

M. JERMINI, G. D'ADDA, J. BAUMGÄRTNER, G.C. LOZZIA, M. BAILLOD

### **Nombre des pièges englués nécessaires pour estimer la densité relative des populations de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball en vignoble**

**Résumé** - La densité et la distribution des formes immatures et des adultes de *Scaphoideus titanus* ont été étudiés dans deux vignobles; le premier au Tessin à Castelrotto et le deuxième en Italie, à Ghemme. La méthode de piégeage consiste dans l'utilisation du piège jaune englué Aéroxon, placé horizontalement dans la végétation. Cette méthode se montre plus efficace envers les adultes car ils sont plus mobiles que les formes immatures.

Le nombre minimal de pièges qui assure la fiabilité de l'estimation désirée est calculé selon les principes de l'analyse probabilistique formelle: la moitié de l'intervalle de confiance est égale au rapport  $D$  de l'erreur standard de la moyenne et l'intervalle de confiance doit inclure la valeur réelle de la moyenne avec une probabilité  $P$ . Ainsi la variance est exprimée comme une fonction de la moyenne en accord avec la loi de Taylor. La distribution des adultes et des formes immatures est agrégée. Pour les buts poursuivis par ce travail,  $D=0.3$  et  $P=0.9$  ont été considérés comme un bon compromis pour obtenir une estimation valable. En conséquence 9 pièges sont nécessaires pour estimer une population de 10 individus par piège et 41 pour une population de 1 individu par piège.

Les deux vignobles ont été divisés en 6 blocs. Tant qu'il n'y a pas de différences significatives ( $P < = 0.05$ ) entre les blocs, il est conseillé de distribuer les pièges au hasard.

La méthode est utile pour l'échantillonnage des populations de *Scaphoideus titanus* et permet aussi le contrôle d'essais de lutte.

**Riassunto** - *Numero di trappole gialle necessarie per stimare nel vigneto la densità relativa delle popolazioni della cicadina Scaphoideus titanus Ball.*

La densità e la distribuzione delle forme immature e degli adulti di *Scaphoideus titanus* sono state studiate in due vigneti: il primo situato nel comune ticinese di Castelrotto, il secondo nel comune novarese di Ghemme. Il metodo di cattura consiste nell'utilizzare le trappole gialle Aéroxon poste orizzontalmente nella vegetazione. Tale sistema è molto più efficiente nei confronti degli adulti poiché più mobili delle forme immature.

Il minor numero di trappole che assicuri l'attendibilità della stima desiderata, è calcolata sui principi dell'analisi probabilistica formale: metà della

lunghezza dell'intervallo di confidenza è uguale al rapporto  $D$  dell'errore standard della media e l'intervallo di confidenza deve includere il valore reale della media con una probabilità  $P$ . In tal modo la varianza è espressa come funzione della media in accordo con la legge di Taylor. La distribuzione degli adulti e delle forme immature è di tipo aggregato. Per gli scopi di questo studio,  $D=0.3$  e  $P=0.9$  sono stati considerati un buon compromesso per ottenere una stima attendibile. Di conseguenza 9 trappole sono sufficienti se si ha una densità di 10 individui per trappola, ma sono necessarie 41 trappole per una densità di un individuo per trappola.

I due vigneti in esame sono stati divisi in 6 blocchi. Generalmente sino a quando non si verificano delle differenze significative ( $P >= 0.05$ ) tra questi blocchi, si consiglia una semplice randomizzazione delle trappole.

Il metodo è utile per il monitoraggio della popolazione di *Scaphoideus titanus* e permette pure un migliore controllo delle prove di lotta.

**Abstract** - *The number of sticky traps to estimate the relative densities populations of the leafhopper Scaphoideus titanus Ball (Cicadellidae) in vineyards.*

The density and distribution of immature and adult *Scaphoideus titanus* Ball on yellow sticky traps was studied in the two vineyards of Castelrotto (Canton of Ticino, Switzerland) and Ghemme (near the town of Novara, Italy). The Aéroxon traps placed horizontally within the plant canopy is most efficient to catch *S. titanus* adults since they are more mobile then the immature forms.

