

Traitements nématicides et peuplement de nématodes parasites de la canne à sucre au Burkina Faso. 1. Repousses

Patrice CADET* et Jean THIOULOUSE

Laboratoire de Nématologie, Centre ORSTOM, B.P. V 51, Abidjan, Côte-d'Ivoire
et Laboratoire de Biométrie, U.A. CNRS n° 243, Université Lyon I, 43
Boulevard du 11-Novembre-1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

RÉSUMÉ

L'analyse triadique de tableaux multiples a permis d'extraire les contraintes imposées à la dynamique des populations de nématodes par l'application de traitements nématicides sur des repousses de canne à sucre, sans éliminer la variabilité interparcelle. Seule la fumigation effectuée avant la plantation a provoqué une baisse importante du volume du peuplement. Les traitements appliqués les années suivantes en repousse n'affectent que modérément la multiplication des nématodes. Dans toutes les séquences de traitements comparées, le volume du peuplement a tendance à s'accroître au fil des repousses. Oxamyl, carbofuran et aldicarbe, employés en repousse, modifient l'équilibre entre les populations d'endoparasites; ils conduisent à la constitution d'un peuplement dominé par *Meloidogyne* et *Pratylenchus* en fin de cycle. Par contre sur le témoin, à partir de la seconde repousse, les populations de *Paratylenchus*, *Hoplolaimus* et *Heterodera* deviennent plus importantes que celles de *Meloidogyne* et *Pratylenchus*. *Helicotylenchus* est plus affecté par les fluctuations saisonnières que par les traitements.

SUMMARY

Nematicides and nematode community parasitic on sugarcane in Burkina Faso. 1. Ratoon cane

Triadic analysis of three ways tables provides a means for studying the effect of nematicide treatments applied on sugarcane ratoons upon nematode populations dynamics, by taking into account the between-plots variability of nematodes numbers. Only fumigation applied before planting has markedly reduced the size of the community. The treatments applied in ratoons next years has only a moderate effect upon nematode multiplication. For all the treatments that we have compared, the size of the community tends to increase from ratoon to ratoon. Oxamyl, carbofuran and aldicarb, employed in ratoon, modify the balance between endoparasitic populations; their application is followed by the formation of a community dominated by *Meloidogyne* and *Pratylenchus* at the end of the crop. However, on the control, after the second ratoon the populations of *Paratylenchus*, *Hoplolaimus* and *Heterodera* become more important than the populations of *Meloidogyne* and *Pratylenchus*. *Helicotylenchus* is more influenced by seasonal fluctuations than by treatments.

L'utilisation de nématicide lors de la plantation des cannes à sucre est devenu une technique culturale routinière au Burkina Faso. Cette opération permet en général de doubler la production de sucre par unité de surface (Cadet & Merny, 1978). Les mêmes produits appliqués en repousse ne provoquent pas d'augmentation de rendement économiquement intéressante. Elle se situe à environ 10 %, et passe dès la seconde repousse en-dessous du seuil de signification (Cadet, 1985 a). A l'inverse, dans d'autres pays sucriers du monde, les dégâts s'observent surtout en repousse (Serra, Gargantiel & Barredo, 1982; Spaul & Donaldson, 1983).

Pourtant, ce sont les mêmes peuplements de nématodes qui sévissent en canne de plantation et en repousse.

Pour déterminer l'origine de ce processus de résistance naturelle des repousses, nous avons comparé l'évolution des différentes populations de nématodes après diverses séquences de traitements nématicides appliqués depuis la plantation jusqu'à la quatrième repousse. On espère ainsi cerner l'effet réel des nématicides en repousse sur les nématodes.

Matériel et méthode

L'essai est disposé en bloc de Fisher à six répétitions. La canne, variété NCO 376 est irriguée pendant la saison sèche, approximativement d'octobre à mai. La

* Adresse actuelle : Service de la Protection des Végétaux, B.P. 241, 97262 Fort-de-France Cedex, Martinique.

