

Le tétranyque de l'épinette



Tétranyque de l'épinette

Nom latin : *Oligonychus ununguis*

Nom français : tétranyque de l'épinette

Nom anglais : *Spruce spider mite*

Ordre : Acari

Famille : *Tetranychidae*

Le tétranyque de l'épinette (*Oligonychus ununguis*) a été observé sur plus de 100 espèces de plantes dans plus d'une quarantaine de pays. Il est principalement retrouvé sur des conifères. La présence de cet acarien piqueur suceur indésirable en densité élevée peut causer des pertes économiques importantes pour les pépiniéristes, notamment les producteurs d'arbres de Noël et de thuyas.

Très souvent, ce ravageur de saison fraîche (*cool season*) se trouve en permanence sur les sites de production. Il se nourrit de la chlorophylle des cellules des rameaux de thuyas, des sapins et d'autres plantes hôtes cultivées en pépinière ornementale. Les populations d'*O. ununguis* fluctuent d'année en année en fonction des conditions climatiques et des prédateurs naturels présents dans l'environnement.

Hôtes principaux

Abies spp. (sapin)
Juniperus spp. (genévrier)
Larix spp. (mélèze)
Picea spp. (épinette)

Pinus spp. (pin)
Taxus spp. (if)
Thuja spp. (thuya, cèdre)
Tsuga spp. (pruche)



Exemple de dommages sévères sur un *Larix*.

Importance des dommages

Oligonychus ununguis peut causer des dommages esthétiques permanents importants dans les pépinières et autres cultures d'arbres lorsque les conditions optimales sont présentes et qu'aucun contrôle n'est effectué.

Les productions d'envergure, comme les thuyas et les arbres de Noël, sont particulièrement affectées par cet acarien. Contrairement à l'évolution des dommages de la plupart des autres ravageurs rencontrés en production ornementale, le dépérissement des arbres soumis aux populations élevées du tétranyque de l'épinette arrive de façon subite. Les dommages sévères, qui apparaissent habituellement de façon aléatoire dans les champs, sont souvent irréversibles et entraînent la perte définitive des arbres.



Patron d'apparition des dommages qui est plutôt aléatoire (un filtre a été appliqué sur la photo pour faire ressortir les dommages).

Symptômes et éléments de diagnostic

Les premiers symptômes sont l'apparition de petites taches de couleur brunâtre ou grisâtre qui correspondent à l'alimentation des acariens ;



Taches grisâtres sur une ramille de thuya.

- Apparition de symptômes se produisant à l'intérieur de la canopée sur les feuilles qui ont au moins 1 an ;
- Développement de taches jaunâtres ou rougeâtres sur les rameaux des arbres ;



Développement des symptômes à l'intérieur de la canopée d'un thuya.



Taches rougeâtres sur les rameaux d'un thuya.

- Développement d'une teinte grisâtre ou brunâtre généralisée sur l'ensemble de l'arbre, qui dégrade la qualité esthétique des arbres ;



Exemples de dommages sévères menant à une coloration grisâtre d'un thuya.

- Apparence poussiéreuse des aiguilles ou rameaux ;
- Enroulement des feuilles chez certaines espèces comme *Larix* et *Abies* ;
- Dessèchement des ramilles et aiguilles ;
- Présence de fils de soie sur les feuilles lorsque l'infestation est sévère ;



