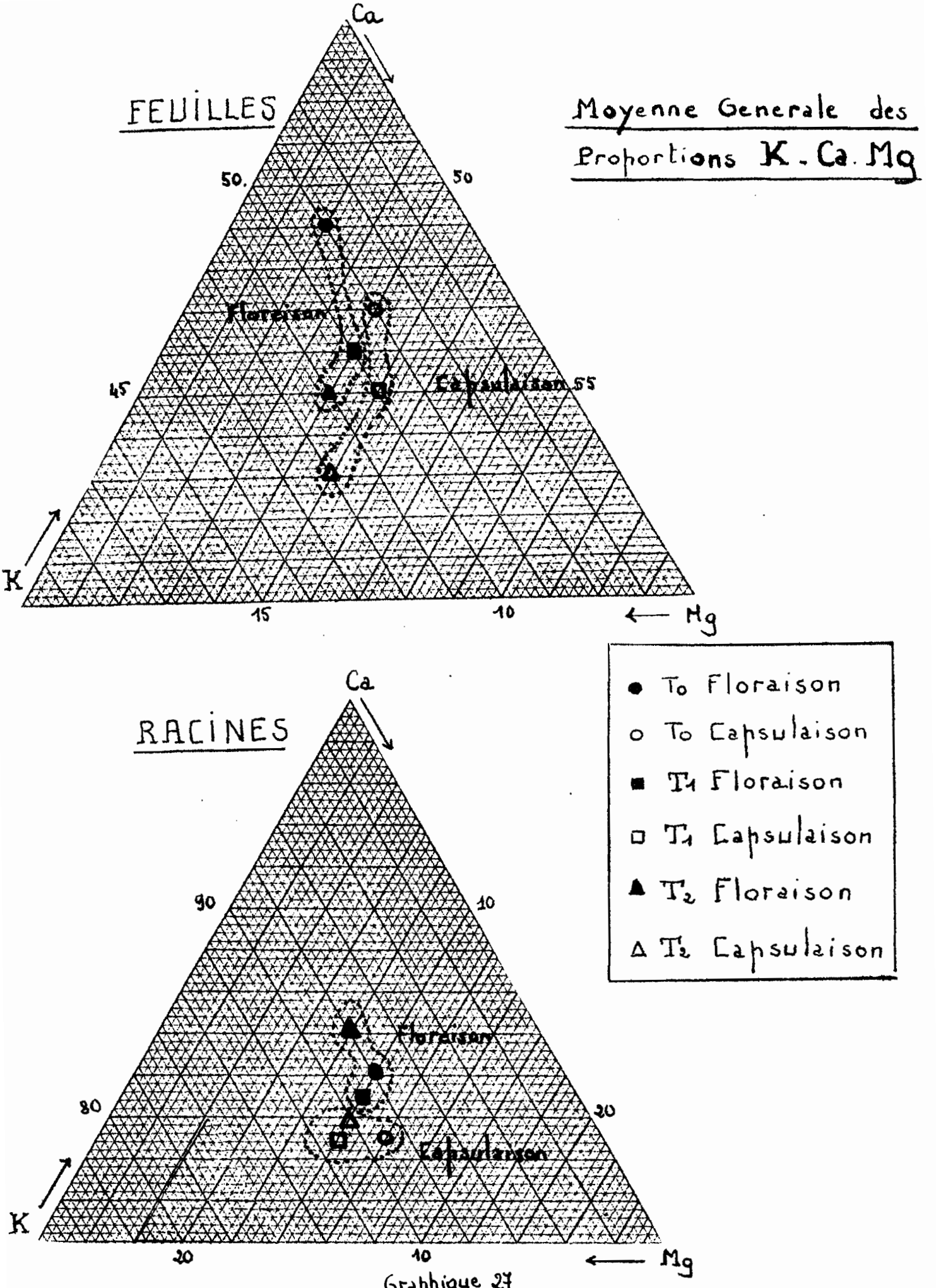
- à la floraison
  Nette diminution de K
  Nette augmentation de Ca
  Nette augmentation de Mg
- à la capsulaison
  Mêmes observations.

Il faut ici noter qu'il y a une remarquable similitude dans la position des 3 points représentant les proportions respectives de K - Ca et Mg à la floraison et à la capsulaison. L'évolution de proportion de chacune des cations se fait dans le même sens au cours des 2 prélèvements. Cette observation est faite également pour les anions.

2°) Dans les racines

La comparaison des traitements T_o-T1 indique :

- à la floraison
  - légère diminution de K
  - pas de variation pour Ca
  - légère augmentation de Mg



Graphique 27

- à la capsulaison
  - pas de variation pour K
  - légère diminution de Ca
  - légère augmentation de Mg

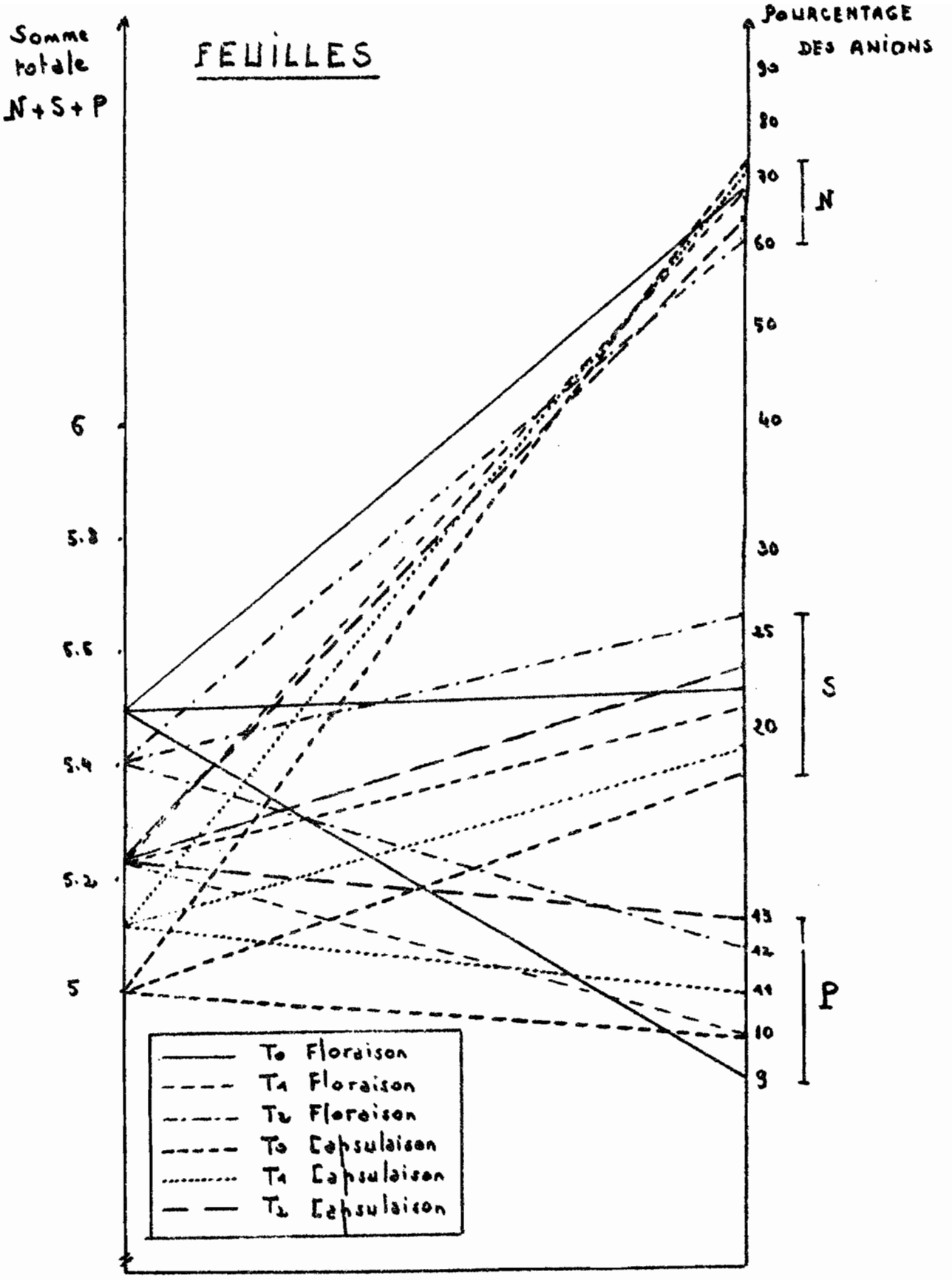
La comparaison des traitements T_o-T_2 indique :

- à la floraison
  - légère augmentation de K
  - légère diminution de Ca
  - pas de variation pour Mg
- à la capsulaison
  - légère augmentation de K
  - légère diminution de Ca
  - légère augmentation de Mg.

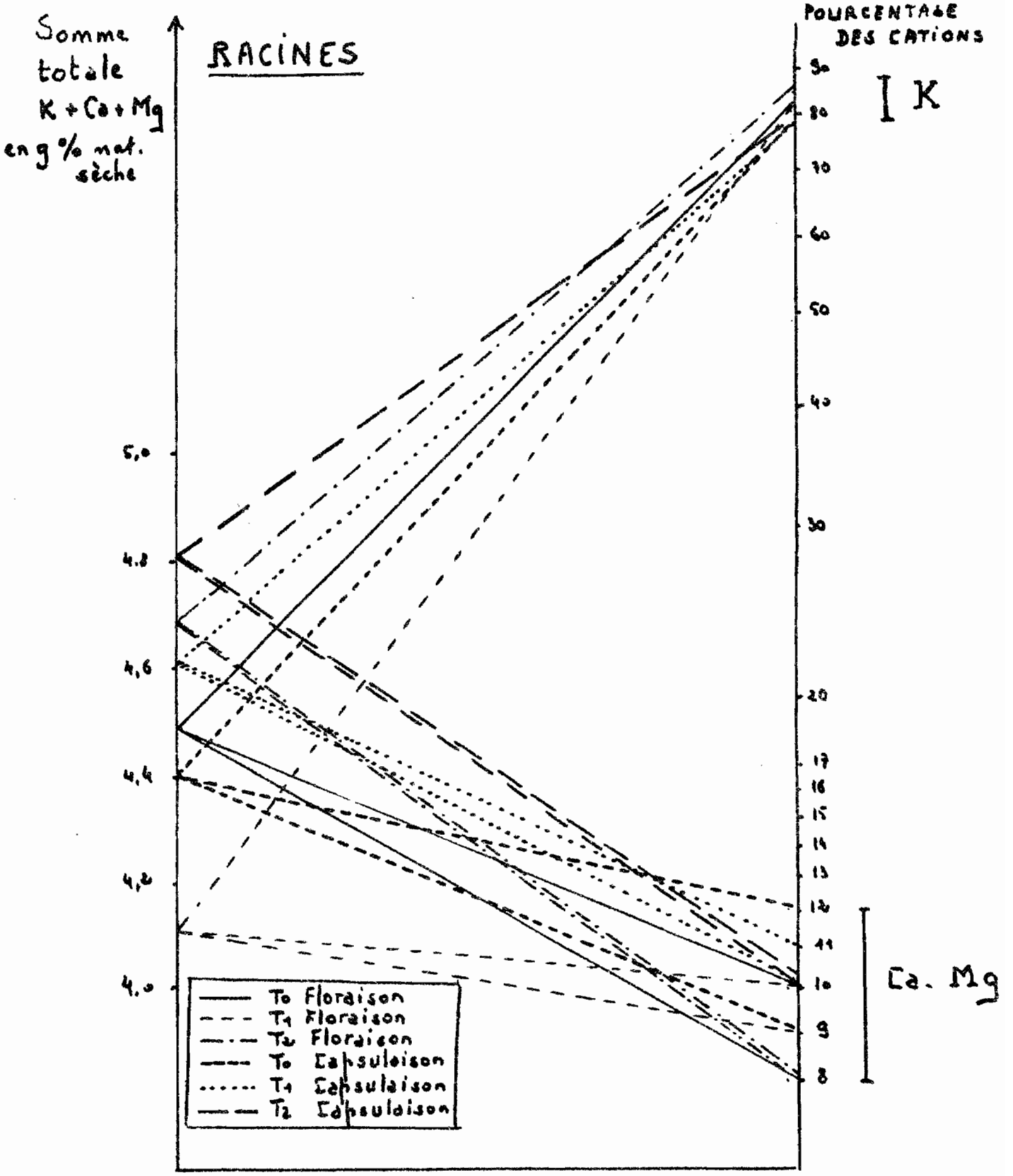
Comme pour les anions les 2 graphiques présentés ci-après montrent la répartition de chacun des cations pour les sommes K + Ca + Mg moyennes, des 8 variétés. Ainsi par exemple pour une somme globale K + Ca + Mg égale à 7,200 g sur les feuilles des plantes témoins à la floraison, on voit que les cations sont répartis de la façon suivante : 9 % de Mg, 48 % de K 43 % de Ca. En fait,les projections correspondent au Ca, n'ont pas été tracées sur le graphique correspondant aux feuilles pour des raisons de clarté car elles se situent dans le même éventail que celles du K. C'est à dire entre 42 et 48 % de l'ensemble des cations.

Rappelons que pour la commodité de la représentation l'échelle de droite représentant le pourcentage des cations est logarithmique.

La comparaison des graphiques feuilles-racines montre la forte proportion de K dans les tissus radiculaires par rapport aux feuilles. On peut également observer, mieux que dans le cas de la représentation triangulaire précédente le changement dans l'association du Ca qui se fait avec le K au niveau des racines. La mobilité de cet élément et sa faculté de migration vers le feuillage dans les conditions du milieu toxique, sont bien mises en évidence.



Graphique 28



Graphique 29

MODIFICATIONS DU RAPPORT ANIONS/CATIONS SOUS L'EFFET DES TRAITEMENTS.

Les graphiques 30 et 31 présentent ces modifications à la floraison et à la capsulaison. Le manganèse n'est pas ici compté dans la somme totale des cations, on constatera donc que l'abaissement du rapport est en relation exclusivement avec l'augmentation des cations représentées par les éléments majeurs, K, Ca, Mg. Si le manganèse intervenait la diminution du rapport A/C serait encore plus accusée. D'une manière générale, la somme des anions présente peu de variations d'un traitement à l'autre pour les 8 variétés. La moyenne générale donne les résultats suivants.

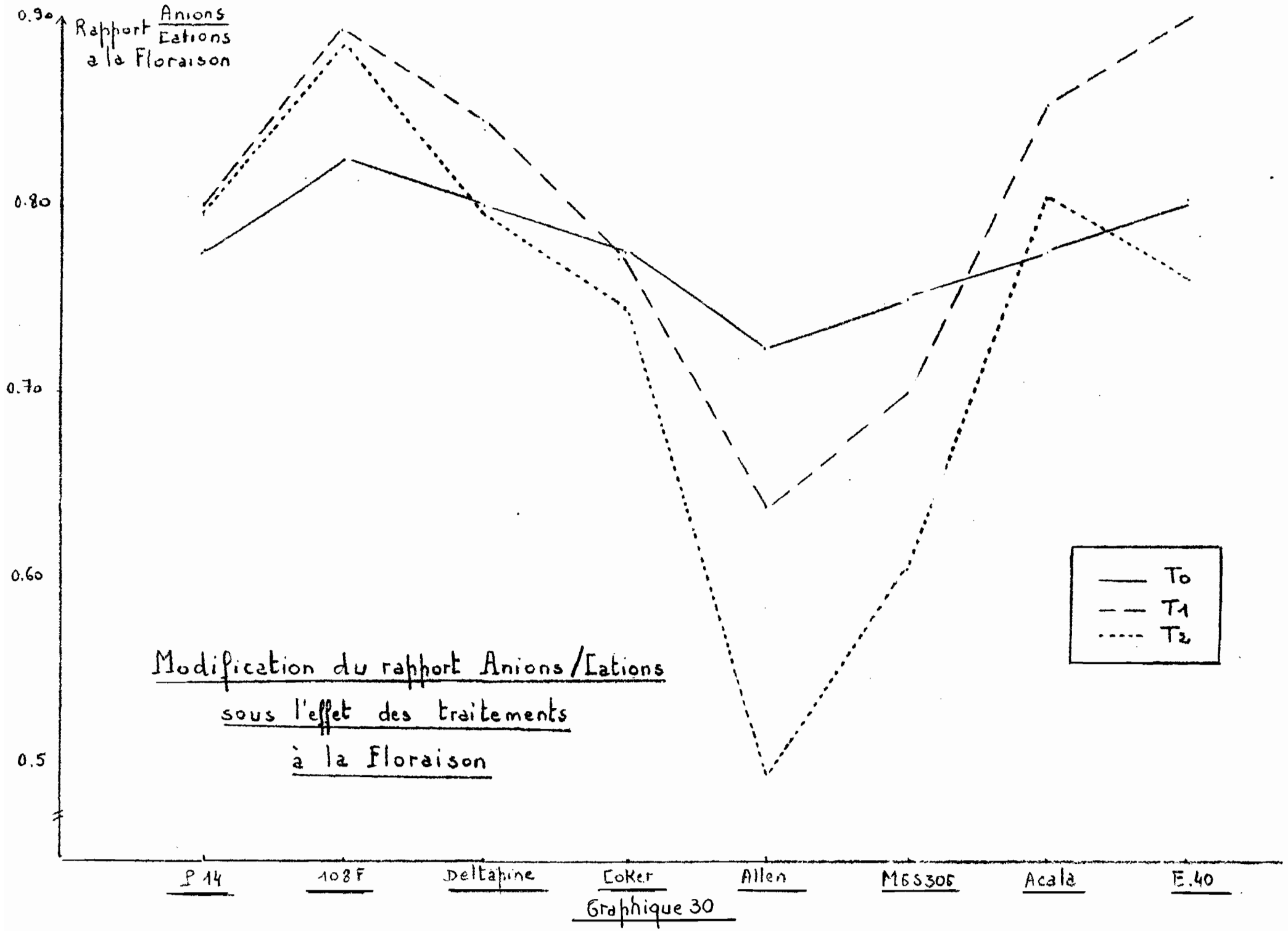
	Floraison	Capsulaison
T_o	5.545	5.053
T_1	5.269	5.130
T_2	5.420	5.267
	Somme totale des Anions dans les feuilles	

