FLUCTUATIONS SAISONNIÈRES DES PUCERONS VECTEURS DE VIRUS DE LA POMME DE TERRE DANS PLUSIEURS BIOTOPES DE L'ÎLE DE SÃO MIGUEL, AÇORES

MARIA ODÍLIA CRUZ DE BOELPAEPE & RITA TEIXEIRA

ARQUIPÉLAGO

CRUZ DE BOELPAEPE, M. O. & R. TEIXEIRA 990. Seasonal fluctuations of phids as vectors of potato viruses in several habitats on São M guel Island, Azores. - *Arquipélago*. Life and Ea th Sciences, 8:19-34. Angra do Heroísmo. ISSN 0870-6581.

Seasonal changes in population levels and flight act vity of the aph d species *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* and *Myzus persicae* associated with the transmission of potato viruses, were studied in different hab tats on São Miguel island. *M. euphorbiae* was the most numerous vector particularly during the summer flight. The two ther vectors were only present during part of the growth period of the potato crop. *A. solani* was especially responsible for initiating att cks in the field of Maris Piper at an alti ude of 550 m and in the field of Pentland Dell at 300 m. It also dispersed later into fields of Maris Piper at 430 m, Pentland Dell at 520 m nd fields of Désirée at both 420 and 550 m. The most effective vector in virus ransmission, *M. persicae*, was less numerous in, and even absent from some habitats. Temperature was a key abiotic factor regulating flight activity of *M. euphorbiae* in certain habitats. The logarithm of the aphid catches (+1) during the main dispersal flight was linearly related to the sum of the mean or minimum temperatures calculated from the start of trapping. Although forest barriers helped to protect fields against aphid attacks, v riation m alti ude from 300 to 520 m was ineffective in reducing alate aphid numbers.

CRUZ DE BOELPAEPE, M. O. & R. TEIXEIRA 1990. Flutuações sazonais dos afídeos vectores de vírus da batateira em vários biótopos da Ilha de São Miguel Açores. - *Arquipélago*. Ciências da Natureza, 8:19-34. Angra do Heroísmo. ISSN 0870-6581.

As flutu ções sazonais dos níveis pop lacionais e a actividade de vôo das espé es de afídeos *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* e *Myzus persicae*, vectoras de vírus da batateira, foram estudadas em diferentes biótopos da Ilha de São Miguel. *M. euphorbiae* foi a espécie mais abundante principalmente durante o vôo de Verão. Os dois outros vectores manifestaram a sua presença apenas durante uma parte do ciclo vegetat vo da batateira. *A. solani* efectuou vôos inici is de Primavera nos campos de M ris Piper e Pentland Dell, a 550 e 300 m de altitude respectivamente, ou de Verão nos campos de Maris Piper a 430 m de altitude, de Pentland Dell a 520 m de altitude e nos de Désirée a 420 e 550 m de altit de. O eficiente vector *M. persicae* foi pouco abundante ou esteve totalmente ausente em ertos biótopos. A temperatura revelou-se um factor determin nte da acti dade de vôo de *M. euphorbiae* em alguns biótopos. Durante a fase ascendente do vôo de d spersão, o logarítmo do número de alados (+1) desta espécie aumentou linearmente com a soma das temperaturas médias ou mínimas, calculadas a partir do início de funcioname to das armad lhas. As barreiras vegetais contribuiram para a protecção dos biótopos cont a as i vasões dos afídeos enquanto que a variação de altitude (300-520 m) não modificou significativamente os números de alados capturados.

Maria Odília Cruz de Boelpaepe & Rita Teixeira. INIA, Centro Nacional de Protecção da Produção Agrícola, Tapada da Ajuda, 1300 Lisboa, Portugal.

INTRODUCTION

Les maladies à virus de la pomme de terre sont à l'origine d'épidémies extrêmement dangereuses pour la production de tubercules sains. Le virus de l'enroulement est l'un des plus graves, car il peut être véhiculé su de longues distances par un agent biologique devenu infectieux en permanence. De tous les virus non persistants, le plus dommageable est certes le virus Y à cause des sérieuses pertes de rendement qu'il peut entraîner (RABASSE 1981).

Le virus persistant de l'enroulement, inoculé au phloème des tissus foliaires, ne peut être transmis que par les espèces aphidiennes qui se multiplient sur la pomme de terre, telles qu' *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae* (Sulzer) (WOODFORD 1986). Quant aux virus non persistants dits virus des stylets, ils peuvent être transmis aux tissus épidermiques par d'autres espèces que celles dont l'hôte d'élection est la pomme de terre. Ainsi, parmi les vecteurs du virus Y, citons *Aphis nasturtii* Kaltenbach, *Aphis frangulae* Kaltenbach (PROSELER & WEIDLING 1975); *Acyrthosiphon pisum* (Harris), *Aphis fabae* Scopoli, *Rhopalosiphum padi* (Linné) (SIGVALD 1987) et *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach) (HARRINGTON & GIBSON 1986). Parmi les insectes vecteurs, DIXON (1973) entre autres considère *M. persicae* comme l'espèce la plus efficace dans la transmission des virus de la pomme de terre. Toutes ces espèces aphidiennes sont anholocycliques dans l'île de São Miguel où les hivers sont très doux. Sur la base des données climatiques de Ponta Delgada, fournies par le SERVIÇO NACIONAL DE METEOROLOGIA (1970) et relatives à trois décennies (1931-1960), la moyenne des températures journalières d'octobre à février inclus est de 16°C et celle des températures maximales journalières du mois d'octobre est de 22,4°C, ce qui n'est pas favorable à l'induction des formes sexuées de *M. persicae* (BLACKMAN 1971, 1974; BONNEMAISON 1951). La présence continuelle de foyers d'infestation en hiver sur des plantes herbacées représente une menace pour l'état sanitaire des cultures lors des premiers vols de contamination.

L'île de São Miguel semble jouir d'une situation phytosanitaire particulièrement propice à la culture de la pomme de terre par suite de son isolement géographique en plein océan Atlantique, dans une zone de hautes pressions "pe manentes" (anticyclone). A cause des mouvements du vent au sein des hautes pressions, les ravageurs ont tendance à être repoussés du milieu insulaire. Signalons que la vitesse moyenne des vents prédominants, de mai à août inclus, est de 13,4 et 10,5 km/h respectivement pour les vents du N-NE et W-SW.

Dans l'archipel des Açores, la culture de la pomme de terre de semence se trouvait dans une phase expérimentale. Les Services officiels régionaux de protection de la production agricole avaient mis en place un système de surveillance périodique des cultures afin de suivre l'évolution démographique des ravageurs et agents pathogènes les plus dangereux. Les essais de production visaient l'obtention de tubercules sains répondant aux exigences des différentes classes de certification. A titre d'information, la production de l'année antérieure à nos observations (1979) s'est révélée de bonne qualité, puisque la présence du virus de l'enroulement n'a pas été décelée ni dans les cultures ni dans les tubercules (M. Carneiro, communication personnelle).

Le but de notre étude fut de connaître les fluctuations saisonnières des trois principales espèces aphidiennes vectrices de virus et de déterminer le danger que représentent leurs vols de contamination et dissémination pour la culture de la pomme de terre. Nos objectifs rejoignent les préoccupations formulées par d'autres auteurs (ROBERT 1971, 1981; ROBERT & ROUZÉ-JOUAN 1976, 1978) dans le domaine de la protection de la pomme de terre de semence.

MATERIEL ET METHODES

L'étude des populations aphidiennes comprend le dénombrement des formes ailées, responsables de la propagation rapide du virus, et des formes aptères, ces dernières contribuant plutôt à l'édification des foyers d'infestation.

Pour la capture des ailés, nous avons utilisé

des pièges à eau unicolores "jaune bouton d'or" (ROBERT & al. 1974) et des bicolores, peints à l'intérieur en "jaune bouton d'or" et à l'extérieur en vert foncé (MOERICKE 1951). Ces pièges avaient les dimensions suivantes: 31 x 24 x 9,5 cm. Les boîtes unicolores étaient disposées entre les alignements de la plantation et fixées sur des supports à déplacement vertical. Ces supports permettaient de remonter régulièrement les pièges unicolores de façon à maintenir leur ouverture au sommet de la végétation. Les boîtes de Moericke, représentant le modèle standard qui sera comparé sur la base des données des captures avec celui des pièges unicolores, étaient également fixées sur des supports mobiles. Les pièges bicolores se trouvant à 1,5 m de la plantation, près des coins de la parcelle d'essai, étaient toujours placés à la même hauteur que les pièges unicolores pendant tout le cycle végétatif de la pomme de terre. Quant aux pièges unicolores, ils étaient installés précisément au niveau de l'intersection des troisième lignes horizontale et verticale de la plantation. Les deux types de pièges étaient alignés sur la même diagonale du champ.

