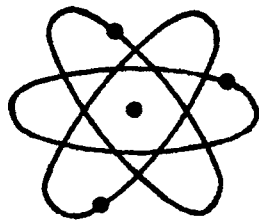


R. GAUDIN

**ETUDE A L'AIDE
DES RADIOISOTOPES DU PHOSPHORE
DES LIAISONS RACINES-FEUILLES
CHEZ L'ANANAS**



L. R. I

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER

CENTRE D'ADIPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B.P.V 51 - ABIDJAN



Juin 1981

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIOPODOUME
B.P. V-51 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Laboratoire des Radioisotopes

ÉTUDE À L'AIDE DES RADIOISOTOPES DU PHOSPHORE
DES LIAISONS RACINES - FEUILLES CHEZ L'ANANAS

par

Rémi GAUDIN

COPYRIGHT ORSTOM, 1981

O.R.S.T.O.M.

Fonds Documentaire

N° : 00634

Cote : A, 22

Date : 14 SEPT. 1981

I. BUT DE L'ETUDE

Des études récentes (HAINNAUX et De RICAUD, 1977 ; GODO, 1980) ont montré que la mise en place du système racinaire de l'ananas passe par deux phases d'émission. La première phase qui est liée aux qualités intrinsèques du rejet : niveau de croissance, fraîcheur, etc., a une durée fonction du mode de culture ; sur solution nutritive, elle dure cinq semaines ; dans cette phase, le rejet exprime son potentiel d'émission racinaire. La deuxième phase correspond à la reprise de croissance du rejet-plant. Entre ces deux phases, la vitesse d'émission racinaire passe par un minimum. On distingue donc deux flux d'enracinement, appelés ici premier flux et deuxième flux. Il faut noter que le deuxième flux se situe sur la tige au-dessus du premier flux.

Par ailleurs, ces études ont retrouvé un résultat mis en évidence par LACOEUILHE et PY, 1974 à savoir que l'émission foliaire est linéaire et continue au cours du temps.

La séparation dans l'espace et dans le temps des deux flux d'enracinement peut laisser supposer que ces deux flux n'interviennent pas de la même façon dans la nutrition minérale de la plante. Aussi cette étude a-t-elle pour but principal de préciser les relations qui existent entre un type d'enracinement (premier ou deuxième flux) et les types de feuilles. L'étude des relations entre une racine et l'ensemble du système foliaire en est le préalable. Enfin, une étude succincte de l'absorption foliaire du phosphore comparée à son absorption racinaire a été entreprise.

Cette étude a utilisé des plants cultivés sur solution nutritive. Les relations entre racines et feuilles ont été abordées avec les deux radioisotopes P-32 et P-33 du phosphore 31. Cet élément comparativement aux éléments N et K est peu consommé par l'ananas.

II. MATERIEL ET METHODES

a - Matériel végétal et solution nutritive

Le matériel végétal d'origine appartient à la variété Cayenne lisse. Il est constitué de cayeux de poids moyen 300 ± 30 g placés après parage sur solution nutritive. Trois ensembles de plants ont été utilisés : l'un comprend des plants d'un mois environ ne présentant que le flux primaire d'enracinement, l'autre comprend des rejets de trois mois, enfin le dernier correspond à des rejets de six mois. Sur ces deux derniers ensembles, les deux flux d'enracinement sont présents.

La solution nutritive est adaptée de TISEAU (1971). Elle a la composition suivante :

macro éléments			
Nitrate de Calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	118 mg/l	1 meq $\text{Ca}^{++}/1$	1 meq $\text{NO}_3^-/1$
Nitrate de Potassium KNO_3	202 mg/l	2 meq $\text{K}^+/1$	2 meq $\text{NO}_3^-/1$
Sulfate de Potassium K_2SO_4	65 mg/l	0,75 meq $\text{K}^+/1$	0,75 meq $\text{SO}_4^{--}/1$
Sulfate de Magnésium $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	277 mg/l	2,1 meq $\text{Mg}^{++}/1$	2,1 meq $\text{SO}_4^{--}/1$
Phosphate monopotassique KH_2PO_4	34 mg/l	0,25 meq $\text{K}^+/1$	0,25 meq $\text{H}_2\text{PO}_4^-/1$
micro éléments			
Acide borique H_3BO	2,45 mg/l		0,48 Ppm B
Sulfate de zinc $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,45 mg/l		0,34 Ppm Zn
Sulfate de cuivre $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,6 mg/l		0,16 Ppm Cu
Sulfate de Manganèse $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,50 mg/l		0,15 Ppm Mn
Molybdate d'Ammonium $\text{Mo}_7\text{O}_{24}(\text{NH}_4)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,6 mg/l		0,23 Ppm Mo
Sequestrene de Fer Fe-EDDHA	5 mg/l		1,45 Ppm Fe

b - Manipulations effectuées

1. Trempage d'une racine dans une solution radioactive

Le plant est cultivé sur solution nutritive froide. Une racine de longueur 20 à 25 cm baigne sur 15 cm dans un tube à essai contenant la même solution, mais marquée au P-32. Le volume de solution marquée est 60 ml ; sa radioactivité est de 100 μCi au temps zéro correspondant au début du trempage. Au temps 5 h, le plant est enlevé, la racine trempant dans P-32 est sectionnée et des pastilles foliaires de \varnothing 2 cm sont prélevées à l'emporte-pièce. Les pastilles sont prélevées en position gauche et droite, au milieu et à la base de chaque feuille, et en position haute.

Avant manipulation, la racine choisie est repérée par rapport à l'ensemble de l'hélice foliaire.

Cette expérimentation a été effectuée 6 fois pour une racine du premier flux (plant d'un mois à peu près) et 3 fois pour une racine du deuxième flux (plants de trois mois et six mois). Les différentes positions (basse, intermédiaire ou haute sur le pivot) de la racine ont été étudiées.

Enfin une variante de cette expérimentation a été entreprise sur un plant de trois mois. Le plant étant toujours cultivé sur solution nutritive, une racine A (second flux) est mise à baigner comme précédemment dans un tube à essai (60 ml solution ;

100 μCi P-32) tandis qu'une autre racine B (second flux également) est mise à baigner dans un tube à essai contenant 60 ml de la solution nutritive, mais marquée avec 100 μCi de P-33.

2. Trempage du premier flux d'enracinement

Le plant est cultivé sur solution nutritive contenant 100 μCi de P-32. Après 5h de trempage, le plant est enlevé et des pastilles foliaires sont prélevées en position haute, moyenne et basse sur chaque feuille. Le plant utilisé avait un mois.

3. Trempage des deux flux d'enracinement

Le plant est cultivé sur solution nutritive : le flux primaire plonge dans une grande éprouvette contenant 1300 ml de la solution marquée avec 0,2 mCi de P-32. Les racines du deuxième flux trempent isolément dans des tubes à essai contenant chacun 11 ml de la solution marquée par 18 μCi de P-33. Lors de l'expérimentation, les tubes sont maintenus autour de l'éprouvette à l'aide d'élastiques. Les prélèvements de pastilles foliaires (position gauche et droite au bas et au milieu, position haute) ont été effectués après 24 h de trempage.

Cette expérimentation a été effectuée une fois sur un plant de trois mois. Les deux flux d'enracinement ont été caractérisés : nombre de racines, longueur racinaire.

4. Dépôt foliaire et trempage racinaire

Pour cela, une autre solution nutritive, que nous noterons F, a été utilisée. Elle contient :

N : 6,36 g/l , P_2O_5 : 3,33 g/l, K_2O : 16,66 g/l,
MgO : 1,04 g/l, CaO : 1,04 g/l,

apportés comme suit :

Sulfate de potassium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	31,35 g/l
Phosphate monopotassique KH_2PO_4	6,38 g/l
Chlorure de potassium KCl	22,91 g/l
Chlorure de magnésium MgCl_2	2,47 g/l
Chlorure de calcium CaCl_2	2,06 g/l

A l'aisselle de chaque feuille, il a été déposé 500 μl de cette solution nutritive marquée préalablement au P-32 à un niveau de 10 $\mu\text{Ci}/\text{ml}$. Par ailleurs, les deux flux d'enracinements trempent dans la solution nutritive marquée au P-33 (100 μCi).

Pour cette expérimentation, on a utilisé des plants de trois mois. Les prélèvements ont été faits aux temps 12 h et 48 h (deux plants utilisés à chaque fois). Les prélèvements ont été effectués en position médiane sur la feuille.

c- Les prélèvements

Ce sont les pastilles foliaires de \varnothing 2 cm. Un échantillonnage effectué sur des plants de 1 mois et 3 mois et avec des prélèvements faits à la pointe, au milieu et à la base des feuilles donnent une masse moyenne de 0,47 g avec un coefficient de variation de 16,6%. Aussi au cours de cette étude, les pastilles seront considérées comme ayant la même masse : la moyenne des radioactivités des pastilles prélevées sur une même feuille sera considérée comme la densité massique de radioactivité pour cette feuille.

d - Comptage de la radioactivité

Après prélèvement, les pastilles sont placées dans des flacons de comptage à scintillation, séchées à l'étuve (24 h à 65°C), calcinées (6 h au four à 600°C) et solubilisées dans 2 ml HNO_3 à 10%.

Dans le cas du marquage avec le seul P-32 ($E_{\text{max}} = 1,71 \text{ MeV}$) la radioactivité est comptée par effet Cérenkov, c'est-à-dire dans l'eau. Aux 2 ml précédents, on ajoute 10 ml d'eau dans le flacon de comptage que l'on fait passer dans un compteur à scintillation liquide Intertechnique (SL 30). Le rendement de comptage est de 33%.

Dans le cas d'un double marquage P-32 et P-33, il est nécessaire d'utiliser un liquide scintillant du fait que l'énergie des β émis par le P-33 ($E_{\text{max}} = 0,25 \text{ MeV}$) ne dépasse jamais le seuil de l'effet Cérenkov dans l'eau (0,265 MeV). Le mélange utilisé est le suivant :

Toluène	660 ml
Triton	340 ml
PPO	5 g
POPOP	0,1 g

15 ml de ce liquide scintillant sont mélangés aux 2 ml dans le flacon de comptage. Ensuite, le flacon est compté sur deux canaux : un canal A qui ne prend en compte qu'une fraction (constante) du spectre du P-32 (Le seuil inférieur de ce canal se situe au-dessus de tout le spectre du P-33) et un canal B prenant en compte le tout = P-32 et P-33. Cette technique ne pose aucun problème du fait de l'absence de quenching. Le rendement de comptage en P-33 seul est 96%, en P-32 seul est 99%.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Trempage d'une racine

* distribution interfoliaire

Les résultats sont présentés sur les figures 1a à 1g :

Fig. 1a : racine du premier flux en position basse sur le pivot;
 1b et 1c : -"- -"- moyenne sur le pivot;
 1d : -"- -"- haute ;
 1e : racine parmi les premières du deuxième flux,
 1f et 1g : autres racines du deuxième flux.

Ces résultats montrent qu'une racine du premier flux alimente préférentiellement de 1 à 3 feuilles. Une racine du premier flux en position basse sur le pivot alimente quelques feuilles basses (type B) ; en position moyenne ou haute, elle alimente des feuilles plus hautes (types C, D ou E). Une racine du deuxième flux alimente aussi préférentiellement certaines feuilles, mais un plus grand nombre de feuilles, de 3 à 7, qui se situent aussi bien parmi les jeunes et les anciennes (feuilles des types B, C, D et E).

✕ localisation sur l'hélice foliaire

Les résultats sont présentés sur les figures 2a à 2i :

Fig. 2a à 2f : racine du premier flux,
Fig. 2g, 2h, 2i : racine du deuxième flux.

Une figure nue schématise la phyllotaxie 5/13 de l'ananas : un point noir correspond à une feuille sur l'hélice foliaire. Sur les différentes figures, une étoile correspond à un niveau élevé de radioactivité sur la feuille. La croix correspond au côté de la tige d'où sort la racine utilisée pour le marquage.

