

ETUDE SUR  
*TYLENCHULUS SEMIPENETRANS* COBB  
AU MAROC

Deuxième partie \*

Observations biologiques et écologiques

A. VILARDEBO \*\*

SOMMAIRE

*Influence des facteurs du sol*

*Influence des facteurs température et humidité*

*Variations saisonnières des populations de *T. semipenetrans**

*Conclusion*

La présente étude fait suite à celle déjà parue dans cette même revue (*Al Awamia*, 8, juillet 1963). Les recherches entreprises au cours de la mission confiée à l'auteur par l'Institut national de la recherche agronomique (Rabat) dans le cadre de la convention passée avec l'Institut français de recherches fruitières Outre-mer (IFAC) traitent essentiellement du problème agricole posé par *Tylenchulus semipenetrans*, nématode parasite des agrumes.

L'étude du degré d'infestation des vergers marocains par ce parasite fait l'objet de la publication citée ; le lecteur y trouvera des indications générales sur les régions de production, leurs sols, leur situation géographique et leur climat, ainsi que quelques informations sur les pratiques culturales. Ces renseignements n'ont pas été répétés ici et, quoique non

---

\* La première partie de cette étude est parue dans le n° 8 de la revue *Al Awamia*, juillet 1963.

\*\* Mission IFAC auprès de l'Institut national de la recherche agronomique, Rabat. *Al Awamia*, 11, pp. 31-49, avril 1964.

indispensable, leur connaissance peut aider à une meilleure compréhension du présent texte. Nous invitons donc le lecteur à s'y reporter.

Cette seconde publication relative aux travaux effectués sur ce nématode dans les vergers d'agrumes est consacrée plus spécialement à l'étude de l'aspect biologique et écologique du problème.

Du point de vue agricole, la détermination du niveau des infestations est certes importante, mais l'étude des facteurs qui agissent sur ces peuplements et leurs fluctuations n'est pas moins intéressante car elle aboutit à une meilleure connaissance de l'évolution du parasite dans les régions considérées, permettant alors de mieux définir les conditions d'une lutte efficace.

L'influence respective de la nature du sol, de son pH, de la climatologie du lieu — dans la mesure où elle règle la température et l'humidité de la terre — les pratiques culturales modifiant directement ou indirectement le biotope dans lequel vit le nématode sont étudiées ici. L'action combinée de ces différents facteurs règle les variations saisonnières de populations étudiées plus spécialement en trois localités différentes.

Il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'entreprendre dans les limites de temps consacré à une telle mission, une expérimentation de base sur les conditions de pullulation d'un parasite dans une région et sur les facteurs qui la régissent. Les indications mentionnées dans ce texte sont donc celles qui ont pu être tirées du grand nombre d'observations faites à différentes périodes échelonnées sur presque une année : elles ne peuvent donc conduire à des conclusions rigoureuses, mais elles trouvent ici leur place par la contribution qu'elles apportent à une connaissance plus approfondie de ce parasite.

## **Influence des facteurs du sol**

### *1. Influence de la structure physique*

Quels que soient leur groupe et leur mode de parasitisme, tous les nématodes vivent en contact étroit avec le sol. Ce dernier est le milieu permanent dans lequel vivent les espèces ectoparasites, tandis qu'il n'est qu'un lieu transitoire pour les espèces endoparasites en quête d'une racine où ils pénètrent.

Chez *Tylenchulus semipenetrans*, la femelle vit immobile, fixée sur la racine, la partie postérieure du corps étant seule externe. Dans ces conditions, il est logique d'admettre qu'elle échappe à toute action directe de la nature du sol qui l'entoure, mais tel pourrait ne pas être le cas pour les larves dont tout le développement s'effectue librement dans le sol.

Au Maroc, les vergers d'agrumes sont établis sur des sols très variés aussi bien quant à leur structure qu'à leur origine. Des dénombrements de populations larvaires ayant été réalisés dans chacun d'eux, il était possible de rechercher s'il existait une relation quelconque entre cette structure physique et la pullulation du parasite.

De toutes les zones de production d'agrumes c'est dans le Gharb, tout au long de l'oued Sebou, que l'on rencontre les terres les plus lourdes. Des alluvions récentes, riches en limons fins, se sont déposées tout au long du fleuve, notamment dans les lobes des méandres. A ce type de sol appelé « dess » font suite les « tirs » composés dans une proportion de 20 à 40 % d'argiles d'une très grande finesse. Dess et tirs sont des terres extrêmement lourdes et compactes. Dès qu'il pleut, elles se transforment en un véritable bournier, l'infiltration de l'eau se faisant très mal ; mais dès que le soleil apparaît, la surface s'assèche, formant une croûte dure isolant les couches sous-jacentes qui restent gorgées d'eau et spongieuses.

Le sol le plus lourd et le plus compact dans lequel on a pu effectuer un dénombrement de populations est probablement celui d'un verger situé dans les voisinages immédiats de Mechra Bel Ksiri (région du Gharb), verger planté en orangers de la variété Washington Sanguine greffés sur bigaradier. A la date du prélèvement (21.8.61), le sol, un tirs, était « lacéré » de crevasses de 2 à 4 cm de largeur et dont la profondeur dépassait parfois les 50 cm, au point qu'une surveillance permanente était nécessaire lors de l'irrigation, sous peine de voir l'eau s'enfoncer dans les couches profondes sans que celles de surface ne soient irriguées. Au moment du prélèvement, le sol était très sec et d'une très grande dureté sur les 10 à 15 premiers centimètres qui s'enlevaient par gros blocs. Le comptage a fait ressortir que 77 900 *Tylenchulus semipenetrans* (juvéniles et mâles) par litre de sol étaient présents dans cet échantillon de terre.