The smallest number of traps assuring a desired reliability of the estimate is calculated on the basis of formal probabilistic statements: half of the lenght of the confidence interval is equal to a proportion  $D$  of the standard error of the mean, and the confidence interval should include the true mean with a probability  $P$ . Thereby, the variance is expressed as a function of the mean according to Taylor's power law, and the distribution of both the adults and the immature individuals was aggregated. For the purpose of this study,  $D=0.3$  and  $P=0.9$  were assumed to produce reliable estimates. Accordingly, 9 traps are sufficient if the density is 10 specimens per trap, but 41 traps are required for a density of 1 individuals per trap.

The two vineyards under study were divided into 6 blocks. Since there were generally no significant differences ( $P <= 0.05$ ) between these blocks a simple random placement of traps can be envisaged.

The method is useful for monitoring *S. titanus* populations. It permits for example a better estimate of the trials of pesticide applications.

**Key words:** Yellow sticky traps, monitoring *Scaphoideus titanus*.

## INTRODUCTION

La Flavescence dorée est une maladie à mycoplasmes qui appartient à la famille des « jaunisses de la vigne » et son vecteur reconnu est la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball (Caudwell, 1990). En Italie des études sur le rapport existant entre l'incidence de la maladie et l'importance des populations de cette cicadelle (Pavan, 1989) suggèrent que d'autres vecteurs de la Flavescence dorée doivent exister (Vidano et al., 1989; Lozzia, 1992). Mais l'absence de preuves qui démontrent la transmissibilité du mycoplasme par d'autres vecteurs, fait que la lutte est dirigée sur le seul vecteur connu *S. titanus*. En conséquence, pour pouvoir prévoir les moments des traitements, il est nécessaire de surveiller la dynamique des populations de cette cicadelle. La mobilité de l'insecte, en particulier de ses formes nymphales et adultes, pose plusieurs problèmes pratiques dans les contrôles. Les expériences conduites en France (Novoa, 1989) et en Suisse (Rossi, 1991) ont montré que la meilleure méthode pour suivre les populations de cette cicadelle est l'utilisation de pièges jaunes englués.

A la suite de ces observations, une méthode de piégeage a été mise au point. Elle se base sur l'utilisation du piège Aéroxon, qui s'est montré le plus attractif pour *S. titanus*, lorsqu'il est placé en position horizontale dans la végétation ou sous les grappes (Jermini et al., 1992). Cette méthode fournit des captures proportionnelles au temps de piégeage mais qui dépendent aussi de la mobilité des différents stades de l'insecte qui se trouvent sur le cep où le piège est placé. Or le nombre de pièges à utiliser pour déterminer avec fiabilité un niveau de population précis n'a jamais fait l'objet de recherches.

Le but de ce travail est donc d'optimiser le nombre de pièges à utiliser en fonction d'une probabilité choisie préalablement, ce qui nous conduit à la mise au point d'une méthode d'échantillonnage relative au niveau de captures des pièges.

Ce travail doit être considéré un premier pas vers la réalisation d'une méthode d'échantillonnage plus complète destinée à estimer la population totale de *S. titanus* présente dans le vignoble.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

*Origine des données*

Les données ont été récoltées dans deux vignobles. Le premier est un vignoble de Merlot cultivé en taille Guyot double mi-haute et situé au Tessin dans la commune de Castelrotto, où des populations de *S. titanus* sont présentes depuis 1967 (Bagniolini et al. 1968). Le deuxième vignoble se trouve en Italie à Ghem-

me, commune piémontaise de la province de Novara; il est cultivé en taille Guyot simple mi-haute et comprend trois cépages: Nebbiolo, Bonarda et Vespolina.

