

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

**Herausgeber:** Schweizerische Entomologische Gesellschaft

**Band:** 60 (1987)

**Heft:** 1-2

**Artikel:** Méthode d'échantillonnage de la faune de la couverture végétale et du sol en vergers de pommiers

**Autor:** Bals, I. / Baillod, M. / Baumgärtner, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-402252>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Méthode d'échantillonnage de la faune de la couverture végétale et du sol en vergers de pommiers

I. BALS<sup>1</sup>, M. BAILLOD<sup>1</sup> et J. BAUMGAERTNER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon

<sup>2</sup> Institut für Phytomedizin, ETH-Zentrum/CLS, CH-8092 Zürich

*Methods for sampling the fauna of herbage cover and soil in apple orchards – Investigations were made on the fauna of small arthropods of the herbage cover and soil between the rows in an apple orchard in Switzerland. The distribution pattern of the main microarthropod groups was analyzed by means of TAYLOR's power law (1961) and of the mean crowding index. The homogeneity of the fauna in the orchard and the efficiency of two different extraction apparatus were evaluated for these groups by means of analysis of variance. The relative net precision makes it possible to compare 3 sample sizes with respect to variance and cost. Taking account of practical, biological and statistical considerations, a circular area of about 9,4 cm in diameter was found to be the best sampling unit for studying the fauna of both soil and vegetation between the rows of the orchard. Sixteen samples per block were found to be satisfying for estimating arthropod groups in this analysis.*

### INTRODUCTION

Dans l'étude globale de l'écosystème verger de pommiers, une attention particulière a été accordée aux problèmes des acariens phytophages (*Panonychus ulmi* KOCH et *Tetranychus urticae* KOCH), ainsi qu'à leurs prédateurs naturels, les gamases de la famille des Phytoseiidae (BAUMGAERTNER, 1985). Une première série de travaux concerne la distribution, la dynamique des populations et l'échantillonnage des acariens phytophages dans l'arbre (GENINI *et al.*, 1983; ZAHNER & BAUMGAERTNER, 1984; ZAHNER *et al.*, 1985). D'autres recherches tentent d'éclaircir le rôle des strates «herbes et sol» considérés comme réservoir de ravageurs et de prédateurs. Il est notoire que les populations de l'acarien jaune commun (*T. urticae*) se multiplient dès le début du printemps dans la couverture herbacée d'où partent les migrations estivales vers les arbres (MCGROARTY & CROFT, 1975; BAILLOD *et al.*, 1980; BAUMGAERTNER & ZAHNER, 1984). L'importance de la faune des strates basses a été depuis longtemps entrevue et l'influence des traitements ou de différents enherbements sur les microarthropodes ont été étudiés (KARG, 1978; FOREST *et al.*, 1982). MCGROARTY & CROFT (1975) font ressortir le rôle du phytoséiidé *Amblyseius fallacis* (GARMAN) dans la lutte biologique contre les acariens phytophages en verger intensif aux Etats-Unis: en effet, *A. fallacis* est un prédateur efficace contre l'acarien rouge (*P. ulmi*) dans la couronne des arbres et contre l'acarien jaune dans la couverture herbacée. L'introduction de cette espèce américaine dans les vergers de pommiers en Europe n'a, pour le moment, pas donné de résultats positifs (KLAY & GENINI, 1983; SECHSER *et al.*, 1984) et une espèce vicariante n'a pas été trouvée. C'est dans le but de contribuer à l'évaluation du rôle des acariens prédateurs des herbes et du sol sur les populations de l'acarien jaune qu'une étude a été entreprise en vergers de pommiers dans le Canton du Valais (Suisse). Cette recherche fait partie d'une étude com-

plex de l'écosystème verger de pommiers et constitue un complément aux travaux de ZAHNER & BAUMGAERTNER (1984), BAUMGAERTNER (1985) et ZAHNER *et al.* (1985) sur les populations des acariens ravageurs dans les arbres. BALS *et al.* (1983) ont donné un premier aperçu sur la distribution des acariens phytophages et de leurs prédateurs dans la couverture végétale et le sol.

L'étape suivante, l'étude quantitative de l'acarofaune des strates basses, nécessitait la mise au point d'une méthode d'échantillonnage adéquate, répondant aux exigences suivantes: 1. l'étude de la distribution des microarthropodes; 2. la recherche de la taille optimale de la surface de prélèvement; 3. la détermination du nombre d'échantillons à prélever en fonction d'une précision bien définie; 4. le choix de la technique d'extraction des microarthropodes la plus fiable aussi bien dans le cas des mauvaises herbes que du sol.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Description du verger et des parcelles expérimentales*

Le verger expérimental est un verger de Golden delicious de 13 ans conduit en palmettes, situé à Châteauneuf (VS). Ce verger, à pratiques culturales intensives, est désherbé sur la ligne, alors que l'interligne reste enherbé. Il reçoit 12 à 15 traitements antiparasitaires dans la saison dont 2 à 5 acaricides. Le verger a été partagé en 4 blocs équivalents constitués chacun de quatre rangées de 22 à 33 arbres. Quatre lignes tampons séparent les blocs entre eux. Cette première étude porte sur les prélèvements effectués dans les interlignes de chaque bloc.

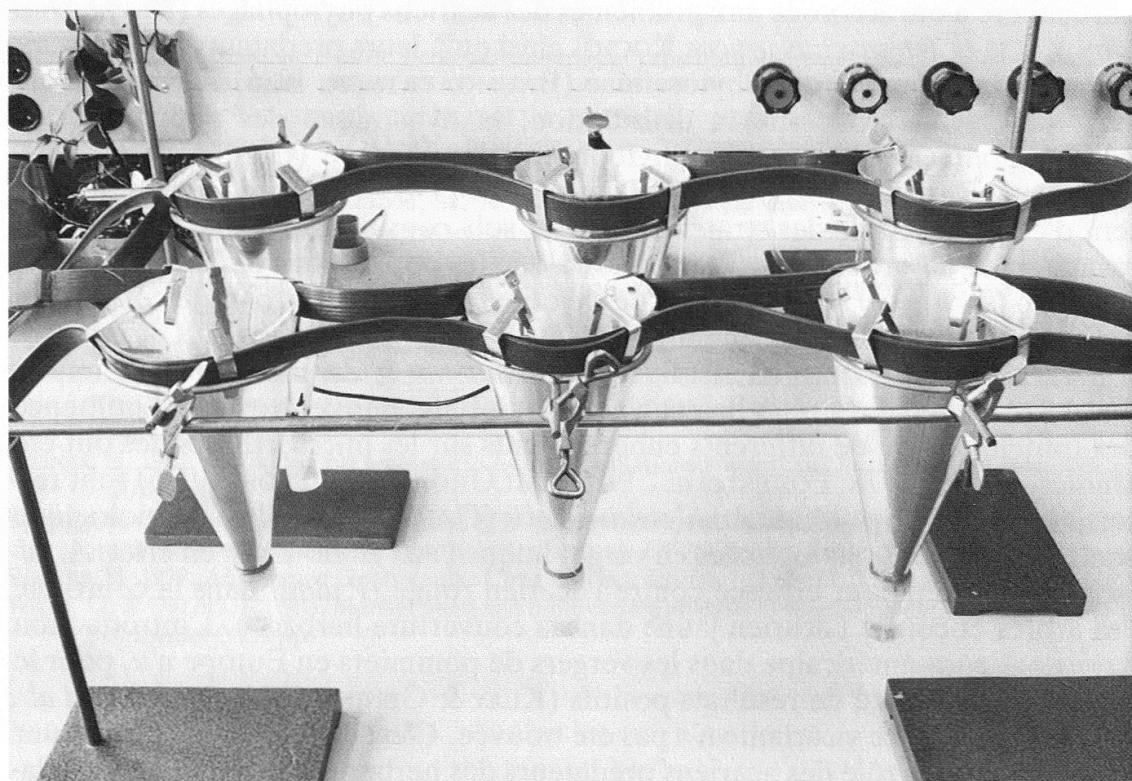


Fig. 1. Appareil de Berlese à bandes chauffantes modifié par BAILLOD pour l'extraction de la faune des écorces et de la végétation.

## *Prélèvements*

Trois types de sondes sont utilisées: 5,9 cm diamètre-ronde; 9,4 cm diamètre-ronde; 20 cm de côté-carrée. Les deux premières sondes permettent de récolter le sol à une profondeur de 5 cm, tandis que le prélèvement en carré consiste à racler le sol jusqu'à une profondeur approximative de 2,5 cm. Les prélevements ont été effectués dans l'interligne à raison de 8 pour chaque type de sonde et chaque bloc. Les deux niveaux (herbes et sol) n'ont pas été séparés afin d'avoir des données d'extractions globales. Les prélevements ont été effectués les 1er mai, 1er juillet et le 12 octobre 1981.

