Revue Agrobiologia
www.agrobiologia.net
ISSN (Print) : 2170-1652
e-ISSN (Online): 2507-7627

DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET DES INFESTATIONS DE LA MINEUSE SUD-AMÉRICAINE DE LA TOMATE *TUTA ABSOLUTA* SUR TROIS CULTURES MARAÎCHÈRES EN ALGÉRIE : INFLUENCE DE LA PLANTE-HÔTE ET DES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE

ZAID Radouane[1, 2*] ; GAUTHIER Nathalie[3] et DJAZOULI Zahr Eddine[1]

1. Université de Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biotechnologie, Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, B.P. 270, Route de Soumaâ, Blida 09000, Algérie.
2. Université Djillali Liabes Sidi Bel Abbes, Faculté des Sciences de la Vie et de la Nature, Département des Sciences Agronomiques, Algérie.
3. CBGP, IRD, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Université Montpellier, Montpellier, France

Reçu le 14/07/2019, Révisé le 03/10/2019, Accepté le 28/10/2019

Résumé

Description du sujet : Influence de la tomate, l'aubergine et la pomme de terre et des variations de température sur la dynamique des populations et des infestations de la mineuse *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae).

Objectifs : Étude de (i) la dynamique d'abondance des différents stades de *T. absoluta*, (ii) la préférence de l'espèce pour les trois cultures, (iii) la gradation de l'installation primaire et la structure d'âge des stades larvaires présents sur chaque plante-hôte, (iv) l'importance des variations thermiques sur les captures, l'abondance des stades larvaires et les niveaux d'infestations de chaque culture.

Méthodes : Les adultes mâles sont capturés au moyen de pièges à phéromones. Les stades larvaires sont dénombrés selon un protocole d'échantillonnage adapté à chaque plante-hôte. Les températures sont enregistrées durant toute la période expérimentale et pour chaque site.

Résultats : La dynamique d'abondance des formes biologiques de *T. absoluta* et les infestations engendrées sont plus importantes sur tomate et sont significativement influencées par les variations thermiques (températures maximales et températures minimales) et la plante-hôte considérée. Les abondances et les taux d'infestations sont d'autant plus élevés que les températures sont élevées. La tomate est chronologiquement la première culture attaquée.

Conclusion : Notre étude montre le rôle majeur des variations thermiques et de l'espèce de solanacée ciblée sur la dynamique des populations de *T. absoluta* et sur la dynamique d'infestations des plantes par les stades larvaires.

Mots clés : Dynamique des populations, ravageur des cultures, solanacées, taux d'infestations, *Tuta absoluta*, variations de température.

POPULATION DYNAMICS AND INFESTATIONS OF THE SOUTH AMERICAN TOMATO LEAFMINER *TUTA ABSOLUTA* ON THREE VEGETABLE CROPS IN ALGERIA: INFLUENCE OF THE HOST PLANT AND TEMPERATURE VARIATIONS

Abstract

Description of the subject: Influence of tomato, eggplant and potato and temperature variations on the population and infestation dynamics of the leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae).

Objective: Study of (i) the abundance dynamics of the different stages of *T. absoluta*, (ii) the species preference for the three crops, (iii) the gradation of the primary establishment plant and the age structure of the stages larvae present on each host plant, (iv) the importance of temperature variations on adult trapping, the abundance of larval stages and the levels of infestation of each crop.

Methods: Adult males are caught using pheromone traps. Larval stages are counted according to a sampling protocol adapted to each host-plant. Temperature variations are recorded over the entire experimental period and for each site.

Results : The dynamics of abundance of all *T. absoluta* biological forms and the resulting infestations are greater on tomato, and are significantly influenced by temperature variations (maximum and minimum temperatures) and the host-plant considered. Tomato is chronologically the first crop attacked.

Conclusion : Our study shows the major roles of temperature variations and of the targeted solanaceous species on the dynamics of *T. absoluta* populations and on the dynamics of plant infestations by the larval stages

Keywords: population dynamics, crop pests, solanaceae, infestation rates, *Tuta absoluta*, temperature variations.

* Auteur correspondant : ZAID Radouane, E-mail : zaid.redouane16@gmail.com

INTRODUCTION

Les cultures maraîchères (ie. productions légumières dédiées à l'autoconsommation et la vente) constituent une priorité dans les programmes de production agricole de beaucoup de pays d'Afrique. En effet, les légumes sont des denrées alimentaires à hautes valeurs nutritionnelles et commerciales. Elles permettent d'améliorer la ration et l'équilibre alimentaires des populations, leur assurent des revenus complémentaires et permet aux états de bénéficier de recettes supplémentaires liées à l'exportation.

En Algérie, les cultures maraîchères occupent la 2ème place après les céréales [1], avec une production nationale de 13,2 millions de tonnes et un rendement moyen de 30 T/hectare [2]. Les cultures de la famille des solanacées (tomate, aubergine, poivron, pomme de terre, etc.) occupent une place prépondérante dans l'économie agricole légumière algérienne. Elles représentent 70% de la surface cultivée du pays où la tomate sous serre et de plein champ prend une place majeure. Cependant, la production de ses cultures est fortement contrainte par les conditions climatiques (température, régime des pluies) et de nombreux insectes déprédateurs et maladies affectant aussi bien la qualité que la quantité des produits.

La mineuse sud-américaine de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera, Gelechiidae) est un des ravageurs majeurs des solanacées cultivées et sauvages dans le monde entier. Tous les stades larvaires de ce microlépidoptère creusent des galeries dans le mésophylle des feuilles, pénètrent dans les tiges, les boutons floraux ou les fruits affectant ainsi directement ou indirectement (eg. développement de maladies cryptogamiques) la croissance et la capacité photosynthétique et de production de la plante [3 ; 4 ; 5 et 6]. Les dégâts sur certaines cultures de solanacées (tomates, aubergines, poivrons, pommes de terre) sont tels que les pertes de production peuvent en l'absence de toutes mesures de contrôle atteindre des niveaux considérables [7 ; 8 et 5]. En Algérie, l'espèce *T. absoluta*, fut pour la première fois décrite en 2008 dans la région de Mostaganem [9]. Une décennie après, forte de ses capacités invasives bien connues [4 et 5], elle est installée dans toutes les wilayas productrices de légumes et surtout de tomates du pays [10 et 11]. Trouvant des conditions climatiques et de plantes-hôtes favorables à son développement, *T. absoluta* y a pullulé et induit de graves pertes agricoles obligeant la mise en œuvre de tous les modes de lutte disponibles pour contrôler ses populations. Les traitements chimiques, malgré les effets secondaires néfastes induits (santé humaine atteinte, biodiversité réduite), sont majoritairement utilisés mais pour une efficacité de plus en plus faible du fait notamment du développement de résistances des populations d'insectes aux molécules [12 ; 13 et 14]. Le développement d'une stratégie de lutte plus efficace et soucieuse de l'environnement et du vivant nécessite donc l'utilisation d'autres méthodes de lutte (eg. lutte biologique, piégeages lumineux ou à phéromones, etc.) mais aussi une bonne connaissance de la dynamique d'installation et d'infestation des populations de *T. absoluta* dans les cultures majeures attaquées.

Il a été largement démontré que les plantes-hôtes et les conditions climatiques, en particulier la température, sont des facteurs majeurs influençant les paramètres bio-démographiques (survie, temps de développement, fécondité, etc) et l'activité générale (vol, parasitisme, etc) de nombreuses espèces d'insectes et de *T. absoluta* notamment [15 ; 16 ; 17 ; 18 et 19]. Ainsi, des variations thermiques saisonnières et la diversité de solanacées présentes dans les zones maraîchères pourraient directement influencer les dynamiques d'abondance et d'infestation de *T. absoluta* et la pertinence des actions à mener (ie. Connaître le moment pour faire des lâchers précoces d'ennemis naturels sous serre). En conséquence, nous avons étudié le niveau et la temporalité des abondances des stades adultes et larvaires de *T. absoluta* dans les cultures de tomate, aubergine et pomme de terre ainsi que les taux d'infestations des cultures par les stades larvaires de façon à mieux connaître *(i)* l'ordre d'arrivée écologique et les pics populationnels de ce ravageur dans la zone maraîchère, *(ii)* quelle est la plante-hôte préférée, *(ii)* la gradation de l'installation primaire et la structure d'âge des stades présents sur chaque plante-hôte, *(iii)* l'importance des variations thermiques sur les captures d'adultes, l'abondance des stades larvaires et les niveaux d'infestations de chaque culture.