On note que pour une racine du premier flux, les feuilles irriguées se situent du côté de cette racine, constituant sur l'hélice un angle aigu (60 à 90°) entourant cette racine. Pour une racine du deuxième flux, les feuilles irriguées se situent aussi du côté de la racine, mais de part et d'autre de cette racine à des angles de 30° à 90°.

✕ symétrie de la répartition

Les résultats sont portés sur les figures 3a, 3b et 3c. Sur ces figures, un trait schématise l'axe de symétrie d'une feuille. Une étoile ou bien un cercle d'un côté du trait signifient que la radioactivité est significativement ($P = 0,95$) plus forte de ce côté de la feuille que de l'autre côté.

Ces résultats mettent en évidence un plan de symétrie au niveau du système foliaire : le phosphore-32 ou le phosphore-33 sont observés sur une moitié de tous les plants dans la partie gauche des feuilles, sur l'autre moitié dans la partie droite des feuilles. Cette symétrie s'applique pour tout le système foliaire vis-à-vis de toutes les racines prises individuellement (voir la figure 3c ; l'étoile correspond au P-32 et le cercle au P-33, apportés par deux racines différentes).

Ce résultat est identique à celui observé par STRYCHER, GILLIAM et JACKSON, 1974 sur une autre monocotylédone *Zea mays*. Cependant, dans ce dernier cas, les feuilles sont alternes et opposées.

2. Trempage de premier flux d'enracinement

Les résultats sont représentés sur la figure 4. Ils sont exprimés en quantité de phosphore absorbé par g de matière fraîche foliaire. On remarque que le phosphore se retrouve surtout dans les feuilles intermédiaires (C, D et E). Cette distribution peut être liée à l'activité photosynthétique de ces feuilles, les feuilles

jeunes en croissance (F) ou les feuilles âgées (A) ne présentent pas ou peu cette activité.

3. Trempage des deux flux d'enracinement

Les résultats sont portés sur la figure 5. Ils sont exprimés en ng de P_2O_5 absorbés par centimètre de racine et pour 1 g de matière fraîche foliaire. Les longueurs racinaires en présence des solutions étaient de 795 cm pour le premier flux et de 79 cm pour 11 racines du deuxième flux.

La distribution pour le premier flux est la même que précédemment. Celle correspondant au deuxième flux est irrégulière : on retrouve du fait du nombre peu élevé de racines les relations privilégiées entre une racine et certaines feuilles. Cependant, en moyennant cette distribution sur plusieurs feuilles, il apparaît que les racines du deuxième flux sont plus actives que celles du premier flux pour alimenter les feuilles les plus jeunes (feuilles 16 à 32).

4. Dépôt foliaire et trempage racinaire

Les résultats sont portés sur les figures 6a et 6b pour les observations au temps 12 h, sur les figures 6c et 6d pour les observations au temps 48 h.

Rappelons que la solution F utilisée pour les dépôts à l'aisselle des feuilles avait une concentration en P_2O_5 187,6 fois supérieure à celle de la solution nutritive (3,33 g/l de P_2O_5 pour 17,75 mg/l). Aussi, exception faite des feuilles les plus jeunes, le fait que l'absorption foliaire du phosphore soit nettement inférieure à l'absorption par les racines doit être souligné. Le rapport est de un tiers à un cinquième suivant les plants pour l'ensemble des feuilles 1 à 25.

Un résultat différent a été observé par HERRERA ALTUVE (1975), avec application dans ce cas des mêmes quantités de phosphore à l'aisselle des feuilles les plus anciennes ou bien au niveau du sol. Une explication de cette différence est une moindre disponibilité du phosphore dans un sol que dans une solution nutritive.

Les figures 6a et 6b mettent en évidence une absorption foliaire très forte au niveau de une ou de deux feuilles parmi les plus jeunes. Sur les figures 7a et 7b, ce sont les 7 ou 8 plus jeunes feuilles qui présentent cette très forte absorption. Ainsi, entre 12h et 48h, il semble que la base de ces feuilles "s'ouvre" pour laisser entrer le phosphore de la solution foliaire. Pour les autres feuilles, l'absorption semble plutôt limitée puisqu'elle n'est pas quatre fois supérieure pour 48h à ce qu'elle était pour 12h.

Le temps de contact de 12h correspond à une phase diurne : du lever du jour à la tombée de la nuit. Celui de 48h comprend deux phases diurnes et deux phases nocturnes. Le métabolisme de l'ananas étant crassulacéen (CAM), les stomates sont ouverts la nuit et fermés le jour. Ceci peut expliquer l'entrée du phosphore observée sur les jeunes feuilles entre 12 et 48h. Toutefois, ceci n'explique pas que le phénomène n'est pas observé sur les feuilles moyennes et basses. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait effectuer une application foliaire en phase nocturne.

IV. CONCLUSIONS

L'étude présentée ici a permis de préciser les relations entre le système racinaire et le système foliaire chez l'ananas. Une racine alimente préférentiellement quelques feuilles et seulement un côté de ces feuilles : le côté gauche sur une moitié du plant, le côté droit sur l'autre moitié. Ces observations seraient à rattacher à la disposition des vaisseaux conducteurs de sève.

Deux faits différencient le premier flux du deuxième flux d'enracinement :

- 1) les feuilles alimentées par une racine du premier flux se situent dans l'axe de cette racine ; pour une racine du deuxième flux, elles se situent de part et d'autre de cet axe ;
- 2) une racine du deuxième flux alimente plus de feuilles qu'une racine du premier flux et ces feuilles sont plus espacées. Pour une racine du premier flux, la position sur le pivot intervient en ce sens qu'une racine haute alimente des feuilles hautes, une racine basse des feuilles basses. Une racine du deuxième flux alimente à la fois des feuilles basses (à l'exception des plus basses) et hautes.

La distribution interfoliaire du phosphore après trempage d'un ou des deux flux d'enracinement est liée à l'activité photosynthétique. Cependant, le deuxième flux n'alimente plus les feuilles les plus anciennes et alimente plus les feuilles jeunes. Les racines du deuxième flux absorbent plus de phosphore mais elle sont aussi plus jeunes.

Enfin, l'application foliaire du phosphore montre une forte absorption par les feuilles jeunes. Ce type d'application favorise donc la croissance de l'ananas. De plus au champ, une application foliaire a certainement autant ou plus d'effet sur les feuilles moyennes qu'une application au niveau du sol avant planting, le phosphore du sol étant beaucoup moins disponible.

V. BIBLIOGRAPHIE

- GODO G., 1980.
Caractérisation partielle du développement et de la croissance du système racinaire de deux classes de poids de rejets d'ananas cultivés sur solution nutritive.
Doc. ORSTOM, multigr., 18 p.
- HAINNAUX G., De RICAUD J., 1977.
Phases d'émission racinaire d'un rejet d'ananas.
Doc. ORSTOM, multigr., 13 p.
- HERRERA ALTUVE, J.A., 1975.
Etude de l'absorption et de la localisation du P des superphosphates dans l'ananas, en comparant deux niveaux de N et K et deux techniques d'application.
Fruits 30 (6) : 395-401.

LACOEUILHE J.J., PY C., 1974.

La croissance de la feuille d'ananas en Côte d'Ivoire.
Fruits 29 (11) : 709-715.

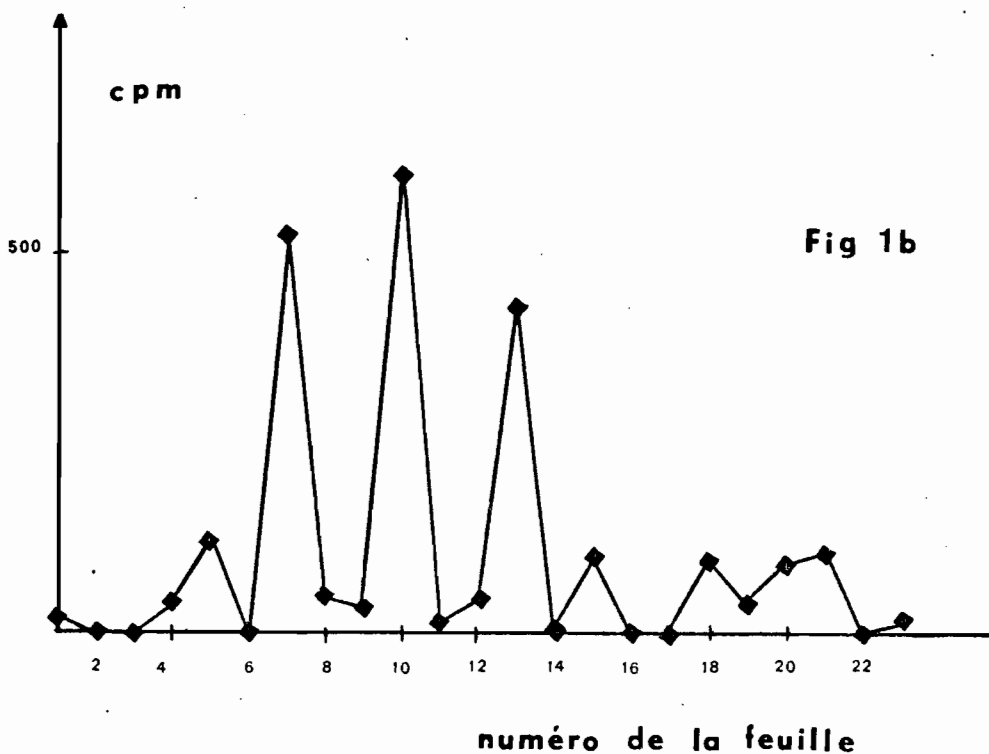
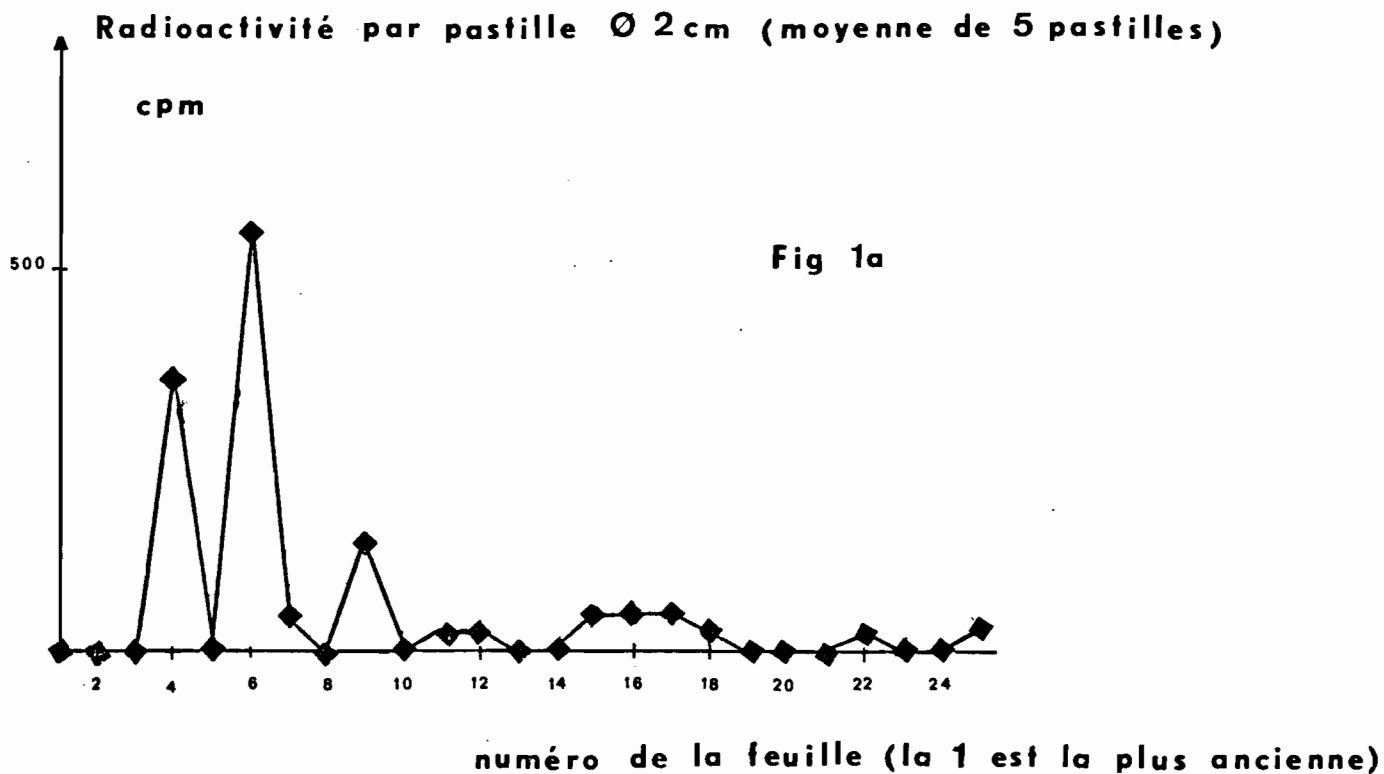
STRYKER R., GILLIAM J.W., JACKSON W.A., 1974.