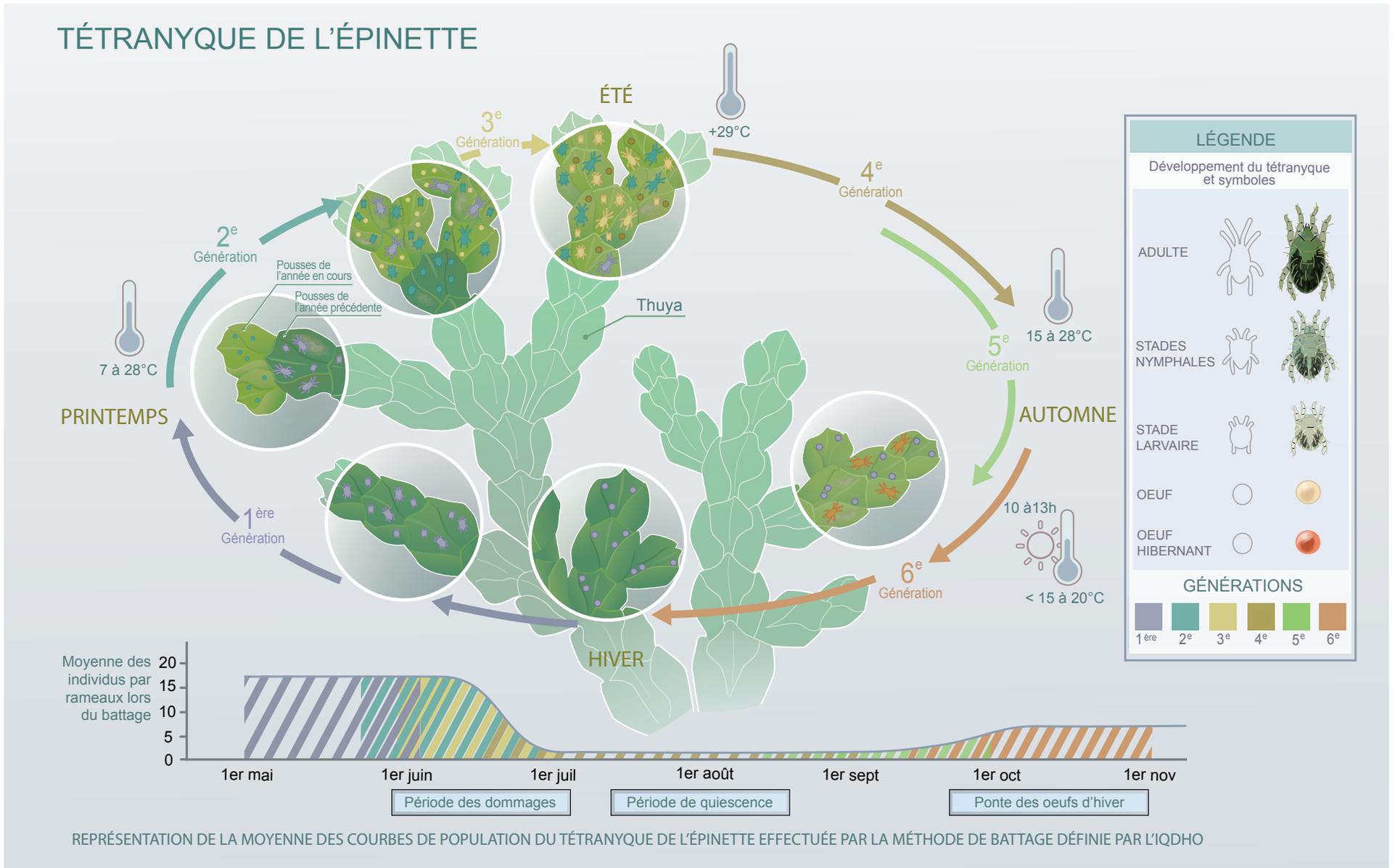
Exemple de dommage aux aiguilles pour *Picea*.



Exemple de fils de soie.

- Retard de croissance ;
- Mort du plant possible si aucune action n'est entreprise.

Cycle de vie du tétranyque de l'épinette



Hiver

Les tétranyques de l'épinette passent l'hiver sous forme d'œufs hibernant sur le conifère à la base des écailles ou des aiguilles.

Printemps - été

À la suite de l'accumulation de chaleur nécessaire, l'œuf absorbe une quantité d'eau pour finaliser la levée de la dormance et le développement de l'acarien contenu dans l'œuf.

Lorsque les conditions environnementales deviennent favorables, au printemps vers la mi-avril ou la fin avril, il y a émergence de la première génération de tétranyque. Le développement de cette première génération d'*O. ununguis* se fait principalement sur les pousses âgées de 1 an. Les femelles de la 1^{re} génération vont pondre les œufs de la prochaine génération sur la pousse de l'année pour ensuite revenir se nourrir sur la pousse âgée de 1 an. Les générations suivantes se développeront et se nourriront sur les pousses de l'année. Au Québec, il est possible d'avoir 2 à 3 générations de tétranyque de la mi-avril à la mi-juin.

Dans le développement du tétranyque, on retrouve 3 stades immatures et 1 stade adulte. Les trois stades immatures sont la larve à six pattes, la protonympe et la deutonympe à huit pattes, pour finalement poursuivre leur développement vers le stade adulte mâle ou femelle. Les différents changements de stade se produisent à l'intérieur d'une exuvie protectrice, qui produit une mue suite au changement de stade. Une période de quiescence est nécessaire entre chaque changement. Les mâles se développent plus rapidement que les femelles et agissent comme protecteurs des deutonymphes femelles en les défendant contre les prédateurs naturels.

Le développement du tétranyque jusqu'au stade adulte s'effectue sur une période de 18 à 22 jours, mais il peut être plus rapide ou plus lent selon les conditions environnementales. Les femelles pondent un œuf par jour ou, dans de rares cas, jusqu'à trois. La succession des générations dépend de la température et des autres facteurs environnementaux. On retrouve tous les stades sur l'arbre à la suite de la première génération.

Les dommages sont habituellement causés au printemps par la 2^e et 3^e génération de tétranyque. Ces dommages deviennent apparents de la fin mai à fin juin à la suite de l'augmentation importante des populations de ces 2 générations dans les semaines précédant l'apparition des dommages.

Vers la mi-juin, l'augmentation des températures à près de 29 °C et plus entraîne progressivement une diminution des populations de tétranyque. À cette température, il y a une réduction considérable de l'éclosion des œufs, du développement des acariens et de la fécondité des femelles. L'humidité relative a un impact sur le métabolisme du tétranyque. Une humidité relative supérieure à 60 % entraîne une réduction de la quantité d'œufs pondus, une plus faible survie des différents stades et un allongement du temps général de développement du tétranyque. Ces conditions d'humidité relative correspondent aux périodes chaudes de l'été du sud du Québec et de l'Ontario.