Dans la même région, mais cette fois sur un dess planté en clémentiniers greffés sur bigaradier, les comptages ont indiqué l'existence d'une population de 109 000 *T. semipenetrans* par litre de sol.

Dans la région de Meknès, le long des routes qui mènent l'une à Sidi Kacem, l'autre à Fès, on trouve des terres où les différents éléments granulométriques sont présents en meilleur équilibre que dans les dess et les tirs. Il en est de même dans la plaine des Beni Moussa (région du Tadla) constituée d'une belle terre franche et profonde. Dans les vergers installés sur ces terrains, de très fortes populations de *T. semipenetrans* ont encore été dénombrées : 56 000 et 62 000 respectivement à Aïn Taoujdate et vers Sidi Kacem dans la région de Meknès, 60 000, 91 000 et 189 000 dans celle des Beni Moussa.

Avec certains sols de la région du Souss, on aborde la catégorie des terres sablonneuses où l'élément grossier prédomine. Le chiffre de 220 000 parasites au litre de sol a été obtenu lors de l'examen d'échantillons prélevés dans un verger de cette région.

Des populations très élevées ont encore été dénombrées dans les vergers d'Azemmour (59 000, 68 000, 105 000) et à Kenitra (70 000, 120 000). Ces orangeraias sont installées sur les sols très légers des cordons dunaires ou des zones de sédimentation plus ancienne mais également d'origine marine. Ces terres sont constituées de grains de sable ronds, de dimensions variables, auxquels se sont ajoutés, plus ou moins mais toujours en faible proportion, des éléments fins. Malgré la très forte teneur en éléments grossiers, ces terres présentent néanmoins une certaine structure. Elles sont très perméables, l'eau disparaissant des cuvettes un moment après l'irrigation.

A ces sols peuvent être opposés ceux de la région de Larache et de El Menzeh (10 km au nord de Kenitra) également très légers mais d'origine détritique. Ces sols s'opposent à ceux des régions de Kenitra et Azemmour par leurs éléments à arêtes vives, de grosseur homogène et de fortes dimensions. Ces sols, très aérés et très perméables, ne présentent pratiquement pas de structure. Les plus fortes infestations rencontrées dans les vergers installés sur ces terres ne dépassent pas 9 000 *T. semipenetrans* par litre de sol. Des indications qui précèdent, on constate donc que *Tylenchulus semipenetrans* est capable de proliférer abondamment dans des sols aussi variés que ceux dont il vient d'être fait mention. La nature du sol ne constitue jamais un facteur limitant au développement de populations importantes de ce parasite, ce qui, sous l'angle agricole, signifie qu'il y aura toujours lieu de craindre l'effet dépressif des attaques de ce parasite, excepté peut-être dans un seul type de sol, celui constitué par des sables très grossiers.

Réciproquement, il n'est pas possible d'indiquer si réellement il existe un type de sol spécialement favorable à *T. semipenetrans*, car, dans la gamme variée de ceux étudiés, à côté des fortes proliférations indiquées, il a toujours été rencontré des vergers où les attaques étaient relativement faibles (moins de 10 000 individus au litre de sol). Ceci indique bien que le facteur structure du sol n'a qu'une influence directe très faible sur ce nématode.

Mais selon la nature du sol, le développement du système racinaire varie dans de très fortes proportions. Dans les terres légères, il est très abondant au point d'occuper tout le volume qui lui est offert, mais dans les sols lourds, tels ceux du Gharb, le nombre de radicelles est très faible.

Entre ces deux extrêmes, il existe tous les degrés intermédiaires d'enracinement, celui-ci dépendant directement de la compacité du sol.

Si donc, au lieu de n'envisager que le taux de population par unité de volume de terre comme cela a été fait dans cette étude, on prenait en considération le taux d'enracinement, et que l'on rapporte les chiffres de populations de parasites au poids (ou au volume) de racinelles présentes dans ce même volume de terre, on en arriverait à la conclusion que les terres lourdes sont plus favorables que les terres légères au développement des infestations de *Tylenchulus semipenetrans* puisque les populations y atteignent des niveaux identiques, malgré une « surface alimentaire » très inférieure. Ceci aurait besoin d'être vérifié expérimentalement.

## 2. Influence du pH

L'étude du développement de semis de citrus en présence de *Tylenchulus semipenetrans* dans différents types de sols a montré qu'il existait une corrélation négative de faible valeur entre le pH du sol et la croissance du plant (MARTIN, HARDING et GARBER, 1961 ; VAN GUNDY et MARTIN, 1961). Ceci indiquerait soit que les plants de citrus présentent une plus grande tolérance aux attaques de ce parasite lorsque le pH est de faible valeur, soit que *T. semipenetrans* se développe plus intensément en présence de pH plus élevés. Cette dernière hypothèse serait celle à retenir puisqu'il a pu être établi (MARTIN, HARDING et GARBER, 1961) que la reproduction de *T. semipenetrans* est nettement retardée dans les sols présentant un pH égal ou inférieur à 5. VAN GUNDY et MARTIN (1962) ont par ailleurs observé que dans un sol limoneux la multiplication du parasite était 4 fois plus intense lorsque le pH était de 7 au lieu de 5 et qu'elle y était également plus active que dans les sols silico-argileux de même pH, mais aucune précision n'est fournie pour les pH supérieurs à 7.

Des mesures faites dans des terres des vergers marocains ont donné des valeurs de pH comprises entre 7,3 et 8,2 donc nettement basiques. Cette alcalinité a-t-elle une action sur les proliférations de *T. semipenetrans*? Le TABLEAU I condense les résultats de dénombrement de populations dans des sols légers, normaux et lourds pour différentes valeurs de pH.

