

# Relation entre les populations de *Radopholus similis* COBB et la croissance du bananier

R. GUÉROUT\*

RELATION ENTRE LES POPULATIONS DE  
RADOPHOLUS SIMILIS COBB ET LA CROISSANCE DU BANANIER

R. GUÉROUT (IFAC)

Fruits, mai 1972, vol. 27, n°5, p. 331-337.

RESUME - Pour la première fois il a pu être mis en évidence la relation existant entre le degré d'infestation de *R. similis* et la croissance du bananier. Cette relation suit l'équation  $Y = CZ^P$  établie par SEINHORST. Ce résultat a pu être obtenu grâce à l'amélioration des techniques d'extraction et à l'utilisation de nouveaux nématicides ayant permis l'obtention de bananiers avec des degrés variables d'infestation jusqu'à l'assainissement pratiquement total. Il apparaît, dans les conditions de l'expérience (sol pauvre) que le seuil de tolérance (pas de ralentissement de croissance) soit de 1.000 *R. similis* pour 100 g de racines.

Bien des tentatives ont été faites pour relier les différents critères de croissance ou de récolte à l'infestation du sol par des nématodes phytoparasites.

La meilleure approximation actuelle semble être celle publiée par le Pr. SEINHORST en 1965. Elle lie la récolte ou la taille des plants à la population initiale du sol par la relation :

$$Y = Z^{P \cdot T} = CZ^P \text{ (figure 1) où :}$$

Y = la récolte relative (en p. cent de la meilleure récolte possible et tenant compte de la récolte minimale en présence de fortes populations de nématodes).

P = la population de nématodes.

T = la population maximum tolérable sans provoquer de dégâts ou taux limite d'infestation.

Z = un coefficient légèrement inférieur à l'unité lié aux dégâts possibles d'un seul nématode.

La courbe représentative peut également être tracée à partir de la formule :

$$Y = \frac{O_p - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} \text{ où :}$$

$O_p$  = le rendement en présence de P nématodes.

$O_{\max}$  = le rendement maximum lorsqu'il n'y a pas de nématodes.

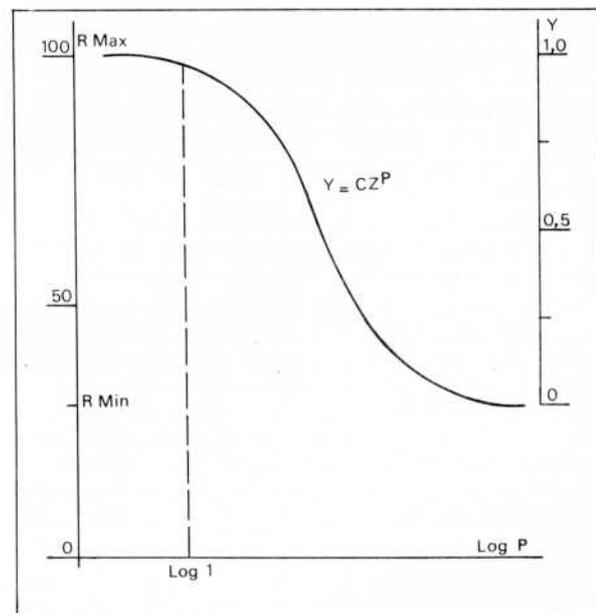


FIGURE 1 • Courbe de relation théorique entre la récolte relative au développement des plants et l'infestation (d'après SEINHORST).

$R_{\max}$  = rendement maximum.  $R_{\min}$  = rendement minimum.  $Y$  = récolte en % par rapport à  $R_{\max}$ .  $P$  = population de nématodes.  $Z$  = coefficient constant  $< 1$ .  $C$  = constante légèrement supérieure à 1.

\* - Institut français de Recherches fruitières Outre Mer (IFAC)  
B.P. 1740, ABIDJAN, République de Côte d'Ivoire.

O min = le rendement minimum lorsque la population de nématodes est très importante.

Ces critères ne sont pas uniquement fonction des nématodes mais aussi des conditions culturales, ce qui rend obligatoire la détermination du taux d'infestation maximum tolérable pour une culture donnée dans chacune des conditions écologiques pouvant convenir à cette plante.