Nous avons employé deux pièges de chaque type par parcelle d'essai pour les biotopes des cultivars Maris Piper et Pentland Dell, mais seulement des pièges de Moericke (deux par parcelle) pour le biotope du cultivar Désirée. Les pièges furent installés à la date du 13 juin 1980. Les dimensions des parcelles d'essai étaient comprises entre 0,10 et 0,25 ha approximativement.

Les prélèvements du matériel entomologique ont été effectués une fois par semaine. Pour le comptage des pucerons sur les plantes, nous avons utilisé la "méthode des trois feuilles". Cette méthode consiste à prélever trois feuilles de chaque plante: deux respectivement dans les tiers supérieur et inférieur de la tige et la troisième dans la partie intermédiaire. Chaque échantillon comporte dix plantes prises au hasard dans cinq rangées distribuées régulièrement dans la parcelle, soit un total de 50 plantes et donc 150 feuilles. Le nombre moyen de feuilles par plante pour chacun des trois groupes de niveaux foliaires a été calculé sur la base des comptages effectués sur 30 plantes. Pour évaluer le nombre moyen de pucerons par plante, nous avons alors appliqué la formule décrite par BROADBENT (1948). L'effet de bordure a été éliminé, puisque le prélèvement des échantillons ne tient pas compte des trois premières lignes de la plantation.

Les comptages effectués sur les plantes se rapportent à quatre phases de l'évolution de la culture: la première est comprise entre l'émergence des plants et le début de leur croissance (plantes ne dépassant pas une vingtaine de centimètres); la deuxième entre la période de pleine croissance et les premières manifestations de la floraison; la troisième correspond à l'époque de la pleine floraison et la quatrième à la période de tubérisation et de maturation (CRUZ DE BOELPAEPE 1978).

La plantation des pommes de terre de semence a été faite entre la mi-mai et le début de juin. Comme les dates de plantation n'ont pas toujours été les mêmes et que les champs des cultivars se trouvaient dans des sites différents et éloignés, nous n'avons pas suivi la durée des phases phénologiques mais seulement annoté la période des comptages pour les diverses parcelles.

Aux mêmes dates que celles des comptages de pucerons, nous avons déterminé la fréquence des viroses graves (virus de l'enroulement, virus Y) et du virus de la mosaique en examinant cinq groupes de vingt plantes successives répartis dans la parcelle d'essai.

Six biotopes différents au plan écogéographique ont été prospectés dans les zones de production de pommes de terre de semence (Santo António de Nordestinho, Achadinha do Nordeste et Achada das Furnas). L'altitude des champs sélectionnés allait de 300 à 550 m et ceux-ci étaient protégés ou non par des barrières végétales (conifères) contre les vents dominants. Deux champs de la variété Désirée, soumis à l'action des vents du N-NE et SW, se trouvaient l'un à 420 m (Santo António de Nordestinho) et l'autre à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste). L'un des champs de Maris Piper, à 430 m d'altitude (Achada das Furnas), était protégé par un bois de

Cryptomeria japonica contre les vents dominants, alors que l'autre, à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste), n'était pas abrité. Quant aux champs de la variété Pentland Dell, ils étaient tous les deux protégés, l'un, à 300 m d'altitude (Santo António de Nordestinho), par une haie de *Cupressus* sp. contre les vents du N-NE et par un bois de *Cryptomeria japonica* contre les vents du SW, tandis que l'autre, à 520 m d'altitude (Ac ada das Furnas), était entouré par un bois de *Cryptomeria japonica*.

L'évolution des facteurs microclimatiques (température, pluviosité, humidité atmosphérique) a pu être suivie grâce à l'existence d'un poste météorologique installé dans chacune des localités.

Pour ce qui est de l'analyse des résultats, nous avons appliqué:

1 - l'analyse de la variance (F-test) sur données transformées en log (n+1), pour juger de l'efficacité relative des deux types de pièges et comparer les fréquences moyennes de pucerons entre biotopes différents;

2 - le calcul du coefficient de corrélation pour mettre en évidence l'action éventuelle de certains facteurs microclimatiques sur l'accroissement du nombre d'ailés des vecteurs aphidiens prédominants.

RESULTATS

1. Efficacité de deux méthodes de piégeage

L'efficacité de capture des deux types de pièges vis-à-vis de chacune des trois principales espèces vectrices de virus de la pomme de terre (*M. euphorbiae*, *M. persicae* et *A. solani*) a été comparée à l'aide des fréquences moyennes des prises correspondantes.

En ce qui concerne le vecteur prédominant, *M. euphorbiae*, le nombre moyen de pucerons capturés dans les pièges unicolores ne diffère pas significativement de celui des pièges bicolores. Tel est le fait constaté dans les biotopes de Maris Piper à 550 m ($F_{1,18}=0,18$) et 430 m d'altitude ($F_{1,16}=0,02$) ainsi que dans ceux de Pentland Dell à 520 m ($F_{1,18}=0,0008$) et 300 m d'altitude ($F_{1,16}=0,97$) (Tableau 1). Quant à la comparaison de l'efficacité de capture des deux types de pièges vis-à-vis des deux autres espèces de pucerons, elle n'a pu être faite que dans le cas des biotopes où la

TABLEAU 1
Comparaison du pouvoir attractif des pièges unicolores et bicolores vis-à-vis des principaux vecteurs de virus de la pomme de terre - Comparison of the attractive power of unicolour and bicolour traps towards the main vectors of potato viruses

Champs Fields	Pièges Traps	Nombre moyen de pucerons par piège Mean number of aphids per trap $\bar{x} \pm s/\sqrt{n}$		
		A. solani	*M. euphorbiae*	*M. persicae*
Maris Piper(C)	unicolores	-	20,40 ± 8,84 a	1,88 ± 0,69 a
	bicolores	-	11,05 ± 5,44 a	1,13 ± 0,80 a
Maris Piper (D)	unicolores	-	2,56 ± 1,29 a	-
	bicolores	-	3,33 ± 2,41 a	-
Pentland Dell (E)	unicolores	0,60 ± 0,10 a	2,55 ± 0,96 a	-
	bicolores	0,10 ± 0,06 a	1,95 ± 0,77 a	-
Pentland Dell (F)	unicolores	-	4,17 ± 0,74 a	-
	bicolores	-	2,22 ± 1,09 a	-

Pour chaque biotope, les fréquences moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativemment, d'après l'analyse de la variance réalisée sur les données transformées en log (n+1). - For each habitat, mean frequencies followed by the same letter are not significantly different, by analysis of variance after back-transformation log (n+1) of the data.

période d'activité de vol était suffisamment longue pour qu'on puisse appliquer l'analyse de la variance. On n'a pas trouvé de différence significative entre les nombres moyens de *M. persicae* capturés à l'aide des deux types de pièges dans le biotope de Maris Piper, à 550 m d'altitude, exposé à l'action des vents (F 1,6 = 0,88). Il en est de même pour *A. solani* dans le biotope de Pentland Dell, protégé, à 520 m d'altitude (F 1,8 = 2,52).

Nos résultats montrent clairement que les boîtes jaunes en plastique, placées à l'intérieur des cultures, sont aussi efficaces pour la capture de ces espèces de pucerons que celles du type de Moericke, installées à l'extérieur des champs. La couleur bouton d'or des boîtes unicolores, contrastant fortement avec le vert de la culture, a donc un excellent pouvoir attractif sur les principales espèces aphidiennes de la pomme de terre.