De ces chiffres, aucune indication ne peut être tirée, de faibles comme de très fortes populations ayant été rencontrées, quelles que soient la valeur du pH et la nature du terrain. Il n'est cependant pas impossible qu'une expérimentation précise ne mette en évidence une action favorable ou défavorable d'une forte alcalinité, mais sous l'angle agricole elle ne sera jamais que de faible importance.

TABLEAU I  
**Peuplement de *Tylenchulus semipenetrans***  
*en liaison avec la nature et le pH du sol*

VALEUR DU PH	SOLS LÉGERS, SABLEUX		TERRES FRANCHES OU BATTANTES		TERRES LOURDES LIMONEUSES OU ARGILEUSES	
	Nombre de <i>T. semi- penetrans</i>	Région	Nombre de <i>T. semi- penetrans</i>	Région	Nombre de <i>T. semi- penetrans</i>	Région
7,30 à 7,50	14 000	Rabat			4 700	Ouergha
					4 000	Mechra Bel Ksiri
				traces	Sidi Slimane	
7,55 à 7,75	45 700 29 300	Azemmour Kenitra	63 800	Meknès	150	Sidi Slimane
			189 000	Beni Mellal	550	Gharb
			87 000	Meknès	980	Ouergha
7,8 à 7,85	traces 32 000	Souss	100 500	Marrakech	4 500	
			56 000	Meknès	950	Mechra Bel Ksiri
			10 250	Beni Mellal	109 000	
			29 000			
7,9 à 7,95	1 235	Souss	5 500	Meknès		
			14 000	Marrakech	15 400	Mechra Bel Ksiri
			23 000			
			60 000	Beni Mellal	128 000	Ouergha
			31 000			
8 à 8,2	220 000 290 2 000	Souss	1 040	Marrakech		
			91 000	Beni Mellal		
			14 000			
			62 200	Meknès		

### Influence des facteurs température et humidité

Des études, aussi variées que nombreuses, ont montré la très grande influence des facteurs température et humidité du sol sur le développement et la survie des nématodes. Chacun de ces facteurs présente une action propre sur la biologie et la multiplication de *T. semipenetrans*, mais dans un sol en plein champ, elles s'interfèrent réciproquement. Le rôle réel joué par chacun d'eux dans la prolifération du parasite est donc assez

difficile à déterminer, d'autant qu'au cours de cette mission, les conditions matérielles n'autorisaient pas la mise en place d'une expérimentation propre à une telle étude. Les différentes observations faites, complétées par les connaissances acquises ailleurs, permettent néanmoins de tirer des conclusions intéressantes sur l'évolution des populations de *T. semipenetrans* en fonction de la température et de l'humidité du sol, l'une et l'autre réglées par la climatologie du lieu.

### 1. Influence de la température

BAINES en 1950, étudiant l'influence de la température du sol sur *Tylenchulus semipenetrans*, a établi que :

- à 15°C et 35°C les infestations étaient très faibles ;
- les températures comprises entre 25 et 31°C étaient les plus favorables au développement du parasite ;
- en laboratoire et en sol humide, les larves survivent deux mois et demi à 33°C.

A leur tour, FELDMESSER et REBOIS (1963) ont montré que 0,1 % de larves survivaient à leur maintien à 37°C pendant 6 heures par jour et pendant 6 jours consécutifs.

De ces deux études on déduit que :

- 35°C est le seuil supérieur au-delà duquel une mortalité plus ou moins importante intervient rapidement ;
- 15°C est le seuil inférieur au-dessous duquel toute évolution du parasite est arrêtée, tout comme subséquemment le sont les attaques ;
- 25 à 31°C sont les températures les plus favorables.

Prenant ces chiffres pour base et connaissant l'évolution de la température dans le sol, il devient possible d'en déduire l'évolution des populations.

Dans un verger, la température du sol en un moment donné est très variable selon l'emplacement à laquelle elle est prise.

Dans le TABLEAU II sont mentionnées quelques-unes des observations faites dans les vergers marocains. L'examen de ces chiffres permet de constater que :

- la température de la couche superficielle de sol nu soumise à l'insolation directe est toujours supérieure à celle de l'air ambiant, une relation étroite liant l'une et l'autre ;

— cette température décroît avec la profondeur, l'abaissement étant surtout important dans les premiers centimètres et s'atténuant par la suite ;

— à profondeur égale (20 cm), la température du sol sous ombrage est inférieure de plusieurs degrés à celle du sol nu ;

— par temps de « chergui », lorsque la température de l'air ambiant atteint 37 à 40°C ou plus, celle du sol nu soumis directement à l'action des rayons solaires devient très élevée même à 20 cm de profondeur, alors qu'elle reste pratiquement inchangée dans la zone située sous l'arbre et recevant la protection de son ombrage.

TABLEAU II

## Observations de températures du sol dans quelques vergers marocains

DATE D'OBSERVATION	RÉGIONS	TEMPÉRATURE DU SOL				TEMPÉRATURE DE L'AIR sous abri
		nu			sous ombrage	
		à 3 cm	à 10 cm	à 20 cm	à 20 cm	
3.4.62	Azemmour		18	17	17	22
18.4.62	Souss *	15,5	17	17,5	15	15
2.5.62	Mechra Bel Ksiri	32	20	18	16,5	26
25.5.62	id.	34	25	19		28
4.5.62	Sidi Slimane	33	27,5	20,5	16	26
5.4.62	Marrakech	27,5	22	21	17	22,5
18.4.62	Rabat	32	24	19	17	26
7.5.62	Rabat **	47	35	31	19	37

\* Observations faites après une pluie.

