

Programme pilote « Adaptation aux changements climatiques »



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Projet pilote (2014 – 2016):

Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance des ennemis des plantes cultivées émergents dans un contexte de changements climatiques

Rapport final 2014-2016

Porteurs du projet :

hepia, Filière Agronomie
Direction générale de l'agriculture et de la nature (DGAN)

Responsables du projet :

Dr. Sophie Rochefort, professeur HES, hepia, Filière Agronomie

Collaborateurs scientifiques :

Dr. Nicolas Delabays, professeur HES, hepia, Filière Agronomie
Dr. François Lefort, professeur HES, hepia, Filière Agronomie
Dr. Dominique Fleury, adjoint scientifique, DGAN
M. Vincent Gigon, chargé d'enseignement, hepia, Filière Agronomie

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à la collaboration des exploitants agricoles qui nous ont permis de faire un suivi des espèces ciblées dans le cadre du projet. Sincères remerciements de la part de toute l'équipe du laboratoire Agro Écologie et systèmes horticoles (LASH), de la Direction générale de l'agriculture du canton de Genève et du laboratoire Plantes et Pathogènes.

Nous adressons nos remerciements également aux collaborateurs d'Agroscope Changins ACW (Monsieur Serge Fischer et Monsieur Steve Breitenmoser), de la station viticole du canton de Genève (Monsieur Guillaume Potterat), d'Agridea ainsi qu'à M. Christian Keimer (retraité DETA) pour son aide dans les relevés.

Enfin, nous remercions le personnel de hepia pour la réalisation du projet et la rédaction du rapport soit Mme Agnès Dutartre, Mme Isabelle Fleury, M. Gaël Pétremand, Mme Pegah Pelleteret et M. Olivier Vonlanthen.

Merci également aux deux étudiantes qui ont effectué leur thèse de Bachelor en Agronomie (hepia) dans le cadre de ce projet : Camille Minguely et Yaëlle Cruchon.

Ce projet est mis en oeuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de l'agriculture OFAG.

Table des matières

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE ET RAPPEL DES OBJECTIFS DU PROJET	5
2. SUIVI DES INSECTES RAVAGEURS	7
2.1. OBJECTIFS PRINCIPAUX POUR L'ANNÉE 2016	8
2.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	8
2.2.1. <i>Identification des espèces de ravageurs et des cultures</i>	8
2.2.2. <i>Mise en place de réseaux de surveillance des ravageurs des cultures sur le canton de Genève</i> 9	
2.2.3. <i>Méthode et protocole de détection précoces des ravageurs des cultures sur le canton de Genève</i> 15	
2.3. RÉSULTATS POUR L'ANNÉE 2016	18
2.3.1. <i>Suivi de la punaise marbrée, Halyomorpha halys et de la punaise verte, Nezara viridula, dans les cultures fruitières et maraîchères</i>	18
2.3.2. <i>Suivi de la Zeuzère du poirier, Zeuzera pyrina, dans les cultures fruitières</i>	22
2.3.3. <i>Suivi de la mineuse de la tomate, Tuta absoluta, dans les cultures maraîchères</i>	23
2.3.4. <i>Suivi de la chrysomèle des racines du maïs, Diabrotica virgifera virgifera et de la pyrale du maïs, Ostrinia nubilalis</i>	26
2.3.5. <i>Suivi d'Eudemis et de Cochylis dans les cultures de vigne</i>	29
2.3.6. <i>Suivi de Scaphoideus titanus, le vecteur de la Flavescence dorée, dans la vigne</i>	32
2.3.7. <i>Autres observations de ravageurs sur le canton de Genève</i>	36
2.4. VULNÉRABILITÉ DU SECTEUR AGRICOLE GENEVOIS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR CERTAINS ORGANISMES CIBLÉS	37
2.4.1. <i>Halyomorpha halys</i>	39
2.4.2. <i>Nezara viridula</i>	42
2.4.3. <i>Tuta absoluta</i>	44
2.5. BILAN DES ANNÉES 2014-2016	46
2.6. PERSPECTIVES ET BESOIN POUR LA SUITE	47
2.7. RÉFÉRENCES	48
3. SUIVI DES ADVENTICES	50
3.1. INTRODUCTION	51
3.2. OPTIMISATION DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE EXISTANTS	52
3.3. PROTOCOLE.....	52
3.3.1. <i>Choix des espèces suivies</i>	52
3.3.2. <i>Relevés 2014 - 2016</i>	54
3.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	56
3.4.1. <i>Espèces observées</i>	56
3.4.2. <i>Autres espèces</i>	57
3.4.3. <i>Durée des relevés</i>	57
3.4.4. <i>Discussion du protocole appliqué</i>	57
3.4.5. <i>Le cas de l'ambroisie</i>	58
3.5. CONCLUSION, PERSPECTIVES ET PROPOSITIONS	60
3.6. BIBLIOGRAPHIE	61
4. SUIVI DES MALADIES FONGIQUES, BACTÉRIENNES ET VIRALES	63
4.1. INTRODUCTION	64
4.2. ORGANISMES IDENTIFIÉS PAR DIAGNOSTIC CLASSIQUE	64
4.3. ORGANISMES IDENTIFIÉS PAR DIAGNOSTIC MOLÉCULAIRE	66
4.3.1. <i>Identifications génétiques de pathogènes présents sur Sequoiadendron giganteum</i>	66
4.3.2. <i>Organismes identifiés dans le cadre d'un cas supposé de Marssonina platani sur un platane, quai Gustave Ador, Genève</i>	69

4.3.3. <i>Identification de microorganismes sur un chancre observé sur sapin d'Andalousie (Abies pinsapo), à Vernier</i>	73
4.4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	79
5. CONCLUSION GÉNÉRALE	80
ANNEXES	81

1. Introduction générale et rappel des objectifs du projet

L'analyse des données climatiques en Suisse indique que les températures ont augmenté d'environ 1,7°C en 150 ans. Les derniers scénarios climatiques établis pour la Suisse (CH2011) indiquent que le climat continuera de se modifier de manière significative à l'avenir. L'adaptation aux conséquences de ces changements climatiques va ainsi croître en importance au cours de ces prochaines décennies et constitue désormais un thème nouveau pour les cantons, les régions et les communes. La stratégie d'adaptation aux changements climatiques a récemment été intégrée dans la loi sur le CO₂ révisée (entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2013). La mise en œuvre de cette stratégie se traduit par l'élaboration d'un programme pilote « Adaptation aux changements climatiques » en partenariat avec l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP), l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), l'Office fédéral de l'aménagement du territoire (ARE) et de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV). Ce programme permet d'initier et de mettre en œuvre des projets pilotes locaux dans différents secteurs tel que l'agriculture.

L'évolution des températures peut affecter la faune et la flore, et favoriser par ailleurs la diffusion d'organismes nuisibles émergents et d'espèces exotiques envahissantes. En effet, avec un réchauffement climatique, plusieurs espèces non répertoriées en Suisse sont susceptibles d'exercer une pression de plus en plus forte sur les cultures, notamment en région transfrontalière. Le principal objectif du projet pilote « *Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance des ennemis des plantes cultivées émergents dans un contexte de changements climatiques* » est d'établir un système de surveillance précoce des organismes indésirables émergents afin de freiner leur dissémination et conséquemment leur impact sur la qualité des habitats agricoles et les cultures en Suisse.

Dans le cadre de la Loi sur l'agriculture, de l'Ordonnance sur la protection des végétaux (OPV) et de la Convention pour l'établissement de l'Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP), les cantons sont en charge de la surveillance de l'état sanitaire des cultures. Outre les monitorings sur les organismes réglementés déjà repérés sur le territoire, les cantons participent aux réseaux nationaux d'observation mis en place par la Confédération sur des organismes émergents. Le canton de Genève, caractérisé par une longue frontière internationale, des déplacements transfrontaliers nombreux et un aéroport accueillant des vols intercontinentaux, joue un rôle particulièrement important dans ces activités de surveillance. Afin d'optimiser la surveillance et la détection précoce d'organismes indésirables émergents, notamment ceux susceptibles d'être favorisés par les changements climatiques, il est utile d'élaborer un programme intégrant des observations ciblées. Dans cette optique, ce projet pilote a été défini selon les objectifs et calendrier suivants :

1. Identifier les ennemis des cultures (arthropodes, adventices, pathogènes) présentant un fort potentiel de nuisibilité en agriculture dans un contexte de changement climatique (2014);
2. Mettre en place une stratégie prévisionnelle de surveillance de ces ennemis sur le canton de Genève (2014-2016);

3. Etablir un protocole de détection précoce et efficace de ces organismes pour les principales cultures horticoles du canton de Genève et régions limitrophes (2014-2016);
4. Analyser les vulnérabilités du secteur agricole du canton de Genève et régions limitrophes aux changements climatiques pour les organismes ciblés (2015-2016);
5. Elaborer des recommandations concernant des méthodes alternatives, curatives ou préventives afin de limiter les risques phytosanitaires de ces organismes en Suisse en lien avec les scénarii climatiques élaborés (2016).

L'identification des organismes nuisibles émergents, la mise en place de réseaux de surveillance et l'élaboration de méthodes de détection précoce de ces ennemis des cultures (objectifs 1,2 et 3) ont été réalisés dans le canton de Genève durant les années 2014, 2015 et 2016 pour les trois catégories de nuisibles suivantes :

- 1- Les espèces d'arthropodes nuisibles (Responsable : Sophie Rochefort)
- 2- Les espèces d'adventices (Responsable : Nicolas Delabays)
- 3- Les espèces pathogènes des arbres (Responsable : François Lefort)

Le terme émergent dans cette étude fait référence aux organismes susceptibles d'arriver sur le canton dans un contexte de changement climatique ou aux organismes déjà présents mais dont une modification de l'écologie saisonnière par les changements climatiques pourrait entraîner une recrudescence de ces ravageurs dans les cultures.



2. Suivi des insectes ravageurs

Auteurs :

Gaël Pétremand, assistant de recherche, hepia

Olivier Vonlanthen, assistant HES, hepia

Sophie Rochefort, professeur HES, hepia



2.1. OBJECTIFS PRINCIPAUX POUR L'ANNÉE 2016

Les changements climatiques sont susceptibles d'affecter la propagation de ravageurs nuisibles inconnus à ce jour et pouvant mettre en péril les plantes cultivées. Le canton de Genève, de par sa position géographique (partage d'une longue frontière avec la France) et son aéroport international, est susceptible d'accueillir de nouveaux ravageurs.

Les objectifs de ce volet pour l'année 2016 ont tout d'abord porté sur : 1) le maintien de la mise en place de méthodes précoces de détection de ces ravageurs dans certaines cultures du canton de Genève, 2) l'adaptation de ces méthodes en fonction des résultats obtenus en 2014-2015, 3) l'intégration d'un nouvel organisme (*Scaphoideus titanus*) dans le réseau de surveillance, 4) la valorisation de certains résultats, 5) l'instauration d'une méthode de surveillance participative avec les producteurs via les organismes suivants : l'Office Technique Maraîcher (OTM) et l'Union Fruitière Lémanique (UFL), et 6) la prise de contact avec des organismes de centralisation des informations en Suisse sur les espèces invasives (Prof. Daniel Chérix, « AGIN (Arbeitsgruppe Invasive Neobiota) », CSCF, CABI – Tim Haye), pour la diffusion des données acquises.

2.2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.2.1. Identification des espèces de ravageurs et des cultures

La première étape du projet a consisté à déterminer les espèces de ravageurs à intégrer dans le réseau de surveillance du canton de Genève. La stratégie choisie pour sélectionner ces ravageurs a été basée sur l'existence des réseaux de suivi sur le canton de Genève et en fonction des données de l'OEPP, de la littérature scientifique et de la disponibilité de données historiques pour certains de ces ravageurs. Les associations professionnelles, certains horticulteurs ainsi que les stations fédérales ont également été consultés (Agroscope, Agridea, ..).

Pour les cultures ciblées, le choix s'est porté selon leurs importances économiques pour le canton de Genève et la Suisse. Les espèces de ravageurs et cultures retenues dans le cadre de ce projet sont présentées au Tableau 1. A la liste de 2014 et 2015 s'est ajoutée une nouvelle espèce étudiée en 2016 : *Scaphoideus titanus*, le vecteur de la Flavescence dorée, une maladie de quarantaine pour la vigne.

Plus spécifiquement, les ravageurs ont été sélectionnés dans un premier temps sur deux critères principaux :

- La colonisation récente depuis une région exotique et un potentiel d'établissement et de ravages importants dans les années à venir, potentiel qui pourrait éventuellement être favorisé par un réchauffement du climat. Ce critère concerne les espèces suivantes :
 - *Halyomorpha halys*, la punaise marbrée ou diabolique
 - *Nezara viridula*, la punaise verte (du soja)
 - *Tuta absoluta*, la mineuse de la tomate
 - *Diabrotica virgifera*, la chrysomèle des racines du maïs
 - *Zeuzera pyrina*, la zeuzère du poirier

- Une colonisation ancienne et donc une espèce déjà bien établie avec des méthodes de lutte en place dans notre pays, mais présentant un risque potentiel de dommages plus important avec le réchauffement climatique. Ce risque s'illustrant notamment par une génération annuelle supplémentaire ou de meilleures conditions pour passer la saison hivernale, engendrant une augmentation des populations et donc des dommages plus importants sur les cultures.

Ce critère concerne les espèces suivantes :

- *Ostrinia nubilalis*, la pyrale du maïs
- *Lobesia botrana*, Eudemis
- *Eupoecilia ambiguella*, Cochylys
- *Scaphoideus titanus*

2.2.2. Mise en place de réseaux de surveillance des ravageurs des cultures sur le canton de Genève

Lors de la première année du projet, le réseau de surveillance pour chaque ravageur ciblé des cultures (Tab. 1) a été mis en place selon l'identification des régions à haut risque sur le territoire genevois et selon la coopération de certains producteurs (cultures fruitières, maraîchères, grandes cultures). Les coordonnées des exploitants agricoles collaborant au projet sont indiquées dans le Tableau 2.

Ainsi, trois à quatre sites ont été intégrés dans le réseau de surveillance des ravageurs ciblés dans les cultures fruitières et maraîchères (Fig. 1). Les réseaux de surveillance des cultures de maïs (Fig. 2) et de la vigne (Fig. 3) comptent respectivement neuf et dix sites répartis sur l'ensemble du territoire genevois. Deux sites ont été ajoutés pour l'année 2015 avec des pièges pyramidaux pour la surveillance de la punaise marbrée et de la punaise verte; à Chancy dans le jardin d'un particulier (où avaient été trouvés des individus de punaise marbrée à la fin de l'automne 2014) et au Conservatoire et Jardin Botaniques (CJB) de la ville de Genève. En 2016, un nouveau site a été ajouté pour la surveillance de ces deux punaises également : le parc de Beaulieu, derrière la gare Cornavin. En effet, l'ajout de ces pièges se justifie car *H. halys* semble être, de manière générale en Europe centrale, principalement présente en milieu urbain à son arrivée dans une nouvelle zone géographique. Le même phénomène avait été observé aux USA, où sa colonisation avait débuté en ville avant de s'étendre dans les zones rurales et dans les cultures.

Tableau 1. Cultures et insectes ciblés dans la cadre de cette étude.




Cultures	Insecte ravageur ciblé		Taxonomie (Ordre)	Origine	Descriptif / Biologie	Dommages	Symptômes	
	Nom commun	Nom scientifique						
Fruitière et Maraichères	Punaise marbrée	<i>Halyomorpha halys</i> (<i>H. halys</i>)	Hémiptères	Asie	Taille adulte : 12/17 mm de long	Insecte polyphage piqueur-suceur (cultures fruitières, maraichères)	Décolorations /déformations des fruits, pointillement des feuilles, mort des bourgeons, graines manquantes, retard de maturité, écoulement de sève du tronc des arbres	
					Corps brun jaunâtre en forme de bouclier			
					Hivernation possible des adultes			
					Pontes : juin - août (pic en juillet)			
		5 Stades larvaires						
	Punaise verte ponctuée	<i>Nezara viridula</i> (<i>N. viridula</i>)	Hémiptères	Ethiopie / Méditerranée	Taille adulte : 12/16 mm de long	Insecte polyphage piqueur-suceur	Ponctuations /déformations des fruits, dessèchement des boutons floraux, flétrissement des apex	
					Corps vert en forme de bouclier avec 3-5 points sur la partie dorsale			
					Hivernation possible des adultes			
5 Stades larvaires								
Maraichères	Mineuse de la tomate	<i>Tuta absoluta</i> (<i>T. absoluta</i>)	Lépidoptères	Amérique du Sud	Taille adulte : 5/7 mm de long et 10 mm d'envergure	Insecte présent sur les Solanacées (tomate, aubergine,...)	Galeries et trous de sortie en forme de taches irrégulières blanchâtres, brunes et nécrotiques sur les feuilles et fruits /pourriture du fruit (maladies cryptogamiques)	
					Teinte gris argenté-marron avec des taches noires sur les ailes antérieures			
					Hivernation possible (œufs, chrysalides, adultes)			
					4 Stades larvaires			
Fruitière	Zeuzèredu porier	<i>Zeuzera pyrina</i> (<i>Z. pyrina</i>)	Lépidoptères	Europe (sud)	Taille adulte: 40/60 mm d'envergure	Insectes polyphage présents sur une large gamme d'arbres et d'arbrustes notamment les arbres fruitiers (pommiers, poiries, etc.)	Dessèchement des feuilles, des branches et dépérissement des pousses et des jeunes arbres	
					Ailes blanches pointillées de taches noirs, thorax à longs poils blancs avec six taches bleuâtres			
					Hivernation possible des larves dans les branches ou les troncs			
					stades larvaires			

Tableau 1 (suite). Cultures et insectes ciblés dans la cadre de cette étude.



Maïs	Chrysomèle du maïs	<i>Diabrotica virgifera</i> (<i>D. virgifera</i>)	Coléoptères	Amérique centrale (probablement)	Taille adulte : 5/8 mm de long et 11/13 mm d'envergure Tête noire, corps jaune avec bandes noires longitudinales et fémurs postérieurs bordés de noir Pontes : août - octobre Diapause des larves dans les tiges de maïs 3 Stades larvaires	Insecte polyphage (cultures maïs, autres graminées, pollens) Dommages sévères par les larves sur les racines du maïs	Galeries et trous de sortie sur les racines de maïs, verse des plants de maïs	
	Pyrale du maïs	<i>Ostrinia nubilalis</i> (<i>O. nubilalis</i>)	Lépidoptères	Origine incertaine	Taille adulte : 25-30 mm d'envergure Femelles : teinte brun jaunâtre, ailes antérieures larges avec de fines stries brunes, dentelées et transversales Mâles : ailes ocre foncé à fines rayures sombres (plus foncées que les femelles) Pontes : mai - juin (1ère génération) 5 Stades larvaires	Insecte présent principalement dans les cultures de maïs attaque également d'autres plantes cultivées : tournesol, houblon,...) Dommages sévères par les larves sur les tiges et épis du maïs	Perforations sur les épis et feuilles de maïs, galeries sur les tiges avec dépôt d'une sciure, casse des tiges (sous panicules), verse des plants de maïs	
Vigne 2	Cicadelle de la vigne	<i>Scaphoideus titanus</i> (<i>S. titanus</i>)	Homoptère	Amérique du Nord	Taille adulte : 5 mm de long Adultes: coloration brun ocre, ailes antérieures présentant un aspect marbré Larves: blanchâtre avec deux points sombres à l'extrémité de l'abdomen Diapause sous forme d'oeufs 5 Stades larvaires	Insecte ravageur (vecteur) inféodé au genre <i>Vitis</i> Transmission, par les adultes et les larves, du phytoplasme responsable de la flavescence dorée	Symptômes de la flavescence dorée: absence ou dessèchement des inflorescences et des grappes, enrroulement vers le bas et décolorations des feuilles, aoûtément déficient des sarments	

Tableau 1 (suite). Cultures et insectes ciblés dans la cadre de cette étude.

Vigne 1	Eudémis (ver de la grappe)	<i>Lobesia botrana</i> (<i>L. botrana</i>)	Lépidoptères	Europe de l'est méridionale (probablement)	Taille adulte : 11-13 mm d'envergure	Insecte ravageur permanent de la vigne et également polyphage se trouvant sur une vingtaine de plantes (appartenant principalement aux genres <i>Vitis</i> , <i>Clematis</i> , <i>Cornus</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Viburnum</i> , etc..)	Perforations/déssèchement des boutons floraux, perforations des grains de raisin/développement de la pourriture grise de la grappe et autres maladies cryptogamiques	
					Ailes antérieures grises, marbrées de taches rousses et brunes			
					Diapause possible sous forme de chrysalides (dans le sol, sous les écorces)			
					5 Stades larvaires (avant la nymphose)			
	Cochylis (ver de la grappe)	<i>Eupoecilia ambiguella</i> (<i>E. ambiguella</i>)	Lépidoptères	Europe centrale (probablement)	Taille adulte : 12-15 mm d'envergure	Insecte ravageur de la vigne et également polyphage sur une trentaine de plantes (appartenant principalement aux genres <i>Vitis</i> , <i>Parthenocissus</i> , <i>Clematis</i> , <i>Cornus</i> , etc.)	Perforations/déssèchement des boutons floraux, perforations des grains de raisin/développement de la pourriture grise de la grappe et autres maladies cryptogamiques	
					Ailes antérieures jaune à brun traversées d'une large bande brunâtre; ailes postérieures grises avec des franges plus claires			
					Diapause possible sous forme de chrysalides (dans le sol, sous les écorces)			
					5 Stades larvaires (avant la nymphose)			

Tableau 2. Coordonnées des exploitants agricoles du Canton de Genève collaborant au projet.

Culture ciblée	Site	Nom de l'exploitant / contact	Adresse de la parcelle
Fruitière	1	Christophe Courtois (Ferme Courtois)	Route de la Branvaude 11, VERSOIX (1290)
	2	Jean-Pierre stalder (La fraisière feuillasse)	ROUTE H.C - Forestier 10, MEYRIN (1217)
	3	Michel Desbaillet (Domaine viticole Molards)	Route des Molards 21, RUSSIN (1281)
	4	Alain Merlier (Domaine CFPNe de Lullier)	Chemin des Blessonniers, JUSSY (1254)
Maraîchère	1	M. Cudet	Chemin des Diocès, TROINEX (1256)
	2	M. Magnin	Chemin de la Léchaire 47, LULLY-BERNE (1233)
	3	M. Blondin	Chemin des Mattines, PERLY (1258)
Maïs (suivi pyrale et Chrysomèle)	1	Philippe et Pascal Desbiolles	Chemin des Varlioudes, MEINIER (1252)
	2	DGAN	Douane, BARDONNEX (1257)
	3	DGAN	Route du Bois-des-Iles, COLLEY-BOSSY (1239)
Maïs (suivi Chrysomèle)	1	Denis Laeser	Route de Jussy/Route de Presinge, Lullier - JUSSY (1254)
	2	DGAN - Commune	(Forêt) GRAND-SACONNEX
	3	DGAN	(Parcelle de colza) MEYRIN (1217)
	4	DGAN	BERNE (1233)
	5	DGAN - Commune	Parc Chuit, chemin des Erables, GENEVE
	6	Agri-GE	FERNEY-VOLTAIRE (FR)
Autres	1	Conservatoire et Jardins botaniques de Genève	Chemin de l'Impératrice 1, CHAMBESY-GENEVE (1292)
	2	Parc Beaulieu	Rue du Grand-Pré, GENEVE (1202)
	3	Jardin particulier - Dominique Fleury	CHANCY (1284)
Vigne 1 (vers de la grappe)	1	Grégoire Stoky	JUSSY (1254)
	2	Jean-Pierre Pellegrin	PEISSY (1242)
Vigne 2 (suivi <i>S. titanus</i>)	1	Raphaël Piuze	Route de Chevrens 201, HERMANCE (1248)
	2	Margaux Fongallaz	Chemin de la Vigne-à-Leon 3-5, GY (1251)
	3	Gérald Fongallaz	Chemin de Fiez 21, MEINIER (1252)
	4	Vivian Fontaine	Chemin des Effeuelles, LACONNEX (1287)
	5	Aurélien Lacvaz	Chemin du Bas-des-Côtes, BARDONNEX (1257)
	6	Bernard Bosseau	Route de Tuilière 22, DARDAGNY (1283)
	7	Frédéric Probst	Chemin des Rousses 21, GENTHOD (1294)
	8	David Girardet	Chemin de la Radio 5, BELLEVUE (1293)

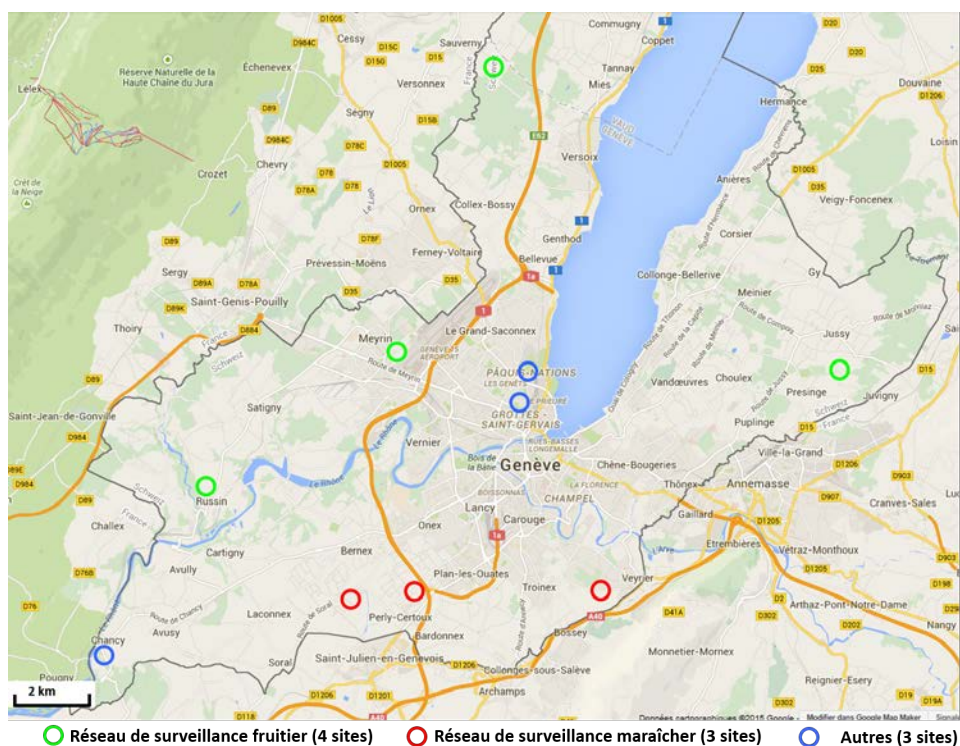


Figure 1. Répartition des sites du réseau de surveillance des ravageurs ciblés dans les cultures fruitières et maraîchères du canton de Genève.

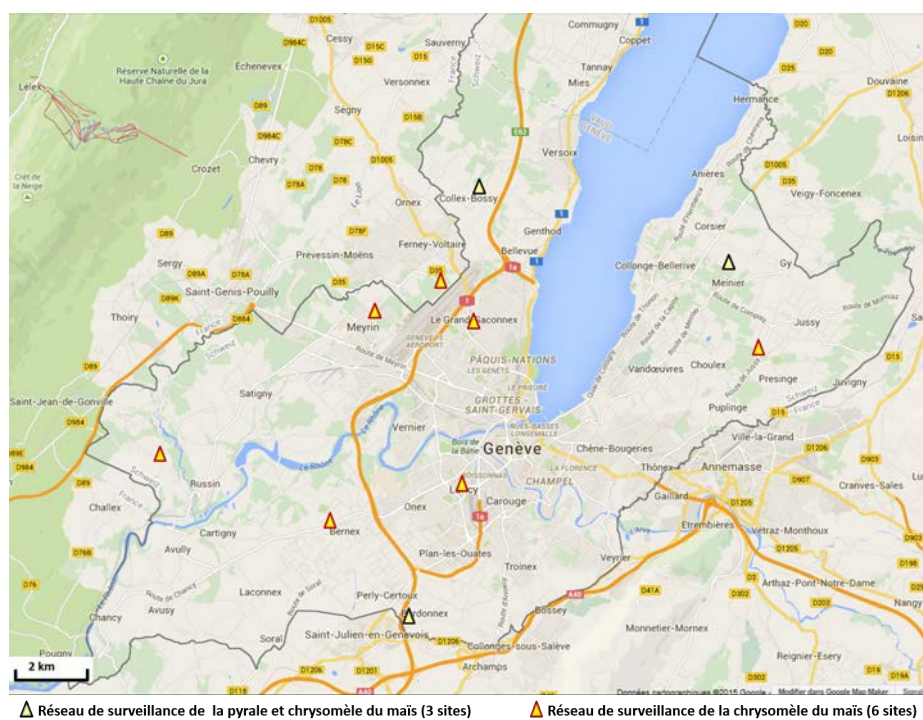


Figure 2. Répartition des sites du réseau de surveillance de la chrysomèle et de la pyrale dans les cultures de maïs du canton de Genève.