Il est possible que les différents stades entrent en quiescence durant plusieurs semaines, si les conditions ne sont plus favorables au développement de la population. Durant la quiescence d'été, les différents stades plus particulièrement les œufs ralentissent considérablement leur métabolisme pour survivre. Il y a donc un déclin des populations durant cette période.

Une diminution des températures vers la fin août favorise la reprise du développement du tétranyque de l'épinette. Les œufs sortent de quiescence, ce qui permet le développement d'une nouvelle population de tétranyque qui entraîne une succession de 1 à 3 générations les mois suivants.

Automne

De la mi-septembre à octobre, les femelles de la dernière génération de tétranyque détectent les facteurs qui déclenchent leur diapause, soit l'interaction entre la photopériode, la température et l'humidité. Les conditions favorables sont des températures inférieures à 15-20 °C et une photopériode inférieure à 10-13 heures par jour.

À ce moment, l'accouplement des femelles engendre une ponte d'œufs près des bourgeons des pousses de la saison, plus particulièrement sous les écailles ou à la base des aiguilles des conifères. À la suite de la ponte, les œufs passent par un processus d'acclimatation au froid de quelques jours, qui permettra leur hibernation. Ces œufs plus pauvres en eau hiberneront durant les 6 mois suivants, ce qui leur permettra de tolérer les conditions froides de l'hiver.

Description de l'organisme

Œuf

- Forme ronde-ovale ;
- Coloration brun rouge pour les œufs hibernants ;
- Coloration translucide pour les œufs d'été ;

Larves hexapodes

- Présence de 6 pattes ;
- Coloration vert translucide ;
- Couleur grise sur environ la moitié de la partie postérieure du corps ;
- Présence de 2 yeux rouges ;
- Plus petites que les nymphes.

Nymphes

Protonymphes et deutonymphes

- Présence de 8 pattes ;
- Coloration vert jaunâtre ;
- Couleur gris-noir sur environ la moitié de la partie postérieure du corps ;
- Présence de 2 yeux rouges ;
- Présence de poils sur le dos ;
- Plus petites que les adultes.

Adulte

- Présence de 8 pattes ;
- Coloration jaunâtre ;
- Couleur noire sur environ le 2/3 de la partie postérieure du corps ;
- Présence de poils sur le dos ;
- Présence de 2 yeux rouges ;
- 0,2 à 0,9 mm de largeur ;
- Mâle de forme plus triangulaire et femelle de forme plus ovale ;
- Adultes d'automne plus foncés.



Oeufs hibernants de *Oligonychus ununguis*. Photo : Joseph Moisan-De Serres M. Sc., Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP)



Stade larvaire de *Oligonychus ununguis*.



Oeuf d'été et stade nymphal de *Oligonychus ununguis*.



Stade adulte de *Oligonychus ununguis*.

Conditions environnementales favorables au développement du tétranyque

- Température de 7 à 28 °C, optimal de croissance de 24-26 °C ;
- Humidité relative entre 30-60 %, optimal de croissance de 50-60 % ;
- Faible fréquence de forte pluie ;
- Faible fréquence de fort vent.

Autres éléments de biologie

La température minimale pour commencer l'accumulation de chaleur nécessaire à la levée de la dormance des œufs hibernants et la constante thermique en degrés-jour sont différentes selon le modèle prévisionnel considéré.

Le tableau suivant présente différents modèles qui définissent le moment d'éclosion des œufs hibernants.

MODÈLE	TEMPÉRATURE MINIMALE (°C)	CONSTANTES THERMIQUES (°C)	ESPÈCE
Québec (Doherty, 2017)	7,1	161,2 ± 16,6	Sapin baumier
Ohio (Richmond, 1996)	7,1	143,3 ± 30,1	Épinette du Colorado
Ohio (Richmond, 1996)	5,6	170,1 ± 29,6	Épinette du Colorado
Japon (Akita, 1971)	7,1	129	Sapin de Sakhaline
Pologne (Puchalska et al, 2016)	5,0	119 (50 % éclosion) 183 (100 % éclosion)	Épinette de Norvège

- Au printemps, des conditions d'humidité faible au moment de la réhydratation des œufs hibernants vont diminuer le taux d'éclosion des œufs.
- Les propriétés chimiques et morphologiques spécifiques à l'espèce d'arbre influencent le lieu d'alimentation, d'accouplement et de la ponte des tétranyques de l'épinette. Pour le moment, il y a peu d'information sur le sujet, mais c'est une hypothèse qui expliquerait le comportement du tétranyque. Voici quelques exemples de l'influence du comportement des tétranyques :
 - Les parois cellulaires des nouvelles pousses sont trop dures pour permettre une pénétration du stylet des tétranyques de l'épinette. Ce phénomène est causé par l'épaisseur de la couche de cire sur les nouvelles pousses en début de saison. C'est pourquoi la première génération reste sur la pousse de l'année précédente ;
 - La qualité de la source d'alimentation est influencée par les concentrations de protéines solubles, de sucres et de composés phénoliques. La concentration de ces composés varie selon l'âge des pousses. Pour le tétranyque de l'épinette, un ratio élevé de composés phénoliques/sucres serait préférable dans le choix de l'alimentation. Ce ratio est plus élevé sur les jeunes pousses de l'épinette blanche ;
 - La concentration des composés volatiles des pousses change avec l'âge, l'essence d'arbre et l'environnement. Il est reconnu dans la littérature scientifique que certains terpènes (limonène, β -pinène, α -pinène et Δ^3 -carène) influencent les mouvements des tétranyques de l'épinette adulte et entraînent une diminution de la ponte selon la concentration.

