

# Survie de *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae) aux conditions hivernales de la zone nord méditerranéenne

CANDICE DESCHAMPS & OLIVIER BONATO\*

IRD Centre de Biologie et de Gestion des Populations CBGP, Campus International de Baillarguet, CS 30 016,  
F-34988 Montferrier-sur-le-Lez cedex, France

\* Auteur pour la correspondance

**Abstract. Survival of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on the winter conditions of the north zone Mediterranean Sea.** The aim of this job was to study the influence of the winter temperatures on the survival of *B. tabaci* adults. The individuals are subjected to a cycle of temperatures which corresponds to temperatures noticed during 24 hours by one of the most cold days of the winter of the south of France (Perpignan). The evolution of these temperatures is reproduced in controlled conditions, and the individuals were subjected to one, three or four of these cycles. After a cycle of 24 hours, the rate of survival of the individuals is 73,5 % while that of the control is 85 %. After an exposure of 3 cycles, the rate of survival remained high (44,4 %). The probability to survive to 4 cycles of 24 hours is 7,4 %. The Mediterranean North seems to be a buffer zone for the establishment of the populations of *B. tabaci* because neither the regularly recorded minimal temperatures nor their length seem to be limiting factors.

**Résumé.** L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des températures hivernales sur la survie des *B. tabaci* adultes. Les individus sont soumis à un cycle de températures qui correspond aux températures observées pendant les 24 heures d'une des journées les plus froides de l'hiver du sud de la France (Perpignan). L'évolution de ces températures est reproduite en conditions contrôlées, et les individus sont exposés à un, trois ou quatre de ces cycles. Après un cycle de 24 heures, le taux de survie moyen des individus est de 73,5% alors que celui du lot témoin est de 85%. Après une exposition à 3 cycles, le taux moyen de survie reste encore relativement élevé (44,4%). Les chances de survivre à 4 cycles de 24 heures est de 7,4%. Le Nord méditerranéen semble être une zone tampon pour le maintien en extérieur des populations de *B. tabaci* car ni les températures minimales régulièrement enregistrées, ni leur durée, ne sont clairement limitantes.

**Keywords:** Invading species, limiting factor, winter temperature.

A cause des dommages directs ou indirects qu'il occasionne, *Bemisia tabaci* (Gennadius) est considéré depuis une quinzaine d'années comme un ravageur majeur pour un grand nombre de cultures sur l'ensemble de la planète (Oliveira *et al.* 2001). Bien que décrit pour la première fois en Grèce par Gennadius (1889), il semble que l'origine géographique exacte de *B. tabaci* soit le nord du Pakistan et le nord-ouest de l'Inde (Brown *et al.* 1996). *Bemisia tabaci* est un complexe d'espèces composé de différents groupes et biotypes (Perring 2001) répartis sur l'ensemble des continents (à l'exception de l'Antarctique) dans la plupart des zones tropicales, sub-tropicales mais également tempérées (Ko *et al.* 2002). L'établissement, le maintien et l'extension de cet insecte polyphage d'origine tropicale dans les zones tempérées semblent très fortement influencés par la température. En effet,

les températures basses sont considérées comme un facteur limitant majeur car elles entraînent un arrêt de l'oviposition et augmentent la mortalité des stades immatures et des adultes (Ohnesorge *et al.* 1980, 1981 ; Sharaf 1982). On trouve dans la littérature plusieurs expérimentations destinées à mesurer la résistance au froid de *B. tabaci* (Biotype B) (Zalom *et al.* 1995 ; Bosco & Caciagli 1998; Lacey *et al.* 1999 ; Simmons & Elsey 1995 ; Lin *et al.* 2007). Toutes montrent que les températures basses affectent négativement la biologie de l'aleurode, que l'œuf est le stade le plus résistant et l'adulte le plus sensible. Zalom *et al.* (1995) ont mené leur étude en conditions naturelles en Catalogne espagnole. Une période prolongée (7 jours) à une température variant de 0 à 4 °C entraîne une mortalité de tous les individus d'une population. Simmons et Elsey (1995) observent qu'à -10 °C, 90% des adultes provenant de Caroline du Sud (USA) sont tués en un peu moins d'une heure. D'après Lin *et al.* (2007), dix heures d'exposition à cette même température sont suffisantes pour tuer 100% des adultes, 88% des