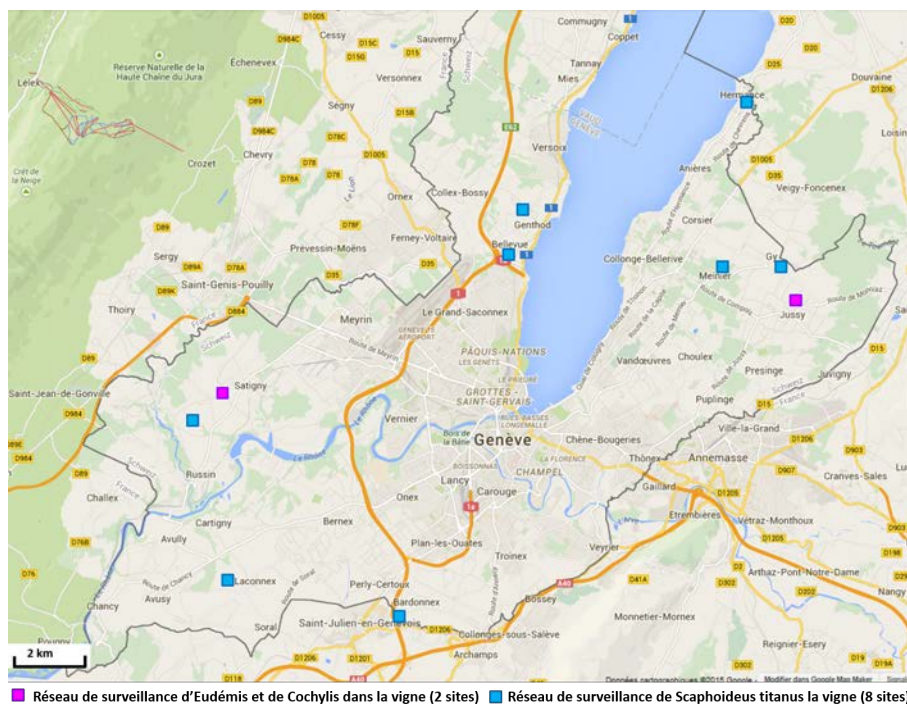


Figure 3. Répartition des sites du réseau de surveillance d'Eudemis et Cochylys dans les cultures de vigne du canton de Genève.

2.2.3. Méthode et protocole de détection précoces des ravageurs des cultures sur le canton de Genève

Le suivi de chaque ravageur ciblé a été réalisé à l'aide de pièges lumineux et/ou de pièges à phéromones (Tab. 3) en 2014. Les pièges lumineux n'ayant pas permis d'effectuer de capture et donc ayant été jugés inefficaces, ont été remplacés en 2015 par des pièges pyramidaux comportant des attractifs (Tab. 3). Un attractif plus spécifique de l'entreprise italienne Serbios® a été testé en 2016 afin d'observer d'éventuelles différences avec l'attractif utilisé en 2015 provenant de l'entreprise International Pheromone Systems Ltd. (IPS). Des pièges Funnel ont été ajoutés à l'étude pour la détection de la zeuzère du poirier en 2015 et 2016. Les réseaux de surveillance des ravageurs ont été effectués durant la période d'avril à novembre 2014, 2015 et 2016. Ces monitorings ont été réalisés de manière hebdomadaire pour les cultures de maïs et de la vigne et à des fréquences bimensuelles pour les cultures fruitières, maraîchères ainsi que les trois sites urbains additionnels pour *H. halys*. Les périodes de monitoring pour l'ensemble des cultures suivies sont résumées dans le Tableau 4.

En 2016, une méthode participative de surveillance et de détection précoce des punaises marbrées et vertes a été mise en place. Des fiches informatives et de reconnaissance (voir Annexes) ont été transmises aux producteurs maraîchers et fruitiers du canton de Genève via les organismes suivants : OTM, UFL. Ces fiches indiquent comment reconnaître ces ravageurs, les dommages qu'ils peuvent causer ainsi que leur cycle biologique. Il est également indiqué sur cette fiche de signaler leur détection auprès du Laboratoire d'agro écologie et systèmes horticoles (LASH) de hepia.

Tableau 3. Types de pièges utilisés pour le suivi des ravageurs dans les cultures du canton de Genève.









								
Type de piège	Piège pyramidal	Piège pyramidal	Piège delta collant	Piège Funnel	Piège PAL collant	Piège nasse	Piège delta jaune collant	Piège jaune collant
Ravageur ciblé	Punaise marbrée (<i>H. halys</i>) → avec phéromones spécifiques (IPS, UK)	Punaise marbrée (<i>H. halys</i>) → avec phéromones spécifiques (Serbios, It)	Mineuse de la tomate (<i>T. absoluta</i>) et Zeuzère du poirier (<i>Z. pyrina</i>) → avec phéromones spécifiques (Andermatt Biocontrol)	Zeuzère du poirier (<i>Z. pyrina</i>) → avec phéromones spécifiques (Andermatt Biocontrol)	Chrysomèle du maïs (<i>D. virgifera</i>) → avec phéromones spécifiques (Csalomon®-PAL)	Pyrале du maïs (<i>O. nubilalis</i>) → avec phéromones (isomère Z, bioprox)	Eudémis (<i>L. botrana</i>) & Cochylis (<i>E. ambiguella</i>) → avec phéromones spécifiques	Cicadelle de la vigne (<i>S. titanus</i>)
Cultures suivies	Fruitières / Maraîchères	Fruitières / Maraîchères	Maraîchères	Fruitières	Maïs		Vigne	Vigne

Tableau 4. Périodes de suivi des ravageurs ciblés des cultures dans le canton de Genève pour l'année 2016.

Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Années
	Cultures fruitières - 4 sites de surveillance (Pommes, Cerises) : Suivi des punaises marbrées (<i>H. halys</i>) et vertes (<i>N. viridula</i>)							2014-2016
	Cultures maraîchères - 3 sites de surveillance (Tomates - Fraises) : Suivi des punaises marbrées (<i>H. halys</i>), vertes (<i>N. viridula</i>) et de la mineuse de la tomate (<i>T. absoluta</i>)							2014-2016
	Cultures fruitières - 4 sites de surveillance (Pommes, Cerises) : Suivi de la zeuzère du poirier (<i>Z. pyrina</i>)							2015-2016
	Cultures de maïs - 3 sites de surveillance : Suivi de la pyrale du maïs (<i>O. nubilalis</i>)							2014-2016
		Cultures de maïs - 10 sites de surveillance : Suivi de la chrysomèle du maïs (<i>D. virgifera</i>)						2014-2016
	Cultures de vigne - 10 sites de surveillance : Suivi d'Eudémis et de Cochylis (<i>L. botrana</i> / <i>E. ambiguella</i>)							2014-2016
				Cultures de vigne - 8 sites de surveillance: Suivi de <i>Scaphoideus titanus</i>				2016

2.3. RÉSULTATS POUR L'ANNÉE 2016

Dans ce chapitre sont présentés les résultats pour l'année 2016. Les résultats des années 2014 et 2015 sont également présentés pour certains ravageurs afin de comparer ou indiquer certaines évolutions dans le temps. Les résultats des années précédentes sont disponibles dans les rapports intermédiaires des années 2014 et 2015.

2.3.1. Suivi de la punaise marbrée, *Halyomorpha halys* et de la punaise verte, *Nezara viridula*, dans les cultures fruitières et maraîchères

Le suivi de la punaise marbrée à l'aide de pièges pyramidaux avec les phéromones de l'entreprise IPS et avec les nouveaux pièges de l'entreprise Serbios dans les sept sites (cultures fruitières et maraîchères) du réseau de surveillance et dans les trois nouveaux sites ajoutés, s'est traduit par la capture d'individus uniquement dans un des nouveaux sites ajoutés en 2016, soit le parc Beaulieu. Pas moins de 151 individus ont été capturés au total dont la majorité des effectifs a été collectée à la fin du mois de septembre (107 individus).

La quasi-totalité des captures (150 individus) concernait le piège pyramidal qui comportait l'attractif vendu par la firme italienne Serbios. En comparaison, un seul individu a été relevé dans le piège doté de l'attractif provenant d'IPS. Ce constat a également été observé au Tessin lors du monitoring *H. halys* 2016 (comm. pers., S. Fischer, Agroscope Changins, 2016).

L'absence de ce ravageur en zone agricole peut indiquer la non-présence ou la présence très limitée de cette espèce ciblée. Elle semble par contre être relativement répandue ponctuellement en zone urbaine comme au parc Beaulieu (2016) ainsi que comme l'avait montré une capture sur une toiture végétalisée en ville de Genève (HUG) en 2015. A ces captures s'ajoutent des captures ponctuelles et aléatoires effectuées en 2016 dans les quartiers suivants :

- Ville de Carouge
- Petit-Saconnex, Ferme de Budé
- Grand-Saconnex
- Servette, site de hepia

D'autres données d'observation de la punaise marbrée nous ont été transmises par M. Tim Haye du CABI :

- 2013, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève (CJB), Avenue de la Paix
- 2014, Montbrillant, Rue de Montbrillant
- 2016, Plainpalais, Rue de la Maladière
- 2016, Eaux-Vives, Route de Malagnou

La Figure 4 présente une carte de distribution des captures connues de *H. halys* dans le canton de Genève. La concentration des captures est surtout située en rive droite du Rhône où elle a été signalée pour la première fois à Genève en 2013, au CJB. Quatre captures ont également été recensées sur la rive gauche du Léman en 2015 et 2016, suggérant qu'elle étend son aire de distribution d'année en année.

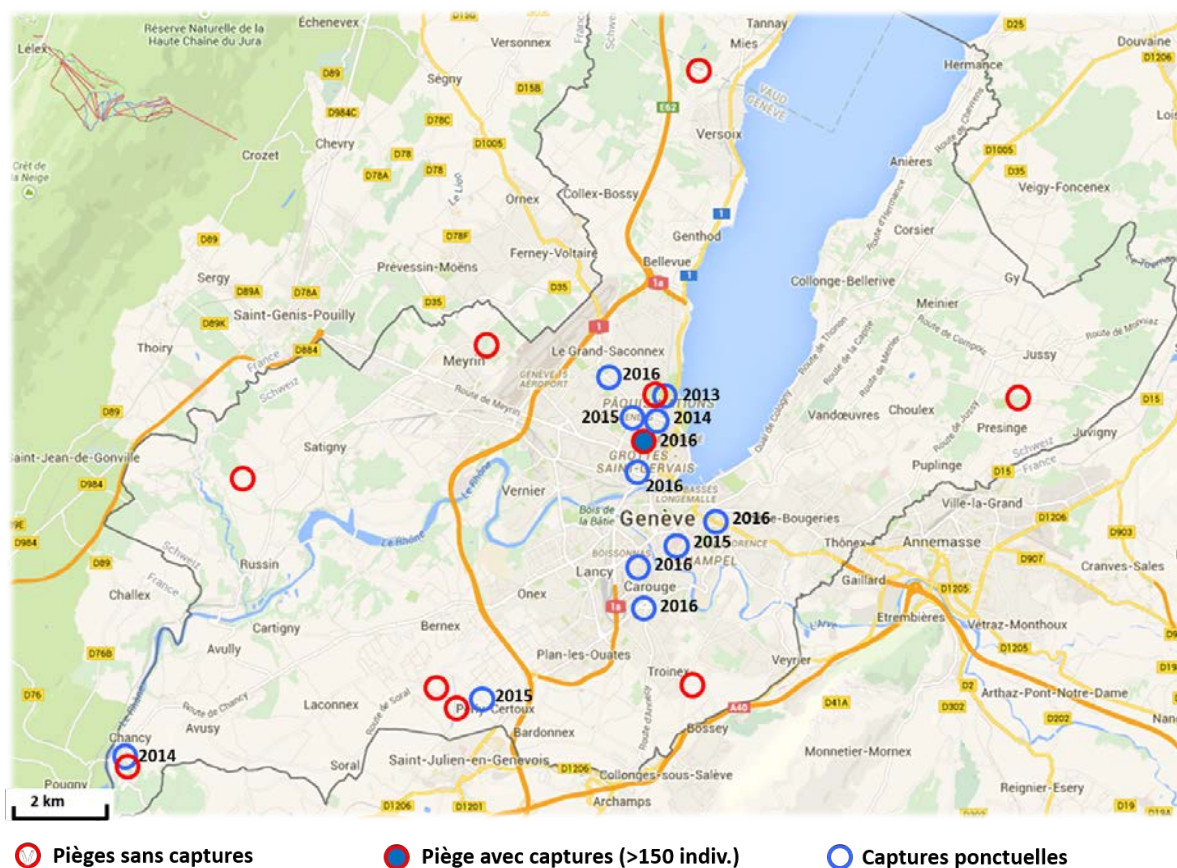


Figure 4. Distribution des captures d'*Halyomorpha halys* dans le canton de Genève depuis sa découverte en 2013.

Les résultats d'une étude sur les punaises marbrées dans la ville de Zürich montrent une présence importante de l'espèce avec 171 individus collectés en 2015 sur 65% des 85 jardins urbains échantillonnés (Frey et al., 2016). Ces résultats confirment une présence urbaine non négligeable de cette punaise.

En 2015 et en 2016, des individus au stade larvaire et adulte ont été trouvés dans une culture de concombre sous-serre à Perly à proximité de pièges à phéromone (comm. pers., G. Jaccard, Serres M. Magnin). *H. halys* peut donc commencer à être présente en zone agricole (en particulier sous tunnels) mais ne pose aucun problème de dommages pour les producteurs pour le moment.

Différents cantons en Suisse (notamment les cantons de Bâle et de Genève) ont rapporté la présence de spécimens de la punaise marbrée dans les jardins botaniques ces trois dernières années. Le caractère très polyphage de cette punaise et l'arrivée de nouvelles plantes pourraient expliquer sa présence privilégiée/facilitée au sein de structures horticoles telles que les jardins botaniques. Le CJB de Genève constituait ainsi un site d'intérêt pour la détection de la punaise marbrée dans le canton mais aucune capture n'y a été recensée dans nos pièges malgré sa présence attestée en 2013 par le CABI.

Les pièges pyramidaux avec phéromones peuvent aussi potentiellement être attractifs pour la punaise verte (*N. viridula*). Cette dernière a été énormément observée ces dernières années,

probablement à cause de conditions climatiques estivales très chaudes. A Genève, elle a été trouvée au centre-ville sur des toitures végétalisées en 2015, dans beaucoup de jardins potagers privés ainsi que dans différentes cultures, en particulier dans les cultures de concombres et d'aubergines sous tunnel où elle a fait passablement de dégâts en particulier dans les concombres (com. pers., G. Jaccard, Serres M. Magnin). En effet, les cultures ont dû être traitées, notamment à Perly chez Claude Janin, car les punaises provoquaient des déformations sur les fruits. Dans le suivi de cette punaise, un nouveau parasite naturel (Fig. 4) a été découvert sur le canton de Genève en 2015. Il s'agit d'une mouche tachinaire, *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae), qui a été pour la première fois recensée au nord des Alpes (voir en Annexes Pétremand *et al.*, 2015). Ce parasite a été introduit de manière fortuite dans les années 80 en Italie et se répand depuis progressivement en Europe suivant la distribution de la punaise verte. Son potentiel de régulation des populations de cette punaise peut être important comme cela a été montré par exemple à Hawaï. De plus, aux USA, cette mouche parasiterait également la punaise marbrée. En 2016, plusieurs adultes de *T. pennipes* (5) ainsi que des punaises vertes parasitées (une trentaine) ont été capturés à Lullier (com. pers., G. Pétremand) et transmises à S. Fischer (Agroscope ACW) qui tente de débiter un élevage. *T. pennipes* semble donc relativement bien établi dans certaines zones du canton. Il a également été capturé cette année (2016) à Changins (VD) (com. pers., S. Fischer). Théoriquement, cette espèce possède un potentiel pour la régulation naturelle des populations de la punaise verte. Le fait que l'espèce semble s'établir progressivement est encourageant.

En 2014, quelques punaises vertes au stade adulte (n=17) et au stade larvaire (n=8) avaient été collectées fin octobre – début novembre à Troinex dans un piège pyramidal, témoignant de sa présence à proximité des serres en zone rurale et peut-être d'une tentative de s'y réfugier durant l'hiver. En 2015 aucune capture n'a eu lieu dans le réseau de piégeage. Finalement en 2016, cinq individus ont été collectés dans les pièges Serbios au parc de Beaulieu entre juin et septembre, et quatre individus ont été capturés à Lully en juin et en août. Ces captures montrent à nouveau que cette espèce est présente en ville et en zone rurale à proximité des tunnels (fraises en l'occurrence) où elle se réfugie très probablement durant l'hiver, profitant d'habitats moins exposés au froid.



Figure 4. *Trichopoda pennipes* (Fabr.), parasitoïde de *Nezara viridula*, découvert au nord des Alpes en 2015 dans le canton de Genève (Photo : G. Pétremand).

L'absence ou les captures peu nombreuses de la punaise marbrée et de la punaise verte en milieu rural peut également indiquer que la méthode de monitoring n'est à nouveau pas optimale pour des populations de faible densité. En effet, les pièges ont donné de bons résultats aux endroits où la punaise marbrée était en quantité relativement importante. Pour assurer un suivi plus précis de ce ravageur, d'autres méthodes d'observation pourraient être combinées aux pièges à phéromone afin d'avoir un portrait plus exact de sa distribution. Pour la punaise verte les attractifs ne sont pour sûr pas très efficaces et le meilleur moyen de piégeage (et donc de monitoring) est probablement le frappage sur les cultures cibles, en évitant d'écraser les individus collectés, ces derniers dégagent alors des odeurs qui alarment leur consœurs. Cette méthode permet de collecter efficacement la majeure partie des individus présents sur des plants cibles. Le frappage serait aussi efficace pour la détection de punaises marbrées dans les cultures.

Une des méthodes alternative est aussi la méthode de surveillance participative. Cette approche est utilisée notamment pour la flore et certains invertébrés, et permet d'obtenir énormément d'information à peu de frais. Dans le cadre de notre projet, nous avons voulu instaurer une méthode de surveillance participative au moyen de fiches de reconnaissance distribuées aux associations professionnelles (UFL et OTM). Cette méthode n'a malheureusement pas donné les résultats escomptés. Un seul agriculteur a signalé la présence d'un grand nombre de punaises vertes dans un champ de soja au moment de sa moisson (M. Francis Chavaz à Veyrier, septembre 2016). Ces fiches ont cependant contribué à rendre plus attentifs les conseillers techniques des organismes collaborant à ces ravageurs. Un retour de l'OTM a permis d'avoir une meilleure vision de l'infestation des cultures sous tunnels dans le canton de Genève et de mettre en évidence le besoin d'une diffusion d'informations (état en Suisse, cultures touchées, méthodes de lutte, etc.) concernant cet organisme émergent pour les producteurs. En effet la punaise verte semble être présente dans la plupart des cultures de concombres hors-sol du canton ainsi que sur des cultures d'aubergines sous abri. Selon l'OTM la punaise verte est plus abondante et répandue dans le canton de Genève que dans le canton de Vaud.

Les fiches de reconnaissance ont également été transmises à certains producteurs du canton du Valais (sur demande et par le biais de Didier Ançay, le directeur de l'entreprise MEOC SA) au début de l'année 2016.

Un travail de Bachelor a été effectué à l'été 2015 dans le cadre de ce projet principalement sur l'étude d'*Halyomorpha halys* (Yaëlle Cruchon, Filière agronomie, hepia). Le premier objectif de ce travail consistait à évaluer la présence de la punaise marbrée par les méthodes de détections actives telles que des relevés au filet-fauchoir et des frappages sur arbres fruitiers en plus des pièges pyramidaux avec phéromone. Un autre objectif était d'évaluer en conditions de laboratoire, le potentiel de prédation de différents auxiliaires (*Harmonia axyridis*, *Adalia bipunctata*, *Orius sp.*, *Anthocoris nemoralis* et *Chrysoperla carnea*) sur les œufs d'*H. halys* mais aussi de *N. viridula*.

Malgré les méthodes actives de monitoring effectuées dans le cadre de ce travail de Bachelor, aucune punaise marbrée n'a été collectée et ce, chez les quatre producteurs fruitiers. Concernant les tests de prédation, les résultats ne montrent malheureusement pas un potentiel de ces auxiliaires sur les deux espèces de punaise. Les œufs d'*H. halys* et de *N. viridula* semblent trop coriaces pour ces prédateurs. La seule prédation observée dans un deuxième temps a été celle des larves de *Chrysoperla carnea* sur le premier stade larvaire de *H. halys* (Fig. 5). Ce résultat démontre une

prédation potentielle de cette espèce mais non une préférence à la consommation des larves d'*H. halys*. D'autres tests sont actuellement en cours aux Etats-Unis, au Canada ainsi qu'en Suisse (CABI) pour évaluer le potentiel de parasitisme de *Trissolcus japonicus*, un parasitoïde originaire de Chine, sur les œufs d'*H. halys* qui présenterait une méthode de lutte biologique plus efficace que les prédateurs généralistes.

Enfin, la vulnérabilité, face à *H. halys*, de plusieurs parcelles où les piégeages ont été effectués dans le cadre de ce travail de Bachelor, a été évaluée sur la base de l'environnement et des ressources présentes sur le canton. Toutes les parcelles possèdent un environnement propice au développement de la punaise marbrée. Si les températures tendent à augmenter, le développement de l'espèce pourrait être favorisé dans l'ensemble du canton et induirait un risque élevé pour de nombreuses cultures.

Des analyses de vulnérabilité du secteur agricole du bassin genevois face à ces deux espèces sont présentées au chapitre 2.4.



Figure 5. Prédation de la larve de *Chrysoperla carnea* sur le stade larvaire 1 de *H. halys* (Photo : Y. Cruchon).

2.3.2. Suivi de la Zeuzère du poirier, *Zeuzera pyrina*, dans les cultures fruitières

La zeuzère du poirier est un Lépidoptère dont la chenille se développe au sein de différentes essences d'arbres et, entre autres, les arbres fruitiers (poiriers, pommiers, cerisiers). La chenille forme des galeries qui peuvent entraîner le dépérissement de certaines branches ou même, dans le cas de jeunes arbres, celui du tronc induisant la mort de l'arbre. A Genève, une dizaine de cas d'arbres infectés ont été répertoriés en 2013, 2014 et 2015 principalement sur des tilleuls, des platanes et des ormes. En arboriculture fruitière, un exploitant aurait relevé la présence du ravageur sur un pommier en 2015 à Versoix. En Suisse, les cas d'infestation restent également assez isolés (environ 15 cas par année depuis 2012).

Dans le cadre du projet, des pièges à phéromone ont été installés chez quatre producteurs fruitiers. Le suivi de ce ravageur s'est traduit par une absence totale de captures dans le canton en 2015 et 2016. Cette absence de capture peut s'expliquer d'une part par la présence très sporadique de l'espèce qui n'a donc pas été prise dans le rayon de capture des pièges. Une deuxième explication peut être une faible efficacité des pièges testés. En effet, les phéromones contenues dans les pièges ne sont peut-être pas adaptés à la race de zeuzère présente en Suisse. Enfin, la hauteur des pièges a peut-être également joué un rôle dans l'efficacité des pièges (Minguely, 2015).

Or, sa présence a été relevée en milieu forestier sur l'ensemble du canton à l'aide de pièges lumineux. Le projet ELPENOR (Baumgart & Pastore 2010-2015) a permis de répertoriés des individus sur les sites suivants :

- Le Moulin-de-Vert, Cartigny
- Les Bailleys, Dardagny
- Les Prés-de-Villette, Jussy
- Le Bois des Doves, Versoix

Ces données quoique représentant des captures isolées ont été faites aux quatre coins du canton démontrant que cette espèce est bel et bien installée mais reste peu abondante et quasiment absente des cultures fruitières.

Une analyse de risque a également été effectuée sur la zeuzère avec différents scénarii climatiques à l'horizon 2060. Ces derniers ont été calculés et comparés avec les climats actuels en France afin de trouver une région au climat analogue, en l'occurrence : la station météorologique de Château-Arnoux-Saint-Auban (461 m d'altitude) dans les Alpes-de-haute-Provence. Des données précises sur la présence et les dommages causés par *Z. pyrina* n'ont pas pu être trouvées pour la région de Château-Arnoux-Saint-Auban mais seulement pour tout le réseau Provence Alpes Côte d'Azur qui représente un vaste territoire très hétérogène au niveau climatique. Cependant, par déduction et extrapolation, il a pu être mis en évidence qu'à l'horizon 2060 les dégâts causés par la zeuzère pourraient être problématiques seulement localement à cause d'une présence *à priori* relativement hétérogène de l'espèce dans les parcelles. De faibles dégâts pourraient être observables dès la mi-juin.

Une fiche technique (Annexes) ainsi qu'un article descriptif (Annexes) publiés dans la revue « Horticulture romande » et « la Forêt » ont été publiés en 2015 afin de communiquer des éléments de reconnaissance et de biologie de la zeuzère du poirier dans les milieux professionnels et les écoles.

2.3.3. Suivi de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, dans les cultures maraîchères

En ce qui concerne le suivi de la mineuse de la tomate dans les cultures maraîchères, à l'aide de pièges collants Delta à phéromones (Andermatt), plusieurs captures avaient été réalisées en 2015 chez les trois exploitants concernés. En 2016, à Lully 76 individus ont été capturés, 173 à Perly et 61 à Troinex entre le mois de mai et le mois d'octobre. Sur la Figure 6 on peut observer que les captures sont relativement constantes et importantes sur toute la saison dans les trois sites. Elles commencent dès la mise en place des pièges au début du mois de mai alors qu'en 2015 les premiers individus avaient été observés en juin et juillet. En 2015, durant la saison estivale entre 2 et 11 individus seulement avaient été piégés en moyenne par site. En trois ans, nous observons donc une importante évolution/augmentation des piégeages avec :

- 2014 : aucune capture du papillon dans les pièges
- 2015 : peu de captures durant l'été (entre 2 et 11), puis une capture en masse lors du dernier relevé fin octobre avec environ 100 individus collectés à Lully et Perly
- 2016 : captures constantes et relativement importantes durant toute la saison

Il est difficile d'interpréter ces résultats dans la mesure où le laps de temps (3 ans du projet) est très court et que l'absence de captures peut être liée à de multiples facteurs (températures, importations de plants infectés, traitements, etc.). Il est cependant intéressant de noter cette évolution qui suggère qu'une continuité dans le suivi ces prochaines années serait indispensable afin de connaître l'évolution de ce papillon, classé comme organisme de quarantaine dans le monde.

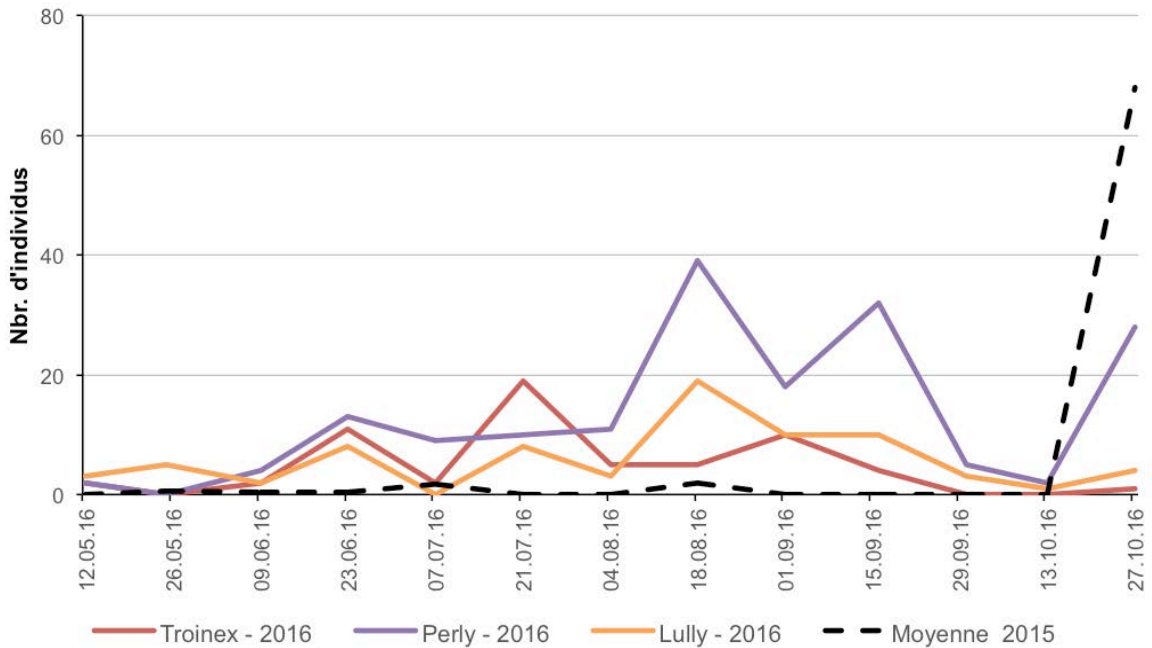


Figure 6. Nombre d'individus collectés de *T. absoluta* dans les trois sites maraîchers du canton de Genève en 2016 en regard de la moyenne des captures en 2015

En France voisine à Valdeiry, la mineuse de la tomate a causé de gros dégâts chez un maraîcher dans les cultures de tomates puis d'aubergines en 2015.