- Les tétranyques immatures et adultes percent l'épiderme des cellules pour se nourrir. Ils en aspirent la chlorophylle et autres contenus avec leur stylet, ce qui cause une diminution de la photosynthèse et de la transpiration.
- Une faible teneur en humidité dans l'environnement du tétranyque augmente l'évaporation de l'eau de son corps par la cuticule, entraînant un besoin accru de s'alimenter sous forme liquide. Le contraire s'applique lorsque l'humidité relative est élevée. À population égale, dans un contexte de faible teneur en humidité, les dommages risquent d'être plus importants.
- La production de fil de soie permet de protéger toutes les formes de tétranyques des prédateurs et de la dessiccation, lors de période d'humidité relative faible ou de température élevée en créant un microclimat. Les fils de soie peuvent aussi les protéger de la pluie et des gouttelettes de pesticides lors de la pulvérisation.
- L'IQDHO a étudié le tétranyque de l'épinette dans la culture du thuya. Durant ce projet qui a duré plusieurs années, des dépistages ont permis d'identifier le tétranyque *Platytetranychus thujae* comme ravageur potentiel à la culture. Il est presque toujours détecté en présence de *O. ununguis*, mais en moins grande quantité. Les dommages seraient similaires, mais l'impact de ce nouveau ravageur n'est pas connu pour le moment.



Stade larvaire de *P. thujae*.



Stade adulte de *P. thujae*.



P. thujae.

Dépistage

Pour le thuya

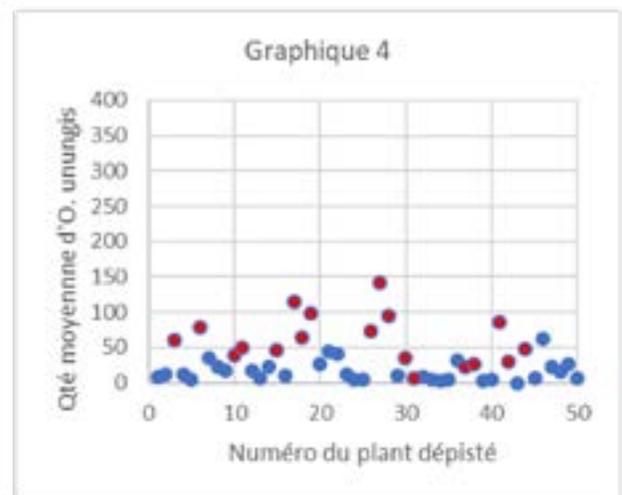
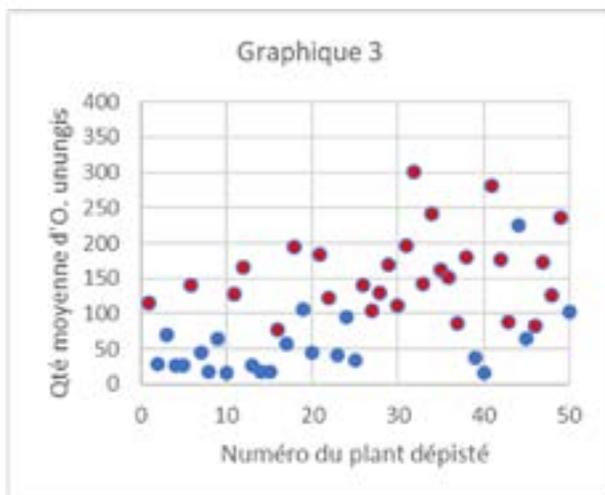
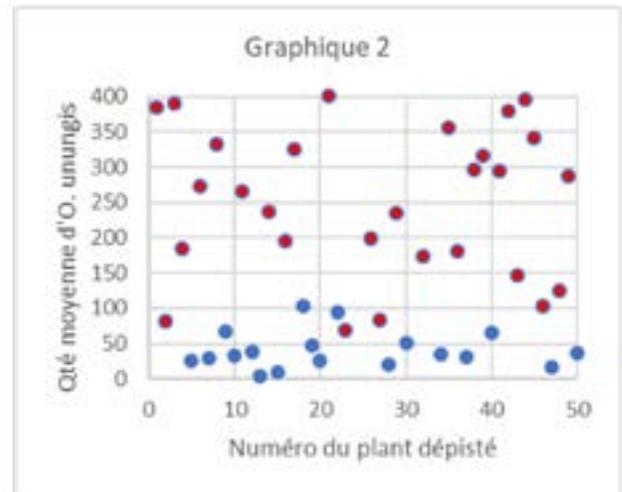
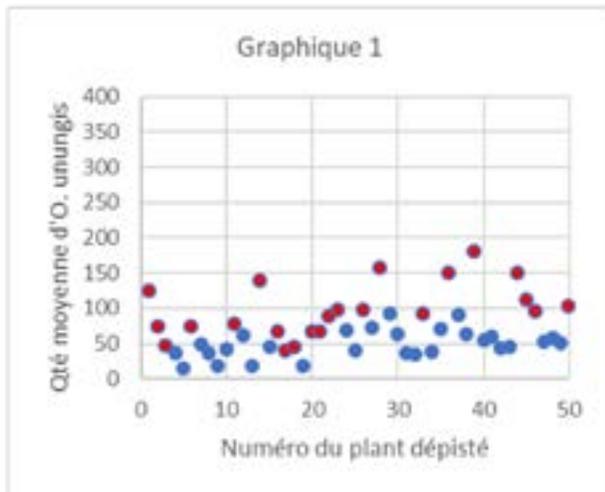
1. Effectuer un dépistage en début de saison pour observer la présence d'œufs en hibernation à la base des écailles.
2. Effectuer un dépistage des formes mobiles durant la saison, en utilisant la technique de battage sur fond blanc adaptée spécifiquement pour cet acarien par l'IQDHO:
 - a. Sélectionner 3 à 4 rameaux par arbre, placer un fond blanc sous la branche et donner 5 petits coups secs sur la branche ;
 - b. Noter la présence de tétranyques de l'épinette et de prédateurs naturels qui se déplacent plus rapidement que les tétranyques de l'épinette ;
 - c. Répéter sur les autres branches ou rameaux sélectionnés ;
 - d. Le dépistage doit être effectué sur 20 à 25 arbres par station d'échantillonnage qui représente un champ de la même année de plantation.