La courbe représentée sur la figure 1 montre qu'entre zéro et le seuil T, les populations de nématodes croissent sans que les dégâts augmentent de façon sensible. Elle s'incurve ensuite brusquement pour donner une zone où le rendement est pratiquement proportionnel au logarithme des populations de nématodes. Cette partie est la plus fréquemment rencontrée lors d'études en plein champ et cela explique que plusieurs auteurs considèrent que la relation entre la densité de la population parasite initiale et le rendement est une régression linéaire (LOWNSBERY et PETERS, 1955 ; HOESTRA et OOSTENBRINK, 1962). Enfin, au-dessus d'un certain taux d'infestation du sol, la récolte ne diminue plus.

L'intérêt de la formule de SEINHORST réside essentiellement dans la possibilité qu'elle offre de déterminer la population maximum tolérable (T) par la plante sans pertes sensibles. Ce seuil T rentre en effet en ligne de compte dans la détermination de la rentabilité des méthodes de traitement utilisées. Il semble inutile de vouloir baisser artificiellement les populations au-dessous de ce seuil T, surtout lorsque l'on sait que cette dernière fraction de population entraîne pour sa destruction les frais les plus importants.

La détermination de la partie supérieure de la courbe nécessite en général la mise en oeuvre de techniques de laboratoire : en partant de terres stérilisées, infestées ensuite artificiellement avec un nombre de plus en plus important de nématodes phytoparasites, il devient possible de déterminer T. Cette technique n'est malheureusement pas utilisable pour le bananier et ceci pour deux raisons :

- tout d'abord le matériel végétal est constitué par une souche de forte taille et nécessiterait pour la réalisation de telles expériences la mise en oeuvre de moyens très importants ;

- par ailleurs, cette souche même est la source principale de l'infestation d'une plantation car toute la zone corticale héberge une population importante de nématodes.

Cette infestation de la zone corticale des bulbes lors de la plantation rend inutilisable la seule notion d'infestation initiale du sol. Depuis un certain temps déjà cette notion de population maximale tolérable tenait une place prépondérante dans les conseils donnés aux planteurs pour la réalisation de traitements nématicides. Mais la détermination de ce taux limite d'infestation n'était qu'intuitive, car les produits nématicides utilisés jusqu'alors ne permettaient pas d'atteindre le palier supérieur de la courbe.

Ce n'est qu'avec l'apparition de nouveaux produits composés chimiques systémiques et non phytotoxiques, qu'il a été possible d'avoir dans un cas bien particulier, une détermination de ce seuil. Bien que ce cas soit jusqu'alors unique en Côte d'Ivoire, cela fait espérer qu'une telle expérimentation pourra être entreprise dans les conditions très variées de la culture bananière ivoirienne.

## CONDITIONS DE RÉALISATION

### Techniques nématicologiques.

Parmi les différentes espèces présentes, seul *Radopholus similis* COBB a été pris en considération, car très rapidement, il constitue plus de 70 p. cent de la population parasite totale et que, de plus, ses effets destructifs sont infiniment supérieurs à ceux des autres espèces.

Le choix de la population des racines comme critère d'infestation a été motivé par le fait que *R. similis* est un nématode endoparasite strict, qu'il est possible de trouver en quantité infiniment plus importante dans les racines que dans le sol et qu'aucune relation nette n'a pu être mise en évidence entre ces deux populations.

### Échantillonnage.

Les prélèvements de racines ont été faits mensuellement. Chaque parcelle contenant 36 bananiers, les prélèvements ont été effectués tous les deux bananiers pour constituer un échantillon de 500 g environ, essentiellement de racines primaires.

### Au laboratoire.

Chaque échantillon est lavé et coupé en fragments d'un centimètre de long, puis 25 g de racines sont broyés deux fois 10 secondes dans 300 cc d'eau, en procédant à un renouvellement de l'eau entre les deux broyages (Mixer B.B.). De cette façon la couche corticale est divisée en fragments et le cylindre central mis à nu. Les fragments sont lavés pendant deux minutes sur une série de tamis comprenant un tamis d'ouverture de mailles de 200  $\mu$ . Tous les débris restant sur ce tamis sont rejetés. Puis un tamis d'ouverture de 100  $\mu$  et 8 tamis d'ouverture de 50  $\mu$ , les résidus et nématodes arrêtés par ces 9 derniers tamis sont recueillis dans 100 cc d'eau. Il n'est pas fait de filtration sur papier poreux. La présence simultanée de débris végétaux et de nématodes dans la suspension nécessite des comptages très soigneux. Les résultats sont exprimés en nombre de *R. similis* pour 100 g de racines.

