

L'effet de quatre variétés de pommier sur la biologie et la démographie de l'acararien rouge: Table de vie à deux sexes de *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae)

S. OUASSAT¹, L. ALLAM¹, A. OUAHBI¹ et S. KREITER²

(Reçu le 11/11/2018; Accepté le 31/07/2019)

Résumé

L'effet de quatre variétés de pommier sur le développement et la reproduction de Tétranyque rouge de pommier *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Prostigmata: Tetranychidae) a été étudié sous conditions contrôlées de 25 ± 1 °C, humidité relative de 65 ± 5 % et photopériode de 16:8 (L:D). Les tables de vie à deux sexes de *P. ulmi* sur Golden delicious, Red Shief, Jeromine et la variété Gala ont été construites. En se basant sur les valeurs élevées de fécondités (38,5 et 35,1 œufs/femelle) et les taux intrinsèques de croissance (rm) de 0,1643 et 0,1521 jour⁻¹, *Panonychus ulmi* s'est mieux développé sur Golden delicious et Red Shief que les autres variétés testées. Les résultats montrent aussi que le temps de développement total des femelles immatures était plus court sur Golden delicious (11,2 jours). La survie des immatures a été significativement élevée sur Golden Delicious, Jeromine et Red Shief (79,1; 76,5 et 72,3 %, respectivement) et faible sur la variété Gala (64,5 %). A la lumière de ces résultats, *Panonychus ulmi* se développe et se reproduit rapidement sur les variétés de Golden Delicious et Red Shief parmi les quatre variétés testées. L'établissement des tables de vie à deux sexes de *P. ulmi* sur les variétés de pommier facilite la gestion raisonnée de cet acararien phytophage conformément aux principes de la gestion intégrée.

Mots clés: *Panonychus ulmi*, table de vie, pommier, fécondité, développement, reproduction.

Effect of four apple varieties on the biology and demography of the red mite

Abstract

The effect of four apple varieties on the development and reproduction of the European red spider mite *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Prostigmata: Tetranychidae) was studied under the controlled conditions of 25 ± 1 °C, Relative Humidity of 65 ± 5 % and photoperiod of 16:8 (L:D). The age-stage two-sex life tables of *P. ulmi* on Golden Delicious, Red Shief, Jeromine and Gala varieties were constructed. Based on higher values of fecundities (38.5 and 35.1 eggs / female) and the intrinsic rates of increase (rm) of 0.1643 and 0.1521 day⁻¹, *Panonychus ulmi* developed better on Golden Delicious and Red Shief among the varieties tested. Results show that the developmental time of female adults was shorter on Golden delicious and (11.2 days). Immature survival of *P. ulmi* was significantly higher on Golden delicious, Jeromine and Red Shief (79.1, 76.5 and 72.3 %, respectively), and lower on the Gala variety (64.5 %). In the light of these results, *Panonychus ulmi* develop and reproduce quickly on Golden Delicious and Red Shief varieties among the four varieties tested. Establishment of two-sex life tables of *P. ulmi* on apple varieties facilitates the rational management of this phytophagous mite according to the principles of integrated management.

Keywords: *Panonychus ulmi*, life table, apple, fecundity, Development, Reproduction.

INTRODUCTION

Le Tétranyque rouge de pommier, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), est l'un des acariens ravageurs largement distribué dans le monde (Auger *et al.*, 2003; Kramer et Nauen, 2011; Hoy, 2016). *P. ulmi* se déplace et suce la sève élaborée sur le feuillage, le plus souvent sur la face inférieure des feuilles, et ses attaques durables réduisent l'accumulation de nutriments de l'arbre hôte (Hardman *et al.*, 1985). Les dommages dus aux tétranyques rouges se traduisent par une taille plus petite de fruit, une couleur pale du feuillage et une nouaison inférieure à la saison suivante (Palevsky *et al.*, 1996).

Au Maroc, *P. ulmi* a été observé pour la première fois dans trois vergers de pommier importés de l'Europe (Saba, 1974a, 1974b). Son invasion s'est élargie avec l'extension de la pomiculture et la variation des facteurs de sa dissémination. Aujourd'hui, ce ravageur pourrait être présent dans la quasi-totalité des vergers marocains (Vicente *et al.*,

2003), et souvent en association avec d'autres espèces de genre *Tetranychus* (Tixier *et al.*, 2003).

Le premier objectif de cette étude est de fournir les informations nécessaires sur la reproduction et le développement de *P. ulmi* sur quatre variétés de pommier (Jeromine, Red Shief, Golden Delicious, et la variété Gala), pour comprendre les effets de ces systèmes variétaux sur la biologie et la démographie du tétranyque rouge. Nous enchaînons notre résultat à ceux obtenus des études antérieures réalisées sur d'autres variétés (Herbert, 1981; Hardman *et al.*, 1985; Sabelis, 1991; Palevsky *et al.*, 1996; Gotoh *et al.*, 2003; Yin *et al.*, 2013) afin de montrer les différences correspondant à l'effet de la variété sur la biologie de *Panonychus ulmi*, et aussi bien en comparant avec le comportement d'autres espèces de la famille des Tetranychidae (Guo *et al.*, 2013; Bayu *et al.*, 2017). Notre second objectif est de construire sa table de vie qui est un puissant outil de gestion par le biais de l'information sur la survie, la fécondité et la durée de développement selon

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc
² Montpellier SupAgro, UMR CBGP INRA/IRD/CIRAD/SupAgro, France

le stade de l'âge de deux sexes. Dans ce document, nous rapportons nos résultats et nous expliquons par la suite l'importance scientifique de la table de vie à deux sexes contrairement à celle basée sur la population féminine uniquement dans l'étude de la dynamique de la population d'un organisme phytophage.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Élevage de *Panonychus ulmi*

Des échantillons de Tétranyque rouge *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) ont été collectés séparément sur quatre variétés différentes de pommiers dans le verger Arbor, Oulmès, Maroc (33° 26' 19.6 N, 5° 58' 35.7 W). Toutes les plantations des parcelles échantillonnées ont les mêmes âges (12 ans) et historiques phytosanitaires semblables. Les acariens ont été élevés pendant au moins trois générations sur 4 lots de jeunes plantes d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), numérotés et assignés à chaque variété du champ. L'élevage des populations de *Panonychus ulmi* est réalisé sous les conditions ambiantes de l'été.

Montage expérimental

Les expériences sont réalisées sur des disques foliaires de chaque variété de 3 cm de diamètre, à raison de 10 répétitions pour chaque variété. Chaque disque foliaire est déposé sur un tapis de coton imbibé d'eau dans une boîte de pétri en polystyrène stérile et a reçu 10 individus adultes de *P. ulmi* (5 femelles et 5 mâles). Le bord de la feuille a été recouvert de coton humidifié pour empêcher les acariens de s'échapper et pour garder la feuille fraîche. Au cours des expériences, quelques gouttes d'eau sont ajoutées pour éviter le dessèchement du support et les disques de feuilles ont été remplacés tous les 3 jours. Finalement, quatre colonies originales de *P. ulmi* ont été établies et étudiées, chacune sur sa variété de champ. Tout le dispositif expérimental a été maintenu à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, humidité relative de $65 \pm 5\%$ et une photopériode de 16:8 (L:D).