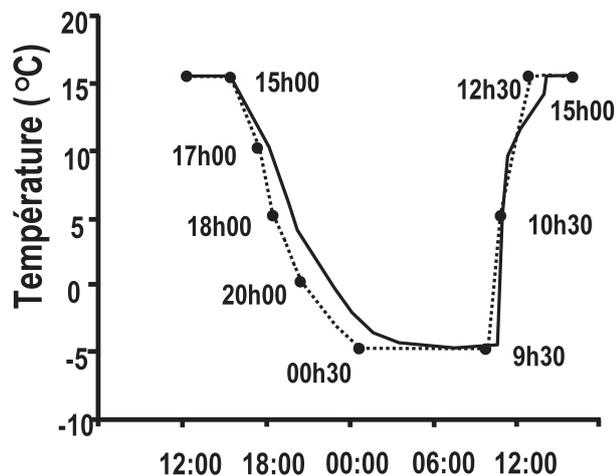
E-mail: bonato@mpl.ird.fr

Accepté le 25 mars 2010

immatures et 87% des œufs originaires de la Chine du Nord. Bosco et Caciagli (1998) constatent que 24 heures à 0 °C sont suffisantes pour tuer tous les adultes d'origine sarde. Les protocoles utilisés par ces différents auteurs ne sont pas identiques. En revanche, tous les individus testés ont subi deux chocs thermiques. En effet, dans leurs dispositifs expérimentaux, tous les auteurs ont fait passer les aleurodes d'une température ambiante (entre 24 et 26 °C selon les auteurs) aux températures froides (de 2 °C à -10 °C) en quelques secondes et inversement lorsque le temps d'exposition aux températures froides (de quelques heures à plusieurs jours) était atteint. Il est difficile dans ces conditions d'avoir une réelle idée de la part de mortalité à attribuer au seul dispositif expérimental de celle à attribuer à l'effet de la température proprement dite. L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des températures hivernales sur la survie des *B. tabaci* adultes. A la différence des travaux précédents, les individus sont soumis à un cycle de températures qui correspond aux températures observées pendant les 24 heures d'une des journées les plus froides de l'hiver du sud de la France (Perpignan). L'évolution de ces températures est reproduite en conditions contrôlées, et les individus sont exposés à un, trois ou quatre de ces cycles.

#### Matériel & méthode

L'expérimentation a été conduite sur chou-fleur (*Brassica oleracea*) var. *Nautilus* (Merveille de toutes saisons de Vilmorin®) car cet hôte de *B. tabaci* résiste relativement bien aux températures négatives. Les plantes, qui sont obtenues dans nos serres à partir de graines, n'ont reçu aucun traitement chimique. Les *B. tabaci* étudiés sont issus de l'élevage de masse



**Figure 1**  
Courbe des températures mesurées pendant 24 heures de la journée la plus froide de l'hiver 2005 à Montpellier (en pointillé) et courbe reproduite en conditions contrôlées (trait continu),

qui est conduit sur tabac au Centre de Biologie et Gestion des Populations (CBGP) depuis 2003 et dont les fondateurs (biotype Q, déterminés d'après la méthode de Gauthier *et al.* (2008)) proviennent des serres de production de la zone de Perpignan (Pyrénées Orientales, France).