Elle réflète assez fidèlement les chiffres observés sur toutes les variétés.
C'est donc bien à une augmentation de l'ensemble des cations, abstraction faite du Manganèse, ainsi que nous venons de le dire, qu'il faut attribuer l'abaissement de la valeur du rapport A/C. En fait les chiffres confirment parfaitement cette observation : Ainsi pour les moyennes générales :

	Floraison	Capsulaison
T_o	7.113	7.210
T_1	6.666	7.470
T_2	7.755	8.866
	Somme totale des cations dans les feuilles	

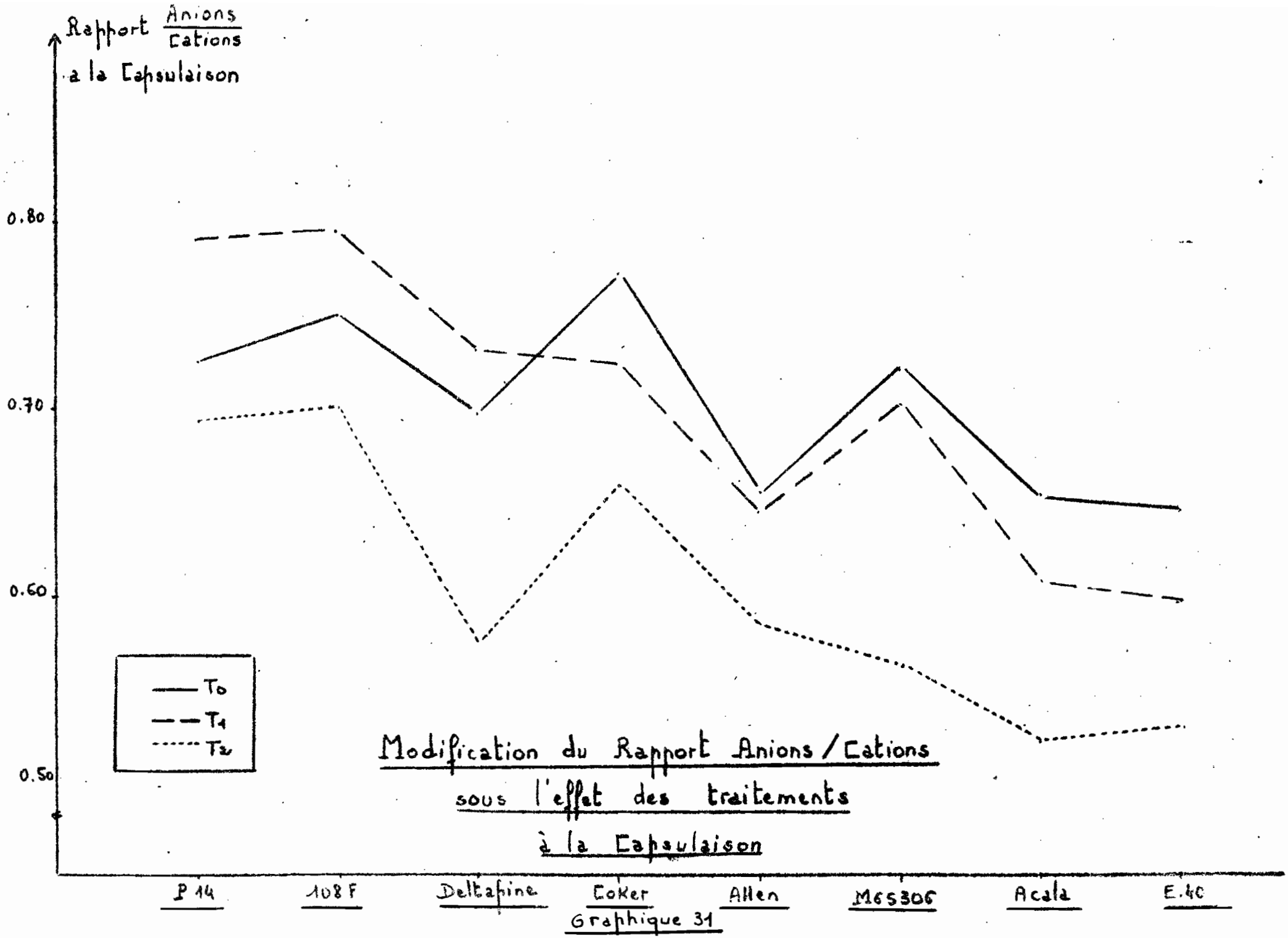
Les plantes fortement intoxiquées semblent avoir un mauvais contrôle de l'absorption cationique en général.

Les différences les plus accusées ont été observées à la floraison pour Allen 151, dont la somme totale des cations à la floraison donne 7.700 pour T_o, 8.040 pour T_1 et 11.610 pour T_2. Or cette variété s'est avérée être statistiquement la plus sensible. A la capsulaison c'est M6. S 306 qui présente la plus grande amplitude pour la somme des cations avec pour T_o ; 6.990, pour T_1 7.630 et pour T_2 10.550.



Modification du rapport Anions/Cations sous l'effet des traitements à la Floraison

Graphique 30



Modification du Rapport Anions / Cations sous l'effet des traitements à la Capsulaison

Graphique 31

VI - CONCLUSIONS GENERALES

La remarque mentionnée à la fin de l'introduction de ce mémoire, qui soulignait la complexité d'une étude de la toxicité minérale, avait amené la question : "Les variétés les plus sensibles sont-elles celles qui absorbent de plus d'éléments toxiques" ? Cette question peut elle recevoir une réponse à la suite de cette étude ?

Nous avons vu qu'une classification par ordre de résistance des 8 variétés testées, s'avérait statistiquement possible, et différenciait d'une part, deux variétés qualifiées de résistantes, en second lieu, 5 variétés dont le comportement présente des analogies, avec une sensibilité aux fortes doses de Manganèse, et enfin une variété particulièrement sensible puisqu'elle réagit dès le traitement modérément toxique.

En se reportant au tableau présentant les teneurs moyennes en Manganèse, à la page 3[illegible], on est amené à faire les observations suivantes :

- A la floraison :

  Le traitement modérément toxique entraine une élevation moyenne des teneurs en Manganèse, dans les feuilles comme dans les racines pour la plupart des variétés, M6. S 306 et et Acala, présentant les valeurs les plus élevées.

  Le traitement fortement toxique, met, lui dès la floraison, en évidence, un très net décrochement des teneurs en Manganèse dans des feuilles entre, d'une part, les variétés P. 14 - 108 F - Deltapine et Coker, et d'autre part les variétés Allen - M6. S 306 - Acala et E. 40. Chez ces quatre dernières, les teneurs en Mn apparaissent 2 à 3 fois plus élevées que chez les premières.
  On est donc amené à faire un rapprochement entre sensibilité plus grande et fortes teneurs en oligoélément des tissus et ceci d'autant plus, que, précisément à ce stade, c'est la variété Allen qui détient le record des teneurs avec 18.000 p.p.m. de Mn dans son feuillage.

- A la capsulaison :

La discrimination demeure à peu près analogue, trois des variétés 108 F - P. 14 et Deltapine présentent les plus faibles teneurs, - du même ordre de grandeur d'ailleurs pour les trois - tandis que les cinq autres variétés se regroupent avec de très fortes concentrations qui atteignent 17.500 p.p.m. chez Allen et même 20.000 chez M6.S306.

Si les correlations étudiées ont rapproché davantage la variété Deltapine du groupe des "sensibles aux fortes doses", bien que ses teneurs soient du même ordre de grandeur que celles des variétés résistantes, il semble cependant qu'il apparait bien chez ces dernières une aptitude à contrôler l'introduction du manganèse pour réduire sa concentration dans le tissu végétal. C'est un point qui doit être retenu. Inversement, les variétés sensibles se laissent très rapidement, ici dès la floraison, "envahir" par l'oligoélément. Cette introduction rapide et massive de l'agent d'intoxication est elle propre aux variétés ou est-elle accidentelle ? et implique-t-elle par la suite une moindre résistance de la part des plantes ? C'est là une question qui ne peut recevoir de réponse. Quoiqu'il en soit admettons, à la lumière des résultats qu'il y a une relation indubitable entre la sensibilité variétale et la concentration en élément responsable de la toxicité.

Cette considération, toutefois, n'est pas suffisante et il faut adjoindre à la notion résistance - sensibilité, les tendances variétales propres à l'alimentation minérale dans son ensemble. Si en effet, on se reporte aux deux graphiques présentant les modifications du rapport Anions/Cations sous l'effet des traitements il est possible de faire les constatations suivantes :

- A la floraison :

La valeur de ce rapport s'abaisse de façon spectaculaire par suite d'un fort accroissement de la somme totale des cations (dont on a excepté le Manganèse, rappelons-le) entre le traitement témoin et le traitement fortement toxique.

Ceci est tout particulièrement valable pour Allen, M6. S306 et E. 40.
Cette modification apparait donc très rapidement chez ces dernières variétés alors que pour le Manganèse, les différences de teneurs, à ce stade de la croissance, étaient peu marquées. Les variétés qualifiées de sensibles et très sensibles sont ainsi celles chez lesquelles on observe très tôt un déséquilibre entre les anions et les cations, par une introduction plus abondante de ces derniers dans les tissus.

- A la capsulaison :

Si les différences d'amplitude dans l'abaissement de ce rapport, s'estompent peu à peu, pour l'ensemble des variétés, on constate cependant, et cela confirme bien ce qui vient d'être dit plus haut, que c'est bien à l'effet direct du traitement toxique que correspond cette orientation dans la répartition des éléments minéraux. Sur le graphique 31 la courbe correspondant aux traitements T_2 montre bien que toutes les variétés sous l'effet de la toxicité, présentent un changement d'équilibre anions-cations.

Il y a donc dans la manifestation de la toxicité et l'état de sensibilité plus ou moins grand des plants, d'une part un mauvais contrôle d'absorption du Manganèse et alors les variétés les plus touchées sont celles qui en comportent les plus grandes quantités, et d'autre part un mauvais contrôle d'absorption des autres cations qui fait apparaître chez ces dernières variétés un abaissement très important du rapport Anions-Cations.

- Nous avons vu, dans l'introduction que plusieurs auteurs font mention de l'extension du réseau radiculaire des plantes dans leur rapport avec la sensibilité à la toxicité. Ainsi, un système racinaire très étendu est susceptible de drainer davantage de cet élément puisqu'il exploite un volume de sol plus grand. Si nous nous référons, au

tableau VII de la page 47, nous constatons que ce sont les variétés les plus sensibles qui présentent les plus fortes régressions de poids radiculaire, entre les plants témoins et les plantes sévèrement intoxiqués.

Ainsi :

- chez M.6 S 306, à la capsulaison, le poids des racines témoins est le plus élevé, avec 99 g. Il s'abaisse à 4 g chez les plantes intoxiquées
- chez Allen de 86 g pour T_0 le système racinaire ne pèse plus que 4 g pour T_2. Au contraire, sur les cultures résistantes la variation de poids est beaucoup plus atténuée.

Ainsi :

- elle passe de 52 g à 36 g chez P. 14
- et de 30 à 24 g chez 108 F.

Faut-il voir alors une relation entre le fort développement du chevelu radiculaire propre à chaque variété, au départ de l'expérimentation et sa dégradation plus ou moins poussée au fur et à mesure du degré d'intoxication, celle-ci apparaissant d'ailleurs dès le stade de la floraison. Une réponse affirmative paraît délicate et nous préférons laisser cette remarque sous la forme de la constatation qui vient d'être mentionnée, et qui complète ces éléments de conclusion.

Variété : P. 14

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	NS		
2	- -	NS		
1	Poids frais racine	NS		
2	- -	NS		
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	NS		
2	-	NS		
1	P %	NS		
2	-	NS		
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	NS		
2	-	NS		
1	Mg %	NS		
2	-	HS	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	HS	$\underline{T_2}\ \underline{T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	HS	$\underline{T_2\ T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : P. 14

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaison de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	NS		
2	- -	NS		
1	Poids frais racine	NS		
2	- -	NS		
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	NS		
2	-	HS	$\underline{T_2 \quad T_1}$, $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	P %	HS	$\underline{T_o \quad T_1}$, $\underline{T_2}$	$T_o-T_2 = S$
2	-	NS		
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	S	$\underline{T_o \quad T_1}$, T_2	$T_o-T_2 = S$
2	-	NS		
1	Mg %	NS		
2	-	S	$\underline{T_1}$, $\underline{T_2 \quad T_o}$	$T_o-T_1 = S$
1	Mn ppm	HS	$\underline{T_2}$, $\underline{T_1}$, $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	HS	$\underline{T_2 \quad T_1}$, $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : 108 F

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante		idem racines	
2	- -			
1	Poids frais racine		idem racines	
2	- -			
1	N %			
2	-			
1	S %			
2	-			
1	P %	S	$\underbrace{T_1 \quad T_2}$ T_o	$T_o - T_1 = S$
2	-			
1	K %			
2	-			
1	Ca %			
2	-	S	$\underbrace{T_2}$ $\underbrace{T_1 \quad T_o}$	$T_o - T_2 = S$
1	Mg %	S	$\underbrace{T_2}$ $\underbrace{T_1}$ $\underbrace{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$
2	-	S	$\underbrace{T_2}$ $\underbrace{T_1}$ $\underbrace{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underbrace{T_2}$ $\underbrace{T_1}$ $\underbrace{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$
2	-	S	$\underbrace{T_2}$ $\underbrace{T_1}$ $\underbrace{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$

Variété : 108 F

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	S	$\underline{T_o\ T_1\ T_2}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	- -			
1	Poids frais racine			
2	- -			
1	N %			
2	-	S	$\underline{T_2\ T_o}\ T_1$	$T_o-T_1 = S$
1	S %			
2	-	S	$\underline{T_o\ T_2\ T_1}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	P %	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-			
1	K %			
2	-			
1	Ca %			
2	-	S	$\underline{T_o\ T_2\ T_1}$	$T_o-T_1 = S$
1	Mg %	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
2	-			
1	Mn ppm		$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-		$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : DELTAPINE

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante		idem	racines
2	- -			
1	Poids frais racine		idem	racines
2	- -			
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	NS		
2	-	NS		
1	P %	NS		
2	-	NS		
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	NS		
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mg %	S	$\underline{T_2\ T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : DELTAPINE

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significative entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1\ T_o}$	T_o-T_1 = NS
2		S	$\underline{T_1\ T_o}$ $\underline{T_2}$	T_o-T_2 = B T_o-T_1 = NS T_o-T_2 = S
1	Poids frais racine	NS		
2		NS		
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	NS		
2	-	NS		
1	P %	S	$\underline{T_1\ T_o}$ $\underline{T_2}$	
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_o\ T_1}$	
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	S	$\underline{T_1\ T_o}$ $\underline{T_2}$	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	Mg %	S	$\underline{T_1\ T_2}$ $\underline{T_o}$	T_o-T_1 = S
2	-	S	$\underline{T_1\ T_2}$ $\underline{T_o}$	T_o-T_1 = S
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1}$ $\underline{T_o}$	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S

Variété : COKER 100

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante			
2	- -		idem	racines
1	Poids frais racine			
2	- -		idem	racines
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	NS		
2	-	NS		
1	P %	NS		
2	-	NS		
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	NS		
2	-	NS		
1	Mg %	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_o\ T_1}$	$T_o - T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o - T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2\ T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o - T_1 = S$ $T_o - T_2 = S$

Variété : COKER 100

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	NS		
2		S	T_o T_1 T_2	T_o-T_2 = S
1	Poids frais racine	NS		
2		NS		
1	N %	NS		
2	-	NS		
1	S %	S	T_2 T_o T_1	
2	-	NS		
1	P %	NS		
2	-	NS		
1	K %	NS		
2	-	NS		
1	Ca %	NS		
2	-	NS		
1	Mg %	S	T_2 T_1 T_o	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-	S	T_2 T_1 T_o	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
1	Mn ppm	S	T_2 T_1 T_o	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2		S	T_2 T_1 T_o	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S

Variété : ALLEN 151

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1 plante	HS	T_o T_1, T_2	T_o-T_2 = S
2		S	T_o T_1, T_2	T_o-T_2 = S
1	Poids frais racine	HS	T_o, T_1, T_2	T_o-T_1 = S ; T_o-T_2 = S
2		S	T_o, T_1 T_2	T_o-T_2 = S
1	N %	HS	T_o T_1, T_2	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	S %	HS	T_2, T_o T_1	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	P %	S	T_2 T_o, T_1	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	K %	HS	T_2, T_o T_1	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	Ca %	HS	T_2, T_1, T_o	T_o-T_2 = S
2	-	S	T_2 T_1, T_o	T_o-T_2 = S
1	Mg %	HS	T_2, T_1 T_o	T_o-T_2 = S
2	-	NS		
1	Mn ppm	HS	T_2, T_1, T_o	T_o-T_1 = S ; T_o-T_2 = S
2	-	HS	T_2 T_1, T_o	T_o-T_1 = S ; T_o-T_2 = S

Variété : ALLEN 151

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin	
1	Pds frais d'1 plante	HS	T_o T_1, T_2		T_o-T_2 = S
2		S	T_o T_1, T_2		T_o-T_2 = S
1	Poids frais racine	HS	T_o, T_1, T_2	T_o-T_1 = S	T_o-T_2 = S
2		S	T_o, T_1 T_2		T_o-T_2 = S
1	N %	HS	T_2, T_o, T_1		T_o-T_2 = S
2	-	HS	T_2, T_o T_1		T_o-T_2 = S
1	S %	HS	T_2, T_o T_1		T_o-T_2 = S
2	-	HS	T_2, T_1 T_o		T_o-T_2 = S
1	P %	HS	T_2, T_o T_1		T_o-T_2 = S
2	-	HS	T_2, T_1 T_o		T_o-T_2 = S
1	K %	HS	T_2, T_o T_1		T_o-T_2 = S
2	-	S	T_1 T_2, T_o	T_o-T_1 = S	
1	Ca %	HS	T_o, T_1 T_2	T_o-T_1 = S	T_o-T_2 = S
2	-	NS			
1	Mg %	NS			
2	-	NS			
1	Mn ppm	HS	T_2 T_1, T_o	T_o-T_1 = S	T_o-T_2 = S
2	-	HS	T_2, T_1, T_o	T_o-T_1 = S	T_o-T_2 = S