Temps de développement et survie des immatures

Pour déterminer le temps de développement et le taux de survie à chaque stade de vie de *P. ulmi*, les cinq femelles de chaque disque foliaire ont été laissées à pondre pendant 24 h, puis un seul œuf a été retenu après avoir retiré les mâles, les femelles et les autres œufs. Au total, 40 œufs ont été suivis (10 œufs sur chaque variété). L'œuf a été observé chaque jour jusqu'à l'éclosion. La larve nouvellement émergée est observée quotidiennement et transférée sur un disque de feuille fraîche. La durée de développement et la survie de l'œuf, de la larve, de la protonympe et de la deutonympe ont été enregistrées.

Reproduction et longévité des adultes

40 jeunes femelles fécondées ont été suivies au total, à raison de 10 répétitions sur chaque variété, les œufs pondus sont comptés et enlevés quotidiennement. L'expérience est terminée lorsque tous les acariens de la cohorte sont morts.

Construction de table de vie

Les tables de vie à deux sexes par stade de l'âge ont été construites selon la méthode décrite par (Chi, 1988) en tenant compte de l'ensemble de la cohorte (y compris les femelles, les mâles et les individus mourant au stade immature). Les données brutes de tous les individus ont été analysées conformément à la théorie des tables de vie par âge et par sexe de (Chi et Liu, 1985) en utilisant le programme TWSEX-MSChart, basé sur des Algorithmes de calcul rapide de nombreux paramètres de la table de vie. Les résultats sont donnés sous forme de matrices comportant les valeurs des taux de survie spécifique à l'âge $S(x,j)$ avec x = âge en jours et j = stade. La fécondité par stade d'âge $F(x,j)$; le taux de survie par âge (l_x), la fécondité par âge (m_x); l'espérance de vie spécifique au stade d'âge $E(x,j)$, la valeur de la reproduction spécifique au stade d'âge $V(x,j)$ et les paramètres démographiques de la population (r_m , le taux intrinsèque de croissance; λ , le taux fini de croissance; R_0 , le taux potentiel de reproduction; T , le temps moyen de génération). Le taux intrinsèque (r_m) a été estimé à l'aide de la formule d'Euler-Lotka:

$$\sum_{x=0}^{\infty} l_x \cdot m_x \cdot e^{-r(x+1)} = 1$$

Avec x = âge indexé à partir de 0

Le taux de survie à chaque stade d'âge (l_x) et le taux de fécondité (m_x) ont été calculés à l'aide des formules suivantes:

$$l_x = \sum_{j=0}^{\infty} S_{xj}$$

Le temps moyen de génération (T) est défini comme la période nécessaire pour qu'une population se reproduise

$$m_x = \sum_{j=1}^m S_{xj} \cdot f_{xj} / \sum_{j=1}^m S_{xj}$$

pour atteindre R_0 fois de sa taille à mesure que le temps se rapproche de l'infini. Ce paramètre est calculé selon cette formule: $T = (\ln R_0) / r_m$. L'espérance de vie au stade d'âge $E(x,j)$ chez les individus de l'âge x et du stade j est calculée selon la méthode décrite par Chi et Su (2006).

La limite d'application de ce modèle est que la réplication est souvent peu pratique car l'étude des tables de vie prend plus de temps (Huang and Chi, 2012; Yu *et al.*, 2013) ont proposé la méthode du bootstrap pour estimer les moyennes et les erreurs standard des paramètres de population. Sur la base de cette procédure, nous avons sélectionné au hasard n individus de la cohorte avec remplacement et calculé les paramètres de population, n étant la taille de la cohorte utilisée au début de l'étude de la table de vie. Le nombre total d'itérations bootstrap était de 100 000 fois. Le test de Tukey-Kramer a été par la suite utilisé pour comparer la significativité des différences entre les résultats.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour comprendre l'effet combiné de la variété et de la température sur la biologie de tétranyque rouge, plusieurs études ont été entretenues dans ce cadre. Notre étude de la biologie de *Panonychus ulmi* a été menée 25°, 65 ± 5 % d'humidité relative et photopériode de 16:8 (L:D) h. Le choix de la température testée dans cette étude n'est pas arbitraire, car elle correspond à la température moyenne enregistrée au Maroc pendant la première période de la saison (Avril, Mai et Juin). Les expériences se sont répétées sur une cohorte de 10 adultes de *Panonychus ulmi*, pour établir la table de vie complète à deux sexes, afin de savoir comment cette espèce se reproduit à cette température sur quatre variétés de pommier (Golden delicious, Jeromine, Red Shief et la variété Gala). L'acquisition de ces informations permet de mieux optimiser la gestion de ce ravageur selon des normes conformes à une gestion raisonnée. Durant les expériences, toutes les informations sur la biologie et la démographie des populations de *Panonychus ulmi* testées ont été extraites à partir de l'individu comme étant l'élément central. (Royama, 1992).

L'un des points solides de ce modèle à deux sexes est l'intégration de la population féminine et masculine dans la construction des tables de vie de Tétranyque rouge de pommier à différents stades de développement. Les tables de vie classiques ne tiennent en compte que la population des femelles et ignorent la population masculine. Dans la table de vie classique d'un insecte, le taux de fécondité et de survie sont calculés en négligeant le taux de développement variable chez les individus entre les deux sexes (Birch, 1948), cette négligence affectera les performances du concept et de l'analyse des premières tables de vie. Les tables de vie à deux sexes accordent donc un intérêt aux deux sexes et tiennent en compte le taux de développement qui varie selon les individus (Kavousi et al., 2009).

Biologie de *P. ulmi*

Développement

Bien que le temps de développement des œufs de *P. ulmi* soit significativement plus court sur Golden delicious et Red Shief que sur les deux autres variétés ($P < 0,05$), les durées de développement depuis le stade larvaire jusqu'au stade deutonymphe n'ont pas montré de différence significative sur toutes les variétés hôtes ($P > 0,05$). Cette similitude observée est expliquée par le fait que les variétés de pom-

mier testées n'influencent pas le développement des formes larvaires de *Panonychus ulmi*, plutôt que le temps entier de développement des stades immatures de deux sexes. Au stade deutonymphe, les différences entre les individus qui donneront des mâles et ceux qui donneront des femelles s'établissent nettement (Gutierrez, 1976). Le temps de développement des immatures femelles sur Golden delicious était significativement plus court que ceux obtenus sur les autres variétés ($P < 0,05$), en raison des durées de vie plus courtes des œufs et les larves sur ce cultivar (Tableau 1). Exception faite de la variété Gala, les durées des immatures femelles sont significativement plus longues que celles des mâles sur les autres variétés expérimentées.