2. Activité de vol des principales espèces de la pomme de terre

Parmi les pucerons capturés dans les pièges à eau, signalons par ordre décroissant d'abondance les espèces rencontrées dans la plupart des biotopes: *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aphis fabae* Scop., *Myzus persicae* (Sulz.) et *Aulacorthum solani* (Kltb.) (Tableau 2). D'autres espèces de pucerons pouvant jouer un rôle dans la transmission des virus de la pomme de terre ont été trouvées moins fréquemment dans les pièges: *Aphis gossypii* Glover/*Aphis frangulae* Kltb., *Aphis nasturtii* Kltb., *Brachycaudus helichrysi* (Kltb.), *Myzus ascalonicus* Donc., *Myzus ornatus* Laing et *Rhopalosiphum padi* L. Signalons aussi la présence d'espèces aphidiennes dont les capacités de transmission virale chez la pomme de terre ne sont pas connues: *Cavariella theobaldi* (Gill. et Bragg.), *Cryptomyzus* sp. *Eriosoma lanuginosum* (Hartig), *Lachnus roboris* L., *Metopolophium* sp., *Myzocallis castanicola* Baker, *Prociphilus* sp., *Sitobion avenae* (Fab.) et *Sitobion fragariae* (Walk.).

En ce qui concerne *M. euphorbiae*, sa fréquence dans les pièges a varié entre 38,4 et 85,3 p. cent (Tableau 2). Par contre ses effectifs sur les plantes représentent 98,3 à 100 p. cent des individus dénombrés (Tableau 3).

TABLEAU 2
Abondance des pucerons dans les pièges à eau - Abundance of aphids in water traps

Cultivars		Désirée				Maris Piper				Pentland Dell			
Biotopes (altitude)		A		B		C		D		E		F	
		550m	%	420m	%	550m	%	430m	%	520m	%	300m	%
Fréquences moyennes cumulées de pucerons par piège - Cumulative average frequencies of aphids per trap	*A. fabae*	3,5	1,4	7,5	8,7	4,5	2,4	3,0	7,1	4,5	7,7	6,7	11,2
	A. solani	1,0	0,4	2,5	2,9	0,3	0,2	1,8	4,2	2,3	3,9	2,8	4,6
	M. euphorbiae	206,0	85,3	47,5	55,3	157,5	85,3	27,0	63,5	22,5	38,4	28,8	48,2
	M. persicae	16,0	6,8	0	0	6,0	3,3	0	0	4,5	7,7	0	0
	Autres espèces Other species	15,0	6,2	28,5	33,2	16,3	8,8	10,7	25,2	24,8	42,3	21,5	36,0

A, C: Achadinha do Nordeste; B, F: Santo António de Nordestinho: D, E: Achada das Furnas
A, B, C: Champs sans brise-vent - Fields without forest barriers against prevailing winds
D, E: Champs protégés par un bois de *Cryptomeria japonica* - Fields protected by a wood of *Cryptomeria japonica*
F: Champ protégé par un bois de *Cryptomeria japonica* et une haie de *Cupressus* sp. - Field protected by a wood of *Cryptomeria japonica* and a hedge of *Cupressus* sp.

TABLEAU 3
Nombre moyen de pucerons par plante - Average number of aphids per plant

Phases d'évolution de la culture Stages of crop evolution dates*	Espèces Species	Variétés et conditions écogéographiques Varieties and ecogeographical conditions					
		Désirée		Maris Piper		Pentland Dell	
		A 550 m	B 420m	C 550m	D 430m	E 520m	F 300m
1	*M. euphorbiae*	0	0	0	0	0	0
1-20/6	*M. persicae*	0	0	0	0	0	0
2	*M. euphorbiae*	1,20	0,16	0	0	0	0
21/6-10/7	*M. persicae*	0,08	0	0	0	0	0
3	*M. euphorbiae*	10,30	2,08	1,40	0,34	2,00	3,20
11-31/7	*M. persicae*	0,08	0	0	0	0	0
4	*M. euphorbiae*	10,30	0,06	16,00	0,12	0,64	0,80
1-21/8	*M. persicae*	0,10	0	0,30	0	0	0
	Total	22,10	2,30	17,70	0,46	2,64	4,00
	% *M. euphorbiae*	98,80	100,00	98,30	100,00	98,50	100,00

1. De la levée jusqu'à l'obtention de jeunes plantes de 20 cm environ - From seedling emergence up to about 20 cm plant height.
2. Croissance ultérieure des plantes jusqu'à l'apparition des premières fleurs - Subsequent plant growth up to early flowering.
3. Période de pleine floraison - Flowering time.
4. Tubérisation et maturation - Tuberisation and maturation.
A, B, C, D, E, F: biotopes (voir tableau 2) - Habitats (see table 2)
* Période pendant laquelle on a effectué les comptages dans les champs des trois cultivars - Period when the counts were made in the fields of the three cultivars.

Les courbes d'activité de vol des principaux vecteurs ont été tracées à partir de la moyenne des données des pièges unicolores et bicolores, après avoir conclu que les nombres de pucerons capturés ne différaient pas significativement d'un type de piège à l'autre.

Aux Açores, le rythme d'activité saisonnière de *M. euphorbiae* sur pomme de terre présente une configuration monomodale (Figs. 1, 2 et 3) avec un vol d'été (vol de dissémination), très prononcé, pendant lequel s'accroît le risque de dispersion virale d'une culture à une autre. La prédominance du vol de dissémination est le cas généralement observé chez cette espèce (ROBERT & ROUZÉ-JOUAN, 1978).

L'amplitude du vol de contamination (ailés venus des plantes herbacées) de *M. euphorbiae* est très réduite dans ce type d'activité monomodale (Figs. 1 et 3). Comme les pièges furent placés un peu tardivement, nous n'avons pas la représentation complète du vol de contamination. Pour les biotopes des cultivars Maris Piper à 550 m d'altitude (Fig. 1) et Désirée à 420 m (Fig. 3), le vol de contamination est figuré par une faible fréquence d'ailés capturés encore vers la fin juin.

Le vol de dissémination de *M. euphorbiae* commence entre le 27 juin (cas des champs des variétés Maris Piper à 550 m d'altitude, Pentland Dell à 300 et 520 m d'altitude, Désirée à 420 m d'altitude) et le 11 juillet (cas des champs des variétés Maris Piper à 430 m d'altitude et Désirée à 550 m d'altitude). Il culmine à la fin juillet (champs de Maris Piper à 430 m d'altitude, de Pentland Dell à 300 m d'altitude et de Désirée à 420 m d'altitude) ou entre la première et la dernière semaine du mois d'août (champs de Maris Piper et Désirée à 550 m d'altitude, de Pentland Dell à 520 m d'altitude). La fréquence maximale des captures est atteinte plus tôt dans les biotopes situés à

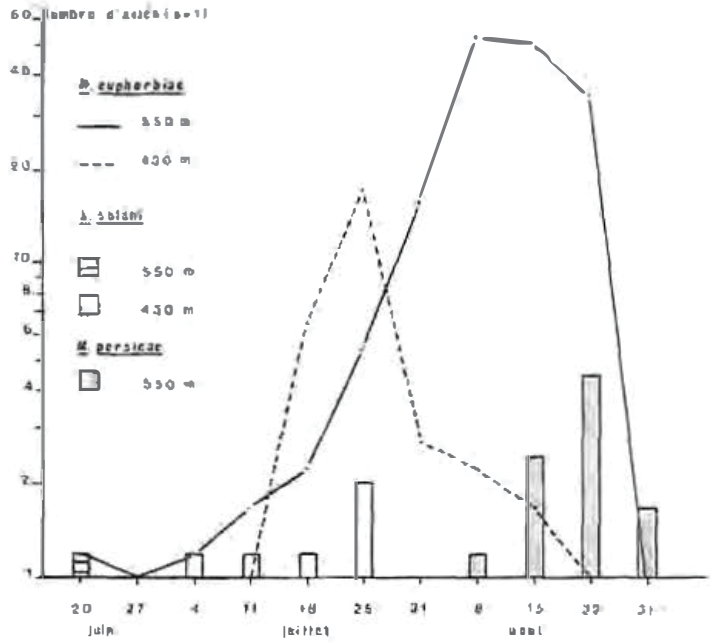

Fig. 1 - Activité de vol d'*Aulacorthum sola i, Macrosiphum euphor iae* et *Myzus persica* dans deux champs du cultivar Maris Piper: l'un non protégé con re les vents prédominants, à 550 m d'altitude (Achadinha do Nordeste) et l'au re protégé par un bois de *Cryptomeria japonica*, à 430 m d'altitude (Achada das Furnas).
Flight activity of *Aulacorthum solani*, *Ma ros phum euphorbiae* and *Myzus persicae* in two potato fields of the cv. Maris Piper: one without protection against prevailing winds at 550 m (Achadinha do Nordeste) and the other protected by a wood of *Cryptomeria japonica*, at 430 m (Achada das Furnas).