Variété : M6 - S. 306

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significative entre les moyennes	Différence significative des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1 Plante			
2			idem	racines
1	Poids frais racine			
2			idem	racines
1	N %	S	$\underline{T_o\ T_1\ T_2}$	$T_o-T_2 = S$
2	-			
1	S %			
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	P %			
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	K %			
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Ca %	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mg %	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1\ T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Tableau récapitulatif des traitements significatifs
et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significative entre les moyennes	Différence significative des moyennes par rapport au témoin
1	Pds frais d'1 plante	S	T_o T_1, T_2	$T_o - T_2 = S$
2		S	T_o T_1, T_2	$T_o - T_2 = S$
1	Pds frais racine			
2	-	S	T_o T_1, T_2	$T_o - T_2 = S$
1	N %	S	T_2, T_o T_1	$T_o - T_2 = S$
2	-	S	T_2, T_o T_1	$T_o - T_2 = S$
1	S %	S	T_2, T_o T_1	$T_o - T_2 = S$
2	-			
1	P %	S	T_2 T_1, T_o	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2=S$
2	-	S	T_2, T_1 T_o	$T_o-T_2=S$
1	K %	S	T_2 T_1, T_o	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2=S$
2	-	S	T_o, T_1, T_2	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2=S$
1	Ca %			
2	-			
1	Mg %			
2	-		T_1 T_o, T_2	$T_o-T_2=S$
1	Mn ppm	S	T_2, T_1, T_o	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2=S$
2	-		T_2 T_1, T_o	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2=S$

Variété : ACALA 442

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différence significative entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1 plante		idem racines	
2	- -	S		
1	Poids frais racine		idem racines	
2	- -			
1	N %	S	$\underline{T_o}$ $\underline{T_1\ T_2}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_o\ T_1}$ $\underline{T_2}$	$T_o-T_2 = S$
1	S %			
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_o\ T_1}$	$T_o-T_2 = S$
1	P %			
2	-			
1	K %	S	$\underline{T_o}$ $\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-			
1	Ca %			
2	-			
1	Mg %			
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2}$ $\underline{T_1}$ $\underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : ACALA 442

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1 plante			
2	- -	S	$\underline{T_o\ T_1}\ T_2$	$T_o-T_2 = S$
1	Poids frais racine			
2	- -			
1	N %	S	$\underline{T_o}\ \underline{T_1}\ \underline{T_2}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-			
1	S %			
2	-	S	$\underline{T_2}\ \underline{T_1\ T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	P %	S	$\underline{T_o}\ \underline{T_2\ T_1}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-			
1	K %	S	$\underline{T_o\ T_2}\ \underline{T_1}$	$T_o-T_1 = S$
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	Ca %			
2	-	S	$\underline{T_o}\ \underline{T_1\ T_2}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	Mg %			
2	-	S	$\underline{T_1\ T_2}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2}\ \underline{T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2				

Variété : E. 40

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : FEUILLES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1 plante		idem	racines
2	- -			
1	Poids frais racine		idem	feuilles
2	- -			
1	N %	S	$\underline{T_o\ T_1\ T_2}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_o\ T_1}\ \underline{T_2}$	$T_o-T_2 = S$
1	S %	S	$\underline{T_o}\ \underline{T_2\ T_1}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-			
1	P %	S	$\underline{T_o\ T_2}\ \underline{T_1}$	$T_o-T_2 = S$
2	-			
1	K %	S	$\underline{T_o\ T_2}\ \underline{T_1}$	$T_o-T_1 = S$
2	-			
1	Ca %	S	$\underline{T_2\ T_o}\ T_1$	$T_o-T_2 = S$
2	-			
1	Mg %			
2	-	S	$\underline{T_2\ T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_2 = S$
1	Mn ppm	S	$\underline{T_2}\ \underline{T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$
2	-	S	$\underline{T_2}\ \underline{T_1}\ \underline{T_o}$	$T_o-T_1 = S$ $T_o-T_2 = S$

Variété : E. 40

Tableau récapitulatif des traitements significatifs et des comparaisons de moyennes

Elément analysé : RACINES

Récolte	Traitements	Sign.	Différences significatives entre les moyennes	Différences significatives des moyennes par rapport au Témoin
1	Pds frais d'1plante	S	T_1 T_o T_2	
2	- -			
1	Poids frais racine			
2	- -			
1	N %	S	T_o, T_2, T_1	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-	S	T_2 T_o, T_1	T_o-T_1 = S
1	S %	S	T_2, T_o, T_1	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-	S	T_2, T_o T_1	T_o-T_2 = S
1	P %	S	T_o, T_2 T_1	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-	S	T_2, T_o T_1	T_o-T_2 = S
1	K %	S	T_o, T_2, T_1	T_o-T_1 = S T_o-T_2 = S
2	-			
1	Ca %			
2	-	S	T_o, T_2 T_1	T_o-T_2 = S
1	Mg %			
2				
1	Mn ppm	S	T_2 T_1, T_o,	T_o-T_1 = s T_o-T_2 = S
2				

BIBLIOGRAPHIE

1 - AYERS A.D., BROWN J.W. WADLEIGH C.H. 1952.-
Agr. J. 44, 307-310.

2 - BERTRAND G. ROSEN M. 1921.-
C.R. Acad Sci. t. 173 : 333-336.

3 - BOURCET P.(15) P. 1899.-
C.R. Acad. Sci. Paris, 129 : 768-770.

4 - BUTLER G.W., JOHNS A.T. 1961.-
J. Aust. Inst. Agr. Sci., 27 : 123-133.

5 - DENCEREAUX L. OUELLETTE O.J. 1958.-
Canad. Jour. Soil Sci. 38 : 8-13.

6 - DIDIER de SAINT AMAND J. 1968.-
Multigr. ORSTOM, SSC Bondy.

7 - DIDIER de SAINT AMAND J., DEJARDIN J. 1969.-
Ser. Init. Doc. Techniq. ORSTOM, n° 9.

8 - DRAKE M., VENGRIS J., COLLOY W.G. 1951.-
Soil Sci., 72 : 139-47.

9 - EARLEY E.B. 1943.-
J. Amer. Soc. Agr., 35 : 1012-1023.

10 - ELGALABY M.M., JENNY H., OUERSTREET R. 1943.-
Soil Sci. 55 : 257-262.

11 - EVANS 1938.-
Ann. Bot. London NS 2 : 159-182.

12 - GAUCH H.G., MAGISTARD O.C. 1943.-
J. Amer. Soc. Agr., 35 : 871-880.

13 - GREENWAY H. 1962.-
Aust. J. Biol. Sci., 15 : 16-38.

14 - GREGORY F.G., CROWTHER 1928.-
Ann. Bot., 42 : 757-770.

15 - HARVEY P.H. 1939.-
Genetics 24, 437-461.

16 - HAYWARD H.E., WADLEIGH C.H. 1949.-
Advan. Agr;, 1 : 1-38.

17 - HENKENS C.H., JORGNAN E. 1965.-
Neth. J. Agric. Sci., 13 - 4, : 392-407.

18 - HOENER I.R., DE TURCK E.E. 1938.-
J. Amer. Soc. Agron., 30 : 232-243.

19 - HOFFER G.N., CARR R.H. 1923.-(81)
J. Acad. Res., 23 : 801-824.

20 - JADIN F. ASTRUC A. 1912.-
C.R. Acad. Sci., 155-406.

21 - JENNY H., OVERSTREET R. 1939.-
Soil Sci., 47 : 257-272.

22 - KEELEY H.D. 1914.-
Bot. Gaz. 57 : 213-227.

23 - LOCKARD R.G. 1959.-
Depart. of Agr. Malaya, 108 : 12-24.

24 - LUNDEGARDH H. 1931.-
Medd. Cent. Aust. Försökus Stockholn. 403 : 1-146.

25 - LUNDEGARDH H. 1942.-
Soil Sci., 54 : 177-189.

26 - LYNESS A.S.(118) 1936.-
Plant Physiology 11 : 665-688.

27 - Mac COOL 1935.-
Contr. Boyce Thompson Inst. 7 : 427-437.

28 - Mac MILLAN C. 1959.-
Amer. J. Bot. 7 : 521-526.

29 - MAUME M., DULAC J. 1943.-
Conf. R. Ac. Sci. Paris, 198 : 199-202.

30 - MAUME M., DULAC J. 1943.-
Ann. Eco. Agri. Montpellier 23 : 96-103.

31 - MOUAT M.C.H. 1960.-
Nature, London, 188 : 513-514.

32 - MUNNS D.N., JOHNSON C.M., JACOBSON L. 1963.-
Plant and Sol 19 : 115-126, 193-205, 285-295.

33 - NEENAN M. 1960.-
Plant and soil 12 : 324-338.

34 - PEARSON G.A.
Intern. Rice comm. News lett. FAO, 10 : 1-4.

35 - POISSON C. 1961.-
Coton et Fibres trop. IRCT, 16, 3 : 312-320.

36 - RABIDEAU G.S., WHALEY W.G., HEINSCH C. 1950.-
Amer. J. Bot. 37 : 93-99.

37 - RUCK H.C., GREGORY F.G. 1955.-
Nature London 175 : 378-379.

38 - RUCK H.C. 1960.-
Physiol. Plantar. 13 : 786-792.

39 - SMITH S.N. 1934.-
J. Amer. Soc. Agro. 26 : 785-804.

40 - STROGONOV B.P., IVARITSKARA E.F., CHESNYDEVA I.P. 1956.-
Fiziol. Rast. 3 : 319-327.

41 - TURNER R.G. - 1970 - New. Phytologist G.B. 69 n° 3, 725. 31

42 - VLASJUK P.A., LISNIK S.S. 1970 - En Russe. Résumé anglais.
Fiziol. Biokhim Kul tur Rasten USSR 2. n° 4, 348. 53.

43 - VOSE P.B., RANDALL P.J. 1962.-
Nature London 196 : 85-86.

44 - VOSE P.B. 1963.-
Herbage abstracts vol. 33, n° 1.

45 - WEISS M.G. 1943.-
Genetics 28 : 253-268.

46 - WILKINS D.A. 1957.-
Nature Lond. 180, 37.

47 - WILKINS D.A. 1960.-
Rep. Scot. Pl. Bread Sta. 1960 : 85-98.

48 - YAMASAKI M. 1931.-
J. agr. exp. Sta. Tokyo, 1 : 305-326.

DEUXIEME PARTIE

EFFETS DE LA TOXICITE MANGANIQUE SUR LA REPARTITION DES CONSTITUANTS PHOSPHORES DU COTONNIER.

DEUXIEME PARTIE

P L A N

pages

I - INTRODUCTION 126

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES 128

- Conduite de l'expérience
- Traitement des récoltes
- Variétés testées
- Type d'expérimentation.

III - METHODE ANALYTIQUE APPLIQUEE 130

Méthode de fractionnement des constituants phosphorés végétaux.

IV - RESULTATS ANALYTIQUES 132

- Pour les feuilles
- Pour les racines

V - INTERPRETATION DES RESULTATS 138

VI - CONCLUSION - GRAPHIQUES GENERAUX 155

BIBLIOGRAPHIE 157

R E S U M E

Le bilan minéral, étudié dans la première partie de cette étude, a mis en évidence divers effets significatifs du traitement toxique sur les nodifications des teneurs en anions et cations dans les feuilles et les racines des cotonniers.

Nous avons essayé d'étudier plus en détail les relations entre manganèse et phosphore, car cet élément intervient dans de multiples composés de toute première importance dans la vie végétale. Nous verrons au cours de cette étude qu'il a pu être possible de faire ressortir des différences significatives entre les plantes témoins et les plantes intoxiquées sur la répartition spatiale et quantitative des constituants phosphorés du végétal. Un graphique, des proportions relatives de chacune de ces formes, sur plantes saines et malades a été dressé pour 7 variétés, au niveau des feuilles et au niveau des racines.

Le point de vue de la différenciation variétale n'est pas envisagé ici, car le but de cette étude est essentiellement de mettre en évidence, les relations toxicité et répartition des constituants phosphorés de façon globale sur l'ensemble des variétés cultivées.

I - INTRODUCTION.

Les composés phosphorés du coton ont été assez fréquemment étudiés. Les travaux s'attachent surtout à préciser leur répartition et leur détermination dans les graines ou les embryons.

De 1913 à 1918 ANDERSON et RATHER ont démontré que, chez les embryons de cotonnier, l'acide phytique est la forme essentielle de tous les composés phosphorés. ANDERSON par la suite a mis en évidence la présence d'hexaphosphate d'inositol RATHER, celle d'acide pentaphosphorique, estimés être des corps donnés par l'action de la phytase sur l'acide phytique.

FONTAINE, T.D. - PONS, W.A.(11) ont présenté des résultats montrant un accroissement du phosphore sous sa forme minérale, au cours de la germination, en relation avec la disparition rapide de l'acide phytique.

PONS, W.A. et ses collaborateurs (21) ont par la suite, étudié un système d'analyses des fractions du phosphore dans les plantes et, ont indiqué des valeurs du phosphore phytique, minéral, lipidique, des esters phosphorés, et du phosphore nucléique dans les embryons de coton.

Plus récemment ERGLE, D.R. (6) a fourni des estimations sur ces mêmes fractions complétées par celles du phosphore protéique, dans des tissus variés de cotonnier et dans des embryons mûrs.

ERGLE, D.R. et GUINN, G. (7) font des estimations de toutes ces formes de composés au cours de la germination des graines de 3 variétés de cotonniers. Ils donnent pour les 3 embryons les proportions suivantes :

- 83 % de phosphore phytique
- 4 % de phosphore minéral
- 7 % de phosphore lipidique
- 3 % d'esters phosphoriques
- 1 % de phosphore protéique et nucléique.

Ils notent quelques différences variétales, essentiellement dans le phosphore phytique qui se trouve être plus abondant chez les variétés tardives que chez les variétés précoces.

ERGLE, D.R., FRANCK, R.H. et KATTERMANN (8) ont présenté en 1961, les résultats d'une étude sur la composition des acides désoxyribonucléiques de 9 génotypes de Gossypium. Ils précisent la teneur de 9,2 % en phosphore, du produit purifié, dont le caractère fibraux est mis en évidence.

L'étude réalisée ici se propose d'exposer les résultats obtenus pour les composés phosphorés suivants :

1) Formes solubles dans l'acide trichloracétique (ATC) :
   minérales
   organiques : esters, phosphoglucides etc...
2) Forme non soluble dans l'ATC :
   phosphore lipidique
3) Phosphore protéique
4) Phosphore nucléique :
   P - ARN (= lié aux acides ribonucléiques)
   P - ADN (= lié aux acides désoxyribonucléiques)

Les dosages sont réalisés sur des tissus chlorophylliens et radiculaires de plantes adultes, âgées de 2 mois 1/2 et ayant été soumises 1 mois et demi à un traitement correspondant à l'addition de 100 p.p.m. de Manganèse dans le milieu nutritif. La composition de la solution minérale en éléments majeurs et oligo-éléments, ainsi que le dispositif d'expérimentation utilisé, sont identiques à ceux décrits dans la première partie du mémoire au chapitre intitulé "Conditions expérimentales".

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES.

° - CONDUITE DE L'EXPERIENCE

Les graines ont été disposées dans les pots en semis direct, afin d'éviter, avec le repiquage, des différences dans la profondeur du développement des radicelles. La hauteur du plan de liquide au niveau des plantules est en effet extrêmement importante. Un ennoyage trop profond des jeunes racines aurait pour effet rapide une asphyxie susceptible de freiner de façon importante le démarrage de la croissance.

Le semis direct permet en prenant quelques soins d'homogénéiser avec précision la profondeur de l'emplacement des graines et de bien contrôler le niveau du liquide nutritif.

Après la levée, 3 plantes sont conservées. Durant les 6 à 7 premiers jours les plantules sont alimentées par de l'eau permutée, puis durant les 8 jours suivants, avec la solution nutritive diluée par moitié. Les cultures sont ensuite alimentées avec la solution normale. Les pots destinés à l'étude du traitement manganique reçoivent 100 ppm de manganèse, en 2 à 3 fois, suivant l'aspect de la culture. La première application se fait environ 2 semaines après le semis. A leur récolte les plantes sont au stade du début de la capsulaison elles ont été soumise à environ 7 à 8 semaines de traitements. Un échantillonnage moyen de feuilles et de racines est alors effectué sur l'ensemble des plantes. Soulignons qu'il s'agit ici d'une expérimentation tout à fait indépendante de celle dont il est question dans la première partie.

° - TRAITEMENT DES RECOLTES

Toutes les opérations sont effectuées dans le minimum de temps :

- les plantes entières sont essuyées au papier Joseph puis séparées en feuilles, et racines.
- L'ensemble des feuilles d'une part, des racines d'autre part, est découpé grossièrement ou tronçonné.
- Sur le stock total de matière fraîche bien mélangée, on prélève un échantillon moyen de 200 à 300 g que l'on traite par lyophilisation à -60° C.
- La matière cryodésséchée est réduite en poudre et conservée à -10° C.

- L'ensemble des feuilles d'une part, des racines d'autre part, est découpé grossièrement ou tronçonné.
- Sur le stock total de matière fraîche bien mélangée, on prélève un échantillon moyen de 200 à 300 g que l'on traite par lyophilisation à -60° C.
- La matière cryodésséchée est réduite en poudre et conservée à -10° C.

o - VARIETES TESTEES

Il s'agit de 7 variétés dont les caractéristiques et la provenance ont été décrites dans la première partie. Ce sont des semences sélectionnées par l'IRCT qui sont :

- P. 14 T 129
- 108 F
- Coker - 100 wilt
- Deltapine 15
- M.6 - S. 306
- Allen 151
- Acala 442

o - Type d'expérimentation réalisé.

Afin de pouvoir analyser statistiquement l'ensemble des résultats analytiques concernant les divers constituants phosphorés, chacune des variétés mises en culture, est considérée comme une répétition, dans un ensemble randomisé à 2 traitements, T_o, traitement témoin, T Mn, traitement apportant 100 p.p.m. de Manganèse, et à 7 répétitions.

III - METHODES ANALYTIQUES UTILISEES.