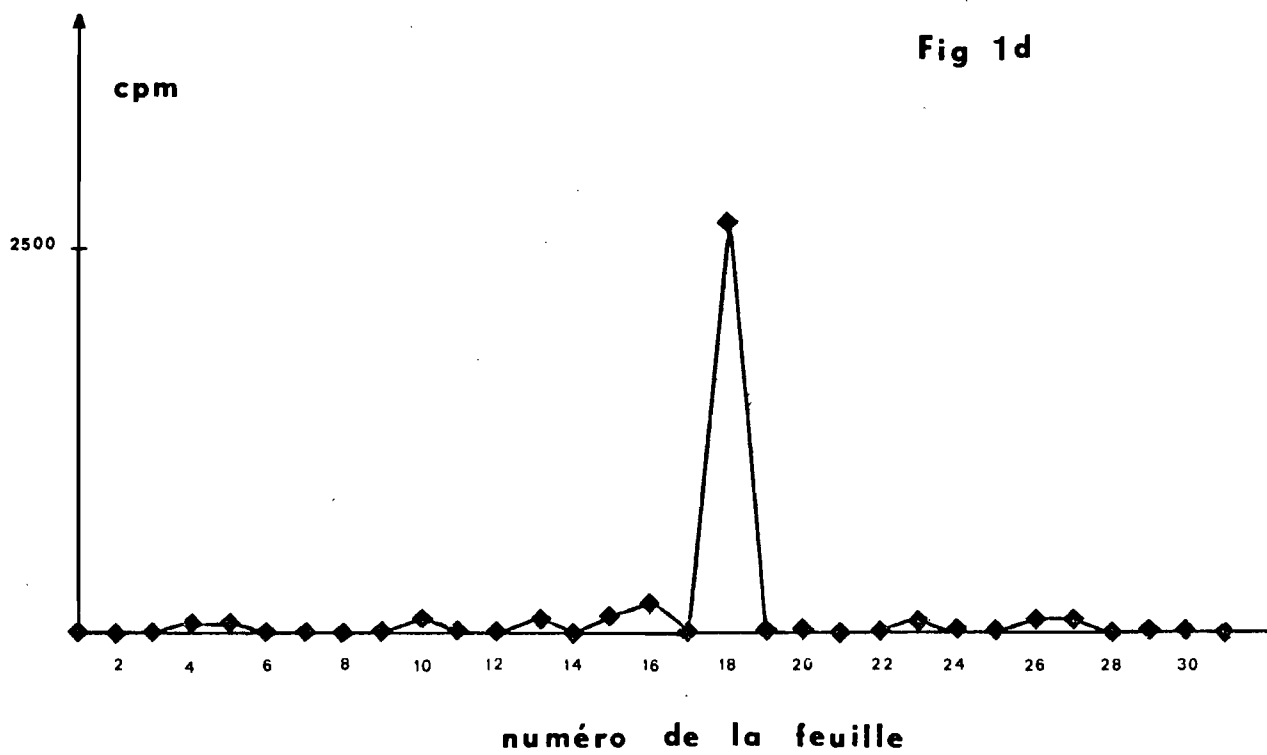
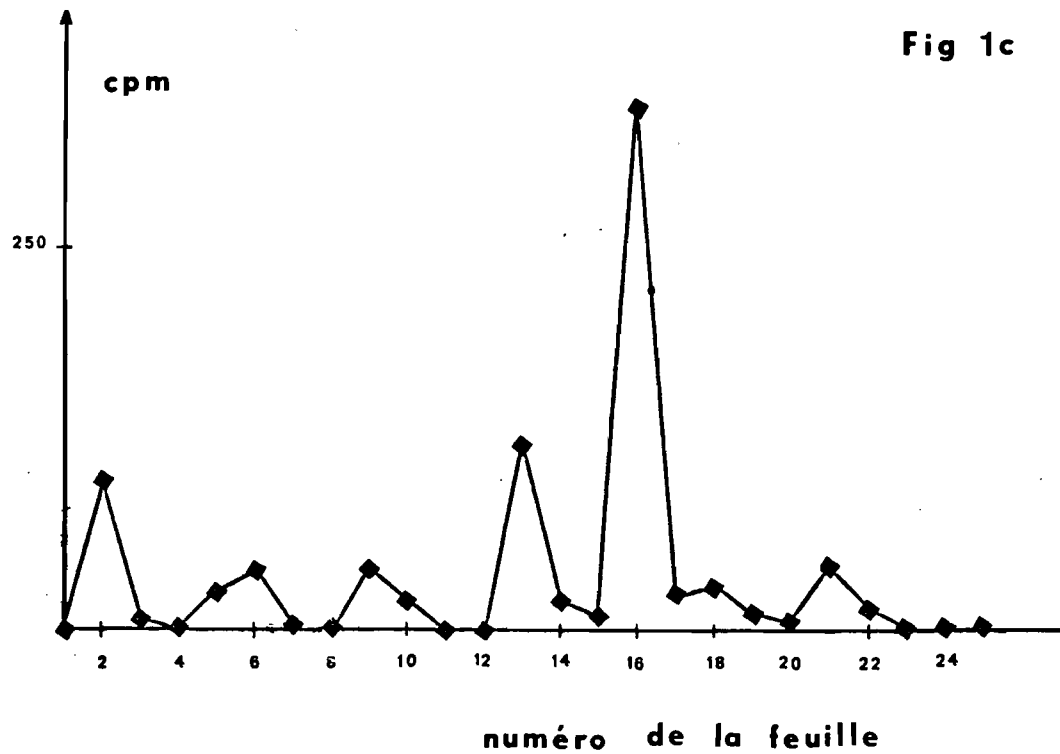
Nonuniform Transport of Phosphorus from Single Roots to
the leaves of *Zea mays*.
Physiol. Plant. 30, 3, 231-9.

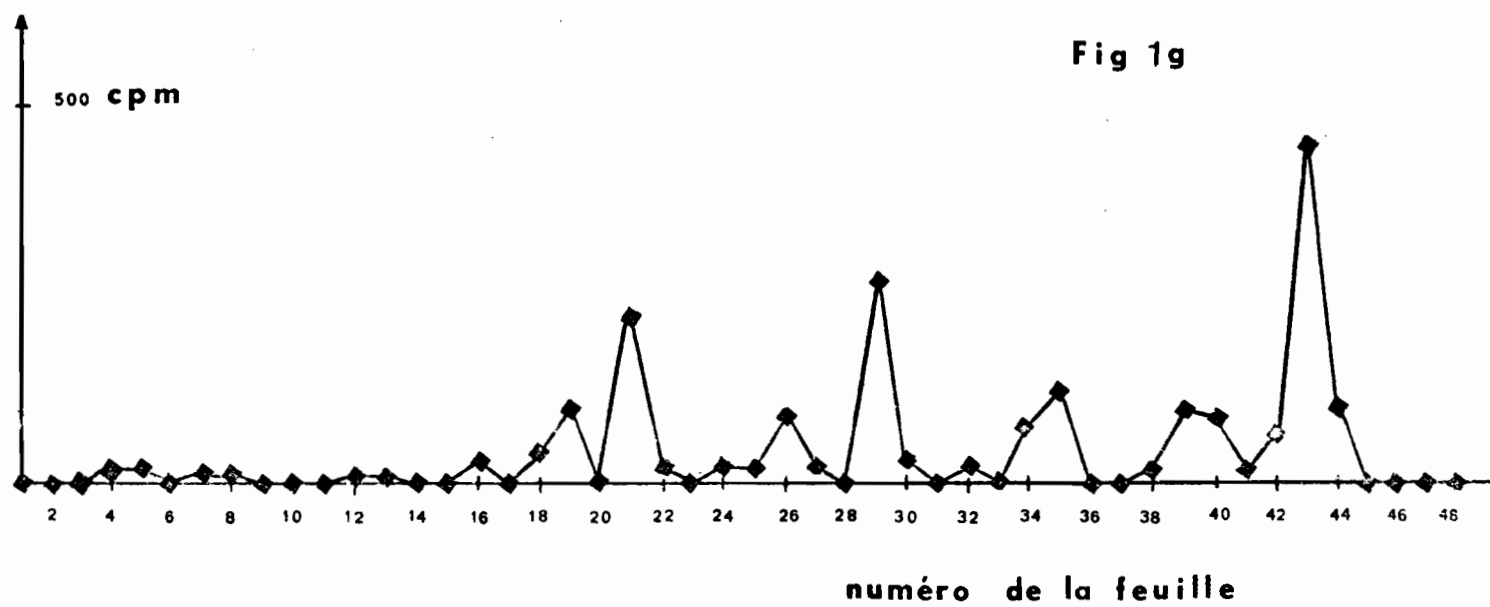
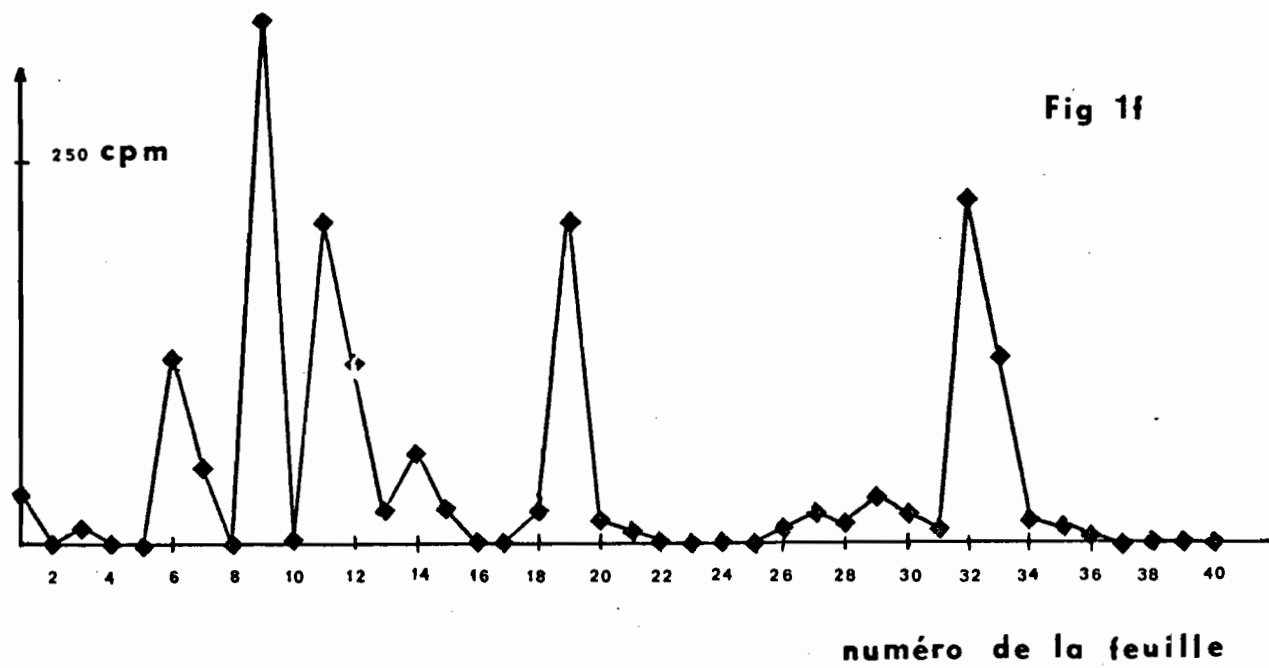
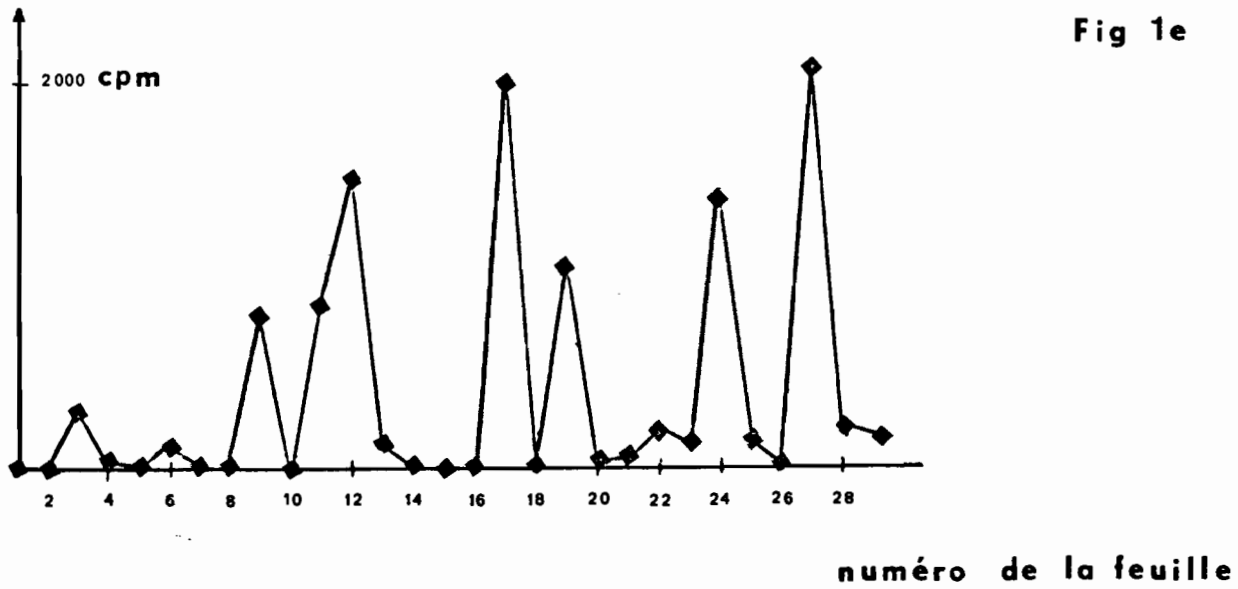
TISEAU R., 1971.