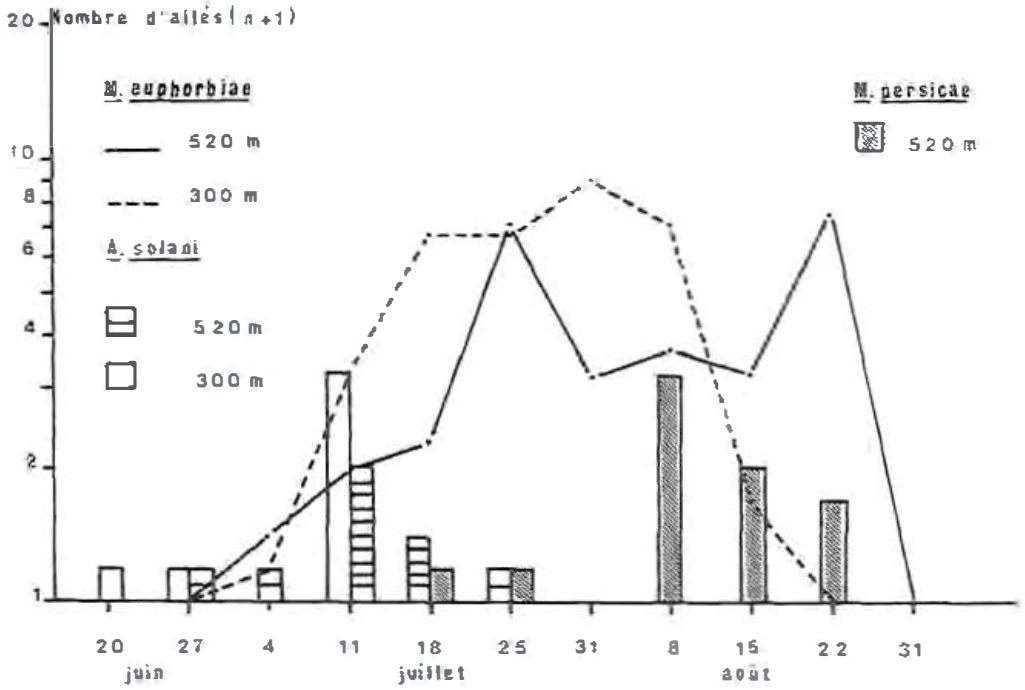

Fig. 2 - Activité de vol d'*Aulacorthum sola i, Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae* dans deux champs du cultivar Pentland Dell protégés contre les vents: l'un situé à 520 m d'altitude (Achada das Furnas) et l autre à 300 m d'altitude (Santo António de Nordestinho).
Flight activity of *Aulacorthum sola i, Macrosiphum euphor iae* and *Myzus persicae* in two potato fields of the cv. Pentland Dell, with wind-breaks: one located at 520 m (Achada das Furnas) and the other at 300 m (Santo António de Nordestinho).

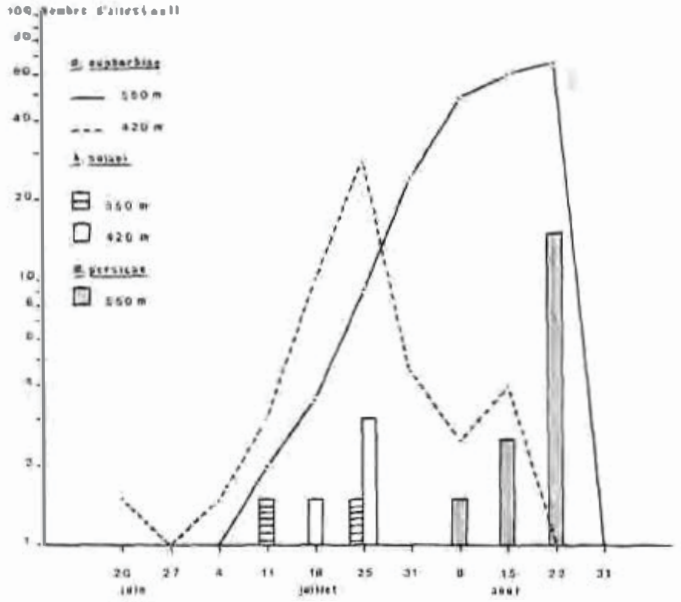

Fig. 3 - Activité de vol d'*Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae* dans deux champs non protégés du cultivar Désirée, situés respectivemcnt à 420 m d'altitude (Santo Antonio de Nordestinho) et 550 m (Achadinha do Nordeste).
Flight activity of *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* and *Myzus persicae* in two potato fields of the cv. Désirée, without wind-breaks, located at both 420 m (Santo ntónio de Nordestinho) and 550 m (Achadinha do Nordeste).

plus basse altitude parce que, d'une part, ce sont les premières zones à être touchées par les migrations aphidiennes et que les niveaux thermiques, d'autre part, y sont plus favorables à la multiplication rapide des pucerons.

En considérant les biotopes de Maris Piper et Pentland Dell où furent installés les deux types de pièges, on constate que l'importance numérique des captures de *M. euphorbiae* est très elevée dans le biotope (C) non protégé (Tableau 2).

Parmi les principales espèces capturées, *A. fabae* a toujours été trouvée dans les pièges (1,4 à 11,2 p. cent des captures), mais elle n'a en aucun cas formé des colonies sur les plantes des cultures (Tableaux 2 et 3). Malgré les fréquences d'ailés atteintes par cette espèce dans certains biotopes (B et F), elle joue un rôle négligeable dans la dissémination des virus de la pomme de terre qui n'appartient pas à ses hôtes d'élection (DIXON 1973).

Quant au puceron *M. persic e*, il est peu représenté (7,7 p. cent au maximum dans les pièges) ou même totalement absent (Tableau 2 et 3). Les premiers ailés de *M. persicae* sont effectivement apparus lorsque la fréquence des captures de *M. euphorbiae* était maximale (Figs. 1, 2 et 3). Le vol de dissémination qui marque la présence du puceron vert du pêcher dans les différents biotopes a lieu pendant le mois d'août. En cette période, le nombre moyen de pucerons capturés de cette espèce est relativement bas dans la plupart des biotopes prospectés, sauf dans le champ non protégé du cultivar Désirée, à 550 m d'altitude (Fig. 3). La prédominance des ailés de dissémination dans un rythme d'activité de vol bimodal semble être le cas le plus habituel chez *M. persicae* (ROBERT & ROUZÉ-JOUAN 1976, 1978). Dans les habitats considérés, le risque de transmission virale par ce vecteur efficace est en général négligeable, surtout à cause de l'absence de sources d'infection (enroulement et virus Y) vérifiée lors des contrôles périodiques effectués dans les champs. Des tests sérologiques ont confirmé que les tubercules étaient exempts du virus de l'enroulement (M. Carneiro communication personnelle).

Le puceron *A. solani* a été peu capturé dans l'a roécosystème de São Miguel (0,2 à 4,6 p. cent). Sa présence s'est manifestée du 20 juin au 25 juillet 1980 selon les biotopes et les cultivars

(Figs. 1, 2 et 3). L'activité de vol de cette espèce aphidienne est du type monomodal caractérisé au printemps par le vol de contamination (champs des variétés Maris Piper à 550 m d'altitude et Pentland Dell à 300 m d'altitude) ou plus tard par le vol d'été (champs des variétés Maris Piper à 430 m d'altitude, Pentland Dell à 520 m d'altitude et Désirée à 420 et 550 m d'altitude). Ces deux modalités de vol saisonnier ont été observées dans plusieurs sites de la Bretagne (ROBERT & ROUZÉ-JOUAN 1978).

3. Influence des facteurs climatiques sur la dynamique de vol du vecteur aphidien dominant

Pour chacun des six biotopes prospectés dans l'île de São Miguel, nous avons étudié l'influence que pourraient avoir certains facteurs de l'environnement (températures journalières, pluviosité, humidité atmosphérique) sur la fréquence des ailés de *M. euphorbiae*.