Chaque vignoble a été divisé en six blocs comprenant un nombre identique de ceps par bloc. Six pièges englués Aéroxon sont disposés au hasard dans chaque bloc et bien entendu placés horizontalement dans la végétation. Ils sont changés chaque semaine. Le piégeage dure du 25 mai au 8 septembre à Castelrotto et du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre à Ghemme.

#### *Analyse des données*

Un modèle très général, souvent utilisé pour décrire la distribution spatiale de plusieurs espèces animales, est celui proposé par Taylor (1961); il met en relation la moyenne ( $m$ ) avec la variance ( $s^2$ ) de la population. Cette relation est décrite par la formule

$$s^2 = a \cdot m^b \quad (1)$$

ou  $a$  et  $b$  sont les constantes du modèle.

La validité de ce modèle a été vérifiée pour plusieurs espèces animales (Taylor et al., 1978). Il faut toutefois considérer que nous utilisons dans ce cas des pièges, ce qui constitue une méthode indirecte pour la détection des populations. Ce choix ne permet pas d'employer les résultats pour estimer le niveau réel des populations, mais nous limite à la description des populations relevées sur les pièges.

Pour calculer les constantes  $a$  et  $b$  du modèle, il est possible utiliser des séries de moyennes et de variances qui ont été obtenues aussi bien dans des lieux différents qu'à des moments différents dans un même lieu (Southwood, 1978). Par conséquent les calculs sont réalisés sur la base des moyennes et des variances obtenues à partir des données récoltées sur les six pièges de chacun des blocs créés dans les deux vignobles susmentionnés. Le choix du piège comme unité d'échantillonnage a été effectué en raison de sa simplicité. Ceci n'influence pas la validité de la méthode, mais tout au plus sa précision.

Les valeurs de  $a$  et  $b$  sont facilement déterminées après transformation linéaire de l'équation (1) (Southwood, 1978) en

$$\log s^2 = \log a + b \cdot \log m \quad (2)$$

Selon Southwood (1978), l'égalité de la variance et de la moyenne, c'est à dire  $a = b = 1$  indique que la distribution de la population est due au hasard, un  $b$  supérieur à 1 décrit une distribution en agrégats (ou contagieuse). Le cas inverse montre que la distribution de la population est homogène.

Lorsque les paramètres  $a$  et  $b$  sont calculés, il est possible de définir le nom-

bre de pièges uniquement sur la base de la densité et la répartition des insectes capturés sur les pièges. N, le nombre de pièges, est calculé par la formule de Karandinos (1976), modifiée par Ruesink (1980) (introduction des paramètres de la loi de Taylor) (équation 3).

$$N = (z\alpha_{1/2}/D)^2 \cdot a \cdot m^{b-2} \quad (3)$$

Ainsi cette formule (3) permet de calculer le nombre d'unités d'échantillonnage (pièges), de sorte que la moyenne de la population soit comprise dans un intervalle  $m +/- D$  avec une probabilité donnée  $P=1 - \alpha$  de 0.9, 0.95 ou 0.99;  $D$  est une proportion définie de la moyenne (par exemple 0.1, 0.2, 0.3 ...) qui correspond au rapport souhaité de l'erreur standard sur la moyenne.  $a$  et  $b$  sont les constantes de Taylor (1961) et  $+/- z\alpha_{1/2}$  sont les limites qui comprennent la surface d'une distribution normale correspondant à une probabilité de  $P=1 - \alpha$ .

Dans ce travail nous avons considéré qu'une probabilité de  $1 - \alpha = 0.9$ , qui correspond à une valeur de  $z\alpha_{1/2}$  égale à 1.65, est suffisante pour atteindre les buts fixés.