Une analyse des relevés météorologiques de l'unité expérimentale de l'INRA d'Alenya (Pyrénées Orientales) de 2001 à 2005 montre que les mois les plus froids sont décembre, janvier et février. La température minimale nocturne, atteinte de manière sporadique au cours de ces mois, est de -5 °C. Au cours de la journée précédant ce minimum, la température observée est généralement comprise entre 10 et 15 °C. La courbe de référence retenue pour nos essais représente les températures extérieures enregistrées par le système de régulation des serres du CBGP du 14 au 15 décembre 2005 dont le maximum était 15 °C et le minimum -5 °C (Fig.1). Ce cycle de température est reproduit en laboratoire à l'aide d'un phytotron et d'un congélateur. Pour cela, les plants de choux sont placés par deux dans une boîte isotherme en polystyrène (L : 50 cm × l : 30 cm × h : 30 cm) avec deux blocs réfrigérants non congelés. La boîte est placée ouverte et sans couvercle dans le phytotron à 15 °C pendant 3 heures. Les 3 heures suivantes vont permettre le passage de 15 °C à 5 °C. A l'issue de ce temps, la boîte est refermée, sortie du phytotron, puis placée dans un congélateur à -18 °C pendant 15h30. Les plants sont ensuite sortis de la boîte puis replacés dans le phytotron dont la température est de 5 °C. La remontée en température de 5 °C à 15 °C se déroule en 2h30 et le cycle de 24 heures est achevé (Fig. 1). Chaque boîte est dotée d'une sonde (Vaissala) reliée à une centrale d'acquisition (Campbell) qui permet de contrôler et d'enregistrer la température pour un intervalle de temps donné (2 minutes dans nos essais).

Pour limiter les biais dus à l'âge des individus, les essais sont réalisés avec de jeunes adultes émergents, âgés au plus de 24 heures. Pour cela, une feuille de tabac présentant un grand nombre de larves au stade L4 (dernier stade pré-imaginal) est prélevée dans l'élevage puis placée dans une boîte (beurrer) sur un papier humidifié. Les adultes éventuellement présents sont éliminés et la boîte refermée. Le jour suivant, les adultes qui ont émergé sont prélevés et placés par groupe de 5 à 10 dans 1 tube à hémolyse. Un nouveau contrôle est effectué sous loupe binoculaire pour éliminer les individus morts lors du prélèvement et déterminer le nombre total de vivants. Pour chaque tube, les individus sont endormis avec du CO<sub>2</sub> puis déposés dans un clip-cage (Muniz & Nombela 2001) qui sera pincé sur une feuille de chou. Environ 65 individus sont testés par modalité et chaque modalité est répétée une fois.

La survie des adultes a été testée pour 3 modalités différentes : un cycle de 24 heures (courbe de référence), 3 cycles successifs de 24 heures et 4 cycles successifs de 24 heures. Pour estimer la survie, le contenu de chaque clip est déposé, après endormissement au CO<sub>2</sub>, sur un disque de feuille de tabac d'un diamètre de 55 mm. Ce disque a été placé préalablement sur du coton humidifié dans une boîte de Pétri. La boîte de Pétri est refermée et un premier comptage des individus encore endormis est effectué sous loupe binoculaire pour s'assurer que tous les individus ont été transférés et que le clip-cage est vide. La boîte est ensuite placée dans une chambre climatique maintenue à une température constante de 25 °C. Un deuxième comptage est effectué 24 heures après pour déterminer le nombre de morts et de vivants ainsi que leur sexe (valeur qui sert de base aux calculs de survie). Parallèlement à chaque test, un essai témoin est réalisé. Les manipulations sont les mêmes, mais les