3.1. Températures journalières

L'analyse des données d'observation montre que le logarithme du nombre moyen (+1) d'ailés de *M. euphorbiae* - pendant la phase d'accroissement du vol de dissémination - est positivement corrélé avec les températures moyennes cumulées depuis la date de l'installation des pièges jusqu'au 15 août (champ non protégé de Maris Piper à 550 m d'altitude) ou le 22 août (champs des cultivars Pentland Dell à 520 m d'altitude et Désirée à 550 m d'altitude)(Fig. 4). Dans le cas du biotope non protégé de Maris Piper, nous avons trouvé un coefficient de corrélation hautement significatif ($r = 0{,}924$, $P < 0{,}01$ pour 6 degrés de liberté). Il en est de même dans le cas du biotope protégé de Pentland Dell à 520 m d'altitude ($r = 0{,}831$, $P < 0{,}01$ pour 7 degrés de liberté) et du biotope non protégé de Désirée à 550 m d'altitude ($r = 0{,}950$, $P < 0{,}001$ pour 6 degrés de liberté). Signalons que ces coefficients de corrélation sont sensiblement égaux (cependant légèrement supérieurs) à ceux qui indiquent l'existence d'une corrélation entre le logarithme de la fréquence (+1) d'ailés par piège et les températures minimales cumulées.

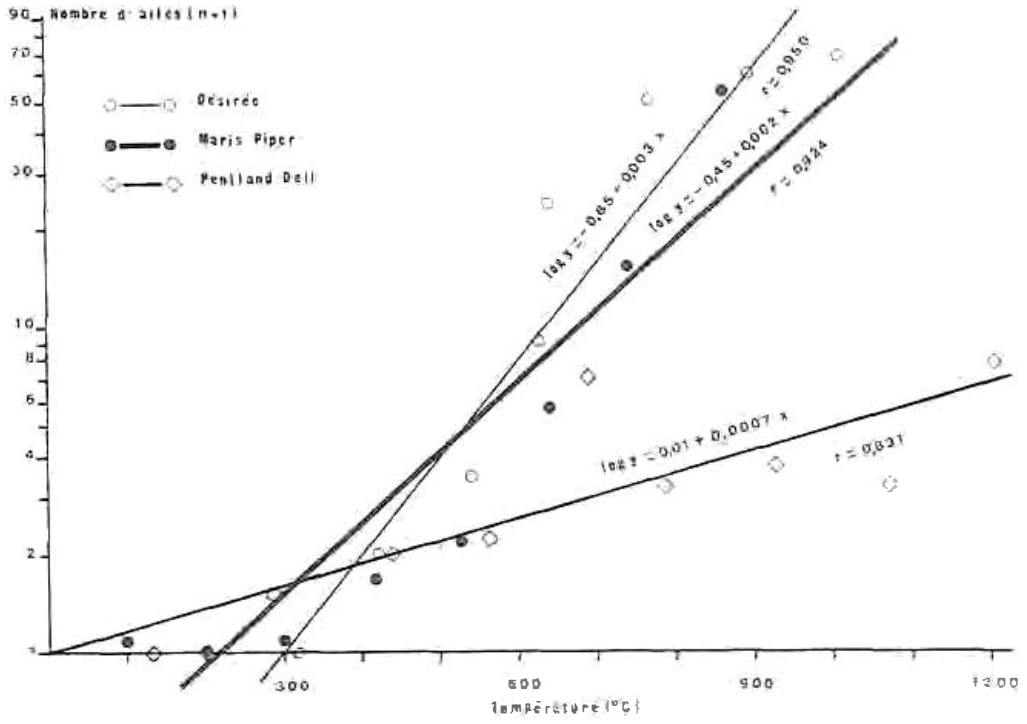

Fig. 4 - Relation linéaire entre le logarithme du nombre (+1) d'ailés de *Macrosiphum euphorbiae* par piège et les températures journalières moyennes cumulées à partir de la mise en place des pièges.
Linear relationship between the logarithm of the alate number (+1) of *Macrosiphum euphorbiae* per trap and daily mean temperatures accumulated from the time the traps were set up.

D'après ces corrélations, l'amplitude du vol d'été de *M. euphorbiae* dans les trois habitats en question est étroitement liée au facteur température. Par conséquent, s'il y avait des foyers d'infection, le risque de dispersion virale augmenterait au cours de cette période d'été.

3.2. Précipitations et humidité atmosphérique

Les pluies ont été fréquentes pendant toute la saison de culture (Figs. 5, 6 et 7). Les précipitations enregistrées au cours du mois de juillet à Achadinha do Nordeste n'ont pas empêché l'augmentation des captures de *M. euphorbiae* dans les biotopes de Maris Piper et Désirée situés à 550 m d'a titude. Plus tard, les fortes pluies tombées pendant la dernière semaine du mois d'août ont pu contribuer en partie au déclin du nombre d'ailés de *M. euphorbiae* et *M. persicae* dans les deux biotopes en question. A Achada das Furnas, l'augmentation des précipitations entre la fin juillet et la mi-août coincide avec la décroissance du nombre d'ailés de *M. euphorbiae* dans les biotopes des cultivars Maris Piper (430 m d'altitude) et Pentland Dell (520 m d'altitude). A Santo António de Nordestinho, les pluies ont été irrégulières. Aussi leur effet sur l'activité de vol des pucerons n'a pu être que temporaire. Tel est le cas observé dans les champs de Pentland Dell (300 m d'altitude) et Désirée (420 m d'altitude) où il y a eu une diminution sensible des captures, à la suite des pluies abondantes tombées le 31 juillet. En outre, l'augmentation brusque des précipitations vers la fin du mois d'août a été suivie de la disparition des ailés de *M. euphorbiae* dans ces deux biotopes.

Le degré d'humidité relative a toujours été élevé dans les trois localités prospectées et plus spécialement à Achadinha do Nordeste (80 à 97 %). Ce sont les mois de juin, août et septembre qui ont été les plus humides. De tels degrés d'humidité atmosphérique étant défavorables, notamment aux migrations des pucerons (DAVIES 1939), peuvent aussi réduire la densité des colonies aphidiennes par la propagation de