Conduite de cultures expérimentales de l'ananas. Le système
hydroponique de l'Anguédédou.
Fruits 26 (4) : 279-285.

Fig 1a à 1g : Distribution interfoliaire de la radioactivité après trempage pendant 5h d'une racine dans une solution à 100 μ Ci P.32

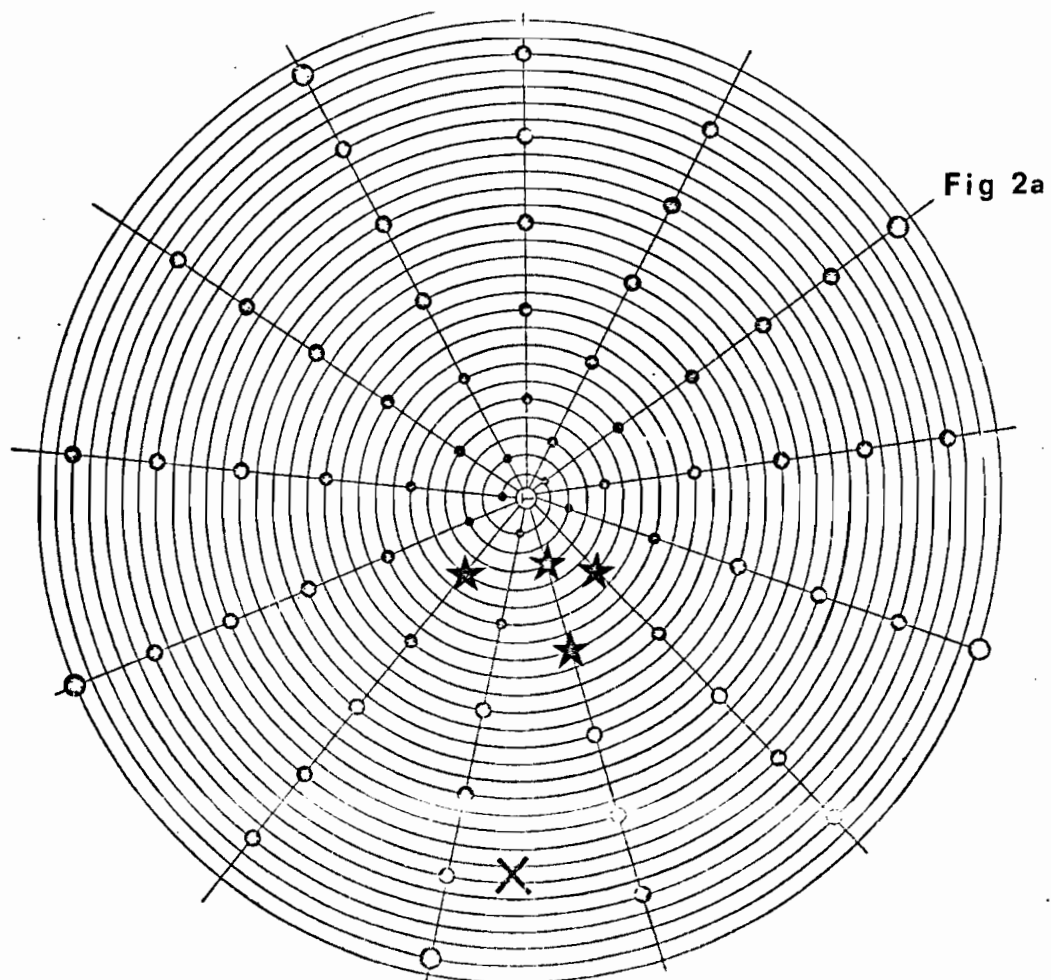






**Fig 2a à 2i: Localisation de la radioactivité
sur l'hélice foliaire
après trempage pendant 5h d'une racine
dans une solution à 100 μ Ci P.32**

**Fig 3a à 3c: Localisation de la radioactivité
au niveau de chaque feuille
après trempage pendant 5h d'une racine
dans une solution à 100 μ Ci P.32**