L'ensemble des résultats a été discuté dans le cadre d'une meilleure connaissance des populations présentes en Algérie, de la gestion de ses populations et du changement climatique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude de l'incidence des différents stades de *T. absoluta* sur trois cultures majeures en Algérie, est basée sur le dénombrement des individus de *T. absoluta* au cours d'une saison de production naturelle. Ainsi, l'abondance globale des adultes mâles et des stades larvaires, les taux d'infestation des plantes-hôtes et l'évolution des différents stades biologiques de l'insecte en fonction de l'influence des variables thermiques ont pu être déterminés.

1. Présentation des plantes-hôtes et de la station d'étude

En 2015, nous avons fait le suivi des effectifs des divers stades (adultes et larvaires) de *T. absoluta* sur trois cultures de solanacées c'est à dire sur une surface de 400 m^2 de tomate (*S. lycopersicum* L hybride Tavira) sous serre, de 400 m^2 d'aubergine (*S. melongena* Hybride Galine) sous serre et de 1000 m^2 de pomme de terre (*S.tuberosum* hybride Spunta) de plein champ, avec une distance approximative de 1km entre les sites. Les expériences ont été menées sur la station d'étude de l'Institut Technique des cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI) de Staoueli, commune du littoral situé à 29 km d'Alger (Algérie) (Fig. 1).

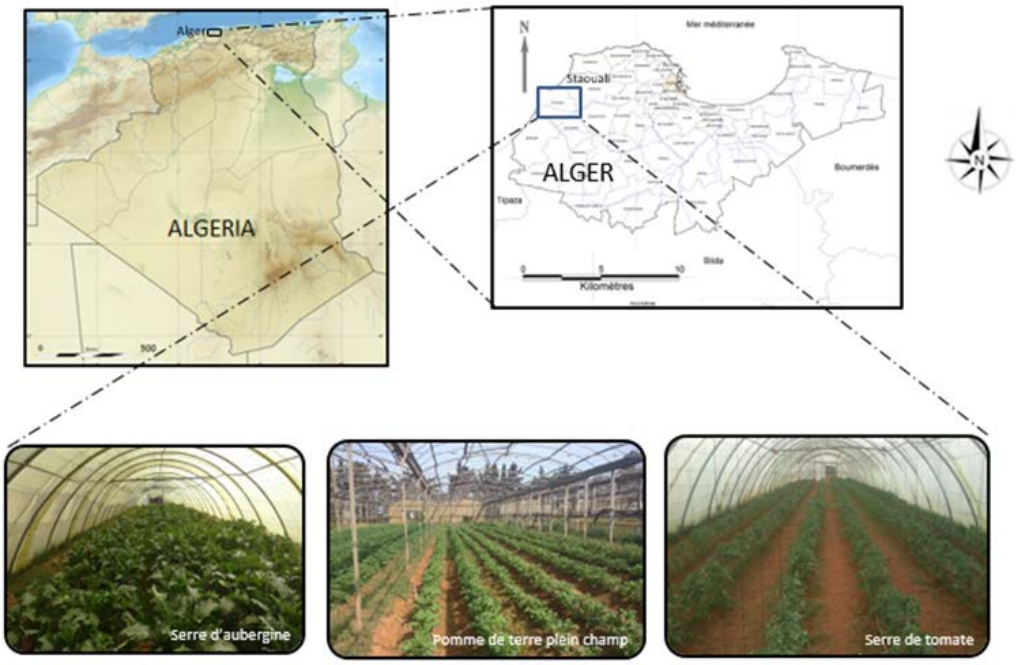


Figure 1 : Présentation de la station d'étude de l'ITCMI (Staoueli-Tipasa)

De façon à connaître les conditions climatiques de la zone d'étude lors de la période expérimentale, nous avons récupéré les températures de l'année d'étude au niveau de la station de métrologie de Staoueli (Alger). Ainsi, les températures moyennes hivernales ont varié de 13,9°C à 22,4°C, avec un mimimum à 9,1°C en Février et des maxima observés en Juillet et Août avec des valeurs moyennes de 36,5°C et 35,8°C, respectivement. L'index climatique de Bagnouls et Gaussen situe la région d'étude à l'étage semi-aride à hiver chaud, et révèle la présence d'une période sèche allant, de Mars à fin Décembre et d'une période humide le reste de l'année. La température moyenne annuelle donnée est de 22,6°C avec une précipitation annuelle de 385,97mm.

2. Dénombrement des adultes par piégeage

Le dénombrement des adultes mâles en activité de vol dans chaque site expérimental (serre de tomate, serre d'aubergine, champ de pomme de terre) a été effectué du 11/01/2015 au 02/06/2015 pour la tomate, du 29/03/2015 au 02/06/2015 pour la pomme de terre et du 03/03/2015 au 02/06/2015 pour l'aubergine. Le piégeage des adultes mâles est effectué avec un piège de type Delta.

C'est un piège composé d'une plaque engluée et d'une capsule libérant une phéromone sexuelle spécifique attractive pour les mâles de *T. absoluta*. Le changement de la capsule à phéromone est effectué toutes les quatre semaines. Le nombre de pièges installé est de 1 piège pour chaque culture. Le prélèvement des mâles capturés est réalisé une fois par semaine, afin de suivre la dynamique temporelle de l'activité de vol des adultes de *T. absoluta*. Le dénombrement par piège se fait *de visu* en laboratoire.

3. Abondance des stades larvaires en cultures par échantillonnage des plants

Pour la tomate, les observations ont été réalisées sur l'ensemble des plants de la culture sous serre durant toute la durée de la campagne selon la méthode d'échantillonnage, légèrement modifiée, élaborée par Gomide *et al.* [20]. Hebdomadairement, pendant 21 semaines, une feuille choisie de façon aléatoire et en zigzag par étage foliaire (défini en fonction des bouquets floraux de la plante de tomate) et par plant a été prélevée faisant un total de 6 feuilles sur 6 étages foliaires/plant par semaine. Le nombre total de plantes échantillonnées étant de 60, un total de 360 feuilles a été observé sur l'ensemble des étages foliaires pour pouvoir procéder à des estimations de l'abondance des stades larvaires du déprédateur et détecter les premiers foyers de *T. absoluta*.

Pour la pomme de terre et l'aubergine, la même méthode d'échantillonnage a été suivie à l'exception du fait qu'une seule feuille par plant a été prélevée. Le nombre total de plants échantillonnés étant de 60 pour chaque culture, 60 feuilles pour la pomme de terre et 60 feuilles pour l'aubergine ont été prélevées.

Après prélèvement, le matériel végétal frais est mis dans des sachets en papier étiquetés (date et niveau d'étage foliaire), conservés au réfrigérateur à 4°C, pour être examiné sous loupe binoculaire et s'assurer de l'identification spécifique des larves, de leur stade de développement et les dénombrer. Ensuite, les taux d'infestation ont pu être calculés comme suit : *Taux d'infestation (%) = Nombre de feuilles infestées x 100/Σ des feuilles échantillonnées*

4. Analyses statistiques des données

Les analyses de variance ont été réalisées sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). Nous avons appliqué le modèle général linéaire (G.L.M.), aux formes larvaires de *Tuta absoluta* de manière a étudié l'influence du temps et des plantes-hôtes sur les abondances. Ce modèle G.L.M. permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs (Temps x plantes-hôtes). La comparaison multiple a été appliquée entre les moyennes des taux d'infestations ainsi que de l'abondance globale des individus par le recours au test Post Hoc de Tukey. Les différences ont été considérées comme significatives à p <0,05. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT ver. 9.