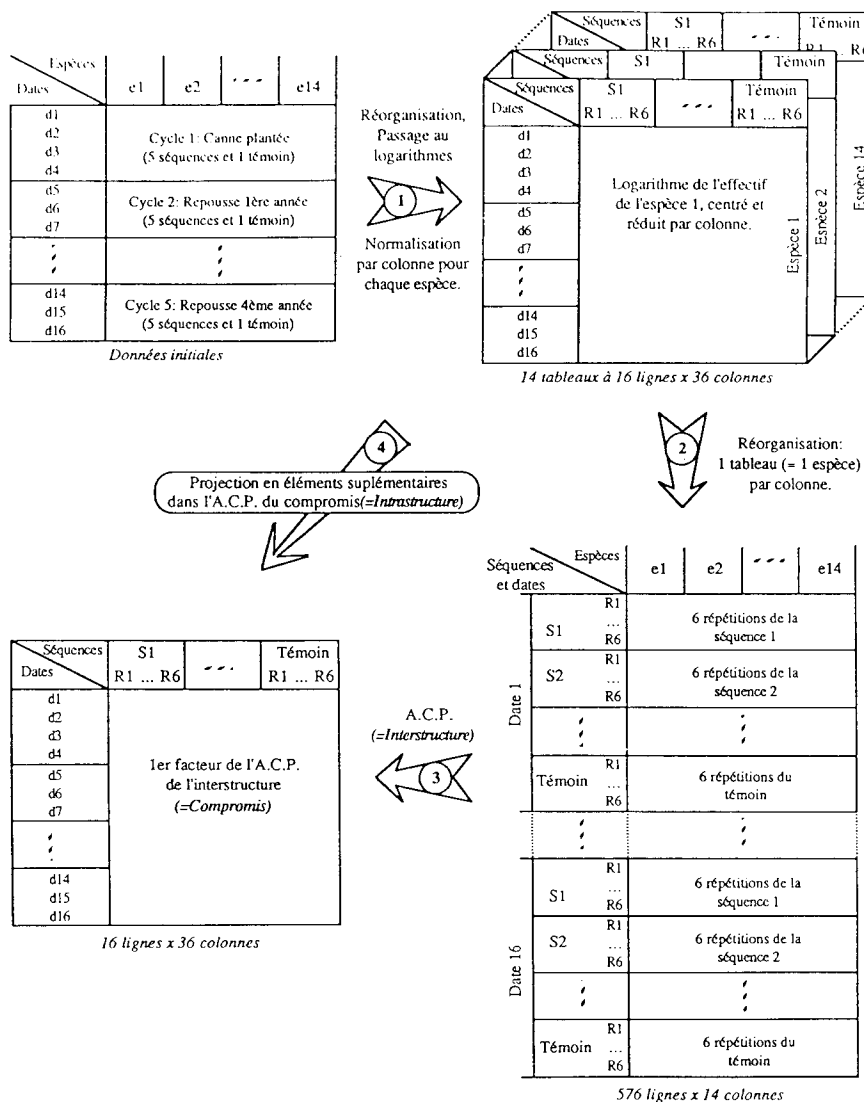


Fig. 1. Schéma de principe du traitement des données par l'analyse triadique. Quatre étapes principales ont été symbolisées. Les données initiales sont constituées par les effectifs de neuf espèces de nématodes dans le sol et les racines (endoparasites), soit quatorze possibilités assimilées à quatorze espèces, mesurés à seize reprises au cours de cinq cycles successifs (un en plantation et quatre en repousse). Cinq séquences de traitements nématocides et un témoin sont étudiés (Tab. 2). 1 - Les données sont organisées en une série de quatorze tableaux (un tableau par « espèce ») comportant en lignes les seize dates et en colonne les six répétitions des cinq séquences et du témoin. La très forte variabilité des effectifs incite à utiliser une transformation logarithmique ($\log(n + 1)$). De plus les valeurs obtenues sont normalisées (centrées et réduites) par colonne dans chaque tableau. 2 - La théorie

Principle diagram of triadic analysis. Four main steps have been symbolized. Initial data consist of the size of nine nematode species in the soil and in sugar cane roots endoparasites, which results in fourteen possibilities linked with fourteen different "species", numbered sixteen times during five successive cycles (one during the planting year and four during ratons years). Five sequences of nematicide treatments and one control are under study (Tab. 2). 1 - Data are organized in a series of fourteen tables (one table for each "species"), the raws of which correspond to the sixteen sampling dates, and the columns to the six replicates of the five sequences of treatments plus the control. A logarithmic transformation ($\log(N + 1)$) was applied to the data, to lessen the high variability of nematodes numbers. Moreover, these values are normalized (by substracting the mean and dividing by the variance of each column

plantation et la récolte s'effectuent également en saison sèche.

Sur trois rangs différents de chaque parcelle élémentaire de 105 m², une trentaine de grammes de racine de tige et environ 200 cm³ de sol sont prélevés entre 10 et 30 cm de profondeur. Rassemblés, ils constituent l'échantillon représentatif de la parcelle. La périodicité des prélèvements est très approximativement trimestrielle (Tab. 1).

Deux semaines avant la plantation, toutes les parcelles élémentaires sauf les six témoins ont été traitées au DBCP (45 l/ha). A chaque repousse, plusieurs traitements nématicides ont été appliqués, soit immédiatement après la coupe, soit plus tard, par exemple en pulvérisation foliaire (Tab. 2).

Les nématodes ont été extraits du sol et des racines par les méthodes de Seinhorst (Seinhorst, 1950, 1962); leur nombre ramené au dm³ de sol et au gramme de racine (pour les endoparasites). Les densités des principales espèces (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus zaeae*, *Hoplolaimus pararobustus*, *Heterodera sacchari*, *Paratylenchus aquaticus*, *Helicotylenchus dihystra*, *Telotylenchus ventralis*, *Xiphinema attorodorum* et *Paratrichodorus minor*) sont rassemblées dans quatorze tableaux (un par espace d'évolution d'une espèce : sol et racine ou sol seulement) et analysés statistiquement par une méthode d'analyse multivariée multi-tableaux, l'analyse triadique (Jaffrenou, 1978; Thioulouse & Chessel, 1987). Le principe de cette méthode est résumé sur la figure 1.

Tableau 1

Représentation des dates de prélèvements en fonction du cycle de la canne. L'astérisque indique le prélèvement effectué pendant la saison pluvieuse (CP : canne de plantation; R : Repousse).

Position of sampling dates along sugar cane cycle. Asterisks show samples taken during rainy season (CP : planted cane; R : ratoon).

Cycle	Date	Année
PLANTATION	FÉVRIER	
Prélèvement n° 1	Mai	1976
Prélèvement n° 2	Septembre*	(CP)
Prélèvement n° 3	Novembre	
COUPE	FÉVRIER	
Prélèvement n° 4	Février	
Prélèvement n° 5	Mai	1977
Prélèvement n° 6	Août*	(R 1)
Prélèvement n° 7	Janvier	
COUPE	FÉVRIER	
Prélèvement n° 8	Avril	
Prélèvement n° 9	Août*	1978
Prélèvement n° 10	Novembre	(R 2)
COUPE	DECEMBRE	
Prélèvement n° 11	Janvier	
Prélèvement n° 12	Avril	1979
Prélèvement n° 13	Septembre*	(R 3)
COUPE	DECEMBRE	
Prélèvement n° 14	Février	
Prélèvement n° 15	Mai	1980
Prélèvement n° 16	Août*	(R 4)