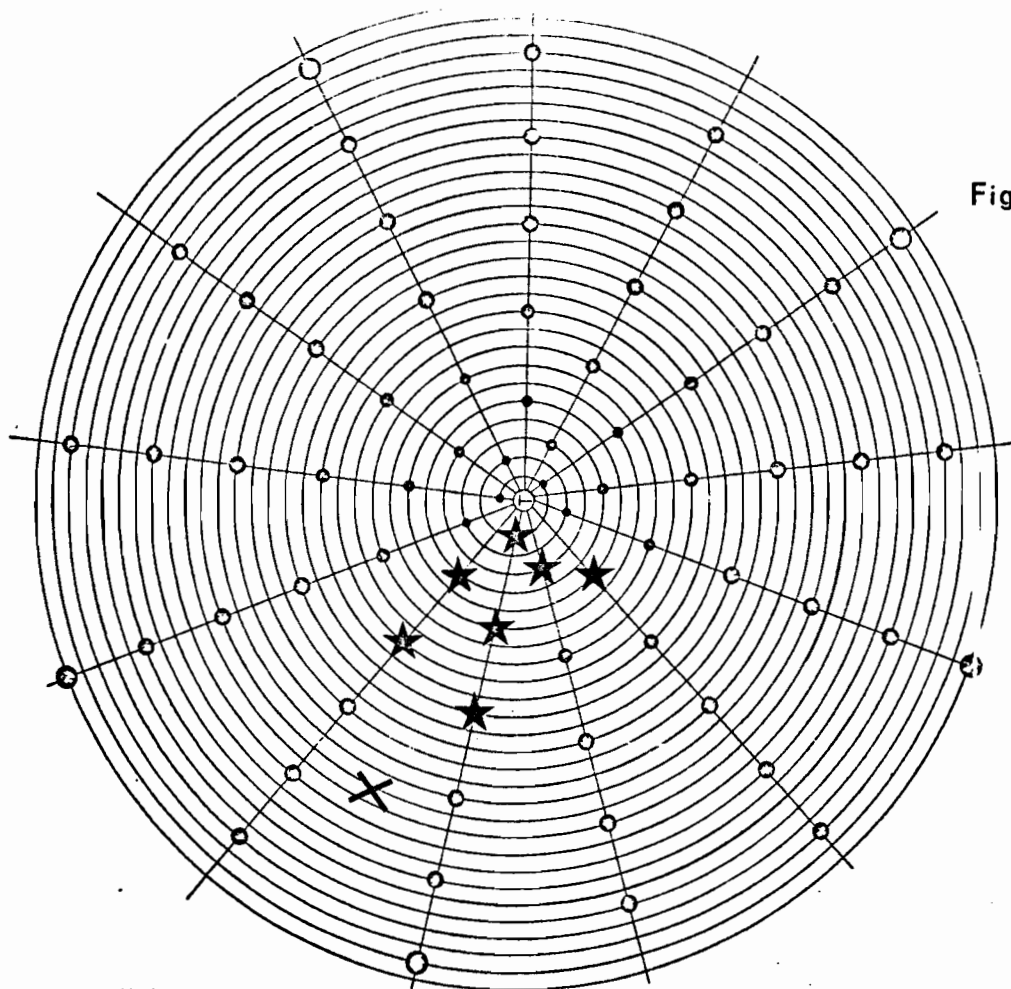


Fig 2b

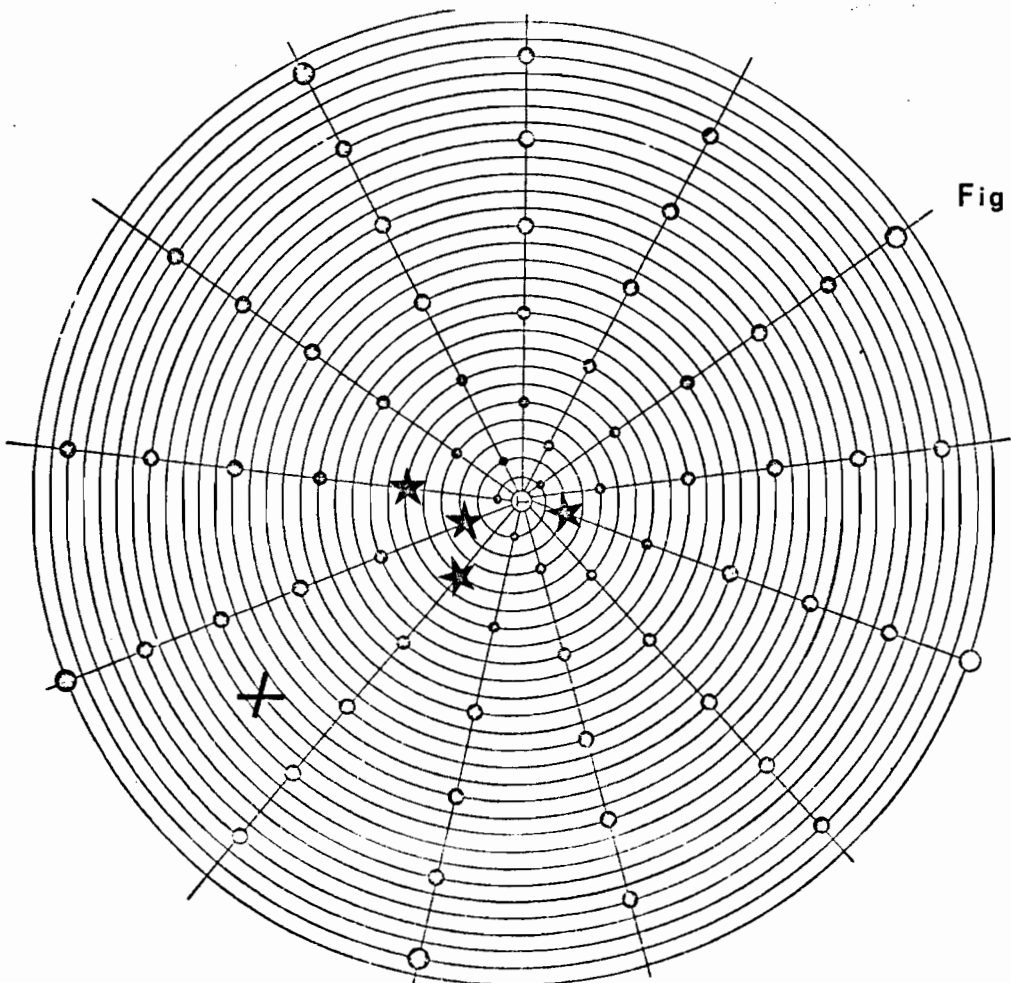


Fig 2c

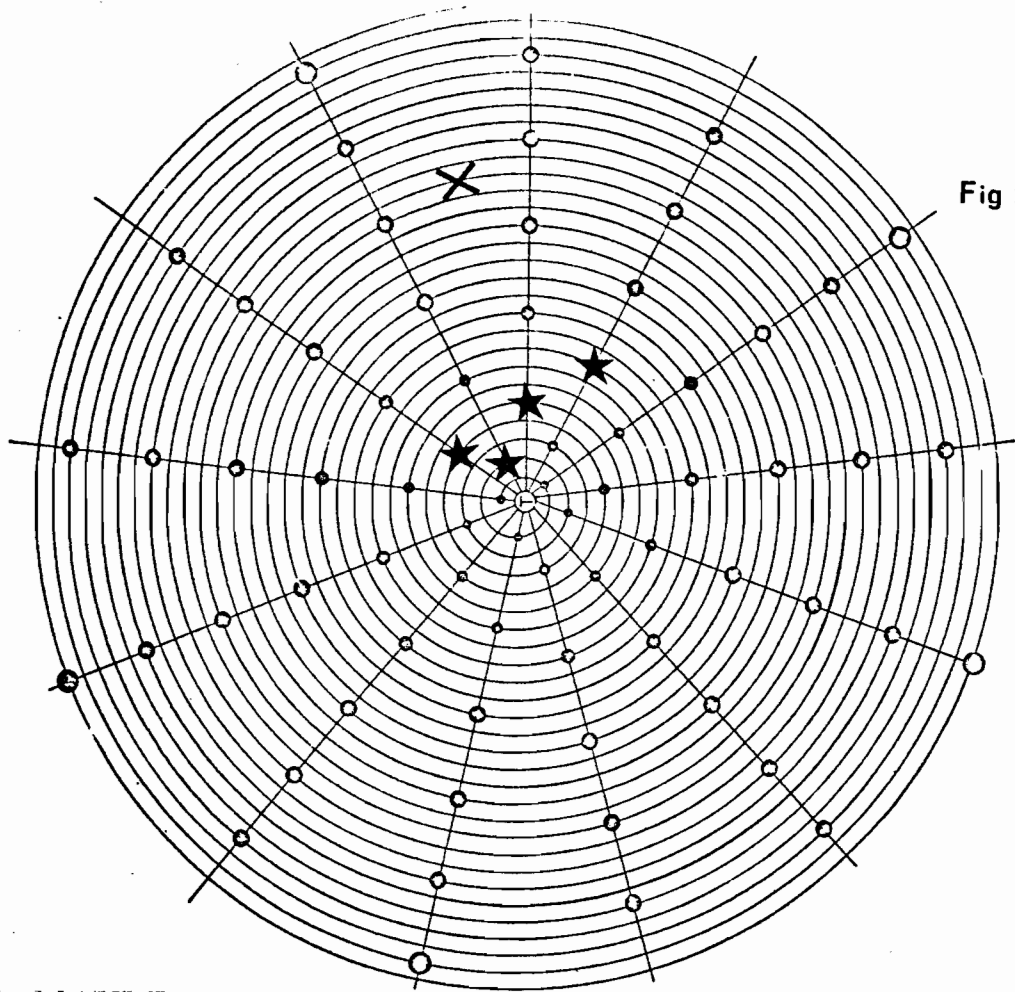


Fig 2 d

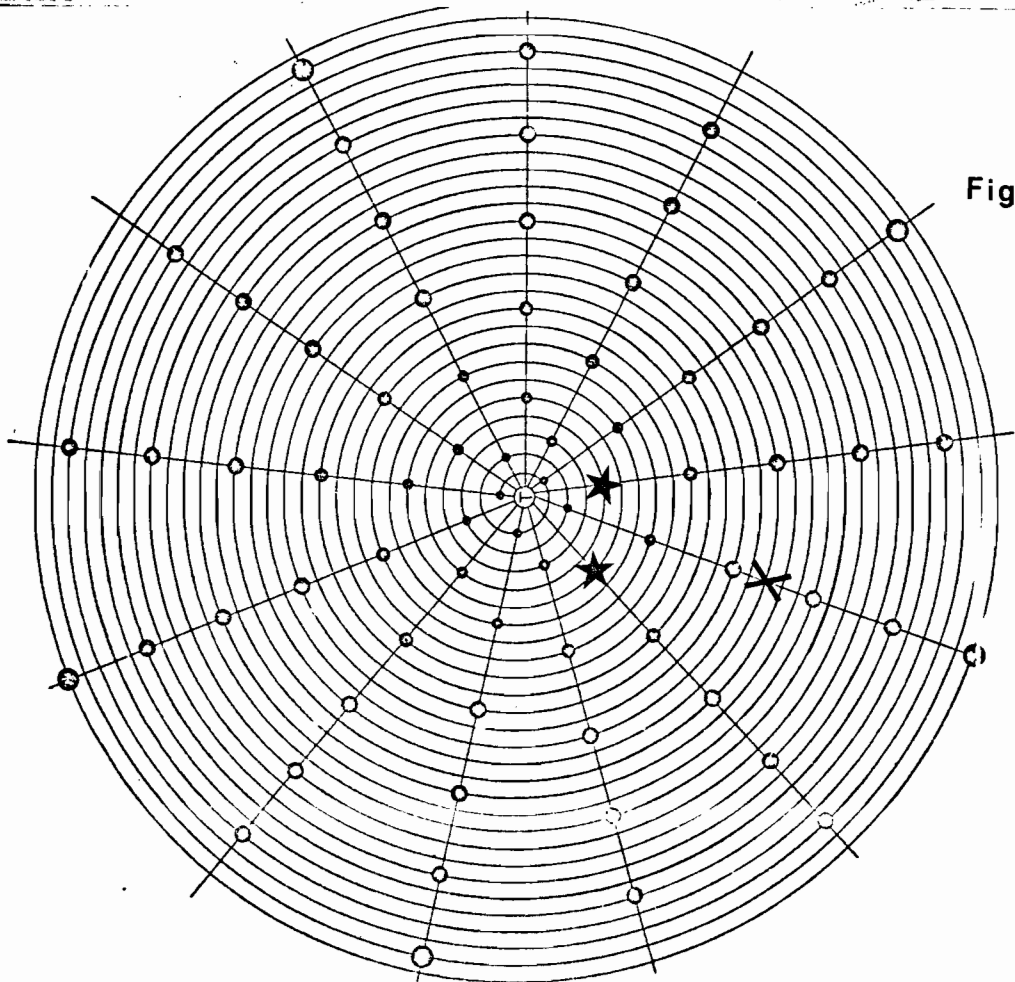
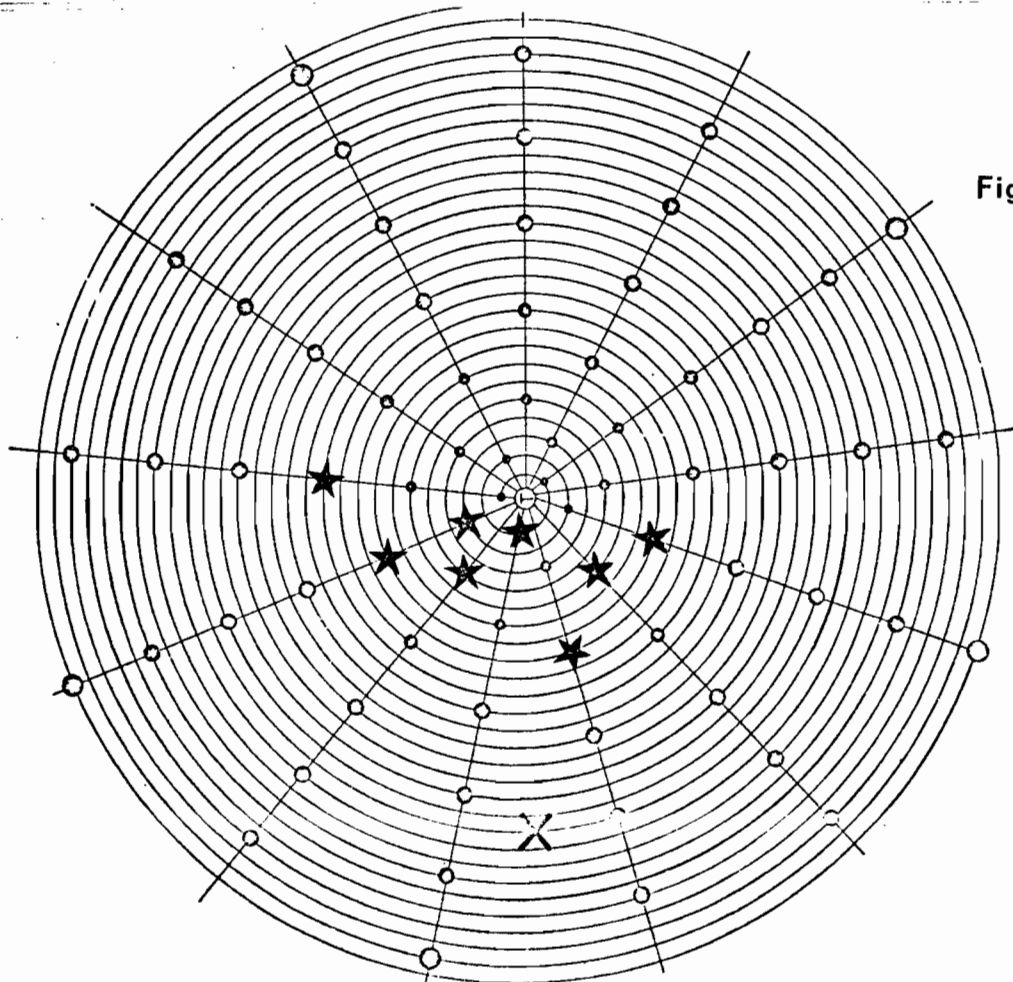
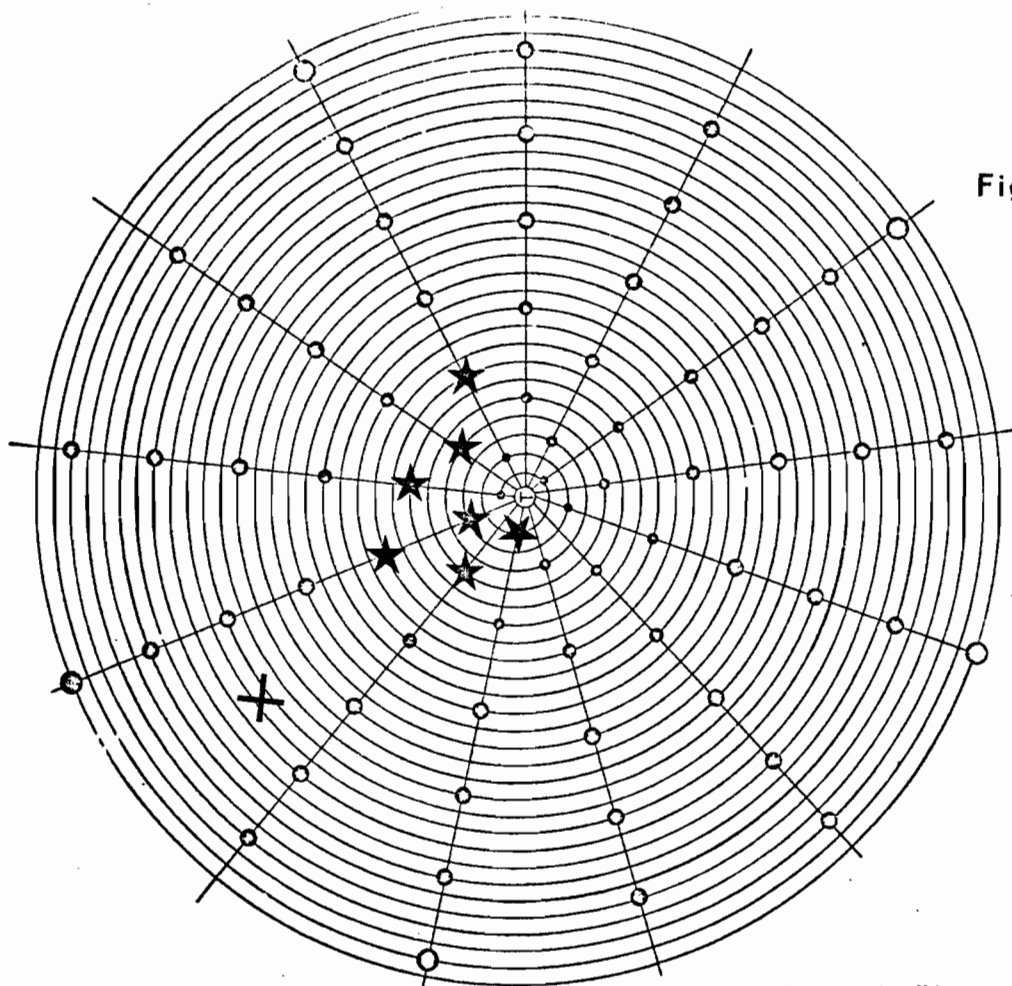