### En plein champ.

#### Dispositif expérimental.

L'essai a été implanté en Côte d'Ivoire sur des sables tertiaires de la zone sud. Ces conditions de sol sont très favorables à une forte multiplication des nématodes phytoparasites et en particulier *R. similis* COBB, parasite dominant du bananier. Par ailleurs, la culture bananière qui précédait l'essai n'avait reçu aucun traitement nématicide depuis plus d'un an. Le sol contenait de l'ordre de 200 *R. similis* au litre de terre à la plantation.

L'essai était disposé en 5 blocs de Fischer. Chaque parcelle contenait 36 bananiers de la variété 'Poyo' (groupe Sinensis). Les traitements étudiés étaient les suivants :

- 1 - Témoin non traité
- 2 - Dibromochloropropane (DBCP) en concentré émulsionnable à 75 p. cent V/V de m.a., appliqué au pal injecteur à raison de 5 cc/m<sup>2</sup>.
- 3 - Nemacur P (Ethyl 4 (methylthio)-m-tolyl isopropyl phosphoramidate) en granulé à 5 p. cent de m.a., épanché à raison de 2,5 g de matière active/m<sup>2</sup>.
- 4 - Nemacur P, même composé que précédemment, appli-

qué à raison de 5 g de m.a./m<sup>2</sup>.

- 5 - Terracur 00 Diethyl 0 (4 methyl sulfinyl phenyl) monothiophosphate, en granulé à 5 p. cent de m.a., épanché à raison de 5 g de m.a./m<sup>2</sup>.
- 6 - Mocap 0 Ethyl S dipropyl phosphorodithioate, en granulé à 10 p. cent de m.a., appliqué à raison de 5 g de m.a./m<sup>2</sup>.

Tous les traitements ont été appliqués sur une zone de 2 m<sup>2</sup> autour de chaque souche de bananier au moment de la plantation, puis tous les 6 mois à la même dose.

La mise en place a été effectuée le 15 juin 1968 et la culture a bénéficié d'une longue période pluvieuse mais sans excès. Les blocs 4 et 5, plantés avec un matériel végétal en meilleur état, ont eu une reprise plus rapide, se manifestant par la suite, tout au long du cycle, par une taille plus élevée et un meilleur rendement.

#### Observations.

Elles portent sur la taille du bananier prise à la base du cigare (feuille la plus jeune non encore déroulée), la circonférence du tronc à un mètre du sol. Elles étaient faites mensuellement.

## RÉSULTATS

### Mise en évidence d'une relation non linéaire liant la croissance au logarithme de l'infestation.

#### Choix des critères de croissance et d'infestation.

Tout d'abord, les prélèvements de racines pour dénombrement de *R. similis* ayant eu lieu en même temps que les mensurations de taille des bananiers, il est logique de penser que l'accroissement de taille ( $\Delta h$ ) entre deux mensurations est lié à la population moyenne (P) au cours de ce mois, celle-ci peut être estimée comme la demi-somme des populations dénombrées aux dates de mensuration.

L'utilisation de ces données (tableau 1) permet alors de tracer les courbes A, B, C, de la figure 2.

L'extension de la notion de population moyenne conduit à élargir la période considérée et à tracer la courbe D de la figure 2 qui rapporte la population moyenne entre le 25 août et le 25 octobre à l'accroissement de taille entre ces deux dates.