de l'analyse triadique montre que l'étude de cette série de tableaux peut être réalisée par l'ACP (analyse en composantes principales) d'un tableau unique, constitué par la juxtaposition des tableaux initiaux réécrits ligne par ligne sur une seule colonne. Cette étape est appelée analyse de l'« interstructure » dans la théorie des méthodes multi-tableaux. 3 - Les coordonnées des lignes de ce tableau sur les deux premiers facteurs de l'ACP permettent d'établir des représentations classiques en analyse multivariée (plans factoriels F 1 × F 2; Fig. 4). Dans le cas de l'analyse triadique, le premier facteur de l'interstructure peut aussi être considéré comme un tableau fictif, analogue aux quatorze tableaux initiaux, et représentant une espèce dont les effectifs aux différentes dates maximiseraient la somme des corrélations avec les effectifs de toutes les autres espèces. Ce tableau fictif est généralement appelé « compromis », et il peut lui-même être étudié par une ACP. Cette seconde ACP fournit une représentation des lignes et des colonnes du compromis (Fig. 5). 4 - La dernière étape consiste à comparer les variations d'effectifs de chacune des espèces initiales par rapport à celle de l'espèce fictive représentée par le compromis. Une façon simple d'atteindre cet objectif est de projeter les lignes et les colonnes des quatorze tableaux initiaux dans les plans factoriels de l'ACP du compromis. Cette étape est appelée « intrastructure » (Fig. 7).

in each table). 2 - The theory of triadic analysis shows that the study of this series of tables may be achieved by the mean of the principal component analysis (PCA) of a single table. This table is obtained by the juxtaposition of the initial tables, each of them being rewritten row by row on a single column. This step is called "global analysis" in the theory of multiway tables analysis. 3 - The coordinates of the rows of this table on the first two PCA axes may be used to draw the classical scattergrams of common multivariate analyses (Fig. 4). In the case of triadic analysis, the coordinates of the rows on the first PCA axis may also be considered as a new table, similar to one of the fourteen initial tables, and representing a fictitious "species". This "species" has the mathematical property of maximizing the sum of correlations with all other species, and is called the "Compromise". It may be analysed with PCA, and this second PCA leads to classical scattergrams of the rows and columns of the compromise (Fig. 5). 4 - The last step consists in comparing the variability of each initial species with the variability of the "compromise species". An easy way to achieve this is to project the lines and rows of the fourteen initial tables into the plane of the first two axes of PCA of the compromise. This step is called "close-up analysis" (Fig. 7).

Tableau 2

Liste des traitements appliqués en canne de plantation et à chaque repousse au moment ou après la coupe (le délai est indiqué entre parenthèses)

List of treatments applied to planted cane and ratoons during or after cutting delay (after cutting is shown in parentheses)

N° canne plantée	1 ^{re} repousse	2 ^e repousse	3 ^e repousse	4 ^e repousse
1 DBCP	DBCP	Aldicarbe (à 6 mois)	Oxamyl (à 1 mois)	Carbofuran (à 1 mois)
2 DBCP	DBCP	Phénomiphos (à 1 mois)	Phénomiphos (à 3 mois)	non traité
3 DBCP	Aldicarbe	Aldicarbe (à 3 mois)	Aldicarbe (à 6 mois)	Aldicarbe
4 DBCP	non traité	non traité	non traité	non traité
5 DBCP	non traité	UC 21865	Oxamyl (à 1,5 mois)	Oxamyl (à 1 mois)
6 Témoin	Témoin	Témoin	Témoin	Témoin

Résultats

INTERSTRUCTURE : COMPORTEMENT DES POPULATIONS DE NÉMATODES

Les résultats de l'analyse des tableaux de densités de nématodes sont exploités en projetant les points corres-

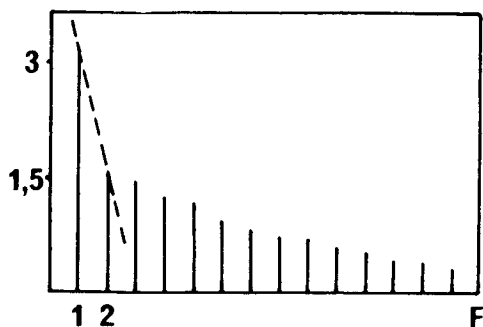


Fig. 2. Analyse de l'interstructure. Graphe des valeurs propres (en ordonnée) des quatorze facteurs de l'ACP (en abscisse). (F : Facteurs; la longueur du segment vertical est proportionnelle à la valeur propre du facteur).

Global analysis : graph of the eigenvalues (ordinates) of the fourteen PCA axes (abscissas). The height of vertical bars is proportional to the corresponding eigenvalue.

pondant à chaque parcelle et date de prélèvement dans le plan factoriel constitué par les deux principaux facteurs. L'essentiel de la variabilité contenue dans le tableau s'exprime à travers le facteur 1 (Fig. 2). Les valeurs propres des autres facteurs décroissent progressivement. Le plan factoriel défini par les facteurs 1 et 2 suffit donc à résumer les principales structures. La position respective des ensembles apparus dans le plan factoriel s'explique par celle des variables projetées dans la carte factorielle définie par les mêmes axes.

Dans la carte factorielle F 1 \times F 2 (Fig. 3), les points correspondants aux différentes espèces se projettent tous dans les valeurs positives de F 1. Ceci traduit un « effet taille », effet classique en analyse en composantes principales, qui signifie que le premier facteur peut être considéré comme proportionnel à la densité du peuplement de nématodes (le signe du facteur est fixé de façon arbitraire par la procédure de calcul numérique). *Meloidogyne* et surtout *Pratylenchus*, aussi bien dans le sol que dans les racines sont caractérisés selon F 2 par les valeurs factorielles positives les plus fortes. Les points correspondant à une espèce dans le sol et les racines sont généralement proches l'un de l'autre.

Le plan factoriel a été décomposé en 96 images contenant la projection des six répétitions de chaque traitement successivement pour chaque date. Les séquences les plus intéressantes ont été représentées (Fig. 4).