La différenciation des stades de développement et la survie des individus de *P. ulmi* à chaque stade de vie est montrée graphiquement (Figure 1). Sur toutes les variétés, les stades de développement se chevauchent au cours d'une génération. Les probabilités de survie obtenues et les durées de développement de chaque stade montrent des petites différences d'une variété à l'autre.

Les taux de survie des individus à chaque stade de développement sont donnés sous forme de la matrice $S(x,j)$ qui rassemble toutes les probabilités qu'un nouveau-individu survive jusqu'à l'âge x au stade j . Pour les deux sexes de *Panonychus ulmi*, les probabilités qu'un œuf pondu survive jusqu'au stade adulte sont similaires sur les quatre variétés, les valeurs obtenues sont 0,42; 0,40; 0,46 et 0,41 pour les femelles et 0,30; 0,28; 0,33 et 0,26 pour les mâles respectivement sur Gala, Red Shief, Jeromine et Golden Delicious.

Les résultats publiés ont montré que la biologie de deux sexes de Tétranyque rouge de pommier est inversement proportionnelle à la Température. D'autres facteurs influencent le développement et la reproduction des Tétranyques rouges, notamment le taux d'humidité et la concentration d'Azote chez chaque variété hôte (Wermelinger et al., 1992).

Les durées de développement des immatures de *Panonychus ulmi* obtenues par (Herbert, 1981) sur la variété Golden à 15, 18 et 21°C, sont respectivement 31,2; 20,5 et 14 jours pour les femelles tétis que 21,9; 19,6 et 12,8 jours pour les mâles. Les travaux d'(Yin et al., 2013) à 23°C sur quatre variétés de pommier ont abouti à des durées de développement des immatures allant de 11,2 à 12,9 jours. Ce résultat est proche à celui obtenu dans notre étude (de 10,5 à 11,8 jours) (Tableau 1). Cependant, les

Tableau 1. Le temps de développement et le taux de survie pour les stades de vie de *Panonychus ulmi* sur quatre variétés à 25 ± 1°C, 65 ± 5% HR et photopériode de 16:8 (L:D)h

Statistiques	Red Shief	Jeromine	Gala	Golden Delicious
Temps de développement (jours)				
Œuf	4,67 ± 0,23 ab	5,11 ± 0,21 a	4,92 ± 0,21 a	4,2 ± 0,12 b
Larve	1,93 ± 0,12 a	1,86 ± 0,07 ab	1,81 ± 0,10 ab	1,26 ± 0,06 b
Protonymphe	1,94 ± 0,11 a	1,96 ± 0,06 a	1,87 ± 0,09 a	1,54 ± 0,11 b
Deutonymphe	2,16 ± 0,09 a	2,18 ± 0,09 a	2,25 ± 0,11 a	2,04 ± 0,11 b
Larve-deutonymphe	6,51 ± 0,05 a	6,61 ± 0,05 a	6,48 ± 0,25 a	6,39 ± 0,31 a
Durée totale des immatures (jours)				
Femelle	11,63 ± 0,08 a	11,80 ± 0,12 a	11,75 ± 0,05 a	11,22 ± 0,26 b
Mâle	10,97 ± 0,46 ab	10,83 ± 0,13 ab	11,56 ± 0,15 a	10,49 ± 0,42 b
Survie des immatures (%)	72,32 ± 9,51 ab	76,48 ± 9,32 a	64,52 ± 5,77 b	79,14 ± 5,86 a

Les valeurs moyennes ± ES (Erreur Standard), suivies de lettres en minuscules indiquant respectivement les différences significatives au niveau de 5% en utilisant le test de Tukey-Kramer.

paramètres biologiques et démographiques spécifiques de six espèces du genre *Panonychus* à 25 °C ont été rapportés par (Gotoh *et al.*, 2003), les durées de développement des immatures de *Panonychus ulmi* sont 11,8 jours pour les femelles et 10,4 jours pour les mâles. Les immatures de *P. citri* semblent avoir des durées de développement proches de *P. ulmi* (11,6 jours pour les femelles et 10,8 jours pour les mâles), alors que celles de *P. mori*; *P. osmanthi* sont relativement longues.

Dans notre étude, le temps de développement le plus court a été obtenu sur Golden delicious en raison des courtes durées des stades de vie enregistrées sur cette variété. Les taux de survie des stades immatures de *P. ulmi* obtenus varient de 64,5 % sur Gala à 79,1 sur Golden delicious. Ce résultat obtenu est proche de la valeur de 70% pour *P. ulmi* trouvée sur la variété Delicious à 21°C, 80% HR et 16:8 (L:D) h (Herbert, 1981). Tous les résultats cités prouvent que la durée de développement de *Panonychus ulmi* selon le stade de l'âge.

Reproduction

Le tableau 2 présente les durées de l'oviposition et les valeurs de longévité et de fécondité des femelles de *P. ulmi*. Le test de Tukey-Kramer au niveau de 5 % montre une différence significative entre les périodes de préoviposition (APOP) des femelles sur les variétés de pommier (P<0,05). La préoviposition la plus courte a été enregistrée sur Golden delicious (1,1 jours). La durée moyenne totale des périodes de préoviposition (TPOP), ou la somme des temps de développement depuis le stade œuf jusqu'à la première ponte est significativement supérieure sur la variété Gala (12,2 jours) que celles des autres variétés. L'oviposition et la longévité des adultes femelles sur Golden Delicious sont les plus longues et très différentes de celles de Gala, mais pas significativement de celles de Jeromine et de Red Shief. La fécondité totale par femelle est significativement plus élevée chez Golden Delicious (38,5 œufs par femelle) que Gala (18,1 œufs par femelle), tandis qu'elle est moins significative en comparant avec celles obtenues sur Jeromine (33,5 œufs par femelle) et sur Red Shief (35,14 œufs par femelle).