La méthode de fractionnement des constituants phosphorés végétaux qui a été utilisée est publiée dans la série ORSTOM. Initiations Documentation Technique (4).

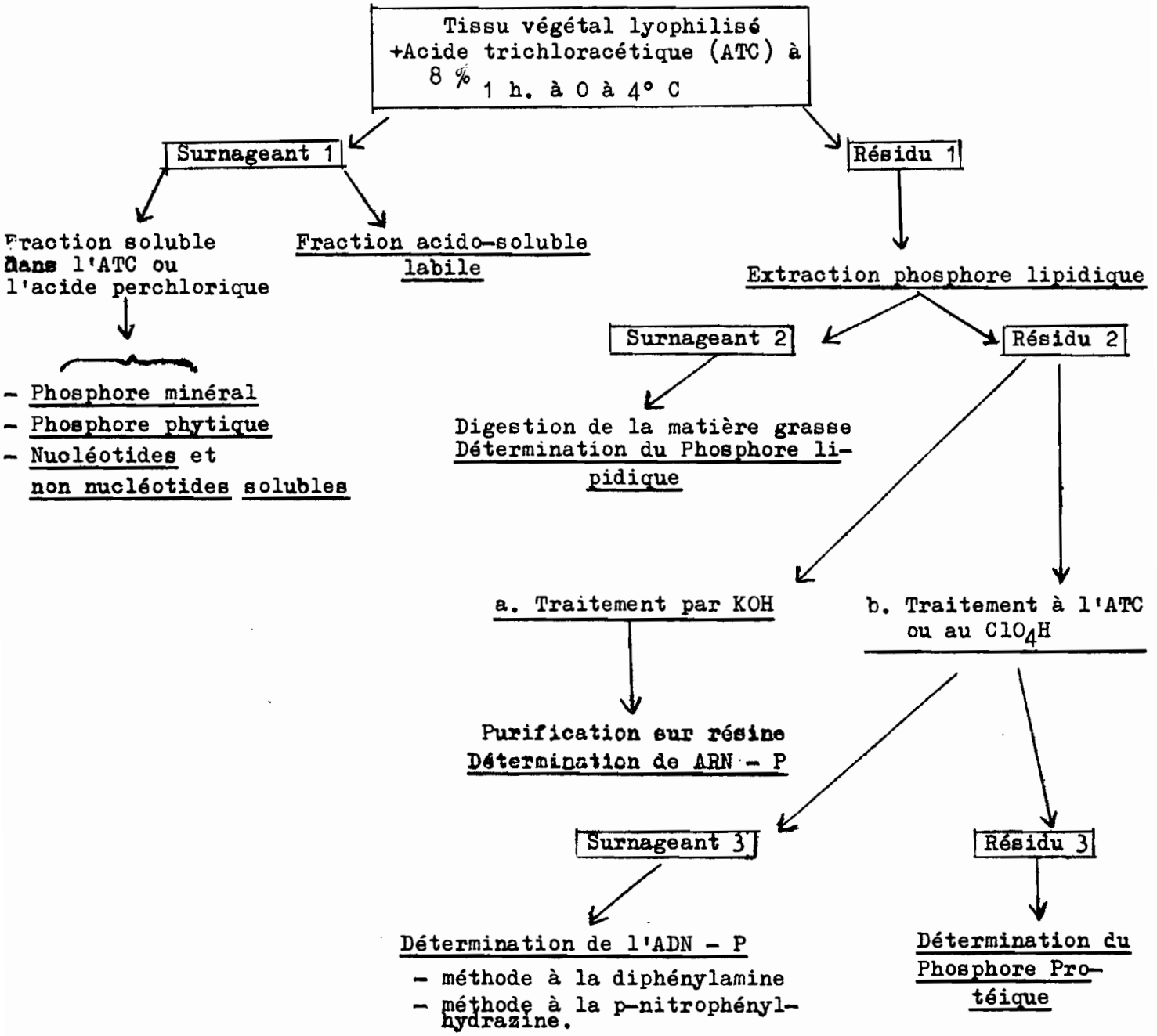
La détermination des constituants solubles dans l'acide trichloracétique : phosphore minéral acido-soluble - phosphore organique acido-soluble (Nucléotides solubles, nucléosides di et triphosphate labiles), ainsi que celle du phosphore lipidique font appel aux techniques classiques de MARTIN, J.B. et DOTY, D.M. (19) de PONS et all. (21) de INGLE, J. et BEEVERS, L. (14).

En ce qui concerne le phosphore nucléique, le P - ADN est déterminé par colorimétrie suivant les méthodes préconisées par BURTON, K. (2) , WEBB, J.M. et LEVY, H.B. (25), et le P - ARN est dosé par spectrophotométrie dans l'ultraviolet par application des méthodes de SMILLIE, R.M. et KROTKOV, G. (23), INGLE, J. (13), WEBB, J.M., (26).

Enfin le phosphore protéique est déterminé par les méthodes de FISKE, C.H. et SUBBAROW, Y. (10), de LOURY, O.H. (17).

Le tableau résume l'ensemble des opérations de fractionnement qui sont réalisées.

SCHEMA DU FRACTIONNEMENT DES CONSTITUANTS PHOSPHORES DANS LA MATIERE VEGETALE



IV - RESULTATS ANALYTIQUES.

A - DANS LES FEUILLES

1 - Teneurs en phosphore total

Traits \ variétés	P.14	108 F	Delt.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	5.384	4.334	3.274	4.154	3.952	3.667	3.010
TMn	3.981	4.283	3.708	4.246	5.366	5.439	7.429

Teneurs exprimées en mg/g de matière sèche.

TABLEAU 1

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement sur l'augmentation du phosphore total des feuilles, pour l'ensemble des variétés (rappelons qu'il s'agit ici d'une analyse globale). Cependant le tableau 1 montre bien que les valeurs du phosphore total sont plus élevées pour 5 variétés sur 7, dans le cas des cultures intoxiquées. Nous verrons plus loin que l'effet du traitement est significatif au niveau des racines. Cette tendance à l'augmentation du taux de phosphore chez les plantes intoxiquées était déjà notée dans la première partie du mémoire.

2 - Teneurs en formes solubles dans l'ATC

. Phosphore Minéral.

Traits \ variétés	P.14	108 F	Delt.	Coker	M6 S 306	Allen	Acala
T_o	2.383	1.597	0.945	1.726	1.832	1.477	0.942
TMn	1.500	1.569	1.457	1.768	2.950	3.046	4.600

TABLEAU 2

. Phosphore organique

Traits \ variétés	P. 14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.540	0.577	0.410	0.625	0.359	0.444	0.456
TMn	0.393	0.645	0.272	0.616	0.605	0.663	0.890

Teneurs exprimées en mg/g de matière sèche

- Il n'y a pas d'effet significatif du traitement sur les teneurs en P des fractions acido-solubles tant minérales qu'organiques, au niveau des feuilles. Cependant, il y a une parfaite concordance des variations, entre le phosphore total et le phosphore minéral, pour les 7 variétés, ainsi qu'on le verra sur les graphiques 1 et 2 figurant plus loin.
- Comme pour le phosphore total, 5 sur 7 des variétés présentent une élevation des valeurs du phosphore minéral acido-soluble dans les plantes intoxiquées. Cette augmentation est particulièrement remarquable chez M 6 S. 306, Allen et Acala où les valeurs passent respectivement de 1,832 à 2,950 g/mg mat.sèche
  de 1,477 à 3,046 g/mg mat.sèche
  de 0,942 à 4,000 g/mg mat.sèche

Ainsi l'effet de la toxicité se traduit dans la majorité des cas par une augmentation du phosphore total, et cette augmentation est en relation directe avec celle de la fraction minérale.

- La fraction organique acido-soluble présente une plus grande stabilité. Cependant elle tend, elle aussi, à augmenter quand il apparait une forte élevation du phosphore total dans les plantes intoxiquées.

3 - Teneurs en phosphore lipidique

variétés / Trait.	P. 14	108 F	Delta	Coker	M6 S306	Allen	Acala
To	0,855	0,643	0,450	0,544	0,740	0,666	0,662
TMn *	0,740	0,988	0,688	0,745	0,888	0,770	1,017

TABLEAU 4
Teneurs exprimées en mg/g de matière sèche

Ici, l'analyse biométrique des données indique que le traitement toxique élève significativement les teneurs en phosphore lipidique dans les feuilles.

Cette augmentation est dans les mêmes proportions pour 108 F., Deltapine, Coker, Acala, elle est un peu plus faible chez M 6 S. 306 et Allen. Seule la variété P. 14 présente une inversion des valeurs, qui toutefois ne saurait infirmer l'effet du traitement.

4 - Teneurs en phosphore protéique

variétés / Trait.	P. 14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.523	0.518	0.480	0.483	0.142	0.149	0.151
TMn *	0.487	0.205	0.372	0.225	0.118	0.138	0.131

TABLEAU 5
Teneurs exprimées en mg/g de matière sèche

L'analyse biométrique indique un effet significatif du traitement manganique, sur une diminution des quantités de phosphore protéique. Cet abaissement des taux est observé pour toutes les variétés au niveau des feuilles. Les résultats montrent cependant qu'il y a des différences souvent importantes dans les quantités de phosphore protéique trouvées chez les 7 variétés, avec un maximum de 0,523 mg/g chez P.14, et un minimum de 0,149 mg/g chez Allen.

5 - Teneurs en phosphore nucléique

. P - ARN

variétés / Trait.	P.14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.943	0.874	0.882	0.635	0.795	0.847	0.681
TMn	0,773	0.734	0.770	0.784	0.732	0.750	0.670

TABLEAU 6

. P - ADN

T_o	0.141	0.127	0.108	0.140	0.080	0.087	0.139
TMn	0.086	0.145	0.147	0.109	0.075	0.074	0.119

TABLEAU 7
Résultats exprimés en mg/g de matière sèche

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement toxique sur ces deux fractions de phosphore nucléique. Cependant, si l'on considère, la proportion du P-ARN par rapport au phosphore total on remarque qu'elle correspond pour plusieurs variétés à une diminution dans le cas des cultures intoxiquées.

Ainsi le P-ARN passe de : 20 % du P total à 17 % chez 108 F
26 % " à 20 % chez Deltapine
20 % " à 13 % chez M 6 S 306
23 % " à 13 % chez Allen
22 % " à 9 % chez Acala

Il y a, par conséquent, une assez grande élasticité dans les proportions de cette forme phosphorée, alors que celles du P-ADN présentent une plus grande plasticité.

B - DANS LES RACINES

1 - Teneurs en phosphore total

variétés / Trait.	P. 14	108 F	Delta.	Coker	M6 S 306	Allen	Acala
T_o	3.402	2.922	2.702	3.221	4.195	3.398	2.791
TMn **	3.856	3.932	3.237	4.171	4.322	4.674	4.109

TABLEAU 8
(mg/g de matière sèche)

L'effet du traitement manganique est hautement significatif sur l'élevation des teneurs en phosphore total au niveau des racines.

2 - Teneurs en formes acido-solubles

. Phosphore minéral

variétés / Trait.	P.14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	1.717	1.696	1.562	1.780	2.270	1.511	1.152
TMn **	1.990	1.899	1.712	1.966	2.574	2.466	2.229

TABLEAU 9
(mg/g de matière sèche)

Le traitement manganique élève ici aussi, significativement la forme minérale du phosphore.

. Phosphore organique

Traitements	P.14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.701	0.150	0.211	0.474	0.733	0.698	0.561
T_{Mn}	0.187	0.258	0.300	0.738	0.613	0.857	0.777

TABLEAU 10
(mg/g. de matière sèche)

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement sur les formes organiques solubles dans l'acide trichloracétique.

3 - Teneurs en formes non acidosolubles

. Phosphore lipidique

Traitements	P.14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.305	0.297	0.191	0.290	0.576	0.445	0.307
T_{Mn} *	0.541	0.620	0.333	0.370	0.564	0.613	0.380

TABLEAU 11
(mg/g de matière sèche)

Il y a une augmentation significative de la forme lipidique du phosphore dans les cultures intoxiquées. C'est donc essentiellement sous cette forme et sous celle de phosphore minéral que se justifie l'augmentation du phosphore total résultant de l'effet du traitement manganique.

. Phosphore protéique

Traitements	P.14	108 F	Delta.	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.141	0.310	0.323	0.268	0.064	0.068	0.070
T_{Mn}	0.708	0.629	0.496	0.530	0.067	0.081	0.077

TABLEAU 12
(mg/g de matière sèche)

Bien que l'augmentation du Phosphore protéique soit très nette pour plusieurs variétés au niveau des racines, la fraction de phosphore protéique n'a pas de relation avec l'effet du traitement. Les chiffres montrent qu'il y a un "décrochement" des valeurs pour quelques unes des variétés M 6 S 306, Allen et Acala, qui nous l'avons vu sont des variétés sensibles.

4 - Fractions nucléiques

. P-ARN

variétés / Trait.	P. 14	108 F	Delta	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.490	0.380	0.333	0.366	0.497	0.625	0.639
T_{Mn}	0.371	0.463	0.363	0.519	0.496	0.594	0.598

TABLEAU 13
(mg/g de matière sèche)

. P-ADN

variétés / Trait.	P. 14	108 F	Delta	Coker	M6 S306	Allen	Acala
T_o	0.047	0.088	0.082	0.045	0.056	0.055	0.062
T_{Mn}	0.051	0.064	0.030	0.046	0.059	0.063	0.060

TABLEAU 14
(mg/g de matière sèche)

Comme dans les feuilles il n'y a pas d'effet significatif du traitement manganique sur des variations des fractions nucléiques du phosphore. Les valeurs observées présentent ici aussi, au niveau des racines une remarquable homogénéité entre plantes témoins et plantes intoxiquées.

V - INTERPRETATION DES DONNEES.

A - FORMES SOLUBLES DANS L'ACIDE TRICHLORACETIQUE

- Fractions organiques et minérales des racines et des feuilles.

a) Les graphiques n° 1 et 2 montrent la répartition du phosphore total et de ses fractions acidosolubles, organique et minérale. Il y a une remarquable homogénéité entre les valeurs du phosphore total et celles du phosphore minéral, en particulier. Les 2 courbes représentatives sont à peu de chose près superposables. On peut donc supposer que, sur la quantité de phosphore introduite au niveau des racines, une fraction toujours proportionnelle reste sous la forme minérale et ce à la fois au niveau de la racine mais également au niveau de la feuille.
La migration du phosphore s'effectue donc à travers la plante de façon exactement semblable quantitativement, à la fois chez les cultures témoins et chez les cultures intoxiquées. Ceci est un premier point : il y a une remarquable proportionnalité entre les valeurs absolues du phosphore total et celles du phosphore minéral acido-soluble.

b) Les mêmes graphiques montrent que les valeurs enregistrées pour le phosphore organique acidosoluble suivent de façon moins sensible les valeurs du P. total, surtout au niveau des feuilles où les courbes apparaissent, à la fois sur les plantes témoins et sur les plantes intoxiquées, assez proches d'une droite. Dans les racines, les courbes traduisant les teneurs en phosphore organique suivent avec un peu plus de fidélité celles du phosphore total.
La forme organique acidosoluble, constituée essentiellement par les nucléotides, le phosphore glucidique, les esters phosphoriques etc... représente donc une fraction relativement stable en valeur absolue.

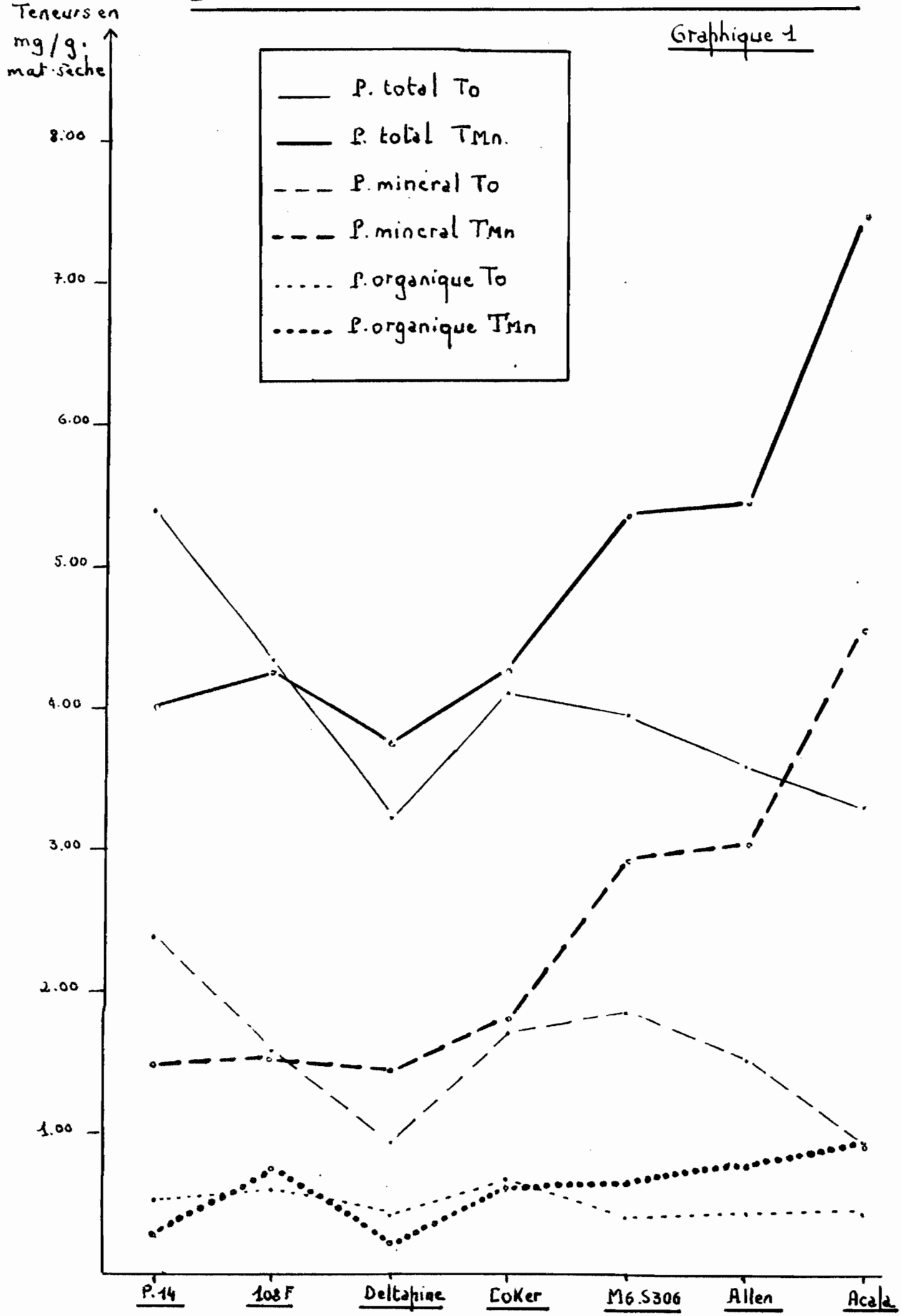
c) Sur les graphiques 1 et 2, toujours, on peut faire les observations suivantes :

- Les teneurs propres à chaque variété suivent les mêmes variations, c'est à dire sont, tantôt plus faibles d'une variété à l'autre, tantôt plus fortes d'une variété à l'autre, à la fois dans les plantes intoxiquées et dans les plantes témoins au niveau des 2 organes analysés.