Pour homogénéiser la variance, le nombre de captures de chaque piége a été transformé en  $\log(x + 1)$  (Zar, 1984). Les données ont été soumises à une analyse de variance à une voie pour mettre en évidence d'éventuelles différences entre blocs.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### *La dynamique des populations*

La figure 1 illustre la dynamique des populations dans les deux vignobles concernés. La différence de captures entre formes immatures et adultes apparaît clairement: elle est certainement due à la plus grande mobilité des adultes par rapport aux formes immatures. En effet Rossi (1991), en comparant piégeage et frappage, avait déjà constaté l'absence de captures de L1 et L2 quel que soit le piége utilisé. Les captures de formes immatures commencent avec l'apparition des nymphes. Seuls les adultes ont suivi la même dynamique dans le piégeage et le frappage.

En conséquence l'augmentation des captures sur un piége provient de l'augmentation des populations mais aussi et surtout de la mobilité plus importante des stades de l'insecte en fonction de leur développement. C'est ce qui explique que, à Ghemme, il n'y a eu aucune capture de formes immatures jusqu'au 21 juillet, une semaine avant l'apparition des premiers adultes. Mais à partir de ce dernier stade, les pièges ont bien fonctionné et mis en évidence le vol, son intensité et sa durée. Ce type de réponse du piége est aussi observé à Castelrotto: mê-