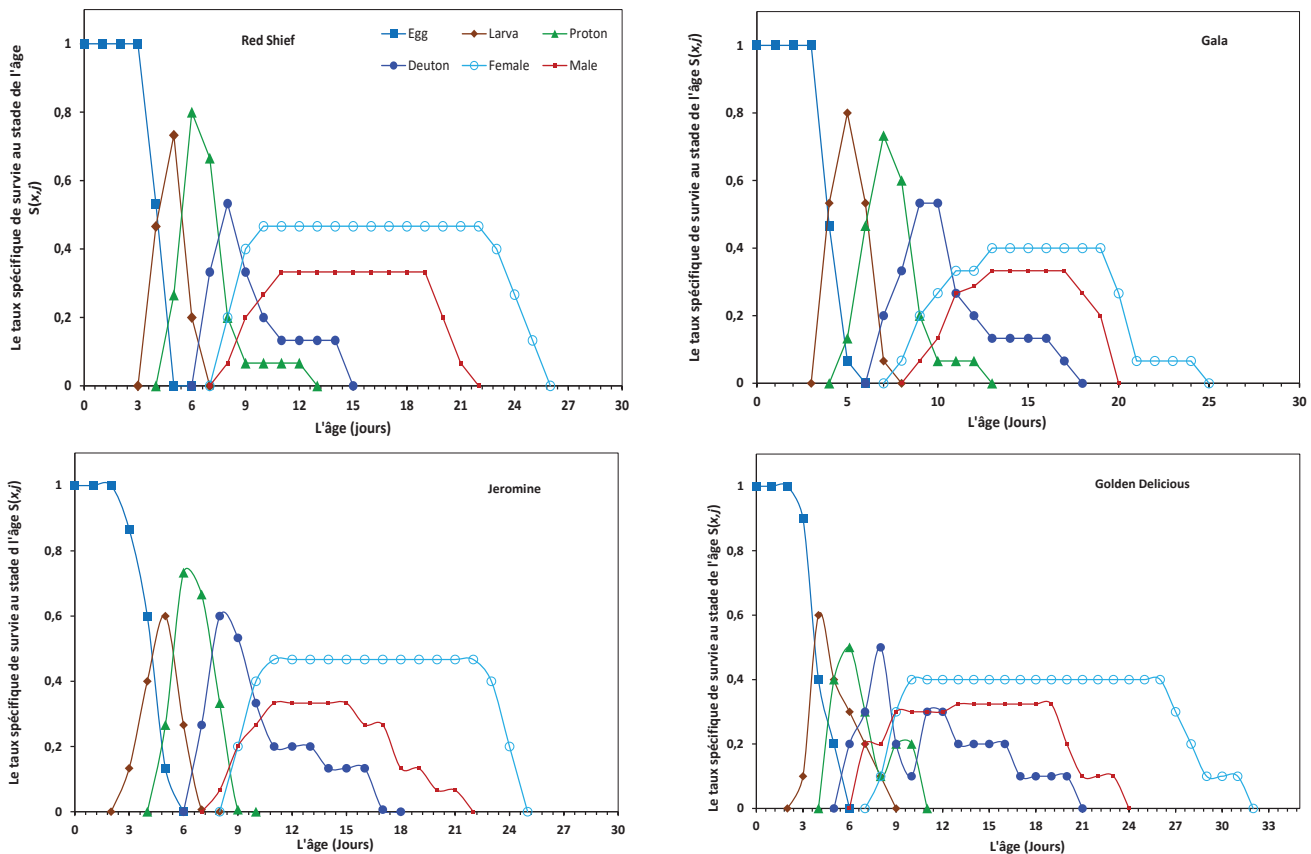


Figure 1: Le taux spécifique de survie au stade de l'âge de *P. ulmi* sur quatre variétés de pommier à 25± 1°C, 65 ±5% HR, et photopériode de 16:8 (L:D) h

Table 2. Oviposition, longévité, et fécondité des adultes de *P. ulmi* sur les quatre variétés à 25±1 °C, 65 ± 5% HR et photopériode 16 :8 (L : D)

Statistiques	Red Shief	Jeromine	Gala	Golden Delicious
APOP	1,23 ± 0,05 a	1,29 ± 0,03 a	1,22 ± 0,04 a	1,11± 0,009 b
TPOP	11,56 ± 0,31 b	11,58 ± 0,12 ab	12,21±0,22 a	11,21 ± 0,47 b
Longévité	11,81 ± 0,48 b	13,87 ± 0,48 ab	11,28 ± 0,43 b	14,77 ± 0,42 a
Oviposition	9,95 ± 0,56 ab	9,89± 0,63 ab	7,97 ± 0,67 b	11,55 ± 0,32 a
Fécondité totale	35,14 ± 2,19 ab	33,55 ± 3,23 ab	18,06 ± 0,94 b	38,55 ± 1,68 a

APOP, période de préoviposition des adultes; TPOP, période totale de préoviposition (nombre de jours de préoviposition d'une femelle depuis le stade œuf jusqu'à sa première ponte). Les valeurs moyennes ± ES (Erreur Standard), suivies de lettres en minuscules indiquant respectivement les différences significatives au niveau de 5% en utilisant le test de Tukey-Kramer.

Ces résultats sont probablement dus aux différences de teneur en éléments nutritifs entre les variétés de pommiers (Alizade *et al.*, 2016). En se nourrissant sur la sève foliaire, les femelles de la plus part des Tetranychidae ont besoin d'une source d'azote pour la maturation des ovaires et des œufs, il est probable donc que le nombre élevé d'œufs pondus par femelle de *P. ulmi* et la longévité maximale observée sur la variété Golden delicious sont dûs à la teneur assez importante en azote des feuilles (Papp *et al.*, 2001). La morphologie du feuillage est un élément non négligeable pour expliquer le comportement des acariens ravageurs et leurs prédateurs dans le cas d'un contrôle biologique. Le feuillage des variétés Golden delicious et Red Shief est glabre, contrairement à celui de Jeromine et la variété Gala. En présence d'une densité importante de poils sur le limbe des feuilles, le déplacement des formes mobiles de *P. ulmi* est ralenti, ce qui conduit à la diminution de la fécondité totale des femelles adultes de *P. ulmi* (Skorupska, 2004).

Les valeurs obtenues des paramètres de reproduction à savoir la longévité, l'oviposition et la fécondité totale varient d'une variété à l'autre. Sur la variété Golden Delicious, la longévité des femelles (14,8 jours) est significativement plus longue que celle obtenues sur les autres variétés, la longévité la plus courte a été observée sur Gala (11,28 jours). La durée de longévité des femelles de *Panonychus ulmi* de 20 jours obtenue à 25°C par Gotoh *et al.*, (2003) renvoie aux conditions expérimentales et aux souches utilisées dans les tests. Sur la variété Golden, la longévité à 21°C est 18,9 jours (Herbert, 1981). Des durées de longévité similaires de *P. ulmi* sur différents cultivars de pommier à 25 ± 1°C ont été rapportées par Zou *et al.*, (2018) et Han *et al.*, (2007), et également sur d'autres arbres fruitier comme le mûrier (Dar *et al.*, 2016).

Survie (l_x) et fécondité (m_x)

La figure 2 illustre le taux spécifique de survie (l_x), la fécondité des femelles $f(x, femelle)$ (la femelle adulte est le cinquième stade de la vie) et l'âge spécifique de fécondité (m_x) de *P. ulmi*. Les premiers œufs ont été pondus sur Red Shief et Jeromine à l'âge de 22 jours; 21 jours sur la variété Gala et 24 jours sur Golden Delicious. La ponte quotidienne maximale des femelles adultes sur Golden Delicious et Red Shief était significativement plus élevée que celle sur Gala et Jeromine. La production maximale d'œufs a été observée sur Golden Delicious.