plants sont pendant la durée de l'essai (1, 3 ou 4 cycles de 24h) placés dans une chambre d'élevage à une température constante de 25 °C, une humidité relative de 60% et une photophase de 12 heures. Pour chaque cycle, la survie des individus soumis au cycle est comparée à celle des individus témoins correspondants à l'aide d'un test de  $\chi^2$ . Pour l'ensemble des modalités testées, la valeur du risque  $\alpha$  (= 0,05) et le nombre de degrés de liberté ( $\nu = 1$ ) restent constants et l'effectif  $n$  est toujours supérieur à 40. En conséquence, la valeur du  $\chi^2$  théorique calculé pour ces paramètres ( $\chi^2_{(0,05;1)} = 3,84$ ) reste la même pour l'ensemble des comparaisons : si la valeur du  $\chi^2$  calculé est inférieure à celle du  $\chi^2$  théorique, c'est-à-dire à 3,84, on accepte, au risque  $\alpha$  de 5%, que les différences ne sont pas significatives.

## Résultats

Les résultats obtenus (Tab. 1) montrent que pour un cycle de 24 heures, le taux de survie moyen des individus est de 73,5% alors que celui du lot témoin est de 85%. L'écart, relativement faible, indique qu'une nuit de froid de plein hiver ne semble pas suffisante pour affecter significativement la survie des populations ( $\chi^2 = 3,60$ ,  $n = 179$ ,  $p > 0,05$ ). Si l'on observe les taux obtenus en fonction du sexe, il est intéressant de constater que la survie des femelles testées (84,5%) est significativement supérieure à celle des mâles (63,5%) ( $\chi^2 = 5,91$ ,  $n = 122$ ,  $p < 0,05$ ). En revanche, aucune différence significative ( $\chi^2 = 3,08$ ,  $n = 59$ ,  $p > 0,05$ ) n'est obtenue entre les taux de survie femelles et mâles de la population témoin, qui sont respectivement de 93,1 et 76,7 %. La différence entre la survie des mâles testés et celle des mâles témoins n'est pas significative ( $\chi^2 = 1,61$ ,  $n = 93$ ,  $p > 0,05$ ). Un résultat identique est obtenu entre la survie des femelles testées et celle des femelles témoins ( $\chi^2 = 1,66$ ,  $n = 88$ ,  $p > 0,05$ ).

Après une exposition à 3 cycles donc à 3 pics de froid successifs, le taux moyen de survie reste encore relativement élevé (44,4%). Contrairement au cycle de 24 heures, la différence entre le pourcentage de mortalité de la population testée (55,6%) et celui de la population témoin (83%) est significative ( $\chi^2 = 27,8$ ,  $n = 173$ ,  $p < 0,05$ ). Par contre, aucune différence n'est observée entre la survie des mâles et celle des femelles, que ce soit pour la population testée ( $\chi^2 = 2,49$ ,  $n = 113$ ,  $p > 0,05$ ) ou la population témoin ( $\chi^2 = 3,08$ ,  $n = 59$ ,  $p > 0,05$ ). En toute logique, les différences entre mâles testés et mâles témoins, et entre femelles testées et femelles témoins sont significatives ( $\chi^2_{\text{mâles}} = 11,9$ ,  $n = 88$ ,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2_{\text{femelle}} = 13,9$ ,  $n = 84$ ,  $p < 0,05$ ).

En ce qui concerne 4 cycles, les 24 heures supplémentaires ont eu un impact important sur le taux de survie puisque moins de 10% des individus ont survécu aux quatre pics de froid successifs. Les chances de survivre à 4 cycles de 24 heures sont, comparées au témoin, diminuées d'un facteur 10. La différence entre

la population testée (7,4%) et la population témoin (82,6%) est significative ( $\chi^2 = 94,3$ ,  $n = 163$ ,  $p < 0,05$ ). Les autres résultats sont similaires à ceux déjà obtenus dans l'essai « 3 cycles de 24h » ci-dessus, à savoir : pas de différence entre la survie des mâles et des femelles, pour les deux populations testées ( $\chi^2_{\text{testés}} = 2,01$ ,  $n = 94$ ,  $p > 0,05$ ;  $\chi^2_{\text{témoins}} = 2,4$ ,  $n = 69$ ,  $p > 0,05$ ); des différences significatives entre testés et témoin pour chaque sexe ( $\chi^2_{\text{mâles}} = 46,2$ ,  $n = 83$ ,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2_{\text{femelle}} = 47,9$ ,  $n = 80$ ,  $p < 0,05$ ).