Fig 2 e



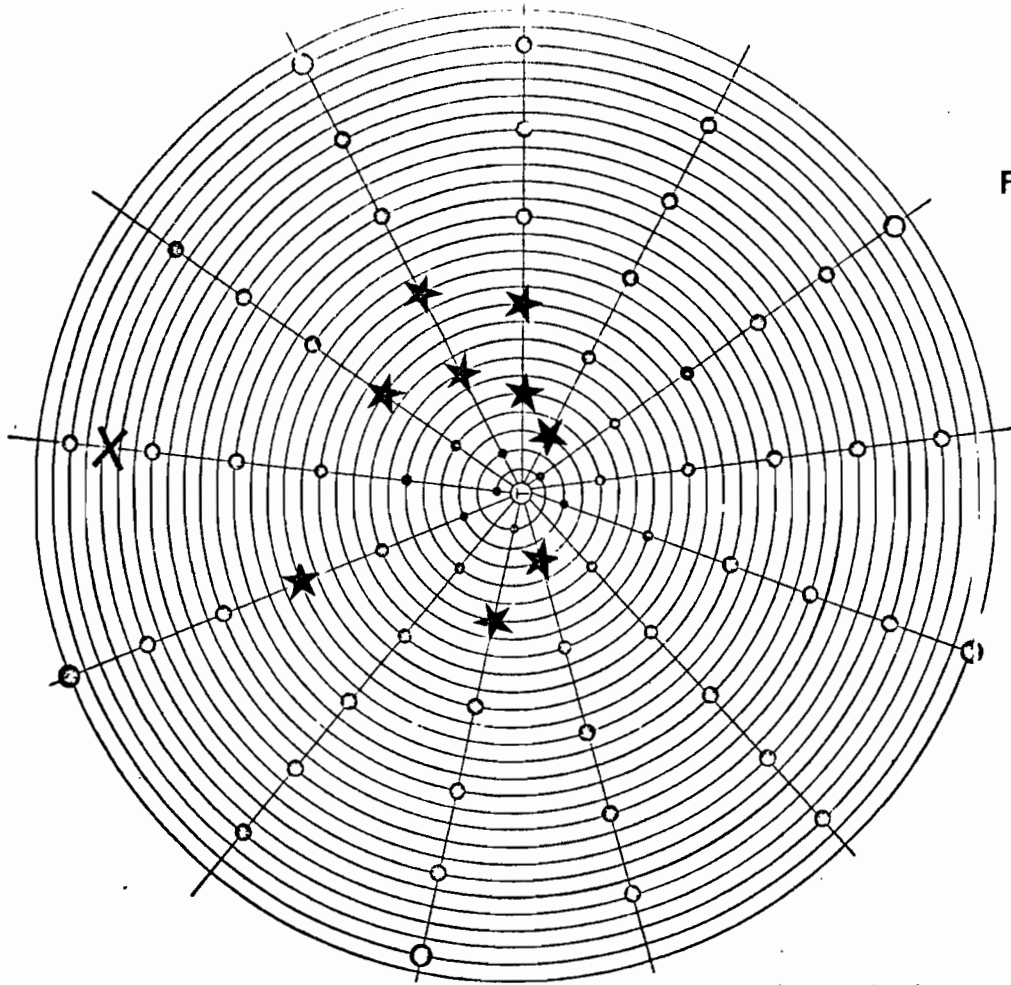


Fig 2h

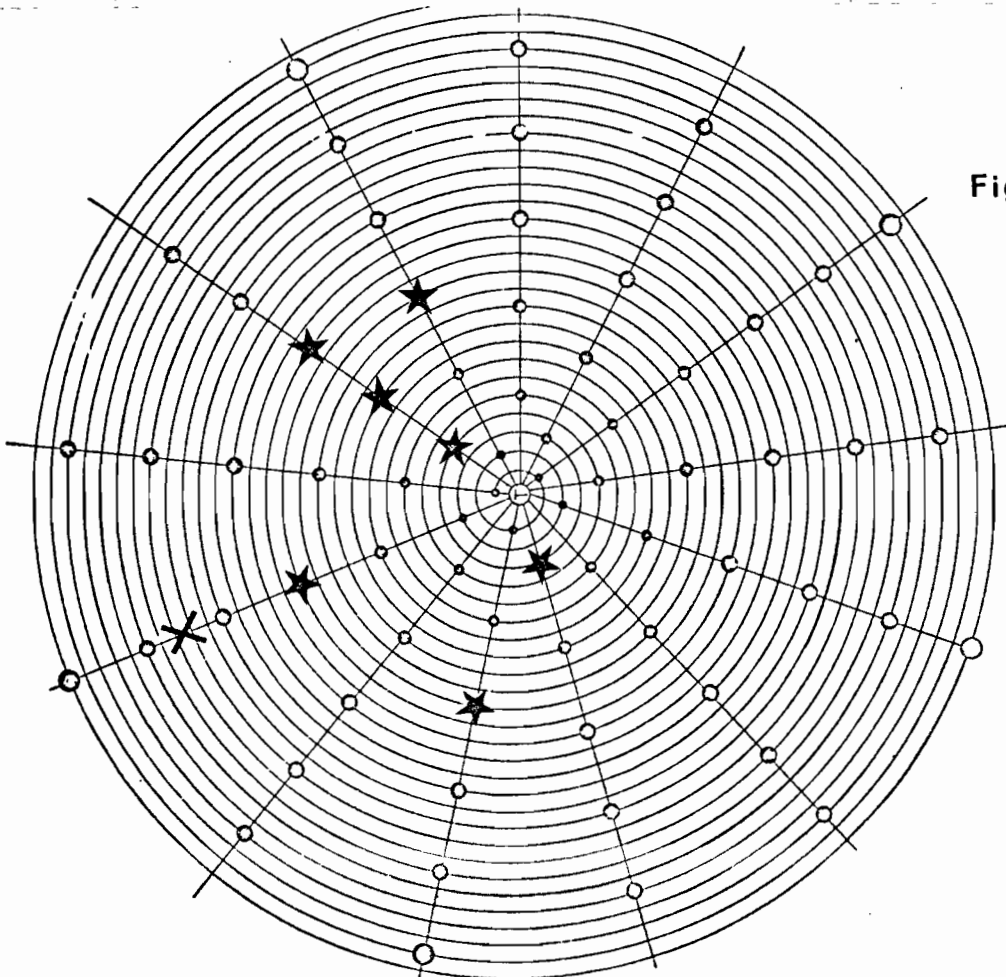


Fig 2i

Fig 3a

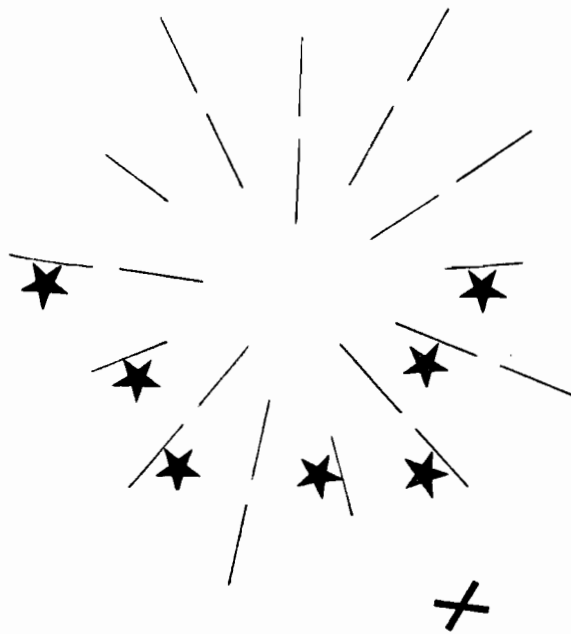


Fig 3b

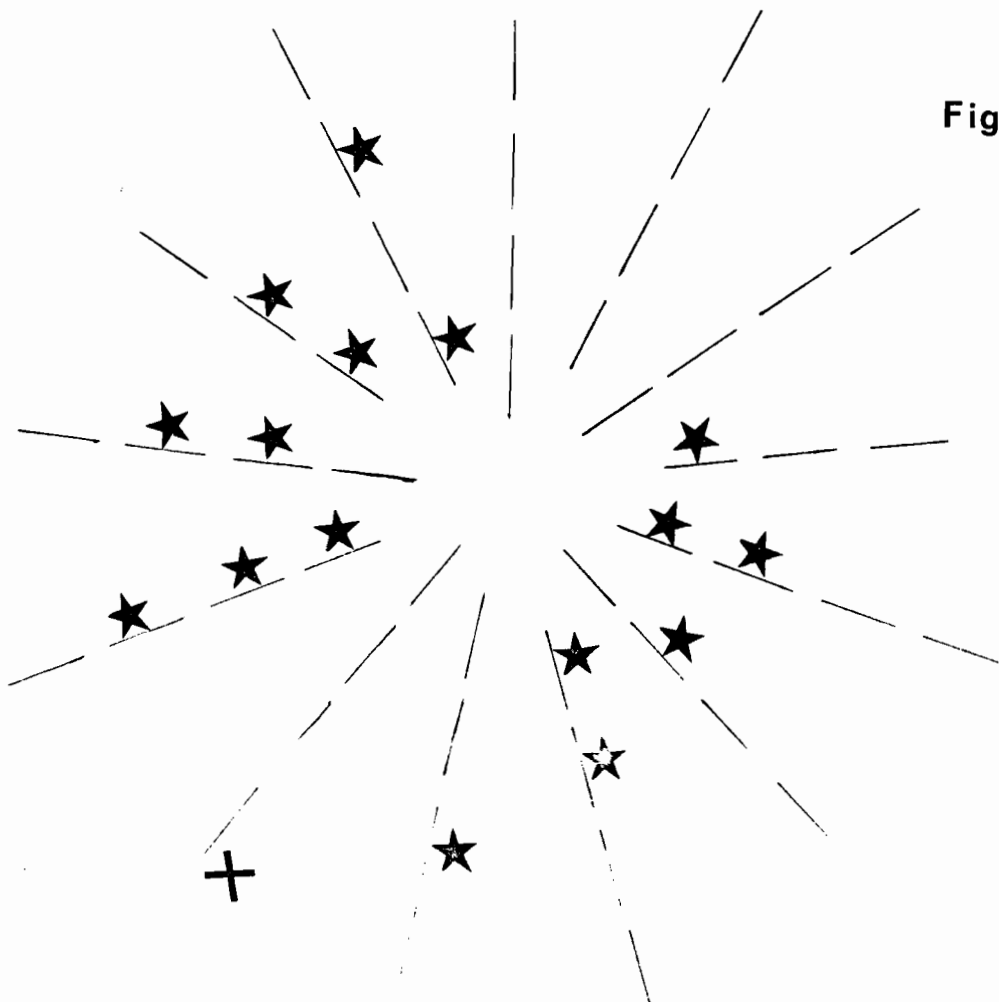


Fig 3c

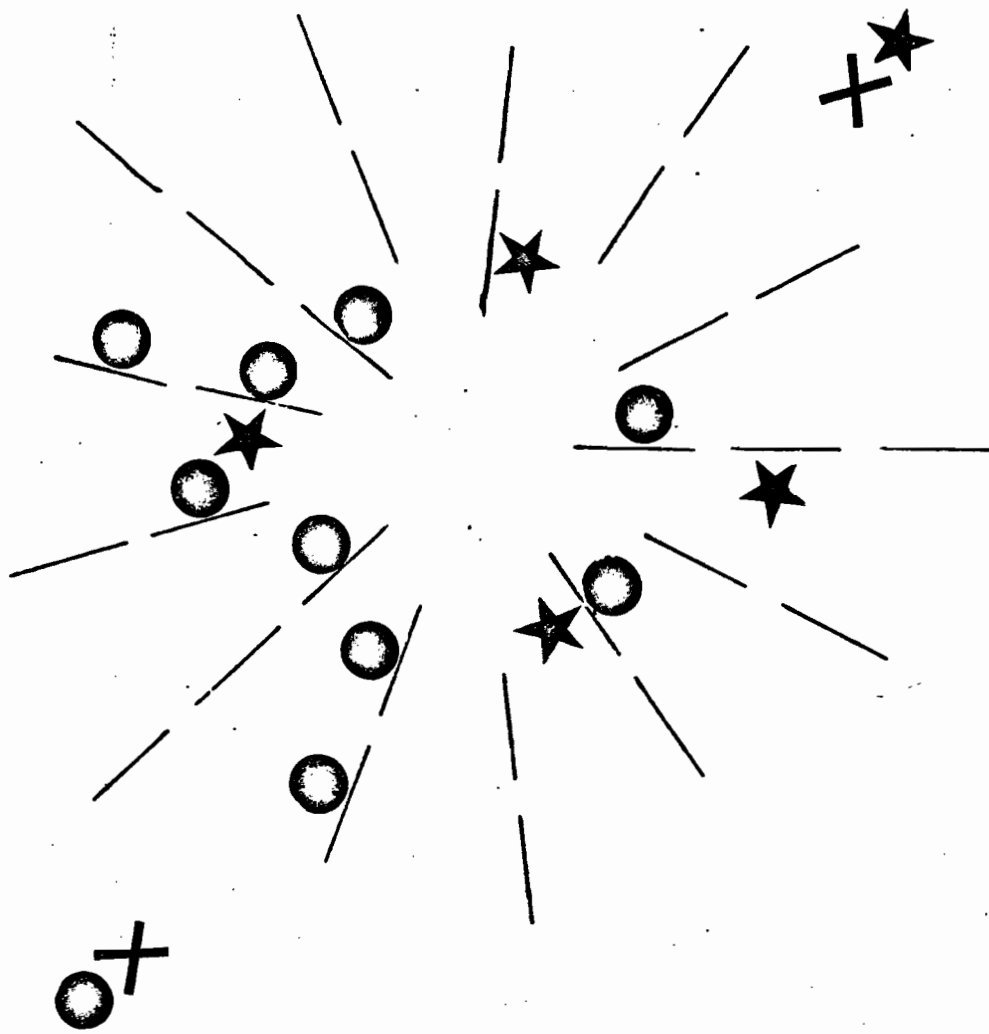


Fig 4: Distribution interfoliaire du phosphore
après trempage pendant 5h
du premier flux d'enracinement