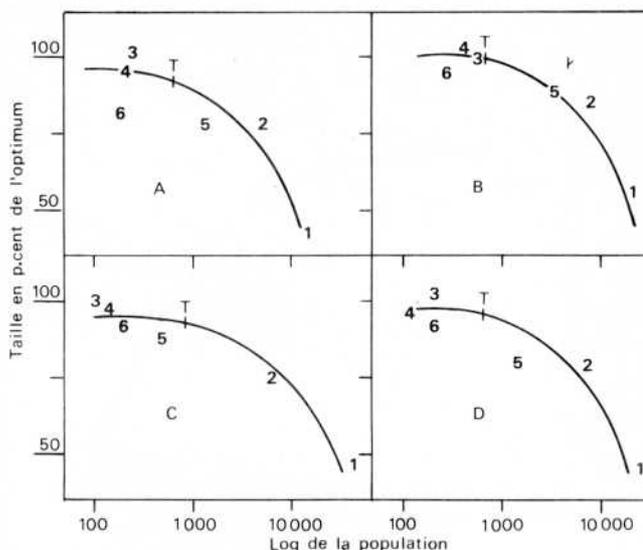


FIGURE 2 • Relation entre l'accroissement de taille (en p. cent de la meilleure parcelle) et la population moyenne de *R. similis* (pour 100g de racines).

A. du 25 sept. au 25 oct. 1968 100 = 61,8 cm  
 B. du 25 oct. au 25 nov. 1968 100 = 58,8 cm  
 C. du 25 août au 25 nov. 1968 100 = 42,0 cm  
 D. du 25 août au 25 oct. 1968 100 = 104,0 cm  
 Chaque chiffre est la moyenne de 5 répétitions.

De même, il est possible d'estimer alors que la taille au mois de novembre (somme des accroissements mensuels de juin à novembre) est fonction de la population moyenne mensuelle entre la plantation et ce mois de novembre (figure 3).

Si, par contre, on estime que la croissance du bananier et le développement des populations de nématodes sont liés l'un à l'autre de façon réciproque et non que l'un conditionne l'autre, il est possible de concevoir qu'à un état donné du bananier correspond un état de la population de nématodes.

Les comparaisons devraient alors se faire entre la taille à un moment donné et l'importance de la population de *R. similis* à la même date.

Ces calculs effectués à partir des données de l'essai conduisant à l'établissement des courbes des figures 4 et 5 à partir des tableaux 2 et 3.

TABLEAU 1 - Accroissement de taille ( $\Delta h$  en cm) entre deux dates et infestation moyenne (P) entre ces dates (moyenne de 5 répétitions).

Traitement	du 25/8 au 25/9		du 25/9 au 25/10		du 25/10 au 15/11		du 25/8 au 25/11	
	$\Delta h$	P	$\Delta h$	P	$\Delta h$	P	$\Delta h$	P
1	21,9	42.330	28,2	16.040	35,0	23.930	51,1	33.510
2	32,5	7.150	48,6	6.290	51,3	9.850	81,1	7.270
3	42,4	480	61,8	290	57,3	730	104,2	230
4	41,0	150	58,8	240	58,9	490	99,8	220
5	37,0	690	49,0	1.650	52,8	2.750	86,0	1.390
6	38,0	230	51,9	200	54,6	320	90,5	210

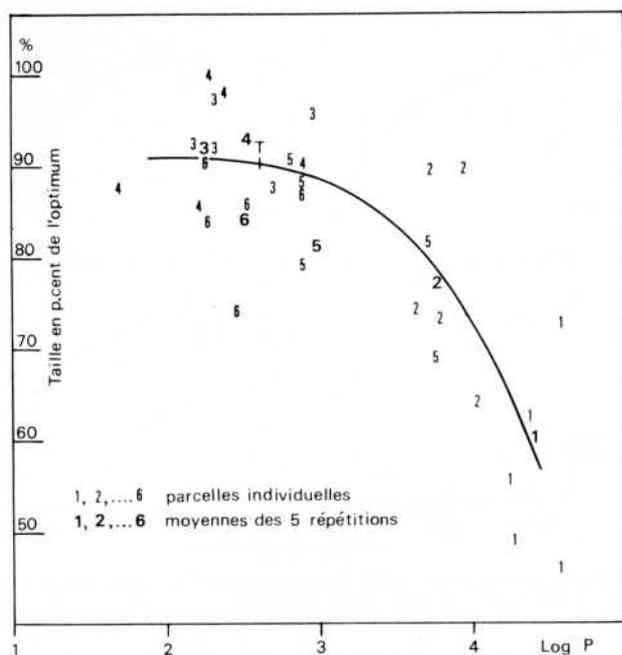


FIGURE 3 • Relation entre la taille des bananiers en novembre et la population moyenne mensuelle de *R. similis* entre la plantation et ce même mois.