Les courbes de la figure 2 montrent que les taux spécifiques de survie, les durées d'arrivée au stade femelle adulte et les taux spécifique de fécondité varient d'une variété à l'autre. Sur les variétés Red Shief, Gala, Jeromine et Golden delicious, les femelles meurent respectivement vers 26; 27; 25 et 33 jours. Les taux spécifiques de fécondité sont significativement élevés sur Golden, Red Shief et Jeromine que sur la variété Gala. Ce résultat a été expliqué antérieurement par la morphologie et la composition chimique de la sève pour chaque variété.

Espérance de vie $E(x, j)$

La figure 3 présente l'espérance de vie $E(x, j)$ de *P. ulmi* selon l'âge x et par stade d'âge j . L'information sur l'espérance de vie permet de décrire la durée de vie potentielle d'un individu à l'âge x et au stade j . L'espérance de vie d'un nouveau-né ($e_{0,1}$), égale à la longévité moyenne de l'ensemble de la cohorte, elle est respectivement de 21,58; 19,73; 20,12 et 24,21 jours sur Red Shief, Gala, Jeromine et Golden Delicious, (Figure 3).

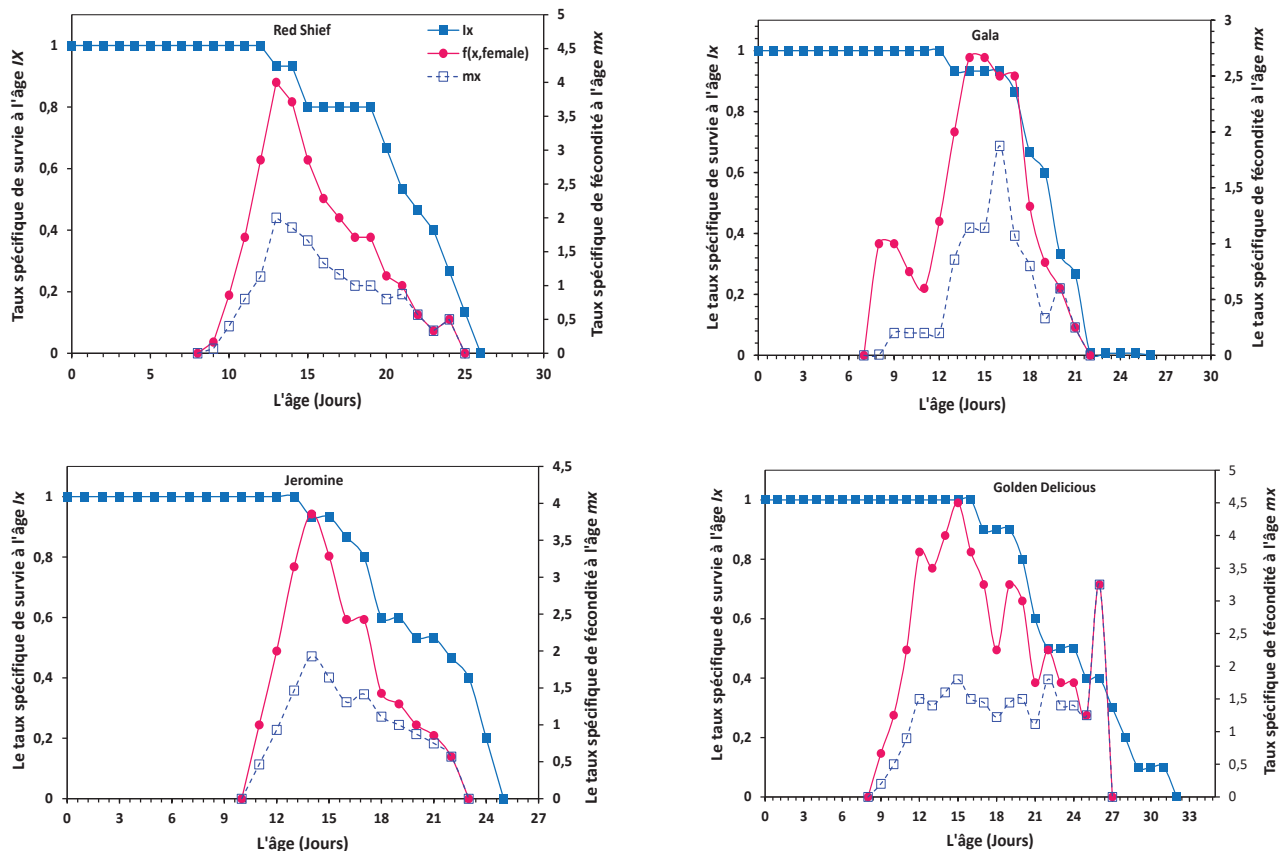


Figure 2: Le taux spécifique de survie (l_x), le taux spécifique de fécondité au stade de l'âge $f(x, femelle)$, et le taux spécifique de fécondité (m_x) de *P. ulmi* élevé sur quatre variétés de pommier à 25 ± 1°C, 65 ± 5% HR, et photopériode de 16:8 (L:D) h