Exemple de dépistage

Il n'existe aucun seuil d'intervention établi avec les standards de recherche. Toutefois, une tendance a été observée pour le seuil de dommages dans le cadre de quelques projets s'étalant sur quatre ans concernant le développement du tétranyque de l'épinette lors de l'analyse des graphiques.

En voici 4 exemples. Graphiques illustrant la moyenne de tétranyques de l'épinette retrouvées lors du dépistage sur 50 plants en fonction de l'observation de dommages.



Ces graphiques permettent de distinguer les dommages observés selon la quantité de tétranyques retrouvée sur les plants durant le dépistage. L'analyse de plusieurs graphiques a permis d'extrapoler une tendance. Les dommages représentés par des points rouges semblent apparaître dans le thuya lorsqu'on dénombre entre 50-100 tétranyques en moyenne par plant.

Pour les arbres de Noël

1. Effectuer un dépistage en début de saison pour détecter la présence d'œufs en hibernation à la base des aiguilles.
2. Effectuer un dépistage des différentes formes mobiles sur les pousses en début de saison :
 - a. Observation d'une branche d'arbre en partant du centre vers la nouvelle pousse ;
 - b. Compter le nombre de tétranyques de l'épinette et noter la présence de prédateurs naturels qui se déplacent plus rapidement que les tétranyques de l'épinette ;
 - c. Répéter sur un total de 2 branches par arbre ;
 - d. Le dépistage devrait être effectué sur un minimum de 30 arbres par hectare.

Pour les arbres de Noël, les seuils d'intervention ont été établis lorsque plus de 15 tétranyques sont retrouvés par branche lors du dépistage :

- Sur 10 % et plus des arbres pour les arbres prêts à être récoltés ;
- Sur 20 % et plus des arbres pour les arbres dont la coupe est prévue dans 2 ou 3 ans ;
- Sur 40 % et plus des arbres pour les arbres dont la coupe est prévue dans 3 ans et plus.

Il est donc important de dépister et de connaître les populations présentes dans les cultures le plus tôt possible.

Stratégie d'intervention

Lutte alternative/préventive

Voici quelques moyens alternatifs à la pulvérisation qui peuvent atténuer l'incidence des tétranyques.

- Éviter le stress hydrique ;
- Éviter la surfertilisation en azote des plants, puisqu'il y a une corrélation entre la concentration d'azote foliaire et la densité d'œufs que les tétranyques pondent. Le fait que les tétranyques transforment l'azote en acides aminés favorise leur développement ;
- Les prédateurs naturels sont une des variables, sinon la variable la plus importante, dans le contrôle des populations *O. ununguis*. Il est essentiel de bien gérer l'utilisation des acaricides pour conserver les populations de prédateurs naturels ;
- Avant de prendre la décision de faire des traitements, une bonne technique de dépistage par battage doit être utilisée pour estimer les populations de tétranyques de l'épinette et détecter du même coup l'importance de la présence de prédateur naturel ;
- Favoriser l'implantation de cultures de couverture comme des cultures intercalaires et des bandes fleuries pour augmenter les populations de prédateurs naturels. Les plantes sensibles aux tétranyques à deux points comme le trèfle peuvent héberger des prédateurs communs aux tétranyques de l'épinette ;
- Favoriser l'implantation de haies brise-vent près du site de production, composées d'essences d'arbres sensibles au tétranyque de l'épinette (*Larix* et *Picea*). Un équilibre entre les prédateurs et les ravageurs va s'établir avec le temps dans la haie brise-vent. La haie deviendra une source importante et diversifiée de prédateurs naturels pour les sites de production qui n'ont jamais été affectés par des traitements phytosanitaires et des rotations de cultures.