Le test Chi2 (X^2) est utilisé pour déterminer si la différence entre deux distributions de fréquences est statistiquement significative (seuil de significativité α=0,05) ou attribuable à l'erreur d'échantillonnage (le hasard) sous l'hypothèse nulle. Il a été utilisé pour comparer les données brutes de captures des adultes de *T. absoluta* obtenues aux diverses variations thermiques (minimales et maximales) observées lors de la période expérimentale et estimer l'importance des relations entre l'évolution du nombre de captures de *T. absoluta*, soit du phénomène de vol, et les fluctuations thermiques. Si la différence entre les deux distributions est réduite (valeurs faibles), l'hypothèse nulle sera acceptée. Si la différence est grande, l'hypothèse nulle sera rejetée. Dans ce dernier cas la différence est statistiquement significative entre les deux distributions et ne peut seulement être expliquée par le hasard, une différence réelle existe donc. Le test est réalisé grâce au logiciel Past ver 3.2. [21].

Pour estimer l'influence des conditions thermiques sur les effectifs de mâles capturés au piège, et les taux d'infestations, un ajustement de manière non-linéaire de la variable explicative (nombre d'adultes capturés par piège à phéromones ou taux d'infestation au niveau de chaque plante-hôte) à la variable dépendante (variations thermiques minimales ou maximales durant la période expérimentale) a été réalisé pour permettre l'obtention de courbes de régression polynomiale. Les profils ont été réalisés par le logiciel Past ver 3.2. [21].

Le degré de corrélation entre les deux variables analysées a été estimé au moyen du coefficient de régression R^2 et du test d'Akaike IC (Akaike Information Criterion) lequel permet également la comparaison entre plusieurs modèles/hypothèses (T_{Min}/Capture des adultes, T_{Max}/ Capture des adultes, T_{Min}/Taux d'infestation global, T_{Max}/ Taux d'infestation global). Le meilleur modèle est celui possédant la valeur d'Akaike IC la plus faible et/ou de R^2 la plus élevée ($0<R^2<1$). Les valeurs de d'Akaike IC et du R^2 ont été obtenus par le logiciel Past ver 3.2. [21]

Des diagrammes synthétisant la significativité statistique des relations entre les paramètres capture de *T. absoluta* ou taux d'infestation et conditions minimales et maximales thermiques pour chaque plante-hôte ont été établis. L'épaisseur des flèches, les valeurs de Chi2 et les probabilités indiquent la significativité de la relation (seuil de significativité, $\alpha= 0,05$).

Les barycentres ou abondances maximales des variations temporelles de captures (eg déclenchement, pic, déclin) d'adultes de *T. absoluta* et d'infestations par les stades larvaires ont été calculés conformément à Djazouli et *al.* (2009) [22]. Le barycentre temporel se déduit de la formule suivante : $B = \Sigma (RGi \times ABi)/\Sigma Abi$, *avec RGi = rang du mois de janvier à juin (culture tomate), de mars à juin (cultures de pomme de terre et d'aubergine), ABi = abondance au mois i.*

L'ordre d'arrivée écologique des adultes et/ou des formes larvaires a été évalué par le test de Crosscorrelation et le paramètre (Lag) en se basant sur les barycentres calculés. La procédure a été réalisée par le logiciel Past ver 3.2. [21]

RÉSULTATS

1. Dynamique de l'incidence de T. absoluta

Les résultats montrent une augmentation de l'abondance des stades larvaires de *T. absoluta* très marquée pour les trois plantes-hôtes (abondance globale augmentée d'un facteur approximatif de 3 à 6 selon la plante-hôte), régulière pour la pomme de terre et l'aubergine mais très variable pour la tomate. Les effectifs des divers stades larvaires ont graduellement augmenté dans le temps avec une précocité d'apparition et d'importance numérique dans le sens Tomate > Pomme de terre > Aubergine.

Les captures d'adultes mâles de *T. absoluta* au niveau des trois cultures présentent également une gradation temporelle positive avec un ralentissement de l'accroissement entre Avril et Mai pour la pomme de terre et l'aubergine. Au-delà du mois de Mai, les captures s'intensifient de nouveau pour atteindre un maximum au mois de Juin.

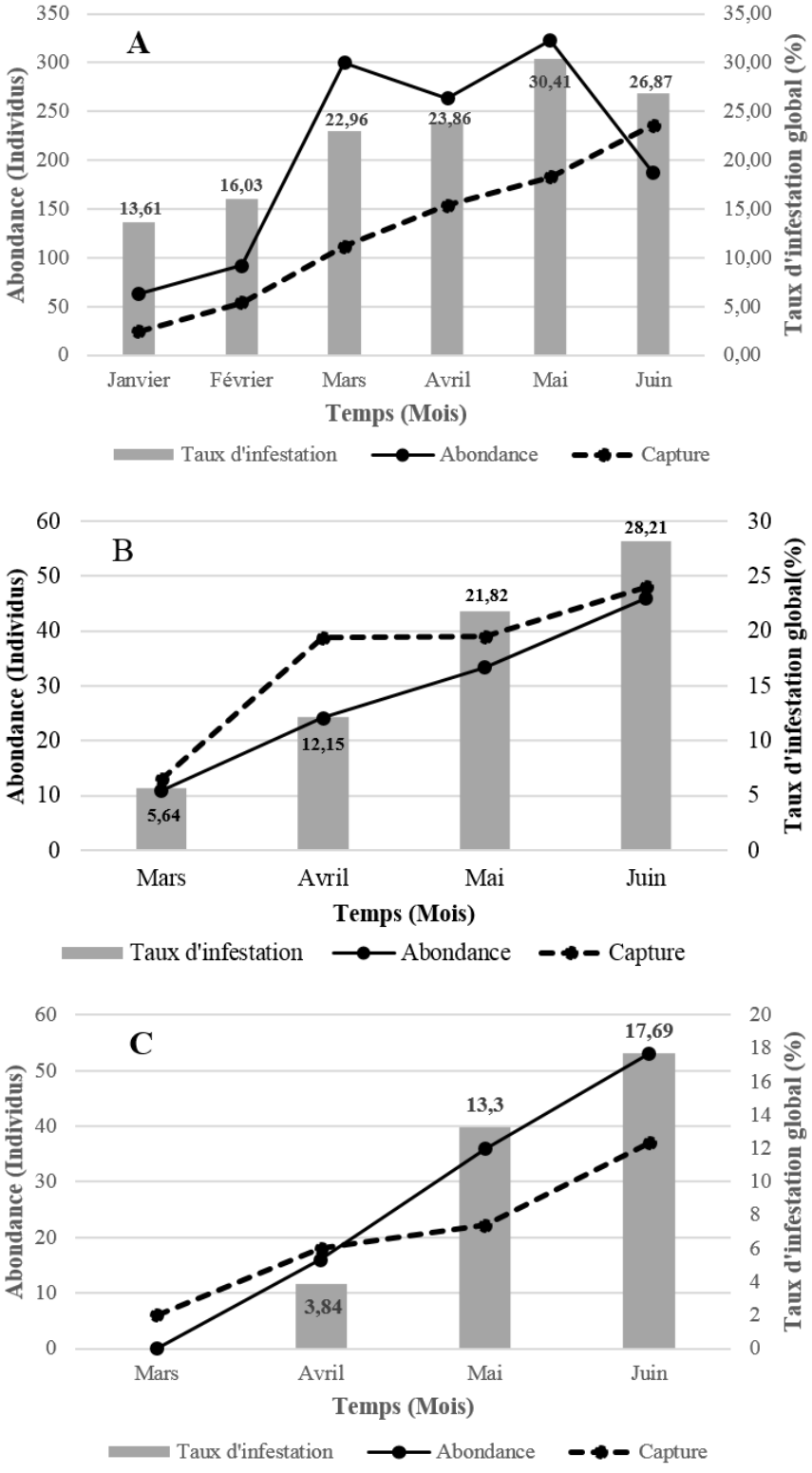
La dynamique temporelle du taux d'infestation des trois espèces de plante-hôte est comparable à celle des deux autres paramètres ; elle augmente au fil des mois. En outre, au vu des valeurs de taux d'infestation globale (Fig. 2), une résurgence d'infestation est comptabilisée au mois de Mai et persiste en Juin, à l'exception de la culture de tomate. Tous les paramètres mesurés à savoir l'abondance globale des stades larvaires, les captures d'adultes et les taux infestations présentent des valeurs maximales pour la culture de tomate sous serre de 400m² par rapport à l'aubergine sous serre de 400m² et de pomme de terre en plein champ (parcelle de 1000m²) (Fig. 2A, 2B et 2C).