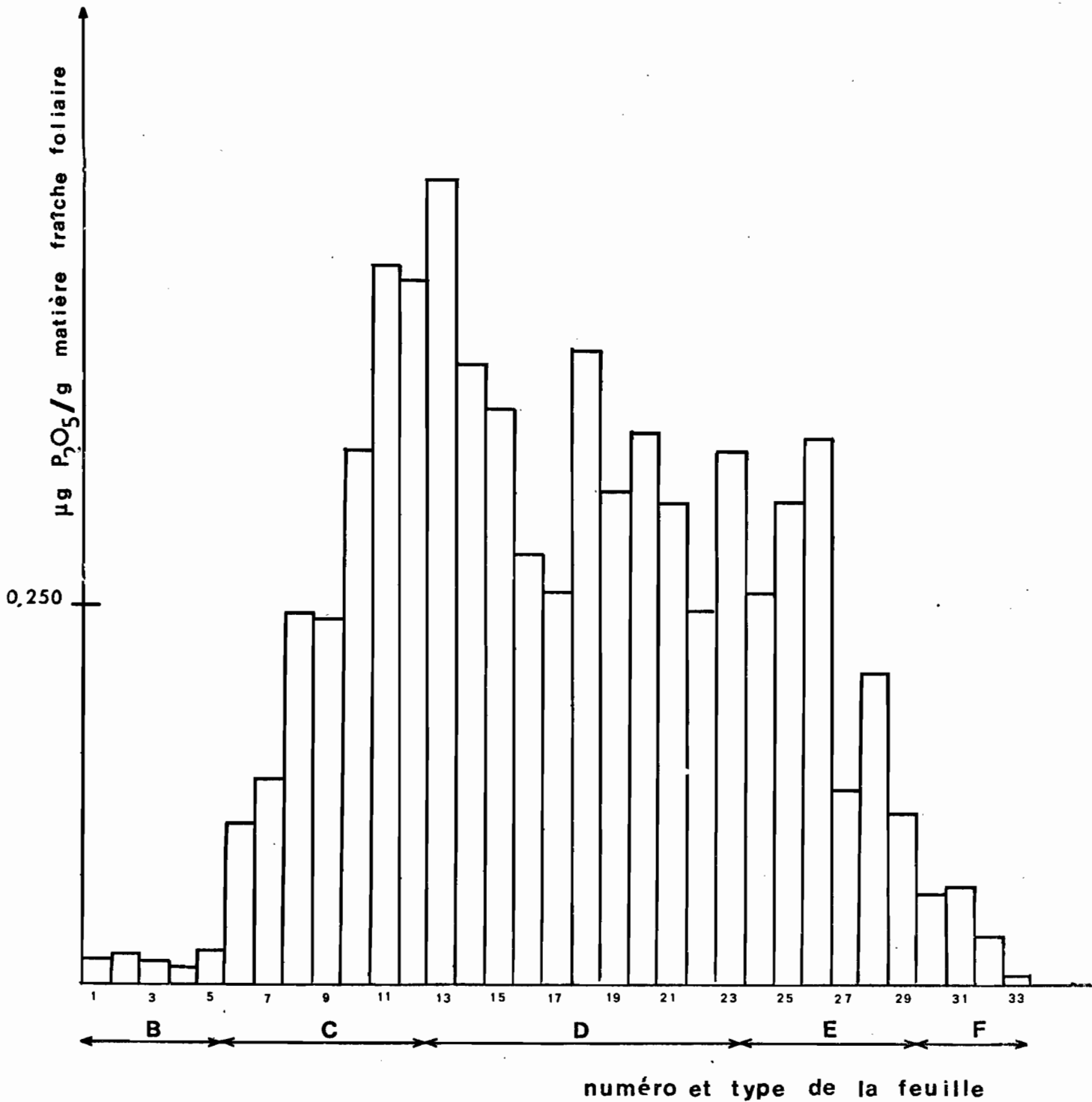


Fig 5: Distribution interfoliaire du phosphore

après trempage pendant 24h

du premier et du deuxième flux d'enracinement

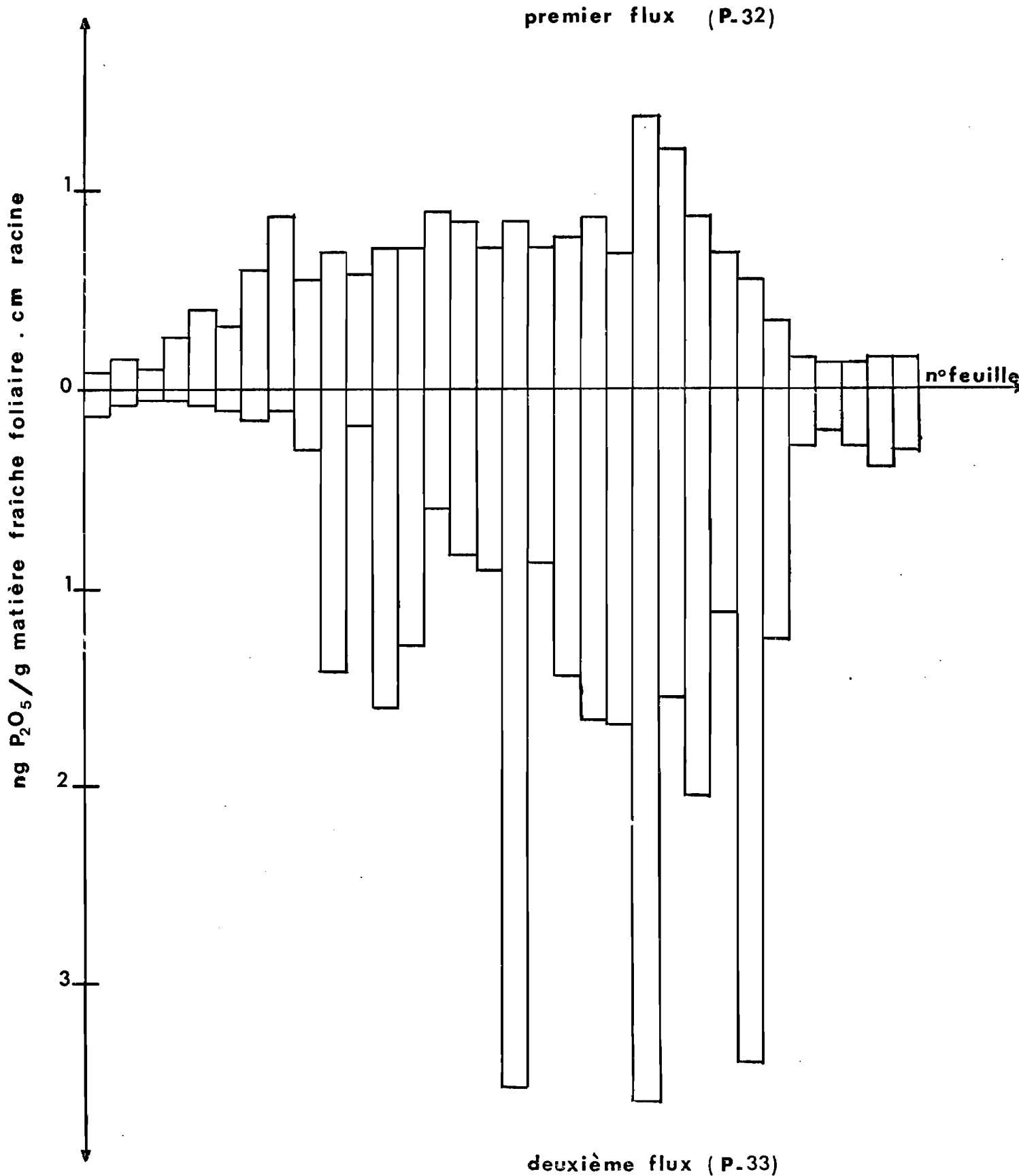


Fig 6b: temps de contact de 12 h

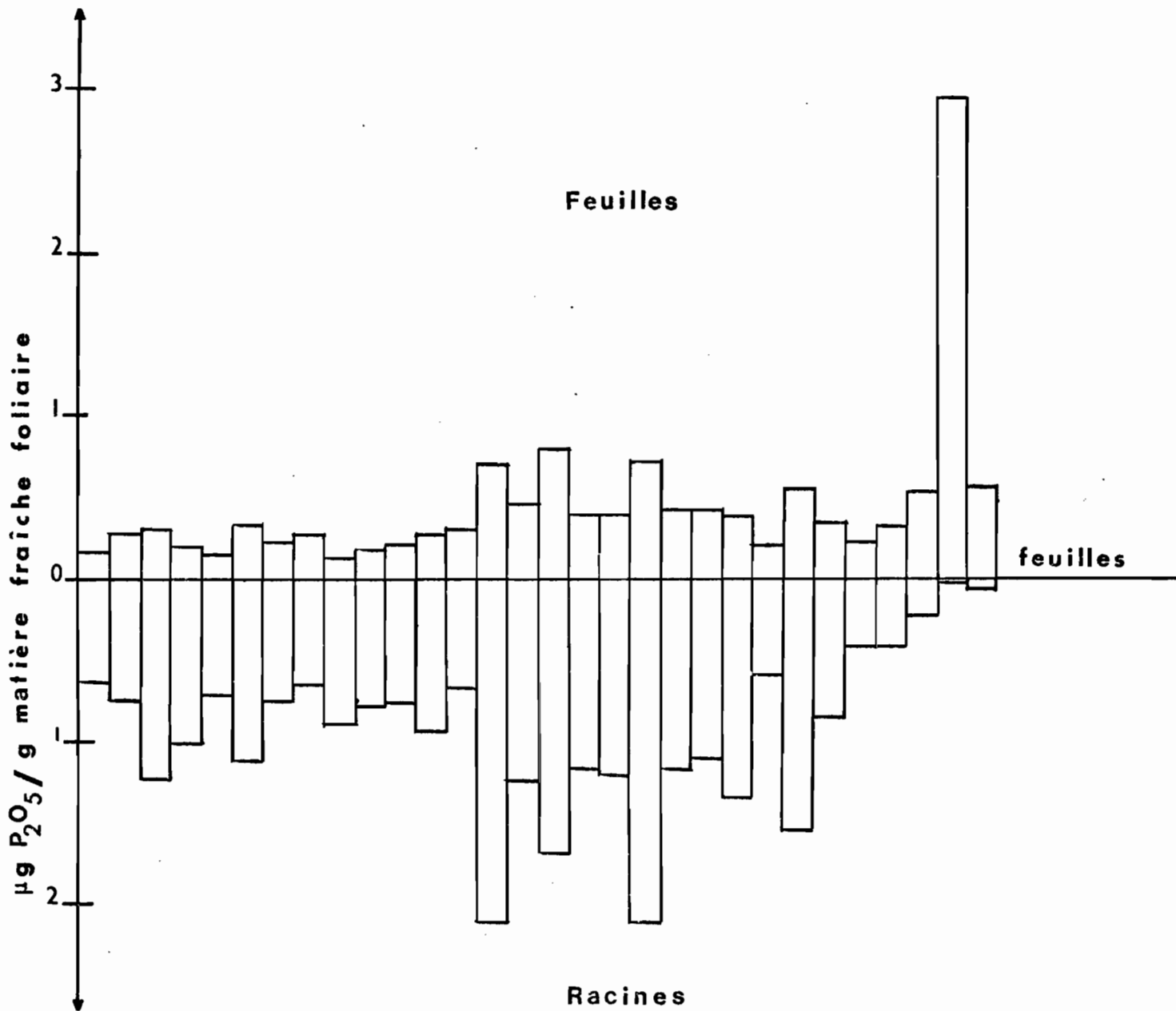


Fig 6 c : temps de contact de 48 h