## Discussion

Chaque cycle de 24 heures auquel sont exposés les aleurodes lors de nos essais comporte 12 heures à des températures négatives dont plus de la moitié (6h40) correspond aux plus froides (entre -3 et -5 °C). Les résultats que nous avons obtenus sont différents de ceux des autres auteurs et à cause des raisons évoquées plus haut (biotype différent, dispositifs expérimentaux, méthodologies et chocs thermiques), il semble difficile de donner un réel sens à une comparaison. Nos essais montrent une bonne capacité de la population adulte à se maintenir pendant trois nuits successives de froid avec un taux de survie proche de 50%. Les individus que nous avons testés proviennent d'un élevage de masse

**Tableau 1.** Survie des *Bemisia tabaci* adultes soumis à 1, 3 ou 4 cycles de 24 heures de températures correspondantes aux températures hivernales mesurées en Roussillon (maxi 15 °C et mini -5 °C).

A et B sont les répétitions réalisées pour chaque cycle. Le « témoin » correspond aux individus placés pendant la durée de l'essai (24, 72 ou 96 heures) à une température constante de 25 °C, une humidité relative de 60% et une photophase de 12h.

	Nbre initial d'individus testés	Survie totale (%)	Survie des femelles (%)	Survie des mâles (%)
<b>1 cycle de 24 h</b>				
A	65	73,7	87,5	63,6
B	67	73,4	82,4	63,3
A+B	132	73,5	84,5	63,5
Témoin	65	85,3	93,1	76,7
<b>3 cycles de 24 h</b>				
A	70	43,9	51,9	36,7
B	73	46,4	54,0	39,2
A+B	143	44,4	52,3	37,9
Témoin	65	83,9	92,1	76,3
<b>4 cycles de 24 h</b>				
A	62	6,4	16,6	0
B	68	8,5	8,0	9,1
A+B	130	7,4	11,6	3,9
Témoin	71	82,6	89,2	75,0

dont les fondateurs sont originaires de serres chauffées et l'on peut s'interroger sur la capacité à résister au froid d'individus directement prélevés en plein champ. Il semble très probable que les caractéristiques physiologiques seraient similaires car les *B. tabaci* ne sont retrouvés en extérieur que lorsque les températures sont favorables (été – début de l'automne) et ils sont issus de populations ayant passé l'hiver à l'intérieur des serres chauffées donc n'ayant pas été soumises à une pression de sélection au froid. L'hypothèse d'un maintien des populations au champ durant les hivers particulièrement doux en zone nord méditerranéenne, pour lesquels les pics de froid n'excèdent jamais  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , est réaliste contrairement aux prévisions de Reynaud (2000) qui estimait nulle la possibilité d'hivernation de *B. tabaci* dans le sud de la France. Si l'on se réfère aux enregistrements climatiques réalisés par la station d'Alénya (fournis par la Bioclimatologie du centre INRA d'Avignon) au cours des 5 années successives de 2001 à 2005, il semblerait que les populations de *B. tabaci* aient pu survivre durant les hivers 2003 et 2004 car les pics de froids n'ont jamais excédé  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  et qu'il n'y a pas eu d'épisode à répétition de ces pics. En revanche, les autres hivers affichent tous des périodes pouvant être fatales. Les nuits les plus froides atteignent rarement  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (une seule nuit à  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  en décembre 2001 et une nuit à  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en mars 2005) mais le nombre de nuits successives à des températures négatives (entre -1 et -3) dépasse souvent 4 jours.