2. Influence des variations de température sur le nombre de captures

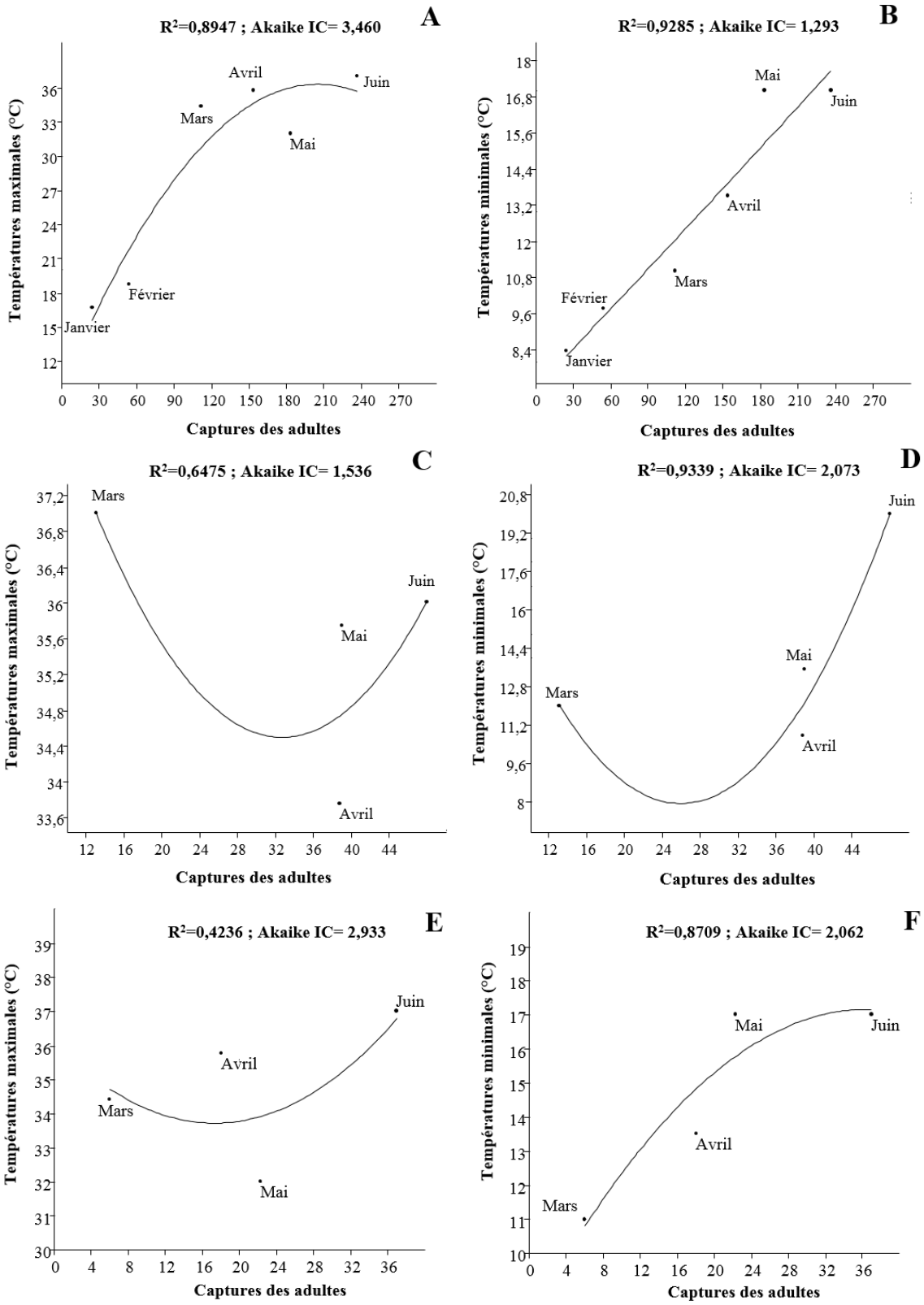
Tout d'abord, les valeurs minimales et maximales observées sous serre et en plein champ présentent quelques degrés d'écart (eg. températures minimales et maximales supérieures en plein champ), témoignant de l'importance des structures de cultures sur les conditions thermiques exercées sur l'insecte (Fig. 3). Ensuite, la complexité des courbes obtenues par la régression polynomiale premier degré (Fig. 3B), deuxième degré (Fig. 3A, 3C, 3D, 3E et 3F) provient vraisemblablement, du fait que la variable étudiée à savoir le nombre de captures est très sensible aux variations thermiques maximales et minimales et potentiellement d'autres facteurs.

Les valeurs du coefficient de régression R^2 sont globalement élevées témoignant de l'existence d'une relation entre les variables analysées, soit variations de températures et captures des mâles de *T. absoluta*. Les diverses courbes de régression polynomiales montrent que le nombre de captures des adultes est d'autant plus important que la température augmente (excepté cas de Mars, Fig. 3C).

Sur cultures de tomate et d'aubergine, la faible valeur de l'Akaike IC nous indique que les effectifs de mâles capturés sont conditionnés par les variations thermiques minimales et des températures basses (Fig. 3A, 3B, 3E et 3F). Par contre, sur pomme de terre, la situation est moins tranchée et plutôt limitée par les températures maximales élevées (Fig. 3C et 3D)

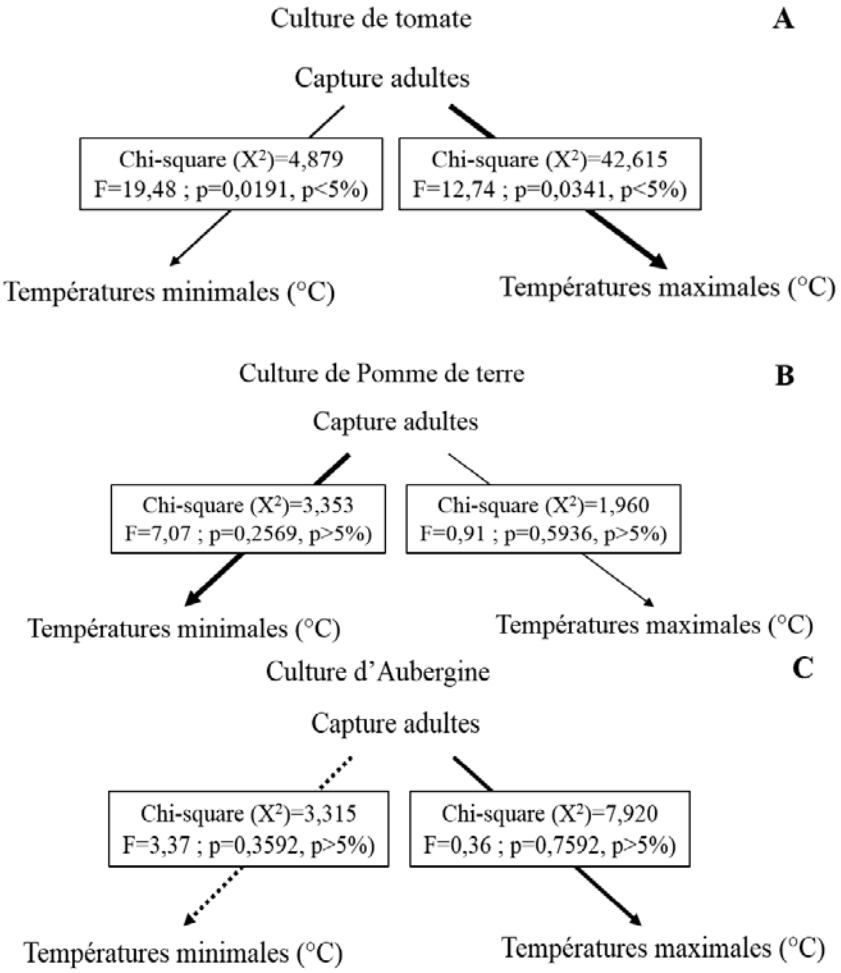


Figures 2 : Dynamique temporelle de *Tuta absoluta*
A : Culture de tomate ; B : Culture de pomme de terre ; C : Culture d'aubergine



Figures 3 : Captures des adultes de *Tuta absoluta* rapportées aux variations thermiques
A et B : Culture de tomate ; C et D : Culture de pomme de terre ; E et F : Culture d'aubergine

Les diagrammes synthétisent l'importance des relations entre les deux variables en donnant les valeurs de X^2 (eg. significativité de la relation), de probabilité (eg. support de la relation), et l'épaisseur des flèches. Ainsi, les captures de mâles sont significativement influencées par les variations des températures maximales sur culture de tomate (Fig. 4A), mais par les températures minimales sur cultures de pomme de terre et d'aubergine (Fig. 4B, 4C).