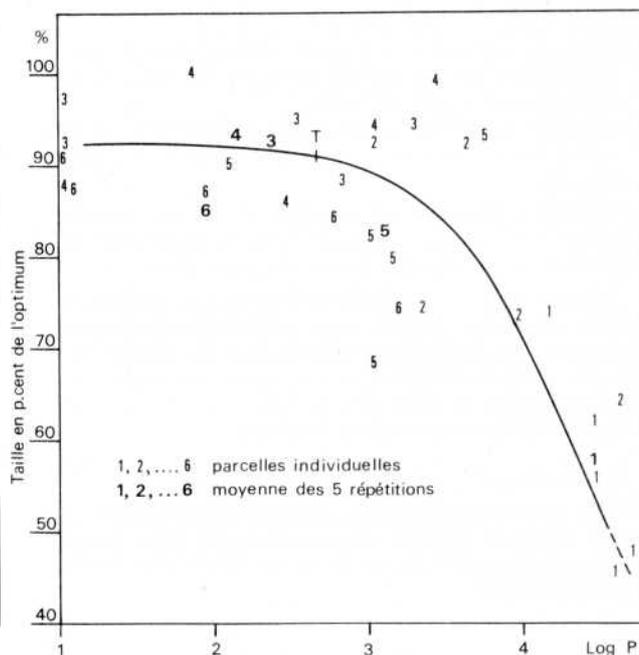


FIGURE 5 • Relation entre la taille des bananiers en novembre et l'infestation des racines par *R. similis* ce même mois.

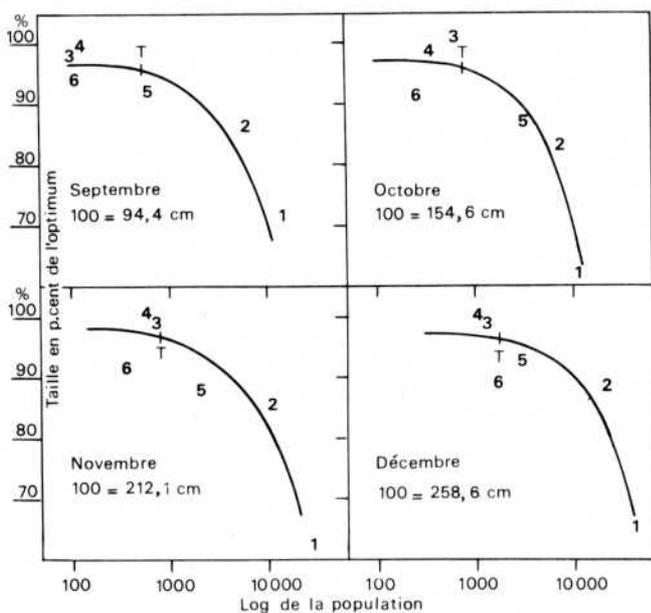


FIGURE 4 • Relation entre l'infestation des racines par *Radopholus similis* et la taille des bananiers à la même date. 1, 2, ... 6 moyenne des 5 répétitions.

TABLEAU 2 - Évolution de la taille des bananiers.

Traitement	8/68	9/68	10/68	11/68	12/68
1	45,9	67,8	97,0	132,0	168,0
2	48,5	81,0	129,6	180,9	227,6
3	50,4	92,8	154,6	211,9	257,2
4	53,4	94,4	153,2	212,1	258,6
5	49,6	86,6	135,6	188,4	231,2
6	49,7	88,3	140,2	194,8	240,8
ppds 5 %	NS	10,3	13,6	15,1	16,8

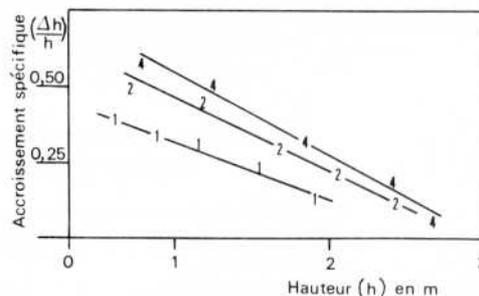


FIGURE 6 • Relation entre l'accroissement spécifique et la taille des bananiers.

TABLEAU 3 - Évolution de l'infestation des racines de *R. similis* (pour 100 g de racines)  
Moyenne de 5 répétitions.