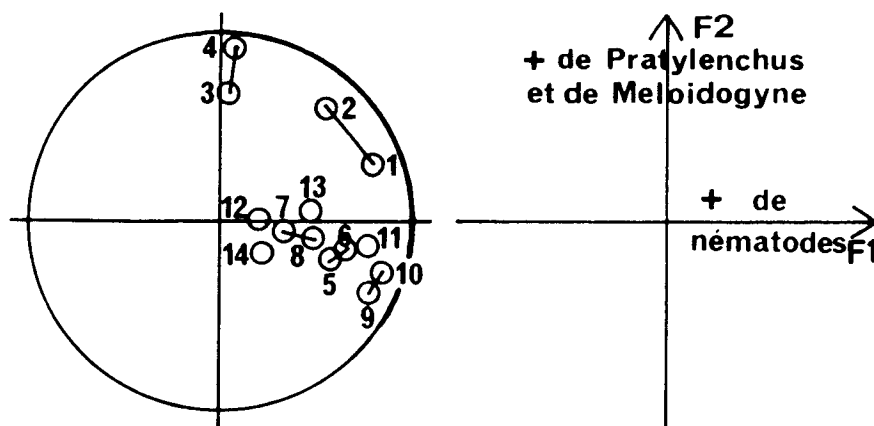


Fig. 3. Analyse de l'interstructure. Carte factorielle $F_1 \times F_2$ des variables (espèces). 1 : *Meloidogyne* sol; 2 : — racine; 3 : *Pratylenchus* sol; 4 : — racine; 5 : *Hoplolaimus* sol; 6 : — racine; 7 : *Heterodera* sol; 8 : — racine; 9 : *Paratylenchus* sol; 10 : — racine; 11 : *Helicotylenchus*; 12 : *Telotylenchus*; 13 : *Xiphinema*; 14 : *Paratrichodorus*.

Global analysis : first two axes plane for the columns (species). 1 : *Meloidogyne* (soil); 2 : *Meloidogyne* (roots); 3 : *Pratylenchus* (soil); 4 : *Pratylenchus* (roots); 5 : *Hoplolaimus* (soil); 6 : *Hoplolaimus* (roots); 7 : *Heterodera* (soil); 8 : *Heterodera* (roots); 9 : *Paratylenchus* (soil); 10 : *Paratylenchus* (roots); 11 : *Helicotylenchus*; 12 : *Telotylenchus*; 13 : *Xiphinema*; 14 : *Paratrichodorus*.

Dans la séquence témoin, en canne plantée et en première repousse, les points se projettent le plus souvent dans les valeurs négatives de F_1 et F_2 , ou au centre du plan. En deuxième repousse, ils sont généralement au centre du plan et dans les valeurs positives de F_2 . En troisième et quatrième repousse, ils ont tendance à se déplacer vers les valeurs positives de F_1 et F_2 . En dehors de cette tendance générale, la dispersion des points est souvent plus grande à chaque cycle pour le prélèvement qui correspond à la saison des pluies.

D'une manière générale, les traitements ne modifient pas l'accroissement numérique du peuplement, traduit par le déplacement des points des valeurs négatives aux valeurs positives de F_1 entre la première et la cinquième année. La première année, les points correspondant aux parcelles traitées au DBCP se trouvent pour les quatre dates d'échantillonnage dans les valeurs négatives de F_1 , notamment lors du prélèvement réalisé en saison des pluies. Les nématodes y sont nettement moins nombreux que dans les parcelles témoins.

En repousse, un traitement peut aussi bien contribuer à réduire la variabilité inter-parcellaire qu'à l'accentuer. C'est respectivement le cas du DBCP en première repousse, de l'oxamyl en troisième repousse ou de la séquence 4 et de l'aldicarbe en troisième et quatrième repousse. Les points correspondant aux parcelles traitées au carbofuran liquide en quatrième repousse se projettent dans les valeurs positives de F_2 . En limitant le développement de *Paratylenchus*, *Pratylenchus* et *Heterodera*, les populations de *Meloidogyne* et *Hoplolaimus* deviennent relativement plus importantes que sur le témoin. Dans plusieurs séquences de traitements au cours des deux dernières repousses, la multiplication des nématodes semble favorisée par l'apport de certains

nématicides (séquence 3, aldicarbe) conférant au nuage correspondant une position excentrée dans les valeurs positives de F_1 . En quatrième repousse, c'est le cas des séquences 1 à 5, pour les deux prélèvements extrêmes.

Les valeurs du facteur 1 pour la séquence 4 sont généralement identiques à celles des autres séquences de traitements. Les populations de nématodes n'y sont donc pas plus abondantes, bien qu'aucun traitement n'ait été renouvelé en repousse.

LE COMPROMIS : RÉSUMÉ SUR LES ESPÈCES

Ce résumé (ou « compromis ») sur les espèces est constitué à partir du premier facteur de l'analyse précédemment décrite. Il correspond donc à une espèce « fictive » qui résumerait les variations d'effectifs des 14 espèces étudiées. Ce tableau soumis à l'analyse en composantes principales va permettre d'une part d'étudier la chronologie globale des variations d'effectifs (représentation factorielle des lignes du tableau; Fig. 5), et d'autre part de résumer l'influence moyenne de chacune des six séquences sur le comportement des espèces (représentation factorielle des colonnes du tableau; Fig. 6).

Les points correspondant aux seize dates de prélèvement ont été projetés dans le premier plan factoriel. Ils se placent selon F_1 dans l'ordre des cycles (Fig. 5), restituant l'effet taille apparu dans la première analyse. Au sein de chaque cycle, le point intermédiaire correspondant à la saison des pluies est décalé en direction des valeurs positives car les nématodes y sont plus abondants, traduisant les fluctuations saisonnières annuelles. Selon le facteur 2, dont l'importance et la signification sont très secondaires, les cycles se placent sur un arc de