Figures 4 : Diagrammes récapitulatifs des relations entre captures des adultes de *Tuta absoluta* et les variations thermiques

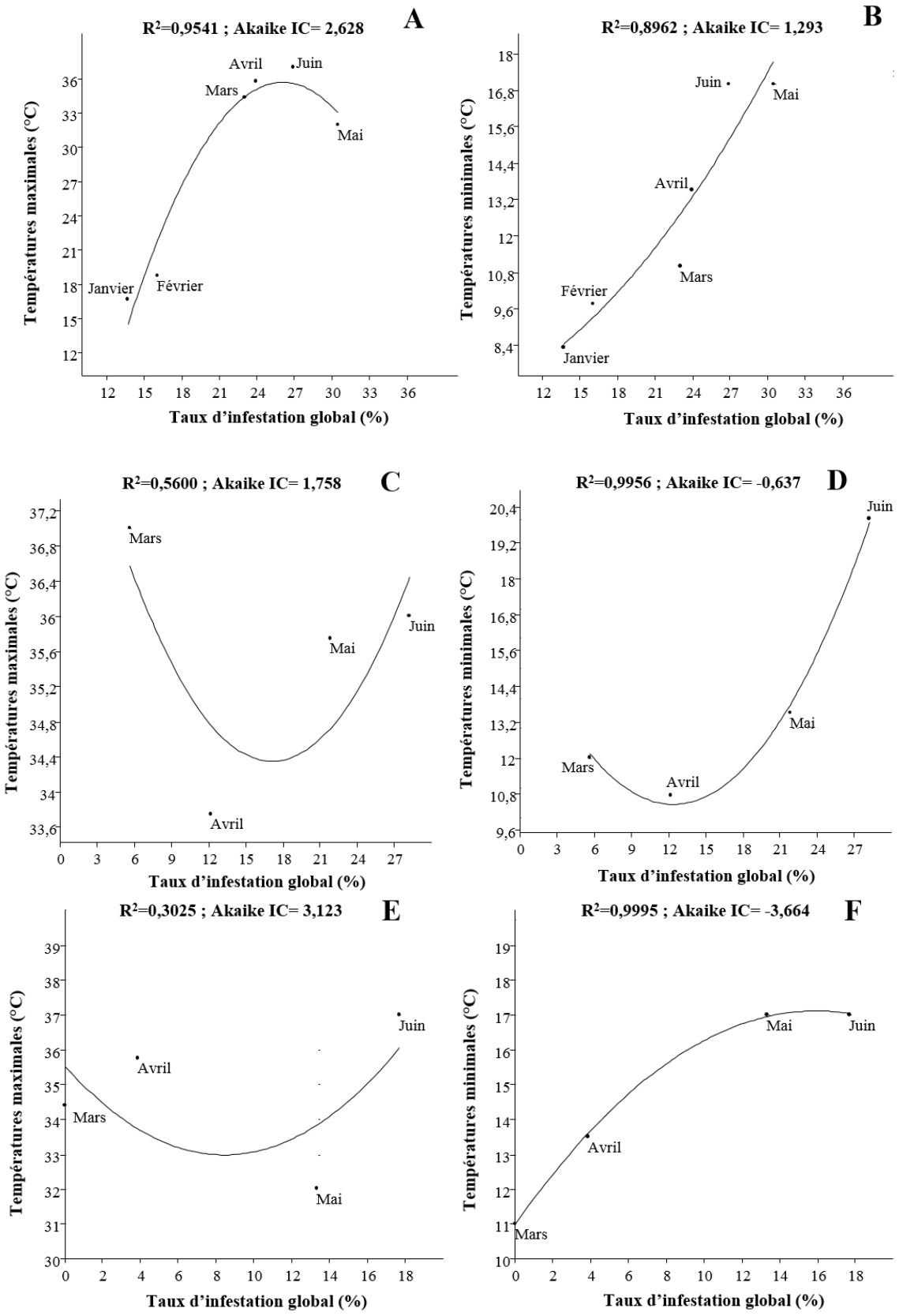
3. Influence des conditions de température sur la temporalité des captures

L'étude de l'évolution des captures de mâles de *T. absoluta* au cours de la période expérimentale et dans chaque culture doit permettre de mieux connaître la temporalité du phénomène de vol des adultes à savoir son déclenchement, pic et déclin. Ainsi, l'apparition des captures doit illustrer l'ordre d'arrivée écologique des adultes voiliers sur les trois espèces hôtes.

Le Test Crosscorrélation, au travers du paramètre « Lag » permet d'estimer le décalage temporel enregistré chez les adultes de *T. absoluta* (Tableau 1).

Le pic de captures (barycentre) est enregistré vers la mi-Mai au niveau de la culture de tomate, vers la fin du mois de Mai au niveau de la culture de pomme de terre.

Le test donne un décalage d'environ 15 jours (Lag=0,41) entre les cultures de tomate et de pomme de terre, d'environ 20 jours (Lag=0,61) entre cultures de tomate et d'aubergine et de 6 jours (Lag=0,20) entre cultures de pomme de terre et d'aubergine (Tableau 1). Les captures débutent sur tomate.



Figures 5 : Taux d'infestation global par les stades larvaires de *Tuta absoluta* rapportés aux variations thermiques

A et B : Culture de tomate C et D : Culture de pomme de terre ; E et F : Culture d'aubergine

Tableau 1 : Décalage temporel entre les pics de captures d'adultes de *Tuta absoluta* selon les plantes-hôtes

Cultures	Barycentre (mois) (pic de capture maximal)	Test Crosscorrélation		
		Lag (mois) (Décalage temporel)	r	Probabilité
Tomate Pomme de terre	4,47 4,88	0,41	0,9646	$2,62\times10^{-7}$
Tomate Aubergine	4,47 5,08	0,61	0,9520	$1,19\times10^{-6}$
Pomme de terre Aubergine	4,88 5,08	0,20	0,9705	$1,06\times10^{-7}$

4. Influence des variations de température sur les taux d'infestation des plantes-hôtes

Les régressions polynomiales relatives à la fluctuation du taux d'infestation global en fonction des variations thermiques donnent des valeurs de coefficient de régression (R^2) très variables (0,302 à 0,999) mais des valeurs d'Akaike IC faibles voire négatives dans le cadre de la variation des températures minimales (Fig. 5D, 5F). Ces dernières valeurs indiquent que les variations de températures minimales influencent significativement les taux d'infestations des plants de pomme de terre et d'aubergine (Fig. 5D, 5F) et de façon moindre la tomate (Fig. 5B) .

Les courbes polynomiales relatives aux taux d'infestation des plants de pomme de terre et d'aubergine à des températures élevées accompagnées de valeurs de coefficient de régression faibles et de valeur Akaike IC fortes, indiquent l'existence d'une relation mais faible entre les deux variables (Fig. 5C, 5E). L'inversion de la courbe polynomiale concernant la tomate et les valeurs de R^2 et d'Akaike IC élevées montrent que les taux d'infestation de cette plante-hôtes sont fortement dépendants des températures élevées (Fig. 5A).