Lutte biologique

Pour les productions extérieures, la façon la plus économique et efficace de contrôler le tétranyque de l'épinette reste d'augmenter et de favoriser l'implantation des populations de prédateurs naturels. La méthode utilisée est de leur offrir des conditions favorables grâce aux cultures de couverture ou de haie brise-vent.

Le projet d'étude du tétranyque de l'épinette des plants de thuyas que l'IQDHO a réalisé a permis d'identifier les insectes et acariens prédateurs du tétranyque de l'épinette. La majorité des acariens prédateurs identifiés font partie des phytoséides. Cette famille d'acariens prédateurs demeure la plus importante avec 2000 espèces d'acariens, dont *Amblyseius californicus*, *Amblyseius curcumeris* et *Amblyseius. Swirskii*, utilisés fréquemment lors d'introduction dans les serres. Aucun seuil minimum de présence n'a été établi pour les prédateurs naturels afin d'obtenir un contrôle efficace des tétranyques.

Insectes prédateurs identifiés lors du projet :



Abrolophus sp. Erythraeidae Taille 1,1 mm



Amblydromella sp. Phytoseiidae Taille 0.45 mm



Acarus sp. Acaridae Taille 0.3 mm



Amblyseius sp. Phytoseiidae Taille 0,50 mm



Amblydromella singularis Phytoseiidae Taille 0.45 mm



Anystis baccarum Anystidae Taille 1-1,5 mm



Non identifié Bdellidae Taille 0,9 mm



Orthotydeus sp. Tydeidae Taille 0,42 mm



Cunaxa sp. Cunaxidae Taille 0,6 mm



Typhlodromus sp. Phytoseiidae Taille 0.5 mm



Neoseiulus sp. Phytoseiidae Taille 0.5 mm



Stethorus sp. Coccinellidae Taille 0,5 mm

Un autre moyen de contrôler le tétranyque de l'épinette est de faire l'introduction de prédateurs naturels commerciaux pour réduire la densité des populations et donc les dommages. Il existe sur le marché plusieurs espèces d'acariens prédateurs (*Amblyseius andersoni*, *Neoseiulus fallacis*, *Galendromus occidentalis*, etc.), coccinelle (*Stethorus punctillum*) et autres insectes. Il est possible d'introduire ces prédateurs en serre et à l'extérieur. Toutefois, l'environnement et l'architecture des végétaux influencent grandement leur efficacité. Il est recommandé de consulter un fournisseur d'agents de lutte biologique ou un conseiller technique pour s'assurer que l'introduction des prédateurs soit efficace.

Dans la littérature scientifique, des travaux sur la caractérisation et l'évaluation du pouvoir d'agents infectieux ont permis de découvrir une souche de bactérie nommée *Bacillus thuringiensis* **Ou2**, qui serait une candidate intéressante comme agent de contrôle microbien. Pour le moment, aucun produit utilisant des bactéries n'est disponible sur le marché pour lutter contre le tétranyque de l'épinette.

Il est important d'avoir une stratégie d'intervention, puisqu'il est possible d'avoir des effets négatifs ou une diminution de l'efficacité des traitements selon les applications précédentes ou futures à effectuer. De plus, il est essentiel de se référer aux indications de l'étiquette du produit ou à un conseiller pour s'assurer de l'homologation du produit pour la culture à traiter et des instructions à suivre pour son application.

Lutte chimique

Les acaricides sont très efficaces contre le tétranyque de l'épinette. Toutefois, il est important de rappeler que les prédateurs naturels sont un des régulateurs les plus importants des populations de tétranyque de l'épinette. À la suite de l'application d'acaricide, il y a un déséquilibre de l'écosystème des prédateurs naturels, ce qui engendre une utilisation récurrente des acaricides pour contenir les populations de tétranyque.

Il est fortement recommandé de faire un dépistage régulier de la mi-mai à la fin juin. Surtout si le site de production a un historique de population élevée et de dommages causés par le tétranyque de l'épinette. Avant de décider d'appliquer un acaricide, il est possible d'attendre d'apercevoir les premiers dommages. Les symptômes apparaissent rapidement, de façon aléatoire en quelques jours et en différents foyers d'infestation. Toutefois, quand on traite à l'apparition des premiers dommages (s'il y a dommage), ceux-ci ne causent pas de pertes économiques.

Une application curative est plus économique que plusieurs applications préventives, puisqu'un seul traitement curatif lors de l'apparition des symptômes est nécessaire pour diminuer la population et éviter les dommages. Un dépistage est nécessaire après une application d'acaricide pour vérifier l'efficacité du traitement.

Il existe sur le marché une gamme d'insecticides/acaricides qui permettent de contrôler le tétranyque de l'épinette. Une rotation des différents modes d'action de ces produits est nécessaire pour éviter le développement de populations résistantes aux produits.