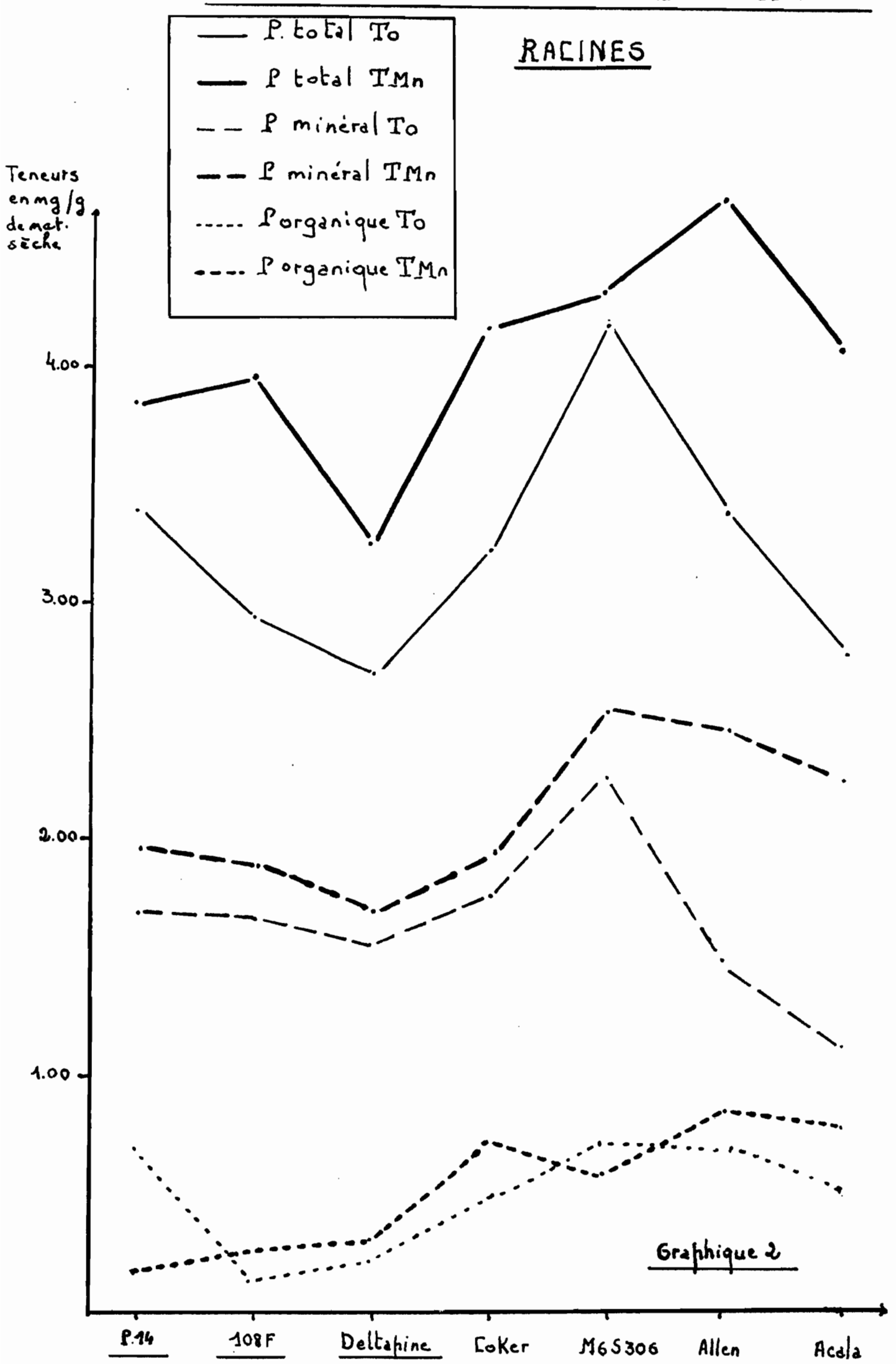
FEUILLES

PHOSPHORE TOTAL ET FORMES SOLUBLES

Graphique 1



PHOSPHORE TOTAL ET FORMES SOLUBLES



Graphique 2

On sait depuis longtemps, qu'il se produit, peu après la germination, chez le cotonnier comme d'ailleurs chez la plupart des plantes à graines une disparition de la forme phytique qui est celle représentant la plus forte proportion du phosphore total chez l'embryon, où elle est de l'ordre de 83 % d'après ERGLE D.R. et GUINN G. (6). Cette transformation s'accompagne, généralement dans les premiers jours qui suivent la germination, d'une augmentation des valeurs du phosphore minéral. Ainsi, toujours d'après les mêmes auteurs, les valeurs en mg/g de matière sèche, du phosphore minéral, passent de 0,43 au jour 0, à 6,26 au 6ème jour, dans la variété Acala, et de 0,29 au jour 0, à 4,92 au 6ème jour chez la variété Deltapine. Parallèlement, les valeurs du phosphore phytique vont chez Acala de 9,58 mg/g à 3,40 mg/g et de 6,49 à 1,29 mg/g chez Deltapine durant les mêmes périodes.

On voit donc que les teneurs observées dans l'expérience décrite ici, pour le phosphore minéral, et qui sont voisines de 1 à la fois pour Acala et pour Deltapine, peuvent être rapprochées des données de ERGLE et GUINN. Mais, alors que le pourcentage de phosphore minéral par rapport au phosphore total, est estimé chez ces auteurs à 4 % chez l'embryon, à 20 % chez la plantule âgée de 6 jours, il atteint dans nos cultures :

41 à 57 % dans les racines témoins
30 à 44 % dans les feuilles témoins
48 à 59 % dans les racines intoxiquées
37 à 61 % dans les feuilles intoxiquées

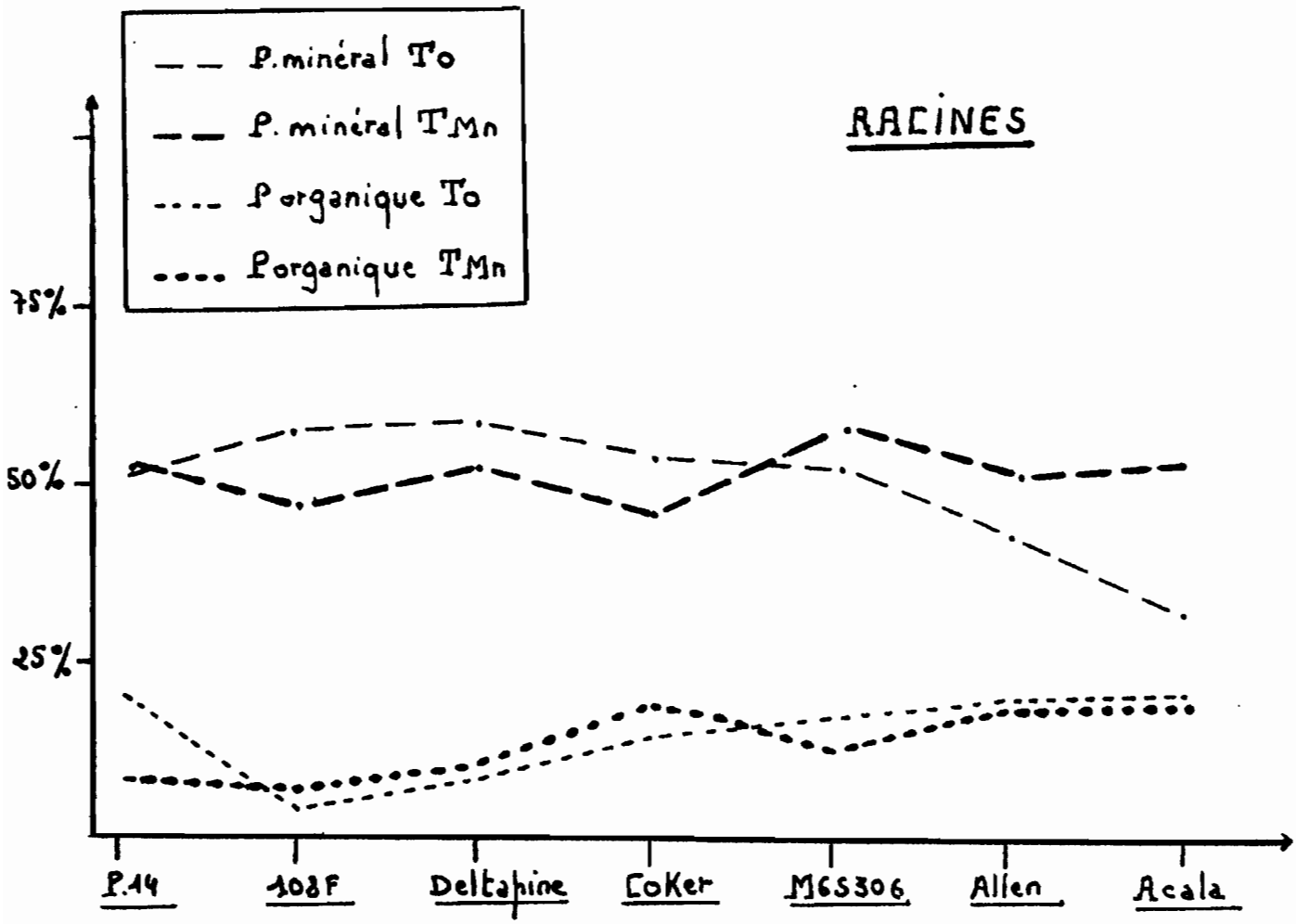
L'influence de la toxicité manganique paraît donc être elle aussi manifeste sur l'augmentation de la proportion de la fraction minérale, qui correspond à une perturbation dans le métabolisme de l'ion et à son accumulation anormale, plus particulièrement marquée au niveau des feuilles. Le graphique 3 montre les variations observées sur les 7 variétés dans la proportion des formes acidosolubles pour les 2 traitements. On voit qu'en fait c'est, plus par les différences en valeurs absolue des fractions acidosolubles exprimées en g pour 100 g de matière sèche, que par les différences dans les proportions de ces fractions par rapport au phosphore total, que l'effet de toxicité est marqué.

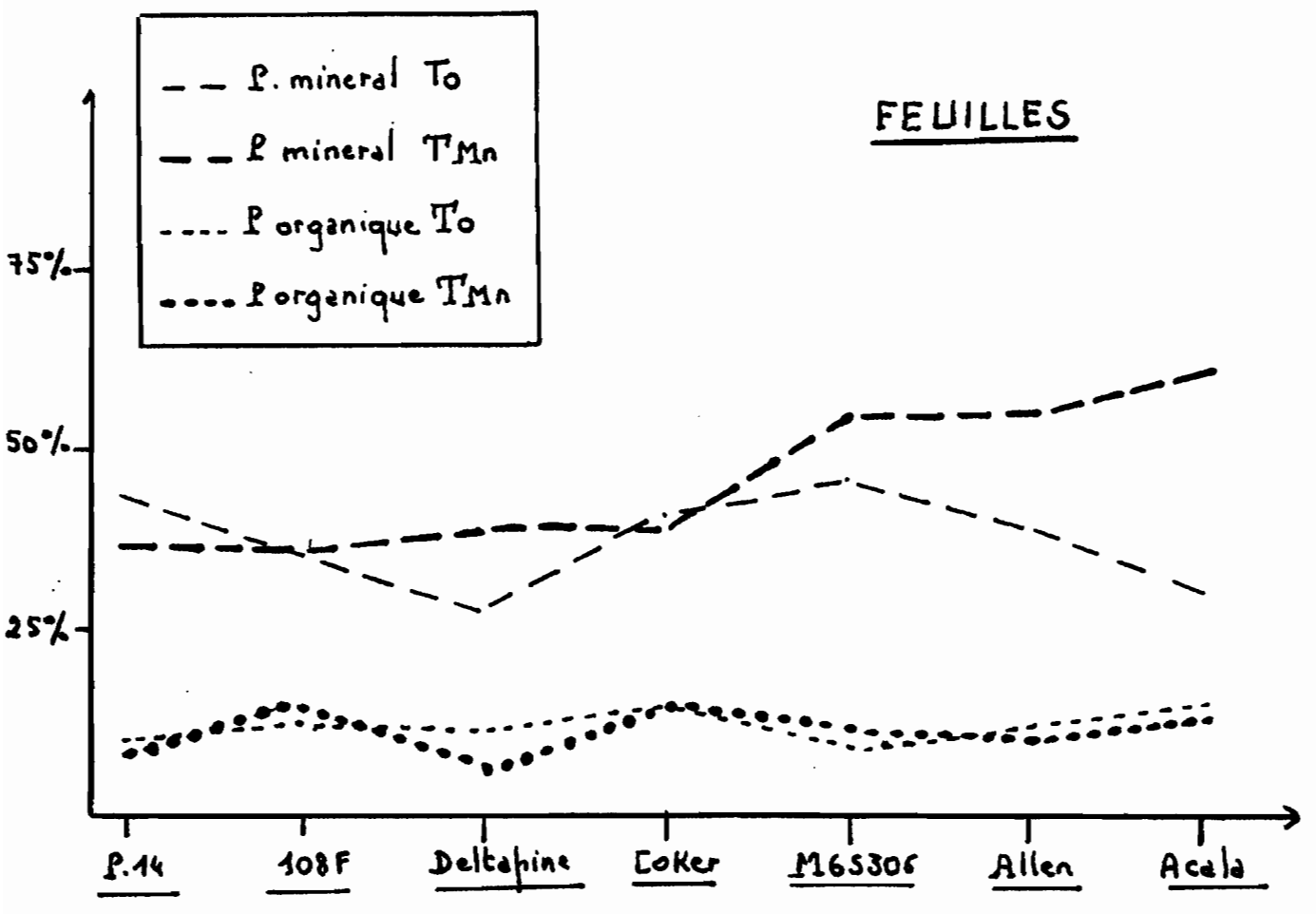
B - FORMES ORGANIQUES NON ACIDO SOLUBLES.

1 - Phosphore lipidique

- L'analyse biométrique a, nous l'avons vu plus haut, indique que le traitement manganique élève significativement les teneurs en phosphore lipidique tant au niveau des feuilles qu'au niveau des racines.

PROPORTIONS DES FRACTIONS ACIDOSOLUBLES





Graphique 3

- La forme lipidique du phosphore est, le plus souvent, variable d'un végétal à l'autre. JAVILLIER signale qu'elle représente 12% du P. total chez la lentille, et seulement 2% chez le tournesol. Il précise que cette forme de phosphore se caractérise par des taux stables, propres aux espèces et qu'elle est peu soumise à des différences quantitatives, au cours de la vie de la plante.