Les diagrammes montrent l'existence d'une relation statistiquement significative et positive entre taux d'infestation et conditions thermiques pour les trois plantes-hôtes mais avec un effet plus marqué pour la tomate (X^2=18,541, Fig. 6A) par rapport à l'aubergine et la pomme de terre (X^2=2,447 et X^2=9, 585, Fig. 6B et 6C), respectivement.

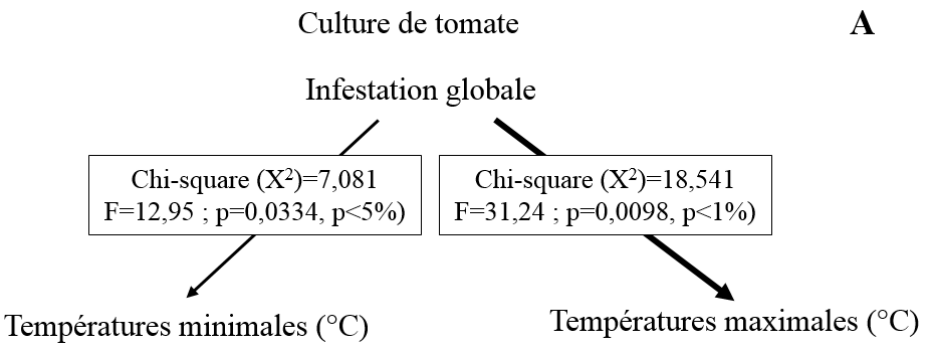


Figure 6 : Diagrammes récapitulatifs des relations entre le taux d'infestation global des plantes-hôtes par les stades larvaires de *Tuta absoluta* et les variations thermiques

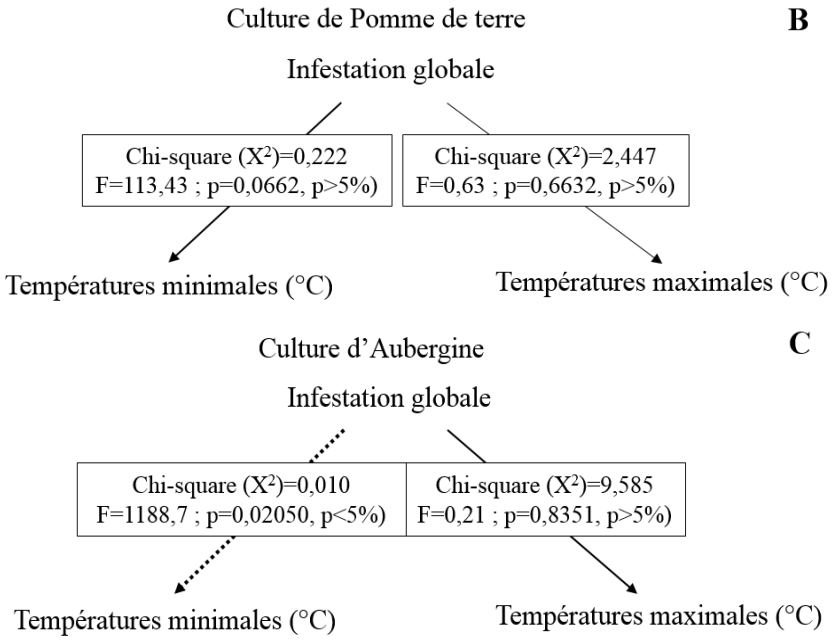


Figure 6-suite : Diagrammes récapitulatifs des relations entre le taux d'infestation global des plantes-hôtes par les stades larvaires de *Tuta absoluta* et les variations thermiques

5. Influence des conditions de température sur la temporalité des taux d'infestation globale

Les valeurs du Lag obtenues mettent en évidence un décalage temporel important entre les pics d'infestation maximale observée sur tomate et les deux autres plantes-hôtes (Tableau 2). Les stades larvaires s'installent plus précocement sur tomate (pic d'infestation maximale fin Avril), puis sur pomme de terre (pic début Juin) et enfin sur aubergine (pic mi-Juin). Le décalage temporel est de plus d'un mois entre la culture de tomate et celles de pomme de terre (≈1 mois et 5 jours Lag=1,16) et d'aubergine (≈1 mois et 15 jours Lag=1,49). Il est faible (≈10 jours Lag=0,33) entre l'aubergine et la pomme de terre qui est la première culture infestée des deux.

Tableau 2 : Décalage temporel entre les pics d'infestation des plantes-hôtes par les stades larvaires de *Tuta absoluta*

Cultures	Barycentre (mois) (pic d'infestation maximale)	Test Crosscorrélation		
		Lag (mois) (Décalage temporel)	r	Probabilité
Tomate Pomme de terre	3,91 5,07	1,16	0,7274	$8,48\times10^{-3}$
Tomate Aubergine	3,91 5,40	1,49	0,7053	$8,01\times10^{-3}$
Pomme de terre Aubergine	5,07 5,40	0,33	0,9734	$6,26\times10^{-8}$

6. ***Structure d'âge des formes biologiques infestant les plantes-hôtes***

La structure d'âge des formes biologiques, c'est-à-dire l'abondance moyenne des divers stades larvaires de *T. absoluta* (L1 à L4) présents sur tomate, pomme de terre et aubergine, a été calculée pour toute la période expérimentale.

L'abondance moyenne des stades larvaires est nettement supérieure sur tomate quel que soit le stade larvaire considéré ; un rapport approximatif de l'ordre de 3 est apparent entre les plantes-hôtes par stades larvaires sauf dans la situation L1 entre tomate et pomme de terre. Les différences observées entre pomme de terre et aubergine ne semblent significatives que pour les premiers stades larvaires L1 (Fig.7).

L'abondance larvaire moyenne sur culture de tomate est significativement supérieure à celle observée sur pomme de terre et aubergine (ANOVA, p=2,79×10^{-3}, p<1%) et quel que soit le stade larvaire (ANOVA, p <1%) et le mois considérés (Tableau 3).

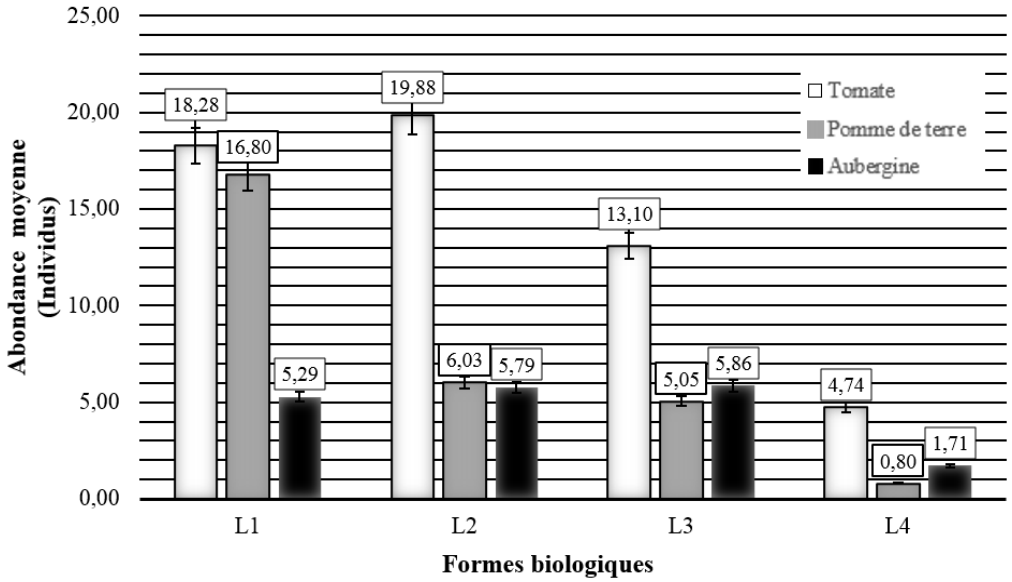


Figure 7 : Infestations des plantes-hôtes rapportées aux formes biologiques (stades larvaires) de *Tuta absoluta*