\*\* Observations faites par temps de « chergui ».

Dans cette zone, la plus intéressante à étudier car c'est celle où se développe le système racinaire et où s'établissent les populations de *Tylenchulus semipenetrans*, la température du sol ne présente donc pas de modifications brutales d'un jour à l'autre. Les variations dans le temps seront donc très progressives.

Il n'a pas été fait de mesures de la température régulièrement espacées dans le temps et sur une longue période, mais il est possible d'extrapoler à partir des données recueillies par les stations du réseau du Service météorologique (section climatologie). Les observations habituellement faites sont la notation de la température à 30 ou 50 cm dans un sol non travaillé.



De ces dernières, il est possible de déduire, avec une approximation suffisante, l'allure et la valeur des variations de la température du sol au pied des arbres, sachant que celle-ci est toujours inférieure à celle-là (voir TABLEAU II).

## 2. *Influence de l'humidité du sol*

Son étude est beaucoup plus difficile, aussi les connaissances acquises sont-elles assez restreintes.

Il est certain qu'un excès d'humidité entraînerait d'abord le dépérissement des arbres avant d'être défavorable au parasite. Mais il n'en est pas de même dans les sols secs où les nématodes ne peuvent survivre dans leurs formes libres et il est probable que dans les vergers du Maroc l'humidité du sol jouerait le rôle de facteur limitant, si, d'une part, une teneur minimale en eau n'était maintenue par les irrigations périodiques indispensables, et si, d'autre part, la biologie de ce parasite ne lui conférerait pas une résistance particulière à des teneurs en eau très faibles. En effet, dans un sol se desséchant, lorsque les larves qui sont dispersées dans le sol sont déjà tuées, celles qui se trouvent dans les amas gélatineux entourant les femelles se maintiennent en vie grâce à l'eau que puisent ces dernières directement dans les racines. Ces larves et femelles assurent une réinfestation des racines dès que les conditions redeviennent favorables.

Ainsi donc, si ces faibles teneurs en eau du sol sont insuffisantes pour enrayer complètement le développement de ce parasite, elles jouent néanmoins un rôle important dans le taux de prolifération. En effet, non seulement elles ne favorisent pas l'établissement de nouvelles infestations, mais encore elles réduisent l'activité physiologique du parasite.

Malgré les apports assurés par les irrigations, la teneur en eau du sol évolue en fonction de la pluviométrie du lieu. Pour cette étude, tout comme pour celle de la température, les hauteurs pluviométriques mensuelles ont été fournies par le Service de la Météorologie marocaine. Leur connaissance, associée aux indications fournies par le dénombrement de nématodes dans le même carré à des dates différentes, permet d'établir l'évolution des variations saisonnières de populations de parasites pour les différentes régions de production d'agrumes du Maroc.

## Variations saisonnières des populations de *T. semipenetrans*

Une opposition très nette apparaît dans le comportement du parasite selon que la région est à climat sec et chaud ou à hiver humide et plus ou moins froid. Leur étude doit donc se faire séparément.

### 1. Régions sèches et chaudes

La région de Marrakech en est le type, celle du Souss s'y rattache. Le fait marquant de ce climat est sa sécheresse permanente. La hauteur de pluviométrie annuelle n'est que de 150 à 200 mm (graphique II) ; même si les précipitations atteignent 20 ou 40 mm en un mois, cela ne correspond qu'à quelques jours de pluie dont l'action bénéfique ne peut être que fugace, l'eau étant très rapidement évaporée. Dans cette région aucune alimentation en eau ne peut provenir du sous-sol car la première nappe phréatique (lorsqu'elle n'a pas été épuisée) se situe à 14-20 mètres de profondeur. Les arbres ne sont maintenus en végétation que grâce à une irrigation n'apportant très souvent que juste le minimum d'eau indispensable. La teneur en eau de ces sols est donc toujours très faible.

Si l'on examine la courbe de température du sol, on s'aperçoit qu'elle est favorable à une activité intense du parasite pendant deux périodes : octobre et novembre d'une part et mars à juillet d'autre part, périodes séparées par trois mois d'hiver suffisamment froids pour que la température du sol soit voisine de 15°C et que le parasite entre dans un état quiescent, et par trois mois d'été très chauds au cours desquels la température devient voisine du seuil léthal.