## *Extraction*

Deux méthodes d'extraction ont été employées et comparées: l'extraction par l'appareil «Macfadyen» modifié par BIERI *et al.* (1978) et l'extraction par l'entonnoir de Berlese, modifié par BAILLOD (non publié). Cette dernière méthode consiste à utiliser des entonnoirs d'aluminium dont le cône est assez fermé (17 cm de diamètre; 30 cm de longueur). Le matériel est déposé sur un treillis posé au milieu de l'entonnoir. Un ruban chauffant (25 mm de largeur et 420 W) entoure le plus grand diamètre d'ouverture du cône. Les microarthropodes fuient vers le bas du fait de la dessication provoquée par l'élévation de la température du ruban (fig. 1). L'appareil de BIERI *et al.* (1978) a été conçu pour une extraction optimale de la faune du sol, alors que celui de BAILLOD (non publié) est plus spécialement adapté à l'extraction des acariens des écorces et de la végétation. Ces deux méthodes ont été comparées pour estimer laquelle pouvait fournir un maximum de faune soit de la couverture végétale, soit du sol. Le but était d'évaluer avec précision les éventuels mouvements verticaux de la microfaune au cours des saisons.

## *Méthodes d'analyses statistiques*

Parmi les microarthropodes récoltés dans ce travail préliminaire, six groupes ont été choisis pour l'analyse statistique, retenus autant pour leur rôle fonctionnel (phytopophage, prédateur, détritivore) dans l'écosystème, que pour leur entité systématique. Il s'agit de la famille des Tetranychidae, de la superfamille des Eupodoidea, des ordres des Collembola, Oribatida et Gamasida et du sous-ordre des Aphidina.

## *Analyse de la distribution spatiale*

Pour estimer le degré d'agrégation des animaux, la première méthode utilisée est celle de TAYLOR (1961) exprimée par la relation:

$$s_i^2 = a \cdot m_i^b \quad (1)$$

où:  $m_i$  = moyenne des individus par groupe et par bloc i

$s_i^2$  = variance entre les individus d'un groupe par bloc i

a, b = constantes

Le coefficient a dépend de la technique d'échantillonnage et du biotope et b représente un indice d'agrégation de l'espèce (TAYLOR, 1961). Les valeurs de  $s_i^2$  et  $m_i$  sont représentées sur des graphiques en échelle logarithmique et les coefficients a, b sont estimés par régression linéaire ou selon la relation (SOUTHWOOD, 1978)

$$\log s_i^2 = \log a + b \cdot \log m_i \quad (2)$$

La deuxième méthode utilisée, celle d'IWAO & KUNO (1968), se base sur la détermination de l'indice d'encombrement moyen  $\bar{x}$  (mean crowding de LLOYD, 1967) qui est fonction de  $m$  selon la relation:

$$\bar{x} = \alpha + \beta \cdot m_i \quad (3)$$

où:  $m_i$  = moyenne des individus par groupe et par bloc  $i$

$\alpha$  = l'indice de contagion de l'espèce

$\beta$  = coefficient de distribution des colonies

En se basant sur cette relation, IWAO (1977) a établi différents modèles de répartition des organismes, ainsi que des méthodes d'échantillonnage appropriées. Comme le modèle est plus restrictif que l'équation (1) (TAYLOR *et al.*, 1979), quelques densités extrêmes dans l'estimation des paramètres de l'équation (2) ont été éliminées, ainsi que dans l'analyse de variance. L'analyse de variance a été utilisée pour tester l'homogénéité de la faune des quatre blocs, ainsi que les différences d'extraction entre les deux appareils pour l'ensemble des microarthropodes. La fonction  $f(x)$  d'IWAO & KUNO (1968, 1971) est basée sur la régression linéaire entre  $\bar{x}$  et  $m$  et stabilise la variance pour l'ensemble des données ( $x$ ):

$$f(x) = \ln \left( \sqrt{\frac{\beta-1}{\alpha+1}}x + \sqrt{\frac{\beta-1}{\alpha+1}}x + 1 \right) \quad (4)$$

à l'exception des valeurs où  $\alpha < 1$  (Gamasida récoltés par carré de 20 cm) pour lesquelles le modèle d'IWAO & KUNO (1968) n'est pas valable. La précision relative (RNP de RUESINK, 1980) analyse la relation entre la taille optimale de l'échantillon, le coût du travail et le nombre des animaux obtenus:

$$RNP = \frac{100}{RV \cdot C_s} \quad (5)$$

où RV représente la variation relative, soit l'erreur standard par rapport à la moyenne. Dans l'équation, le coût du travail ( $C_s$ ) a été estimé d'une façon approximative en fonction de la surface de sonde, comme suit: sonde de 5,9 cm, surface de 26,42 cm;  $C_s = 1$ ; sonde de 9,4 cm, surface de 69,4 cm;  $C_s = 3$ ; sonde de 20 cm, surface de 400 cm;  $C_s = 15$ .

Le RNP est donc inversément proportionnel à la variation relative et au coût de l'échantillonnage. Cette méthode reste très approximative parce que le coût ne dépend que du temps nécessaire au tri du matériel dont l'abondance est directement liée à la surface du prélèvement.

#### *Nombre optimal d'échantillons*

Le nombre optimal d'échantillons est un point important à déterminer dans la mise en route d'un protocole d'échantillonnage. Le nombre d'animaux dépend essentiellement de leur distribution spatiale et notamment de leur indice d'agrégation. A l'instar de WILSON & ROOM (1983), l'équation de KARANDINOS (1976) a été préférée dans laquelle la formule de TAYLOR (1961, équation 1), caractérisant la distribution de l'espèce peut être introduite. Dans l'équation de KARANDINOS (1976), soit:

$$N = \frac{t^2}{D^2} \cdot s^2 \cdot m^{-2} \quad (6)$$

où:  $N$  = nombre optimal d'échantillons  
 $m$  = moyenne des animaux dans l'échantillon  
 $s^2$  = variance entre les animaux des échantillons  
 $D$  = niveau de précision défini par rapport à la moyenne ( $D = 0,25$ )  
 $t$  =  $t$  de Student pour un niveau de probabilité statistique d'erreur ( $P$ ) de 0,2 ( $t = 1,28$ )

Dans cette équation  $s^2$  est remplacé par son expression tirée de la relation de TAYLOR (1961), équation (1), soit  $a \cdot m^b$  et on obtient:

$$N = \frac{t^2}{D^2} \cdot a \cdot m^{b-2} \quad (7)$$

Dans le présent travail, les valeurs des trois prélèvements (mai, août, octobre) ont été combinées et  $N$  calculé pour l'ensemble du verger.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### *Analyse de la distribution spatiale*

L'objectif de cette étude consiste à mieux comprendre la dynamique des groupes importants d'arthropodes vivant dans la couverture végétale et dans le sol d'un verger de pommier. Pour ce travail, il faut notamment une technique de prélèvement fiable. Les résultats dépendent principalement de la distribution spatiale des individus, problème qui a fait l'objet de nombreuses recherches (TAYLOR, 1961; USHER, 1971; TAYLOR *et al.*, 1979; ATHIAS-BINCHE, 1981; TAYLOR & WOIWOD, 1982). Les formules utilisées pour analyser la distribution spatiale (TAYLOR, 1961; IWAO & KUNO, 1971) des animaux ont été employées surtout au niveau spécifique. Dans le présent article, la loi de TAYLOR (1961) et la méthode d'IWAO & KUNO (1968, 1971) sont utilisés pour nous donner des indications sur la distribution des six groupes de microarthropodes hétérogènes du point de vue spécifique mais ayant une homogénéité écologique. Cette approche était nécessaire dans une étude préliminaire et globale de la microfaune du verger, tandis que le dépouillement spécifique fera l'objet de travaux ultérieurs dans lesquels une nouvelle analyse de la distribution des microarthropodes est envisagée.

En ce qui concerne la distribution spatiale des groupes étudiés et récoltés dans les trois sondes, le modèle de TAYLOR (1961) montre que la distribution est plutôt contagieuse. Les relations entre logarithme de la variance et logarithme de la moyenne sont illustrées aux fig. 1 à 6 et les paramètres  $a$  et  $b$  présentés dans le tabl. 1. TAYLOR & WOIWOD (1982) ont remarqué l'influence de la taille de l'échantillon sur le paramètre  $a$ . Les données du tabl. 1 montrent que la surface de prélèvement influence surtout les résultats obtenus chez les tétranyques, les collemboles et les oribates. Dans ces résultats, cette influence est irrégulière; d'après le prof. L. T. WILSON (University of California, Davis, USA, comm. pers.), les deux facteurs  $a$  et  $b$  doivent être pris en considération dans l'interprétation d'une agrégation.