Traitement	7/68	8/68	9/68	10/68	11/68	12/68	1/69
1	11.250	68.450	16.210	15.880	31.980	43.740	67.930
2	4.850	9.530	1.380	7.200	12.510	29.240	15.850
3	910	110	55	530	840	1.350	3.040
4	320	180	120	370	610	1.080	760
5	5.110	860	520	2.790	27.701	1.570	12.200
6	670	340	130	280	370	3.150	1.370

TABLEAU 4 - Rapport des accroissements spécifiques (référence parcelle 4) et populations de *R. similis* entre la plantation et la date où les bananiers ont atteint 1,60 m.

Traitement	Rapport d'accroissement	Populations de <i>R. similis</i>
1	0,60	31.250
2	0,85	7.090
3	0,99	430
4	1,00	270
5	0,86	2.400
6	0,90	360

L'accroissement spécifique ( $\frac{\Delta h}{h}$ ) défini comme l'accroissement en centimètre ( $\Delta h$ ) par centimètre de taille moyenne ( $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$ ) et par unité de temps, est aussi un mode de représentation de la croissance d'une plante souvent employé.

Cette valeur peut être portée sur un graphique en fonction de la taille (figure 6). Pour le bananier l'accroissement spécifique diminue lorsque la taille augmente, mais pour différentes tailles, le rapport entre les valeurs trouvées pour des parcelles traitées différemment reste constant.

L'inconvénient, dans le cas présent, de cette représentation, est que les bananiers des différentes parcelles atteignent une taille donnée à des dates assez éloignées les unes des autres. Il est donc très délicat de définir une population de nématodes qui soit reliée à cet accroissement spécifique. Dans le tableau 4, les valeurs des populations de *R. similis* sont celles des populations moyennes entre la plantation et le prélèvement qui a suivi la date où les bananiers ont atteint 1,60 m.

Le rapport cité est celui calculé avec la valeur des parcelles 4 comme parcelle de référence.

#### Détermination des paramètres de l'équation

$$Y = CZP = Z \cdot P \cdot T$$

La détermination des paramètres de cette équation suppose que l'on connaisse les valeurs maximales des dif-

férents critères de croissance lorsque les bananiers se développent en l'absence de nématodes.

Dans ce travail, ce sont les valeurs obtenues dans les parcelles 4 qui ont servi de base. En effet, les racines des bananiers hébergent en permanence au cours du premier cycle de culture des populations très faibles et il semble peu vraisemblable qu'une diminution de ces populations favorise encore la croissance.

Si l'on pose  $Y = \frac{O P}{O \max}$  et  $m = \frac{O \min}{O \max}$ , l'équation du Pr SEINHORST :

$$(1) Y = \frac{O P - O \min}{O \max - O \min}$$

devient

$$(2) Y = \frac{y - m}{1 - m}$$

ou encore

$$(3) y = m + (1 - m) ZP \cdot T$$

Où  $y$  est le rapport entre la croissance avec une population  $P$  de nématodes et la croissance maximale, et  $m$  la croissance minimale sous l'action de très fortes populations de nématodes.

#### Détermination de $m$ et choix des critères de croissance et de population de *R. similis*.

Les critères de croissance pour les calculs ci-dessous sont :

- la taille au mois de novembre qui peut être reliée soit à la population du mois de novembre soit à la population moyenne entre la plantation et le mois de novembre,
- l'accroissement de taille entre octobre et novembre et la population moyenne pendant ce mois,
- l'accroissement spécifique pour une taille de 1,60 m et la population moyenne entre la plantation et le premier prélèvement qui a lieu après que les bananiers aient atteint 1,60 m.

Le tableau 5 donne les valeurs de  $y$  pour chacun des critères de croissance choisis et les populations de *R. similis* correspondantes. Les valeurs calculées pour les parcelles 3 traitées au Nema-cur à faible dose ont été négligées car elles sont très voisines de celles des parcelles 4 et n'apportent aucune précision supplémentaire.

L'équation (1) permet, à partir des données sur la croissance de calculer les variations du rapport  $P1/P2 = k$  en fonction de  $m$  (figure 7).