Des alternatives acceptées en agriculture biologique sont offertes, comme l'utilisation d'huile horticole, d'huile minérale ou de sel de potassium d'acide gras.

Il est essentiel de se référer aux indications de l'étiquette du produit ou à un conseiller pour s'assurer de l'homologation du produit pour la culture à traiter et de suivre les instructions d'application.

Auteur :

Kévin Mailhot, agr., IQDHO

Collaboration :

Marie-Claude Iavoie, agr., B. Sc. (biol.),
agr., IQDHO

Révision linguistique :

Florence Bourg, M. A., Québec Vert

Chargés de projet :

Jean-Luc Poirier, M. Éd., Québec Vert

Mario Comtois, agr., Coordonnateur
technique en pépinière, IQDHO

Références

- Bondareva, L., Zhovnerchuk, O., Kolodochka, L., & Chumak, P. (2020). Article *Specifics of life cycle and damage of Oligonychus ununguis (Acari: Tetranychidae) on introduced species of coniferous plants in conditions of megalopolis*. 9, 367-376. doi:10.22073/pja.v9i4.60939
- Boudreaux, H. B. (1958). *The effect of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various spider mites*. *Journal of Insect Physiology*, 2(1), 65-72. doi:https://doi.org/10.1016/0022-1910(58)90029-5
- Boyne, J., & Hain, F. (1983). *Effects of Constant Temperature, Relative Humidity, and Simulated Rainfall on Development and Survival of the Spruce Spider Mite «Oligonychus Un Unguis»*. *Canadian Entomologist–CAN ENTOMOL*, 115, 93-105. doi:10.4039/Ent11593-1
- Boyne, J. V., & Hain, F. P. (1983). *Responses Of Neoseiulus Faliacis (Acarina: Phytoseiidae) To Different Prey Densities Of Oligonychus ununguis (Acarina: Tetranychidae) And To Different Relative Humidity Regimes*. *The Canadian Entomologist*, 115(12), 1607-1614. doi:10.4039/Ent1151607-12
- Calkin, J. D. *Distribution of Oligonychus (Oligonychus) ununguis (Jacobi) (Acari: Tetranychidae) and predator mite species (Acari: Phytoseiidae) on field-grown Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii [Mirb] Franco) Christmas trees. (Masters Thesis). Oregon State University, Available from Oregon State University ScholarsArchive@OSU database.*
- Chong, J.-H. (2022). *Phytophagous Mites And Their Management On Ornamental Plants*. <https://lgpress.clemson.edu/publication/phytophagous-mites-and-their-management-on-ornamental-plants/>
- Cook, S. P. (1992). *Influence of monoterpene vapors on spruce spider mite, Oligonychus ununguis, adult females*. *Journal of Chemical Ecology*, 18(9), 1497-1504. doi:10.1007/BF00993223
- Danielsson, M., Zhao, T., & Borg-Karlson, A.-K. (2019). *Arthropod infestation sites and induced defence can be traced by emission from single spruce needles*. *Arthropod-Plant Interactions*, 13(2), 253-259. doi:10.1007/s11829-019-09677-0
- Darr, M. N., Coyle, D. R., & Jetton, R. M. (2022). *Arthropod and Disease Management in Fraser Fir (Pinales: Pinaceae) Christmas Trees in the Southeastern United States*. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1). doi:10.1093/jipm/pmac001
- Doherty, J.-F. o., Cloutier, C., & Cloutier, C. (2017). *Phénologie et modèles prévisionnels d'éclosion printanière pour trois arthropodes ravageurs en plantation commerciale d'arbres de Noël dans un contexte de changements climatiques*. Université Laval, Québec. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/27826>
- Dubuc, E. (2020). *Suivi des populations d'Oligonychus ununguis (tétranyque de l'épinette) dans les thuyas ornementaux en champ et caractérisation de l'entomofaune présente autour du tétranyque dans ce même milieu*. *IQDHO — Réseau d'avertissements phytosanitaires — Pépinières ornementales*, 31.
- Hoy, M. A. (2011). *Agricultural acarology: introduction to integrated mite management* [1 online resource (xix, 410 pages) : illustrations, maps]. <http://www.crcnetbase.com/isbn/9781439817513>
- Iskender, N. A., Aksu, Y., & Iskender, N. A. (2016). *Isolation, characterization and pathogenicity of bacteria from Oligonychus ununguis (Jacobi)(Acari: Tetranychidae)*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(10), 4163-4170.
- Joschinski, J., Hovestadt, T., & Krauss, J. (2015). *Coping with shorter days: do phenology shifts constrain aphid fitness?* *PeerJ*, 3, e1103. doi:10.7717/peerj.1103
- Julie Marcoux, É. T.-C., Dominique Choquette (2017). *Tétranyque de l'épinette. Le réseau d'avertissements phytosanitaires — Arbres de Noël (N°7)*. https://www.agrireseau.net/documents/Document_95622.pdf
- Kielkiewicz, M., Puchalska, E., & Czajkowska, B. (2005). *Changes in biochemical composition of needles of ornamental dwarf spruce (Picea glauca 'Conica') induced by spruce spider mite (Oligonychus ununguis Jacobi, Acari: Tetranychidae) feeding*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27(4), 463-472. doi:10.1007/s 11738-005-0051-1
- Koné, F. Y. (2022). *Suivi des populations et des dommages d'Oligonychus ununguis (tétranyque de l'épinette) et de Platytetranychus thujae dans les thuyas ornementaux en champ et caractérisation de leur entomofaune*. *IQDHO — Réseau d'avertissements phytosanitaires — Pépinières ornementales*, 37.
- Loytyniemi, K., & Heliovaara, K. (1991). *Effect of forest fertilization on the spruce spider mite Oligonychus ununguis (Jacobi) (Acarina, Tetranychidae)*. *Acarologia*, 32(2), 139-143.
- Pelletier, M.-A. (2021). *Suivi des populations et des dommages d'Oligonychus ununguis (tétranyque de l'épinette) et de Platytetranychus thujae dans les thuyas ornementaux en champ et caractérisation de leur entomofaune*. 37.
- Pettigrew, A., Choquette, D. & Briand N. (2014). *Ravageurs, maladies et ennemis des arbres de Noël au Québec*. Association des producteurs d'arbres de Noël du Québec. 130 pp.
- Pratt, P. D., Rosetta, R., & Croft, B. A. (2002). *Plant-Related Factors Influence the Effectiveness of Neoseiulus fallacis (Acari: Phytoseiidae), a Biological Control Agent of Spider Mites on Landscape Ornamental Plants*. *Journal of Economic Entomology*, 95(6), 1135-1141. doi:10.1603/0022-0493-95.6.1135