Tableau 3 : Abondances globales mensuelles de chaque stade larvaire de *Tuta absoluta* sur chaque plante-hôte

Plantes-hôtes	Périodes	L1	L2	L3	L4	Abondance globale
Tomate	Janvier	24,33	24,00	10,66	04,33	51,209 a
	Février	34,00	34,50	17,50	06,00	
	Mars	94,00	19,80	60,00	26,4	
	Avril	77,75	95,50	68,50	21,75	
	Mai	110,75	98,50	84,25	29,50	
	Juin	66,00	45,00	61,00	15,00	
	Abondance globale	67,80 a	69,55 a	50,31 a	17,16 a	
Pomme de terre	Mars	06,00	04,00	01,00	00,00	7,15 b
	Avril	12,75	06,75	04,13	00,50	
	Mai	20,25	05,08	06,50	01,50	
	Juin	30,00	09,00	07,00	00,00	
	Abondance globale	17,25 b	06,20 b	04,65 b	00,50 b	
Aubergine	Mars	00,00	00,00	00,00	00,00	6,56 b
	Avril	04,50	04,75	05,25	01,50	
	Mai	10,00	12,00	10,75	03,25	
	Juin	16,00	14,00	18,00	05,00	
	Abondance globale	07,62 b	07,68 b	08,50 b	02,43 b	
	F-ratio	9,6	9,14	7,98	8,25	12,12
	p	3,86×10^{-3}	4,57×10^{-3}	7,21×10^{-3}	6,47×10^{-3}	2,79×10^{-3}

DISCUSSION

Notre étude montre clairement le rôle majeur des variations thermiques et de l'espèce de solanacées ciblée (tomate, pomme de terre ou aubergine) sur la dynamique des populations d'adultes et de larves de *T. absoluta* et sur la dynamique d'infestations des plantes par ses stades larvaires.

En outre, il apparaît que l'importance, la direction et la temporalité des relations mises en évidence varient selon les variables comparées (variations minimales ou maximales de températures, mois d'observation versus abondance des mâles piégés et des stades larvaires dénombrés sur plante-hôte). Les relations du phytophage avec son environnement biotique et abiotique sont de ce fait complexe.

1. Rôle de la plante hôte dans la dynamique des populations de T. absoluta

Dans les agrosystèmes, système de production protégé ou de plein champ, un phytophage est confronté à de multiples facteurs biotiques (plante-hôtes, ennemis naturels, etc) et abiotiques (conditions climatiques, nature des sols, etc) lesquels influencent la dynamique spatio-temporelle de ses populations.

Le suivi de la dynamique d'abondance des différentes formes biologiques (adultes, stades larvaires) de *T. absoluta* et des dégâts associés sur solanacées a mis en évidence la nette préférence de ce ravageur pour les cultures de tomate en comparaison avec les cultures de pomme de terre et d'aubergine.

Les captures d'adultes, les effectifs de larves et les taux d'infestations globales y sont maximales. Les captures et les pics de populations apparaissent tout d'abord dans la serre de tomate puis en champ de pomme de terre et serre d'aubergine suggérant une attractivité supérieure de *T. absoluta* pour la tomate.

Selon l'hypothèse de préférence-performance [23 ; 24 ; 25 et 26], les préférences alimentaires des femelles sont positivement corrélées à la fitness de l'espèce c'est-à-dire qu'elles favorisent le développement complet et la meilleure survie de la progéniture. Chez *T. absoluta*, des études ont démontré que le temps de développement des stades juvéniles, la longévité des adultes correspondants et la fécondité des femelles étaient supérieurs sur tomate par rapport à la pomme de terre [27 et 28].

Les travaux de Sylla *et al*. [6] ont également mis en évidence la préférence des femelles de *T. absoluta* pour la tomate en tant que support de ponte en comparaison avec cinq autres espèces de solanacées parmi lesquelles l'aubergine et la pomme de terre paraissent des plantes-hôtes secondairement choisies. La préférence de la tomate dans l'espace et le temps démontrée dans notre étude semble refléter un choix optimal.

Dans une zone maraîchère où d'autres cultures sont produites, la tomate peut ainsi servir de foyer d'infestation pour les autres plantes-hôtes même secondaires cultivées à proximité [29 et 30]. Sur la station d'étude, les sites sont distants d'environ 1km, distance que peuvent parcourir les adultes soit passivement à la faveur des vents soit activement. En effet, des observations en plein champ sur la capacité de dispersion des adultes ont clairement indiqué qu'ils pouvaient voler à 250 mètres en 2 heures et à 400 mètres durant toute une nuit à partir du point de lâcher [31]. Ces solanacées secondaires peuvent aussi servir de plantes alternatives lorsque la culture préférée est trop infestée (ie. dispersion pour limiter la surexploitation des ressources et la compétition entre les phytophages) ou au contraire lorsque la saison de production de tomate est terminée permettant ainsi le maintien des populations de *T. absoluta* dans la zone [29 et 30].

2. Influence des variations thermiques sur la dynamique des populations de T. absoluta

Les effectifs de *T. absoluta* (adultes, stades larvaires) et les niveaux d'infestation fluctuent au cours de la période de production de la culture. Les pics populationnels apparaissent mi-Mai dans la culture de tomate, fin Mai dans le champ de pomme de terre et début Juin sur la culture d'aubergine. Les abondances et taux d'infestations sont globalement d'autant plus élevés que les températures sont élevées mais avec quelques nuances.

Il est important de constater que les vols des adultes sous serre de tomate et d'aubergine sont conditionnés par les variations thermiques minimales et que les vols sur culture de pomme de terre en plein champ le sont par les températures maximales. Même si les variations de températures jouent un rôle indéniable dans nos observations, la question d'un rôle des structures de cultures (serre protégée *versus* plein champ) se pose du fait notamment des conditions de température différentes qui y règnent à période équivalente. Les températures enregistrées sur chaque site révèlent des températures supérieures en plein champ par rapport à celles des serres donc la pression de température exercée sur les insectes sur tomate n'était pas identique à celle sur aubergine que sur pomme de terre.

Les températures minimales influent fortement le taux d'infestation global sur les trois cultures même si *T. absoluta* est encore capable de se développer à des températures faibles ; seuil de développement de 14°C [32] voire même de 8°C [33]. L'influence des températures sur la dynamique générale des populations de *T. absoluta* a déjà été citée dans des travaux antérieurs, quelle que soit les zone géographique et climatique étudiées.

Au Brésil, Krechemer et Foerster [34] ont montré que les températures minimales et moyennes affectaient significativement l'abondance de la mineuse de la tomate. En région méditerranéenne, Cocco *et al.* [35 et 36] et Balzan et Moonen [37] ont mis en évidence une relation positive entre niveau de population et température, avec une croissance parfois exponentielle et incontrôlée des populations pendant les mois les plus chauds. Même si la température est un facteur majeur dans la dynamique générale des populations de *T. absoluta*, il ne faut pas oublier qu'il n'est pas seul. La pluie et son régime est un facteur pouvant également limiter l'occurrence et les niveaux de population du ravageur [38 ; 39 et 40].

CONCLUSION

La dynamique générale des populations de *T. absoluta* mise en évidence dans notre étude montre son intérêt en protection des cultures et prévention des risques. La tomate, culture maraîchère d'importance en Algérie, est la plante-hôte principale (infestation maximale et chronologiquement la première) de *T. absoluta* pouvant être un foyer d'infestation pour d'autres plantes-hôtes. Les cultures de pomme de terre et d'aubergine sont des hôtes secondaires pouvant jouer un rôle essentiel dans le maintien et la propagation du ravageur durant toute l'année. Une vigilance accrue au niveau des cultures de tomate est de ce fait indispensable pour maintenir les infestions des cultures de solanacées en dessous d'un seuil de nuisibilité économiquement acceptable dans toute la zone maraîchère.