Aucune de ces valeurs calculées du rapport  $k$  n'est inférieure à 3. Donc, seuls les ensembles a) taille en novembre (h) et population moyenne entre la plantation et novem-

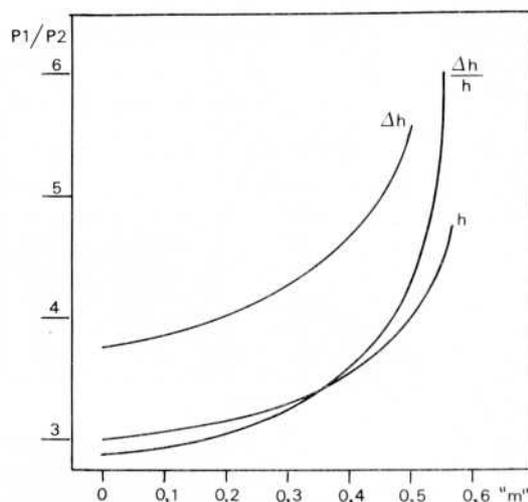


FIGURE 7 • Variations théoriques du rapport  $P1/P2$  en fonction de "m" d'après les différents critères de croissance utilisés.

TABLEAU 5 - Rapport  $y$  et populations de *R. similis* correspondantes.

Traitement	Critère de croissance h			$\Delta h$		$\Delta h/h$	
	y	<i>R. similis</i> en nov.	entre juin et nov.	y	<i>R. similis</i> entre oct. et nov.	y	<i>R. similis</i>
1	0,62	31.980	28.750	0,59	23.930	0,60	31.250
2	0,85	12.510	7.090	0,87	9.850	0,85	7.090
4	1,00	610	320	1,00	540	1,00	270
5	0,89	2.770	2.410	0,90	2.780	0,86	2.410
6	0,92	370	360	0,93	220	0,90	360
P1/P2 (*)		2,5	4,1		2,4		4,4

\* - rapport entre les populations des parcelles 1 et des parcelles 2.

bre, b) accroissement spécifique ( $\frac{\Delta h}{h}$ ) et population

moyenne jusqu'à ce que les bananiers aient 1,60 m, sont utilisables car les valeurs réelles de  $ky$  sont supérieures à 3.

D'après les valeurs réelles du rapport  $k$  dans ces deux cas, la valeur de  $m$  est proche de 0,50.

Cela veut dire que la réduction de croissance due aux nématodes peut atteindre 50 p. cent mais aussi, qu'un planteur qui traite pour la première fois, peut envisager de doubler la taille et les rendements de sa plantation.

#### Détermination de la population tolérable T :

La détermination de T est également liée au rapport  $P2/P1 = k$ . En effet, pour le calcul de  $m$ , T a été négligé, la formule réelle étant :

$$(4) \frac{\log Y1}{\log Y2} = \frac{kP2 - T}{P2 - T}$$

ou

$$(5) T = P2 \frac{k \log Y2 - \log Y1}{\log Y2 - \log Y1}$$

Pour l'ensemble a) de données, on a :  $m = 0,5$  et  $k = 4,1$  d'où une valeur de T égale à 780 *R. similis* pour 100 g de racines. Pour l'ensemble b) la valeur de T n'est que de 220.

Dans la pratique, il semble qu'une population de 1.000 *R. similis* pour 100 g de racines puisse être considérée comme tolérable par le bananier.

#### Mise en évidence de l'action de certains produits.

Sur les courbes tracées jusqu' alors et en particulier sur la figure 8 en tenant compte des paramètres  $m$  et T, il est possible de voir que les populations qu'hébergent les racines des bananiers dans les parcelles traitées au Mocap, à la dose élevée de 10 g de matière active par plant, devraient conduire à une taille équivalente à celle des bananiers des parcelles 4. Or ces tailles sont significativement diffé-

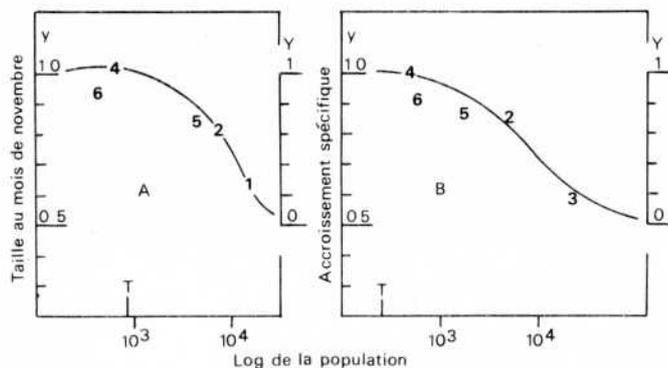


FIGURE 8A • Relation entre la taille au mois de novembre et la population moyenne entre juin et novembre.