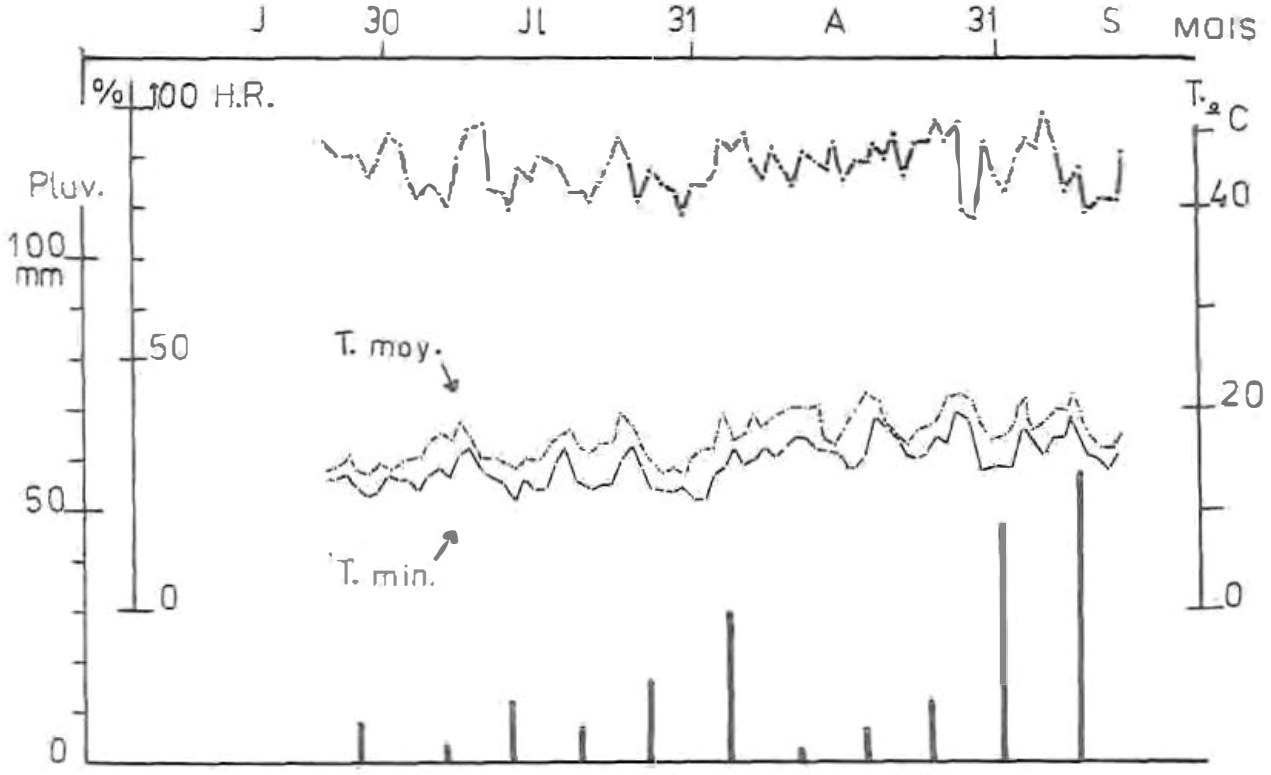

Fig. 5 - Evolution journalière des facteurs climatiques à Achadinha do Nordeste (550 m d'altitude): pluies (■), température minimale (—), et moyenne (----), humidité atmosphérique (·—·).
Daily evolution of climatic factors in Achadinha do Nordeste (550 m): rainfall (■), minimum (—) and mean (----) temperatures, atmospheric humidity (·—·).

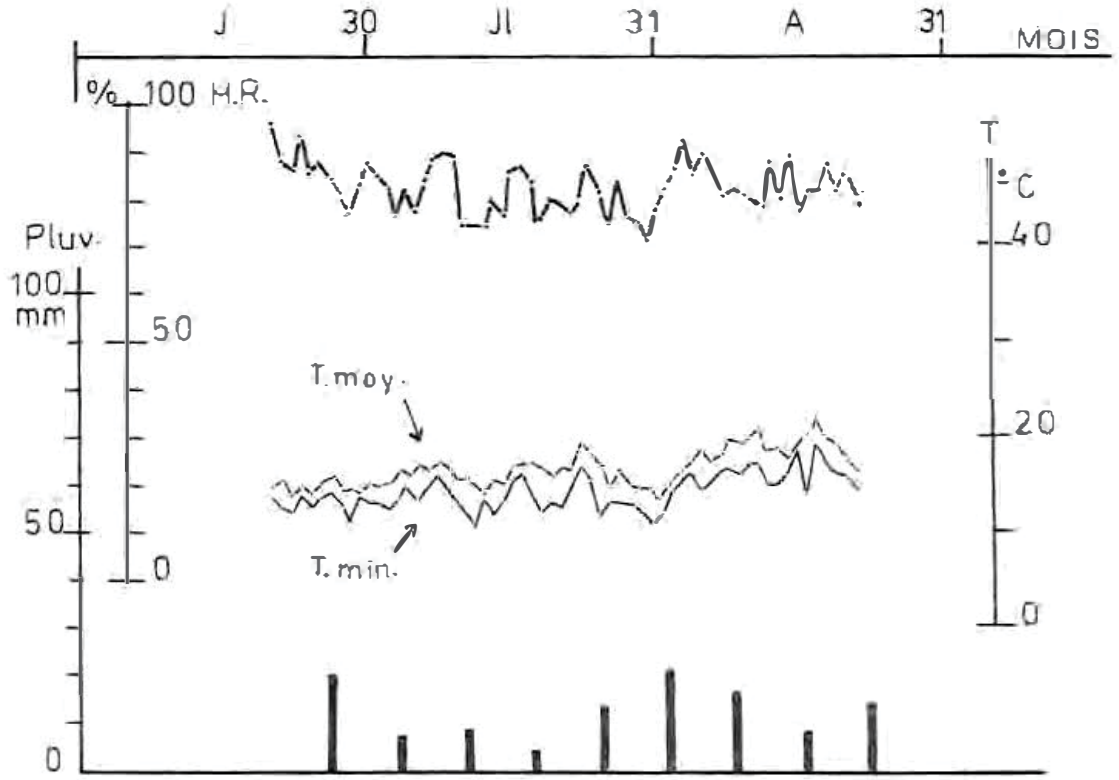

Fig. 6 - Evolution journalière des facteurs climatiques à Achada das Furnas (520 m d'altitude): pluies (■), température minimale (—), et moyenne (----), humidité atmosphérique (·—·).
Daily evolution of climatic factors in Achada das Furnas (520 m): rainfall (■), minimum (—) and mean (----) temperatures, atmospheric humidity (·—·).

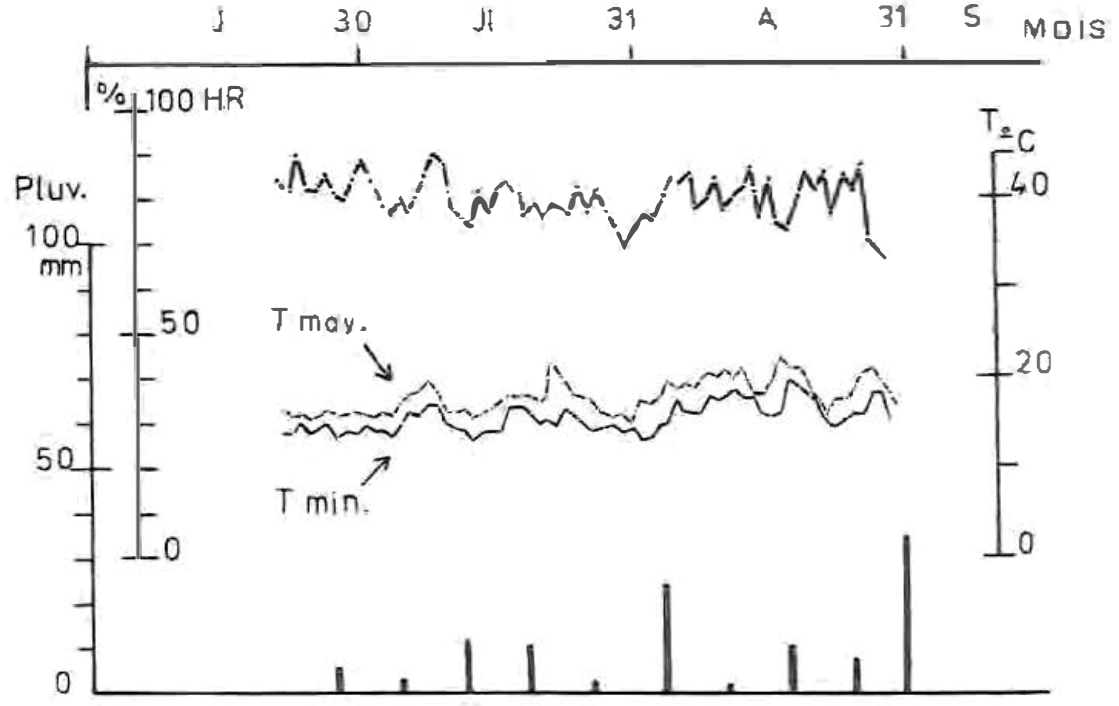

Fig. 7 - Ev lution journalière des facteurs climatiques à Santo António de Nordestinho (420 m d'altitude): pluies (■), température minimale (—), et moyenne (----), humidité atmosphérique (·—·).
Daily evolution of climatic factors in Santo António de Nordestinho (420 m): rainfall (■), minimum (—) and mean (----) temperatures, atmospheric humidity (·—·).

champignons entomophages comme cela a été signalé par certains auteurs (ROBERT 1979; RABASSE 1981).

4. Influence des barrières écogéographiques dans la protection des cultures

Le rôle des barrières écogéographiques (altitude et brise-vent) contre les invasions aphidiennes a pu être précisé en comparant les fréquences moyennes par piège de l'espèce la plus abondante (*M. euphorbiae*) ainsi que celles de la somme des effectifs des trois principales espèces aphidiennes (*M. euphorbiae*, *A. solani*, *M. persicae*), capturées dans les deux types de pièges installés dans les biotopes des cultivars Maris Piper et Pentland Dell (Tableau 4). Dans le cas particulier des deux biotopes de Désirée, la comparaison est basée uniquement sur les données des pièges de Moericke.