L'autre méthode d'analyse de la distribution des animaux (IWAO & KUNO, 1968, 1971) confirme que la distribution est contagieuse. D'après les valeurs du tabl. 1 et d'après les fig. 1 à 6, les microarthropodes ont une distribution plus ou moins en agrégats. L'ordonnée à l'origine  $\alpha$  (ou indice de contagion de l'espèce) donne des informations sur la composition de la population, tandis que la pente  $\beta$  ou coefficient de distribution montre le type de distribution des colonies. Le

Tabl. 1. Estimation des paramètres ( $a$ ,  $b$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) pour différents modèles: loi de TAYLOR (1961), équation; loi d'IWAO et KUNO (1968), équation 2, employés pour l'analyse de la distribution des microarthropodes et la comparaison des 3 dimensions de sondes (diamètre-ronde: 5,9 cm et 9,4 cm; côté-carée: 20 cm); RNP = précision relative nette de RUESINK (1980), équation 5.

Groupes de mi- croarthropodes	Sonde	Modèles de distribution				Précision re- lative nette de RUESINK (1980)
		Loi de Taylor (1961)		Indice d'encombre- ment moyen d'IWAO et KUNO (1968)	$\beta$	
		$a$	$b$	$\alpha$	$\beta$	RNP
Tetranychidae	5.9	2.29	1.55	0.07	2.32	1.22
	9.4	1.90	1.43	-0.42	2.75	0.31
	20.0	2.23	1.71	0.34	2.16	0.08
Collembola	5.9	2.26	1.44	3.77	1.28	2.62
	9.4	0.77	1.80	4.90	1.39	1.08
	20.0	1.07	1.91	21.84	1.46	0.12
Oribatidae	5.9	1.90	1.74	-0.35	2.48	1.86
	9.4	2.11	1.79	6.23	1.97	0.51
	20.0	1.38	1.96	8.48	2.64	0.09
Aphidina	5.9	2.85	1.71	0.24	2.65	1.28
	9.4	2.86	1.69	4.13	1.92	0.38
	20.0	2.84	1.60	3.80	1.67	0.08
Eupodoidea	5.9	1.88	1.42	1.16	1.32	2.41
	9.4	1.96	1.62	2.86	1.56	0.61
	20.0	1.76	1.72	3.93	1.86	0.15
Gamasida	5.9	1.61	1.43	0.91	1.38	2.37
	9.4	0.98	1.78	1.54	1.46	0.67
	20.0	0.12	2.80	-5.75	2.53	0.15

coefficients de distribution des colonies ( $\beta$ ) reste pratiquement le même pour toutes les sondes employées, les microarthropodes ayant une distribution contagieuse ( $\alpha < 0$ ;  $\beta > 1$ ; IWAO, 1977). Les cas (Tetranychidae, Aphidina, Oribatida, sonde 5,9 cm) où  $\alpha$  prend une valeur très proche de zéro (-0,35 à 0,33) mais  $\beta > 1$  sont caractéristiques d'une distribution d'individus isolés ayant une tendance agrégative (IWAO, 1977). Les valeurs de l'indice  $\alpha$  pour les pucerons et les oribates correspondent à celles trouvées dans la littérature (IWAO & KUNO, 1971; IWAO, 1977; GUTIERREZ *et al.*, 1980; BAUMGAERTNER *et al.*, 1983). Dans le cas des collemboles, des oribates et des eupodes, la valeur de l'indice de contagion  $\alpha$  augmente avec la taille de l'échantillon. Cette relation entre l'indice de contagion et la taille de l'échantillon a été démontrée notamment par IWAO (1977) chez des populations à distribution très contagieuse. Dans ce cas, l'indice de contagion des tétranyques pour la sonde de 9,4 cm est légèrement négatif ( $\alpha = -0,42$ ). Ce résultat pourrait s'expliquer par une distribution en agrégats dans lesquels les individus sont peu abondants. Dans ce cas, l'influence de la couche herbacée, composée de graminées ou dicotylédones, semble avoir un rôle prépondérant dans l'éta-

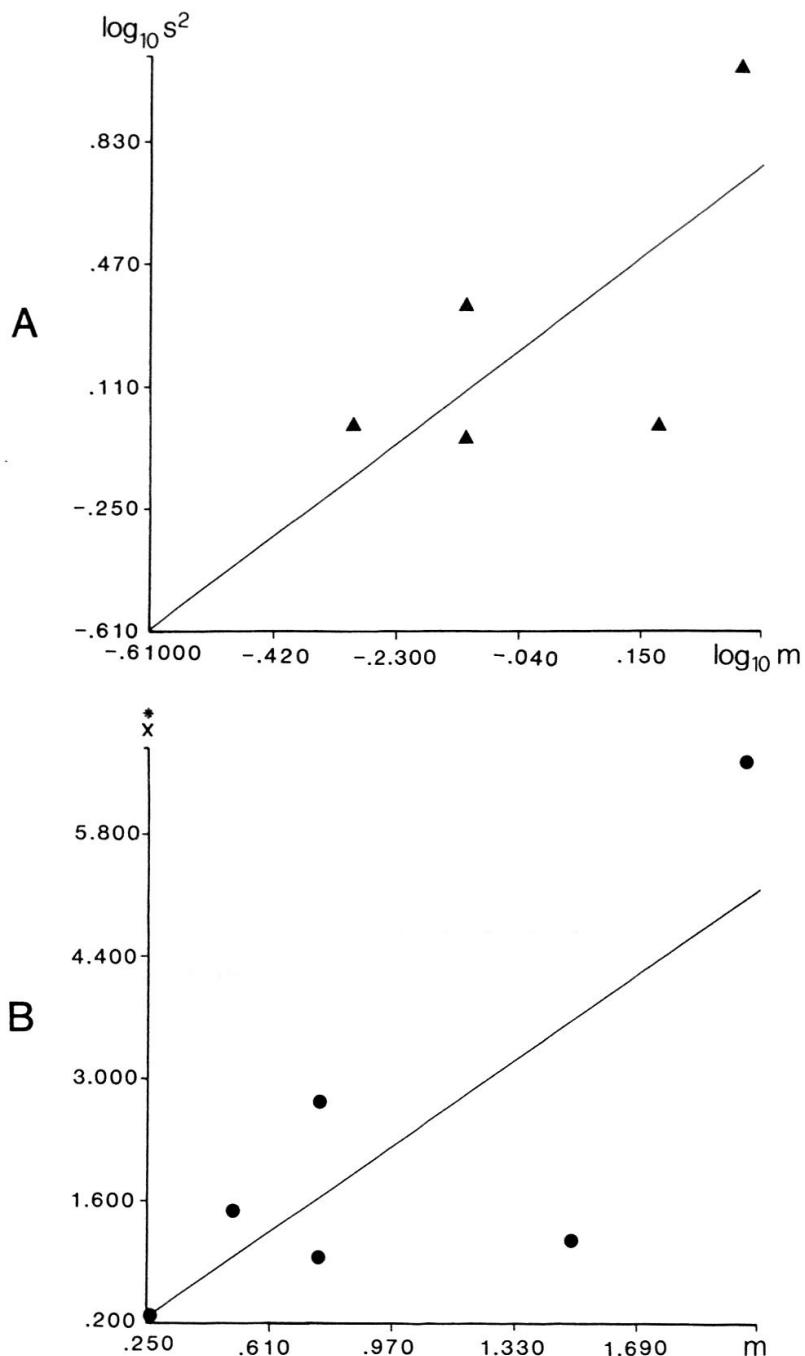


Fig. 2. Distribution spatiale des Tetranychidae, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø. A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction du log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B: Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\hat{x}$ ) en fonction de la densité moyenne ( $m$ ).

bissement des colonies; les tétranyques colonisent de préférence les dicotylédones à grandes feuilles.