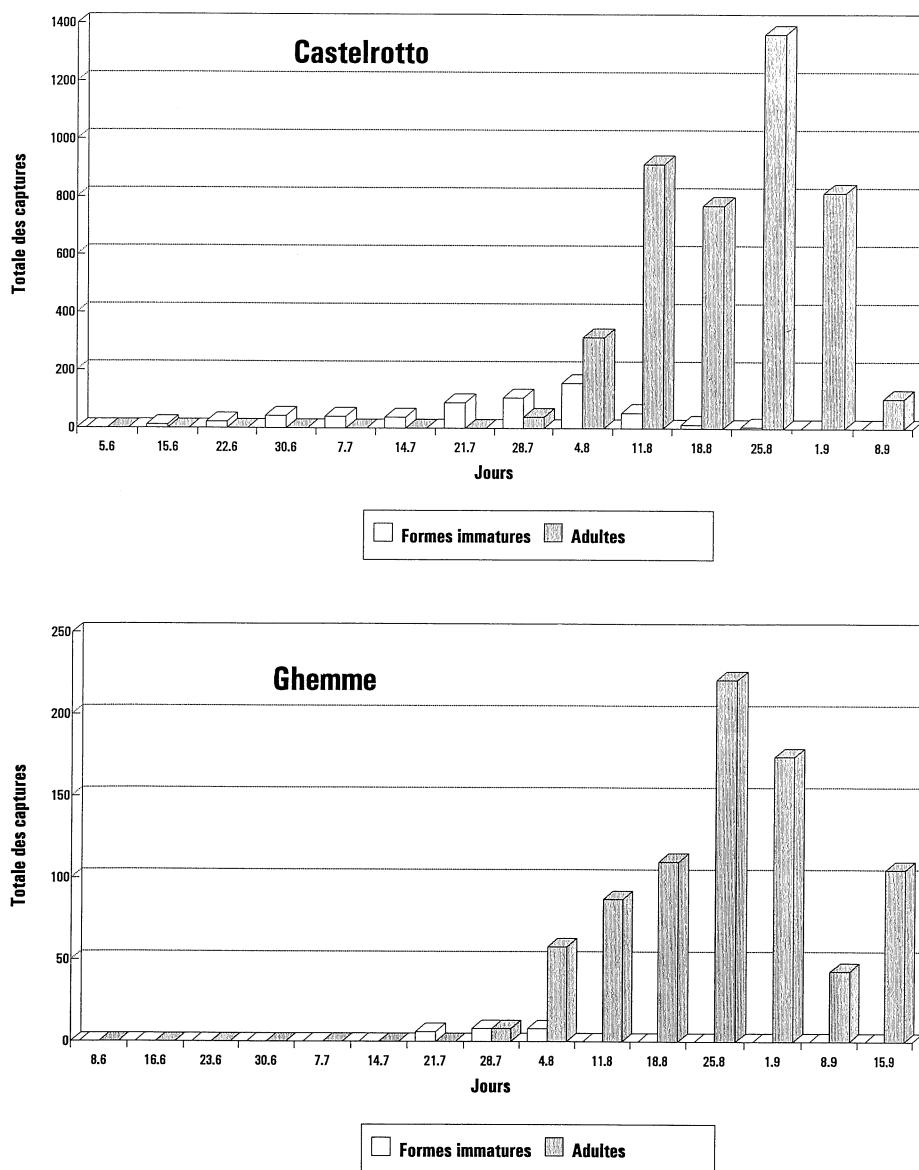


Fig. 1 - Total des captures des formes immatures et des adultes de *Scaphoideus titanus* dans les six blocs des vignobles de Castelrotto et de Ghemme pendant la période des observations.

me si les premières captures sont enregistrées à partir du 15 juin, elles sont restées très limitées jusqu'à l'apparition des premiers adultes (fig. 1).

Ces observations confirment, comme les essais de 1991 (Rossi, 1991), que le piégeage est une méthode idéale pour suivre la dynamique des populations des adultes de *S. titanus*.

#### *Nombre de pièges englués nécessaires pour estimer la population*

Les constantes du modèle de Taylor, calculées sur la base de la formule 2 donnent respectivement  $a = 1.578$  et  $b = 1.274$  pour les formes immatures et  $a = 1.368$  et  $b = 1.329$  pour les adultes. Ces valeurs indiquent que la distribution des formes immatures et adultes est agrégée. Le rapport entre moyenne et variance est illustré aux figures 2 et 3.

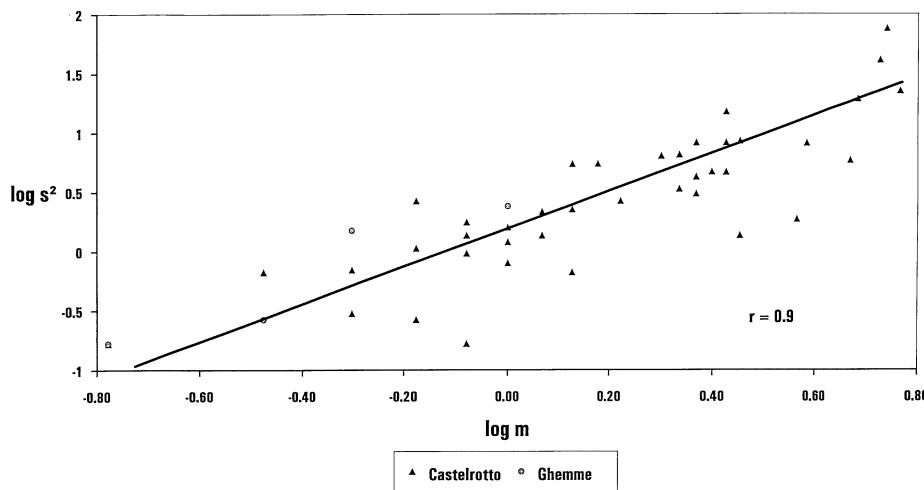


Fig. 2 - Relation entre le logarithme de la moyenne ( $\log_{10} m$ ) et le logarithme de la variance ( $\log_{10} s^2$ ) pour le formes immatures de *Scaphoideus titanus* ( $\log_{10} s^2 = 1.274 \cdot \log_{10} m + 0.198$ ).

La corrélation indiquée dans ces figures est bonne: elle est cependant plus faible pour les formes immatures car il existe une source de variation plus importante due au problème de la mobilité différente de ces stades. Donc cette méthode de calcul s'applique mieux aux adultes qui sont plus mobiles.

L'introduction dans la formule 3 des valeurs des paramètres  $a$  et  $b$  permet de calculer les courbes (fig. 4) correspondant aux degrés de précision de 10, 20 et 30% ( $D = 0.1, 0.2$  et  $0.3$ ). La figure 4 fait ressortir que le nombre de pièges à utiliser augmente en fonction du degré de précision et diminue avec la densité des insectes.