Des différences significatives - portant sur les fréquences moyennes par piège de *M. euphorbiae* ($F_{1,36} = 4{,}64$, $P < 0{,}05$) et sur celles de l'ensemble des trois vecteurs ($F_{1,36} = 4{,}12$, $P < 0{,}05$) - ont été mises en évidence entre les biotopes de Maris Piper qui se distinguent l'un de l'autre, surtout par la localisation, le degré de protection et l'altitude.

Nos résultats semblent indiquer que les biotopes d'un même cultivar soumis à des conditions de protection identiques, comme c'est le cas des champs de Pentland Dell (présence de brise-vent) et, d'autre part, de Désirée (absence de brise-vent), présentent le même niveau moyen de captures relativement aux espèces vectrices de virus de la pomme de terre, même s'ils se trouvent à des altitudes différentes. Comme le nombre d'échantillons prélevés dans les pièges des champs de

TABLEAU 4

Action combinée de l'altitude et des barrières végétales sur la fréquence moyenne par piège des principaux vecteurs de virus de la pomme de terre (*A. solani*, *M. euphorbiae*, et *M. persicae*)

Combined action of altitude and forest barriers on the mean frequency of the main aphid vectors of potato viruses (*A. solani*, *M. euphorbiae*, and *M. persicae*)

Cultivars	Champ Field	Altitude (m)	Nombre moyen de pucerons par piège Mean number of aphids per trap $\bar{x} \pm s/\sqrt{n}$			
			M. e	F-test	A.s. + M.e. + M.p.	F-test
Désirée	sans brise-vent without forest barriers	550	22,60 ± 8,36	1,02 d11 = 1 d12 = 18	22,80 ± 9,22	1,65 d11 = 1 d12 = 18
		420	5,28 ± 2,92		5,70 ± 2,90	
Maris Piper	sans brise-vent without forest barriers	550	14,30 ± 4,79		15,27 ± 4,88	
	protégé contre les vents du N-NE et SW with forest barriers against winds from N-NE & SW	430	2,93 ± 1,27	4,64* d11 = 1 d12 = 36	3,50 ± 1,41	4,12* d11 = 1 d12 = 36
Pentland Dell	entouré de brise-vent surrounded by a forest barrier	520	1,80 ± 0,45		3,36 ± 0,63	
	protégé contre les vents du N-NE et SW with forest barriers against winds from N-NE & SW	300	2,88 ± 0,87	0,18 d11 = 1 d12 = 36	3,86 ± 0,82	0,18 d11 = 1 d12 = 36

* Valeurs de F calculées sur données transformées en log (n + 1) - significatives au niveau de probabilité 0,05.

* F-values, after back-transformation log (n + 1) of the data, significant at the 0.05 probability level.

Pentland Dell est plus grand que celui des champs de Désirée, cela montre de façon plus nette qu'une augmentation d'altitude, de 300 à 520 m, ne modifie pas significativement la fréquence des captures.

La différence quant aux fréquences moyennes de pucerons par piège entre les deux champs de Maris Piper semble plutôt mettre en évidence le rôle protecteur des barrières végétales contre les invasions aphidiennes.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les résultats obtenus au cours de cette étude concernant six biotopes de l'île de São Miguel permettent de dégager un certain nombre de faits intéressant la dynamique saisonnière des pucerons vecteurs de virus de la pomme de terre ainsi que la situation phytosanitaire de la culture existant alors. Bien entendu, du fait de la limitation des observations dans le temps, on ne peut garantir la généralisation des conclusions, puisque les changements d'abondance et/ou de comportement des vecteurs, de même que la présence de sources d'infection virale doivent toujours être envisagés. C'est pourquoi nous recommandons la mise en surveillance continue de la culture afin d'apporter une solution efficace aux problèmes qui pourraient surgir.

A propos des méthodes de capture des ailés, les résultats semblent indiquer que les pièges unicolores ("jaune bouton d'or") et bicolores (type de Moericke), se trouvant à des emplacements bien déterminés dans les biotopes, ont la même efficacité vis-à-vis des principales espèces aphidiennes vectrices de virus. Il est donc avantageux d'utiliser des boîtes jaunes en matière plastique, fabriquées en grande série, dont le prix de revient est évidemment beaucoup moins onéreux que des boîtes métalliques peintes en deux couleurs. Par ailleurs, le placement de tels pièges entre les alignements de la parcelle cultivée devrait fournir des données très précises sur l'incidence des vols des pucerons au niveau même de la culture. L'utilisation de supports mobiles assurant le maintien des pièges au sommet de la végétation est néanmoins une exigence qui s'impose pour garantir l'attractivité, car le nombre de pucerons capturés diminue très fort dans les pièges situés au-dessous de la hauteur des plantes de la pomme de terre (BROADBENT 1948).

Les trois principales espèces vectrices de virus, rencontrées dans les champs de pommes de terre à São Miguel, ont présenté une activité de vol saisonnière monomodale, marquée surtout par la présence d'un vol de contamination au printemps (cas de *A. solani* dans certains biotopes) ou d'un vol de dissémination en été (cas de *M. euphorbiae* et *M. persicae* dans tous les biotopes étudiés). Or d'après la littérature, *M. persicae* a un rythme d'activité de vol saisonnière bimodale, comme nous l'avons aussi constaté au Portugal continental, dans deux régions de production de pommes de terre de semence (CRUZ DE BOELPAEPE & RODRIGUES 1988). Le fait d'avoir observé aux Açores, dans le cas de cette espèce, une activité de vol saisonnière monomodale peut être attribué au placement tardif des pièges procédant des dates traditionnelles de plantation de la pomme de terre à São Miguel.

Parmi les vecteurs de virus susmentionnés, *M. euphorbiae* a été l'espèce prédominante, mais elle est cependant la moins efficace dans la transmission du virus persistant de l'enroulement (TAMADA & HARRISON 1981) et du virus Y (ROBERT 1981). Quant au danger que représentent les autres espèces vectrices, telles que *M. persicae* et *A. solani*, il dépend surtout de l'amplitude de leurs vols ainsi que de l'existence de foyers primaires ou secondaires d'infection virale (WOODFORD 1986). La faible fréquence de ces espèces dans les différents biotopes et l'absence de symptômes d'infection sont une garantie pour le maintien de l'état sain des cultures. Les tests sérologiques effectués sur les tubercules (M. Carneiro communication personnelle) ont confirmé nos observations indiquant l'absence du virus de l'enroulement dans les cultures. D'autre part, le brûlage des fanes de pommes de terre, exécuté 7 à 10 jours avant l'arrachage des tubercules, est le moyen préventif utilisé aux Açores pour réduire éventuellement le taux de translocation de virus vers les tubercules. Il est prudent de surveiller

régulièrement les champs exposés à l'action des vents (Achadinha do Nordeste à 550 m d'altitude), car le nombre de captures de *M. persicae* par piège et par semaine peut y atteindre un niveau relativement élevé.

La relation linéaire qui existe, pendant l'accroissement du vol de dissémination, entre le logarithme du nombre (+1) d'ailés de *M. euphorbiae* et les températures moyennes cumulées vient élargir l'éventail des relations déjà mentionnées dans la littérature (ROBERT & ROUZÉ-JOUAN 1978) pour d'autres espèces aphidiennes (*A. solani* et *M. persicae*). Sur la base de ce type de relation, il serait possible de déterminer de façon plus précise l'opportunité des traitements aphicides et aussi mieux fixer la date de défanage, avant le maximum du vol de dissémination.

A propos des conditions écogéographiques, il faut souligner que l'agroécosystème étudié se trouve dans une île plongée en plein océan Atlantique et située dans une zone d'anticyclone. Cela constitue au départ un facteur défavorable à l'immigration d'espèces nuisibles. A ne pas perdre de vue non plus que l'humidité relative très élevée qui caractérise de façon presque permanente l'atmosphère de l'île de São Miguel empêche le vol des pucerons.