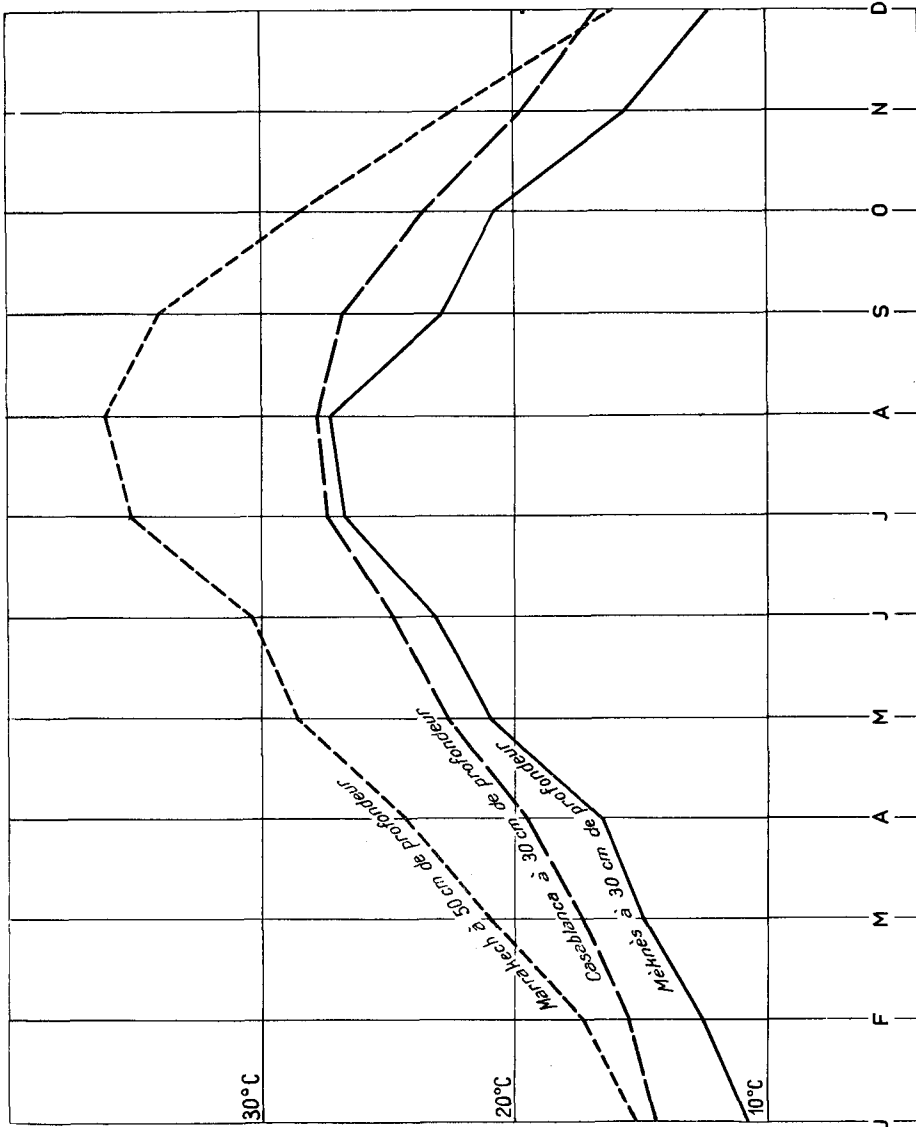
L'insuffisance permanente d'humidité du sol est déjà une entrave constante à une intense multiplication du parasite. Si de plus elle est concomitante avec celle des températures élevées, les conditions sont alors défavorables au point que, pendant la période des trois mois d'été, les populations régressent dans une proportion importante.

Les résultats de dénombrement de populations effectués dans les vergers de cette région indiquent une augmentation générale des peuplements entre la fin de l'été 1961 et l'automne de la même année, puis avec le printemps 1962, confirmant les indications tirées de l'examen des courbes de température et de pluviométrie. Les chiffres suivants représentant les populations de *T. semipenetrans* au litre de sol — dans des prélèvements effectués aux mêmes arbres à des dates différentes — indiquent l'ordre de grandeur des variations saisonnières.

Prélèvement du	5. 9.61	: 2 730
	12.10.61	: 3 850
	25.11.61	: 7 750
	4. 4.62	: 11 200

Ces résultats ont été obtenus dans un verger où les conditions de culture étaient celles habituellement pratiquées dans la région, à savoir, en particulier, terrain maintenu propre aussi bien sous les arbres qu'entre

GRAPHIQUE I  
Courbes de température du soi



ceux-ci. Mais cette pratique présente, dans ces sols et sous ces climats, de très graves inconvénients. Sous l'action directe des rayons solaires la température atteint des niveaux très élevés : 36°C à 50 cm de profondeur, plus de 50°C en surface.