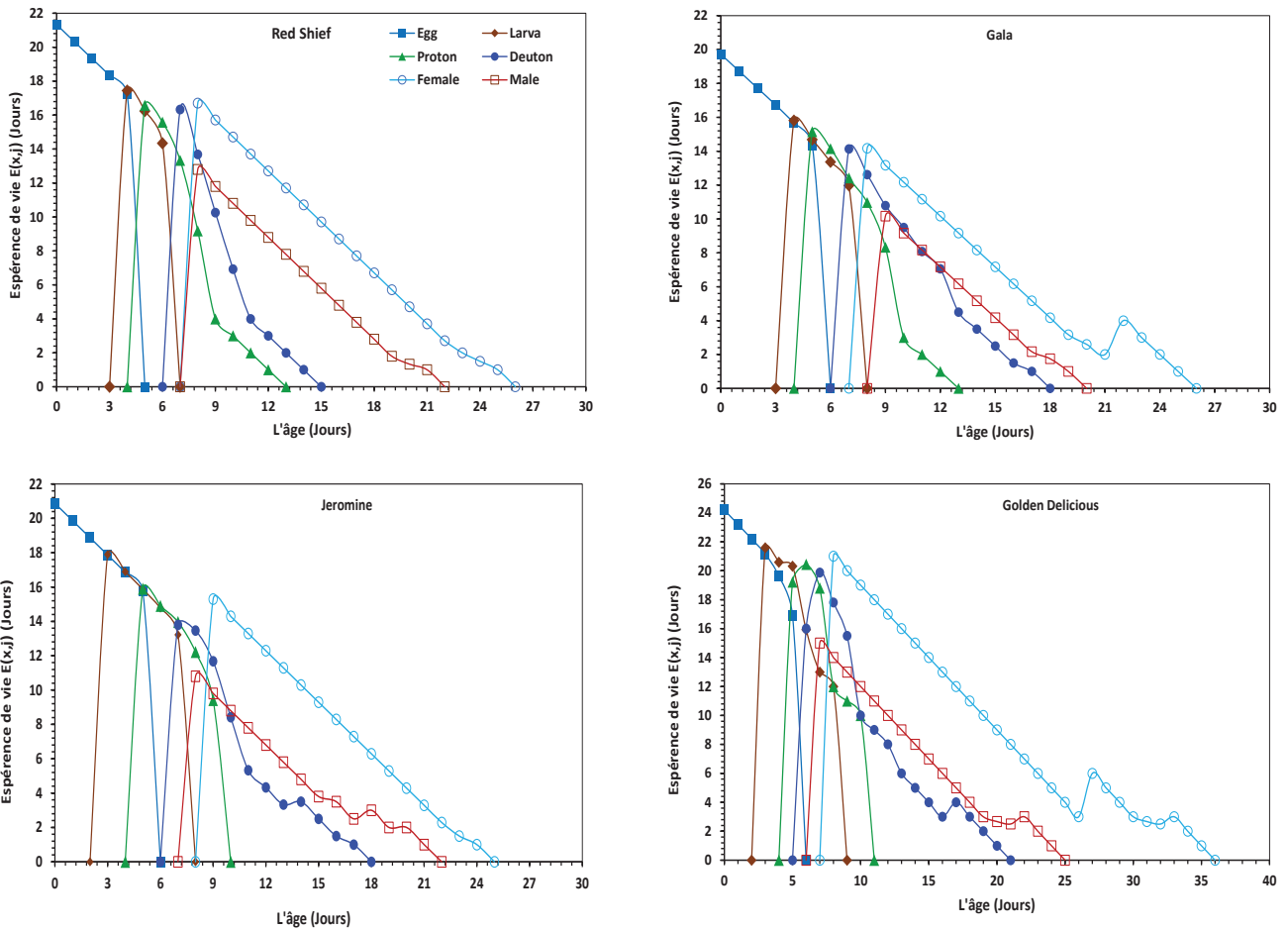


Figure 3: L'espérance de vie spécifique au stade de l'âge de *P. ulmi* sur quatre variétés de pommier à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ HR, et photopériode de 16:8 (L:D) h

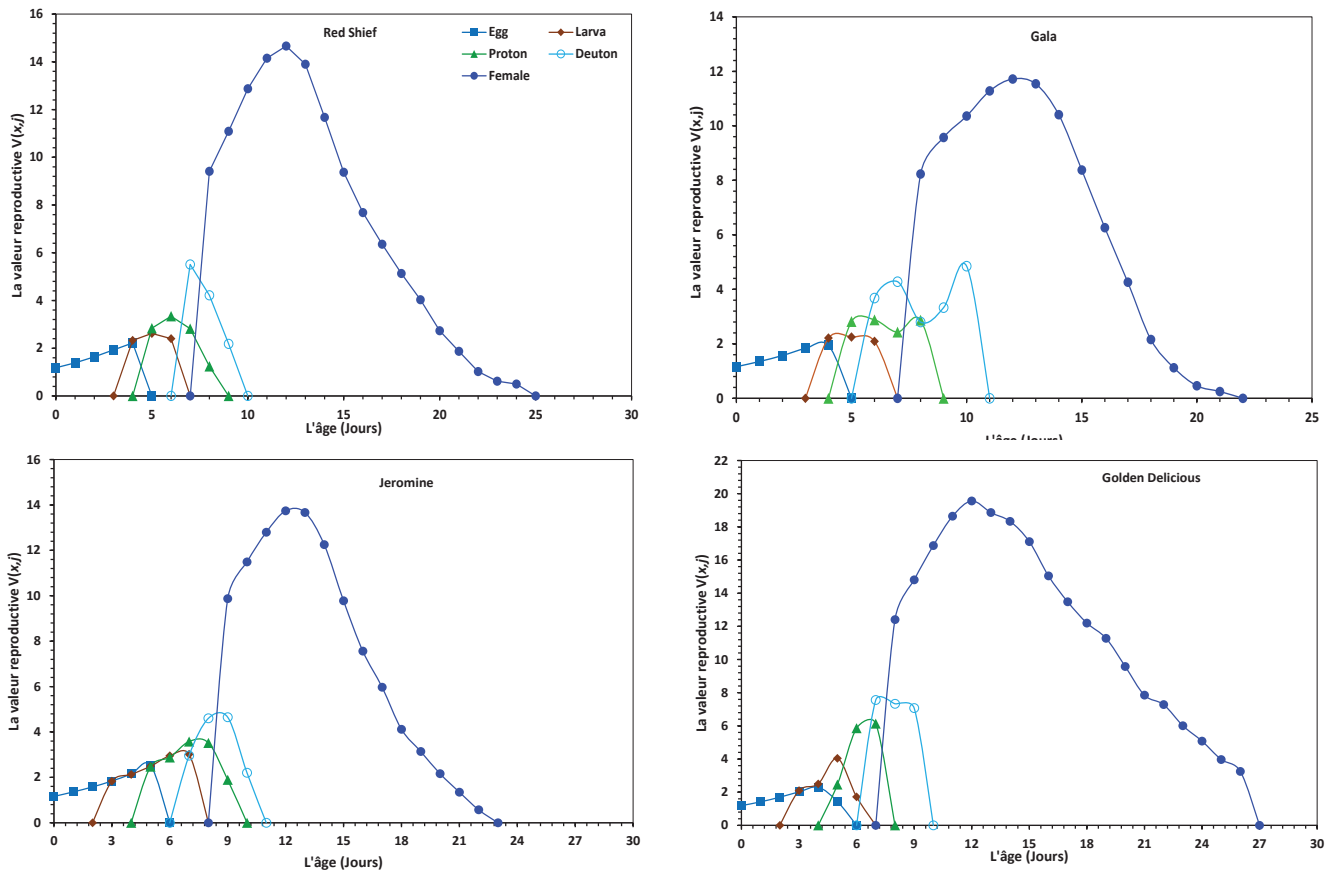


Figure 4: La valeur reproductrice spécifique au stade de l'âge de *P. ulmi* élevé sur quatre variété de pommier à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ HR, et photopériode de 16:8 (L:D) h

Tableau 3. Les paramètres de *P. ulmi* sur les quatre variétés de pommier à 25 ± 1 °C, 65 ± 5% HR et photopériode 16:8 (L : D)

Paramètres	Red Shief	Gala	Jeromine	Golden Delicious
r	0,152 ± 0,06 ab	0,126 ± 0,05 b	0,132 ± 0,04 b	0,164 ± 0,07 a
R₀	15,36 ± 0,50 ab	7,68 ± 0,91 b	13,61 ± 2,01 ab	22,70 ± 2,64 a
T	17,97 ± 0,59 ab	16,14 ± 1,24 b	19,74 ± 1,27 a	18,97 ± 0,95 a
λ	1,164 ± 0,005 ab	1,135 ± 0,005 b	1,141 ± 0,003 b	1,177 ± 0,009 a

Les valeurs moyennes ± ES (Erreur Standard), suivies de lettres en minuscules indiquant respectivement les différences significatives au niveau de 5% en utilisant le test de Tukey-Kramer.