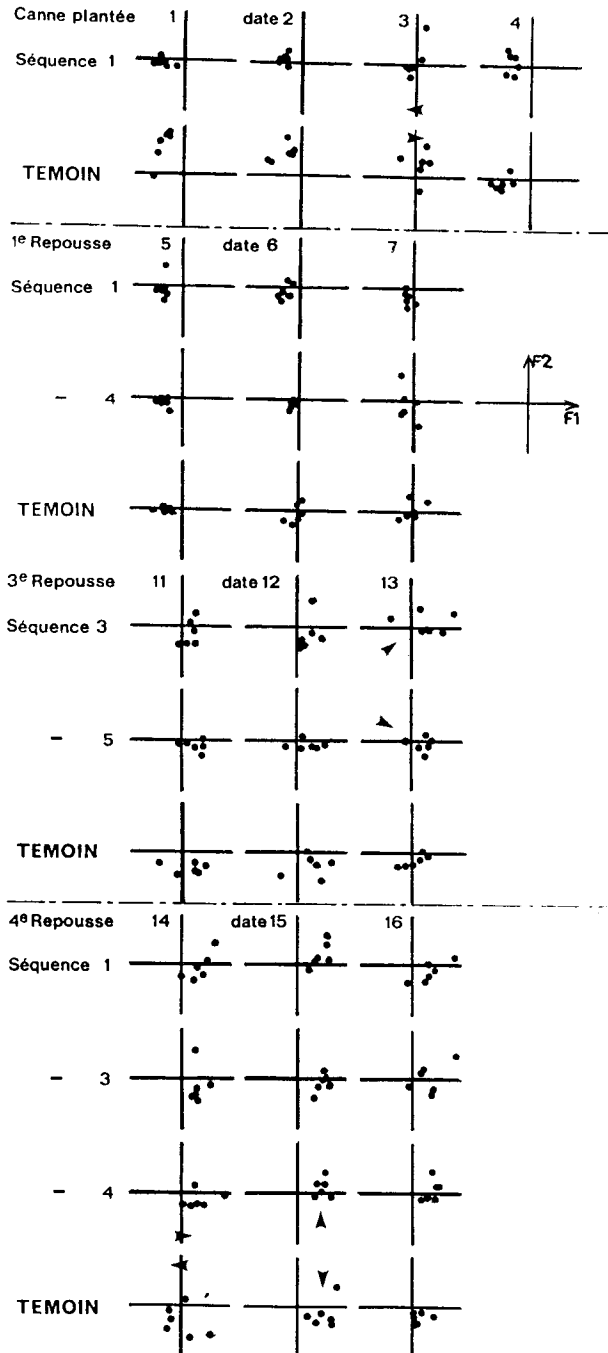


Fig. 4. Analyse de l'interstructure. Plan factoriel F1 x F2 : les 576 lignes du tableau sont projetées en 96 groupes correspondant aux six répétitions de chaque séquence pour chacune des seize dates de prélèvement. Les cas les plus représentatifs ont été sélectionnés.

Global analysis : first two axes plane for the rows of the table. The 576 rows are divided into 96 groups corresponding to the six replicates of each treatment sequence for each of the sixteen sampling dates. Only most representative cases have been selected.

cercle. Le point d'inflexion se situe au niveau de la seconde repousse. Cette figure indiquerait la modification de l'équilibre entre les populations qui interviendrait à cette époque.

Les six répétitions de chaque séquence ont été projetées séparément dans la carte factorielle définie par les deux premiers facteurs du compromis (Fig. 6). Les nuages représentant les séquences de traitements occupent des positions très proches de celui représentant la séquence témoin, notamment la séquence 2. Cependant certaines parcelles des séquences 1, 3, 4 et 5 dont les valeurs factorielles (F1) sont très légèrement plus faibles, supporteraient un peuplement globalement moins abondant que le témoin. Aucune séquence de traitements ne prévient l'accroissement progressif du nombre de nématodes parasites de la première à la dernière année, mais certaines limiteraient le volume globale des populations.

INFRASTRUCTURE : INFLUENCE DES TRAITEMENTS SUR LES NÉMATODES

Cette étude vise à déterminer l'incidence particulière des six séquences sur chaque espèce individuellement, en mesurant les divergences par rapport au comportement moyen établi par le compromis. Nous nous limiterons à la discussion des figures les plus représentatives de la carte factorielle F1 x F2 obtenue en projetant les coordonnées des colonnes correspondant aux six répétitions de chaque séquence. Lorsque le nuage de points correspondant à une séquence ne se superpose pas avec

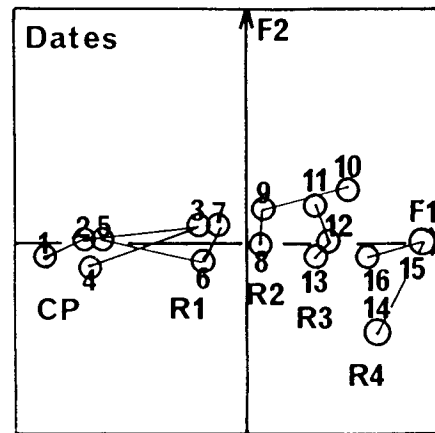


Fig. 5. Analyse du compromis. Plan factoriel F1 x F2 : projection des points correspondant aux seize dates de prélèvement représentant les variations d'effectif d'une « espèce fictive » en fonction du temps. CP : canne de plantation; R : repousse.

Compromise analysis. First two axes plane : projection of the points corresponding to the sixteen sampling dates, showing the variations in population size of the "fictitious species". CP : planted cane; R : ratoon.

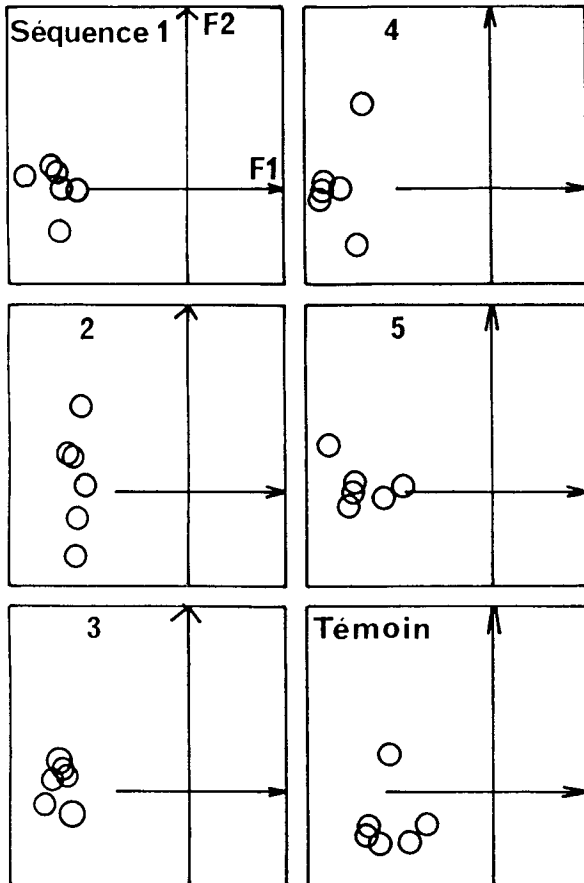


Fig. 6. Analyse du compromis. Carte factorielle F1 \times F2 : pour chaque séquence, un point représente une répétition pour l'ensemble des prélèvements.