Le Nord méditerranéen semble être une zone tampon pour le maintien en extérieur des populations de *B. tabaci* car ni les températures minimales régulièrement enregistrées, ni leur durée, ne sont clairement limitantes. La probabilité que les aleurodes survivent en plein champ durant un hiver est dépendante des fluctuations thermiques en accord avec les observations de Bosco et Caciagli (1995) et Gerling (1983). Le risque d'une persistance définitive des aleurodes en extérieur en zone nord méditerranéenne durant l'hiver est accentué par la présence de serres chauffées dans lesquelles les *B. tabaci* se reproduisent, par le réchauffement climatique déjà amorcé et enfin par une possible adaptation de la mouche blanche aux températures plus basses.

## Références

- Bergh J.C., Perring T.M., Leblanc J.P.R. 1995. Identification of silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* Bellow and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) in Nova Scotia greenhouses. *Canadian Entomologist* **127**: 141-192.
- Bosco D., Caciagli P. 1998. Bionomics and ecology of *Bemisia tabaci* in Italy. *European Journal of Entomology* **95**: 519-527.
- Brown J.K., Frohlich D.R., Rosell R.C., Bedford I.D., Markam P.J. 1996. The relevance of variability within the *Bemisia tabaci* species complex to epidemics caused by the subgroup III gemnivirus, p. 77-89 in: Gerling D., Mayer R.T. (eds.), *Bemisia* 1995. *Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, Andover.
- Gauthier N., Dalleau-Clouet C., Bouvret, M.E. 2008. Twelve new polymorphic microsatellite loci and PCR multiplexing in the whitefly *Bemisia tabaci*. *Molecular Ecology Resources* **8**: 1004-1007.
- Gennadius P. 1889. Disease of tobacco plantations in the Trikonía. The aleyrodid of tobacco. *Ellenike Georgia* **5**: 1-3.
- Gerling D. 1983. Overwintering of *Bemisia tabaci* in Israel. *Phytoparasitica* **11**: 65.
- Ko C.C., Chen C.N., Wang C.H. 2002. A review of taxonomic studies on the *Bemisia tabaci* species complex. *Formosan Entomologist* **22**: 307-341.
- Lacey L.A., Millar A., Kirk A., Perring T.M. 1999. Effect of storage temperature and duration on survival of eggs and nymphs of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and pupae of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Annals of the Entomological Society of America* **92**: 430-434.
- Lin K., Wu K., Zhang Y., Guo Y. 2007. Overwintering and population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype B in greenhouse during the spring in northern China. *Crop Protection* **26**: 1831-1838.
- Muniz M., Nombela G. 2001. *Bemisia tabaci* : A new clip-cage for biological study. *European Whiteflies Studies Network Part A5*: 1-2.
- Ohnesorge N., Sharaf N., Alawi T. 1980. Population studies on the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* during the winter season. I. The special distribution on some plants. *Journal of Applied Entomology* **90**: 226-232.
- Ohnesorge N., Sharaf N., Alawi T. 1981. Population studies on the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* during the winter season. II. Some mortality factors of the immature stages. *Journal of Applied Entomology* **92**: 127-136.
- Oliveira M.R.V., Henneberry T.J., Anderson P. 2001. History, current status, and collaborative projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* **20**: 709-723.
- Perring, T.M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection* **20**: 725-737.
- Reynaud P. 2000. L'aleurode *Bemisia tabaci* en France. Situation actuelle et possibilités de développement. *Phytoma* **527**: 18-21.
- Sharaf N.S. 1982. Factors limiting the abundance of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* on tomatoe during the spring season in the Jordan valley. *Disarat* **9**: 97-103.
- Simmons A.M., Elsey K.D. 1995. Overwintering and cold tolerance of *Bemisia argentifolii* in Coastal South Carolina. *Journal of Entomological Science* **30**: 497-506.
- Zalom F.G., Castañé C., Gabarra R. 1995. Effect of chilling of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) infesting cabbage. *Journal of Entomological Science* **31**: 39-51.