#### *Homogénéité du verger et méthodes d'extraction*

Homogénéité de la faune du verger a été testée par analyse de variance (ZAR, 1974; tabl. 2) des résultats des quatre blocs; en général, la faune est homo-

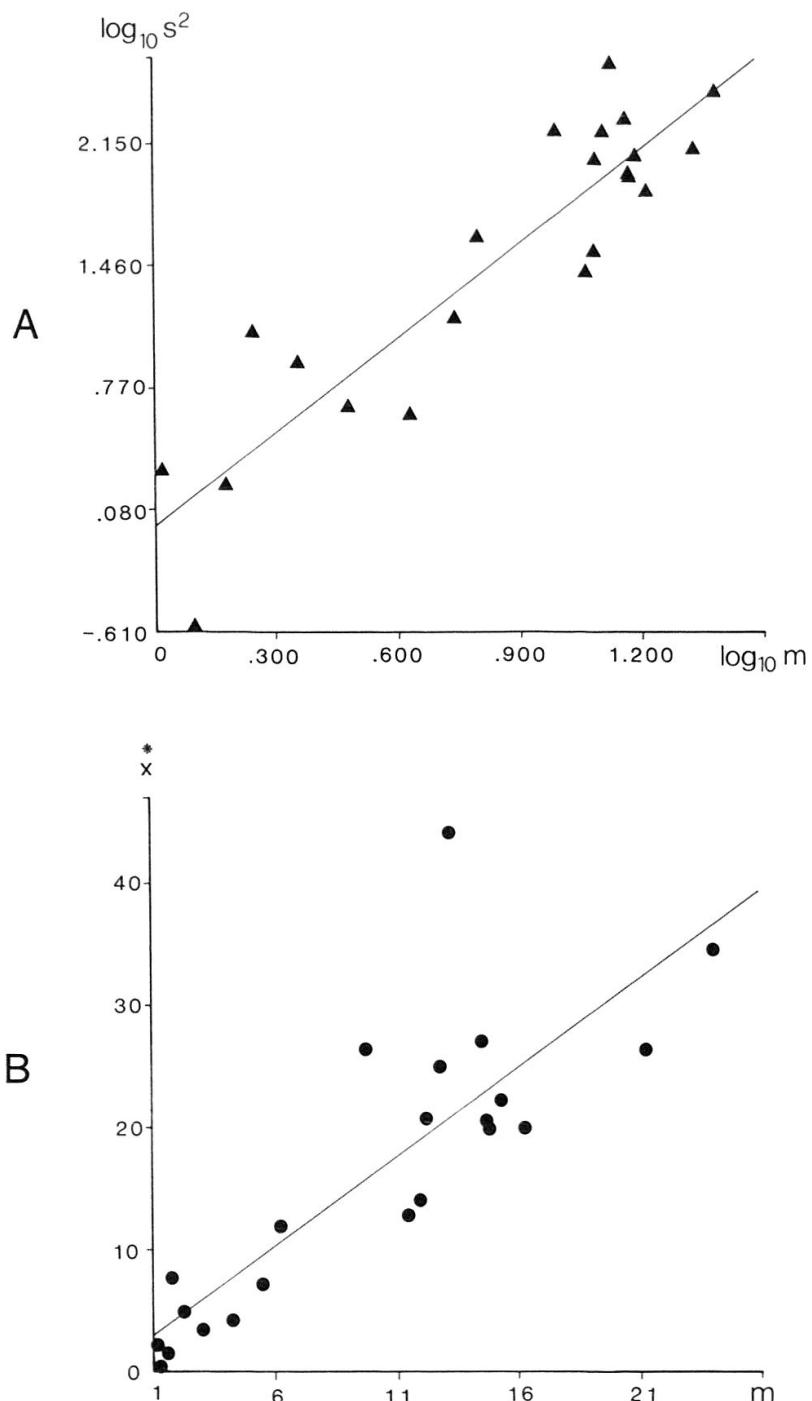


Fig. 3. Distribution spatiale des Gamasida, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø. A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction du log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B: Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\hat{x}$ ) en fonction de la densité moyenne (m).

gène dans l'interligne à l'exception de 8 cas sur 54 où les différences sont significatives. Sur ces 8 cas, 6 concernent les oribates et les collemboles, groupes dont l'étude ne constitue pas l'objectif principal de cette recherche. Les valeurs significatives dans le cas des oribates et collemboles sont difficiles à interpréter, car on

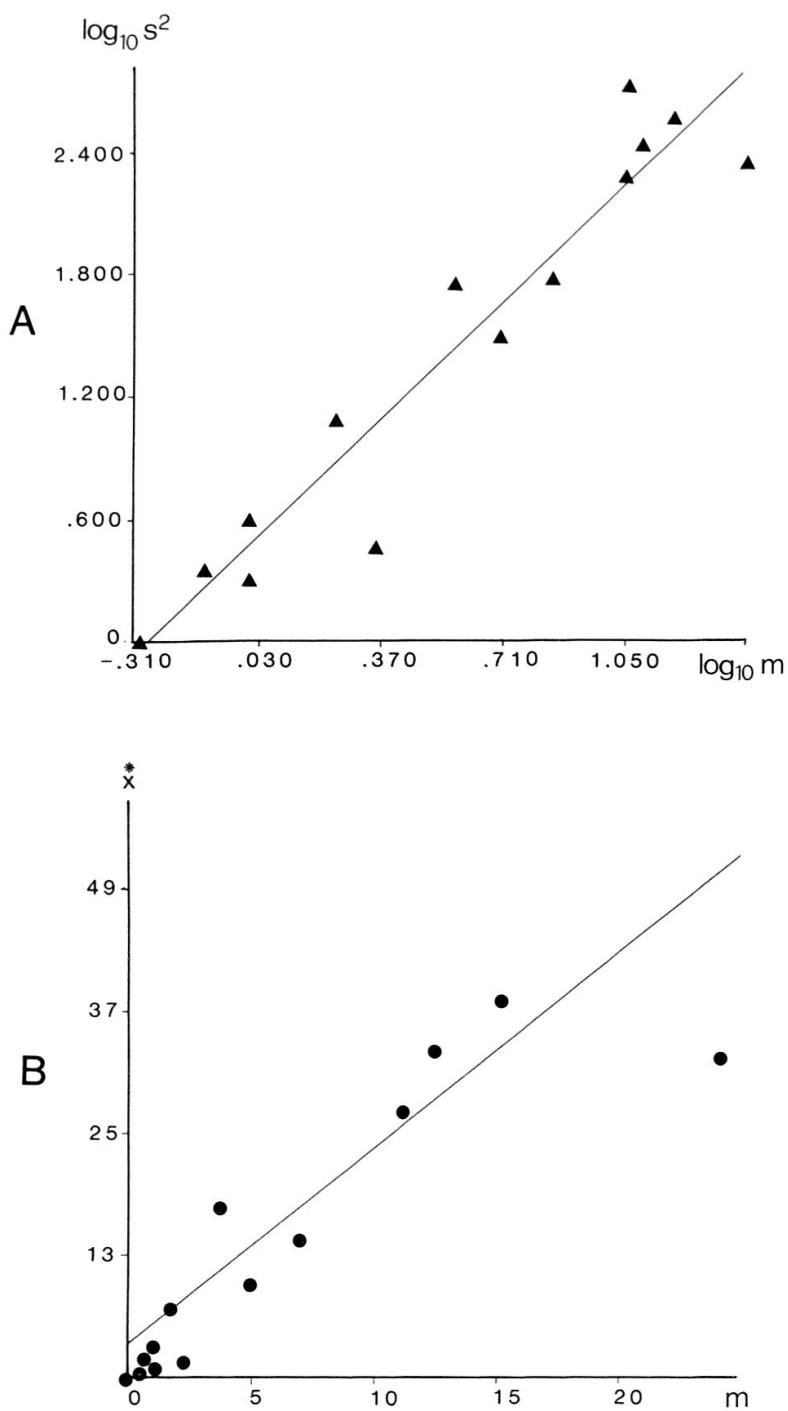


Fig. 4. Distribution spatiale des Aphidina, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø.  
A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction du log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B. Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\hat{x}$ ) en fonction de la densité moyenne (m).

ne peut pas se rendre compte si elles sont dépendantes des sources de nourritures, de la taille des agrégats ou du mélange herbe-sol dans les relevés. Pour les tétranyques, la seule valeur significative de la variance semble liée à des facteurs aléatoires comme la répartition de la végétation. Le dernier cas significatif qui