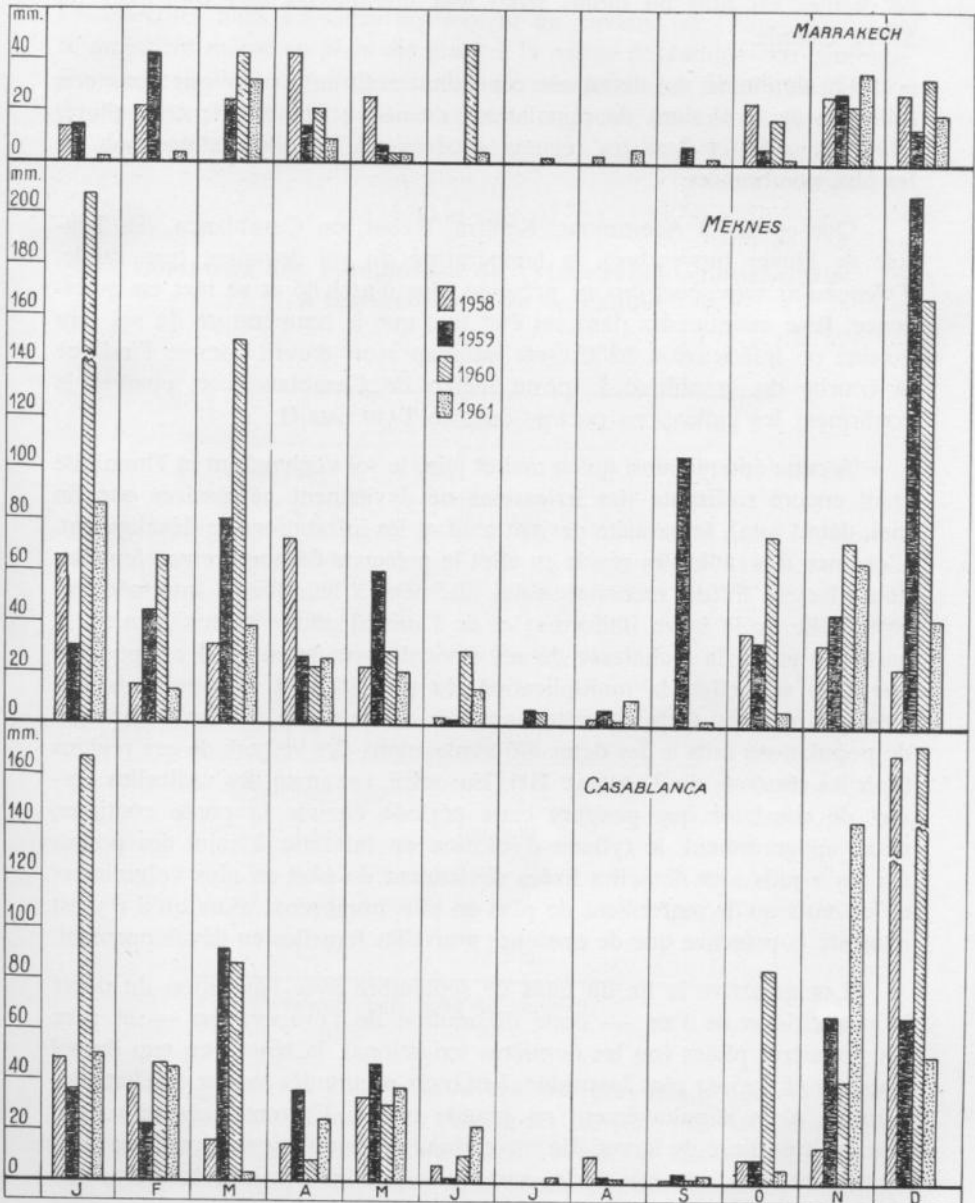
Outre la destruction de toute vie microbienne et l'impossibilité pour l'arbre d'établir son système racinaire dans ces zones de terrain surchauffé, la perte en eau, par évaporation, est très grande. Aucune structure correcte ne peut non plus s'établir. Ces terres se dégradent rapidement. Pour éviter ces inconvénients, certains agrumiculteurs cherchent à maintenir une couverture végétale sur la totalité de la superficie du sol, soit en y cultivant une plante dite de couverture, soit en y laissant se développer une végétation naturelle. Dans cette région du Haouz, vers la localité de Souihla, des observations de peuplements de nématodes ont été faites dans un tel carré. Les cuvettes d'irrigation de 5 × 5 m avaient été semencées en septembre 1961 avec du trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum*). La bonne levée et un bon développement de cette plante avaient été assurés par des irrigations de faible importance mais très fréquentes, lesquelles ont maintenu en permanence dans le sol une bonne humidité. Alors que dans l'ensemble de cette région, et notamment dans ce verger, les nombreuses observations n'ont toujours indiqué que des infestations de quelques milliers de *T. semipenetrans* (voir les chiffres donnés plus haut), les dénombrements effectués début avril dans ces carrés ont donné régulièrement des valeurs de population comprises entre 100 000 et 140 000 individus au litre de terre. Il est incontestable que dans ces carrés la nécessité de maintenir une humidité favorable à la croissance de la plante de couverture lui permettant de modifier les conditions du « milieu sol », les rendait alors favorables au développement du parasite au point de lui permettre de proliférer dans une zone où habituellement on ne le rencontre qu'en faible quantité.

C'est très certainement pour des raisons de conditions hydriques meilleures que des populations de 40 000 à 50 000 nématodes ont été observées au printemps 1962 dans les vergers situés au pied du Haut Atlas, mais il est certain que quels que soient ces taux d'infestation, l'évolution saisonnière reste la même dans tous les vergers de la région.

Dans la vallée de l'oued Souss, quoiqu'il n'ait pu être fait autant d'observations que dans celle de Marrakech, l'analogie des climats et quelques dénombrements de populations de nématodes en un même lieu à des dates différentes, indiquent bien que l'évolution des peuplements de *T. semipenetrans* y est similaire à celle qui vient d'être donnée pour la région de Marrakech.

GRAPHIQUE II

Hauteurs pluviométriques mensuelles



## 2. Régions à hivers humides plus ou moins froids

En opposition avec celles de Marrakech et du Souss, les régions réunies dans ce groupe présentent en commun un hiver pluvieux, mais ce dernier est plus ou moins froid tout comme les étés sont plus ou moins chauds.

La similitude de climat est cependant suffisante pour que sous son influence les évolutions de populations de nématodes aient même allure. Etudions celles-ci dans les régions côtières où les observations ont été les plus nombreuses.

Que ce soit à Azemmour, Kenitra, Rabat, ou Casablanca, dès l'entrée de l'hiver (novembre), la température du sol devenant trop faible, *Tylenchulus semipenetrans* ne présente plus d'activité et se met en quiescence. Il se maintiendra dans cet état tant que la température du sol sera voisine ou inférieure à 15°C, soit jusqu'au mois d'avril comme l'indique la courbe du graphique I (poste météo de Casablanca) et comme le confirment les indications portées dans le TABLEAU II.