FIGURE 8B • Relation entre l'accroissement spécifique et la population moyenne entre la plantation et la date à laquelle les bananiers ont atteint 1,60 m.

rentes. Il y a donc une action dépressive nette de ce produit.

De même, il semble que le Terracur à la même dose de matière active ait également une légère action dépressive. Le cas est moins net mais il serait bon d'en tenir compte pour la mise au point ultérieure des traitements avec ce produit.

#### Essai d'estimation des dégâts dus aux nématodes sur les cycles ultérieurs.

Lors des premières mensurations effectuées sur les rejets devant donner la seconde récolte, il est possible de constater que les écarts de taille sont dans le même rapport que ceux notés à la fin de la croissance du premier cycle. Tout devrait donc se passer comme si les nématodes occasionnaient des dégâts de même ordre sur des bananiers déjà plus petits, à condition cependant que les populations restent du même ordre de grandeur, ce qui est à peu près le cas jusqu'en octobre 1969.

Dans les parcelles non traitées on devrait donc s'attendre à un rapport entre les tailles (comparées aux parcelles 4) de  $(0,62)^2 = 0,384$  en second cycle et de  $(0,62)^3 = 0,238$  en troisième cycle.

Les chiffres observés donnent pour ces deux rapports

des valeurs légèrement supérieures, soit 0,47 et 0,33 ; ce qui peut indiquer qu'au cours de ces cycles, les parcelles 4 ont subi quelques dégâts.

Pour les parcelles traitées au DBCP, les rapports théoriques sont de 0,72 et 0,61 pour le second et le troisième cycle, alors que les valeurs observées sont de 0,72 et 0,59. Ces derniers résultats sont tout à fait en accord avec la théorie émise ici.

Le fait que les pertes maximales de 50 p. cent tendent rapidement vers une croissance proche de zéro, doit être interprété non comme une croissance nulle, mais comme un retard pris équivalent à un cycle complet, les comparaisons ultérieures devenant impossibles puisque les bananiers présents simultanément n'appartiennent plus au même cycle végétatif.

#### CONCLUSION

Il est à remarquer que les estimations des populations de *R. similis* qui ont permis la détermination des paramètres de l'équation  $Y = ZP \cdot T$  sont des populations « moyennes ». Cela est dû au fait que ces moyennes amortissent les variations dues aux imperfections des techniques d'échantillonnage et d'extraction, surtout lorsqu'il s'agit de populations présentes dans les racines. Le fait que l'utilisation de cette notion de populations moyennes conduise à des résultats valables laisse supposer que dans le cas du bananier, les différentes populations cumulées jouent le même rôle vis-à-vis du bananier quel que soit le stade végétatif de celui-ci.

Les possibilités pratiques offertes par la technique de calcul utilisée dans ce travail, permettent d'envisager l'étude de l'incidence des nématodes et en particulier *R. similis*, dans les différents types de bananeraies de Côte d'Ivoire où il est possible de trouver des sols plus favorables aux bananiers (bas-fond ou bourrelets de berge argileux) ou moins favorables aux nématodes (vallées lagunaires tourbeuses).

Il sera alors possible d'améliorer la rentabilité des traitements nématicides et sans doute de déterminer dans certains cas, des facteurs limitants autres que les nématodes.

#### BIBLIOGRAPHIE

- GUEROUT (R.). 1970. Etude de trois nouveaux nématicides en bananeraies. *Fruits*, vol. 25, n° 11, p. 767-778.
- LOWNSBERY (B.F.) and PETERS (B.G.). 1955. The relation of tobacco cysts nematodes to tobacco growth. *Phytopathology*, vol. 45, p. 163-167.
- HOESTRA (H.) and OOSTENBRINK (M.). 1962. Nematodes in relation to plant growth. IV - *Pratylenchus penetrans* in orchard trees. *Neth. J. agr. Sci.*, vol. 10, p. 286-296.
- SEINHORST (J.W.). 1965. Relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica*, vol. 11, p. 137-154.