La soudaine abondance de captures à Lully et Perly le 30 octobre 2015 (Fig. 6 et 7) pourrait être expliquée par un phénomène de colonisation de nouveaux sites par l'espèce. En effet, après un été chaud et donc favorable à l'espèce, cette dernière après avoir complété quelques générations a tendance à se disperser pour étendre son aire de distribution à l'automne. Si les conditions d'hivernation sont bonnes dans les sites investis, l'espèce pourrait être détectée plus tôt l'année suivante et se révéler problématique dans certains cas. En effet, elle ne semble pour l'instant pas dangereuse dans notre région même lors de captures importantes dans les pièges Delta, probablement à cause d'une inadéquation de sa phénologie avec celles des plantes hôtes cultivées ainsi que la prédation exercée par les *Macrolophus pygmaeus* (un auxiliaire utilisé en lutte biologique contre les mouches blanches) induisant peu de dommages et d'impact économique dans les cultures concernées (Fischer & Enz, 2013). En 2016, les premières captures ont été plus précoces et plus nombreuses au fil de la saison laissant penser que les individus observés en octobre 2015, auraient réussi à passer la saison hivernale à proximité ou à l'intérieur des serres, permettant une colonisation rapide et importante au printemps. Des dégâts mineurs et des larves ont été observés sous serre notamment à Lully mais semblent être contrôlés par la lutte biologique.



Figure 7. Papier collant provenant du piège Delta de Perly contenant une centaine d'individus de *T. absoluta*.

Globalement, l'été particulièrement chaud et sec observé en 2015 a vraisemblablement favorisé le développement de ce ravageur et donc une présence plus importante en 2016. L'absence de capture en 2014 est difficile à expliquer. Le fait que des dégâts importants aient été constatés proche de la frontière lors d'un été chaud et sec doit mettre en garde les exploitants pour les années à venir en particulier lors d'événements climatiques similaires. La détection précoce du ravageur par les producteurs est primordiale afin de limiter sa propagation et son développement. Une analyse de vulnérabilité du bassin genevois face à ce ravageur est présentée au chap. 2.4.

2.3.4. Suivi de la chrysomèle des racines du maïs, *Diabrotica virgifera virgifera* et de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*

La chrysomèle des racines du maïs est un redoutable ravageur des cultures de maïs dont les larves dévorent les racines de cette plante. Le suivi de ce coléoptère est mis en place chaque année dans l'ensemble des cantons de la Suisse et a été réalisé par nos soins et en collaboration avec le service phytosanitaire (contact : M. Dominique Fleury, DGAN) pour le canton de Genève ainsi qu'avec M. Christian Keimer. Les relevés des pièges collants à phéromones de type PAL (Andermatt Biocontrol) ont été effectués de début juillet à mi-septembre : période de probabilité maximale de capture de la chrysomèle. Dans les dix parcelles investiguées, aucun spécimen n'a été capturé dans le canton de Genève et ce pour les trois années du projet. Il semblerait qu'au nord des Alpes en Suisse aucun individu de cette espèce n'ait été collecté durant ces années. Toutefois, au Tessin, depuis plusieurs années, pratiquement tous les pièges capturent la chrysomèle des racines du maïs mais sans causer de problèmes majeurs aux cultures. Il semblerait que la rotation des cultures, obligatoire dans le canton de Genève, suffise pour lutter contre ce ravageur et limiter voire anéantir les chances d'infestation.

La pyrale du maïs est le plus important ravageur des cultures de maïs en Suisse en provoquant notamment des dégâts au niveau des tiges, des perforations au niveau des épis et des feuilles. Actuellement, seule la lutte biologique à l'aide du parasitoïde *Trichogramma brassicae* est autorisée pour le combattre. L'efficacité de ce mode de lutte exige que le 1^{er} lâcher soit réalisé au tout début de la ponte de la pyrale. La prévision précise du lâcher dépend donc de la détection précoce de la pyrale dans les cultures de maïs à l'aide de pièges nasse à phéromones. En Suisse, on rencontre les races E et Z bivoltines (deux générations de vols par an) au sud des Alpes, et la race Z univoltine (un vol par an) au Nord des Alpes (bassin lémanique). Toutefois, depuis plusieurs années (depuis 2009), les races bivoltines sont apparues dans les cultures de maïs bordant le lac Léman, dans le canton de Vaud. Selon Breitenmoser (2009), l'apparition des races bivoltines ne peut être mis directement en lien avec des événements de changements climatiques.

En collaboration avec la Station Phytosanitaire du canton de Genève et le réseau national Suisse de surveillance de la pyrale du maïs (Station Agroscope ACW), le suivi de la pyrale du maïs dans le canton de Genève a été intégré au projet. Ceci, dans le but de détecter la présence de la race bivoltine sur le canton de Genève. Les relevés de piégeage de la pyrale se sont déroulés de mai à septembre 2014, 2015 et 2016. En 2016, deux pics de vol très rapprochés ont été observés fin juillet-début août (voir Fig. 8) avec un 1^{er} lâcher de trichogrammes réalisé entre le 30 juin et le 1^{er} juillet 2016 et un 2^e lâcher la semaine le 12 juillet 2016. Les résultats de piégeage indiquent la détection de la race univoltine uniquement dans les cultures de maïs du canton de Genève en 2016. Par rapport aux deux années précédentes, on observe un pic de vol plus tardif en 2016 comparativement à celui observé en 2015 mais similaire au pic observé en 2014. Les conditions plus chaudes de l'été 2015 expliquent ce décalage avec les années 2014 et 2016.

Au début du projet, il était prévu de comparer les données de piégeages obtenues de 2014 à 2016 à celles obtenues avant 2006, mais malheureusement ces données antérieures à 2006 n'ont pas pu être retrouvées par la Station Phytosanitaire du canton de Genève. Une fiche de relevé datant de 2006 a cependant été retrouvée à la Direction générale de l'Agriculture du canton et ainsi, il a été possible de compiler les données de piégeage disponible pour les années suivantes (Fig. 8) : 2006

(fournies par l'ancienne DGAN-GE) et de 2009 à 2016 (fournies par S. Breitenmoser, Agroscope ACW).

Les résultats (Fig. 8) de ces compilations montrent une variabilité importante d'une année à l'autre. En effet, certains pics de vols des adultes apparaissent au début du mois de juillet alors que durant d'autres années, ces pics apparaissent en août. Les années 2009, 2011, 2012, 2015 ont des pics de vol plutôt précoces tandis qu'en 2016 et 2013, les captures ont été relativement tardives. Tel que mentionné précédemment, aucun signe de la présence d'une race bivoltine n'a pu être décelée sur le canton. En effet, la race bivoltine apparaît plus tôt dans la saison avec un premier pic de vol début juin et réapparaît plus tard avec un deuxième pic de vol à la fin du mois d'août (voir Gland, Fig. 9).

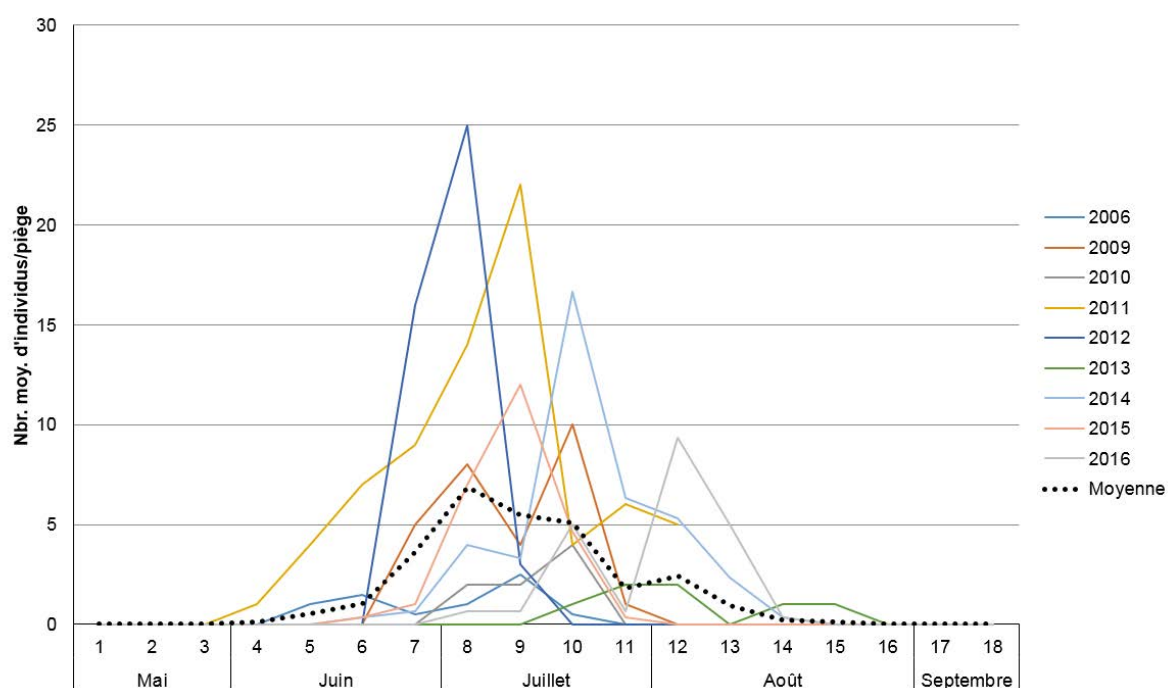


Figure 8. Nombre moyen d'adultes de la pyrale du maïs du canton de Genève observés en 2006 et de 2009 à 2016. Les piégeages commençant à la semaine « 1 » soit à la mi-mai.

La race bivoltine n'est donc toujours pas présente sur le canton de Genève, mais cette absence n'est pas liée au climat car les températures sur le canton de Genève sont similaires voire même plus chaudes que celles des localités où la race bivoltine est observée depuis 2009 dans le canton de Vaud. La raison pour laquelle l'aire de distribution de la race bivoltine reste confinée dans le canton de Vaud reste méconnue.

Le suivi de cette espèce sera poursuivi ces prochaines années dans le cadre du réseau national Suisse de surveillance de la pyrale du maïs afin d'optimiser les dates des lâchers de trichogrammes dans le canton.

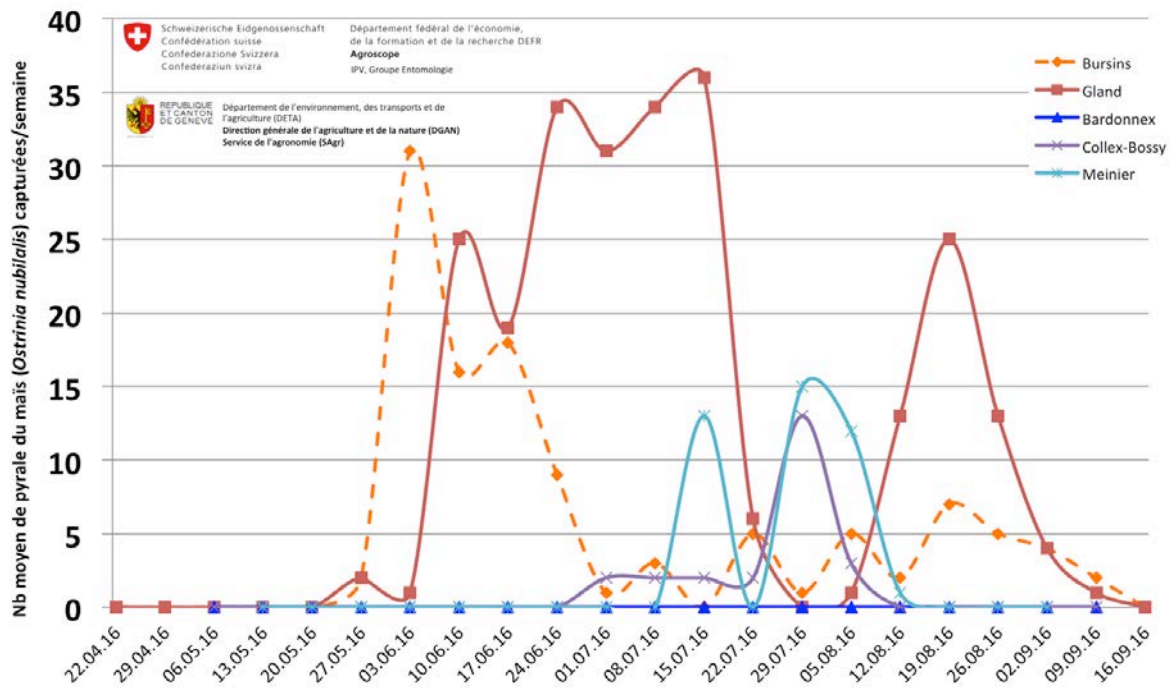


Figure 9. Suivi du vol de la pyrale dans les cultures de maïs du canton de Genève en 2016 (Bardonnex, Collex-Bossy, Meinier) et de deux sites du canton de Vaud (Bursins et Gland) où les races univoltine et bivoltine se mélangent (Source : Stève Breitenmoser – ACW).

2.3.5. Suivi d'Eudemis et de Cochylis dans les cultures de vigne

Le suivi de deux insectes ravageurs de la vigne, les vers de la grappe, Eudémis et Cochylis, est constitué par un réseau participatif de deux parcelles dans le canton de Genève *via* un relevé bihebdomadaire des pièges Delta jaune collants à phéromones par les vignerons. Les relevés de comptage sont transmis à M. Favre de la station viticole de l'Etat de Genève. En effet, afin de mieux raisonner le positionnement des traitements chimiques (pour les zones hors confusion) dans les vignobles, la dynamique des vols d'Eudémis et de Cochylis est suivie durant la période d'avril à août par les viticulteurs en collaboration avec la station viticole. Cette période couvre les deux principales générations de vol d'Eudémis et de Cochylis dans les vignes respectivement au printemps et en été. La dynamique de vol de ces deux insectes est directement liée aux conditions climatiques (température, pluviométrie). Dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques, le projet s'est proposé de suivre ces deux ravageurs de la vigne quant à la possibilité de détecter un 3^{ème} vol de ces ravageurs en automne en fonction de l'évolution des conditions météorologiques. Il était prévu que ces relevés soient réalisés par nos soins et que nous disposions des données de relevés de vols en 2016 (pour la période d'avril à août) d'Eudémis et de Cochylis, fournies aimablement par M. Favre (station viticole, DGAN). Les piégeages sont effectués sur le canton de Genève depuis 1998. Les données entre 1998 et 2016 ont donc été récupérées et comparées.

Contrairement à Eudémis qui se développe préférentiellement avec des conditions climatiques chaudes et sèches, Cochylis préfère un climat froid et surtout plus humide. Aucune capture de Cochylis n'a été relevée en 2016 dans les deux parcelles suivies. La Figure 10 montre que les captures de Cochylis des trois dernières années sont largement inférieures à celles de la moyenne entre 1998 et 2016. Depuis 2004 (Fig. 10), il semblerait que le nombre d'individus capturés ait brusquement chuté. Cette chute peut s'expliquer par différents facteurs (augmentation des températures, baisse des précipitations, effet de la confusion sexuelle, etc.) mais qui sont actuellement difficile à démontrer. Aucune 3^{ème} génération n'a pu être détectée en 2016, de même que les années précédentes (com. pers., G. Potterat). L'évolution actuelle du climat et les scénarii climatiques pour les années à venir seraient donc plutôt en défaveur de ce ravageur hygrophile.

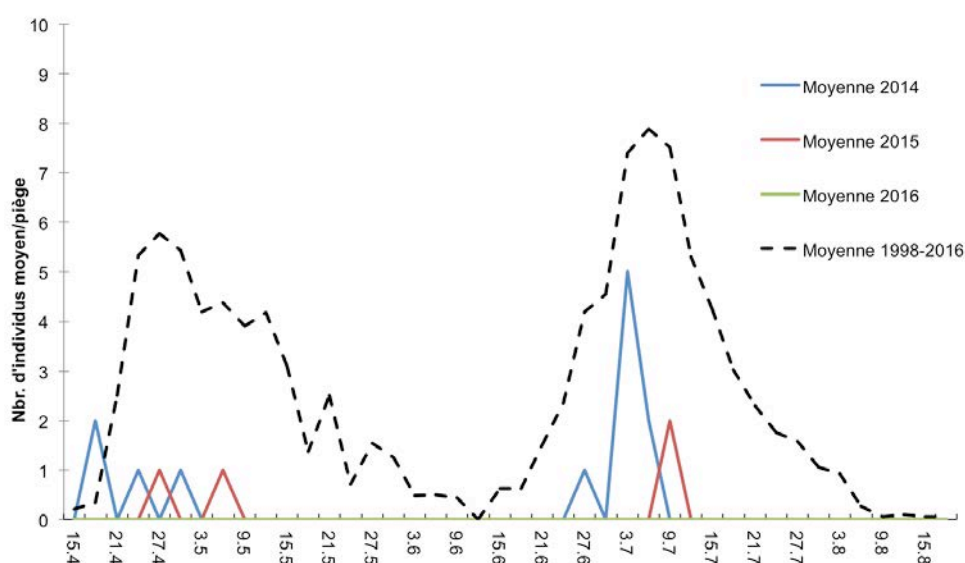


Figure 10. Suivi du vol de Cochylis dans les vignobles (hors confusion) du canton de Genève 2014-2016.

Les relevés de piégeage 2016 indiquent que le 1^{er} et le 2^e vol d'Eudémis ont été très tardifs et faibles (surtout le 1^{er} vol au printemps) dans les vignes (zones hors confusion) du canton de Genève (Fig. 11). Le 1^{er} pic de vols d'Eudémis apparaît au mois de mai, le 2^e vol à la fin juillet et le 3^{ème} vol (détecté sur le site de Jussy-Sionnet) au mois de septembre (Fig. 11). Globalement les vols de 2014 et 2015 ont été plus importants que la moyenne observée de 1998 à 2016 mais apparaissent relativement au même moment durant la saison. En 2014 spécifiquement, un printemps particulièrement chaud a favorisé un développement très précoce de ce papillon. Malgré un deuxième vol en 2016 très tardif, une troisième génération d'Eudémis a été détectée en septembre grâce à la poursuite de l'échantillonnage. Ceci indique que si des relevés avaient été poursuivis ces dernières années (relativement plus chaudes que 2016) une 3^{ème} génération aurait été probablement détectée. Cela confirmerait les dires de Guillaume Potterat, ayant observé des individus en vol à la fin du mois d'août 2015, témoignant d'une 3^{ème} génération. Cette observation n'est pas surprenante compte tenu de l'été chaud et sec que nous avons eu en 2015 qui a, selon toute vraisemblance, favorisé une troisième génération d'Eudémis. Cette troisième génération n'a pas d'incidence sur le raisin, raison pour laquelle la station viticole ne poursuit pas les relevés en septembre. Cependant, si cette troisième génération venait à être plus précoce en saison, elle pourrait potentiellement causer des dégâts au raisin.

La Figure 12 montre que les captures sont à présent généralement inférieures à celles du début des années 2000 mais restent importantes et ce, plus particulièrement durant les années chaudes et sèches (2003, 2007-2009, 2014, 2015).

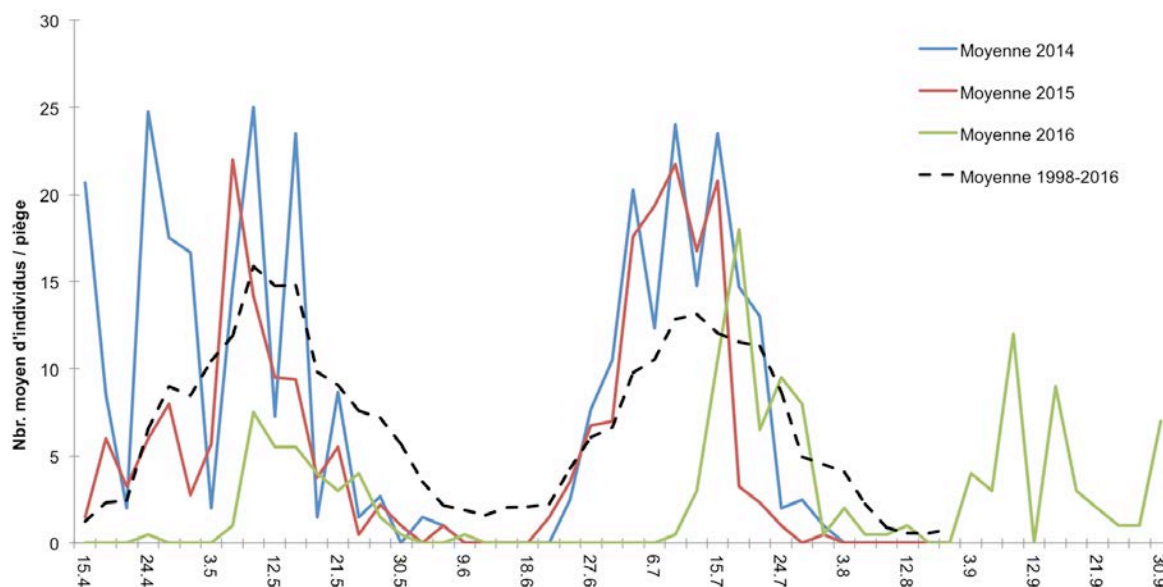


Figure 11. Suivi du vol d'Eudémis dans les vignobles (hors confusion) du canton de Genève 2014-2016.

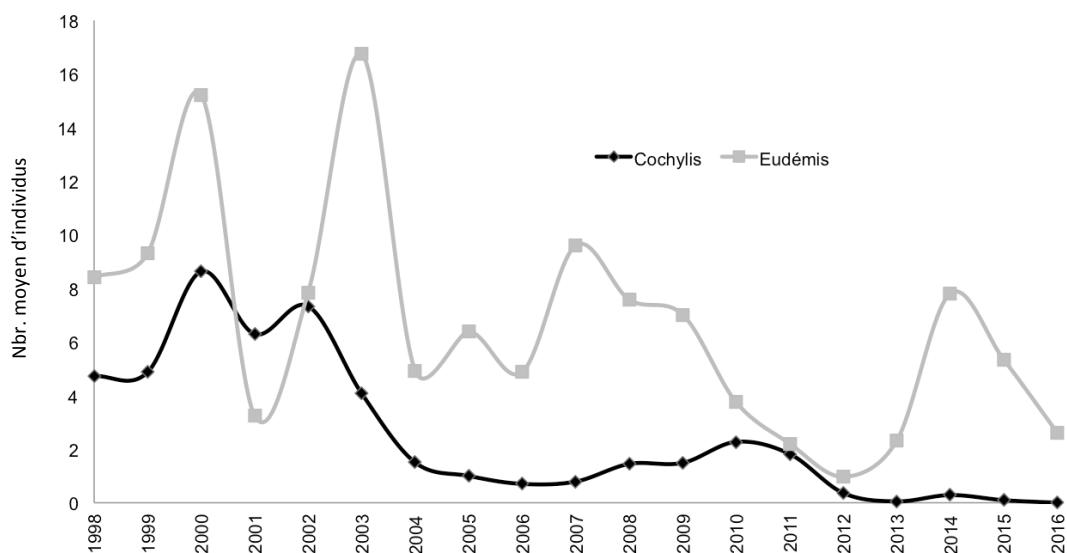


Figure 12. Moyennes annuelles des captures d'Eudemis et de Cochylys dans les vignobles du canton de Genève entre 1998 et 2016.

Dès lors nous constatons qu'un réchauffement climatique pourrait largement favoriser une troisième génération annuelle d'Eudemis à Genève, pouvant potentiellement tendre à augmenter les populations de ce ravageur. A priori l'augmentation de la sécheresse durant l'été participera à défavoriser le développement de Cochylys et donc à diminuer les dommages causés à la vigne par ce ravageur.

2.3.6. Suivi de *Scaphoideus titanus*, le vecteur de la Flavescence dorée, dans la vigne

Scaphoideus titanus est ravageur du sous-ordre des Sternorrhyncha de la famille des Cicadellidae originaire d'Amérique du nord. Cette cicadelle a été observée pour la première fois dans le canton de Genève en 1996. En qualité de vecteur, l'insecte est responsable de la transmission du phytoplasme à l'origine de la Flavescence dorée, une maladie de quarantaine susceptible d'entraîner la mort des ceps contaminés en quelques années.

Pour l'année 2016, le principal but du suivi de ce ravageur était de constater la présence/absence de cette cicadelle au sein de parcelles contrôlées et déclarées négatives entre 1994 et 2007 (Tab. 5), afin de noter une éventuelle augmentation de l'aire de répartition de cette espèce dans le canton de Genève. Les 8 parcelles négatives ont été sélectionnées sur la base des informations obtenues via le site internet du SITG (<https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/>) (Fig. 14). Lors de la sélection des parcelles, le but était également de couvrir le territoire genevois de manière représentative, en tenant compte de toutes les régions viticoles (Fig. 15). Ainsi les communes concernées (Tab. 5) sur la rive gauche sont Hermance, Gy, Meinier, Laconnex, Bardonnex et pour la rive droite Dardagny, Genthod et Bellevue.

Tableau 5 : Localisation des parcelles suivies pour la présence de *S. titanus* et dates des derniers relevés effectués avant le projet.

Parcelle	Localisation (commune)	Date du dernier relevé
P1	Hermance	1999
P2	Gy	2000
P3	Meinier	1995
P4	Laconnex	1994
P5	Bardonnex	2006
P6	Dardagny	2006
P8	Genthod	2007
P9	Bellevue	2007

Pour ce monitoring, seuls les adultes ont fait l'objet d'un suivi. Dans cette optique, les piégeages ont été effectués au moyen de plaques engluées jaunes. Ces dernières étaient disposées horizontalement, à la hauteur des grappes. Cinq plaques étaient placées de manière aléatoire dans chaque parcelle. Les relevés ont été effectués tous les 15 jours. Les premiers pièges ont été disposés fin juillet, cette période correspondant à l'apparition des premiers adultes. Les piégeages se sont ensuite poursuivis jusqu'à mi-octobre, date à laquelle le nombre d'individu capturé était nul.

Les résultats obtenus indiquent que *S. titanus* est maintenant présent sur l'ensemble des parcelles suivies et qui étaient déclarées négatives jusqu'en 2007. Bien que seulement 8 parcelles soient concernées dans le cadre de ce projet, il est probable que cette cicadelle soit présente dans l'ensemble des vignobles genevois.

Une variation des effectifs est également observée en fonction des zones. Les parcelles P8 et P9 possédaient les effectifs totaux les plus faibles, avec respectivement 64 et 92 captures (Fig. 13). Ces deux parcelles se trouvent dans une même zone (zone 3) (Fig. 14), qui selon les derniers relevés effectués par Agroscope, ne possédait aucune parcelle positive lors des derniers relevés (2007). En comparaison, les autres parcelles suivies, qui se situaient toutes à proximité de vignobles contrôlés positifs entre 1994-2007, présentent en 2016 des effectifs 2 à 4 fois plus élevés (Fig. 13).

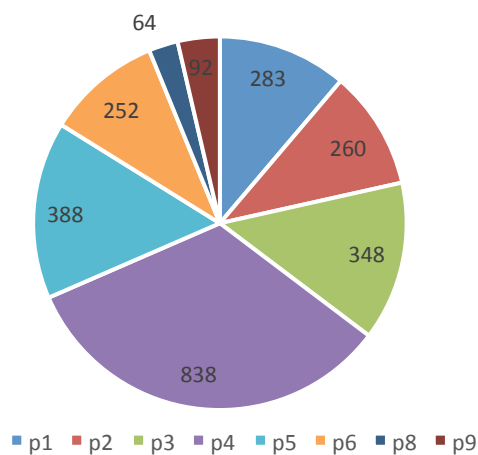


Figure 13. Nombre total d'adultes de *S. titanus* capturés en fonction des parcelles.

Ces résultats montrent que ces dernières années *S. titanus* semble avoir considérablement étendu sa répartition dans le canton de Genève et que la taille de ses populations a augmenté. Ces résultats portant sur une seule année, il est difficile d'en tirer des généralités et il serait judicieux de pouvoir continuer à les effectuer durant quelques années encore afin d'observer des tendances plus solides. En effet, sa présence importante en 2016 est peut-être simplement liée à une année avec des conditions de développement lui ayant été favorables.

La lutte contre *S. titanus* est obligatoire uniquement au sein des cantons concernés par la Flavescence dorée. En attendant seul le Tessin a été touché par de telles mesure.