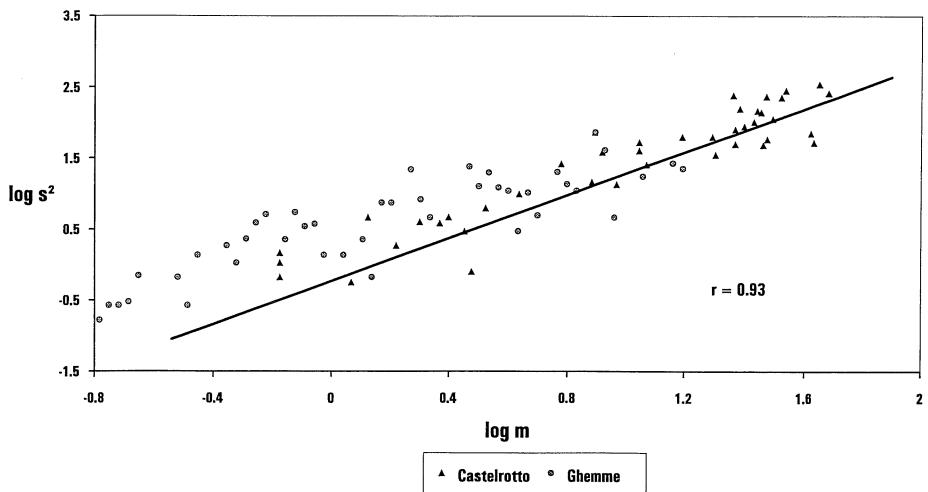


Fig. 3 - Relation entre le logarithme de la moyenne ( $\log_{10} m$ ) et le logarithme de la variance ( $\log_{10} s^2$ ) pour les adultes de *Scaphoideus titanus* ( $\log_{10} s^2 = 1.329 \cdot \log_{10} m + 0.136$ ).

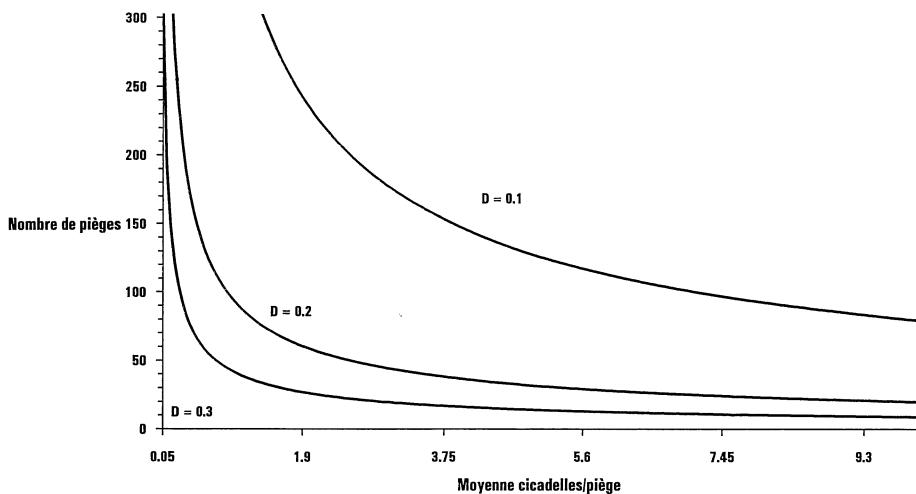


Fig. 4 - Nombre de pièges à utiliser en relation avec la moyenne des captures par piège d'adultes de *Scaphoideus titanus* et avec un degré de précision ( $D = 0.1$ , 0.2 et 0.3) et de probabilité ( $P = 90\%$ ) choisi préalablement.