- Dans son étude sur les changements qui interviennent dans la répartition des constituants phosphorés au cours de la germination des graines, ERGLE D.R. (6) donne les indications suivantes : le phosphore lipidique correspond pour la variété Acala à :

0,73 mg/g de matière sèche au jour 0
0,89 mg/g de matière sèche au jour 2
0,87 mg/g de matière sèche au jour 6

pour la variété Deltapine à :

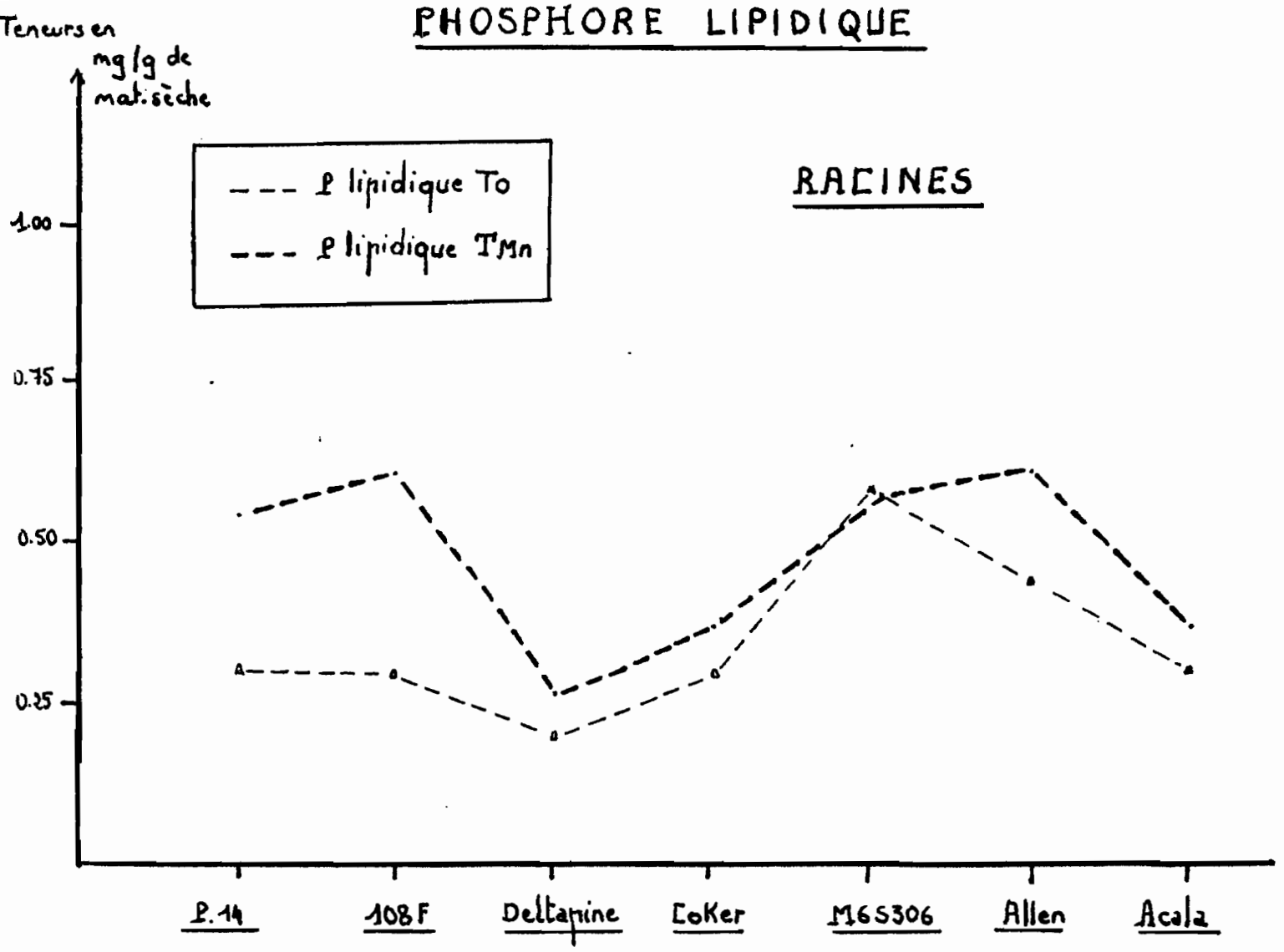
0,71 mg/g de matière sèche au jour 0
0,80 mg/g de matière sèche au jour 2
0,80 mg/g de matière sèche au jour 6

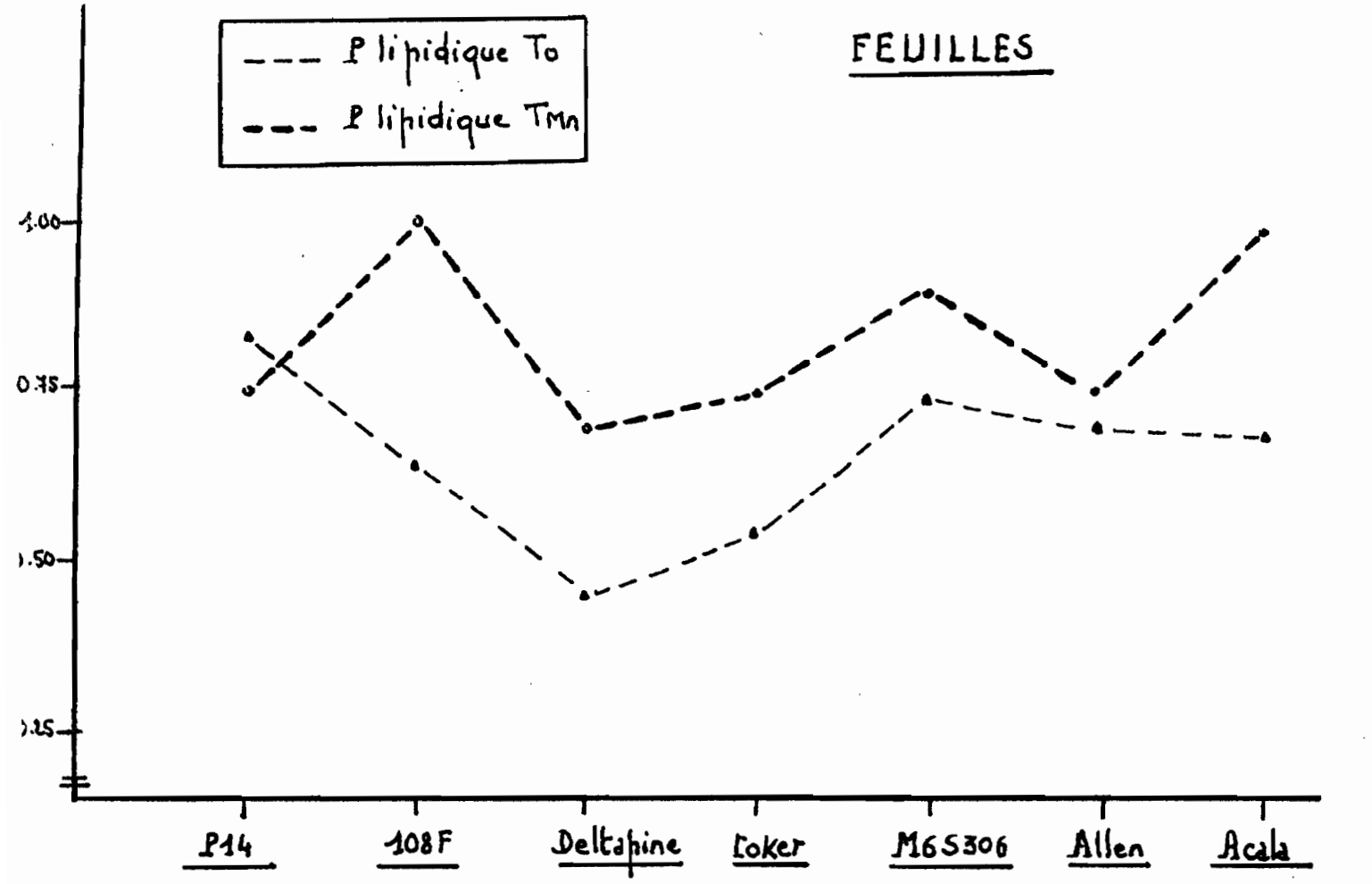
Ces chiffres représentent des valeurs un peu plus élevées que celles que nous observons dans les cultures témoins des deux mêmes variétés : ainsi on retrouve 0,64 mg/g de matière sèche chez Acala et 0,45 mg/g de matière sèche chez Deltapine au niveau des feuilles (tableau 4), quelques variétés cependant présentent des teneurs de 0,86 et 0,75 mg/g de matière sèche.

- Le graphique 4 représente la répartition chez les 7 variétés, de cette forme organique non acidosoluble dans les feuilles et dans les racines. Il apparaît, en premier lieu, que les feuilles en sont le plus abondamment pourvues. Les courbes indiquent aussi l'élévation très remarquable des teneurs pour la plupart des cultures intoxiquées.

- On peut conclure de l'examen de ce graphique que l'état de toxicité ne parait pas affecter la quantité de phosphore lipidique, au niveau des feuilles. Il s'y retrouve en quantité proportionnellement égale à celle des racines, tant dans les plantes témoins que dans les plantes intoxiquées. En d'autres termes, il y a plus de phosphore lipidique au niveau des feuilles qu'au niveau des racines, que la plante soit ou non soumise à la toxicité manganique.

PHOSPHORE LIPIDIQUE





Graphique 4

- On remarque, par ailleurs, qu'il y a une analogie dans l'allure générale des courbes qui représentent des teneurs en phosphore lipidique dans les racines et dans les feuilles. Ainsi la variété Deltapine est, des 7 étudiées, celle qui comporte les plus faibles quantités de ce composé sur les deux sortes de tissus analysés. On retrouve aussi pour les 7 variétés une répartition harmonieuse du phosphore lipidique entre les éléments verts et radiculaires, à la fois chez les plantes témoins et chez les plantes intoxiquées.

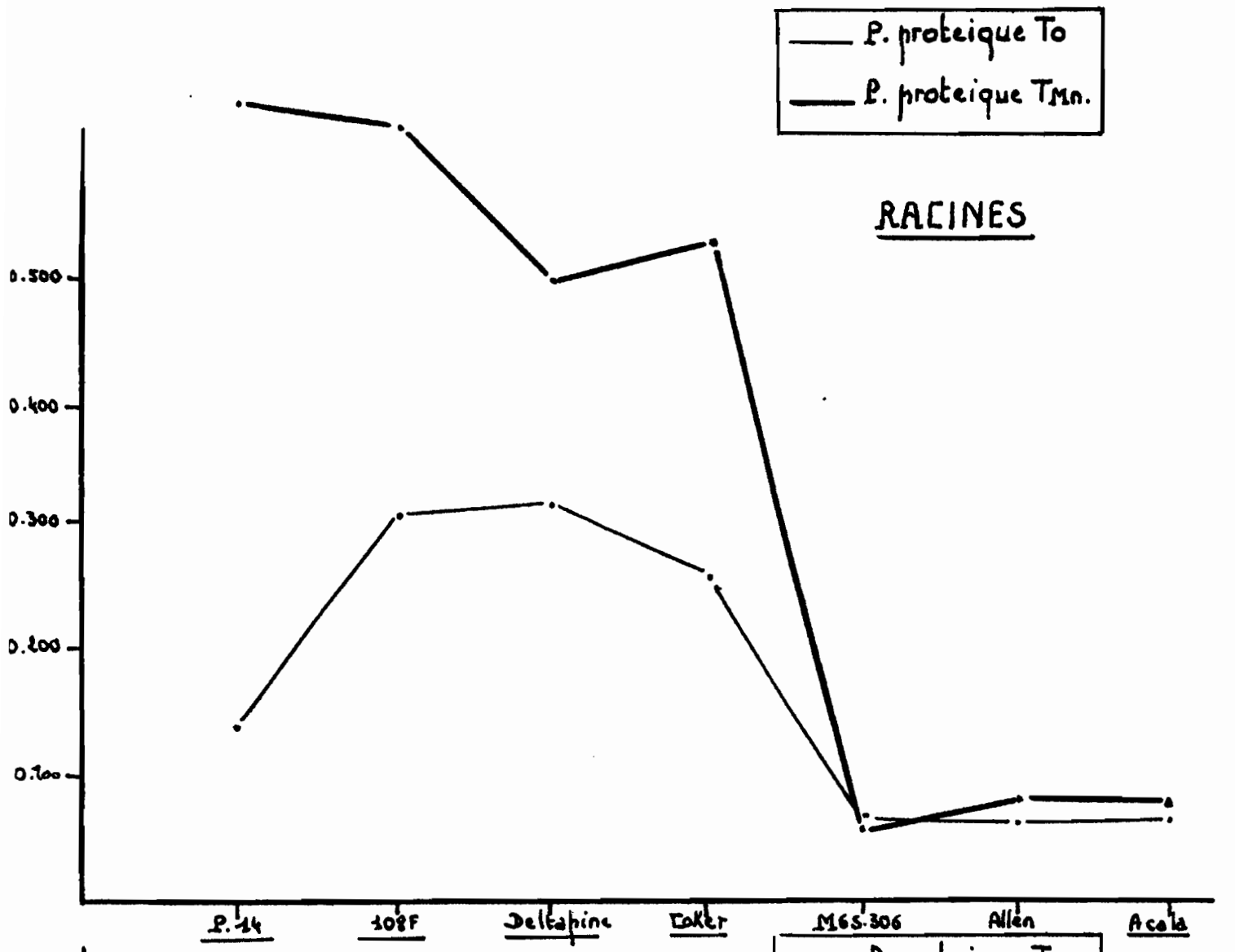
En résumé, le rapport phosphore lipidique des feuilles sur phosphore lipidique des racines est toujours supérieur à 1 et présente une assez bonne similitude pour les 7 variétés étudiées, et pour les 2 traitements T_o et T_{Mn}.

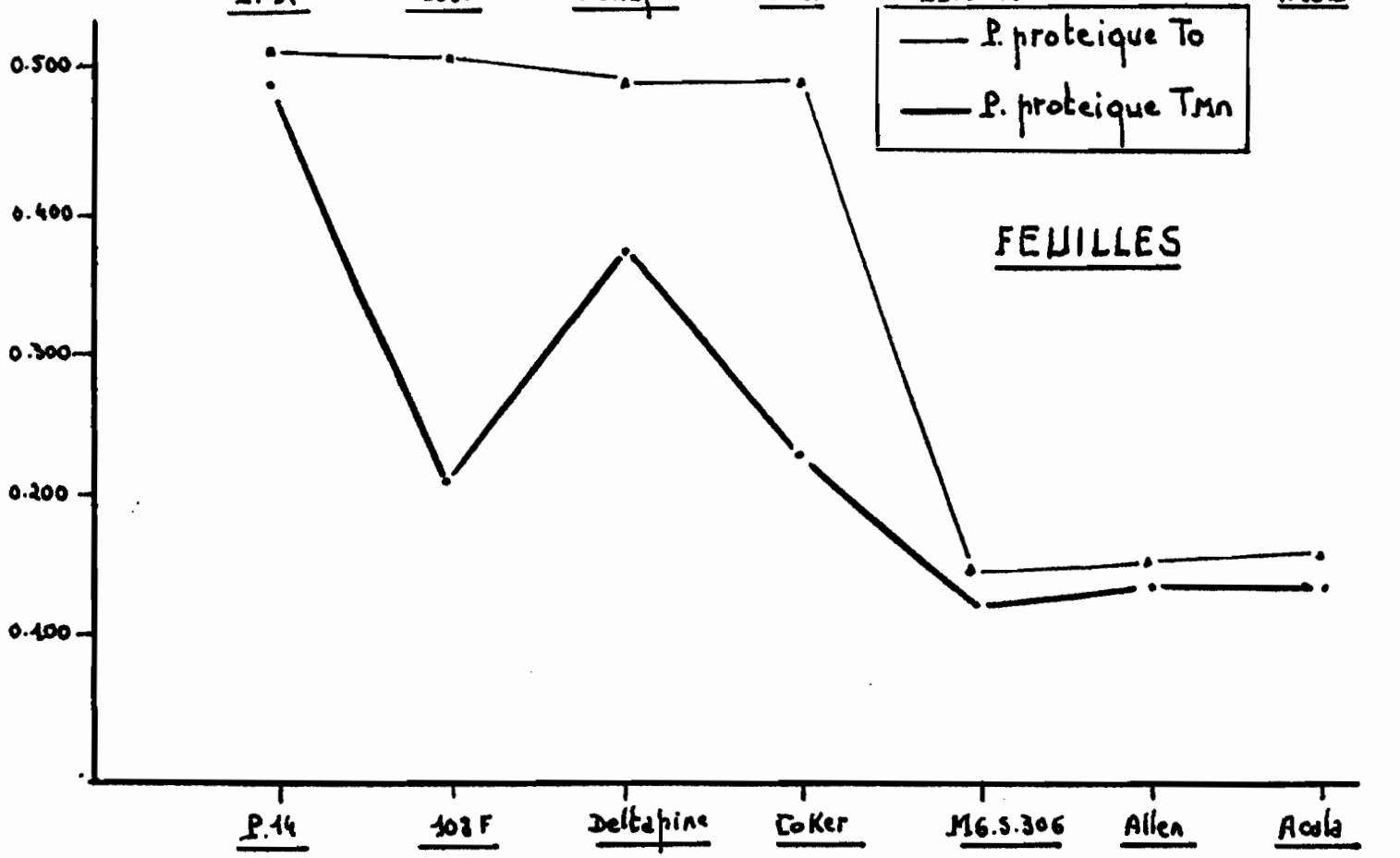
2 - Phosphore protéique

L'analyse statistique des résultats a indiqué que le traitement manganique abaisse significativement les teneurs en phosphore protéique au niveau des feuilles, mais ne joue pas sur ces teneurs dans les racines.
L'examen du graphique 5 amène les considérations suivantes :

- Tout d'abord apparaissent d'importantes différences dans les valeurs absolues des teneurs. Ainsi au niveau des racines, des cultures témoins, les taux extrêmes, exprimés en mg/g de matière sèche, sont de 0,323 chez Deltapine et de 0,064, soit 4 fois plus faibles, chez M6 S306. Cette différence se traduit encore mieux si nous exprimons ces valeurs en pourcentage du phosphore total, dont elles représentent alors, respectivement, 12 % et 1,5 %. Ce "décrochement" qui parait caractéristique de certaines variétés se retrouve d'ailleurs aussi chez les plantes intoxiquées. Le taux du phosphore protéique, présente donc des variations élevées d'ordre de grandeur d'une variété à l'autre. Nous constatons que les plus faibles valeurs correspondent précisément à trois des variétés qui dans la première partie de l'étude étaient qualifiées de sensibles à la toxicité:M6 S306, Allen et Acala.

PHOSPHORE PROTEIQUE





Graphique 5

Dans les feuilles on observe, aussi, pour les mêmes variétés, ce "décrochement" dans les teneurs. Ainsi, les taux extrêmes observés chez les plantes témoins, exprimés en mg par g de matière sèche sont de 0,523 chez P.14 et de 0,142 chez M6 S306, soit, comme dans le cas des racines, environ 4 fois plus faibles. Notons que ces différences extrêmes correspondent,en pourcentage du phosphore total, respectivement 9 % et 3,5 %.

- L'examen des courbes représentant les teneurs en phosphore protéique, dans les plantes témoins, montre aussi une assez bonne concordance entre les teneurs des feuilles et celles des racines : trois des variétés, 108 F, Deltapine et Coker présentent les valeurs les plus élevées, à la fois dans les feuilles et dans les racines.

- Un fait important est à noter sur le graphique 5 : la toxicité manganique joue de façon inverse au niveau radiculaire et au niveau foliaire. Le traitement correspond ainsi à l'augmentation du phosphore protéique dans les racines et à sa diminution dans les feuilles.

C'est la seule fraction qui subit ainsi des influences contraires sous l'effet de la toxicité. Il semble donc qu'il y a un stockage de phosphore protéique très localisé alors que les synthèses sont plus ou moins inhibées dans les feuilles, probablement au profit de l'accumulation d'une forme organique lipidique. Ceci n'existerait pas au niveau des racines où l'élaboration deux formes, protéique et lipidique, serait accrue sous l'effet du traitement toxique.

Toutefois l'augmentation de cette forme de phosphore n'est pas significative dans les racines, alors que sa diminution l'est, dans les feuilles.