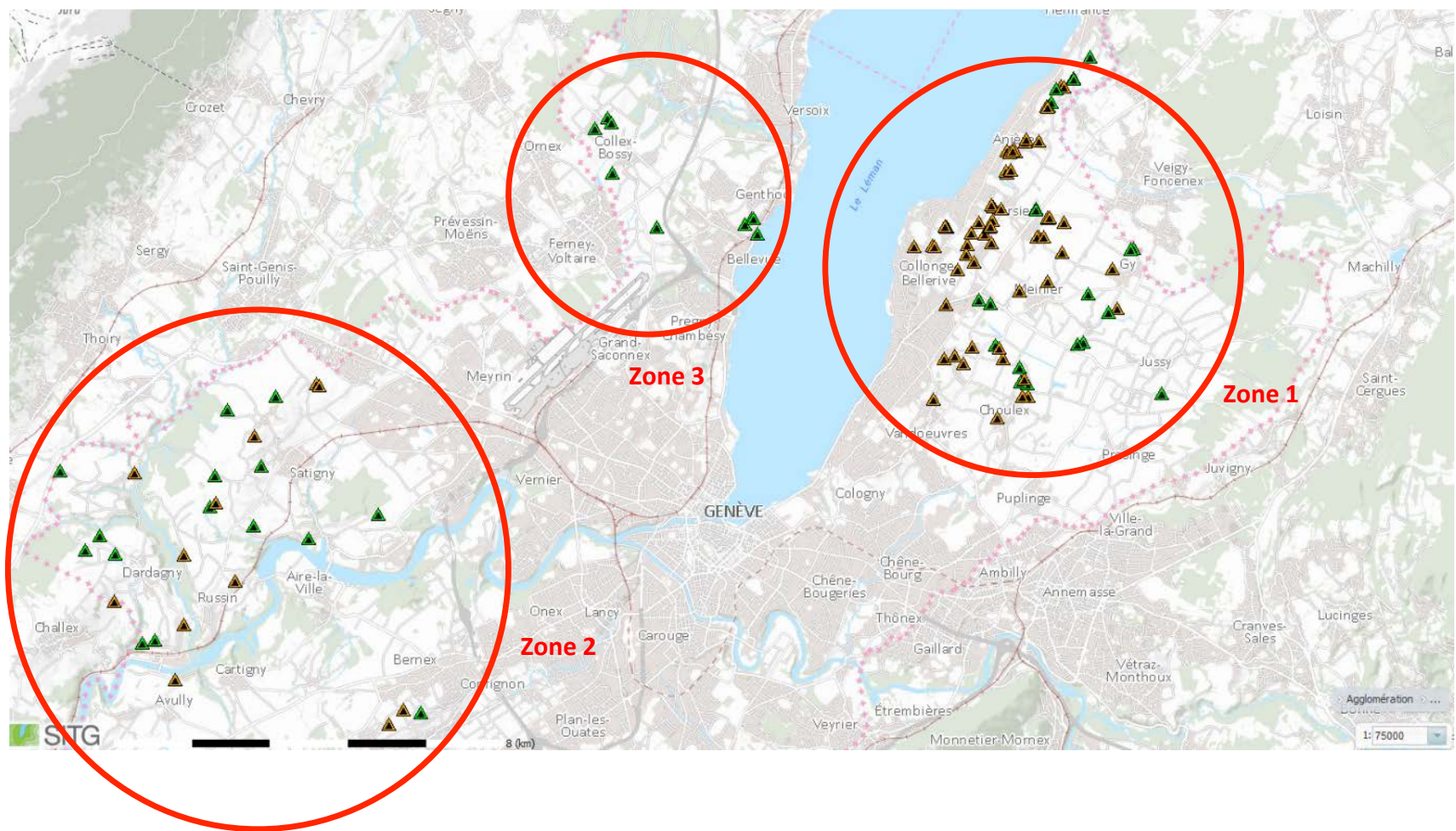


Figure 14. Situation de *S. titanus* en vignoble genevois entre 1994 et 2007 (triangle vert = parcelle négative, triangle jaune = parcelle positive).

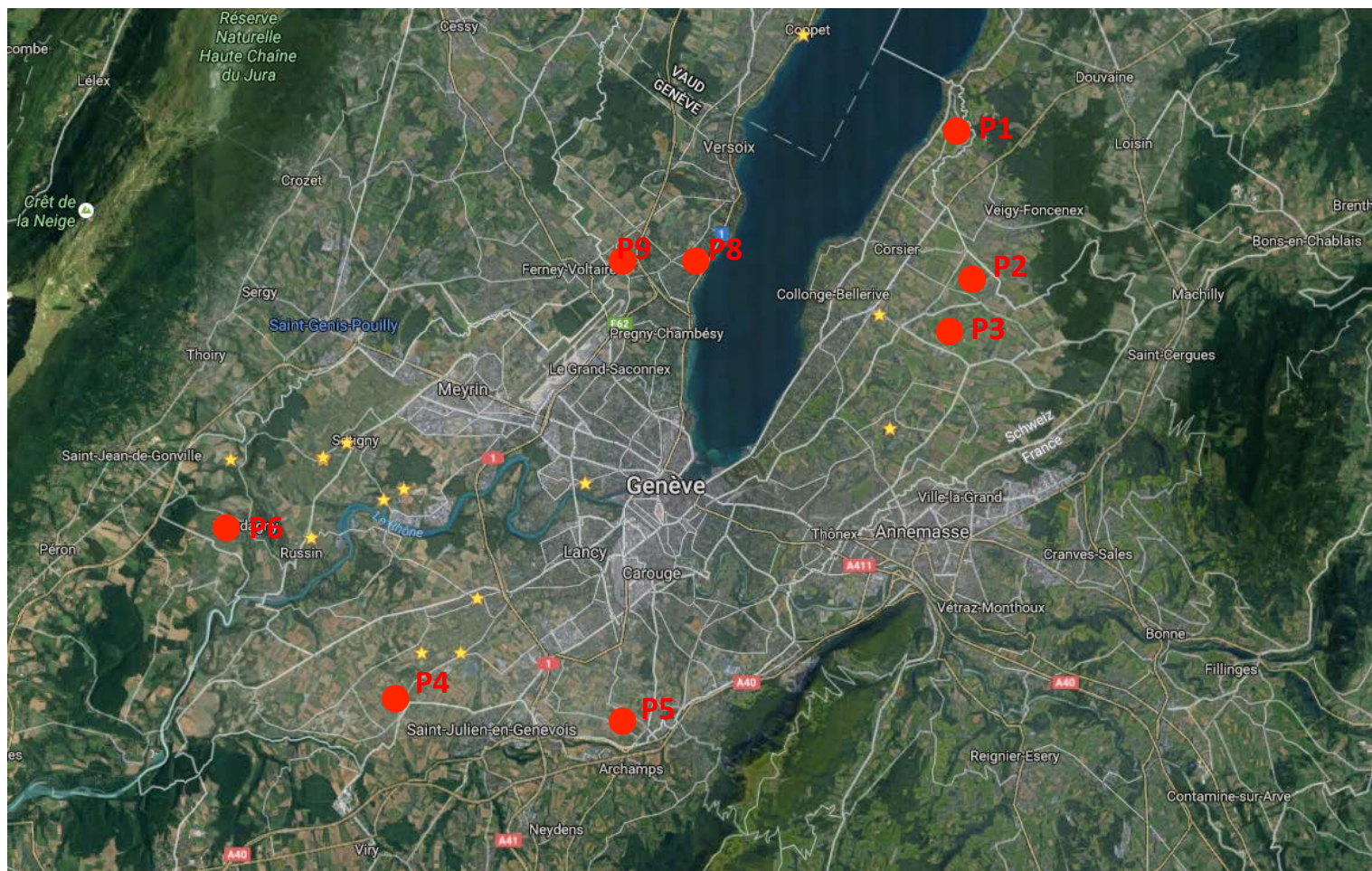


Figure 15. Localisation des parcelles étudiées dans le canton de Genève.

2.3.7. Autres observations de ravageurs sur le canton de Genève

- La drosophile du cerisier (*Drosophila suzukii*) est originaire du Sud-Est de l'Asie. Ce ravageur est apparu en Europe en 2008. Il a ensuite été signalé pour la première fois en Suisse en 2011. *D. suzukii* est, à l'instar des autres drosophiles frugivore. L'espèce est polyphage et peut provoquer d'importants dégâts dans les cultures de baies, de fruits à noyau et de raisins. Contrairement aux drosophiles indigènes, les femelles de cette espèce possèdent un ovipositeur fortement denté, capable de perforer l'épiderme des fruits sains. Les problématiques phytosanitaires engendrées par *D. suzukii* sont de différentes natures ; on peut ainsi distinguer les dégâts directs liés au développement des larves au sein des fruits et les dégâts indirects, qui sont provoqués par les blessures de pontes. En effet, les ouvertures engendrées par l'oviposition vont permettre le développement des maladies et des ravageurs présents dans l'environnement et aggraver ainsi l'état sanitaire de la culture.
Pour l'année 2016, la pression de ce ravageur était très importante à Genève comme dans le reste de la Suisse. Dans le canton de Genève des dégâts importants ont été signalés sur les cerises ainsi que sur les petits fruits. Concernant la vigne, des cas d'attaques ont également été constatés mais n'ont pas provoqué de pertes.
D. suzukii est bien établi en Suisse et à Genève. Les problématiques phytosanitaires engendrées par ce ravageur seront probablement régulières, particulièrement dans le cas de la production de cerises et de petits fruits. Pour ces cultures, le moyen de lutte le plus efficace reste certainement le filet à mailles fines (insect proof). Les traitements chimiques actuels (utilisables sous autorisation) sont une solution discutable compte tenu du nombre important d'individus présent dans l'environnement. Les moyens ayant une durée d'action importante sont donc à privilégier (filets). On notera toutefois que l'investissement nécessaire à la mise en place de ces moyens de protection reste très coûteux et donc difficilement applicable sur de petites surfaces de production.
- Nombreuses attaques de la pyrale du buis (*Diaphana perspectalis*) se développant sur des haies de buis dans plusieurs communes et chez des particuliers. On observe que toutes les espèces de buis sont attaquées, notamment *Buxus sempervirens* "Suffruticosa" et *Buxus sempervirens* "Rotundifolia". Traitement par pulvérisation du feuillage une fois par mois de mars à septembre avec une préparation à base de *Bacillus thuringiensis*.
- Plusieurs cas de présence de chenilles processionnaires du chêne en divers endroits du canton. Les nuisances occasionnées par les poils de chenilles pour les usagers des installations nécessitent la mise en œuvre de mesures de contrôle et d'élimination. La pose de pièges à phéromones, ainsi qu'une intervention biologique avec du *Bacillus thuringiensis* sont préconisées.
- Dégâts de zeuzères du poirier sur des platanes. Cet insecte xylophage est en recrudescence dans le canton. Il fragilise fortement la résistance mécanique des troncs et des branches lors du forage de ses galeries de nymphose. La pose de pièges à base de phéromones permet de confirmer sa présence et contrôler le vol des adultes. En cas de nécessité, l'application d'un insecticide de contact sur les branches et le tronc avant la ponte est possible. En revanche, il n'existe pas de lutte curative contre ce type de ravageur xylophage.

2.4. VULNERABILITE DU SECTEUR AGRICOLE GENEVOIS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR CERTAINS ORGANISMES CIBLES

Pour effectuer des analyses de vulnérabilité, trois ravageurs ont été ciblés (punaise marbrée, punaise verte et mineuse de la tomate) car ceux-ci présentent un fort potentiel d'expansion et conséquemment un danger potentiel pour les années à venir dans le bassin genevois. Les autres espèces étudiées dans le cadre de ce projet sont déjà bien établies sur le canton de Genève et leur impact est déjà contrôlé par diverses méthodes de lutte, exception faite pour de la chrysomèle du maïs mais celle-ci étant absente, elle ne représente pas une menace pour le canton de Genève.

Les scénarii climatiques à l'horizon 2060 à Genève utilisés dans les analyses qui suivent ont été tirés du travail de Minguely (2015) (Fig. 16). Le scénario 2 a été retenu comme référence pour le canton de Genève à l'horizon 2060. Ce scénario prévoit une augmentation moyenne d'environ 2 degrés Celsius d'ici 2060 avec une baisse des précipitations en juillet-août de près de 20 mm. La Figure 16 présente les différents scénarii climatique par rapport à la moyenne des températures entre 1980 et 2009 ainsi que la modification des précipitations d'ici 2060.

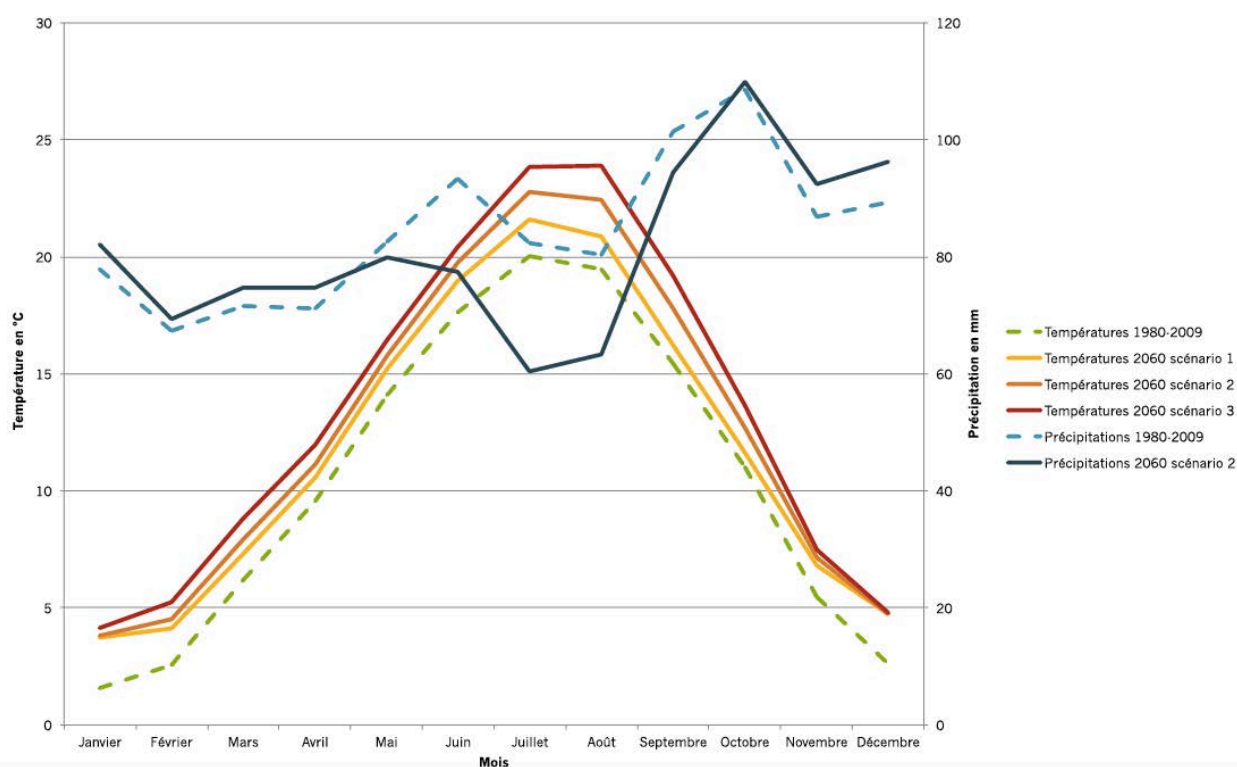


Figure 16. Scénarii climatiques à l'horizon 2060 pour la station météorologique de Genève-Cointrin pour les températures et les précipitations (Source : Minguely 2015).

Ce scénario a été mis en relation avec une région analogue en France pour tenter de prédire la situation à Genève à l'horizon 2060 par analogie (Fig. 17). La région trouvée est celle de Château-Arnaud-Saint-Aubin dans le département des Alpes de Haute Provence dont les données de températures actuelles correspondent à celles prévues en 2060 (scénario 2) à Genève. Nous avons vérifié la présence des différents ravageurs dans cette région et comparé leur écologie saisonnière actuelle et leur impact sur les cultures afin de déterminer à l'horizon 2060, si ceux-ci pourraient potentiellement être problématiques sur le canton de Genève. Cette comparaison a pu être faite uniquement pour certaines des espèces face auxquelles la vulnérabilité du bassin genevois a été évaluée. En effet, dans certains cas la comparaison est complètement futile car le ravageur n'est pas encore présent dans la région ciblée (ex : *Halyomorpha halys*).

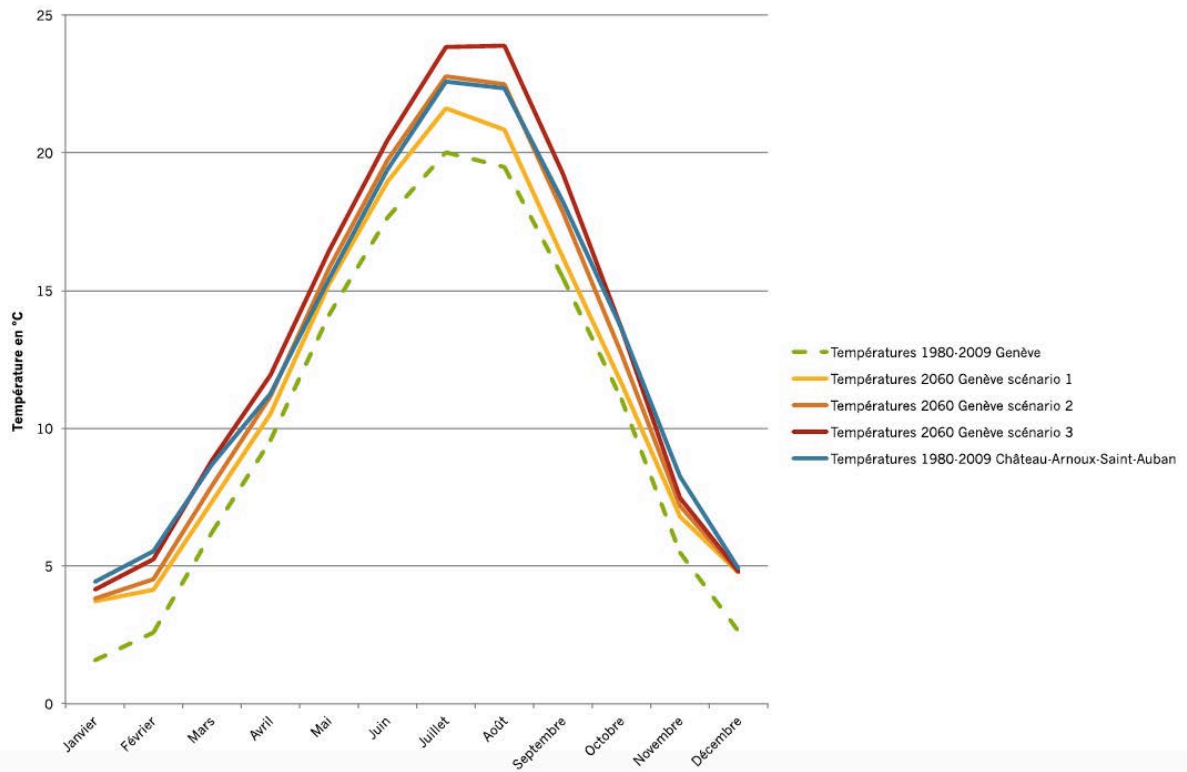


Figure 17. Analogie des scénarii pour Genève-Cointrin avec la moyenne des températures de 1980 à 2009 pour Château-Arnoux-Saint-Auban (Source : Minguely 2015).

2.4.1. *Halyomorpha halys*

Introduction

En 2007, *Halyomorpha halys* a été identifié officiellement pour la première fois en Suisse, plus précisément dans le canton de Zurich. Toutefois, en 2004, l'identification de *H. halys* sur une photographie prise par un particulier à Zurich indique que cette punaise était présente sur le territoire helvétique depuis plusieurs années. En 2013, *H. halys* a été répertorié dans 11 cantons dont celui de Genève. Les populations les plus importantes se situaient dans les villes de Zurich, Bâle, Bern et Lugano (Haye et al., 2014a).



En 2016, 9 pièges attractifs ont été mis en place à Genève de début avril à fin octobre. Les captures concernaient seulement un piège, qui se distinguait de la majorité des zones prospectées par sa situation urbaine. Pour cette même année, on notera également que *H. halys* a été signalé par des particuliers dans la ville de Genève.

En Suisse, plusieurs cas d'attaques sur cultures ont été reportés. Les premiers dégâts ont été constatés en 2012 dans une culture de poivron, dans le canton d'Argovie (ANSES, 2014). Dans le canton du Tessin, des attaques sur fruits (pommes et poires) ont également été observées en 2016 (comm. pers., S. Fischer, 2016). A l'heure actuelle, aucun dégât officiel lié à *H. halys* n'a encore été signalé à Genève.

Compte tenu du caractère polyphage de cette punaise (Dellinger et al., 2016), un grand nombre de cultures risquent d'être concerné. Dans l'optique de prévenir d'éventuels pertes économiques au niveau de la production horticole du canton de Genève, il est important d'engager une surveillance régulière de *H. halys* sur le territoire et également de mettre en évidence les différents facteurs susceptibles de favoriser son expansion. L'augmentation des températures prévue d'ici 2060 risque également de modifier le cycle biologique de *H. halys* ainsi que sa répartition au sein du canton de Genève.

Pour des informations sur la reconnaissance de l'espèce se référer à la fiche informative de reconnaissance en Annexes.

Biologie

H. halys est originaire d'Asie (Chine, Japon, Taiwan, Corée). Au sud de la Chine, cette punaise peut effectuer plus de quatre générations par année. Sous climats tempérés, une seule génération est observée (ANSES, 2014). Dans les zones tempérées, la reproduction a lieu en été. L'oviposition ne débute pas avant début juillet et peut durer jusqu'en septembre (Haye et al., 2014b). Les pontes se présentent sous forme de plaques (oothèque) et comportent en moyenne une trentaine d'œufs. Dès la fin de l'été les adultes se mettent en quête d'abris (écorces, crevasses, habitation) afin de débiter la période d'hivernation qui durera jusqu'au printemps suivant (ANSES, 2014).

Les captures effectuées aux « Artichauts » ont permis d'observer un pic d'activité au printemps concordant avec l'apparition des adultes hivernants puis un second pic d'activité en automne correspondant à la nouvelle génération issue des adultes hivernants. La phénologie observée coïncide donc avec les observations rapportées pour la Suisse.

Dégâts et moyens de lutte

Les cinq stades intervenant dans le développement de l'insecte peuvent causer des dégâts sur la plante hôte. Les dégâts sont provoqués par les piqûres de nutrition de l'insecte faisant intervenir des enzymes digestives (Haye et al., 2014b). Les adultes et les larves s'attaquent à la plupart des organes de la plante (tiges, feuilles, fruits, graines, bourgeons). Les piqûres provoquent l'avortement des bourgeons floraux ainsi que la chute des fruits. Sur les fruits et les graines on peut observer une décoloration ainsi qu'un changement de consistance et des tâches dans la chair (ANSES, 2014).

En 2010, des dégâts importants dans des vergers (pommes) situés dans la région du Mid-Atlantic (USA), ont engendré plus de \$ 37 millions de perte (Haye et al., 2014b). Jusqu'à présent, en Europe, les cas d'attaques restent isolés, toutefois des régions du nord de l'Italie ont subi d'importants dégâts en vergers (poires, pommes, pêches, prunes, abricots) durant l'année 2015 (Bariselli et al., 2016). En Suisse la première attaque officielle a été constatée en 2012 sur poivron, dans le canton d'Argovie (ANSES, 2014). En 2016, des dégâts ont également été relevés sur pommes et pêches dans le canton du Tessin (comm. pers., S. Fischer, 2016).

H. halys est bien établi en Suisse et il paraît difficile d'envisager une éradication des populations. La présence de foyers en ville limite toutes interventions chimiques. Des parasitoïdes du genre *Trissolcus* font actuellement l'objet de recherches aux USA. Ces auxiliaires naturellement présents dans les zones d'origine de *H. halys* démontrent une bonne efficacité et pourraient ainsi exercer un contrôle durable sur ce ravageur (ANSES, 2014).

Lien avec le réchauffement climatique

A Genève et dans le reste de la Suisse *H. halys* est uniquement univoltine. Le climat tempéré qui caractérise le territoire helvétique, limite le cycle biologique de cette punaise à une unique génération (ANSES, 2014). Actuellement, les premiers adultes correspondant à la génération hivernante apparaissent entre avril et mai. Les pontes tardives qui ont lieu à partir du mois d'août ne peuvent se développer, les températures étant trop basses (Haye et al., 2014b).

En Suisse, une augmentation des températures de l'ordre de 1,2 à 3°C est prévue d'ici 2060 (METEOSCHWEIZ, 2013). Cette hausse rapprocherait la région genevoise d'un climat de type méditerranéen, plus propice au développement de *H. halys* (Haye et al., 2014a). Sur la base des données climatiques disponibles entre 1961 et 1990 pour la station Genève-Cointrin (www.prevision-meteo.ch) et en considérant l'augmentation maximale des températures prévues pour 2060 dans l'ouest de la Suisse (CH2011), *H. halys* semblerait capable d'effectuer son développement complet en milieu rural sans toutefois pouvoir y effectuer une deuxième génération. Ainsi, les zones de production agricole situées à partir de la ceinture verte du canton de Genève pourraient être concernées par ce nuisible.

Un autre facteur peut également contribuer à l'expansion de cette punaise de la ville vers la campagne : un comportement lié aux activités anthropiques. Sa progression en zones rurales pourrait donc être plus rapide du fait de sa capacité à exploiter les habitations humaines lors de la mauvaise saison (Haye et al., 2014a).

Vulnérabilité du bassin genevois

Depuis sa première apparition à Genève (2013), *H. halys* semble principalement se cantonner à un environnement urbain. En 2015, des larves ont toutefois été observées à Perly, au sein d'une exploitation maraîchère, mais à ce jour, c'est le seul cas rapportant la présence de *H. halys* en dehors de la métropole genevoise. Ce constat est également observé dans tous les cantons concernés par *H. halys*. Les raisons de cette répartition ne sont pas encore claires, mais il est probable que les températures plus hautes qui règnent au sein des villes favoriseraient sa présence et son développement en milieu urbain (Haye et al., 2014a).

Selon une étude réalisée dans l'état du New Jersey (USA) en 2014, trois phases d'expansion peuvent être mise en évidence pour *H. halys*. La première phase dénommée « phase d'établissement initial » se caractérise par un développement faible et limité aux zones urbaines et résidentielles. La deuxième phase correspond à l'augmentation des populations et la colonisation de zones extérieures à la ville, le processus étant facilité par des situations intermédiaires agriculture/ville et par la dissémination d'individus via l'activité humaine. La troisième phase, se traduit par l'augmentation et le développement des populations sur l'ensemble du territoire, notamment au

sein des zones agricoles et urbaines. Ces résultats ont été obtenus suite aux observations effectuées en 2004, lors de la découverte des premières populations dans l'état du New Jersey (Wallner et al., 2014). L'étude en question s'est terminée en 2011 et a permis de mettre en évidence le processus d'expansion de *H. halys* sur un territoire donné.

Il est risqué de se baser sur ces observations pour prédire l'évolution de ce nuisible sur le territoire genevois, les conditions climatiques n'étant pas similaires. Sans le concours de l'activité humaine, les conditions actuelles présentes en milieu rural ne semblent pour l'instant pas adaptées au développement de *H. halys*, notamment lors de la phase d'hivernation. Une colonisation reste toutefois possible si l'on considère la faculté de *H. halys* à exploiter les sites d'hivernage tels que les habitations (Haye et al., 2014a), mais il est difficile de savoir si ces ressources seront suffisantes pour permettre une expansion importante au sein des zones agricoles situées en dehors des villes. Il reste toutefois probable que lors d'années particulièrement favorables, des populations puissent être localisées en périphérie de la ville, comme cela a été le cas en 2015 à Perly.

On notera également que le caractère hautement polyphage de *H. halys* (ANSES, 2014) lui permet de s'attaquer à de nombreuses plantes, tant au niveau des essences ornementales qu'au niveau des cultures vivrières. Dans ses zones d'origines, *H. halys* est répertorié sur un total de 106 plantes hôtes. En Suisse, 51 plantes de 32 familles différentes sont considérées comme plantes hôtes (Haye et al., 2014a). La disponibilité en ressources alimentaires n'est donc pas un facteur susceptible de limiter l'expansion de ce nuisible (ANSES, 2014). Par la diversité de ces cultures, Genève présente ainsi des conditions favorables au développement de *H. halys*.

2.4.2. *Nezara viridula*

Introduction

La punaise verte du soja (PVS), *Nezara viridula* (Hemiptera : Pentatomidae), est un ravageur mondial originaire du pourtour méditerranéen et/ou des régions éthiopiennes (Todd, 1989). Sa présence dans les pays d'Europe centrale est récente et semble avoir été initiée par la canicule de l'été 2003. En Suisse cette espèce est présente sur le plateau lémanique de manière sporadique depuis 2005 environ. A Genève, on peut aujourd'hui la trouver dans passablement de culture sous abri, en ville, dans les jardins privés, dans les couvre-sols (e.g. luzerne), etc. (Pétremand et al., 2015).



C'est une espèce très polyphage qui s'attaque autant à des cultures maraîchères (tomate, poivron, aubergine, concombre, etc.) qu'aux grandes cultures (soja, riz, etc.) ainsi que dans une moindre mesure à des cultures fruitières.

En Suisse, la PVS semble bien s'établir sur le pourtour lémanique et continuer sa progression vers le nord du plateau Suisse notamment à Zürich (Frey et al., 2016), Bâle (ville et campagne) sur *Buddleja* et *Catapla*, et à Delémont dans un champ de trèfle rouge (com. pers., Tim Haye, 2016). Au Tessin, la PVS est très abondante et bien établie depuis longtemps (mentionnée au 19ème siècle déjà).

Pour des informations sur la reconnaissance de l'espèce se référer à la fiche informative de reconnaissance en Annexes.

Biologie

La PVS peut avoir plus de quatre générations par année sous des climats chauds (Squitier, 2013). Sous notre latitude, elle ne parvient qu'à effectuer une seule génération par année, ce qui la rend moins dangereuse. La durée de son développement dure 23 jours à 30°C, 34 à 25°C et 58 à 20°C. Des températures basses ralentissent donc fortement son développement. L'hivernation se fait au stade adulte dans de la litière de feuilles, sous l'écorce des arbres ou ailleurs pour se protéger du froid. En Suisse l'hiver étant trop froid, *N. viridula* semble rechercher des abris plus chauds tels que des tunnels de production (p. ex. derrière les arceaux) ou à proximité des habitations. Après éclosion de l'œuf, la larve passe par cinq stades larvaires. Les stades 2 à 5 se nourrissent comme les adultes en piquant gousses, fruits, fleurs, etc. à l'aide de leurs parties buccales, de type piqueur-suceur appelées : rostre. Lors de l'insertion du rostre un fluide salivaire est injecté pour liquéfiée la nourriture qui est ensuite aspirée (Todd, 1989).