Le nombre de piège à utiliser dépend bien sûr de la densité des insectes, mais aussi du degré de précision choisi: or il faut trouver un compromis entre les coûts (coût intrinsèque du piège, temps nécessaire pour les relevés et les contrôles) et la précision de l'échantillonnage en fonction des buts poursuivis. Dans ce cas, le degré de précision de 30% pour les niveaux de population à échantillonner semble un compromis acceptable. Les valeurs précises du nombre de pièges à utiliser sont données au tableau 1.

Tableau 1 - Nombre de pièges à utiliser pour une moyenne de captures de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 adultes/piège avec un degré de précision de  $D=0.1, 0.2, 0.3$ .

Moyenne de cicadelles par piège	Degré de précision		
	0.1	0.2	0.3
1	372	93	41
2	234	58	26
3	178	44	20
4	147	37	16
5	126	32	14
6	112	28	12
7	101	25	11
8	92	23	10
9	85	21	9
10	79	20	9

Tableau 2 - Analyse de variance entre les blocs de l'essai de Castelrotto et Ghemme pour les formes immatures et les adultes de *Scaphoideus titanus* (N.S. = différence non significative;  $<0.05$  et  $<0.01$  = différences significatives à 95% et à 99%; -- pas de captures).

Date du contrôle 1992	Analyse de variance	
	Formes immatures	Adultes
15 juin	N.S.	--
22 juin	N.S.	--
30 juin	N.S.	--
7 juillet	N.S.	--
14 juillet	N.S.	--
21 juillet	N.S.	--
28 juillet	N.S.	N.S.
4 août	N.S.	$<0.05$
11 août	N.S.	$<0.01$
18 août	N.S.	$<0.05$
25 août	N.S.	$<0.01$
1er septembre	--	$<0.01$
8 septembre	--	N.S.

Les résultats de l'analyse de variance des données de Castelrotto et de Ghemme (tab. 2) montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les blocs pour les formes immatures, mais qu'il en subsiste quelques-unes pour les adultes.

Ces différences indiquent la nécessité d'adopter un plan d'échantillonnage stratifié. Mais une analyse plus détaillée des données met en évidence qu'un seul et même bloc est à l'origine de ces différences significatives. Cette particularité doit donc être attribuée à un événement particulier, par exemple un traitement localisé qui peut modifier la population du bloc. Par conséquent une distribution des pièges au hasard dans le vignoble peut être envisagée. Comme le travail a été effectué dans deux vignobles (divisés en 6 blocs) durant une seule année, des observations supplémentaires sont nécessaires pour confirmer la validité de la méthode.

Pour ce qui concerne les formes immatures et en particulier les premières formes larvaires, le contrôle visuel reste une des meilleures méthodes en raison de la faible mobilité de ces stades. L'étude de leurs distributions spatiales montre qu'il suffit de choisir une feuille de la première moitié de la pousse pour le contrôle (Rossi, 1991; D'Adda, 1992).

#### CONCLUSIONS

L'utilisation des pièges Aéroxon, placés horizontalement dans la végétation, s'adapte bien pour l'échantillonnage des adultes de *S. titanus*, car ce stade de l'insecte possède une plus grande mobilité que les formes immatures.

Même si le piégeage constitue une méthode indirecte pour détecter le niveau réel de la population, qui ne peut pas être estimé par ces données, il nous fournit une information sur la population relative de *S. titanus* dans le vignoble et on peut supposer qu'il existe une corrélation entre les captures et la population réelle.

Le nombre de pièges à utiliser, calculé avec un degré de précision du 30% en fonction du niveau de population à échantillonner, est un bon compromis entre précision, réalisation pratique et rentabilité de la méthode.

L'échantillonnage par piégeage est une méthode intéressante pour le contrôle des populations lors d'essais de lutte et pour la surveillance phytosanitaire des vignobles. Elle peut aussi être employée pour déterminer le moment d'un traitement: son efficacité dépend alors de la stratégie de lutte (traitement sur les formes immatures ou sur les adultes) et du degré de précision souhaité. Il est très important que de rappeler que cette optimisation n'est valable que pour les pièges Aéroxon installés dans la position décrite. Pour tout changement il sera nécessaire de recalculer les paramètres de la loi de Taylor, car le travail se base sur

une unité d'échantillonnage constituée par le piège Aéroxon placé horizontalement dans la végétation.