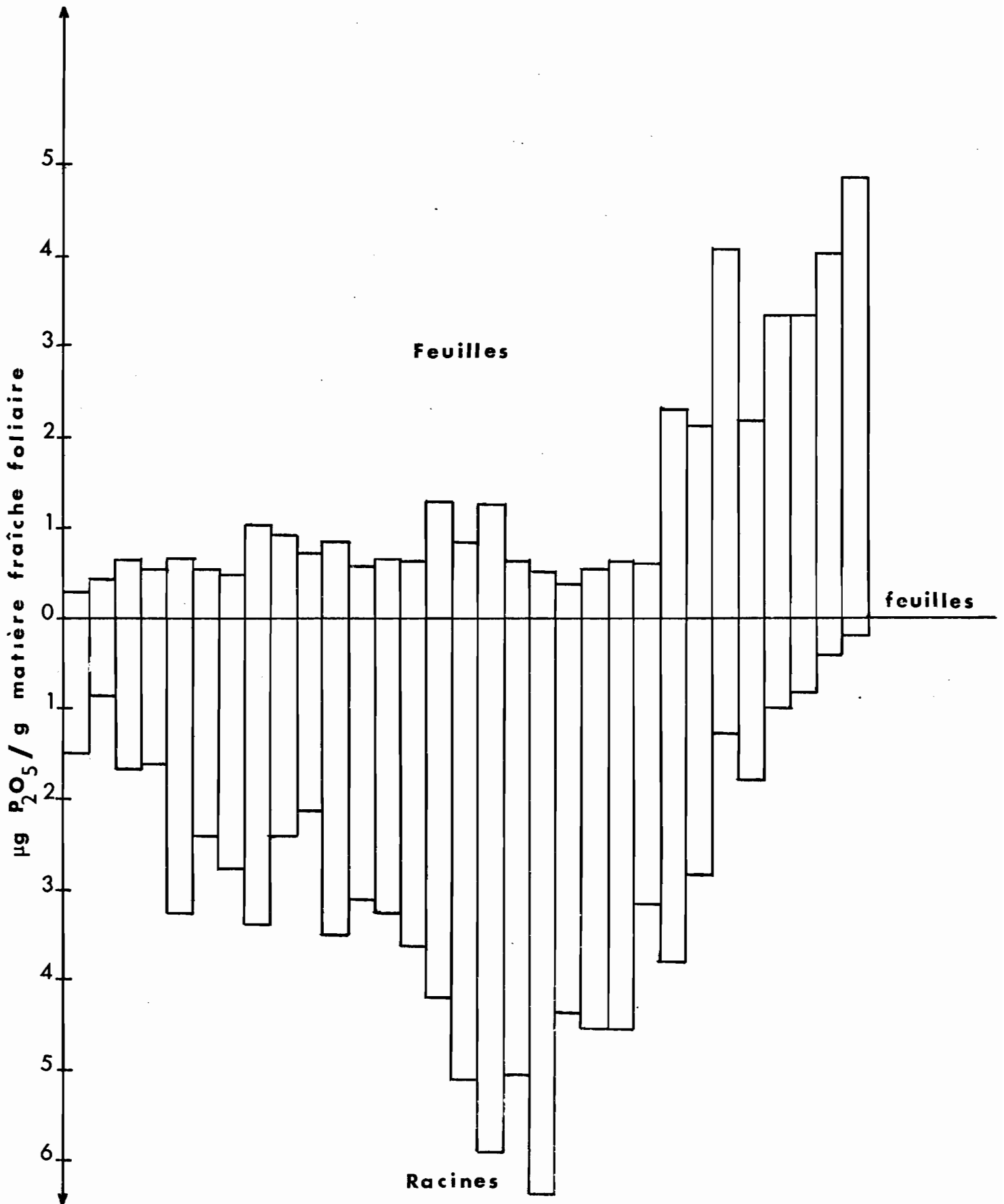
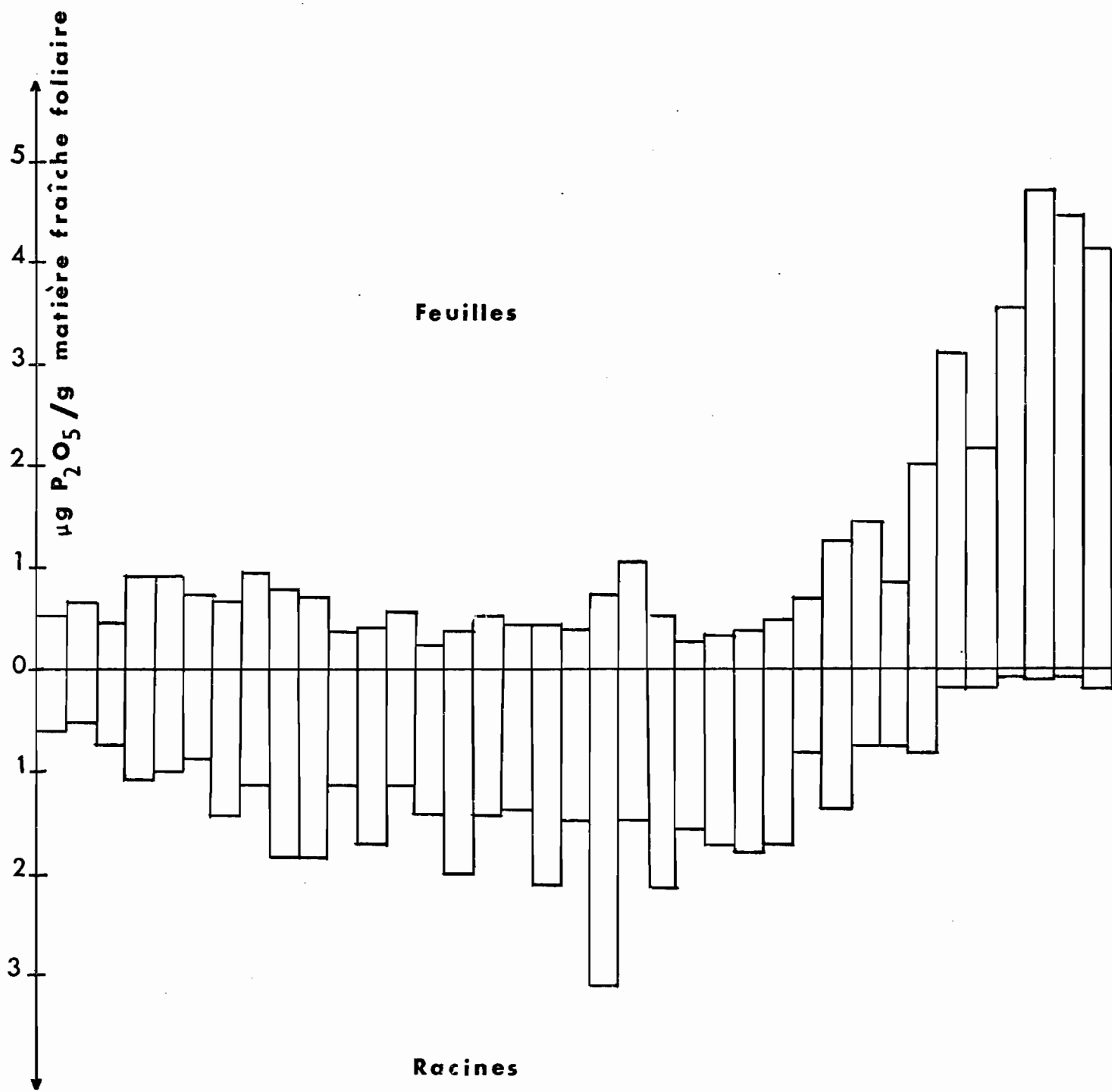


Fig 6d: temps de contact de 48 h



O.R.S.T.O.M

Direction Générale

24 rue Bayard PARIS (75008)

Service Central de Documentation

70-74 Route d'Aulnay BONDY (93140)

Centre O.R.S.T.O.M d'Adiopodoumé

B.P. V 51 ABIDJAN (CÔTE D'IVOIRE)

COPYRIGHT ORSTOM 1981