Dégâts et moyens de lutte

La PVS est reconnue comme étant très polyphage et parmi les espèces hôtes répertoriées, les légumineuses sont largement représentées. En production agricole se sont principalement les cultures légumières (aubergines, concombres, tomates, fraises, poivrons, haricots, etc.) et les grandes cultures (soja, riz, maïs, etc.) qui sont les plus touchées. Cependant, certaines cultures fruitières peuvent également être la cible de ce ravageur.

Les piqûres de cet insecte provoquent des déformations du fruit (ex : concombres), le dessèchement des boutons floraux (ex : aubergine), des ponctuations ou des taches brunes sur fruits (ex : tomates), etc. et peuvent donc causer d'importants dommages économiques à différentes cultures. A Genève, des dégâts importants ont déjà été enregistrés ces dernières années dans des cultures sous abris, principalement dans des cultures de concombres (Perly, Lully) où d'importantes quantités de fruits ont été déformées et l'exploitant contraint de traiter avec un insecticide à large spectre. Des dégâts ont également été enregistrés sur des cultures d'aubergines (à Yverdon, VD également) et en pleine air sur du soja (Genève, Nyon).

Aucun moyen de lutte ne permet de cibler ce ravageur de manière spécifique. La pose de filet *Insect proof* sur les ouvertures des tunnels semble apporter une bonne protection dans les cultures sous abris mais peut entraîner d'autres problèmes comme une mauvaise aération ou une barrière pour les auxiliaires naturels. Coûteux en main d'œuvre, la suppression manuelle des larves semble être efficace également comme mesure complémentaire. Des traitements chimiques peuvent être appliqués, en particulier un traitement préventif (désinfection) de la serre (parois, poteaux, etc.) avant la mise en place de la culture pour supprimer les adultes hivernants et un traitement en fin de culture (avant arrachage) pour atteindre un maximum d'individus et minimiser l'hivernation dans la serre (Trottin-Caudal, 2011). L'utilisation de produit à large spectre en cas d'infestations trop importantes est inévitable et malheureusement dommageable pour les agents de lutte biologique en place dans la culture (ex : *Macrolophus pigmaeus*). Deux auxiliaires (parasitoïdes) sont actuellement étudiés afin de pouvoir peut-être effectuer à l'avenir des lâchers dans les cultures : *Trissolcus basalis* (Hymenoptera) et *Trichopoda pennipes* (Diptera).

Lien avec le réchauffement climatique

La distribution actuelle de la PVS et son expansion vers le nord de l'Europe, semble être corrélée à l'augmentation des températures durant les deux dernières décennies et notamment suite à l'été caniculaire de 2003. En France elle semble progresser depuis le début des années 1990 (Ctifl, 2004). Au nord des Alpes, les températures lui permettent cependant d'effectuer qu'une seule génération par année. Dans des régions chaudes la PVS peut effectuer jusqu'à 4-5 générations par an. Le nombre de générations dépend bien évidemment des températures mais également de la disponibilité des plantes hôtes et des types de plante sur lesquels les individus se nourrissent (CABI, 2016). Une élévation moyenne des températures a donc une affluence certaine mais partielle sur l'augmentation du nombre de générations par année.

Vulnérabilité du bassin genevois

Le bassin genevois semble ces 10 dernières années de plus en plus touché par ce ravageur, spécifiquement dans les cultures sous abris. Un cas a aussi été mentionné en 2016 sur une culture de soja. Dans les jardins privés, les plants de haricots, de tomates, de concombres, etc., semblent spécifiquement touchés. Au CJB de Genève beaucoup d'individus ont été observés sur des haricots. La luzerne semble également être très appréciée par ce ravageur.

Dans l'optique d'un réchauffement climatique à l'horizon 2060 et selon le scénario préconisé par Minguely (2015), une comparaison peut-être faite avec la région des Alpes de Haute-Provence. Dans cette région aucun suivi standardisé n'a été mis en place au même titre que dans le reste du sud de la France. Selon les Bulletin de Santé du Végétale (BSV) Provence Alpes Côte d'Azur, la punaise verte semble être présente dans la quasi totalité des cultures sous-abris, en particulier dans les aubergines, les concombres et parfois dans les tomates. Elle peut causer des dégâts mais semble tout de même ne pas atteindre des seuils de populations problématiques pour justifier des interventions fréquentes.

Des observations ponctuelles dans les cultures dans le sud de la France de manière générale montrent qu'elle parvient à effectuer deux générations par année (Trottin-Caudal, 2011 ; Yannick Trottin-Caudal, comm. pers.) alors qu'à Genève une seule génération par année a été observée pour le moment. Avec un réchauffement de l'ordre de 2°C, il est plus que probable que *N. viridula* parviendra à boucler une deuxième génération dans le bassin genevois et a ainsi augmenter ses populations dans les cultures. Des dégâts de plus en plus importants sont à craindre durant ces prochaines décennies et les mesures de prophylaxie entreprises dès que la punaise est détectée dans une culture. Dans les cultures sous abris des filets peuvent être posés en prévention de l'infestation de la culture. Une colonisation des cultures en plein air (soja, haricots, etc.) est aussi à redouter si les hivers deviennent plus doux et les étés plus chauds favorisant son hivernation à l'extérieur dans des structures naturelles et une colonisation plus précoce et rapide des cultures extérieures.

2.4.3. *Tuta absoluta*

Introduction

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelichiidae), est un microlépidoptère originaire d'Amérique du Sud dont la chenille mineuse peut causer d'importants dégâts dans les productions de tomates comme cela a été le cas au Maroc notamment.



T. absoluta a été signalée pour la première fois en Europe (Espagne) en 2006, puis des foyers ont été détectés en Algérie, en France, en Italie et au Maroc en 2008 (Desneux et al., 2010). La première mention de dégâts causés en Suisse par cette espèce a été enregistrée au Tessin en 2009 (Fischer & Sauer, 2009). Suite à une forte expansion du ravageur en 2008 dans nos régions limitrophes, une campagne de piégeage a été effectuée en Suisse en 2009 et la plupart des régions investiguées ont montré sa présence : Genève, Valais, Tessin, mais aussi près du lac de Morat et du lac de Constance (Fischer & Sauer, 2009). Dans les années suivantes des dégâts relativement importants ont été signalés dans des serres des cantons de Genève, du Valais et du Tessin.

Biologie

La mineuse de la tomate se développe sur des Solanacées comme la pomme de terre, la tomate, l'aubergine ainsi que des espèces non-cultivée comme la morelle noire. Suivant le climat, la mineuse peut avoir jusqu'à 10-12 générations par année avec un cycle de développement pouvant durer environ 24 jours à 27 °C. La femelle pond isolément en moyenne 150 œufs (jusqu'à 260) desquels les larves émergent et pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits des plants de tomates où elles se nourrissent durant ses 4 stades larvaires. Puis une chrysalide est formée dans les galeries creusées dans la plante, à sa surface ou au sol. Les femelles adultes vivent entre 10 et 15 jours et les mâles seulement 6 ou 7 jours. La température d'activation de ce ravageur est de 9°C, mais supporte des températures inférieures. La question de sa résistance à des températures inférieures à 0°C reste irrésolue mais elle semble vraisemblablement survivre principalement à l'hiver dans des endroits chauffés, hors-gel (Bioactualités, 2013).

Dégâts et moyens de lutte

Les plantes cultivées attaquées par ce ravageur sont la tomate, l'aubergine et la pomme de terre (Tropea Garcia et al., 2012). En Europe les dégâts ont principalement été enregistrés sur tomate, sa plante favorite. De plus, les cultures en champ comme la pomme de terre ne lui sont pas favorable sous nos latitudes (hiver trop frais). Les symptômes sur tomates sont des galeries blanchâtres larges et arrondies sur les feuilles et des nécroses sur le calice des tomates ou des trous de sortie à la surface du fruit. Les attaques importantes peuvent menées à la mort de l'ensemble du feuillage, à la déformation de la plante (minage des tiges), à la dégradation des fruits (les rendant impropres à la vente) voire à la perte totale de la culture (Desneux et al., 2011).

Les moyens de lutte les plus efficaces à ce jour, sont en premier la pose de pièges Delta à phéromones pour détecter la présence de *T. absoluta*, puis des lâchers de *Macrolophus pygmaeus*. La suppression par combustion de la culture à la fin de la production, l'élimination progressive des feuilles et des tiges touchées, la pose de filets anti-insectes, l'élimination des adventices hôtes (ex. : morelle noire, *Datura* sp.), le piégeage massif avec phéromones, l'introduction de trichogrammes (*Trichogramma achaeae*) et bien sûr l'application de produits homologués sont tout autant de mesures à entreprendre pour lutter efficacement contre cette mineuse (FREDON, 2010).

Lien avec le réchauffement climatique

L'introduction de la mineuse de la tomate en Europe et son expansion sur le pourtour méditerranéen et dans notre pays n'est en aucun cas reliée à une augmentation des températures

mais à une introduction via l'importation de fruits ou des plantes infectées (Tropea Garcia et al., 2012). C'est par ce même procédé que l'espèce s'est rapidement répandue jusqu'en Suisse et en son sein. Cependant, une augmentation des températures peut accroître rapidement le nombre de générations annuelles de la mineuse, améliorer ses conditions d'hivernation et conséquemment engendrer des dommages importants aux cultures dans le futur.

Vulnérabilité du bassin genevois

Sur le canton de Genève, des individus ont donc été piégés en 2015 et 2016 alors qu'aucune capture n'avait eu lieu en 2014. En 2016 on constate de plus en plus d'individus par rapport à 2015 sur l'ensemble de la saison estivale. Cependant, les dégâts sous serre sont minimes selon les producteurs et contrôlés par les *Macrolophus*. Est-ce que d'année en année le nombre d'individus collectés pourrait continuer à augmenter, l'espèce s'adaptant aux conditions climatiques et trouvant refuge pour passer l'hiver ? L'année dernière (2015), en France voisine, une culture de tomates sous serre a été complètement infestée en fin de saison (septembre).

Selon Fischer & Enz (2013), les cultures de tomates en pleine terre sous abris ne sont pas sujettes aux attaques de *T. absoluta* car le cycle de culture de ces plants de tomate (plantation tardive) n'est pas synchronisé avec l'apparition de ce ravageur. Dans les productions hors-sol, le risque d'infestation est plus élevé car la culture de tomates est presque continue tout au long de l'année. Toutefois l'absence actuelle de dommages par *T. absoluta* en production hors-sol s'expliquerait par un contrôle efficace de *Macrolophus pigmaeus*, agent de lutte biologique utilisé dans les serres contre les mouches blanches et les acariens. De plus, grâce à des hivers trop froids sur Genève, *T. absoluta* ne semble pas être en mesure de développer des populations importantes.

Dans la perspective d'une augmentation importante des températures, le bassin genevois ne devrait pas voir sa vulnérabilité augmentée face à ce ravageur car dans le bassin méditerranéen où règnent des conditions climatiques bien plus chaudes que celles prédites à Genève à l'horizon 2060, les populations de ce ravageur demeurent faibles grâce aux mesures appliquées (Urbaneja et al., 2012). Ceci, bien entendu, si les mesures phytosanitaires appliquées aujourd'hui dans les cultures genevoises et les modes d'entretien restent relativement inchangés dans le futur. Selon les BSV Provence Alpes Côte d'Azur, la pression exercée par la mineuse de la tomate reste souvent faible voire parfois moyenne (10-20 % de plants présentant des galeries). Le potentiel de dégâts de *T. absoluta* causé par une infestation importante reste évidemment élevé, en particulier dans des cultures sous tunnel où une lutte biologique n'est pas entreprise. En effet l'utilisation de prédateurs et de parasitoïdes semble être le meilleur moyen de lutter efficacement sans produits de synthèse contre la mineuse de la tomate (Urbaneja et al., 2012).

2.5. BILAN DES ANNEES 2014-2016

La mise en place de ce projet pilote en 2014 a tout d'abord nécessité une prise de contact entre différents intervenants impliqués dans le projet qui ont été les exploitants agricoles, la direction générale de l'agriculture, la station viticole du canton de Genève, les groupements horticoles ainsi que des collaborateurs d'Agroscope Changins (Station ACW). Ces intervenants ont accueilli favorablement le projet et ont sans hésitation accepté de collaborer. Cet investissement commun a permis de mettre en œuvre, selon l'échéancier du projet, les trois premières étapes de travail à savoir : 1) l'identification des ravageurs et des cultures qui ont fait l'objet d'une surveillance dans le canton de Genève ; 2) la mise en place des réseaux de surveillance de ces ravageurs et cultures et 3) la mise au point de méthodes de détection efficaces de ces ravageurs.

En 2015, le suivi des ravageurs a pu être poursuivi mais avec certaines modifications afin de tenter d'améliorer la détection de certains organismes. Cependant, les résultats ne sont pas concluants et démontrent la difficulté de suivre des organismes non répertoriés sur le territoire et pour lesquels les méthodes de monitoring ne sont pas nécessairement au point ou facilement disponibles. Le réseau a également été étayé par l'ajout du suivi de la zeuzère du poirier ainsi que par des tests de prédation effectués sur la punaise marbrée et la punaise verte du soja. Il a également permis de révéler la présence d'un nouveau parasitoïde de *Nezara viridula* au nord des Alpes en Suisse : *Trichopoda pennipes* (Pétremand et al., 2016).

En 2016, le suivi des ravageurs émergents a été poursuivi avec l'utilisation de nouveaux pièges pour certaines espèces cibles. Pour les deux punaises, le nouveau piège contenant une phéromone différente que celle utilisée en 2015 a montré des résultats concluants. De même, l'ajout d'un site supplémentaire est venu confirmer une présence importante de la punaise marbrée qui, pour le moment, reste confiner principalement en milieu urbain. Egalement en 2016, un autre organisme a été ajouté à la liste initiale des ravageurs ciblés: *S. titanus*. La présence plus importante de *S. titanus* en 2016 en comparaison avec des relevés antérieurs (2007) a pu être mise en évidence. Cette année a aussi permis de tester une méthode de détection participative qui malheureusement, s'est révélée non fructueuse pour la punaise marbrée. Le non-retour des agriculteurs suite à cette démarche participative peut s'expliquer soit par le manque de temps de ces derniers en période de production, soit par l'absence effective de ces punaises dans leur culture. Pour la punaise verte, la diffusion des fiches a permis de mettre en évidence un foyer dans une culture de soja et de faire un état des lieux de la présence de l'espèce dans les cultures sous abri en collaboration avec l'OTM.

En termes de valorisation, une fiche technique et un article descriptif sur la zeuzère du poirier ainsi qu'un article scientifique (et un poster, journée SES, mars 2016, en Annexes) sur le parasitoïde *T. pennipes* ont pu être publiés en 2015. En 2016, des fiches ont été réalisées sur les deux punaises pour permettre leur détection par les producteurs (Annexes). Un poster a aussi été présenté par Serge Fischer à la Journée Biocontrôle des Fruits et Légumes à Balandran (Ctifl) en 2015 (Annexes). Plusieurs projets de valorisation sont également en cours.

2.6. PERSPECTIVES ET BESOIN POUR LA SUITE

Ce projet va donné suite cette année notamment à la réalisation de projets de Bachelor et de Master. Un des projets portera sur le suivi d'*H. halys* le long d'un gradient ville-campagne et sur l'effet de vagues de chaleur sur son développement (L. Vorpe, Master of Life Sciences, coordination : S. Rochefort, hepia et Dominique Fleury, DGAN). L'autre projet sera réalisé dans le cadre d'une thèse de Bachelor et portera sur les facteurs influençant l'occurrence du vecteur de la Flavescence dorée, *Scaphoideus titanus*.

Au niveau recherche, un projet FNS a été déposé par F. Lefort et S. Rochefort le 3 octobre 2016 sous le titre « Study of Flavescence dorée – host - environment interactions in the Geneva Lake area, in Switzerland, using New Generation Sequencing », avec P. Kerli et M. Jermini comme partenaires. Egalement, un projet européen H2020 est en voie d'élaboration par F. Lefort avec un réseau de chercheurs européens et sera déposé le 14 février 2017 sous le titre (provisoire) : « Research and approaches of phytoplasma management in Europe ».

Pour la suite du projet, nous aimerions également pouvoir diffuser nos résultats à différentes associations professionnelles du canton de Genève en participant à leur journée technique. Il est également envisagé de rédiger des articles de vulgarisation dans différentes revues (ex. : Le Maraîcher, Horticulture Romande, Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture).

Nous envisageons également de réaliser des fiches techniques sur les espèces à surveiller qui seraient destinées à un plus large public (agriculteurs, horticulteurs, écoles professionnelles, sociétés d'horticulture, pépiniéristes, etc.) afin d'obtenir, selon une approche participative, des données sur les principales espèces invasives (punaise marbrée et punaise verte), susceptibles d'engendrer des dommages importants au secteur agricole dans les années à venir.

Il serait aussi primordial de pouvoir poursuivre le monitoring de ces espèces dans le futur. La détection précoce et le monitoring permettent de suivre l'évolution du ravageur et ainsi de pouvoir anticiper les dommages potentiels. Les moyens de lutte à disposition pour ces ravageurs émergents étant plutôt inexistant, la prévention demeure donc la clé et actuellement le seul moyen d'anticipation pour les agriculteurs.

2.7. REFERENCES

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2014. *Analyse de risque phytosanitaire express Halyomorpha Halys – la punaise diabolique*, 79 p.
- Agripest, n. d. *Tuta absoluta*, information network. Disponible sur: <http://www.tutaabsoluta.fr/tuta-absoluta> (Consulté le 26 octobre 2016).
- Bariselli, M., Bugiani, R., & Maistrell, L., 2016. Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy, *Bulletin OEPP/EPPO*, 3 p.
- Bioactualités, 2013. Un nouveau ravageur des tomates est là: *Tuta absoluta*. Disponible sur : <http://www.bioactualites.ch/fr/sol-sain-plantes-saines/maraichage-bio/protection-des-plantes/tuta-absoluta.html> (Consulté le 26 octobre 2016).
- CABI, 2016. *Nezara viridula* (green stink bug). Disponible sur: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/36282> (Consulté le 23 octobre 2016).
- Dellinger, T., Day, R., & Pfeiffer, D., 2016. Brown marmorated stink bug in the Mid-Atlantic States: assessing grower perceptions, economic impact, and progress. *Journal of extension* 54, 8 p.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A., ... & Pizzol, J., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83(3), 197-215.
- Desneux, N., Luna, M. G., Guillemaud, T., & Urbaneja, A., 2011. The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science* 84(4), 403-408.
- Douzon G., 2007. La suie de l'érable : un bon indicateur d'été chaud. DSF Nord-Ouest. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Paris 2 p.
- Fischer, S., & Sauer, C., 2009. La teigne de la tomate (*Tuta absoluta*). *Infos Cultures maraîchères* 29, 4p.
- Fischer, S., & Enz, C., 2013. La teigne de la tomate: chronique d'une catastrophe évitée. Communiqué de presse 29.07.2013, Agroscope Changins-Wädenswil, 3p.
- FREDON, 2010. *Tuta absoluta* – mineuse de la tomate. Disponible sur : <http://www.fredon-corse.com/exec/link/library/download.htm?site=fr&objectId=1327> (consulté le 26 octobre 2016).
- Frey, D., Zanetta, A., Moretti, M., & Heckmann, R., 2016. First records of *Chlamydatus saltitans* (Fallén, 1807) and *Tupiocoris rhododendri* (Dolling, 1972) (Heteroptera, Miridae) and notes on other rare and alien true bugs in Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft* 89, 51-68.
- Garsault, J.F., 1991. La maladie de la suie. La santé des forêts (France) en 1990. Ministère de l'agriculture et de la forêt. Paris.
- Haye, T., Abdallah, S., Gariépy, T., & Wyniger, D., 2014a. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of pest science*, 12 p.
- Haye, T., Wyniger, D., & Gariépy, T., 2014b. Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe. *Proceedings of the eighth international conference on urban pests*, 310-314.

- Milonas, P.G., & Partsinevelos, G.K., 2014. First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece. *Bulletin OEPP/EOPPO* 44, 183-186.
- Minguley, C., 2015. *Evaluation du risque représenté par la Zeuzère du poirier, Zeuzera pyrina L., pour la végétation arborée en Suisse romande*. Thèse de Bachelor, hépia, 147 p. Non publié.
- OEPP, 2005. *Tuta absoluta*. *Bulletin OEPP/EOPPO* 35, 434-435.
- Pétremand, G., Rochefort, S., Jaccard, G., & Fischer, S., 2015. First detection of the southern green stink bug parasitoid *Trichopoda pennipes* (Fabr.) (Diptera: Tachinidae) in Western Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft* 88, 403-409.
- Squitier, J.M., 2013. Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* (Linnaeus) (Insecta: Hemiptera: Pentatomidae). UF/IFAS Extension. Université de Floride.
Disponible sur:
http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/bean/southern_green_stink_bug.htm
(Consulté le 22 octobre 2016).
- Todd, J.W., 1989. Ecology and behaviour of *Nezara viridula*. *Annual Review of Entomology* 34(1), 273–292.
- Trottin-Caudal, Y. (Ed.), 2011. *Maîtrise de la protection intégrée: tomate sous serre et abris*. CTIFL. Paris, 282 pp.
- Tropea Garzia, G., Siscaro, G., Biondi, A., & Zappalà, L., 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. *EPPO bulletin*, 42(2), 205-210.
- 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(9), 1215-1222.
- Wallner, M., Hamilton, G., Nielson, A., Hahn, N., Green, E., & Rodriguez-Saona, C., 2014. Landscape Factors facilitating the invasive dynamics and distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), after arrival in the United States. *PLOS ONE* 9, 12 p.



3. Suivi des adventices

Auteur :

Nicolas Delabays, professeur HES, hepia

3.1. INTRODUCTION

La littérature consacrée aux effets du réchauffement climatique sur la répartition géographique, le développement et la pression exercée par les adventices des cultures est encore, relativement à celle dévolue aux maladies et aux ravageurs, peu abondante, mais néanmoins en constante augmentation (Paterson *et al.*, 1999; Wang & Mohan, 2008 ; Ziska & Duke, 2010; Clements & Ditommaso, 2012; Peters *et al.*, 2014 ; Kathiresan & Gualbert, 2016, Korres *et al.*, 2016). L'application de modèles climatiques a été proposée, avec une estimation des impacts prévisibles sur le développement et la répartition d'une série d'espèces végétales (Jarnevich *et al.* 2010), notamment pour l'Europe (Hyvönen *et al.*, 2012). Certaines études appliquent ces modèles à des espèces particulières, comme l'ambrosie par exemple (Cunze *et al.*, 2013; Storkey *et al.*, 2014). D'autres présentent des évolutions de répartitions géographiques en intégrant des résultats d'observations historiques sur le terrain avec des données climatiques, à l'image de l'étude réalisée par D'Andrea *et al.* (2009) sur la laitue (*Lactuca serriola*). D'autres encore appliquent expérimentalement des conditions climatiques déterminées (températures, précipitations, ...) et mesurent leurs effets sur le développement d'espèces particulières, tel le chardon penché (*Carduus nutans*) (Zhang *et al.*, 2011) ou encore l'abutilon (*Abutilon theophrasti*) et le datura (*Datura stramonium*) (Edler *et al.*, 2015).

Pour les adventices des cultures, il est probable que les impacts directs associés aux changements climatiques, notamment en ce qui concerne les températures et les précipitations, soient moindres comparativement à d'autres facteurs d'évolution, notamment ceux liés aux pratiques agricoles (abandon du labour, stratégies de désherbage, développement de résistances) ou aux transports et aux échanges commerciaux. Néanmoins, certaines modifications de pratiques agricoles, comme par exemple les rotations de cultures, le choix des variétés ou encore les périodes de semis et de récolte, peuvent elles-mêmes découler de l'évolution du contexte climatique; ce dernier pouvant donc ainsi, indirectement, impacter la composition de la flore adventice (Peters *et al.*, 2014). Enfin, les effets potentiels liés à l'augmentation de CO₂ atmosphérique méritent certainement une attention particulière en malherbologie, tant au niveau de la compétition entre adventices et plantes cultivées (Barnaby & Ziska, 2012), qu'en lien avec l'efficacité des herbicides (Ziska, 2016).

En résumé, globalement, les effets suivants des changements du climat sur les adventices peuvent être envisagés:

- modification de l'aire de répartition,
- modification de la dynamique des populations (périodes de germination et d'émergence, production de semences, survie hivernale),
- modification de la nuisibilité et de la période critique (pouvoir de compétition interspécifique),
- modification de l'efficacité des herbicides.

Ces transformations de la flore spontanée des cultures, y compris donc celles directement ou indirectement attribuables aux changements climatiques, ne se résumeront pas à l'émergence de nouvelles espèces. Elles pourront parfaitement concerner des espèces déjà présentes, en fonction de leur biologie et de leur capacité évolutive. Mais il est évident que pour des espèces actuellement absentes, ou rares, ces évolutions seront plus aisément observables. C'est bien sur ce type d'espèces que nous avons centré le protocole de surveillance mis en œuvre durant la période du projet (2014 – 2016).

3.2. OPTIMISATION DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE EXISTANTS

Comme prévu, le volet «adventices» de notre projet s'est inscrit dans une approche très pragmatique: concrètement, nous avons visé à optimiser les réseaux de surveillance déjà appliqués sur le territoire cantonal genevois. Lors de l'initiation du projet, à Genève, le secteur phytosanitaire de la Direction générale de l'agriculture assurait déjà un suivi ciblé de 2 espèces d'adventices des cultures: l'ambrosie (*Artemisia artemisiifolia*) et le souchet comestible (*Cyperus esculentus*).

En Suisse, l'ambrosie est, *de facto*, un "organisme de quarantaine"; car elle figure dans une annexe de l'Ordonnance sur la protection des végétaux (OPV). A ce titre, l'espèce fait l'objet à Genève, depuis 2010, d'un plan d'action cantonale spécifique (Delabays & de Montmollin, 2015), qui inclut notamment un monitoring annuel des cultures de tournesol durant les mois de mai et juin. Quant au souchet comestible, le risque qu'il représente, notamment pour les cultures maraîchères, a justifié la mise œuvre sur notre canton d'un plan de surveillance spécifique dès 2014.

Concrètement, une bonne part de ces monitorings sont réalisés par des collaborateurs ne disposant pas d'une formation approfondie, et donc de compétences particulières, en botanique; il s'agit principalement de civilistes. L'objectif d'optimisation a consisté à intégrer à ces 2 programmes de surveillance des observations ciblées sur une série d'espèces susceptibles de connaître, dans les cultures concernées par ces monitorings, un développement ces prochaines années, éventuellement en lien avec les changements climatiques. Une telle sélection, en partie arbitraire, a cependant permis d'assurer une formation ciblée des observateurs.

3.3. PROTOCOLE

3.3.1. Choix des espèces suivies

Outre les quelques données issues de la littérature (*cf.* Introduction), les critères, empiriques, retenus pour le choix des espèces ajoutées à nos monitorings sont les suivants: adventices estivales susceptibles d'être aisément repérées dans les cultures de légumes et de tournesol; forte nuisibilité potentielle; espèces rares ou absentes du territoire genevois, mais présentes et en augmentation dans les zones limitrophes (Tessin, Sud de la France ou de l'Europe); origine méditerranéenne ou subtropicale.

Abutilon de Théophraste (Abutilon theophrasti)

Cette espèce de la famille des Malvacées, d'origine asiatique, mais présente en Europe méridionale et dans la partie sud de la France, est sporadiquement observée en Suisse depuis quelques années dans les cultures d'été. Jamais mentionnée sur Genève à ce jour, elle figure depuis 2014 sur la liste noire des espèces exotiques envahissantes indésirables. Pour l'agriculture, il s'agit incontestablement d'une mauvaise herbe potentiellement très nuisible (Spencer, 1984), notamment dans les cultures de printemps (tournesol, maïs, soja, betterave, etc.). Son extension au nord, bien documentée en Amérique du Nord, pourrait résulter en partie d'une adaptation évolutive aux changements climatiques (Clements & DiTommaso, 2012 ; Edler *et al.*, 2015).

Ambroisie à feuille d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)

Cette espèce exotique de la famille des Composées est en forte augmentation en Suisse (Genève et Tessin, notamment) depuis le début des années 2000 (Delabays *et al.*, 2005). Redoutable adventice des cultures de tournesol, elle fait depuis plusieurs années l'objet d'un suivi régulier sur le Canton de Genève (Delabays & de Montmollin, 2015). Selon certains auteurs, le réchauffement climatique pourrait favoriser son extension en Europe (Cunze *et al.*, 2013; Storkey *et al.*, 2014).

Bident (*Bidens* sp.)

Plusieurs espèces de bidents (des Composées également) sont susceptibles de se trouver dans les cultures d'été. Sur Genève, c'est principalement le bident à trois divisions (*Bidens tripartita*) qui est présent. L'espèce reste cependant peu fréquente actuellement, mais est sporadiquement mentionnée par les conseillers techniques actifs sur le canton; il peut donc s'avérer intéressant de suivre son évolution ces prochaines années. Parallèlement, une vigilance sera portée sur le bident bipenné (*B. bipennata*) et le bident à folioles subalternes (*S. subalternans*), 2 adventices encore non mentionnées à Genève et caractérisées par une valeur écologique (Landolt) de température élevée (4⁺). Enfin, nous observerons la présence éventuelle du bident feuillu (*B. frondosa*), une espèce exotique susceptible de rentrer en compétition avec l'espèce indigène *B. tripartita*. A noter que ces espèces sont relativement aisées à détecter dans les champs de tournesol.