Compromise analysis : first two axes plane : for each treatment sequence, a point corresponds to one replicate for all sampling dates.

celui obtenu dans le compromis, cela signifie que l'accroissement progressif de cette population au cours des cinq années est différent de l'évolution moyenne.

— Pour *Helicotylenchus* (Fig. 7), *Paratylenchus* dans les racines et *Heterodera* (sol et racine), les six séquences sont confondues en un seul nuage de points non structuré, situé dans les valeurs négatives de F1. Ces espèces ne sont pas affectées par les traitements nématicides en repousse. Leur effectif augmente sensiblement dans tous les cas de la première à la cinquième année.

— *Paratrichodorus* (Fig. 7) est dans une situation sensiblement équivalente à celle décrite précédemment mais le glissement du nuage dans les valeurs positives de F2 indique que le développement des populations

n'est pas régulier. *Xiphinema* a un comportement proche de *Paratrichodorus*.

— Pour *Telotylenchus* ou *Meloidogyne* (Fig. 7), seul le nuage de points correspondant aux parcelles témoins se projette au centre ou à droite du plan factoriel, alors que les séquences traitées se trouvent dans les valeurs négatives de F1, comme dans le compromis. La multiplication progressive de ces deux espèces est rendue possible par les traitements nématicides. Pour *Pratylenchus* (Fig. 7), la situation est identique mais en plus, les nuages correspondant à certaines séquences sont aisément individualisables. Les divers traitements agissent différemment envers cette espèce. Les séquences 3 et 5 introduisent chacune une hétérogénéité particulière et apparemment différente dans le développement du parasite. Par contre la position du nuage correspondant à la séquence 4, sur la partie négative de l'axe des abscisses, rappelle que lorsque les traitements ne sont pas renouvelés en repousse, la population de *Pratylenchus* augmente progressivement en nombre, contrairement à ce qui se passe dans les parcelles témoins.

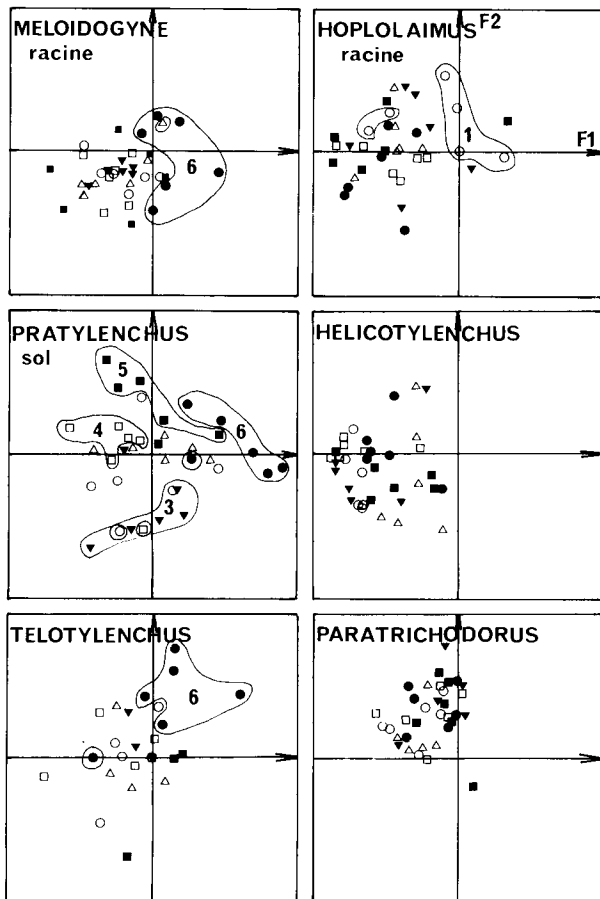
— Pour *Hoplolaimus* (Fig. 7), les séquences 1 et 3 dont les nuages sont décalés vers le centre de la carte factorielle contrarient le développement de cette espèce dans les racines de la canne à certains moments du cycle

Discussion

La multiplicité des paramètres à prendre en compte dans cet essai : espèces, traitements, cycles, dates de prélèvements, rend son étude extrêmement délicate par la méthode classique des collections de courbes, surtout si l'on veut conserver la variabilité interparcelle. Par contre, l'analyse triadique permet de faire ressortir les structures majeures contenues dans les tableaux contenant les densités de nématodes.

Le premier dépouillement livre les principales tendances du peuplement nématologique. Sa taille augmente progressivement du premier au dernier cycle quelle que soit la séquence prise en compte. L'incidence des traitements sur ce peuplement reste très inférieure à celle induite par l'évolution physiologique et saisonnière de la plante. D'autre part, l'équilibre spécifique évolue à partir de la seconde repousse. Des espèces comme *Paratylenchus*, *Hoplolaimus* et *Heterodera* deviennent, en quatrième repousse, prédominante sur *Pratylenchus* et *Meloidogyne*, abondant en canne de plantation. Du fait que les dégâts apparaissent seulement la première année, ce résultat souligne le rôle majeur que doivent probablement jouer ces deux espèces dans l'expression de ces dégâts. Il est intéressant de noter que la composition spécifique se modifie à partir de la seconde repousse qui marque également le début de la décroissance progressive de la productivité (Cadet, 1985 a).