A cette époque ainsi qu'en mai et juin, le sol s'échauffant et l'humidité étant encore suffisante (les irrigations ne deviennent nécessaires que fin mai, début juin), le parasite devient actif et les infestations se développent. L'examen des radicules révèle en effet la présence de nombreuses femelles nouvellement fixées, reconnaissables aisément à leur forme intermédiaire entre celle de la larve (filiforme) et de l'animal adulte (secculiforme). A partir de juillet la sécheresse du sol devient assez intense ; il est possible que sous son effet, la multiplication du parasite soit ralentie mais elle n'est pas arrêtée. Cela est nettement mis en évidence par les comptages de populations faits à des dates différentes dans des vergers de ces régions (voir les résultats du TABLEAU III). En outre, l'examen des radicules permet de constater que pendant cette période chaude la ponte continue, mais, apparemment, le rythme d'éclosion est inférieur à celui des pontes car les « nids » de femelles fixées deviennent de plus en plus volumineux et les œufs qu'ils renferment de plus en plus nombreux, alors qu'il n'y est constaté la présence que de quelques nouvelles femelles en développement.

Lorsqu'arrive la fin du mois de septembre avec l'élévation du degré hygrométrique de l'air — donc diminution de l'évaporation — et avec les premières pluies (ou les dernières irrigations), la teneur en eau du sol s'accroît et devient plus favorable. Les œufs accumulés autour des femelles éclosent alors simultanément en grande masse, libérant dans le sol un nombre très élevé de larves. En novembre, ces populations régressent rapidement et dans une très forte proportion pour une raison indéterminée. Cette chute, très nettement mise en évidence dans les observations faites

dans le verger d'Azemmour (TABLEAU III), a également été constatée ailleurs. Dans le verger situé à Kenitra (TABLEAU III), la pointe maximale de population est plus précoce tout comme l'est la chute qui la suit, mais les conditions ne sont pas exactement les mêmes. Les prélèvements ont été effectués dans un carré légèrement en cuvette où l'humidité du sol se maintient même en plein été grâce à la nappe phréatique peu profonde. Dans ce lieu, il n'y aurait pas eu alors de ralentissement de la multiplication du parasite pendant la période chaude et sèche, ce qui expliquerait ce décalage dans le temps.

TABLEAU III

**Comptage des populations de *Tylenchulus semipenetrans* à différentes dates de l'année**

*(nombre d'individus au litre de sol)*

DATES	AZEMMOUR *	KENITRA *
Eté 1961		
8.8.61	121 000	
10.8.61		4 500
Automne 1961		
9.10.61	105 000	
28.10.61		29 300
24.11.61	20 400	
Printemps 1962		
3.4.62	20 600	
6.4.62		71 400
22.5.62		83 450
23.5.62	22 800	

\* Prélèvements faits dans un verger

Dans la région du Gharb les hivers sont plus froids que sur la côte et les étés plus chauds, mais les différences ne sont pas suffisantes pour apporter des changements notables dans l'évolution des populations. La reprise d'activité du parasite sera sans doute retardée, mais cet handicap sera ensuite compensé par un réchauffement plus rapide du sol. Dans cette

région, des populations très élevées ont été observées en plein mois d'août alors que la surface du sol était très sèche, formant une croûte dure mais sous laquelle régnait une certaine fraîcheur (toute relative) mais sans doute suffisante pour *T. semipenetrans* puisqu'il y a été dénombré à cette période des populations très élevées. Dans ces mêmes lieux, des chiffres très inférieurs ont été constatés en octobre indiquant que dans le Gharb, dans la zone côtière, l'évolution des populations est sensiblement la même.

Aucune observation particulière n'a été faite pour la région de Meknès mais l'examen des courbes de température du sol et de pluviométrie permet de penser que l'évolution des populations est similaire encore à celle décrite pour la zone côtière, mais ici la reprise d'activité du parasite ne commence pas avant le début du mois de mai et se termine en octobre, soit pendant 4 mois seulement.

### Conclusion

En tête de cette étude il avait été bien précisé qu'aucune étude à base d'expérimentation n'avait été entreprise car elle ne pouvait entrer dans le cadre de la mission confiée à l'auteur, et que dans ces conditions il n'était pas possible d'obtenir des indications complètes relatives à l'un ou l'autre des points traités dans ce texte.

Malgré cela, elles apportent un grand nombre de connaissances très intéressantes sur le problème considéré sous l'angle agricole de *Tylenchulus semipenetrans*, nématode parasite des agrumes.

Certaines d'entre elles viennent confirmer des connaissances acquises ailleurs, encore vérifiées, quoique les conditions ne soient pas exactement les mêmes. Ce sera notamment la très grande tolérance de ce parasite à tous les types de sol, excepté ceux très légers à granules grossiers mais qui souvent d'ailleurs ne sont plus favorables à la culture des agrumes.

D'autres permettent une meilleure connaissance du problème dans le cadre particulier du Maroc. L'établissement des courbes d'évolution annuelles des populations permet une meilleure interprétation des résultats de toute recherche sur le degré d'infestation des vergers. Mais surtout elle fournit les bases indispensables à la conduite d'une expérimentation correcte sur l'utilisation des nématicides en vue de l'amélioration de cette culture par une lutte contre ce parasite. S'il n'est pas possible de définir avec précision les périodes optimales pour l'exécution des traitements (il est cependant possible de les entrevoir), on peut établir comment sera entreprise l'expérimentation et surtout comment sera réalisé le contrôle de l'efficacité des traitements. Ces bases seront de la plus grande importance le jour où sera entrepris un programme d'expérimentation pour l'établissement des conditions optimales de lutte.



ملخص

هذه الدراسة الثانية المتعلقة بالأعمال المحققة على *T. semipenetrans* COBB في حدائق الحوامض، مخصصة بالاكتر لتحديدا دراسة المظهر التشريحي والوسطي للمسالة.