La comparaison des graphiques 4 et 5 met bien en évidence un antagonisme assez remarquable des formes lipidiques et protéiques dans les feuilles que l'on peut schématiser ainsi, pour les 2 traitements :

	P. LIPIDIQUE		P. PROTEIQUE	
	T_o	T_{Mn}	T_o	T_{Mn}
P. 14	-	-	+	+
108 F	-	+	+	-
Deltapine	-	-	+	+
Coker	-	+	+	-
M 6 S 306	+	+	-	-
Allen	+	+	-	-
Acala	+	+	-	-

TABLEAU 15

Cet antagonisme apparait également au niveau des racines témoins, mais pas dans celles des plantes intoxiquées.

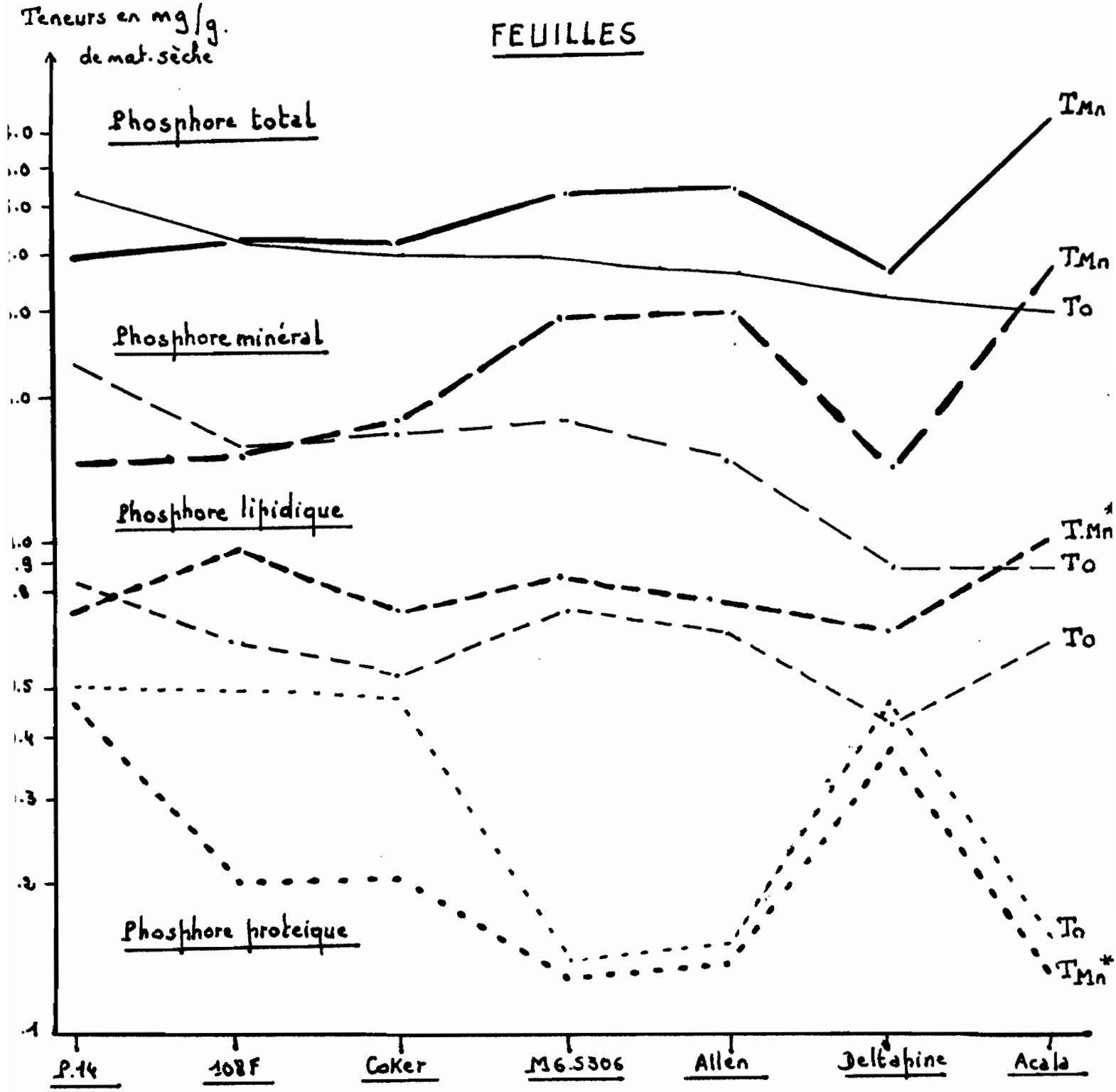
Pour mieux fixer une idée d'ensemble, des variations subies par les différentes fractions, minérale, lipidique et protéique, ainsi que par le phosphore total, les courbes les traduisant, ont été réunies sur le graphique 6 et 6'. Afin de pouvoir faire figurer des données, d'ordre de grandeur très différents, l'échelle des ordonnées, est logarithmique. Sur ces deux graphiques figurent des astérisques (*) qui affectent les fractions modifiées significativement par le traitement manganique, ces 2 graphiques résument l'ensemble des observations qui viennent d'être faites.

C - FRACTIONS DE PHOSPHORE NUCLEIQUE

- P-ARN et P-ADN

L'analyse biométrique n'a pas indiqué d'effet significatif du traitement manganique sur des modifications des valeurs des 2 formes de phosphore nucléique isolées.

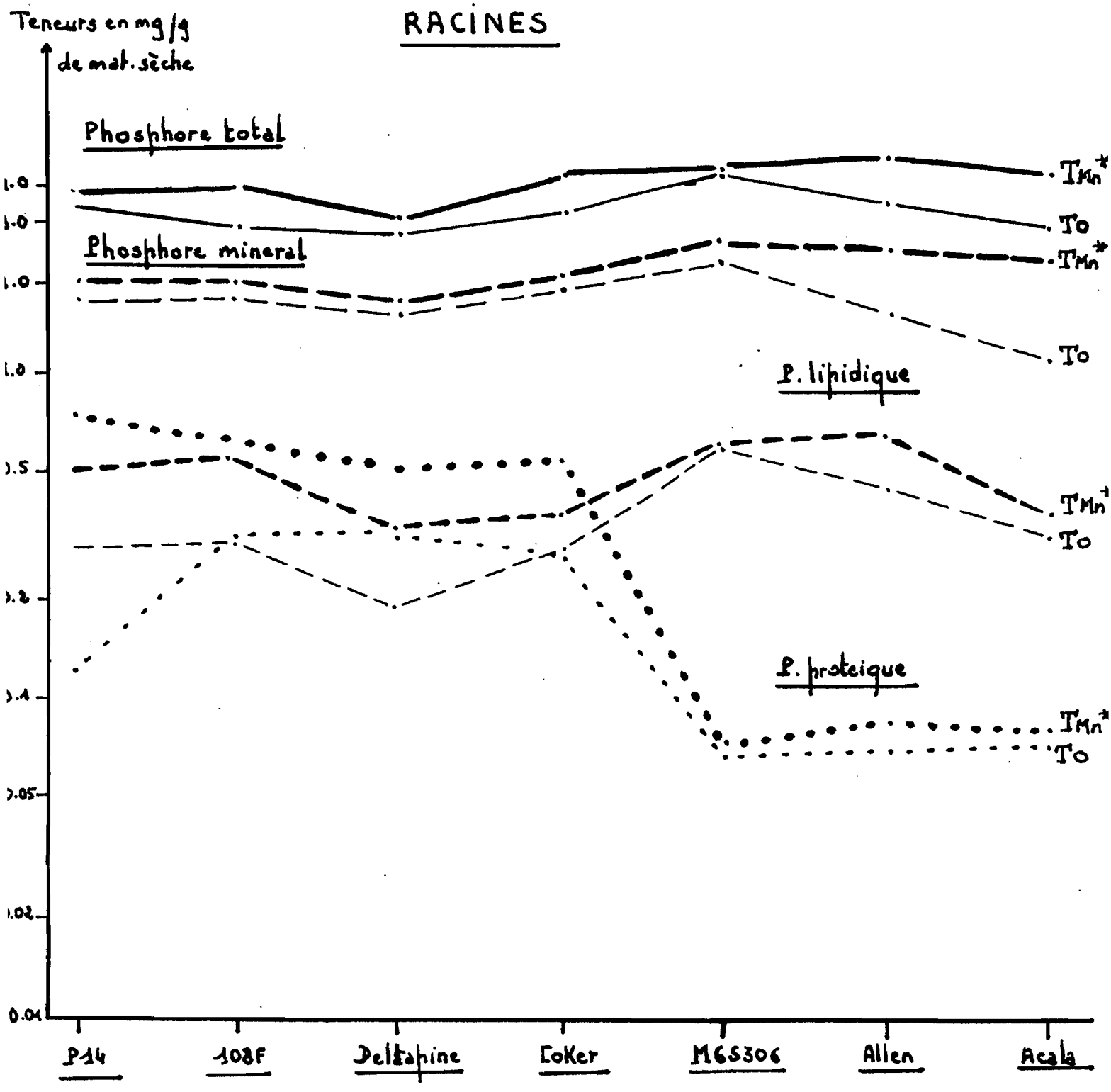
Si nous nous référons aux données rapportées par ERGLE sur les quantités de P-RNA et P-DNA présentes au cours des premiers jours de germination des graines de cotonnier nous constatons que les quantités présentes du jour 0 au jour 6 de la germination sont assez analogues pour ces deux formes de phosphore.



Effets de la toxicité sur les valeurs du Phosphore total, minéral, lipidique et protéique dans les feuilles de Cotonnier.

- Ordonnée logarithmique
- * Effet significatif du traitement

Graphique 6



Effets de la toxicité sur les valeurs du Phosphore total, mineral, lipidique et proteique dans les racines de Cotonnier

- Ordonnee logarithmique

* Effet significatif du traitement.

Graphique 6'

Ainsi, pour la variété Deltapine, au jour 0, le P-RNA et le P-DNA ont la même valeur de 0,11 mg/g de matière sèche, et passent respectivement à 0,42 et 0,46 au 6ème jour. Il y a donc une augmentation rapide de ces teneurs dès les premiers stades de la germination, pour les deux formes.

Les résultats que nous avons obtenus confirment cette augmentation en ce qui concerne le P-ARN, les valeurs que nous retrouvons sont assez remarquablement homogène surtout au niveau des feuilles, ainsi :

. Chez les témoins, le minimum est de 0,7 (Acala), le maximum de 0,9 (P.14)
. Chez les plantes intoxiquées, le minimum est de 0,67 (Acala), le maximum de 0,78 (Coker). (se reporter au graphique 7).

Au niveau des racines :

. Chez les plantes témoins le minimum est de 0,33 (Deltapine), le maximum de 0,64 (Acala)
. Chez les plantes intoxiquées le minimum est de 0,36 (Deltapine), le maximum de 0,60 (Acala).

On observe donc, essentiellement dans les feuilles, une certaine constance des teneurs pour le P-ARN, tant chez les plantes témoins que chez les plantes intoxiquées.

Cette remarque est moins valable, en ce qui concerne les racines.

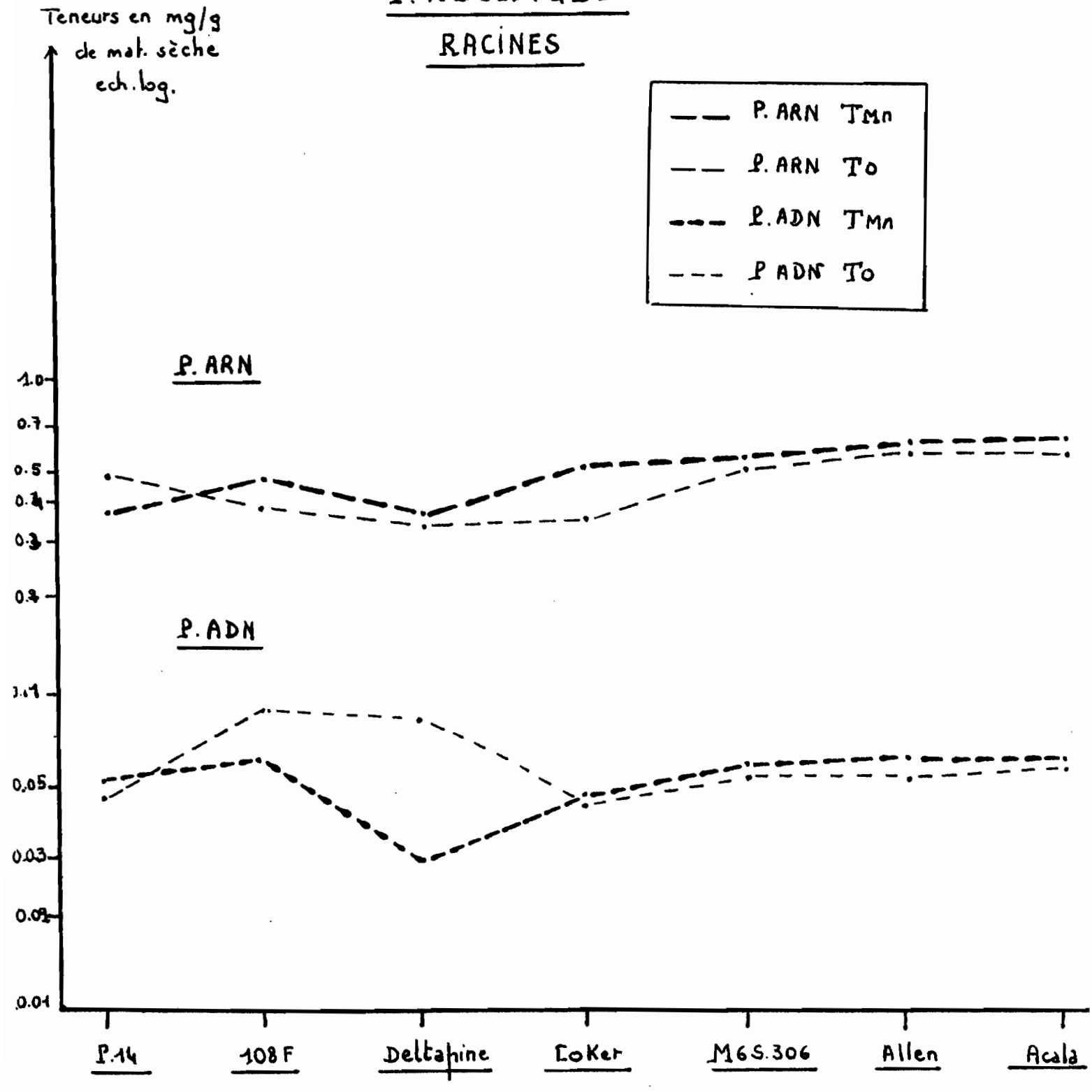
Le graphique 8 illustre ces observations.

- Sur 6, des 7 variétés analysées, les teneurs en P-ARN sont plus élevées en valeur absolue dhez les plantes intoxiquées que chez les témoins au niveau des racines.

- Cependant si l'on considère non plus les valeurs absolues, mais les proportions du P-ARN par rapport au phosphore total représentant la valeur 100 on peut constater, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, qu'à 1 ou 2 exceptions près, elles sont moindres chez les plantes intoxiquées que chez les témoins.

P. NUCLEIQUE

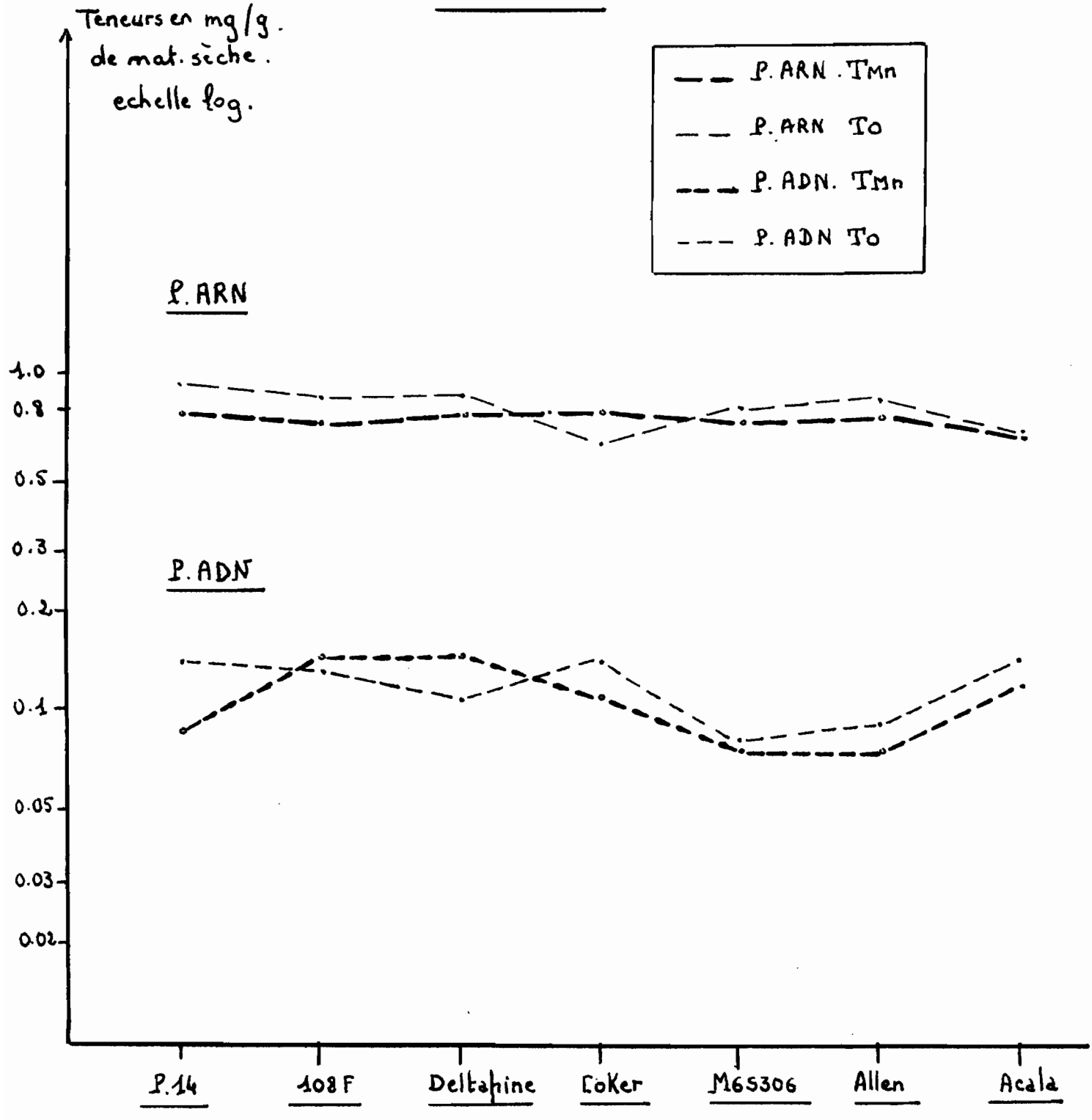
RACINES



Graphique 7

P. NUCLEIQUE

FEUILLES



Graphique 8

	P - A R N en % de P. total			
	PLANTES TEMOINS		PLANTES INTOXIQUEE	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
P. 14	17 %	14 %	18 %	9 %
108 F	20	13	17	11
Deltapine	27	13	20	11
Coker	15	12	18	12
M6 S 306	20	12	13	11
Allen	23	18	13	12
Acala	23	23	9	14

TABLEAU 16

b) Pour P-DNA, les valeurs que nous avons obtenues sont nettement inférieures à celles données par ERGLE.