En analysant l'influence de l'altitude sur l'activité saisonnière de vol des pucerons dans les champs de la variété Pentland Dell, on constate qu'une augmentation de 220 m au-dessus de 300 m d'altitude ne s'est pas traduite par une diminution de l'abondance des pucerons dans les pièges. Pour les deux champs non protégés de Désirée, la différence entre les nombres moyens de captures par piège n'a pas été non plus significative, bien que la fréquence d'ailés soit nettement elevée dans le champ situé à plus grande altitude. D'après certains auteurs (DIXON 1973), le réchauffement de la surface du sol est à l'origine des courants de convection qui peuvent emporter les pucerons à grande hauteur, même au-delà de 1500 m selon HURST (1969). Ainsi durant la saison chaude, l'altitude ne constituerait un obstacle aux invasions aphidiennes qu'à partir de niveaux très élevés. Cette situation ne peut guère être envisagée dans le cas de l'île de São Miguel où le relief montagneux n'atteint jamais de telles altitudes. Dans la couche atmosphérique située 1 à 3 m au-dessus du sol ("boundary layer"), les pucerons sont entraînés à grande hauteur par les vents de vitesse supérieure à 1 m/s (MÜLLER & UNGER 1951; KENNEDY & THOMAS 1974). En outre, à des vitesses de vent supérieures à 6,4 km/h - comme c'est souvent le cas à São Miguel -, les pucerons ne maîtrisant plus leur vol sont emportés sur de grandes distances (DAVIES 1939; BROADBENT 1948) hors du milieu insulaire.

En ce qui concerne les barrières végétales, nous avons montré que la présence d'un bois de *Cryptomeria japonica* peut contrarier les invasions aphidiennes s'il est orienté perpendiculairement à la direction des vents (cas du champ protégé de Maris Piper à 430 m d'altitude). Toutefois la préservation des cultures aurait été meilleure si la végétation attenante avait été plus compacte, car la circulation des ailés dans les sites protégés augmente avec la perméabilité de la barrière végétale (KENNEDY & THOMAS 1974). Les rideaux végétaux les plus efficaces dans la protection des cultures sont donc ceux que l'on a rencontré le moins souvent dans l'île, constitués d'arbrisseaux d'au moins trois mètres de haut et comprenant des espèces qui ne peuvent servir d'hôtes aux pucerons de la pomme de terre.

REMERCIEMENTS

J'exprime ma reconnaissance à Madame l'Ingénieur Manuela Carneiro, responsable de la Division de Protection agricole à la Station d'Agriculture de Ponta Delgada (Açores), pour toutes les facilités concédées dans le choix et la prospection des champs ainsi que pour l'assistante technique apportée par son personnel dans le dénombrement des pucerons. Je remercie sincèrement Monsieur le Professeur Vasco Garcia de m'avoir encouragée à entreprendre ces recherches, lorsque j'étais "assistante invitée" au Département d'Ecologie appliquée (Université des Açores) dont il était le directeur. Qu'il me soit permis de témoigner ma gratitude à Monsieur Robert De Boelpaepe pour l'appui et les bons conseils donnés tout au

long de ce travail. Mes remerciements vont aussi à Monsieur René Jadot, Chef de Travaux IRSIA au Centre de Lutte intégrée de la Station de Phytopathologie de l'Etat à Gembloux (Belgique) ainsi qu'au Dr Stan Finch, chercheur à la Section d'Entomologie de la National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick (Grande Bretagne) pour l'aide précieuse apportée dans la révision du texte.

RÉFÉRENCES

BLACKMAN, R. L. 1971. Variation in the photoperiodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulz.). - *Bulletin of Entomological Research* 60: 533-546.

BLACKMAN, R. L. 1974. Life cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom. Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. - *Bulletin of Entomological Research* 63: 595-607.

BONNEMAISON, L. 1951. *Contribution à l'étude des facteurs qui provoquent l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphididae.* Thèse Faculté des Sciences-Université de Paris.: 380 pp.

BROADBENT, L. 1948. Methods of recording aphid populations for use in research on potato virus diseases. - *Annals of Applied Biology* 35: 551-566.

CRUZ DE BOELPAEPE, M. O. 1978. *Protocolo de ensaio para o estudo da dinâmica das espécies de afideos vectoras de vírus em batata-semente.* Direcção Geral de Protecção da Produção Agrícola (Lisboa) P.D. 14/78: 1-14.

CRUZ DE BOELPAEPE, M. O. & M. I. RODRIGUES 1988. Population dynamics of aphids as vectors of potato viruses in Portugal. Proceedings of the CEC/IOBC Experts' Group Meeting / Rennes 20-22 November 1985. Pp. 257-273 in: CAVALORRO, R. & C. PELERENTS (Eds). *Progress on Pest Management in Field Vegetables.* A.A. Balkema. Rotterdam - Brookfield.

DAVIES, W. M. 1939. Studies on aphids infesting the potato crop. VII. Report on a survey of the Aphis population of potatoes in selected districts of Scotland (25 July-6 August 1936). - *Annals of Applied Biology* 26: 116-134.

DIXON, A. F. G. 1973. *Biology of aphids.* Studies in biology no. 44. Edward Arnold (Publishers), London 58 pp.

HARRINGTON, R. & R. W. GIBSON 1986. The use of aphid data in assessing the suitability of a potato crop as 'home saved' seed in Southern Britain. - *Virology Section Meeting of the European Association for Potato Research*, Cambridge, England, 15-19 September 1986.

HURST, G. W. 1969. Les aspects météorologiques des migrations des insectes. - *Endeavour* 28(104): 77-81.

KENNEDY J. S. & A. A. G. THOMAS 1974. Behaviour of some low-flying aphids in wind. - *Annals of Applied Biology* 76:143-159.

MOERICKE V. 1951. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulz.). - *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 3:23-24.

MÜLLER, H. J. & K. UNGER 1951. Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. II Über die Fluggewohnheit, besonders das sommerliche Schwärmen, von *Doralis fabae* und ihre Abhängigkeit vom Tagesgang der Witterungsfaktoren. - *Der Züchter* 21: 76-89.

PROSELER, G. & H. WEIDLING 1975. Die Retentionszeit von Stämmen des Kartoffel-Y-virus in verschiedenen Aphidenarten und Einfluss des Temperatur. - *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* 11: 335-345.

RABASSE, J. M. 1981. La protection contre les pucerons. Possibilités et modalités d'intervention de l'homme. *Journées d'études et d'information* - Les pucerons des cultures - Paris, 2, 3 et 4 mars 1981. - *ACTA*: 89-95.

ROBERT, Y. 1971. Épidémiologie de l'enroulement de la pomme de terre: capacité vectrice des stades et des formes des pucerons *Aulacorthum solani* (Kltb.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae*

(Sulz.) - *Potato Research* 14: 130-139.

ROBERT, Y. 1979. Recherches écologiques sur les pucerons *Aulacorthum solani* (Kltb.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae* (Sulz.) dans l'Ouest de la France. III. Importance du parasitisme par Hyménoptères Aphididae et par Entomophtora sur pomme de terre. - *Annales de zoologie-écologie animale* 11(3): 371-388.

ROBERT, Y. 1981. Les pucerons de la pomme de terre. *Journées d'études et d'information* - Les pucerons des cultures - Paris - 2, 3 et 4 mars 1981, *ACTA*: 195-212.

ROBERT, Y., J. M. RABASSE & J. ROUZÉ-JOUAN 1974. Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de pucerons en culture de pomme de terre. I. Influence de la hauteur de piégeage. - *Annales de zoologie écologie animale* 6: 349-372.

ROBERT, Y. & ROUZÉ-JOUAN 1976. Activité saisonnière de vol des pucerons (Hom. Aphididae) dans l'Ouest de la France. - *Entomophaga* 22: 373-382.

ROBERT, Y. & J. ROUZÉ-JOUAN 1978. Recherches écologiques sur les pucerons *Aulacorthum solani* (Kltb.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae* (Sulz.) dans l'Ouest de la France. I Etude de l'activité de vol de 1967 à 1976 en culture de pomme de terre. - *Annales de zoologie écologie animale* 10(2): 171-185.

SERVIÇO NACIONAL DE METEOROLOGIA 1970. *Clima de Portugal*, Lisboa, Mapa nº 53 - Ponta Delgada (1931-1960): 136-137.

SIGVALD, R. 1987. Aphid migration and the importance of some aphid species as vectors of potato virus Y (PVY) in Sweden. - *Potato Research* 30: 267-283.

TAMADA, T. & B. D. HARRISON 1981. Quantitative studies on the uptake and retention of potato leaf roll virus by aphids in laboratory and field conditions. - *Annals of Applied Biology* 98: 261-276.

WOODFORD, J. A. T. 1986. Control of potato leafroll virus in seed production. *Virology Section Meeting of the European Association for Potato Research*, Cambridge, England. 15-19 September 1986.

Accepté le 30 auguste 1989