Valeur reproductive V(x, j)

La valeur reproductive spécifique au stade d'âge $V(x, j)$ donne la contribution des individus d'âge x et de stade j à la population future (Figure 4). La valeur reproductive d'un nouveau-né ($v_{0,1}$) correspond au taux d'augmentation fini (λ). Les principaux pics des valeurs de reproduction des femelles se sont produits au même âge de 12 jours lorsqu'elles sont nourries de Red Shief ($v_{12,5} = 14,66$); Gala ($v_{12,5} = 11,01$) et Jeromine ($v_{12,5} = 13,88$), mais au treizième jour sur Golden Delicious (jour 13, $v_{13,5} = 19,97$). Cela implique qu'au moment de la reproduction maximale, les individus peuvent contribuer à la population beaucoup plus qu'à n'importe quel autre âge.

Démographie

Le taux intrinsèque de croissance (r_m) est couramment utilisé comme critère de traits de vie et modèle de l'utilisation de l'habitat (Stearns, 1976). C'est parce que les variations dans les valeurs de (r_m) peuvent être causées par des facteurs phylogénétiques liés à la plante-hôte et / ou aux interactions co-évolutives avec d'autres organismes, et tous peuvent agir comme des contraintes aux changements évolutifs d'une ou de plusieurs composantes de l'histoire de la vie d'un organisme (Sabelis, 1991). Dans le cas de contrôle biologique d'un organisme phytophage, Le taux intrinsèque d'augmentation naturelle (r_m) est utile pour estimer le potentiel de croissance de sa population, ce qui peut aider à prévoir le résultat des interactions entre cet organisme nuisible et son ennemi naturel (Roy et al., 2003).

Les valeurs pour les différents paramètres de la table de vie de *P. ulmi* sont données dans le tableau 3. Le taux intrinsèque de croissance (r_m) le plus élevé de la population a été obtenu sur Golden Delicious (0,1643), suivi par Red Shief (0,1521) et Jeromine (0,1319) tandis que le plus faible a été obtenu sur la variété Gala (0,1263). Les taux intrinsèques de croissance de *P. ulmi* obtenus à 25°C sur quatre variétés de pommier ne sont pas très loin de ceux obtenus à 23 °C ($r_m = 0,1333$) (Liu et He, 1994), ni à 21 °C ($r_m = 0,1331$) (Herbert, 1981). Pour le Tétranyque rouge, notre résultat sur la variété Golden est identique à celui obtenu par (Sabelis, 1991) ($r_m = 0,162$ par jour), et également proche de celui obtenu sur le mûrier ($r_m = 0,147$) (Dar et al., 2015). Pour d'autres espèces de Tétranyques, *Eotetranychus pruni* (Oudemans), le taux intrinsèque de croissance à 23°C est 0,157 (Lui et Su Ke, 1990). Gotoh et al., (2003) ont conclu que la valeur de r_m pour *P. ulmi* sur le pommier peut atteindre 0,193 à 25 °C.

Le taux intrinsèque de croissance est l'indice le plus important pour estimer de manière exhaustive la per-

formance de Tétranyque rouge sur ces cultivars, car il reflète de nombreux paramètres fondamentaux, tels que la fécondité, la survie et le développement (Southwood, 1978). Golden delicious et Red Shief sont considérées plus appropriées pour *P. ulmi*, en raison des taux élevés de fécondité et de survie et le temps court de développement (Nava-Camberos et al., 2009).

Les taux nets de croissance (λ) des différentes variétés de pommier étaient respectivement de 1,1643, 1,1346, 1,1409 et 1,1786 sur Red Shief, Gala, Jeromine et Golden Delicious. Le temps moyen de génération (T) était significativement plus long sur Jeromine et Golden Delicious que sur Red Shief et Gala (Tableau 3), le temps moyen de génération obtenu à 25°C pour *P. ulmi* est semblable au temps moyen nécessaire pour boucler une génération pour certaines espèces de genres *Panonychus* et *Tetranychus*: *P. mori* (Yokoyama), *P. thelytokus* (Ehara & Gotoh), *P. osmanthi* (Ehara & Gotoh), *P. citri* (Mc Gregor) (Gotoh et al., 2003) et *Tetranychus turkestanii* Uragov & Nikolski (Sohrabi et Shishehbor, 2008).

Le taux de reproduction net (R_0) de *P. ulmi* indiquait des différences significatives entre les quatre variétés. Les valeurs les plus élevées de R_0 ont été observées sur Golden Delicious (22,7), suivies de Red Shief (15,4) et de Jeromine (13,6) et la plus faible a été obtenue sur Gala (7,68).

Bien que le taux intrinsèque de croissance soit élevé et semblant indiqué une forte infestation, de nombreux autres facteurs peuvent influencer le niveau d'infestation en champs (Zou et al., 2018). La comparaison de nos valeurs avec celles des résultats antérieurement publiés montre des petites différences, mais sans grande signification biologique propre au Tétranyque rouge.

CONCLUSION

Cette étude a montré que les variétés de pommier avaient un impact significatif sur le développement, en particulier la durée de la ponte et la fécondité de *P. ulmi*. Les populations de *P. ulmi* sont dynamiques sur Red Shief et Golden Delicious et Jeromine que sur la variété Gala, ce qui suggère que ces variétés sont les plus infestées par *P. ulmi* dans les vergers marocains et probablement dans le pourtour méditerranéen. À la lumière des recherches en cours, il est nécessaire de se préparer à la gestion écologique des acariens, car les menaces liées aux acariens ravageurs augmentent rapidement à des températures allant de 25 à 30°C et ces variétés de pommier favorisent une accumulation plus rapide d'acariens.