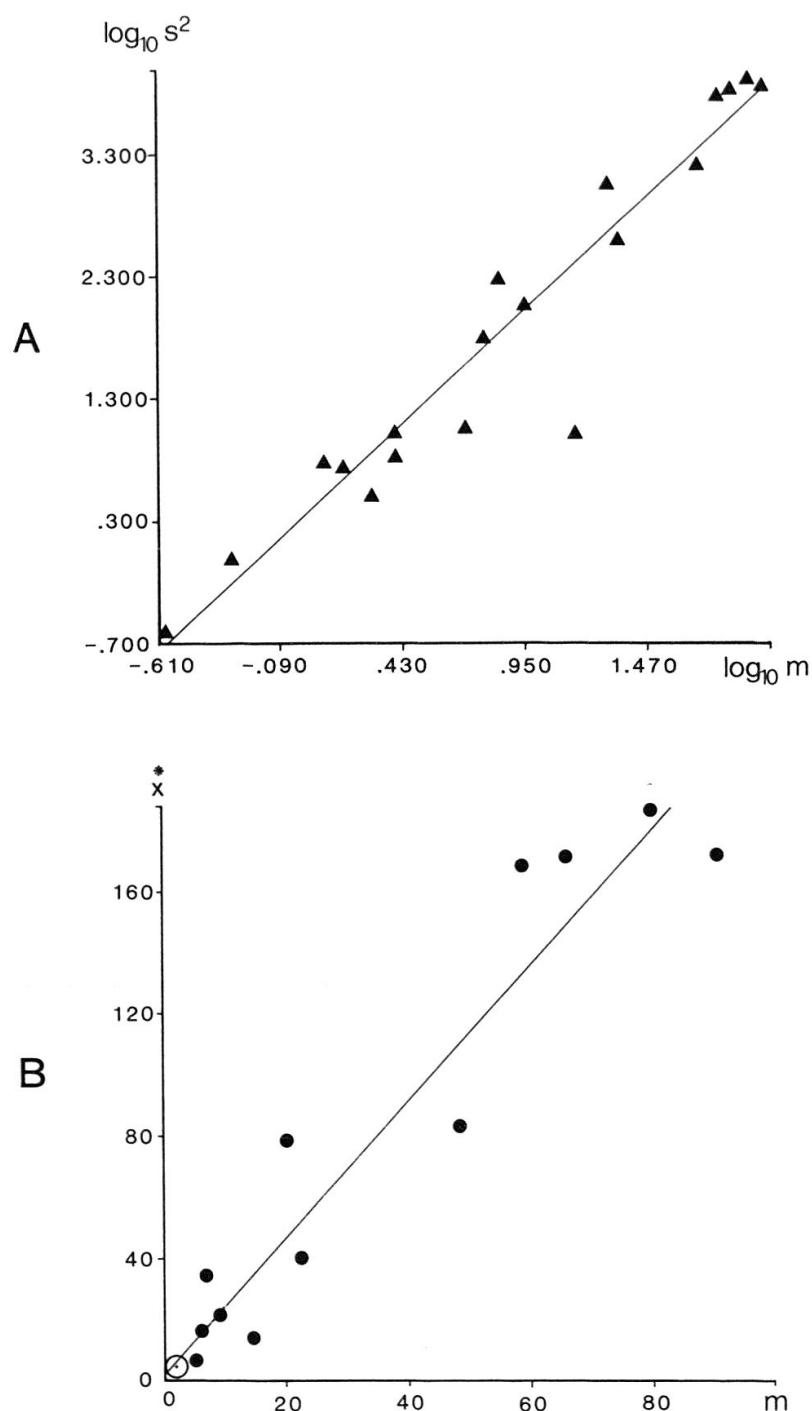


Fig. 5. Distribution spatiale des Oribatida, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø. A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction de log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B: Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\hat{x}$ ) en fonction de la densité moyenne ( $m$ ),  $\odot$  représente un ensemble de 6 points.

concerne les gamases ne trouve pas d'explication plausible. Malgré l'homogénéité de la faune du verger, il a été décidé de maintenir le dispositif en quatre blocs car les études futures seront conduites sur la ligne; ce dispositif donne entre autres la garantie de déceler des différences éventuelles liées à des facteurs insoupçonnés.

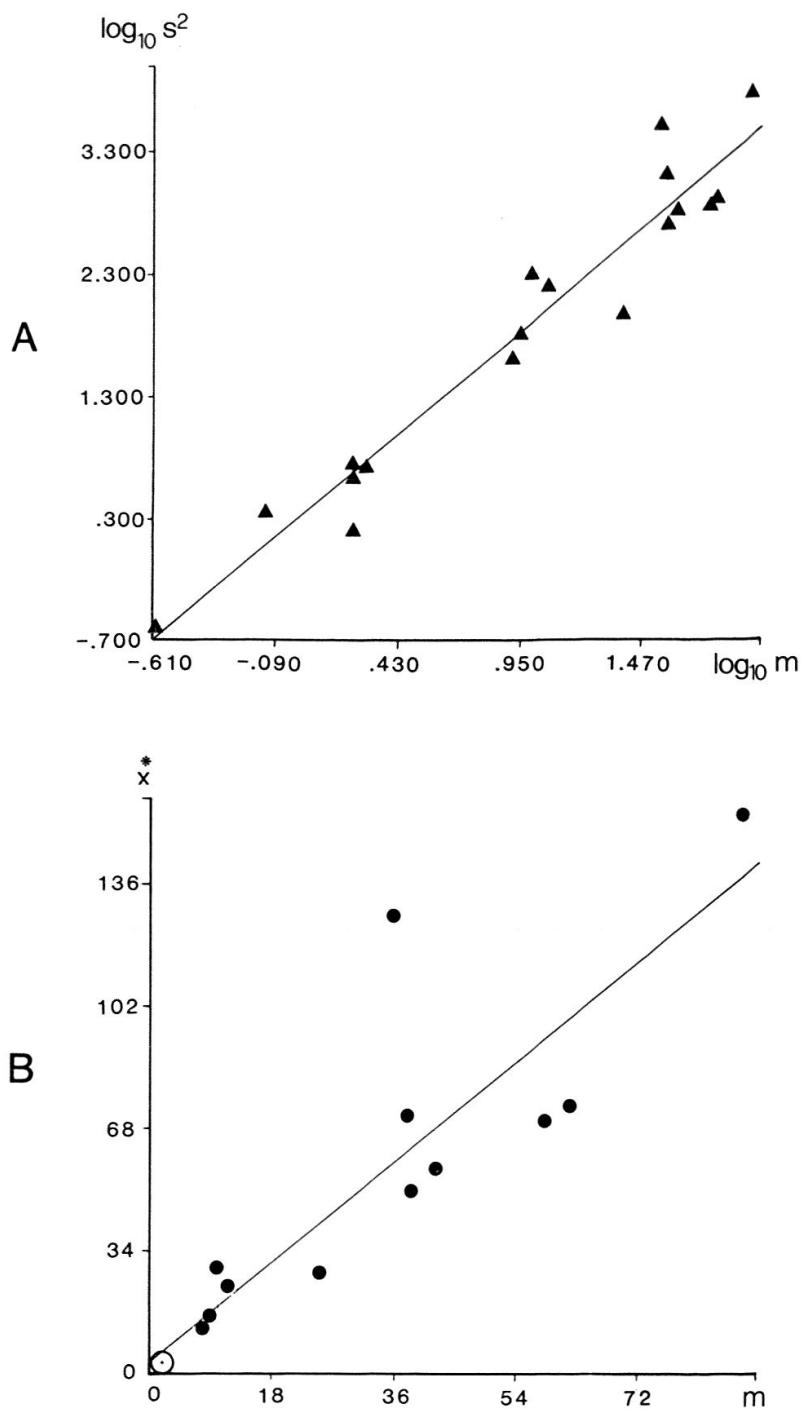


Fig. 6. Distribution spatiale des Eupodoidea, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø. A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction du log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B: Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\bar{x}$ ) en fonction de la densité ( $m$ ),  $\odot$  représente un ensemble de 6 points.