Dans le cadre d'une stratégie de protection intégrée, connaitre l'évolution temporelle et les pics d'activités des adultes de *T.absoluta* dans les cultures de tomate grâce aux piégeages, permet de mieux cibler les lâchers d'ennemis naturels contre l'apparition des premiers stades larvaires de *T.absoluta*

L'influence des variations de température sur la dynamique générale des populations de *T. absoluta* démontrée par notre étude et bien d'autres, pose la question de l'évolution de son impact dans le cadre du changement climatique à venir.

En Algérie, conformément à la situation mondiale, les températures minimales et maximales sont en hausse sur tout le territoire depuis le début des années 80 [41 et 42], Sous l'hypothèse d'un changement climatique menant à une température moyenne de +2°C, *T. absoluta* constituerait probablement un risque encore plus important pour les cultures.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Mr. Jean-Marie Ramel, expert entomologiste au laboratoire de la santé des végétaux (ANSES), Montpellier (France), pour son aide précieuse dans l'identification fiable de certains spécimens de *Tuta absoluta* prélevés sur les plantes-hôtes ciblées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]. Safiddine F., Nebih D., Merah O. & Djazouli Z.E. (2019). Impact de différents types de vermicompost sur la réduction du nombre de galles de *Meloidogyne* et l'expression végétative des plants de tomate**.**" *Revue Agrobiologia*, 9(1) : 1415-1427

[2]. MADR. (2018). Données sur le site Algerie presse service. http://www.aps.dz/economie/75536-culture-maraichere-une-production-nationale-de-plus-de-130-millions-de-quintaux-en-2017

[3]. Silva S.S. (2008). Fatores da biologia reprodutiva que influenciam o manejo comportamental de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco

[4]. Desneux N., Wajnberg, E., Wyckhuys K.A.G., Burgio G., Arpaia S., Narváez-Vasquez C.A., González-Cabrera J., Ruescas D.C., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T. & Urbaneja A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta* : ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83 : 197–215

[5]. Biondi A., Narciso C. Guedes R., Wan F. & Desneux N. (2017). Ecology, Worldwide Spread, and Management of the Invasive South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* : Past, Present, and Future. *Annual Review of Entomology*. 63 : 239–258

[6]. Sylla S., Brévault T., Monticelli L.S., Diarra K. & Desneux N. (2019). Geographic variation of host preference by the invasive tomato leaf miner *Tuta absoluta* : implications for host range expansion. *Journal of Pest Science*, 92 : 1387- 96.

[7]. Vargas H.C. (1970). Observaciones sobre la biologia y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *Idesia*, 1 : 75-110

[8]. Urbaneja A., González-Cabrera J., Arnó J. & Gabarra R. (2012). Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Management Science*,68 : 1215–1222

[9]. Guenaoui Y. (2008). Nouveau ravageur de la tomate en Algérie : Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma- Déf Végétaux*, 617 :18–19

[10]. Boualem M., Allaoui H., Hamadi R. & Medjahed M. (2012). Biologie et complexe des ennemis naturels de *Tuta absoluta* a` Mostaganem (Algérie). *EPPO Bull*, 42 : 268–274

[11]. Allache F., Houhou M.A., Osmane I., Naili L. & Demnati F. (2012). Suivi de l'évolution de la population de *Tuta absoluta* Meyrick (Gelichiidae), un nouveau ravageur de la tomate sous serre à Biskra (sud-est d'Algérie). *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology*, 65 : 149–155.

[12]. Haddi K., Berger M., Bielza P., Cifuentes D., Field L.M., Gorman K., Rapisarda C., Williamson M.S. & Bass C. (2012). Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltagegated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 42 : 506–513

[13]. Campos M.R., Rodrigues A.R.S., Silva W.M., Silva T.B.M., Silva V.R.F. Guedes, R.N.C. & Siqueira, H.A. A. (2014). Spinosad and the tomato borer *Tuta absoluta* : a bioinsecticide, an invasive pest threat, and high insecticide resistance. *Plos One*, 9 (8) : e103235

[14]. Silva J.E., Assis C.O.P., Ribeiro L.M.S. & Siqueira H.A.A. (2016). Field-Evolved Resistance and Cross-Resistance of Brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) Populations to Diamide Insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 6 : 1–4

[15]. Infante F. (2000). Development and population growth rates of Prorops nasuta (Hym., Bethylidae) at constant temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 124 : 343-348

[16]. Hoffman A.A., Sørensen J.G. & Loeschcke V. (2003). Adaptation of Drosophila to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. *Journal of Thermal Biology*, 28 : 175-216.

[17]. Singer M.S., Rodrigues D., Stireman J. O. & Carriere Y. (2004). Roles of food quality and enemy-free space in host use by a generalist insect herbivore. *Ecology*, 85 : 2747–2753

[18]. Zheng F.S., Du Y.Z., Wang ZJ. & Xu J.J. (2008). Effect of temperature on the demography of *Galerucella birmanica* (Coleoptera : Chrysomelidae). *Insect Science*, 15 : 375-380**.**

[19]. Krechemer F.S., Foerster L.A. (2017). Development, Reproduction, Survival, and Demographic Patterns of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) on Different Commercial Tomato Cultivars. *Neotropical entomology* 46 :694–700

[20]. Gomide E.V.A., Vilela, E.F. & Picanço M. (2001). Comparação de procedimentos de amostragem de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) em tomateiro estaqueado. *Neotropical Entomology*, 30, 697–705.

[21]. Hammer O., Harper D. A.T. & Ryan P.D. (2001). PAST : Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. 4 : 9

[22]. Djazouli Z.E., Doumandji-Mitiche B. & Petit D. (2009). Spatio-temporal variations of functional groups in a *Populus nigra* L. entomocenosis in the Mitidja plain (Algeria). *Comptes Rendus Biologies*, 332 : 848–860

[23]. Thompson J.N. (1988). Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. E*ntomologia Experimentalis et Applicata*, 47 :3–14

[24]. Jaenike J. (1990). Host specialisation in phytophagous insects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 21 :243–273

[25]. Gripenberg S., Mayhew P J., Parnell M. & Roslin T. (2010). A meta-analysis of preference-performance relationships in phytophagous insects. *Ecology Letters*, 13 :383–393

[26]. Gómez Jiménez M.I., Sarmiento C.E., Díaz M.F., Chauta., Peraza A., Ramirez A. & Poveda K. (2014). Oviposition, larval preference, and larval performance in two polyphagous species: does the larva know best? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 153 :24–33

[27]. Pereyra P.C. & Sánchez N.E. (2006). Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35 : 671–676.

[28]. Abbes K., Harbi A., Elimem M., Hafsi A. & Chermiti B. (2016). Bioassay of three solanaceous weeds as alternative hosts for the invasive tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and insights on their carryover potential. *African Entomology*, 24 :334–342

[29]. Barrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero A.S. & Estay P.P. (1998). Temperatura base y constante termica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ciencia e Investigacion Agraria*, 25 :133–137

[30]. Urbaneja A., Desneux N., Gabarra R., Arnó J., González-Cabrera J., Mafra Neto A., Stoltman L., Pinto A. De S. & Parra J.R.P. (2013). Biology, ecology and management of the tomato borer, *Tuta absoluta*. In : Peña JE (ed) Potential invasive pests of agricultural crops, CABI series. PP : 98–125.

[31]. Salama E.R., Abd H.S., Ismail I.A.K., Fouda M., Ebadah I. & Shehata I. (2015). Some Ecological and Behavioral Aspects of the Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae). *Journal of Balkan Ecology*, 6(3), 110-115.

[32]. Martins J.C., Picanco M.C., Bacci L., Guedes R.N.C., Santana Jr P.A., Ferreira D.O. & Chediak M. (2016). Life table determination of thermal requirements of the tomato borer *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*, 89 :897–908

[33]. Krechemer F.S. & Foerster L.A. (2015). *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) : thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. *European Journal of Entomology*, 112 :658–663

[34]. Krechemer F.S. & Foerster L.A. (2019). Influence of biotic and abiotic factors on the population fluctuation of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in an organic tomato farming. *International Journal of Tropical Insect Science*,1-10

[35]. Cocco A., Deliperi S. & Delrio G. (2013). Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae) in greenhouse tomato crops usin themating disruption technique. J*ournal of Applied Entomology*, 137 :16–28.