- Puchalska, E. (2006). *The influence of Oligonychus ununguis Jacobi [Acari: Tetranychidae] on photosynthetic activity and needle damage of Picea glauca 'Conica'*. *Biological Letters*, 43.
- Puchalska, E., & Czajkowska, B. (2016). *Degree-day model for predicting emergence of spruce spider mite (Oligonychus ununguis Jacobi) from overwintering eggs*. Suma temperatur efektywnych w prognozowaniu pojawu pierwszego pokolenia przędziorka sosnowca (*Oligonychus ununguis Jacobi*). *Progress in Plant Protection*, 56, 199-203.
- Puchalska, E., Czajkowska, B., & Kielkiewicz, M. (2008). *Morphological, anatomical and chemical characterization of white spruce (Picea glauca 'Conica') differently aged needles and hypotheses on their influence on Oligonychus ununguis infestation*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(2), 225-232. doi:10.1007/s11738-007-0111-9
- Puchalska, E., Zagrodzki, S. K., Kozak, M., Rector, B. G., & Mauer, A. (2021). *A Preliminary Assessment of Amblyseius andersoni (Chant) as a Potential Biocontrol Agent against Phytophagous Mites Occurring on Coniferous Plants*. *Insects*, 12(8). doi:10.3390/insects12080664
- Richmond, D., & Shetlar, D. (1996). *Ecdysis Time and Spatial Distribution of Overwintering Spruce Spider Mite (Acari: Tetranychidae) Eggs on Colorado Spruce*. *Journal of Economic Entomology*, 89, 447-452. doi:10.1093/jee/89.2.447
- Roy, C. C. M., & Boudreault, S. (2009). Développement d'outils en lutte intégrée contre le tétranyque de l'épinette. <https://www.agrireseau.net/horticulture-arbresdenoel/documents/75854?sort=2>
- Shinkaji, N. (1975). *Hatching time of the winter eggs and termination of diapause in the common conifer spider mite, Oligonychus ununguis (Jacobi), on chestnut in relation to temperature (Acarina: Tetranychidae)*. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*.
- Shinkaji, N. (1975). *Seasonal Occurrence of the Winter Eggs and Environmental Factors Controlling the Evocation of Diapause in the Common Conifer Spider Mite, <i>Oligonychus ununguis</i> (Jacobi), on Chestnut (Acarina: Tetranychidae)*. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 19(2), 105-111. doi:10.1303/jjaez.19.105
- Shrewsbury, P. M., & Hardin, M. R. (2003). *Evaluation of Predatory Mite (Acari: Phytoseiidae) Releases to Suppress Spruce Spider Mites, Oligonychus ununguis (Acari: Tetranychidae), on Juniper*. *Journal of Economic Entomology*, 96(6), 1675-1684. doi:10.1093/jee/96.6.1675
- Sun, X., Zhou, C., Zhang, X., Liu, Y., & Mi, X. (1995). *A study on the diapause of Oligonychus ununguis (Jacobi)*. *Acta Entomologica Sinica*, 38(3), 30-311.
- Tsitsilas, A., Hoffmann, A. A., Weeks, A. R., & Umina, P. A. (2011). *Impact of groundcover manipulations within windbreaks on mite pests and their natural enemies*. *Australian Journal of Entomology*, 50(1), 37-47. doi:10.1111/j.1440-6055.2010.00779.x

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du programme Prime-Vert.