Les séquences de traitements annuels 1, 3 et 5 se positionnent dans le compromis (Fig. 6) de la même



Séquence : 1:○, 2:△, 3:▽, 4:□, 5:■, ●(témoin):6

Fig. 7. Analyse de l'intrastructure. Chaque plan factoriel F1 × F2 contient les projections des six répétitions de chacune des six séquences pour les espèces les plus représentatives.

Close-up analysis : each F1 × F2 plane includes the projection of the six replicates of each of the six treatments sequences for the most representative species.

manière que la séquence 4 où aucun traitement n'a été appliqué aux repousses après la fumigation initiale. Les peuplements parasitaires qui ont sévit durant cinq années sont de tailles globalement identiques. Les traitements en repousse sont donc inutiles et peuvent à l'inverse entraîner un accroissement du peuplement. C'est le cas de la séquence 2 (à base de phénamiphos) qui, contrairement aux autres, se situe comme la séquence témoin (Fig. 6).

Seule la fumigation appliquée sur toutes les parcelles avant la plantation a nettement limité la multiplication des nématodes au cours de ce premier cycle. Par rapport au témoin, ce même traitement renouvelé en première repousse ne produit pas le même effet. Aucun produit systémique ne freine le développement du peuplement

d'une manière remarquable au cours d'une repousse quelconque.

Par contre les traitements des repousses agissent ponctuellement sur l'équilibre spécifique au sein du peuplement. L'étude de l'intrastructure du tableau de densités permet de faire quelques observations sur cette action très limitée des nématicides. La séquence 2 à base de phénamiphos ne limite pas la multiplication des nématodes mais la dispersion très importante des points correspondant aux six parcelles traitées avec ce produit, autorise à penser que cette matière active pourrait cependant agir sur l'équilibre spécifique. En affectant anarchiquement l'une ou l'autre des espèces, il favoriserait la multiplication des autres, créant ainsi sur chaque parcelle un peuplement légèrement différent. La séquence 3 à base d'aldicarbe ou la séquence 1 sont nettement défavorables au développement d'*Hoplolaimus*. L'aldicarbe apporté en saison de pluies en troisième repousse, mais aussi l'année suivante où le carbofuran liquide appliqué en quatrième repousse restaure un équilibre en faveur de *Meloidogyne* et *Pratylenchus* qui n'existe pas en fin de cycle sur le témoin. Ce déplacement de l'équilibre entre les populations de nématodes apparaît plusieurs fois au cours des quatre séquences où la multiplication des nématodes a été légèrement freinée (oxamyl en troisième repousse, aldicarbe en troisième et quatrième repousse). Le peuplement nématologique qui évolue sur la séquence 4 où aucun traitement n'a été renouvelé en repousse prouve que la fumigation à la plantation a des conséquences très durables qui se font encore sentir cinq ans plus tard. Elles se traduisent par l'augmentation de la population de *Pratylenchus* au-delà de la seconde repousse.

Les traitements nématicides réduisent très modérément le volume du peuplement nématologique sans empêcher son accroissement progressif au fil des repousses. Par contre, l'apport du nématicide, que ce soit seulement à la plantation ou à nouveau en cours de cycle modifie considérablement l'équilibre spécifique qui s'établit naturellement. *Pratylenchus* et/ou *Meloidogyne* dominent les autres endoparasites dans les dernières repousses établissant une situation qui est *a priori* plus défavorable que celle qui sévit sur les parcelles témoins. Pour expliquer ce phénomène, on peut émettre l'hypothèse suivante : l'effet pathogène des nématodes se traduit par une limitation du développement racinaire (Harris, 1974). Le nématicide élimine au moins momentanément l'incidence des parasites et permet à la plante de s'enraciner. Cependant, comme l'action du pesticide est imparfaite ou réversible (Bunt, 1975), les nouvelles racines pourront servir de support à la multiplication des nématodes (Taylor, 1971; Harris, 1975). Certains genres comme *Meloidogyne* et *Pratylenchus* semblent plus aptes qu'*Hoplolaimus* ou *Heterodera* à coloniser rapidement les nouvelles racines (Martin, 1967), peut-être parce qu'ils résistent mieux aux nématicides (Harris, 1975). Ceci expliquerait leur prédominance en canne de

plantation. A l'appui de cette hypothèse, signalons également qu'en repousse, l'application d'un nématicide se traduit la plupart du temps par une augmentation du nombre de nématodes au premier prélèvement qui a lieu deux à trois mois après la coupe (par exemple en quatrième repousse). Paradoxalement, cette observation serait donc une confirmation de l'action temporaire du nématicide (Harris, 1975; Gargantiel & Barredo, 1979).

L'absence de réponse agronomique constatée lors du traitement des repousses pourrait donc simplement s'expliquer par l'inefficacité des nématicides à prévenir le développement des nématodes, en créant une configuration spécifique très pathogène. Deux remarques peuvent être faites à l'encontre de cette hypothèse. D'une part, on a pu soupçonner que les nématicides agissaient pendant quelque temps après leur application. En fonction des observations faites en canne de plantation (Cadet, Quénéhervé & Merny, 1982), et compte tenu du fait que l'émission des tiges s'effectue également en repousse durant les huit premières semaines après la coupe, la protection due au nématicide apparaît suffisante pour permettre une amélioration du tallage, processus que l'on ne constate pas. D'autre part, le rendement double sur les parcelles témoins lorsqu'on passe de l'état de canne plantée à celui de repousse, indépendamment du peuplement de parasites (Cadet, 1985 a). Il se hisse à un niveau voisin de 100 t/ha, qui correspond aux normes locales de la variété; il n'est pas certain qu'il puisse encore augmenter. D'ailleurs, même lorsqu'on élimine la quasi-totalité des nématodes, on a pu montrer que le rendement des premières repousses restait au niveau évoqué précédemment (Cadet, 1985 b). Enfin, la composition du peuplement serait moins pathogène sur les parcelles témoins après la deuxième repousse, lorsque *Paratylenchus*, *Heterodera* et *Hoplolaimus* prennent l'avantage sur *Meloidogyne* et *Pratylenchus*. Pourtant c'est à partir de ce moment que la fatigue du clone se traduit, y compris sur les parcelles traitées, par une baisse progressive des rendements. Cette inversion de l'équilibre spécifique pourrait résulter d'une modification de la physiologie de la plante. L'équilibre spécifique apparaîtrait alors comme un bon indicateur biologique.