Souchet comestible (*Cyperus esculentus*)

La sous-espèce adventice (*ss. aurea*) de cette plante de la famille des Cypéracées est considérée comme une des pires mauvaises herbes du monde (Holm *et al.*; 1977). Originaire des régions subtropicales, elle est mentionnée comme adventice en Suisse à partir de la fin des années 1980, d'abord au Tessin, puis dans les cantons de Berne et de Zurich. Elle est rapportée comme une adventice importante dans les Chablais vaudois et valaisan dès 1998, puis dans la plaine de l'Orbe depuis 2004. Elle a aujourd'hui été observée dans plusieurs autres cantons (FR, TG, ZG, LU), mais pas encore à Genève (Bohren & Wirth, 2013). Bien que de vives discussions aient eu lieu entre la Confédération et les cantons ces derniers mois, aucune législation spécifique n'a été adoptée concernant cette espèce. Le canton de Genève a néanmoins décidé, pour cette espèce, la mise en œuvre d'un plan de surveillance spécifique des cultures maraîchères (Delabays & de Montmollin, 2015).

Stramoine (*Datura stramonium*)

Cette espèce adventice des cultures estivales, une Solanacée probablement originaire d'Amérique centrale, est assez abondante dans le sud-ouest de la France. Présente en Suisse, et notamment à Genève, elle reste néanmoins relativement rare en parcelles cultivées. Quelques données expérimentales indiquent qu'elle pourrait profiter d'une augmentation de la température et de conditions estivales plus sèches (Edler *et al.*, 2015). Aisément repérable en cultures d'été (tournesol, maïs, soja,...), il est intéressant de préciser sa répartition actuelle, afin de pouvoir documenter son évolution éventuelle dans le futur.

Eleusine des Indes (*Eleusine indica*)

Graminée adventice figurant parmi les mauvaises herbes les plus redoutées au monde (Holm *et al.*; 1977), cette espèce d'origine tropicale et encore très rare en Suisse. Mentionnée principalement au Tessin, elle a été sporadiquement observée dans le canton de Vaud. Jamais rapportée à Genève, son

origine et ses facteurs écologiques (5 pour la température) en font assurément une espèce susceptible de bénéficier d'un réchauffement climatique dans notre région.

Morelle à feuilles de chalef (*Solanum elaeagnifolium*)

Originnaire du Mexique, cette Solanacée figure aujourd'hui sur les listes (A2) de l'OEPP. En recrudescence dans les régions méditerranéennes (Uludag et al., 2016), elle est présente notamment en Italie et dans le sud de la France (OEPP, 2007); les conditions climatiques étant actuellement considérées comme le principal facteur limitant son extension. Non encore mentionnée en Suisse - à l'exception d'un exemplaire d'herbier datant de 1953 (VS) -, la vallée du Rhône pourrait constituer une voie d'entrée de l'espèce en Suisse.

Sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*)

Considérée comme indigène dans le sud-est méditerranéen, cette graminée est aujourd'hui une espèce adventice importante des cultures d'été dans le sud et l'ouest de la France. Plus généralement, la plante est en extension en Europe centrale, en particulier en Autriche (Follack & Essl, 2012). Présente en Suisse (Tessin et plateau), notamment à Genève, elle reste relativement rare et une description précise de sa répartition actuelle permettra de documenter son évolution dans le futur.

Concombre anguleux (*Sicyos angulatus*)

Espèce originaire d'Amérique du Nord, cette Cucurbitacée est devenue récemment une plante adventice agressive en Espagne et dans le sud de la France (EPPO, 2010), notamment dans la vallée du Rhône. Mentionnée récemment au Tessin, elle n'a encore jamais été observée à Genève.

Lampourdes (*Xanthium* sp.)

Composée d'origine méditerranéenne, la lampourde ordinaire (*X. strumarium*) est une importante espèce adventice des cultures du sud de la France. Très rare en Suisse, à l'instar des lampourdes d'Italie (*X. italicum*) et d'Orient (*X. orientalis*), elle a néanmoins déjà été sporadiquement observée à Genève et dans canton de Vaud, dans des cultures d'été (tournesol, notamment).

3.3.2. Relevés 2014 - 2016

Cultures de tournesol

Entre le 22 mai et le 6 août 2014, un total de 76 parcelles¹ cultivées en tournesol, réparties sur 24 communes du canton de Genève, ont été visitées afin de vérifier la présence d'ambrosie et des 9 autres espèces d'adventices retenues dans notre programme de surveillance.

En 2015, toujours en cultures de tournesol, les observations ont été effectuées, sur les mêmes espèces d'adventices, sur 62 parcelles cadastrées, réparties sur 17 communes, entre le 13 mai et le 8 juin.

Enfin, en 2016, ce sont 91 parcelles de tournesol qui ont été observées entre le 24 mai et le 27 juillet, réparties sur 19 communes du canton.

Toutes les observations se limitent aux bordures du champ² dans une bande de 5 à 8 m. (max. 10 m.) de large, en fonction du développement de la culture.

¹ Est comptabilisé comme "parcelle" un champ cultivé d'un seul tenant. Cela correspond la plupart du temps à une parcelle cadastrale, mais certains champs s'étendent parfois sur plusieurs de ces parcelles. Parallèlement, lorsqu'une zone d'infestation s'étend sur plusieurs champs adjacents, elle est décomposée en autant de foyers répertoriés individuellement. L'idée est que l'exploitant d'un champ soit systématiquement informé de l'infestation qui le concerne (Delabays & de Montmollin, 2015).

Les observations ont été réalisées en partie par le soussigné³, mais en majorité par des civilistes formés spécifiquement à la reconnaissance des 10 espèces retenues pour le monitoring.

En 2015 et 2016, la durée nécessaire au civiliste pour ces observations a été chronométrée pour respectivement 45 (2015) et 76 (2016) parcelles. En 2016, sur 10 de ces 76 parcelles, une mesure du temps requis par un botaniste confirmé pour effectuer un inventaire complet de la végétation adventice (dans la même zone considérée, soit dans la bordure de 8-10 de large) a été réalisée en parallèle.

Cultures maraîchères

En juin 2014, 20 parcelles du cadastre genevois, réparties sur 6 communes, et cultivées en légumes, ont été visitées, afin de vérifier la présence de souchet comestible et des 9 autres espèces d'adventices retenues dans notre programme de surveillance.

En juin 2015, ce sont 19 parcelles du cadastre genevois, réparties sur 5 communes, et cultivées en légumes sur lesquelles le programme de surveillance a été appliqué.

Enfin, entre juin et septembre 2016, l'observation a porté sur 26 parcelles maraîchères, réparties sur 6 communes.

Ces observations, effectuées par le soussigné (souvent accompagné, en 2016, par l'ancien responsable de la Station phytosanitaire cantonale) portent sur l'ensemble de la surface des parcelles (cadastrales), souvent cultivées avec plusieurs espèces de légumes en parallèle.

² L'expérience montre que la quasi totalité des foyers d'ambrosies en parcelles cultivées inclut les bordures de la parcelle; ils y sont même le plus souvent cantonnés.

³ En tant que responsable de la Station phytosanitaire cantonale en 2014 et 2015, puis comme professeur de Biologie végétale dans la filière Agronomie de Hepia, en 2016

3.4. RESULTATS ET DISCUSSION

3.4.1. Espèces observées

Le tableau 1 synthétise les résultats des observations effectuées en 2014, 2015 et 2016

Tableau 1. Nombre d'occurrences (%), entre 2014 et 2016, des 10 espèces d'adventices sélectionnées, dans des parcelles du cadastre genevois cultivées en tournesol ou en cultures maraîchères.

Cultures	Tournesol			Maraîchères			Total
	2014 (n* = 76)	2015 (n = 62)	2016 (n = 91)	2014 (n = 20)	2015 (n = 19)	2016 (n = 26)	
<i>Abutilon theophrasti</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	11 (14,7)	3 (4,8)	9 (9,9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	23 (7,8)
<i>Bidens sp.</i>	10 (13,6)	0 (0)	1 (1,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Cyperus esculentus</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (3,8)	1 (0,3)
<i>Datura stramonium</i>	2 (2,6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5,2)	1 (3,8)	4 (1,4)
<i>Eleusine indica</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Sorghum helapense</i>	0 (0)	1 (1,6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0,3)
<i>Sicyos angulatus</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Xanthium sp.</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

* Pour les cultures de tournesol, n correspond au nombre de champs observés, cultivés d'un seul tenant: ceux-ci s'étendent souvent, à Genève, sur plusieurs parcelles cadastrales. Pour les cultures maraîchères, n correspond aux parcelles cadastrales, avec généralement plusieurs légumes différents cultivés en parallèle.

Au total, sur les 3 ans d'observations, portant sur près de 300 parcelles, 5 espèces, parmi les 10 adventices sélectionnées, ont donc été répertoriées: l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), le bident (*Bidens tripartita*), le datura (*Datura stamonium*), le sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*) et le souchet (*Cyperus esculentus*).

Pour le souchet (*C. esculentus*), il s'agit de la première mention sur le territoire genevois de cette espèce figurant par ailleurs de la liste noire des espèces indésirables en Suisse. Les 4 autres espèces (*A. artemisiifolia*, *B. tripartita*, *D. stamonium*, *S. halepense*) avaient déjà été mentionnées à Genève, mais ces résultats donnent une première indication sur leur répartition réelle et actuelle sur notre territoire agricole.

La seule espèce pour laquelle nous disposons de données historiques un peu précises est l'ambrosie. Pour cette espèce, les taux d'infestation observés ces 3 dernières années semblent indiquer une stabilisation des infestations par rapport aux premiers inventaires effectués au début des années 2000 (Delabays & de Montmolin, 2015). Ce point est discuté plus en détails au paragraphe 2.2.5.

Un genre déjà (sporadiquement) rapportées sur Genève, celui des lampourdes (*Xanthium sp.*), n'a pas été observé dans le cadre de nos monitorings. Enfin, aucune des 4 autres espèces de la liste n'ayant encore jamais été mentionnées à Genève jusqu'à ce jour - *Abutilon theophrasti*, *Eleusine indica*, *Solanum elaeagnifolium*, *Sicyos angulatus* - n'ont été observées.

3.4.2. Autres espèces

Comme mentionné précédemment, la sélection d'une dizaine d'espèces pour l'optimisation des monitorings « Ambroisie » et « Souchet » était justifiée par le fait qu'une bonne part des observations de terrain sont effectuées par un civiliste, un intervenant qu'il s'agit donc de former d'une manière ciblée durant une période limitée. Néanmoins, dans le cadre du programme, un certain nombre de parcelles ont été observées par le soussigné, en particulier l'ensemble des cultures maraîchères. A cette occasion, d'autres espèces « inattendues » ont été observées, en particulier 2 foyers de topinambour (*Helianthus tuberosum*)⁴ et un foyer de souchet odorant (*Cyperus longus*).

3.4.3. Durée des relevés

Afin de pouvoir, le cas échéant, optimiser le protocole d'observation, le temps requis pour sa réalisation a été mesuré lors de certains relevés. En 2015, des chronométrages ont ainsi été effectués lors de 45 relevés réalisés par le civiliste en cultures de tournesol, des champs présentant des surfaces et des situations malherbologiques très variables; ces chronométrages indiquent un temps moyen par parcelle de 41 minutes (min. 20 minutes, max. 90 minutes). En 2016, 79 chronométrages ont été réalisés avec le civiliste; l'observation d'un champ de tournesol lui a pris en moyenne 23 minutes (min. 4 min; max. 35 min). A titre de comparaison, un relevé complet de la végétation spontanée d'un champ de tournesol (selon le protocole décrit ci-dessus, soit l'observation de la bordure sur une largeur de 8-10 m), effectué par un botaniste confirmé, avec estimation visuelle de l'abondance des espèces inventoriées (Barralis, 1976), a nécessité en moyenne une trentaine de minutes.

3.4.4. Discussion du protocole appliqué

Concernant le choix des espèces ciblées, il est évident que d'autres espèces, rares ou absentes à Genève, auraient pu être ajoutées à notre liste: *Helianthus tuberosum*, *Iva xanthiifolia*, *Polygonum perfoliatum*,... C'est le cas en particulier de certaines adventices possiblement en recrudescence dans la vallée du Rhône française, comme par exemple *Aegilops sp.*, *Artemisa verlotorium*, *Chondrilla juncea* (une espèce indigène chez nous, mais rare, et figurant sur la liste rouge), *Cynodon dactylon*, *Lolium rigidum*,... Un tel élargissement aurait cependant rendu difficile la participation aux monitorings des civilistes: ces derniers étant *a priori* peu formés en reconnaissance botanique, notamment pour des adventices au stade de plantules. Ainsi, la sélection d'espèces a permis de cibler les observations, de faciliter la formation des observateurs et de raccourcir la visite des cultures (et donc d'augmenter le nombre de parcelles observées). Cependant, une personne bénéficiant de très bonnes compétences botaniques (reconnaissance, à un stade précoce, de la flore adventice des cultures concernées) serait parfaitement à même de réaliser un tel monitoring, avec estimation de l'abondance de l'ensemble des espèces présentes, en incluant toutes les plantes rares, nouvelles ou inattendues, et ceci pour un investissement en temps comparable; mais évidemment à un coût nettement plus élevé.

⁴ Lors de l'établissement de la liste des espèces à observer pour notre projet d'optimisation des monitorings, différents experts et collègues avaient été sollicités. Dans ce cadre, Mme Catherine Lambelet, conservatrice au Jardin et conservatoire botaniques de la Ville de Genève, avait proposé d'inclure *Helianthus tuberosum*; une espèce qui n'avait finalement pas été retenue.

3.4.5. Le cas de l'ambroisie

Le cas de l'ambroisie mérite une discussion un peu plus développée; en effet, pour cette espèce, nous disposons de résultats rassemblés depuis une quinzaine d'années. Ce recul, et les évaluations qu'il permet, illustrent ce qui pourra potentiellement être appliqué, dans une dizaine d'années, aux espèces sélectionnées dans le cadre de ce projet.

La figure 1 montre l'évolution du nombre de champs cultivés avec de l'ambroisie, répertoriés sur le canton de Genève depuis 1999.

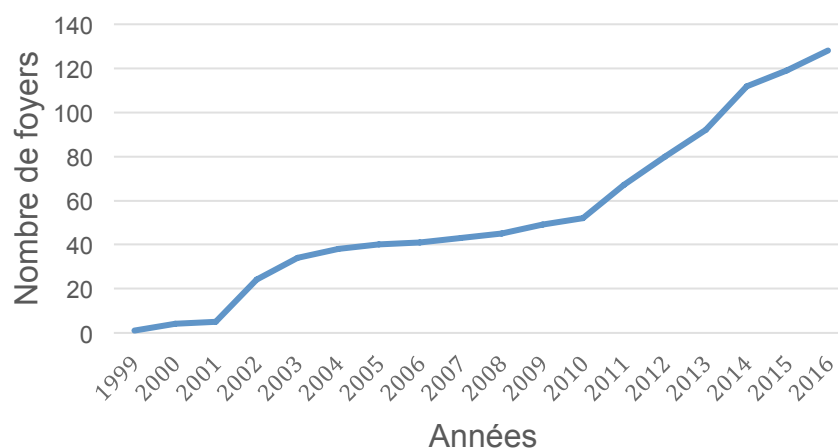


Figure 1. Evolution, entre 1999 et 2016, du nombre de parcelles agricoles (foyers) contaminées par l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*) répertoriées sur le canton de Genève.

La quantité de nouveaux foyers repérés a été évidemment particulièrement élevée les 8 années au cours desquelles une surveillance des cultures de tournesol a été effectuée (2002 et 2003, puis à partir de 2011). Les autres années, les nouveaux foyers sont issus principalement d'annonces de la part d'agriculteurs ou de particuliers. L'augmentation régulière du nombre de parcelles de cet inventaire ne signifie pas forcément une aggravation de la situation; elle découle logiquement de la réalisation de la surveillance systématique des parcelles de tournesol, du contrôle des parcelles adjacentes lors de l'actualisation de la cartographie des foyers répertoriés (Delabays et de Montmollin, 2015), et plus généralement de la vigilance des agriculteurs.

En fait, seule la surveillance de parcelles de tournesol fournit une information solide sur la situation globale de l'infestation du milieu agricole par l'ambroisie. Et c'est la répétition dans le temps de cette surveillance qui permet de documenter l'évolution de cette infestation (et, dans ce cas, de contrôler également la pertinence du plan d'action mis en œuvre contre cette espèce au niveau cantonal). Ainsi, le tableau 2 présente les résultats obtenus les 8 années au cours desquelles une telle observation aléatoire d'un échantillon des cultures de tournesol a été effectuée (aucune donnée n'existe malheureusement pour la période de 2004 à 2010).

Tableau 2: Nombre de parcelles de tournesol observées (aléatoirement) entre 2002 et 2016, et proportion de parcelles contaminées par l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*).

Années	Nombre de parcelles observées	Nombre de parcelles avec foyers	% de parcelles contaminées
2002	60	5	8,3
2003	111	3	2,7
2011	68	6	8,8
2012	74	4	5,4
2013	86	6	7,1
2014	76	11	14,5
2015	62	2	4,8
2016	91	9	9,9
Total/moyenne	628	46	7,3

Ces données indiquent que depuis 2002, année des premières observations systématiques de cultures de tournesol, aucune augmentation significative du taux d'infestation du parcellaire agricole genevois n'est observée. Les variations annuelles constatées sont délicates à interpréter - variation due à l'échantillonnage, pression variable de l'espèce en fonction des conditions climatiques de l'année, compétence et performance des observateurs,... - mais aujourd'hui, globalement, on constate qu'environ 7 % des parcelles de tournesol observées au cours de ces 15 dernières années ont présenté des foyers d'ambrosie⁵.

Pour conclure sur cette espèce et son suivi à Genève, on peut mentionner que l'analyse des stocks semenciers effectués dans une série de parcelles contaminées ces dernières années, à l'aide d'un protocole d'extraction des semences du sol développé spécifiquement pour cette espèce (Meyland, 2013), ont révélé la présence de 1'000 à 4'300 graines (viabiles) au m². Une telle analyse des stocks semenciers constitue une méthode de choix pour le suivi à long terme de la situation malherbologique de parcelles cultivées (Delabays *et al.*, 2001).

L'exemple du plan de surveillance appliqué à l'ambrosie sur Genève illustre comment un suivi régulier, assuré sur le long terme, est à même de documenter l'évolution d'une infestation par une adventice, et éventuellement l'augmentation de la pression qu'elle exerce sur les cultures. Reste que préciser la part attribuable aux changements climatiques sur de telles évolutions constitue un défi scientifique ambitieux.

⁵ En partant du principe que, lorsqu'un champ est infesté par de l'ambrosie, l'adventice se développera et sera aisément repérable dès qu'il sera cultivé en tournesol (Delabays et de Montmollin, 2015), ces observations peuvent être considérées comme un échantillonnage représentatif de la situation de l'ensemble du parcellaire agricole genevois. Le canton de Genève comptant en gros 3'500 parcelles de terre ouverte, on peut estimer qu'environ 250 champs cultivés sont actuellement contaminés sur notre territoire. Avec 128 foyers officiellement répertoriés, on en connaîtrait donc actuellement la moitié.

3.5. CONCLUSION, PERSPECTIVES ET PROPOSITIONS

Les données rassemblées ces 3 années ont permis de documenter la situation actuelle avec 10 adventices aujourd'hui considérées comme absentes ou rares à Genève, et susceptibles de bénéficier des changements climatiques annoncés. Ces informations seront surtout utiles en vue de décrire une possible évolution future de leur répartition et de leur pression dans notre milieu agricole; c'est bien d'un tel recul dont nous disposons aujourd'hui avec l'ambrosie, grâce au monitoring effectué sur cette espèce depuis le début des années 2000.

Certes, comme mentionné précédemment, les données issues d'un tel réseau de surveillance ne permettent pas de préciser la responsabilité réelle des changements climatiques dans les évolutions observées. De plus, les impacts de ces derniers sur les populations d'adventices, leur composition et la pression qu'elles exercent sur les cultures, ne se limitent certainement pas à ces espèces rares, potentiellement émergentes. Les espèces composant actuellement la flore spontanée de nos champs cultivés sont également susceptibles d'exprimer des modifications de fréquence, de densité et/ou de développement; des évolutions cependant difficiles à mettre en évidence dans le cadre de nos monitorings actuels. Ainsi serait-il certainement justifié de réaliser des observations (périodes de germination, fréquences et densités, formation de biomasse,..) sur l'évolution de la pression exercée par des espèces estivales aujourd'hui très communes (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*) ou moins fréquentes (*Galinsoga parviflora*, *Panicum dichotomiflorum*), mais susceptibles de bénéficier d'une élévation de la température⁶.

En conclusion, pour une surveillance des adventices à un niveau cantonal, des relevés malherbologiques complets, incluant une estimation des abondances respectives des différentes espèces, effectués sur un échantillonnage représentatif de parcelles cultivées, se justifieraient. Idéalement, un suivi, en parallèle, de quadrats permanents, avec l'inclusion, dans certaines parcelles, de zones sans application de désherbage - à l'image du protocole du réseau "biovigilance flore" français (Fried *et al.*, 2007) - apporterait un maximum d'information. On pourrait aussi envisager une analyse régulière (tous les 5-10 ans) des stocks semenciers dans un réseau de parcelles de référence: sans doute le moyen le plus objectif et précis pour mettre en évidence les évolutions à long terme de populations d'adventices. La mise en œuvre de tels protocoles de surveillance est cependant difficilement envisageable avec la seule aide de civilistes; elle nécessiterait l'engagement d'un personnel qualifié.

Reste la question de l'utilité réelle de la détection précoce d'une espèce adventice émergente. Sur ce point également, l'exemple de l'ambrosie à Genève est riche d'enseignements. Dès la détection des premiers foyers en parcelles agricoles, la réaction des autorités a été rapide, tant au niveau cantonal (constitution d'un groupe de travail interdisciplinaire, mis en œuvre d'un plan d'action), que fédéral (enregistrement de l'espèce dans l'Ordonnance sur la protection des végétaux, législation sur les semences pour oiseaux, mise au point par Agroscope des méthodes de lutte, basées sur l'étude de la biologie de l'espèce (Delabays *et al.*, 2008)). La stabilisation des populations d'ambrosies en région genevoise, un cas unique au niveau mondial, peut sans doute être attribuée en bonne partie à cette réaction rapide, comprise et prolongée par les milieux professionnels.

⁶ Même si, comme déjà relevé en introduction, pour les adventices des cultures, il est probable que les impacts directs associés aux changements climatiques, notamment en ce qui concerne les températures et les précipitations, soient moindres comparativement à d'autres facteurs d'évolution, notamment ceux liés aux pratiques agricoles (abandon du labour, stratégies de désherbage, développement de résistances) ou aux transports et aux échanges commerciaux.

3.6. BIBLIOGRAPHIE

- Barralis, G.; 1976. Méthode d'étude des groupements adventices en cultures annuelles. *Actes du V^{ème} Colloque Internationale sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises herbes* (Dijon, France), **1**, 59-68.
- Barnaby, J.Y., Ziska, L.H.; 2012. Plant response to elevated CO₂. *Encyclopedia of Life Sciences*. DOI: 10.1002/9780470015902.a0023718.
- Bohren, Ch., Wirth, J.; 2013. Souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.): situation actuelle en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse* **4**, 460-267.
- Clements, D.R., DiTommaso, A.; 2012. Predicting weed invasion in Canada under climate change: Evaluating evolutionary potential. *Can. J. Plant Sci.* **92**, 1013-1020.
- Cunze, S., Lieblein, M.C., Tackenberg, O.; 2013. Range Expansion of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe Is Promoted by Climate Change. *ISRN Ecology* <http://dx.doi.org/10.1155/2013/610126>, 9 p.
- Delabays N., Bohren Ch., Mermillod G., Keimer Ch. & Kündig C., 2005. L'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) en Suisse: aspects malherbologiques. *Revue suisse Agric.* **37**, 17-24.
- Delabays, N., de Montmollin, A.; 2015. Un problème croissant: la lutte contre les ennemis des cultures. L'exemple du Canton de Genève. *Objectif* **82**, 19-26.
- Delabays N., Mermillod G ; Lambelet, C.; 2001. Evolution du stock semencier dans une jachère florale et une friche spontanée. *Revue suisse d'agriculture* **33**, 91-95
- Delabays N., Bohren, Ch. Mermillod G ; Baker, A; 2008. Briser le cycle de l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) pour épuiser son stock semencier dans les sites infestés. *Revue suisse d'agriculture* **40**, 143-149
- D'Adrea, L, Broenimann, O., Kozłowski, G., Guisan, A., Morin, X., Keller-Senften, J., Felber, F.; 2009. Climate change, antropogenic disturbance and the northward range expansion of *Lactuca serriola* (Asteraceae). *Journal of Biogeography* **36**, 1-15
- Edler, B.; Burger, J.; Breitsameter, L.; Steinman, H.H.; Isselstein, J.; 2015. Growth responses to elevated temperature and reduced soil moisture during early establishment of three annual weed in four soil types. *Journal of Plant Diseases and Crop protection* **122**, 39-48.
- Follack, S.; Essl, F.; 2012. Spread dynamics and agricultural impact of *Sorghum halepense*, an emerging invasive species in Central Europe. *Weed Research* **53**, 53-60.
- Fried G., Reboud X., Gasquez J. Delos M., 2007. Le réseau « Biovigilance Flore »: Présentation du dispositif et première synthèse des résultats. *Vingtième conférence du Coloma. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*. Dijon, France, 11 et 12 Décembre 2007 : 315-325.
- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho. J.V., Herbeeger, J.P.; 1977. World's worst weeds. Distribution and biology, University of Hawai, Honolulu, 609 p.
- Hyvönen, T., Luoto, M., Uotila, P.; 2012. Assessment of weed establishment risk in a changing European climate. *Agricultural and Food Science* **21**, 348-360.
- Jarnevich, C.S., Holcombe, T.R. , Barnett, D.T. , Stohlgren, T.J. Kartesz; 2010. Forecasting weed distributions using climate data: A GIS early warning tool. *Invasive Plant Science and Management* . **3**(4): 365-375.

- Kathiresan, R.; Guabert, G.; 2016. Impact of climate change on the invasive traits of weeds. *Weed Biology and Management* **16**, 59-66
- Korres, N.E.; Norsworthy, J.K.; Tehranchian, P.; Gitsopoulos, T.K.; Lojka, D.A.; Oosterhuis, D.M.; Gealy, R.G.; Moss, S.R.; Burgos, N.R.; Ryan Miller, M.; Palhano, M.; 2016. Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review.
- Meyland, M.; 2013. *Etude de la biologie des graines de l'ambrosie à feuilles d'armoise (Ambrosia artemisiifolia L.) et développement d'un protocole d'étude du stock semencier en parcelles cultivées*. Thèse de bachelor, hepia, Genève, 73 p.
- OEPP, 2007. *Solanum elaeagnifolium*, *Bulletin OEPP/EOPPO* **37**, 236-245.
- OEPP, 2010., *Sicyos angulatus*. *Bulletin OEPP/EOPPO* **40**, 401-406.
- Paterson, D.T., Westbrook, J.K., Joyce, R.J.V., Lingren, P.D., Rogasik, J.; 1999. Weeds, insects and diseases. *Climatic Change* **43**, 711-727.
- Peters K, Breitsameter, L., Gerowitt, B.; 2014. Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. *Agron. Sustain. Dev.* **34**, 707–721
- Spencer N.R., 1984. Velvetleaf, *Abutilon theophrasti (Malvaceae)*, history and economic impact in the United States. *Econ. Bot.* **38**, 407-416.
- Storkey, J.; Stratonovitch, P.; Chapman, D.S.; Vidotto, F.; Semenov, M.A.; 2014. A Process-Based Approach to Predicting the Effect of Climate Change on the Distribution of an Invasive Allergenic Plant in Europe. *Plos ONE* **9**, 1-7.
- Uludag, A.; Gbehounou, G.; Kashefi, J.; Bon, M.-C.; Bell, c.; Lagopodi, A.L.; 2016. Review of the current situation for *Solanum elaeagnifolium* in the Mediterranean Basin. *Bulletin OEPP* **46**, 139-147.
- Wand, X.; Mohan, J.E.; 2008. Effects of global environmental changes on weeds. *CAB Review: Perspective in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* **3**, 1-20.
- Zhang, R., Jongejans, E., Shea, K.; 2011. Warming Increases the Spread of an Invasive Thistle. *Plos ONE*, **6**, e21725.
- Ziska, L.H., Duke, J.; 2010. *Weed Biology and Climate Change*. Wiley-Blackwell, 248 p.
- Ziska, L.H.; 2016. The role of climate change and increasing atmospheric carbon dioxide on weed management. Herbicide efficacy. *Agriculture, Ecosystem and Environment* **231**, 304-309.



4. Suivi des maladies fongiques, bactériennes et virales

Auteur :

François Lefort, Professeur HES, hepia

4.1. INTRODUCTION

Le suivi des maladies des cultures horticoles ne peut être accompli selon les mêmes méthodologies que celles décrites pour les insectes et les plantes adventices car les agents pathogènes, champignons, oomycètes, virus et bactéries sont fort nombreux. De plus, les agents pathogènes dont les déplacements vers le Nord sont influencés par le réchauffement climatique sont également nombreux, au même titre que ceux qui accompagnent les échanges commerciaux.