يدرس المؤلف بالتتابع التأثير الذي يمكن ان تحدثه الهيئة الفيزيائية لـ pH والحرارة ورطوبة الارض على تطورات التفريخات للديدان الخيطية. ويختتم بما يلي :

- عامل بينة الارض ليس له الا تاثير مباشر ضعيف جدا
- *T. semipenetrans* يظهر انها تعرف تطورا شديدا بحضور pH للارض مرتفعا جدا ( في  $pH \geq 5$  يتاخر التفريخ).
- درجة الحرارة بين 25 و 31 حريرة هي الاحسن موافقة بالنسبة لتطور الطفيل
- لو ان تشريح الطفيل يعطيه مقاومة عظيمة جدا بالخصوص لمحتويات الماء الضعيفة فان هذه تلعب دورا مهما في مقادير البراعم غير العادية حيث تنقص النشاط الفيزيائي للطفيل
- يدرس المؤلف في الأخير التغييرات الفصلية لـ *T. semipenetrans*. يظهر ان الوضع الجدد واضح يمثل في عدم ملائمة الطفيل تبعا للناحية وهو الطقس الجاف والحار او فى الشتاء الرطب والبارد نسبيا.

RÉSUMÉ

Cette seconde publication relative aux travaux effectués sur *T. semipenetrans* COBB dans les vergers d'agrumes est consacrée plus spécialement à l'étude de l'aspect biologique et écologique du problème.

L'auteur étudie successivement l'influence que peuvent avoir la structure physique, le pH, la température et l'humidité du sol sur les développements des populations de ce nématode. Il conclut que :

- le facteur structure du sol n'a qu'une influence directe très faible ;
- *T. semipenetrans* semble avoir un développement plus intense en présence de pH du sol plus élevés (à  $pH \leq 5$  la reproduction est retardée) ;
- les températures comprises entre 25 et 31°C sont les plus favorables au développement du parasite ;
- bien que la biologie du parasite lui confère une résistance particulière à des teneurs en eau très faibles, celles-ci jouent néanmoins un rôle important dans le taux de prolifération car elles réduisent l'activité physiologique du parasite.

L'auteur étudie enfin les variations saisonnières de *T. semipenetrans*. Il apparaît en effet qu'une opposition très nette existe dans le comportement du parasite selon que la région est à climat sec et chaud ou à hiver humide et plus ou moins froid.

#### RESUMEN

Esta segunda publicación referente a los trabajos efectuados sobre *Tylenchulus semipenetrans* COBB en los vergeles de agríos está dedicada más especialmente al estudio del aspecto biológico y ecológico del problema.

El autor estudia la influencia que pueden ejercer la estructura física, el pH, la temperatura y la humedad del suelo sobre el desarrollo de las poblaciones del nematodo.

Sus conclusiones son las siguientes :

- la estructura del suelo no tiene más que una influencia directa muy poco importante ;
- *T. semipenetrans* parece desarrollarse más intensamente en presencia de pH del suelo más altos (cuando  $\text{pH} \leq 5$ , se detiene la reproducción) ;
- las temperaturas entre 25 y 31°C son las más óptimas para desarrollarse el parásito ;
- aunque la biología del parásito le confiere una particular resistencia en presencia de cuantías de agua poco abundantes, sin embargo éstas tienen un papel importante en la medida de proliferación, pues reducen la actividad fisiológica del parásito.

El autor estudia, a continuación, las variaciones de *T. semipenetrans* con arreglo a las estaciones. Efectivamente, se observa una oposición muy notable en el comportamiento del parásito según que la región tiene un clima seco y cálido o un invierno húmedo y más o menos frío.

#### SUMMARY

This second article relating to the research on *T. semipenetrans* COBB in citrus-groves is more especially dedicated to the study of the biologic and ecological aspects of the problem.

The author studies the influence that physical structure, pH, temperature, and soil humidity may have on the development of these nematod populations.

He comes to the conclusion that :

- soil structure is only weak and indirect in its effects ;
- *T. semipenetrans* seems to develop better when pH is high (at  $\text{pH} \leq 5$  reproduction is delayed) ;
- temperatures between 25 and 31°C favour its development ;
- although the parasite's biology confers it a particular resistance to a low degree of humidity, the latter has its important effects on the proliferation rate, as it reduces the parasite's physiological activity.

The author then studies the seasonal variations of *T. semipenetrans*. It becomes evident that there are very marked differences in the parasite's behaviour according to the climate of its environment (dry and warm or with humid and more or less cold winters).

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAINES, R.C. — 1950. Citrus root nematode investigations. — Calif. Citrogr., vol. 35, 8, pp. 344-345.
- FELDMESSER, J. & R.V. REBOIS — 1963. Effect of soil temperature and moisture on *Tylenchulus semipenetrans*. — Phytopath., vol. 53, 8, p. 87 (abst).
- MARTIN, J.P., R.B. HARDING & M.J. GARBER — 1961. Relation of soil properties and plant composition to growth of citrus seedlings in non-fumigated and fumigated old citrus soils. — Soil Science, vol. 91, 5, pp. 317-323.
- VAN GUNDY, S.D. & J.P. MARTIN — 1961. Soil factor in relationship to Citrus nematode. — Calif. Citrogr., vol. 46, 11, pp. 376-379.
1962. Soil texture, pH, and moisture effects on the development of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. — Phytopath., vol. 51, 1, p. 31 (abst).
- VILARDEBO, A. — 1963. Etude sur *Tylenchulus semipenetrans* COBB, au Maroc. I. Observations sur le degré d'infestation des vergers. — Al Awamia, Rabat, 8, juillet, pp. 1-23.
- VILARDEBO, A. & M. LUC — 1961. Le « Slow decline » des *Citrus* dû au nématode *Tylenchulus semipenetrans* COBB. — Fruits, vol. 16, 9, pp. 445-454.