Cette méthode est un premier pas vers la réalisation future d'un plan d'échantillonnage qui puisse nous permettre d'estimer la population totale de *S. titanus* présente dans le vignoble.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAGGIOLINI M., CANEVASCINI V., CACCIA R., TENCALLA Y., SOBRIÖ G., 1968 - Présence dans le vignoble du Tessin d'une cicadelle néarctique nouvelle pour la Suisse, *Scaphoideus titanus* Ball (Hom., Jassidae), vecteur possible de la Flavescence dorée. - Mitt. schweiz. ent. Ges. 40 (3-4): 270-275.
- CAUDWELL A., 1990 - Epidemiology and characterisation of *Flavescence dorée* (FD) and other grapevine yellows. - Agronomie 10: 655-663.
- D'ADDA G., 1992 - *Scaphoideus titanus* Ball (Homoptera, Jassidae): Rapporto 1992. Rapport interne RAC, Cadenazzo CH (non publié).
- JERMINI M., ROSSI A., BAILLOD M., 1992 - Etude du piégeage de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball à l'aide de pièges jaunes. - Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic. 24 (4): 235-239.
- KARANDINOS M.G., 1976 - Optimum sample size and comments on some published formulae. - Bull. ent. Soc. Am. 22 (1): 417-421.
- LOZZIA G.C., 1992 - Distribuzione, biologia e controllo di *Scaphoideus titanus* Ball. - Atti Giornate Fitopatologiche 1992, I: 173-182.
- NOVOA D., 1989 - Cicadelle de la Flavescence dorée: description d'une technique de piégeage. - Progrès agric. vitic. 106 (21): 472-473.
- PAVAN F., 1989 - Possibilità di controllo dei potenziali vettori dell'agente della Flavescenza dorata. - Inf.tore agrario 41: 55-61.
- ROSSI A., 1991 - Studio sulla cicalina *Scaphoideus titanus* Ball, vettore della Flavescenza dorata. Rapport interne RAC, Cadenazzo CH (non publié).
- RUESINK W.G., 1980 - Introduction to sampling theory (in: KOGAN M., HERZOG D.C., (eds.), Sampling methods in soybean entomology) - Springer Verlag, New York: 1-587.
- SOUTHWOOD T.R.E., 1978 - Ecological methods. Chapman and Hall. London 2<sup>nd</sup> ed.: 1-524.
- TAYLOR L.R., 1961 - Aggregation, variance and the mean. - Nature 189: 732-735.
- TAYLOR L.R., WOODWARD I.P., PERRY J.N., 1978 - The density dependence of spatial behavior and the rarity of randomness. - J. anim. Ecol. 47: 383-486.
- VIDANO C., ARZONE A., ALMA A., ARNÒ C., 1989 - Flavescenza dorata della vite e Auchenorrhynchi probabili vettori del suo agente patogeno in Piemonte. - Ann. Fac. Sci. Agr. Univ. Torino 15: 29-37.
- ZAR J.H., 1984 - Biostatistical analysis. - Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs: 1-718.

DR. MAURO JERMINI, DR. GIOVANNI D'ADDA - Stazioni federali di ricerche agronomiche, Centro di Cadenazzo, CH-6593 Cadenazzo.

DR. JOHANN. BAUMGÄRTNER - Landwirtschaftsamt des Kantons Graubünden, Grabenstr. 1, Ch-7001 Chur.

PROF. GIUSEPPE. C. LOZZIA - Istituto di Entomologia agraria, Università degli Studi, Via Celoria 2, I-20133 Milano.

DR. MARC BAILLOD - Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, CH-1260 Nyon.

Ricevuto il 3 maggio 1993; pubblicato il 30 giugno 1993.