Elles se situent pour les feuilles :

- entre 0,090 et 0,140 mg/g de matière sèche chez les témoins
- entre 0,080 et 0,140 mg/g de matière sèche chez les plantes intoxiquées.

au niveau des racines, les chiffres extrêmes sont les suivants :

0,050 à 0,080 mg/g de matière sèche chez les témoins

0,030 à 0,060 mg/g de matière sèche chez les plantes intoxiquées.

D'une manière générale toutes les valeurs sont homogènes et représentent en proportion du phosphore total, des quantités allant de 1,5 à 3,5 %. La proportion de P-ADN est toutefois toujours un peu inférieure chez les plantes intoxiquées.

VI - CONCLUSION.

La toxicité manganique induite, chez le cotonnier dans des conditions de culture en solution nutritive a eu pour effet d'élever significativement les teneurs en phosphore total dans les cultures intoxiquées, plus particulièrement au niveau des racines. Dans les feuilles, l'élevation du phosphore total bien que non significative est constatée chez 5 variétés sur 7.

Les différentes fractions phosphorées isolées ont permis de définir les composés, dont les valeurs sont modifiées par l'état toxique :

1°) Phosphore minéral

C'est la fraction dont les modifications, sous l'effet du traitement manganique, suivent avec le plus de fidélité celles du phosphore total. Dans les racines il y a une élevation significative des quantités de phosphore minéral dans les plantes intoxiquées. Dans les feuilles, si l'augmentation n'est pas significative elle existe cependant pour la plupart des variétés. Il y a dans la plupart des cas augmentation de la proportion de la fraction acido-soluble minérale.

2°) Phosphore organique acidosoluble

Il subit relativement peu de variations dans les cultures intoxiquées. Le traitement n'est pas significatif. Cette fraction représente une forme dont les proportions demeurent identiques.

3°) Phosphore lipidique

C'est la fraction qui, avec le phosphore minéral, est responsable de l'augmentation observée pour le phosphore total. Il y a dans les cultures intoxiquées tant au niveau des feuilles, qu'au niveau des racines une augmentation significative des teneurs.

Les feuilles sont beaucoup plus riches que les racines en phospholipides, et, ceci, dans les cultures intoxiquées comme dans les témoins, le rapport phosphore lipidique-feuilles sur phosphore lipidique-racines est toujours supérieur à 1.

4°) Phosphore protéique

L'effet du traitement est perceptible au niveau des feuilles seulement, chez lesquelles on observe une diminution significative des teneurs.

On note, dans les feuilles essentiellement, un antagonisme des formes lipidiques et protéiques.

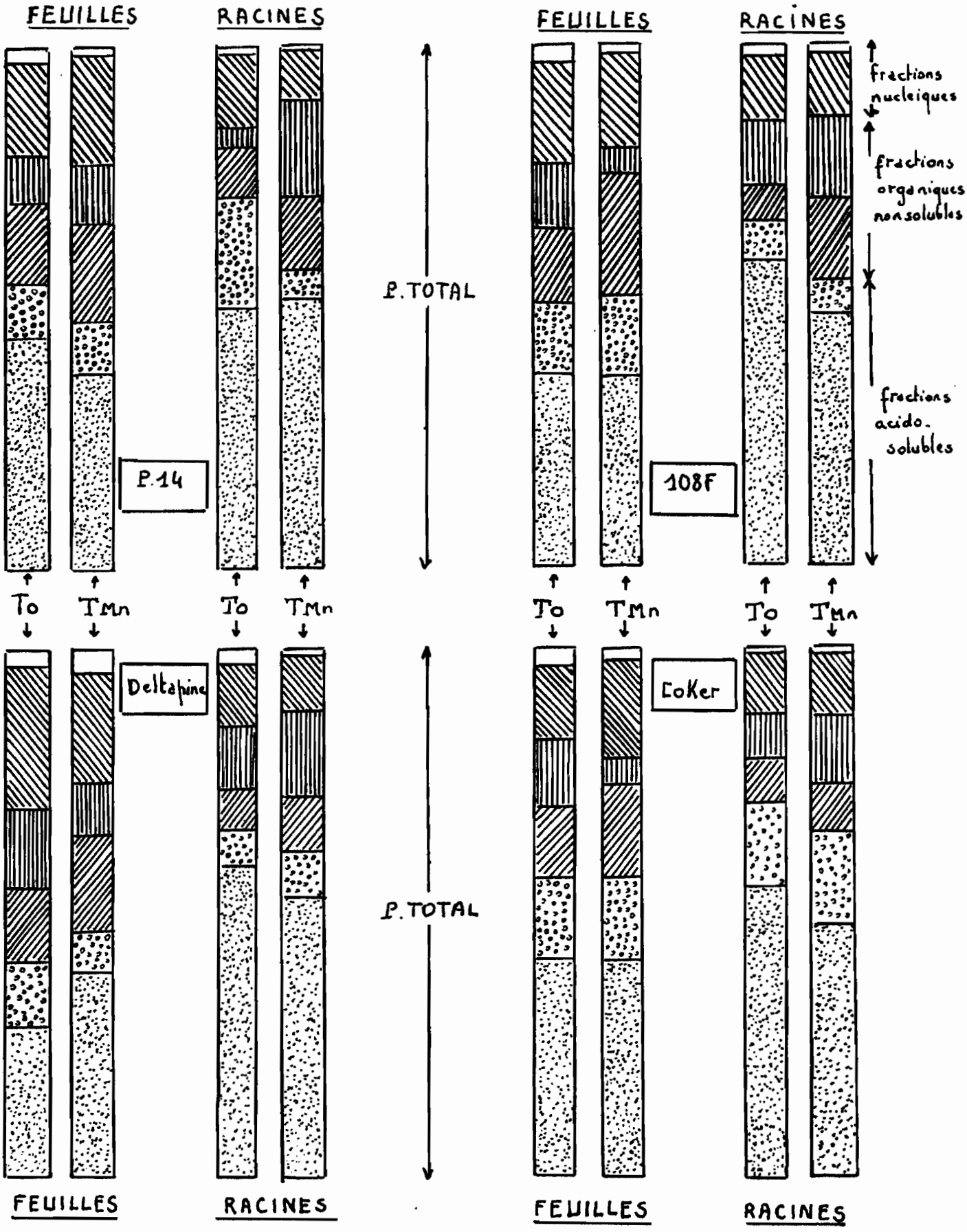
5°) Phosphore nucléique

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement sur les teneurs en P-ARN et en P-ADN.

Toutefois, le P-ARN, diminue en proportion du phosphore total chez les plantes intoxiquées.

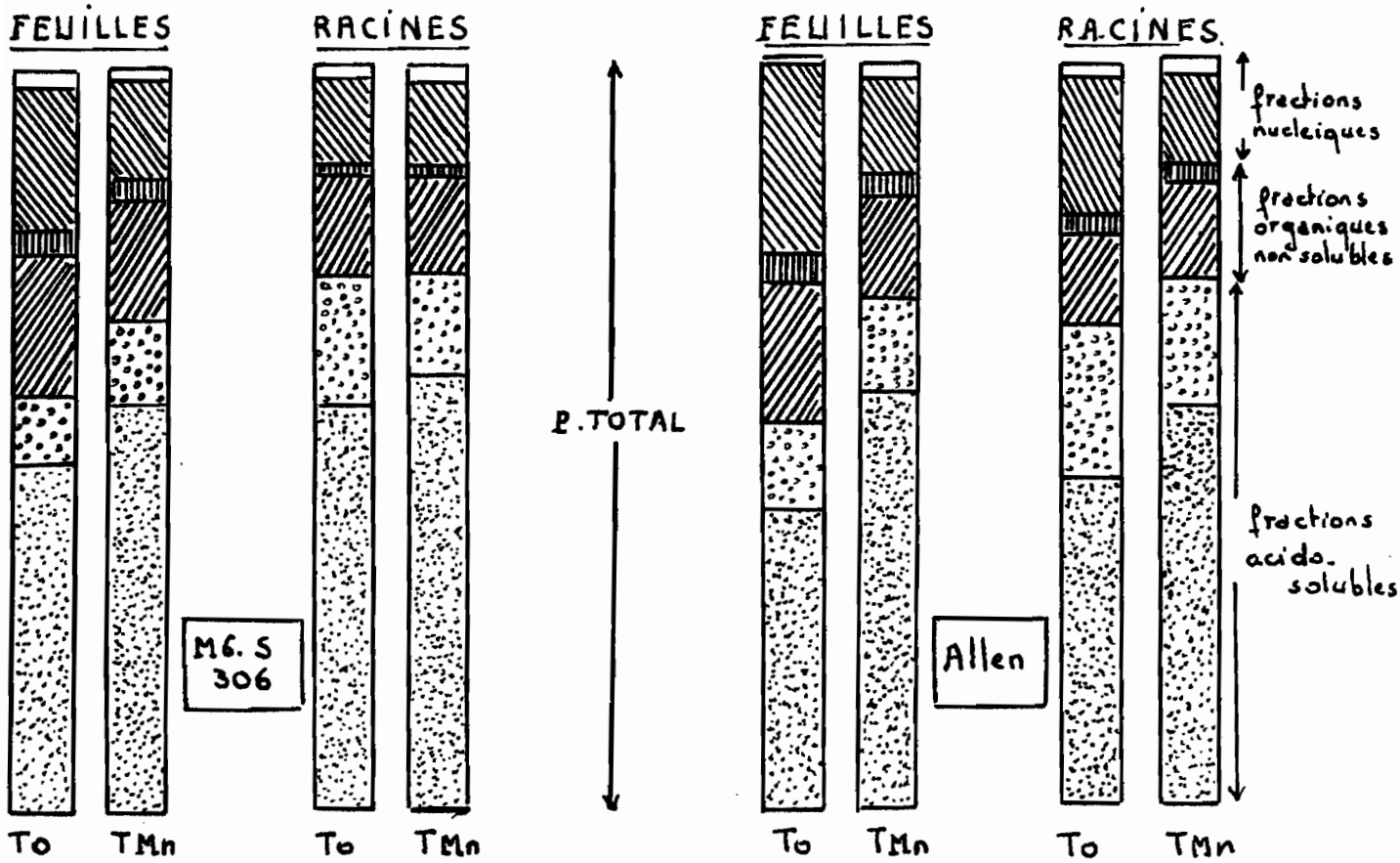
Les modifications des proportions respectives des différentes fractions dosées sont reportés sur les graphiques 9 et 10 qui constituent un résumé de l'ensemble des observations.

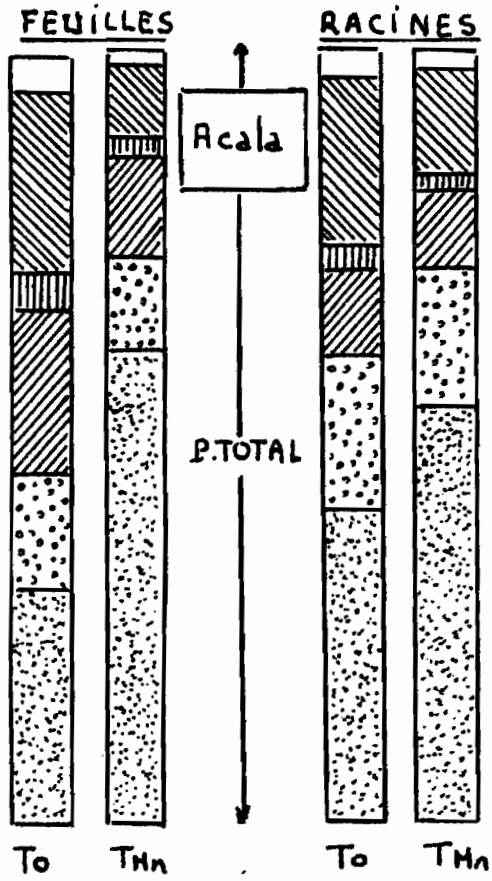
Graphique 9



PROPORTIONS DES CONSTITUANTS PHOSHORES CHEZ LE COTONNIER SAIN ET INTOXIQUE PAR LE MANGANESE

Graphique 10





P. minéral soluble

P. organique soluble

P. lipidique

P. protéique

P. RNA

P. DNA

PROPORTIONS DES CONSTITUANTS PHOSPHORES CHEZ LE COTONNIER SAIN ET INTOXIQUE PAR LE MANGANESE

BIBLIOGRAPHIE

1 - BEASLEY, J.O. - 1940 - The origine of the American tetraploid species.Nature, 47, 286-288.

2 - BURTON, K. - 1956 - A study of the condition and mechanism of the diphenylamine reaction for the colorimetric estimation of desoxyribonucleique acid. Bioch. J. 62, pp. 315-323.

3 - COHEN, W. - 1950 - J. Amer. Chem. Soc. 72, 1471.

4 - DIDIER DE SAINT-AMAND J., DEJARDIN, J. - 1966 - Methode de fractionnement des constituants phosphorés végétaux et de correction des résultats de dosage. (Init. Doc. Tectn. ORSTOM n° 9).

5 - DIENER, T.O., LASHEEN, A.M. - 1960 - The determination of nucleic Acid content and composition of fruit tree and other plant leaves. Soc. for Horticultural Science, vol. 75, pp. 195-206.

6 - ERGLE, D.R., GUINN, G. - 1959 - Phosphorus compounds of cotton embryos and their changes during germination. Plant Physiology, 34, 476-482.

7 - ERGLE, D.R., KATTERMANN, R.H. - 1961 - Desoxyribonucleic acid of cotton. Plant Physiology, 36, 311-815.

8 - ERGLE, D.R., KATTERMANN, F.R.H., - 1961 - Desoxyribonucleic acid of cotton. Plant Physiology, 36, 811-815.

9 - ERGLE, D.R., KATTERMAN, R.F.H., RICHMOND, T.R. - 1964 - Aspects of nucleic Acid composition in gossypium. Plant Physiology, 39, 145-150.

10 - FISKE, Ch., SUBBAROW, Y. - 1925 - The colorimetric determination of phosphorous. Journal of Biochemistry, vol. 66, p. 375.

11 - FONTAINE, T.D., PONS, W.A. Jr. and IRVING, G.W. Jr. - 1946 - Protein phytic acid relationships in plants and cotton seed. Jour. Biol. Chem. 164, 487-507.

12 - HURLBERT, R.B., SCHMITZ, H., BRUMM, A.F., POTTER, V.R. - 1954 - Nucleotide metabolism. J. Biol. Chem. 204, 23-39.

13 - INGLE, J. - 1963 - The extraction and estimation of nucleotides and nucleic acids from plant material. Phytochemistry, vol. a, pp. 353-370.

14 - INGLE, J., BEEVERS, L., HAGEMAN, R.H. - 1964 - Plant Physiol., vol. 39, nº 5.

15 - KUNITZ, M. - 1940 - J. Gen. Physiol. 24, p. 31.

16 - KATTERMANN, F.R.H., ERGLE, D.R. - 1952 - Isolation and composition studies of cotton RNA. Proc. Assoc. South. Agr. Workers. 230-231.

17 - LOURY, O.H., ROSEBROUGH, N.J., FAIR, A.L., RANDALL, R.J. - 1951 - Protein measurement with Folin-phenol reagent. J. Biol. Chem., 193, PP. 265-275.

18 - MARKHAM, R. - 1955 - Nucleic Acids. Modern methods of plant analysis. Vol. IV, p. 291.

19 - MARTIN, J.B., DOTY, D.M. - 1949 - Determination of inorganic phosphate. Analyt. Chemistry, vol. 21, pp. 965-967.

20 - OGUR, M., ROSEN, G. - 1930 - The nucleic acids of plant tissues - I - The extraction and estimation of deoxypentage nucleic acid and pentore nucleic acid. Arch. Bioch. 25, 262-276.

21 - PONS et al. - 1953 - AOAC Jour., vol. 36, n° 2.

22 - SCHMIDT, B., THANNHAUSER, S.J. - 1945 - A method for the determination of desoxyribonucleic acid, and phosphorproteins in animal tissues. J. Biol. Chem. 616, 83-88.

23 - SMILLIE, R.M., KROTKOV, G. - 1960 - The estimation of nucleic acids in some Algae and higher plants. Can. J. Botany, vol. 38.

24 - SOLDATOVA M.A. - 1970 - Variations saisonnières des composés phosporés dans les bourgeons de quelques espèces ligneuses Ukrajin. bot. 2 h. SSSR 27, n° 3, 343 - 7.

25 - VLASJUK P.A., IVCHENKO VI - 1970 - En Ukrainien résumé anglais. Influence de l'ion Mo sur l'activité de la glycero phosphatase acide dans les plantules de pois Dop. Akad. Nank. URSR 1970. 32 n° 7, 640 - 2.

26 - WEBB, J.M., LEVY, H.B. - 1955 - A sensitive method for the determination of desoxyribonucleic acid in tissues and microorganisms. J. Biol. Chem. 213, pp. 107-117.

27 - WEBB, J.M. - 1956 - A sensitive method for the determination of ribonucleic acid in tissues and microorganisms. J. Biol. Chim. 221, 635-649.