Une évaluation de l'importance des agents présents et posant problème est toutefois possible dans le cadre d'un réseau de surveillance, nommé Observatoire Cantonal des Maladies des Plantes Ornementales établi en collaboration avec la Direction Générale de l'Agriculture et de la Nature, Département de l'environnement, de l'agriculture et des transports de la République et Canton de Genève. Cet observatoire réalise des activités de diagnostic classique pour les cas les plus simples et le recours au diagnostic moléculaire et à des descriptions plus précises dans le cas de maladies émergentes du patrimoine arboré du Canton de Genève.

4.2. ORGANISMES IDENTIFIES PAR DIAGNOSTIC CLASSIQUE

Durant l'année 2016, des symptômes affectant tant le patrimoine arboré que les pépinières ornementales ont pu être affectés à des agents biotiques par diagnostic classique et sont listés ci-dessous :

- Plusieurs cas de soupçons de la présence du chancre coloré du platane sont signalés suite à des dessèchements de branches, de craquelures de l'écorce et de changements de coloration du rhytidome. L'observation sur place montre qu'il s'agit de dégâts liés à la présence de champignons lignivores entrés à la suite de blessures de taille. En 2016, aucun nouveau cas de développement de chancre du platane n'a été diagnostiqué et confirmé. Un soupçon de cas de *Marssonina platani* a été évalué par isolement en cultures pures et diagnostic moléculaire (voir ci-après).
- Dégâts de chancre de l'écorce sur plusieurs séquoias géants plantés sur les communes de Confignon, Veyrier et Onex. Il n'existe pas de traitement curatif contre ce type de champignons vasculaires. En revanche, il est recommandé de supprimer les parties atteintes (esthétique), effectuer un mulching du pied des arbres (formation de réserves nutritives) et de contrôler l'arrosage en période de forte chaleur. Dans tous les cas, il faut éviter d'effectuer une fertilisation azotée sur les arbres malades. Une étude a été menée sur plusieurs séquoias afin de préciser l'identité de l'organisme causal.
- Des *Abies pinsapo* ont présenté d'importants écoulements de résine le long du tronc. Il s'agit d'une réaction de défense des plantes suite à un traumatisme mécanique ou lors du développement de pathogènes. Ainsi, il n'est pas recommandé d'éliminer la résine, mais de lutter contre l'éventuel ravageur, champignon ou bactérie présent dans la plante. Un cas de chancre inhabituel a été évalué par diagnostic moléculaire.
- Nombreux cas de dépérissement des pousses du pin, *Sphaeropsis sapinea*, signalés sur des pins noirs d'Autriche et des pins sylvestres. Il s'agit le plus souvent d'arbres âgés et souffrants d'un manque d'arrosage au cours de l'été. Aucune intervention chimique n'étant efficace, seule la suppression des parties atteintes et le ramassage systématique des cônes porteurs de pycnides sont recommandés (diminution de l'inoculum).

- Le printemps avec son climat parfois humide et frais permet chaque année le développement de l'antracnose du platane. Deux à trois traitements pendant la foliaison avec un fongicide ISS ou une strobilurine sont nécessaires sur de jeunes plantes en pépinière, mais rarement sur des plantations urbaines, car une nouvelle croissance du feuillage aura lieu.
- Présence de la maladie du *Volutella buxi* et de *Cylindrocladium buxicola* dans des massifs de buis conduisant à une importante chute du feuillage des plantes. Il est possible d'intervenir chimiquement en pulvérisant un fongicide ISS ou une strobilurine, mais la forte sporulation des champignons rend le traitement peu efficace.
- Très nombreux cas de dégâts de *Pythium* sp. se développant dans les pelouses de terrains de football et chez des particuliers. L'expansion de la maladie est favorisée par des arrosages fréquents en période chaude estivale. Traitement par pulvérisation au Fusatox Royal.
- Nombreuses attaques de la pyrale du buis (*Diaphana perspectalis*) se développant sur des haies de buis dans plusieurs communes et chez des particuliers. On observe que toutes les variétés de buis sont attaquées, notamment *Buxus sempervirens* "Suffruticosa" et *Buxus sempervirens* "Rotundifolia". Traitement par pulvérisation du feuillage une fois par mois de mars à septembre avec une préparation à base de *Bacillus thuringiensis*.
- Dégâts de *Phytophthora* sp. sur buis.
- Dégâts de *Phytophthora* sp. sur bambous.
- Plusieurs cas de présence de chenilles processionnaires du chêne en divers endroits du canton. Les nuisances occasionnées par les poils de chenilles pour les usagers des installations nécessitent la mise en œuvre de mesures de contrôle et d'élimination. La pose de pièges à phéromones, ainsi qu'une intervention biologique avec du *Bacillus thuringiensis* sont préconisées.
- Maladies criblées sur cerisier causées par *Coryneum beijerinckii* (*Stigmina carpophila*).
- Dégâts de zeuzères du poirier sur des platanes. Cet insecte xylophage est en recrudescence dans le canton. Il fragilise fortement la résistance mécanique des troncs et des branches lors du forage de ses galeries de nymphose. La pose de pièges à base de phéromones permet de confirmer sa présence et contrôler le vol des adultes. En cas de nécessité, l'application d'un insecticide de contact sur les branches et le tronc avant la ponte est possible. En revanche, il n'existe pas de lutte curative contre ce type de ravageur xylophage.
- Cloque sur feuilles de micocouliers causée par *Taphrina celtis* .
- Chancre de l'écorce sur *Sequoiadendron giganteum*. Nombreux cas observés sur le canton. Les analyses génétiques, après isolement du pathogène, montrent que le champignon *Botryosphaeria parva* (*Neofusicoccum parvum*) est l'agent responsable, dans la très grande majorité des cas analysés (7 cas sur 8). *Botryosphaeria parva* a déjà été signalé dans d'autres endroits du globe comme agent du dépérissement des séquoias, avec des symptômes similaires à ceux attribués à *Botryosphaeria*

dothidea. Ce dernier n'a été isolé qu'une fois sur les 8 sites étudiés. Une déclaration a été faite au WSL pour *Botryosphaeria parva*.

- Phytoplasme du pêcher *Candidatus Phytoplasma prunorum* (European Stone Fruit Yellows ESFY) sur pêcher. Un verger de pêchers est très largement infecté. Ce cas est le premier cas de ESFY sur le canton de Genève.
- Plusieurs cas de bois noir causé par *Candidatus Phytoplasma solani* sur vigne.
- Dégâts de pourritures racinaires sur platanes.
- Dégâts de pourritures racinaires sur vigne vierge.
- Pourridié sur bouleau casé par *Armillaria* sp.

4.3. ORGANISMES IDENTIFIES PAR DIAGNOSTIC MOLECULAIRE

4.3.1. Identifications génétiques de pathogènes présents sur *Sequoiadendron giganteum*

De nombreux séquoias géants de Genève, comme presque partout ailleurs, présentent des signes de dépérissement éparés de la couronne plus ou moins prononcés et de chancre sur les branches. Ces symptômes sont généralement par inférence attribués à une espèce de champignon *Botryosphaeria dothidea*. Lors d'une analyse précédente sur un sequoia géant de la région de Vézenaz, atteint de dépérissement de la couronne, une autre espèce de *Botryosphaeria*, *Botryosphaeria parva* (anamorphe *Neofusicoccum parvum*) avait été isolé sur cet arbre, mais pas *Botryosphaeria dothidea*. *Neofusicoccum parvum* a déjà été signalé dans d'autres endroits du globe comme agent de dépérissement des séquoias, avec des symptômes similaires à ceux attribués à *Botryosphaeria dothidea*. Afin de savoir si la découverte à Genève de *Neofusicoccum parvum* était un fait isolé ou si ce champignon était plus répandu, d'autres prélèvements ont été faits sur des séquoias géants situés sur d'autres sites du canton. Cinq sites éloignés du premier cas de Vézenaz ont été choisis pour effectuer cette analyse : Le Parc Barton situé sur la rive droite du lac Léman, et connu pour ses nombreux séquoias géants dont quelques jeunes arbres récemment plantés, le cimetière des rois, proche de Plainpalais, puis trois sites à Carouge, Chêne-Bourg et Jussy (Lullier). Les prélèvements de petits rameaux (diamètre 3-4 mm) à la proximité immédiate de chancres visibles sur les branches ont été effectués.



Photo 1 : Séquoia géant du Parc Barton présentant les symptômes typiques d'une atteinte par *Botryosphaeria dothidea* : rameaux desséchés, de couleur brique et houppier clairsemé.



Photo 2 : Symptôme typique d'un rameaux dépérissement dont le changement de couleur attire l'attention.



Photos 3, 4, 5 et 6 : symptômes sur branches de séquoia : divers chancre avec écoulement de résine et rameaux desséchés.

Les rameaux prélevés ont été coupés en morceaux de 3-4 centimètres et mis en culture sur gélose PGA (Potato Glucose Agar) additionnées d'antibiotiques pour limiter la croissance bactérienne. Seules les colonies présentant un aspect caractéristique de *Botryosphaeriaceae* ont retenu notre attention. Elles ont été isolées puis repiquées en milieu liquide PGB (Potato Glucose Broth) afin d'en extraire l'ADN.

Onze colonies typiques de *Botryosphaeria* ont ainsi fait l'objet d'une identification génétique par PCR après extraction de l'ADN.

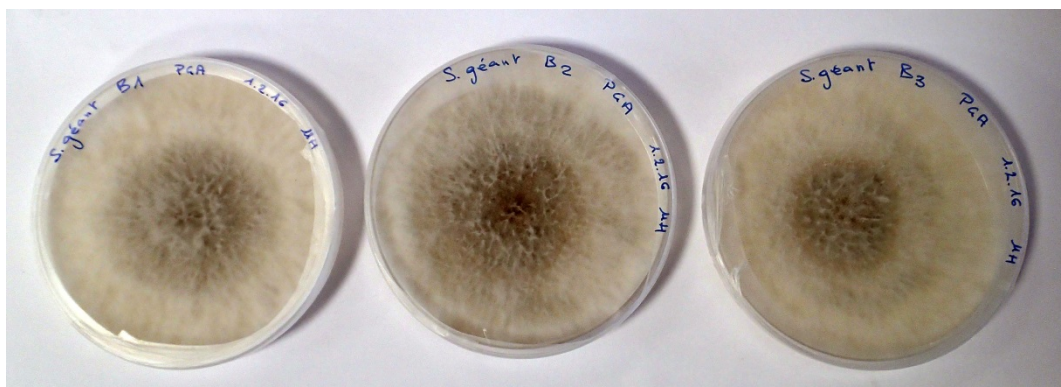


Photo 7 : Culture de 7 jours des souches isolées sur les *S. giganteum* du Parc Barton

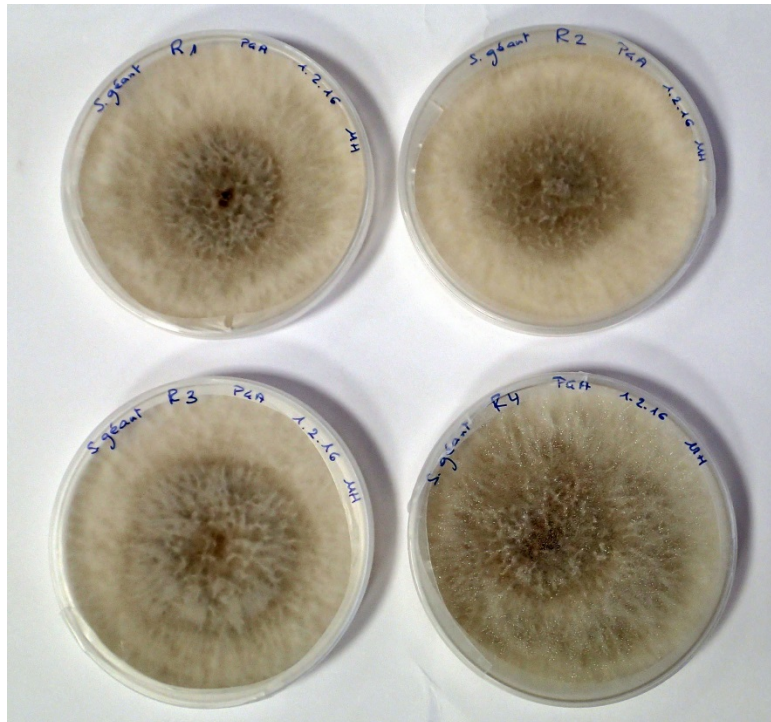


Photo 8 : Culture de 7 jours des souches isolées sur les *S. giganteum* du Cimetière des Rois

L'identification génétique, après extraction d'ADN des cultures pures en milieu liquide est effectuée par PCR (Polymerase Chain Reaction) de l'espaceur transcrit interne de l'ADN ribosomal (ITS1-5.8S - ITS2 ; Amorces ITS4 / ITS5) pour les champignons et le séquençage de ces amplicons. Les séquences obtenues sont comparées à la banque de données internationale NCBI (National Center for Biotechnology Information).

Dix souches sur onze isolées, soit 3 pour le Parc Barton, 4 pour le cimetière des Rois, 1 pour Jussy (Lullier), 1 pour Carouge, 1 pour Chêne-Bourg, en plus de la souche de Vézenaz, appartiennent à l'espèce *Neofusicoccum parvum* (soit *Botryosphaeria parva*) alors que *Botryosphaeria dothidea* a été isolée une fois (Jussy, Lullier).

Neofusicoccum parvum a déjà été décrit sur des *Sequoiadendron giganteum* présentant les symptômes habituellement attribués à *Botryosphaeria dothidea*, avec preuve de son pouvoir pathogène. Ces 2 champignons étant très proches morphologiquement, il n'est pas surprenant qu'il y ait eu confusion entre ces 2 espèces sans détermination précise par des méthodes de biologie moléculaire. Ces résultats sont en voie d'être confirmés par l'application des postulats de Koch sur de jeunes séquoias sur lesquels *Botryosphaeria dothidea* montre une pathogénicité certaine.

4.3.2. Organismes identifiés dans le cadre d'un cas supposé de *Marssonina platani* sur un platane, quai Gustave Ador, Genève.

Des prélèvements ont été faits sur le sommet de branches hautes de deux platanes, unique zone où des symptômes sont apparents et pourraient être causés par *Marssonina platani*.

Un isolement des micro-organismes présents sur les différents échantillons a été effectué : à la réception, les échantillons sont mis en culture sur gélose, PGA + Ampicilline à 100 mg/L (antibiotique) afin d'empêcher la croissance bactérienne et de laisser les champignons se développer.



Photo 9 : matériel prélevé le 18 janvier 2016.

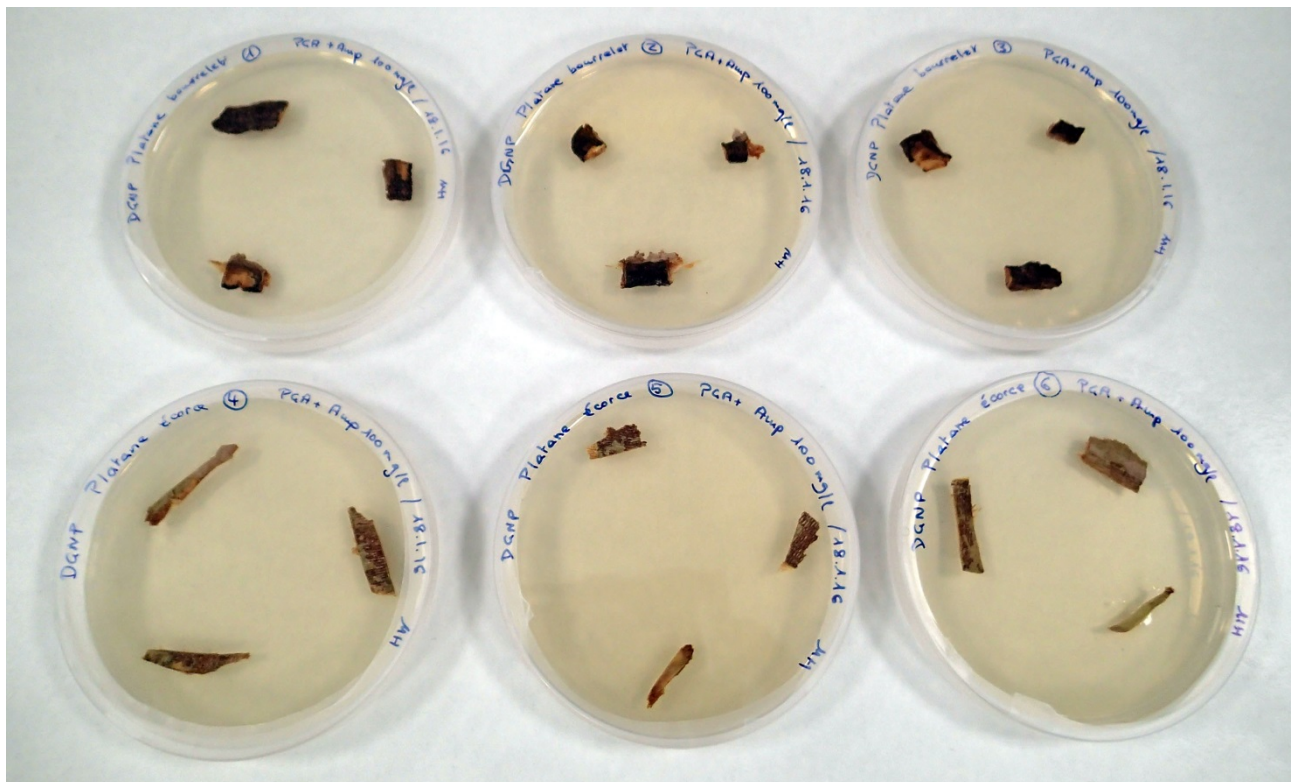


Photo 10 : mise en culture sur gélose PDA des échantillons prélevés.

Une fois que les organismes présents commencent à se développer, ils sont isolés en culture pure sur milieu de culture gélosée. Dès qu'ils ont atteint une taille suffisante pour une identification visuelle (loupe binoculaire / microscope), les isolats semblables sont regroupés et une mise en culture sur milieu liquide PGB (Potatoe Glucose Broth) est effectuée pour un isolat de chaque groupe. La culture pure en milieu liquide permet de récupérer facilement le mycélium, qui, après un broyage à l'azote liquide, servira à l'extraction d'ADN. L'identification génétique est effectuée par l'amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de l'espaceur transcrit interne de l'ADN ribosomal (ITS1-5.8S - ITS2 ; Amorces ITS4 / ITS5) pour les champignons, le séquençage de ces amplicons et la comparaison des séquences obtenues à la banque de données internationale NCBI (National Center for Biotechnology Information). A partir des échantillons reçus, 40 isolats champignons ont pu être obtenus et représentent 13 espèces différentes (Tableaux 1 et 2). Les proportions relatives de ces espèces sont décrites en Figure 1.

Tableau 1 : Espèces identifiées et mon nombre d'isolats

Espèces isolées :	Nombre d'isolats:
<i>Alternaria alternata</i>	5
<i>Alternaria sp.</i>	3
<i>Diaporthe sp.</i>	3
<i>Diplodia seriata</i>	1
<i>Epicoccum nigrum</i>	10
<i>Epicoccum sp.</i>	1
<i>Fusarium solani</i>	2
<i>Fusarium sp.</i>	2
<i>Mucor circinelloides f. circinelloides</i>	1
<i>Mucorale sp.</i>	2
<i>Pestalotiopsis sp.</i>	7
<i>Phoma tropica</i>	1
<i>Sordaria sp.</i>	2

L'agent du massaria du platane, *Splanchnonema platani*, (syn. *Massaria platani*) n'a pas été retrouvé. La plupart des espèces isolées font communément partie de la flore endosymbiotique des platanes, comme les espèces des genres *Alternaria*, *Epicoccum*, *Fusarium* et *Mucor*, d'autres endophytes peuvent aussi être des saprophytes ou/et des pathogènes opportunistes comme *Diplodia seriata* (*Botryosphaeria obtusa*), *Pestalotiopsis sp.*, *Diaporthe sp.*, *Phoma sp.*, *Phomospsis sp.*, se révélant lors de faiblesses physiologiques de l'arbre, dû à certaines conditions climatiques ou pédologiques. Par exemple, des espèces de *Pestalotiopsis* peuvent aussi causer le brunissement des feuilles du platane et infecter l'écorce de jeunes pousses. Par ailleurs 3 isolats d'une espèce inconnue de *Diaporthe*, non identifiable au niveau de l'espèce, ont été recensés. Cette espèce inconnue, probablement endophyte, est plus proche de *Diaporthe eres* que de *Diaporthe scabra*, ces deux espèces ayant déjà été rapportées comme associée à des chancres sur platane, sans que leur pathogénicité n'ait été prouvée.

Tableau 2. Isolats, description, identité et localisation du prélèvement

Isolat :	Détermination :	Identification :	Zone de prélèvement :
1.1.2	séquençage	<i>Alternaria alternata</i>	bourrelet
1.1.3	visuelle	<i>Alternaria alternata</i>	bourrelet
1.5	visuelle	<i>Alternaria alternata</i>	bourrelet
4.5	séquençage	<i>Alternaria alternata</i>	écorce
6.2.2	visuelle	<i>Alternaria alternata</i>	écorce
1.3	séquençage	<i>Alternaria sp.</i>	bourrelet
2.1	séquençage	<i>Alternaria sp.</i>	bourrelet
6.3.2	visuelle	<i>Alternaria sp.</i>	écorce
2.6.1	séquençage	<i>Diaporthe sp.</i>	bourrelet
3.4	séquençage	<i>Diaporthe sp.</i>	bourrelet
5.6	visuelle	<i>Diaporthe sp.</i>	écorce
3.2	séquençage	<i>Diplodia seriata</i>	bourrelet
1.1.1	séquençage	<i>Epicoccum nigrum</i>	bourrelet
1.4.1	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	bourrelet
2.3	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	bourrelet
2.5.1	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	bourrelet
3.3	séquençage	<i>Epicoccum nigrum</i>	bourrelet
4.2.1	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	écorce
4.3	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	écorce
5.2	séquençage	<i>Epicoccum nigrum</i>	écorce
6.1.2	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	écorce
6.3	visuelle	<i>Epicoccum nigrum</i>	écorce
3.1.1	séquençage	<i>Epicoccum sp.</i>	bourrelet
3.1.2	séquençage	<i>Fusarium solani</i>	bourrelet
4.2.2	séquençage	<i>Fusarium solani</i>	écorce
2.6.2	séquençage	<i>Fusarium sp.</i>	bourrelet
3.6	séquençage	<i>Fusarium sp.</i>	bourrelet
2.2	séquençage	<i>Mucor circinelloides f. circinelloides</i>	bourrelet
3.5	visuelle	<i>Mucorale sp.</i>	bourrelet
4.1	visuelle	<i>Mucorale sp.</i>	écorce
1.2	séquençage	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	bourrelet
2.4	visuelle	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	bourrelet
4.4	séquençage	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	écorce
5.1	séquençage	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	écorce
5.3	visuelle	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	écorce
6.1.1	visuelle	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	écorce
6.4	visuelle	<i>Pestalotiopsis sp.</i>	écorce
1.4.2	séquençage	<i>Phoma tropica</i>	bourrelet
5.4	séquençage	<i>Sordaria sp.</i>	écorce
5.5	séquençage	<i>Sordaria sp.</i>	écorce

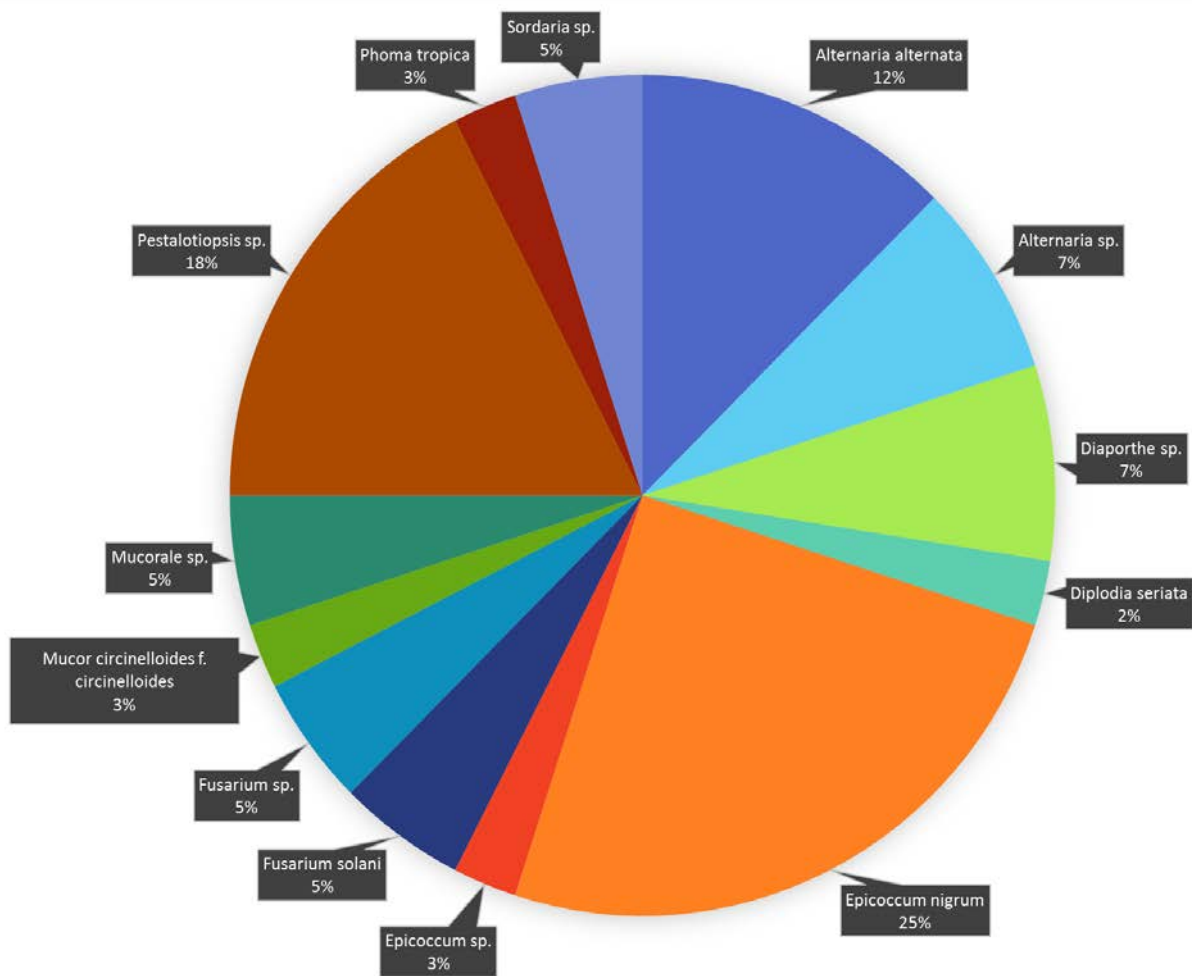


Figure 1 : Proportion des espèces présentes sur la totalité des isolats

4.3.3. Identification de microorganismes sur un chancre observé sur sapin d'Andalousie (*Abies pinsapo*), à Vernier

Les prélèvements ont été effectués sur un magnifique sapin d'Espagne, de belle taille, présentant pour seul symptôme un énorme chancre, relativement récent, au niveau du tronc. La couronne est dense et le feuillage est sain, mis à part quelques petits rameaux secs.



Photo 11 : le sapin concerné avec une couronne bien dense.



Photos 12 et 13 (en haut à droite) chancre sur le tronc avec nécrose et décollement d'écorce

Les prélèvements ont consisté en un carottage au niveau du chancre en limite de la lésion (Photo 14 : A), quelques copeaux de bois ont été prélevés sur le bourrelet cicatriciel (Photo 15 : B) et d'autres directement sur le chancre non recouvert d'écorce (Photo 16 : C). A des fins d'isolement des micro-organismes présents sur les différents échantillons, la carotte a été coupée en tronçons et les échantillons ont été mis en culture le jour même sur gélose PGA (Potato Glucose Agar) et sur PGA additionné d'un antibiotique pour limiter la croissance bactérienne.



Photos 14, 15 et 16 : Sites des différents prélèvements.

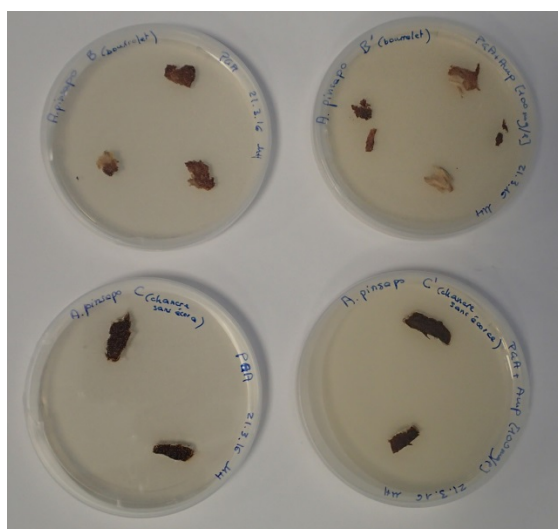
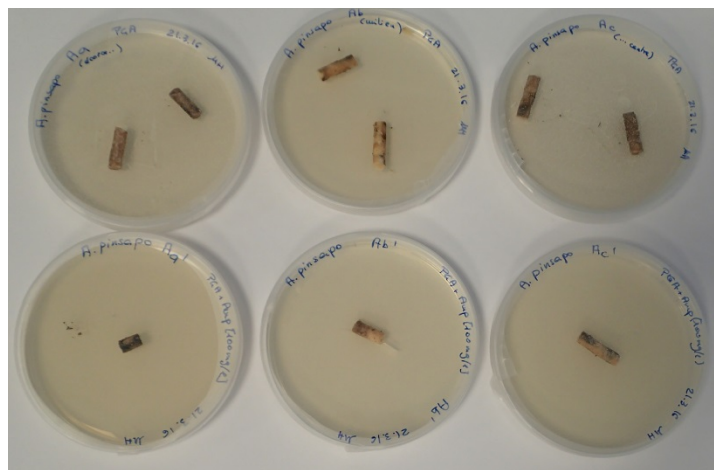


Photo 17 : Mise en culture des tronçons de carotte (à gauche) et de copeaux issus du bourrelet cicatriciel et de la surface du chancre (à droite).