Le deuxième but poursuivi par l'analyse de variance est la comparaison du nombre optimal des animaux obtenus par les deux extracteurs utilisés. L'appareil «Macfadyen», modifié par BIERI *et al.* (1978), est reconnu comme l'un des meilleurs en milieu édaphique car son pouvoir d'extraction de la faune du sol atteint

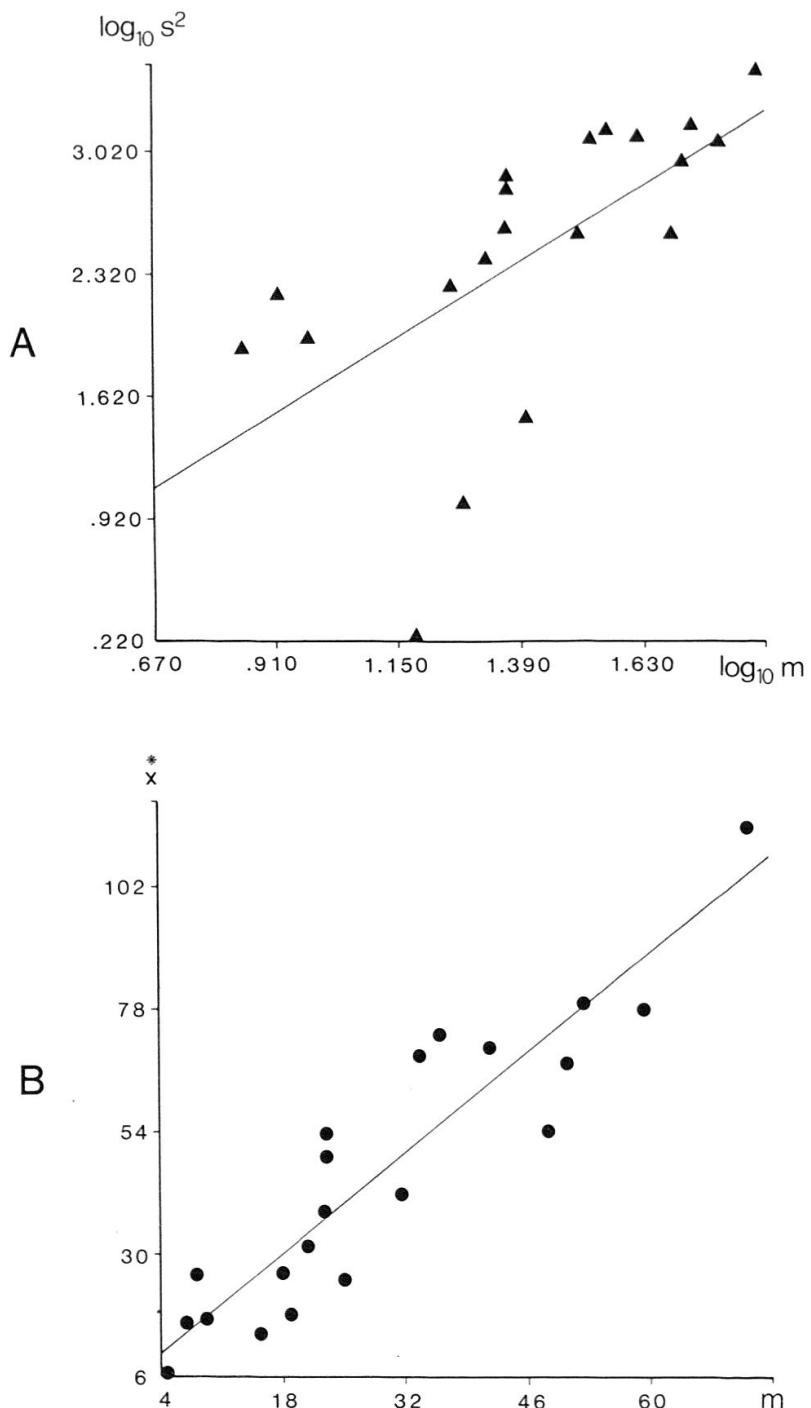


Fig. 7. Distribution spatiale des Collembola, ensemble des résultats obtenus avec la sonde de 9,4 cm Ø. A: Loi de TAYLOR (1961): log. de la variance ( $\log_{10}s^2$ ) en fonction du log. de la densité moyenne ( $\log_{10}m$ ). B: Loi d'IWAO & KUNO (1968): l'indice d'encombrement moyen ( $\hat{x}$ ) en fonction de la densité moyenne ( $m$ ).

95% (BIERI *et al.*, 1978). Il faut donc tester cet appareil pour la faune des graminées et des mauvaises herbes. Par contre, l'extracteur «Berlese», à bandes chauffantes, a été réalisé par BAILLOD (non publié) pour obtenir un maximum d'acariens phytophages de végétation; des données précises quant à son efficacité sur

Tabl. 2. Analyse de variance pour l'ensemble des données des principaux groupes de microarthropodes (D = date; s = type de sonde avec dimension (diamètre-ronde: 5,9 cm et 9,4 cm; côté-carré: 20 cm); Tetranych = tetranychidae; sig F = seuil de signification; A: homogénéité de la faune entre les quatre blocs du verger; B: comparaison entre les deux types d'appareil d'extraction; C: interaction entre l'extraction (B) et la faune des blocs du verger (A); Date 1: le 1er mai; date 2: le 1er juillet; date 3: le 12 octobre). Les valeurs significatives sont indiquées ( $P < 0,05$ ); m = moyenne par surface de la sonde de 9,4 cm.

D	Sonde	S	Tetranych		Aphidina		Collembola		Oribatida		Eupodoidea		Gamasida	
			m	sig F	m	sig F	m	sig F	m	sig F	m	sig F	m	sig F
1	5.9	A	-		0.54		0.44		.001*		0.23		0.33	
		B	0.0	-	0.3	0.66	5.3	0.82	1.3	0.04*	0.5	0.002*	1.0	0.53
		C	-		0.31		0.36		0.18		0.22		0.39	
2	9.4	A	0.58		0.41		0.03*		.001*		0.55		0.18	
		B	.06	0.17	0.1	0.33	19.4	0.01*	3.6	0.04*	2.5	0.001*	3.0	0.24
		C	0.58		0.41		0.78		.001*		0.55		0.52	
3	20.0	A	0.41		0.41		0.02*		0.87		0.86		.002*	
		B	.03	0.33	.03	0.33	33.5	0.34	5.4	0.62	2.6	0.001*	11.8	0.27
		C	0.41		0.41		0.34		0.02*		0.86		0.18	
1	5.9	A	0.36		0.31		.003*		0.12		0.18		0.12	
		B	0.5	0.02*	3.8	0.50	33.0	0.38	15.4	0.87	19.2	0.02*	7.4	0.03*
		C	0.17		0.01*		.001*		0.05		0.63		0.70	
2	9.4	A	0.06		0.50		0.48		0.71		0.31		0.21	
		B	0.2	0.06	21.0	0.32	87.8	0.14	44.8	0.18	48.5	0.96	14.5	0.01*
		C	0.01*		0.76		.001*		.004*		0.68		0.04	
3	20.0	A	0.14		0.61		0.61		0.06		0.12		0.19	
		B	3.9	0.96	11.4	0.49	54.9	0.15	195.	0.09	67.3	0.004*	22.6	0.001*
		C	0.07		0.57		0.62		.001*		0.09		0.17	
1	5.9	A	0.54		0.65		0.25		0.05		0.73		0.74	
		B	0.5	0.26	3.4	0.64	10.8	0.47	7.8	0.92	0.3	0.81	7.5	0.88
		C	0.76		0.75		0.95		0.64		0.09		0.81	
2	9.4	A	0.29		0.92		0.08		.001*		0.06		0.77	
		B	0.8	0.66	8.1	0.48	37.0	0.14	24.7	0.66	2.3	0.07	14.2	0.07
		C	0.81		0.83		0.84		0.64		0.22		0.91	
3	20.0	A	0.01*		0.59		0.41		0.05		0.72		0.56	
		B	6.0	0.54	9.0	0.83	127.	0.48	106.	0.62	2.0	0.89	24.6	0.02*
		C	0.30		0.71		0.84		0.64		0.01*		0.75	

la faune du sol manquent encore. Les chiffres du tabl. 2 montrent que 13 cas sur 54 présentent des différences significatives: ( $P < 0,05$ ); parmi ces 13 cas un seulement concerne les phytophages.

D'autres valeurs significatives apparaissent pour les oribates, eupodes et gammes aux mois de mai et juillet. Les extractions du mois d'octobre ne présentent qu'une valeur dont la différence est significative (Eupodoidea, carré de 20 cm). Pour la suite des recherches, l'extracteur «Macfadyen» (BIERI *et al.*, 1978) a été préféré, car il y a une plus grande capacité d'extraction (96 places); son efficacité

pour obtenir un nombre optimal d'individus de la faune du sol est reconnue et il ne s'est pas révélé moins efficace que l'extracteur «BAILLOD» pour les phytophages.

#### *Taille de l'échantillon et précision relative (RNP)*

La taille et la forme d'un prélèvement sont essentielles pour une bonne estimation de la densité de l'ensemble de la faune recherchée. Le problème n'est pas si facile à résoudre, car un «bon échantillon» doit avoir les qualités suivantes: la taille doit être adaptée aux dimensions des animaux, ainsi qu'au territoire occupé par les individus donc à leur distribution. La taille du relevé doit pouvoir assurer un compromis entre la variance et le coût du travail d'extraction et de tri. Enfin, la taille de l'échantillon dépend aussi de l'instrument de prélèvement qui doit être facilement maniable sur le terrain (SOUTHWOOD, 1978).