BIBLIOGRAPHIE

- Alizade, M., Hosseini, M., Awal, M.M., Goldani, M., and Hosseini, A. (2016). Effects of nitrogen fertilization on population growth of two-spotted spider mite. *Syst. Appl. Acarol.* 21: 947–956.
- Auger, P., Bonafos, R., Guichou, S., and Kreiter, S. (2003). Resistance to fenazaquin and tebufenpyrad in *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) populations from South of France apple orchards. *Crop Prot.* 22: 1039–1044.
- Bayu, M.S.Y.I., Ullah, M.S., Takano, Y., and Gotoh, T. (2017). Impact of constant versus fluctuating temperatures on the development and life history parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 72: 205–227.
- Birch, L.C. (1948). The Intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15–26.
- Chi, H. (1988). Life-Table Analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.* 17: 26–34.
- Chi, H., and Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population Ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.* 24: 225–240.
- Chi, H., and Su, H.-Y. (2006). Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environ. Entomol.* 35: 10–21.
- Dar, M.Y., Rao, R.J., and Mittal, V. (2015). Biology and demographic parameters of European red mite, *panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) on mulberry in Kashmir Valley, India. *Int. J. Zool. Res.* 11: 76–88.
- Dar, M.Y., Rao, R.J., and Ramegowda, G.K. (2016). Age-stage, two-sex life table of European red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch) (Prostigmata: Tetranychidae) on mulberry varieties. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 49: 182–194.
- Gotoh, T., Ishikawa, Y., and Kitashima, Y. (2003). Life-history traits of the six *Panonychus* species from Japan (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 29, 241.
- Guo, Y.-L., Jiao, X.-D., Xu, J.-J., Yang, S., Duan, X.-K., and Zhang, J.-P. (2013). Growth and reproduction of *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus* (Acari: Tetranychidae) on cotton and corn. *Syst. Appl. Acarol.* 18: 89–98.
- Gutierrez, J. (1976). Etude biologique et écologique de *Tetranychus neocaledonicus* André (Acariens, Tetranychidae). *Th. Sc. Nat. Paris XI - Orsay*.
- Han, B.-M., Jin, D.-Y., and Lu, L.-S. (2007). Life table of *Panonychus ulmi* experimental population under different temperatures. *Chin. Bull. Entomol.* 44: 226–228.
- Hardman, J.M., Herbert, H.J., Sanford, K.H., and Hamilton, D. (1985). Effect of populations of the European red mite, *Panonychus ulmi*, on the apple variety Red Delicious in Nova Scotia. *Can. Entomol.* 117: 1257–1265.
- Herbert, H.J. (1981). Biology, life tables, and intrinsic rate of increase of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). *Can. Entomol.* 113: 65–71.
- Hoy, M.A. (2016). Agricultural acarology: introduction to integrated mite management (Boca Raton: CRC Press).
- Huang, Y.-B., and Chi, H. (2012). Assessing the application of the Jackknife and Bootstrap techniques to the estimation of the variability of the net reproductive rate and gross reproductive rate: a case study in *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). *J. Agric. For.* 61: 37–45.
- Kavousi, A., Chi, H., Talebi, K., Bandani, A., Ashouri, A., and Hosseini Naveh, V. (2009). Demographic Traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on Leaf Discs and Whole Leaves. *J. Econ. Entomol.* 102: 595–601.
- Kramer, T., Nauen, R. (2011). Monitoring of spiroadiclofen susceptibility in field populations of European red mites, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), and the cross-resistance pattern of a laboratory-selected strain. *Pest Manag. Sci.* 67: 1285–1293.
- Liu, C.Z., He, C.G. (1994). Analysis on the experimental population parameters of three species of fruit tree spider mites. *Acta Phytophylacica Sin.* 21: 176–178.
- Lui, H.C., Su Ke, C. (1990). Construction and analysis on the experimental population life-table of *Eotetranychus pruni* (Oudemans). *J. Gansu Agric. Univ.*
- Nava-Camberos, U., Riley, D.G., and Harris, M.K. (2009). Temperature and host plant effects on development, survival, and fecundity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae).
- Palevsky, E., Oppenheim, D., Reuveny, H., and Gerson, U. (1996). Impact of european red mite on Golden Delicious and Oregon Spur apples in Israel. *Exp. Appl. Acarol.* 20: 343–354.
- Papp, J., Jenser, G., and Haltrich, A. (2001). Effect of nitrogen supply on the population of European red mite and green apple aphid in an IPM apple orchard. *Acta Hort.* 564: 407–412.
- Roy, M., Brodeur, J., and Cloutier, C. (2003). Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (rm) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl* 48: 57–72.
- Royama, T. (1992). Population process models. In Analytical Population Dynamics, (Springer Science & Business Media), pp. 140–168. ISBN: 978-94-011-2916-9
- Saba, F. (1974a). *Tetranychus ricinus* nov. Spec. A spider mite of economic importance in morocco. *Al Awamia* 49: 63–67.
- Saba, F. (1974b). Les acariens nuisibles aux plantes cultivées au Maroc | INRA. *Al Awamia* 49.
- Sabelis, M.W. (1991). Life-history evolution of spider mites. In The Acari: Reproduction, Development and Life-History Strategies, (Springer Netherlands), pp. 23–49.
- Skorupska, A. (2004). Resistance of apple cultivars to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae). Part II. Influence of leaf pubescence of selected apple cultivars on fecundity of two-spotted spider mite. *J. Plant Prot. Res.* 44: 69–74.

Sohrabi, F., and Shishehbor, P. (2008). Effects of host plant and temperature on growth and reproduction of the strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii* Ugarov & Nikolski (Acari: Tetranychidae). *Syst. Appl. Acarol.* 13: 26–32.

Southwood, T.R.E. (1978). Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations (London: Chapman and Hall [u.a.]).

Stearns, S.C. (1976). Life-history tactics: a review of the ideas. *Q. Rev. Biol.* 51: 3–47.

Tixier, M.-S., Kreiter, S., Allam, L., Ouahbi, A., and Hmimina, M. (2003). Phytoseiid and tetranychid mites (Acari: Mesostigmata, Prostigmata) of some Moroccan crops. *Acarologia* 43: 87–97.

Vicente, C., Joutei, A.B., and Lebrun, P. (2003). Quelles stratégies de lutte contre les acariens ravageurs du pommier au Maroc?. *Parasitica* 59: 25–41.

Wermelinger, B., Candolfi, M.P., and Baumgärtner, J. (1992). A model of the European red mite (Acari, Tetranychidae) population dynamics and its linkage to grapevine growth and development. *J. Appl. Entomol.* 114: 155–166.

Yin, W.-D., Qiu, G.-S., Yan, W.-T., Sun, L.-N., Zhang, H.-J., Ma, C.-S., and Adaobi, U.P. (2013). Age-stage two-sex life tables of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae), on different apple varieties. *J. Econ. Entomol.* 106: 2118–2125.

Yu, L.-Y., Chen, Z.-Z., Zheng, F.-Q., Shi, A.-J., Guo, T.-T., Yeh, B.-H., Chi, H., and Xu, Y.-Y. (2013). Demographic analysis, a comparison of the jackknife and bootstrap methods, and predation projection: a case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 1–9.

Zou, Z., Xi, J., Liu, G., Song, S., Xin, T., and Xia, B. (2018). Effect of temperature on development and reproduction of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae), fed on cassava leaves. *Exp. Appl. Acarol.* 74: 383–394.