Il est difficile de cerner les raisons pour lesquelles les nématicides généralement efficaces en canne de plantation sont peu actifs contre les nématodes en repousse. On peut cependant signaler qu'avec un système racinaire aussi important que celui d'une souche de canne, le produit n'est pas appliqué dans les meilleures conditions lorsque la plante est en place. Le sol, tassé, ne favorise pas la circulation de l'eau chargée de véhiculer la matière active. En outre, et, plus probablement, le traitement réalisé immédiatement ou peu après la coupe ne correspondrait pas, dans les conditions de cet essai, à un moment où une activité racinaire intense de la plante permettrait une concentration du nématicide dans les tissus végétaux. A la reprise d'une repousse, les

jeunes tiges dépendent d'ailleurs de l'ancien système racinaire développé au cours du cycle précédent, dont la taille est sans commune mesure avec les quelques racines de bouture qui remplissent la même fonction après la plantation (Van Dillewijn, 1960; Glover, 1968).

Conclusion

L'analyse triadique offre l'avantage par rapport aux méthodes classiques, de permettre l'étude simultanée de plusieurs tableaux, indispensable pour dépouiller le plan expérimental. Il ressort de cette étude qu'indépendamment de leur utilité agronomique, les traitements nématicides les plus variés appliqués aux repousses affectent très peu la dynamique du peuplement nématologique. On observe des variations dans les proportions respectives occupées par les différentes populations au sein du peuplement. Sans exclure les difficultés inhérentes au traitement d'une plante en place, il est plus probable que les raisons pour lesquelles les nématicides sont inefficaces en repousse au Burkina Faso, sont les mêmes que celles qui rendent les cannes de repousse indifférentes à la présence de nématodes dans leur racine. Cette résistance n'est pas d'ordre génétique car la variété NCo 376 souffre de la présence des nématodes en repousse dans d'autres pays du monde, comme par exemple en Afrique du Sud. Elle doit certainement être liée aux conditions climatiques, aux pratiques culturales qui agissent sur la physiologie de la souche, ou à la composition du peuplement de nématodes, qui sévissent dans cette région.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient MM. G. de GUIRAN, L. W. DUNCAN et M. LUC, pour leurs conseils lors de la rédaction de cet article.

REFERENCES

- BUNT, J. A. (1975). *Effect and mode of action of some systemic nematocides*. Landbouwhogeshool Wageningen, Nederland, 119 p.
- CADET, P. & MERNY, G. (1978). Premiers essais de traitements chimiques contre les nématodes parasites de la canne à sucre en Haute-Volta. *Revue Nématol.*, 1 : 53-62.
- CADET, P., QUÉNEHERVÉ, P. & MERNY, G. (1982). Pathogenic action of nematodes on irrigated sugar-cane. *Revue Nématol.*, 5 : 205-209.
- CADET, P. (1985 a). Incidence des nématodes sur les repousses de canne à sucre au Burkina Faso et en Côte-d'Ivoire. *Revue Nématol.*, 8 : 277-284.
- CADET, P. (1985 b). Incidence d'un traitement au bromure de méthyle sur la production de la canne à sucre au Burkina Faso. *Revue Nématol.*, 8 : 179-190.
- GARGANTIEL, F. T. & BARREDO, F. C. (1979). Effects of varying rates of carbofuran on nematode population and sugarcane yield. *Sugar News*, 56 : 169-172.

- GLOVER, J. (1968). The behaviour of the root-system of sugarcane at and after harvest. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Assoc.*, 42 : 133-135.
- HARRIS, R. H. G. (1974). The effects on sugarcane of plant parasitic nematodes in non-sterile monospecific cultures. *Proc. ISSCT*, 15 : 327-337.
- HARRIS, R. H. G. (1975). Studies of nematodes populations in sugarcane profiles. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Assoc.*, 49 : 164-170.
- JAFFRENOU, P. A. (1978). *Sur l'analyse des familles finies de variables vectorielles. Bases algébriques et application à la description statistique.* Thèse 3^e Cycle, Univ. Lyon I, 97 p.
- MARTIN, G. C. (1967). Plant parasitic nematodes associated with sugarcane production in Rhodesia. *FAO Pl. Protect. Bull.*, 15 : 45-58.
- SEINHORST, J. W. (1950). De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aanstasting door het stengel-
laaltje *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev. *Tijdschr. Plziekt.*, 56 : 291-349.
- SEINHORST, J. W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.
- SERRA, R. J., GARGANTIEL, F. T. & BARREDO, F. C. (1982). Carbofuran improves sugarcane ratooning. *Sugarcane Pathologist' Newsl.*, 28 : 47-50.
- SPAULL, V. W. & DONALDSON, R. A. (1983). Relationship between time of nematicide application, numbers of nematodes and response to treatment in ratoon sugarcane. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Assoc.*, 57 : 123-127.
- TAYLOR, A. L. (1971). *Introduction to research on plant nematology. An FAO guide to the study and control of plant-parasitic nematodes.* Revised Ed. : 22-36.
- THIOULOUSE, J. & CHESSEL, D. (1987). Les analyses multita-
bleaux en écologie factorielle. I - De la typologie d'état à la typologie de fonctionnement par l'analyse triadique. *Acta œcol., Œcol. gener.*, 8 : 463-480.
- VAN DILLEWIJN, C. (1960). *La botanique de la canne à sucre.* Wageningen, Holland, Veenman, 377 p.

Accepté pour publication le 8 janvier 1988.