Il faut mentionner que très peu de travaux ont abordé le sujet de la corrélation entre les microarthropodes du sol et la taille des échantillons. Un des plus détaillés reste celui de CANCELA DA FONSECA *et al.* (1967) qui se réfère surtout à la répartition des oribates et des collemboles. Ces auteurs trouvent que «les petits prélèvements (5 cm Ø, 20 m<sup>2</sup> surface) semblent les plus pratiques. Cependant, pour les études écologiques, les prélèvements 10 × 10 × 2,5 cm semblent être les plus efficaces: le nombre des espèces est optimal et la densité des individus est maximale». Dans une étude préliminaire sur l'évaluation de la taille optimale des prélèvements d'acariens du sol, BIERI *et al.* (1983) arrivent à la conclusion que la taille de la sonde doit être adaptée au groupe taxonomique et à sa densité. Pour l'ensemble des gamases, celle de 5,9 cm de diamètre et de 10 cm de profondeur semblerait la meilleure; par contre, pour certains gamases (Veigaiidae, Parasitidae), ainsi que pour les Eupodidae, celle de 9,4 cm de diamètre et de 5 cm de profondeur est plus efficace. McGROARTY & CROFT (1975) ont reconnu l'avantage des sondes à surface plus grande que 20 cm<sup>2</sup> pour prélever les acariens jaunes et leurs prédateurs: la plus utilisée a un diamètre de 6 pouces (15, 24 cm).

Les prélèvements dont les valeurs du RNP sont les plus élevées se révèlent statistiquement les plus rationnels. D'après les valeurs du tabl. 1, la meilleure sonde pour l'ensemble de la faune est celle de 5,9 cm de diamètre qui a les valeurs de la précision relative les plus élevées. Le carré de 20 cm est exclu à cause des valeurs très basses de la précision relative. Dans le choix de la taille du prélèvement, les avantages pratiques, biologiques et statistiques prennent la même importance (SOUTHWOOD, 1978).

Dans l'échantillonnage préliminaire, les deux niveaux du prélèvement (herbe-sol) n'ont pas été séparés. Il est possible qu'un mouvement de microarthropodes existe entre le sol superficiel et la couverture herbacée. Dans un premier temps, l'herbe et le sol ont été récoltés comme une seule unité et la densité absolue estimée; mais les travaux suivants sur la dynamique des populations projettent de séparer les deux niveaux pour avoir une bonne appréciation de la faune existante. Sur le terrain, la sonde de 5,9 cm était difficilement maniable quand il s'agissait de prélever la faune de certaines herbes (*Taraxacum*, *Plantago*): des moitiés de feuilles ou même des feuilles entières étaient coupées. En plus, les mains du manipulateur touchaient trop la végétation. Les difficultés d'échantillonnage de la végétation avec la sonde de 5,9 cm, liées à la nécessité de séparer les deux niveaux, ont conduit finalement au choix de la sonde de 9,4 cm de diamètre qui assure aussi un meilleur prélèvement des prédateurs. Le choix de la sonde de

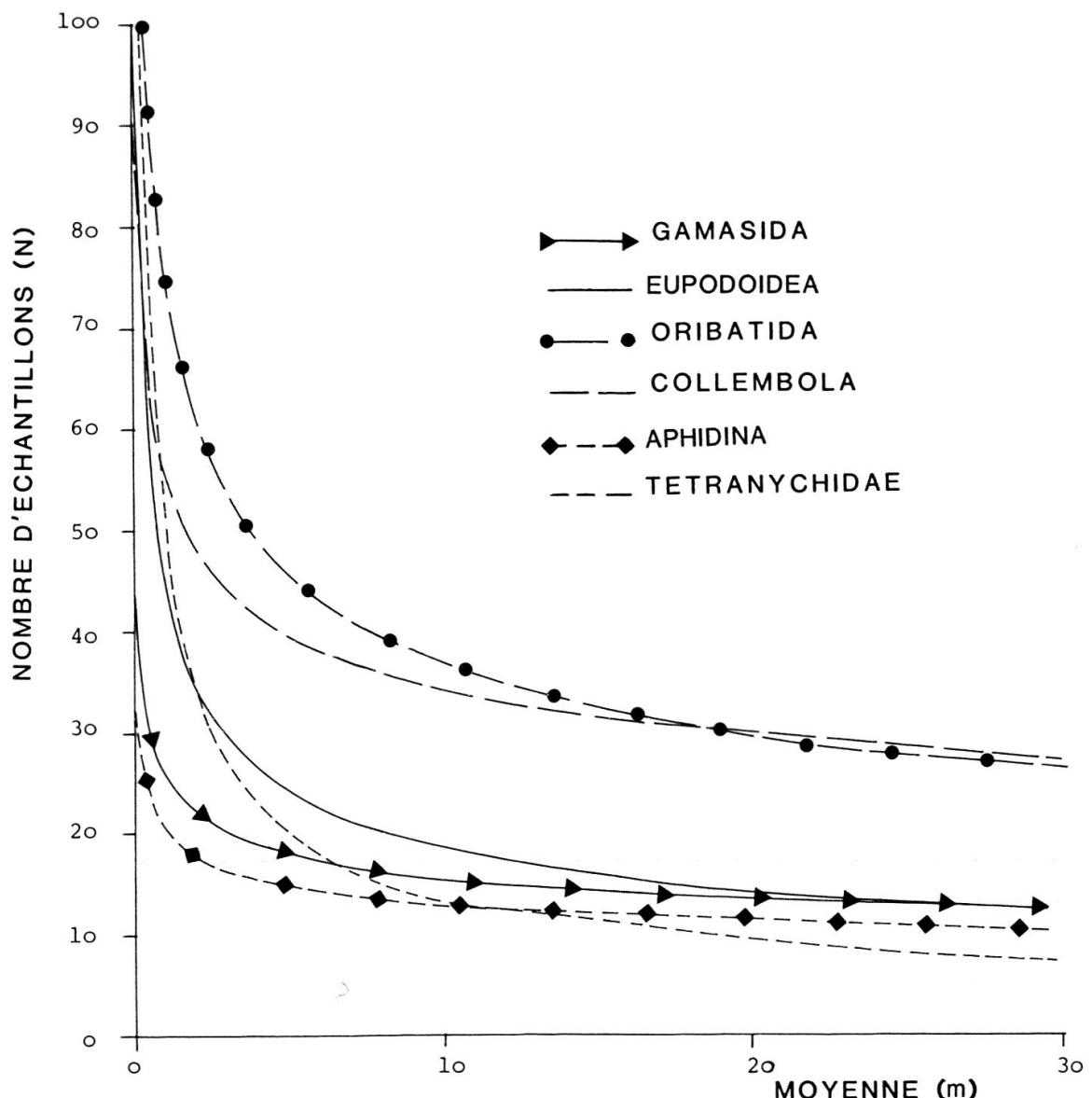


Fig. 8. Nombre optimal d'échantillons (N) en fonction de la densité moyenne (m) pour estimer la densité des individus des principaux groupes de microarthropodes avec une précision de 0,25 (rapport de la moyenne) et une probabilité statistique d'erreur (P) de 0,2.

9,4 cm se base aussi sur la remarque de SOUTHWOOD (1978): «... but as population density and hence variance, is always fluctuating, too much stress should not be placed on a precise determination of optimum size of the sampling unit».

#### *Nombre optimal d'échantillons*

Un autre aspect important du programme d'échantillonnage est de déterminer le nombre optimal de prélèvements nécessaires pour estimer la densité des populations des microarthropodes avec une précision déterminée. D'après de nombreux auteurs (KARANDINOS, 1976; ROBERTS *et al.*, 1981; WILSON & ROOM, 1983), ce nombre est lié à la distribution spatiale des organismes. L'estimation du

nombre optimal d'échantillons dépend de l'objectif du travail (SOUTHWOOD, 1978). Notre intérêt est dirigé plutôt sur l'étude de la distribution spatiale que sur une estimation précise de la densité moyenne. Dans ce cas, le niveau de précision porté dans l'équation 7 semble amplement suffisant. Il faut mentionner que l'échantillonnage préliminaire a été effectué dans l'interligne, endroit de grandes perturbations (mancœuvres, pratiques culturales, pesticides), fait qui explique partiellement la faible densité de certains phytophages (Tetranychidae, Aphidiina).

Pour tous les groupes, le nombre optimal d'échantillons diminue normalement avec l'augmentation de la densité (fig. 8). L'objectif principal de cette étude préliminaire est la recherche d'un nombre d'échantillons optimal pour les tétranyques et les gamases. Bien entendu, ce nombre d'échantillons devra aussi assurer l'extraction de la plupart des microarthropodes du sol et de la végétation avec une précision suffisante. D'autre part, l'appareil «Macfadyen» dispose de 96 extracteurs et, afin d'assurer les répétitions, on a estimé d'après les graphiques (fig. 8) que 16–20 échantillons par verger sont un nombre représentatif. En effet, la moyenne se stabilise à partir de 20 relevés, surtout chez les acariens prédateurs (Eupodoidea, Gamasida) et chez les phytophages.

## CONCLUSIONS

Les résultats préliminaires des recherches poursuivies dans l'interligne du verger sur la faune du sol et des mauvaises herbes ont abouti aux conclusions suivantes: malgré les interventions phytosanitaires, l'interligne représente un bon réservoir de microarthropodes dans un verger de type intensif. Les animaux ont une distribution contagieuse par des colonies ou agrégats plus ou moins nombreux. L'analyse de variance a démontré qu'il y a de très faibles différences entre la faune de quatre blocs du verger. L'appareil «Macfadyen» de BIERI *et al.* (1978) a été adopté pour son efficacité d'extraction aussi bien pour les organismes du sol que pour ceux des mauvaises herbes. La sonde de 9,4 cm de diamètre et une taille d'échantillons de 16 répétitions (4 par bloc) ont été choisies comme la méthode la plus équilibrée pour des études futures.

## RÉFÉRENCES

- ATHIAS-BINCHE, F. 1981. Ecologie des uropodides édaphiques (Arachnides Parasitiformes) de trois écosystèmes forestiers. 2 Stations d'études. Méthodes et techniques. Facteurs du Milieu. *Vie et Milieu* 31: 221–241.
- BAILLOD, M., ANTONIN, PH. & WANTZ, CL. 1980. Evaluation du risque dû à l'acarien rouge (*Panonychus ulmi* KOCH) et à l'acarien jaune commun (*Tetranychus urticae* KOCH) en vergers de pommiers. *Revue suisse Vitic., Arboric. & Hortic.* 12: 183–188.
- BALS, I., BAILLOD, M., & BAUMGAERTNER, J. 1983. Densité et distribution des acariens phytophages et prédateurs au niveau de la couverture végétale et du sol en vergers de pommiers. *Compte rendu des Journées sur la faune et flore auxiliaires en agriculture*. Acta, Paris, 368 pp.
- BAUMGAERTNER, J. 1985. Übersicht über die Analyse des Apfelbaumökosystems in der Schweiz. *Rech. agron. Suisse* 24: 27–44.
- BAUMGAERTNER, J. & ZAHNER, PH. 1984. Simulation experiments with stochastic population models as a tool to explore pest management strategies in an apple tree-mite system (*Panonychus ulmi* (Koch). *Tetranychus urticae* KOCH). In: CAVALLORO, R. (éd.). *Statistical and mathematical methods in population dynamics and pest control. Proc. meeting EC experts' group, Parma, 26–28.10.1983*. Balkema, Rotterdam, 243 pp.

- BAUMGAERTNER, J., BIERI, M. & DELUCCHI, V. 1983. Sampling *Acyrthosiphon pisum* HARRIS in pea fields. *Bull. Soc. Ent. Suisse* 56: 173–181.
- BIERI, M., COGOLI, F. & DELUCCHI, V. 1983. The evaluation of the optimum unit size for sampling soil mites. New Trends in Soil Biology. Proceedings of the VIII Int. Coll. of Soil Zoology. Univ. Cath., Louvain la Neuve, Belgique, pp. 650–652.
- BIERI, M., DELUCCHI, V. & LIENHARD, C. 1978. Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden. *Bull. Soc. Ent. Suisse* 51: 119–132.
- CANCELADA FONSECA, J. P., POINSOT, N. & VANNIER, G. 1967. Essai comparatif sur les microarthropodes et la taille des échantillons de sol. *Rev. Ecol. Biol. sol. t IV* 3: 331–355.
- FOREST, J., PILON, J. CR. & PARADIS, R. O. 1982. Acariens des vergers de pommiers du Sud-Ouest du Québec. *Ann. Soc. Ent. Québec* 27: 7–67.
- GENINI, M., KLAY, M., DELUCCHI, V., BAILLOD, M. & BAUMGAERTNER, J. 1983. Les espèces de Phytoseiides (Acarina, Phytoseiidae) dans les vergers de pommiers en Suisse. *Bull. Soc. Ent. Suisse* 56: 45–46.
- GUTIERREZ, A. P., SUMMERS, C. G. & BAUMGAERTNER, J. 1980. The phenology and distribution of aphids in California alfalfa as modified by ladybird beetle predation (Coleoptera: Coccinellidae). *Can. Ent.* 112: 489–495.
- IWAO, S. 1977. The  $\bar{m}$ - $m$  statistics as comprehensive method for analyzing spatial patterns of biological populations and its application to sampling problems. In: MORISITA, M. (éd.), studies on methods of estimating population density, biomass and productivity in terrestrial animals. *JIBP synthesis* 17: 21–46. Univ. Tokyo press.
- IWAO, S. & KUNO, E. 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.* 10: 210–214.
- IWAO, S. & KUNO, E. 1971. An approach to the analysis of aggregation pattern in biological populations. In: PATIL, G. P., PIELOU, E. C. & WATERS, W. E. (éds.), Spatial patterns and statistical distributions. Statistical ecology, vol. 1: 461–513, Pennsylvania State Univ. Press, University Park and London, 582 pp.
- KARANDINOS, M. G. 1976. Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bull. Ent. Soc. Amer.* 22: 417–421.
- KARG, W. 1978. Milben als Indikatoren zur Optimierung von Pflanzenschutzmassnahmen in Apfelflantensiananlagen. *Pedobiologia* 18: 415–425.
- KLAY, A. & GENINI, M. 1983. Essai d'implantation d'acariens prédateurs de la famille des Phytoseiides pour la lutte biologique contre l'acarien rouge *Panonychus ulmi* (Koch) en verger de pommier. *Bull. Soc. Ent. Suisse* 56: 211–212.
- LLOYD, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36: 1–30.
- MCGROARTY, D. & CROFT, B. 1975. Sampling populations of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in the ground cover of Michigan commercial apple orchards. *Proceedings North Central Branch. E. S. A.* 30: 49–52.
- ROBERTS, S. J., PAUSCH, R. D., BARNEY, R. J. & ARMBRUST, E. J. 1982. Effect of spatial distribution on determining the number of samples required to estimate populations of *Hypera postica*, *Sitona hispidulus* and *hypera punctata* for specified probability and accuracy levels. *Environ. Entomol.* 11: 444–451.
- RUESINK, W. G. 1980. Introduction to sampling theory. In: KOGAN, M. & HERZOG, D. C. (éds.), *Sampling methods in soybean entomology*, pp. 61–78, Springer Verlag, New York, 587 pp.
- SECHSER, B., THUELER, P. & BACHMANN, A. 1984. Développement de la population de l'acarien rouge et de ses prédateurs naturels sous de différents régimes de traitement pendant une période de cinq ans dans un verger dans la vallée du Rhône, Suisse. *Bull. SROP* 7: 47–51.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. 2nd edition. Chapman & Hall, New York, 524 pp.
- TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732–735.
- TAYLOR, L. R. & WOIWOD, I. P. 1982. Comparative synoptic dynamics. I Relationships between inter- and intra-specific spatial and temporal variance/mean population parameters. *J. Anim. Ecol.* 51: 879–906.
- TAYLOR, L. R., WOIWOD, I. P. & PERRY, J. N. 1979. The negative binomial as a dynamic ecological model for aggregation and the density dependence of k. *J. Anim. Ecol.* 48: 289–304.
- USHER, M. B. 1971. Properties of the aggregations of soil arthropods, particularly Mesostigmata (Acarina). *Oikos* 22: 43–49.
- WILSON, L. T. & ROOM, P. M. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* 12: 50–54.

- ZAHNER, PH. & BAUMGAERTNER, J. 1984. Sampling statistics for *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina, Tetranychidae) and *Tetranychus urticae* KOCH (Acarina, Tetranychidae) feeding on apple trees. *Res. Popul. Ecol.* 26: 97–112.
- ZAHNER, PH., BAUMGAERTNER, J., DELUCCHI, V. & GRAF, B. 1985. Distribution et échantillonnage des populations hivernantes de *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) sur pommiers. *Oecol. applic.* 6: 99–110.
- ZAR, H. J. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J., 620 pp.

(reçu le 1er décembre 1986)