Une fois que les organismes présents commencent à se développer, ils sont isolés en culture pure sur milieu de culture gélosé. Dès qu'ils ont atteint une taille suffisante pour une identification visuelle (loupe binoculaire / microscope), les isolats semblables sont regroupés et une mise en culture sur milieu liquide PGB (Potatoe Glucose Broth) est effectuée pour un isolat de chaque groupe. La culture pure en milieu liquide permet de récupérer facilement le mycélium, matériel de départ qui, après un broyage à l'azote liquide, servira à l'extraction d'ADN. L'identification génétique est effectuée par extraction de l'ADN suivie d'une amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de l'espaceur transcrit interne de l'ADN ribosomal (amorces ITS4 / ITS5) pour les champignons et d'une partie de l'ADN ribosomal pour les bactéries (amorces 27F-534R), du séquençage de ces amplicons et de la comparaison des séquences obtenues à la banque de données internationale NCBI (National Center for Biotechnology Information).

A partir des échantillons prélevés, 14 espèces différentes de champignons et une espèce de bactérie (*Pseudomonas* sp.) ont été identifiées. Quelques colonies morphologiquement typiques de *Penicillium* n'ont pas fait l'objet d'une identification génétique et n'ont pas été comptabilisées.

A : Carotte

Aa : côté écorce *Melanconium hedericola*
Fungal sp.
Mucor fragilis
Pseudomonas sp.

Ab : milieu *Cladosporium cladosporioides*
Fungal sp.
Pseudomonas sp.

Ac : côté cœur de l'arbre *Rhizosphaera oudemansii*
Fungal sp.

B : Bourrelet cicatriciel

Fungal sp.
Penicillium adametzioides
Tysanophora penicillioides
Phoma sp.

C : Partie nécrosée du chancre

Penicillium glandicola
Mortierella polycephala
Pseudomonas sp.

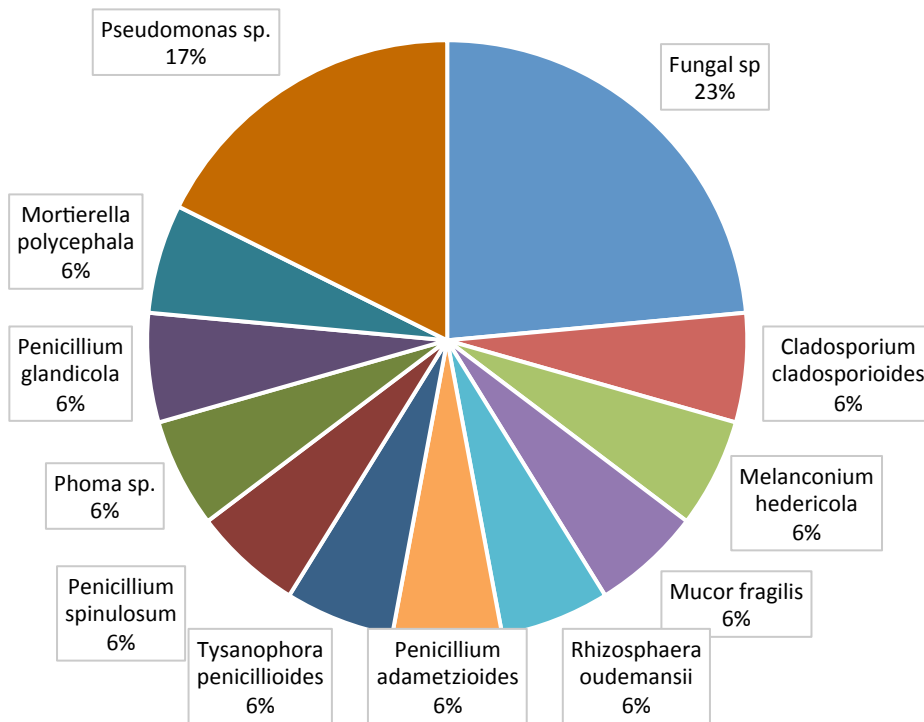


Figure 2 : Proportion des espèces identifiées

Une seule bactérie, *Pseudomonas* sp., a été isolée dans 3 prélèvements (2 fois dans la carotte et une fois au niveau du chancre). Si aucun chancre à *Pseudomonas* n'a été reporté sur *Abies*, une autre espèce de *Pseudomonas* (*Pseudomonas syringae*) provoque elle un dépérissement du feuillage (ce qui n'est pas le cas ici) en relation avec des chancres, mais sur des feuillus comme le marronnier, le frêne ou l'olivier. L'implication de cette bactérie dans le cas présent n'est pas évidente, car divers *Pseudomonas* ont également été isolés à l'état de bactérie endophyte. Parmi les champignons identifiés, aucun n'est connu comme agent de chancre que ce soit sur un sapin ou un autre type d'arbre. *Rhizosphaeria oudemansii* a été décrit sur *Abies pinsapo*, mais comme agent potentiel du dépérissement des aiguilles, symptôme que l'on n'a pas observé sur cet arbre. Pratiquement tous ces champignons n'ont été isolés qu'une seule fois et font vraisemblablement partie de la flore saprophyte et/ou endophyte de l'arbre, certaines de ces espèces pouvant devenir des pathogènes opportunistes, dits de faiblesse, en cas de faiblesse physiologique de l'arbre. Un seul isolat champignon, qui n'a pas pu être identifié au niveau de l'espèce, a été retrouvé à plusieurs reprises (4 isolats). Il a été isolé sur l'ensemble de la carotte, tant dans la fraction proche de l'écorce (Aa), qu'au milieu de la carotte (Ab), et également dans le fragment provenant du centre de l'arbre (Ac). Ce même champignon microscopique a également été isolé au niveau du bourrelet cicatriciel (C). Il appartient vraisemblablement à la classe des *Leotiomycetes*. Ce champignon appartient peut-être à une espèce endophyte, mais il ne peut être exclus qu'il soit un agent pathogène non encore identifié et décrit. Cependant, en l'état actuel des connaissances et des publications, rien ne permet de le relier à la pathologie observée sur cet arbre.

4.4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le suivi de dépérissements dans le patrimoine arboré permet d'évaluer par diagnostic classique les pathogènes affectant ce patrimoine. Le diagnostic moléculaire permet de préciser les cas non diagnosticables par diagnostic classique. Cela avait permis de mettre en évidence en 2014 la présence de pathogènes dont la présence n'était pas soupçonnée en Suisse, tels que *Cryptostroma corticale*, *Cytospora chrysosperma*, mais également de deux espèces de *Geosmithia*, *G. langdonni* et une espèce non décrite. En 2015, nous avons identifié principalement une flore fongique lors de recherche d'agents pathogènes parmi laquelle quelques espèces sont notables: *Eutypella scoparia* sur platane, *Sydowia polyspora* et *Fusarium lateritum* sur pin, *Eutypa lata* et *Phaeoacremonium mortoniae* sur pin. En 2016, nous avons découvert que le principal agent de dépérissement du séquoia et du chancre de l'écorce était *Botryosphaeria parva* et non *Botryosphaeria dothidea*. Un cas de phytoplasme du pêcher (ESFY) affectant de nombreux arbres d'un verger a également été identifié. Ces observations seront compilées dans le cadre d'une publication sur la diversité fongique et annoncées au WSL.

VEILLE SANITAIRE

Concernant la veille phytosanitaire, elle concerne particulièrement, les pathogènes suivants, présents en Suisse et/ou en Europe, que nous n'avons pas rencontrés à Genève en 2015.

- Phytophthora de l'aulne (*Phytophthora alni*) observé en France et dans le nord de l'Europe. *Phytophthora ramorum* et *Phytophthora kernoviae*, qui affecte plus d'une centaine d'espèces d'Ericacées et Fagacées.
- Dépérissement bactérien du marronnier (*Pseudomonas syringae*) observé dans le nord de la France et en Belgique.
- *Massaria platani* (*Splanchnonema platani*) observé sur des platanes dans la région de Bâle (2003).
- *Chalara fraxinea* causant le flétrissement du frêne qui aurait été observé sur frêne dans les cantons de Vaud et de Bâle (2012).
- La maladie des bandes rouges du pin (*Scirrhia pini*) est observée dans des forêts de Suisse. Il s'agit d'un organisme de quarantaine au même titre que la maladie des taches brunes du pin (*Lecanosticta acicola*) (2014).
- La bactériose *Xylella fastidiosa* a été observée pour la première fois en Europe, en Italie, sur des oliviers en 2013 et confirmée en 2014 sur lauriers roses, amandiers et chênes. Elle a été encore confirmée en 2015 en Italie et détectée pour la première fois en Corse à l'été 2015. La plus grande attention est apportée à cet organisme de quarantaine qui outre l'olivier affecte aussi la vigne et les *Citrus*. *Xylella fastidiosa* est certainement l'organisme le plus dangereux pour l'environnement et le patrimoine arboré et va mériter une attention particulière.

5. Conclusion générale

Les trois années du projet ont permis de remplir relativement bien les objectifs fixés initialement (Tableau 1). Le projet a permis d'identifier les principaux organismes émergents ennemis des cultures (ravageurs, adventice, microorganismes) ainsi que de tester et mettre en place des méthodes de détection adéquates. Un suivi tri annuel de la majeure partie de ces organismes a pu être entrepris et a conduit à des résultats très informatifs au sujet de leur présence et leur potentialité de développement dans le canton de Genève.

Il reste principalement à diffuser, valoriser, communiquer et partager les résultats obtenus par divers biais déjà identifiés dans chaque section du projet. Ce processus a déjà été initié par plusieurs moyens (Annexes).

Tableau 1. Récapitulatif des objectifs initiaux du projet et leur état à l'automne 2016.

No	Objectifs du projet	Etat des objectifs
1	Identifier les ennemis des cultures (arthropodes, adventices, pathogènes) présentant un fort potentiel de nuisibilité en agriculture dans un contexte de changement climatique (2014)	Atteint Effectué en 2014 et réajusté annuellement.
2	Mettre en place une stratégie prévisionnelle de surveillance de ces ennemis sur le canton de Genève (2014-2016)	Atteint Effectué (2014-2016) en réajustant les méthodes chaque année.
3	Etablir un protocole de détection précoce et efficace de ces organismes pour les principales cultures horticoles du canton de Genève et régions limitrophes (2014-2016)	Atteint Les méthodes de détection de chaque ravageur - adventice - pathogène ont été évaluées et améliorées.
4	Analyser les vulnérabilités du secteur agricole du canton de Genève et régions limitrophes aux changements climatiques pour les organismes ciblés (2015-2016)	Partiellement atteint Analyse effectuée pour une partie seulement des organismes cibles, les plus sensiblement influencés par les changements climatiques et pour lesquels des données étaient disponibles.
5	Elaborer des recommandations concernant des méthodes alternatives, curatives ou préventives afin de limiter les risques phytosanitaires de ces organismes en Suisse en lien avec les scénarii climatiques élaborés (2016)	Partiellement atteint Des recommandations ont été formulées pour certains des organismes. Un processus de diffusion/valorisation des résultats de ce projet permettra de mieux remplir cette objectif par le biais d'outils de communication notamment. Pour certains des organismes les méthodes de lutte ne sont pas encore homologuées ou même connues à ce jour.

Tel que mentionné dans les différents volets, le suivi des ravageurs émergents (insectes, adventices et pathogènes) afin d'effectuer une détection précoce et ainsi limiter ou au mieux anticiper leur propagation est cruciale pour le secteur agricole suisse. Plusieurs des ravageurs suivis dans le cadre de ce projet peuvent potentiellement engendrer des dommages importants aux cultures et conséquemment des pertes économiques pour ce secteur d'activités.

Nous espérons qu'il y aura une volonté politique à ce niveau et que des soutiens seront possibles dans le futur avant de poursuivre se travail.

Annexes

La punaise diabolique, *Halyomorpha halys*

Qui est-elle ?

La punaise diabolique (*Halyomorpha halys*) est originaire d'Asie (Chine, Japon, Taiwan et Corée). Elle a été signalée pour la première fois sur le territoire suisse en 2007. La consommation de nombreuses plantes par les larves et les adultes, l'important potentiel de dégâts ainsi que la capacité de dispersion élevée des adultes en font un ravageur particulièrement redouté.



1 - *Halyomorpha halys*

2 - *Rhapsigaster nebulosa*

Comment la reconnaître ?

Adultes :

- Corps en forme de bouclier brun jaunâtre, 12-17 mm de longueur (Fig. 1).
- Présence de trois bandes blanchâtres sur les antennes (Fig. 5A).
- Confusion possible entre *H. halys* et *Rhapsigaster nebulosa*: absence d'épine abdominale (Fig. 5B) et membrane allaire non-pointillée (Fig. 5C) chez *H. halys*.

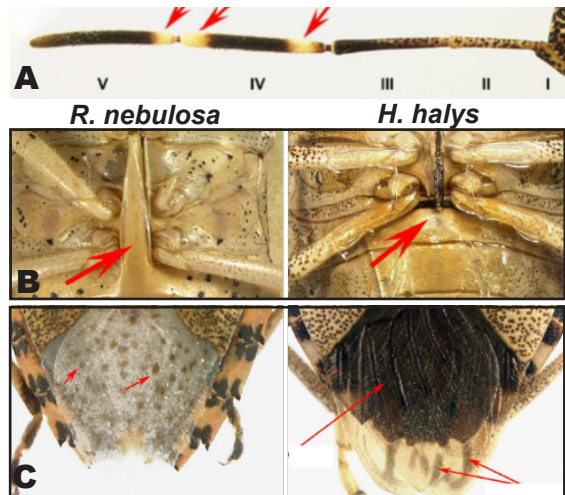
Larves :

- Stades 1 et 2 orangés, tachetés de noir (Fig 3).
- Stades 3 à 5 brunâtres (5,5-12 mm), rayures transversales blanches au niveau des antennes et des pattes (Fig. 4).



3 - Oeufs et larves (stade 1)

4 - Larves (stade 5)



5 - Caractéristiques de *R. nebulosa* et de *H. halys*

A: antenne de *H. halys*

B: face ventrale de *R. nebulosa* avec épine abdominale entre les pattes et de *H. halys* sans épine

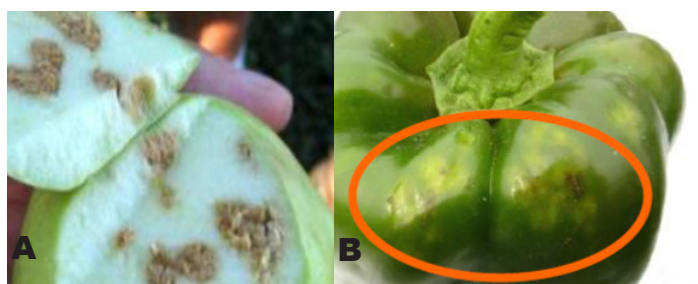
C: membrane allaire de *R. nebulosa* et de *H. halys*

Plantes hôtes

La nuisibilité de *H. halys* est avérée pour plusieurs cultures: haricot, pois, concombre, poivron, maïs, soja, vigne et la plupart des fruits à noyaux et à pépins.

Dégâts

- Chute des fruits, avortement des bourgeons floraux
- Apparition de tissus liégeux à l'intérieur des chairs (Fig. 6A) des fruits à pépins
- Décoloration et déformation des fruits, gousses et graines (Fig. 6B)



6 - Dégâts de *H. halys*

A: tissus liégeux (pomme)

B: décoloration de l'épiderme (poivron)

Comment se développe-t-elle ?

Les premières pontes sont observées dès le mois de juin. Les oeufs de *H. halys* sont déposés sous la face inférieure des feuilles par groupe de 30, en ooplaque (Fig. 3). Le premier stade larvaire (Fig. 3) est immobile et ne s'alimente pas. Le développement complet comporte 5 stades.

Comment la signaler ?

En cas de présence dans vos cultures, merci de nous le signaler par téléphone ou par e-mail avec d'éventuelles photos:

hepia

Laboratoire d'agroécologie et systèmes horticoles (LASH)

lash.hepia@hesge.ch

022 546 68 41

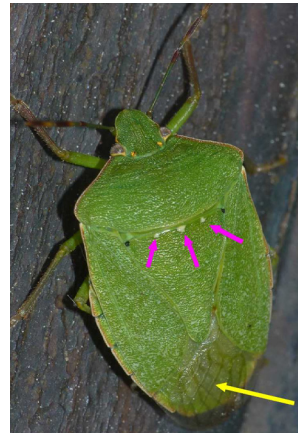
La punaise verte du soja, *Nezara viridula*

Qui est-elle?

La punaise verte du soja *Nezara viridula* (Pentatomidae) est un ravageur mondial qui cause de nombreux dégâts dans plusieurs cultures (en particulier riz, soja et cultures sous abri). Elle est présente en Suisse depuis le début des années 2000 et cause des dégâts importants lors d'années chaudes.

Comment la reconnaître?

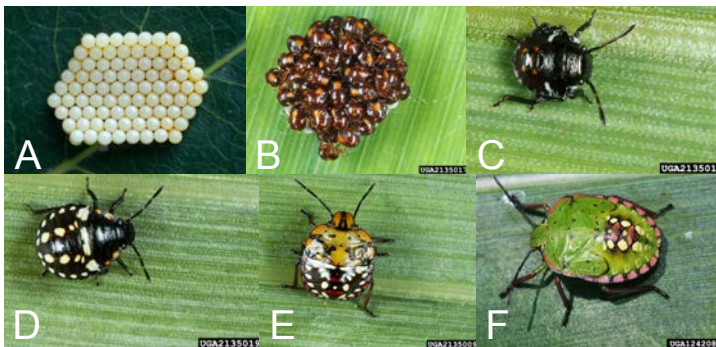
- **Larves:** premiers stades rouge et noir, deux derniers stades majoritairement verts avec taches blanches sur l'abdomen (Fig. 1E-F).
- **Adultes (12-16 mm):** entièrement vert (Fig. 2) ou brun-violetés en automne (individus hivernant) (Fig. 4), parfois forme différente (*torquata*) avec une coloration blanchâtre du haut de la tête et du pronotum (Fig. 5).
- **Caractéristique d'identification:** **trois points blancs** sur la partie supérieure du scutellum, **membrane allaire transparente** (Fig. 2). Ces critères permettent de la différencier de la punaise verte indigène *Palomena prasina* (Fig. 3).



2 - *Nezara viridula*
3 tâches claires,
membrane transparente



3 - *Palomena prasina*
absence de tâches claires,
membrane alaire brune



1 - Stades de développement de la punaise verte du soja
A: oeufs déposés en ooplaque. B: 1er stade larvaire sédentaire.
C: 2ème stade. D: 3ème stade. E: 4ème stade. F: 5ème stade



4 - *N. viridula*
adulte, forme hivernante



5 - *N. viridula*
adulte, forme *torquata*

Comment se développe-t-elle?

La femelle pond ses oeufs en groupes de trente à huitante oeufs en ooplaque (Fig. 1A), après s'être accouplée. De petites larves émergent et restent dans un premier temps (1-2 jours) groupées autour des oeufs. Les stades larvaires 2 à 4 (Fig. 1B-F) se nourrissent ensuite de la plante hôte avant de devenir adulte.

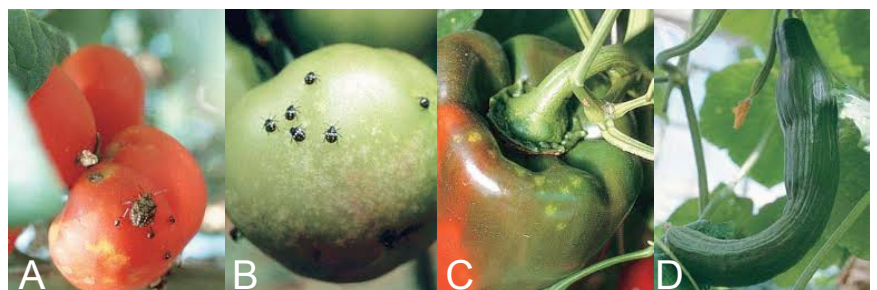
Plantes hôtes

30 familles de plantes hôtes dont certaines cultures:

- soja
- tomates
- haricots
- poivrons
- concombres
- cultures fruitières
- aubergines

Dégâts possibles (Fig. 5, A-D)

- déformations des fruits
- avortement des boutons floraux
- flétrissement des fruits
- chute des fruits



5 - Dégâts en cultures légumières

A: piqûres sur tomate mûre. B: piqûres sur tomate verte. C: piqûres sur poivron. D: déformations sur concombre.

Comment la signaler?

En cas de présence dans vos cultures, merci de nous le signaler par téléphone ou par e-mail avec d'éventuelles photos:

hepia

Laboratoire d'agroécologie et systèmes horticoles (LASH)

lash.hepia@hesge.ch

022 546 68 41

First detection of the southern green stink bug parasitoid *Trichopoda pennipes* (Fabr.) (Diptera: Tachinidae) in Western Switzerland

GAËL PÉTREMAND¹, SOPHIE ROCHEFORT¹, GAËTAN JACCARD² &
SERGE FISCHER²

¹ University of Applied Sciences and Arts of Western Switzerland, hepia, rue de La Prairie 4, 1202 Geneva (GE); gael.petremand@hesge.ch; sophie.rochefort@hesge.ch

² Agroscope Changins-Wädenswil, Route de Duillier 50, 1206 Nyon (VD); serge.fischer@agroscope.admin.ch

Specimens of the feather-legged fly, *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781), were detected in Gy, Perly and Monniaz (canton of Geneva, Switzerland), parasitizing adults of *Nezara viridula* (L.). This is the first record of this Nearctic species in Switzerland North of the Alps, and one of the first records in temperate Europe. *T. pennipes* could have a potential to control the population of *N. viridula*, a pest that causes increasing damages in various crops and is known to be the principal host of this tachinid fly.

Keywords: Tachinidae, parasitism, *Nezara viridula*, biological control, pest regulation.

INTRODUCTION

The feather-legged tachinid fly *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) is an endoparasitoid of adults and late-instar nymphs of the southern green stink bug (SGSB), *Nezara viridula* (L.) (Todd 1989). Native to the Nearctic region, this species has been accidentally introduced in Italy, where it was first recorded in 1988 near Rome (Colazza *et al.* 1996) and is now well established in this country (Colazza *et al.* 1996; Salerno *et al.* 2002; Cargnus *et al.* 2011). In following years, it was found in several other Mediterranean countries: southern France (Tschorsnig *et al.* 2000), Spain (Peris 1998; Tschorsnig *et al.* 2000), Slovenia (De Groot *et al.* 2007), Portugal (Diptera.info 2007a; Diptera.info 2007b), Albania (see Tschorsnig *et al.* 2012), Croatia (Bystrowski 2012), and Israel (Freidberg *et al.* 2011). The species was also detected in Hungary (Sándor 2014), the Netherlands (Zeegers 2010) and northern France (Galerie-insecte 2015). It remains unknown whether it reached Israel and the Netherlands via direct spreading from Italy or by a separate introduction as it happened in Spain (Tschorsnig *et al.* 2000). In Switzerland, *T. pennipes* was detected for the first time in Ticino, in 2006 (Obrecht 2014).

This article presents new records of *T. pennipes* for Switzerland, in the canton of Geneva, and includes notes on its morphology, biology and hosts, as well as some perspectives of its implication in biological control.

RECORDS IN THE CANTON OF GENEVA

Seven parasitized SGSB were found at three different sites in Geneva canton on three different host plants (hollyhock, cucumber, eggplant). Four matures maggots of *T. pennipes* had emerged from some of these bugs.

One adult of *N. viridula* was collected manually on common hollyhock (*Alcea rosea* L.) at Gy (Geneva, 508.627 / 122.967) in a house garden (15.vii.2015). This individual was carrying three eggs fixed on its head and thorax (Fig. 1). The specimen was placed in a small box, fed with fresh bean pods, and sunflower and squash seeds, and maintained at room temperature at the University of Applied Sciences and Arts of Western Switzerland in Geneva (UASWS). On 3 August 2015, a maggot left the bug's body and immediately formed its puparium, soon after the parasitized specimen died. A female of *T. pennipes* (Fig. 2) emerged from the puparium (Fig. 3) 14 days later.

Later, three females and one male of the SGSB parasitized by *T. pennipes* eggs were collected in Perly (Geneva, 496.484 / 113.113), on cucumber cultivated in tunnels. The eggs were located on the abdomen, the pronotum and the corium of the hosts. The first specimen, a male, was collected on 11 September 2015 and kept at a constant room temperature of 25°C in the Agroscope centre of Changins (canton of Vaud). It died two days after its collection (13.ix.2015) and the maggot it contained (Fig. 4) emerged and formed its puparium readily. An adult of *T. pennipes* emerged 13 days later (26.ix.2015). Two other individuals of parasitized *N. viridula* were collected on 25 September 2015 and were still alive during the redaction of this paper. Another specimen of the SGSB was found dead on 30 September 2015 with one empty egg on the pronotum. The mature larva of the parasitoid had probably already emerged.

On the same date, SGSB specimens without eggs were collected and reared in the laboratory. One month later, one puparium was present in the box (29.x.2015),

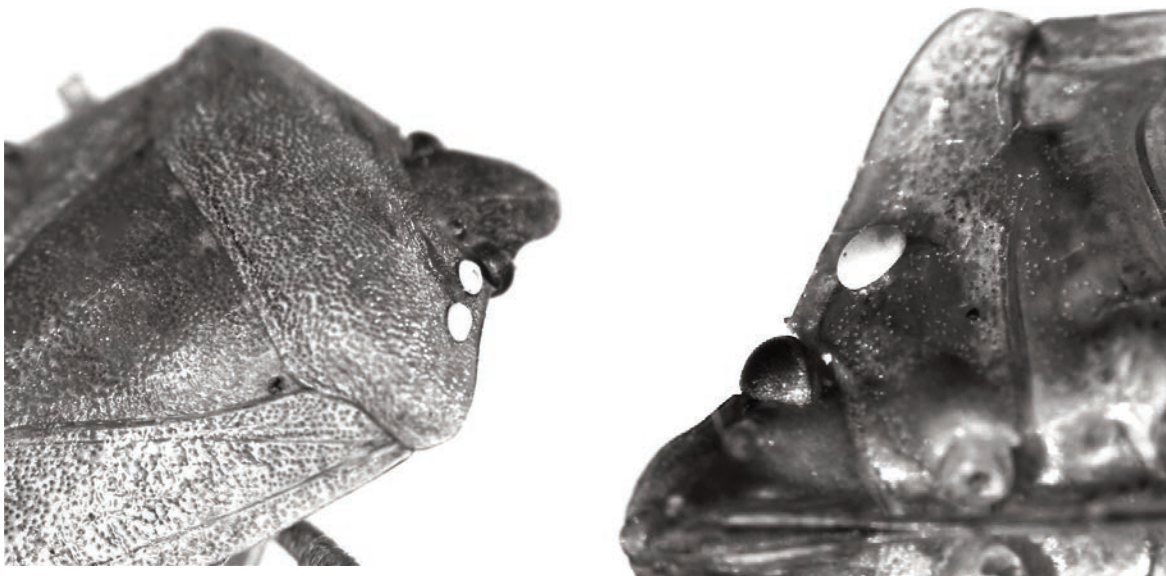


Fig. 1: Specimen of *Nezara viridula* collected at Gy (GE) bearing three eggs of *Trichopoda pennipes*. On the left: two eggs stuck on head and pronotum. On the right: one egg stuck on the propleuron (Photos by Gaël Pétremand, 2015).



Fig. 2: Female of *Trichopoda pennipes* that emerged from the specimen of *N. viridula* in August 2015 (Photo by Gaël Pétremand, 2015).

meaning that eggs probably had been laid on the late-instar nymph of the bug. Finally, several adults of *N. viridula* were collected in eggplant tunnels at Monniaz (Geneva, 512.611 / 121.873, 1.x.2015) and placed in constant room temperature of 23°C at the UASWS. None of them showed eggs on their body. However, a puparium of *T. pennipes* was found in the box on 28 October 2015. The two last puparia did not produce adult flies during the redaction of this paper.

MORPHOLOGY AND BIOLOGY OF *T. PENNIPES*

The adult parasitoid is an easily recognizable Trichopodini, characterized by a row of flattened bristles on the hind tibiae (Fig. 2). Adults are about 10 mm long with a velvety black head. The pronotum is yellowish and shows four longitudinal black stripes. The rest of the thorax and the scutellum are blackish. The abdomen is bright orange, sometimes with a black tip in males, whereas the female's abdomen varies from completely black to orange with a black tip. The wings are mostly black with a hyaline posterior margin, males having a pale ferruginous costal area. Females usually show uniformly black wings, although coastal ferruginous marks sometimes occur (Worthley 1924b).

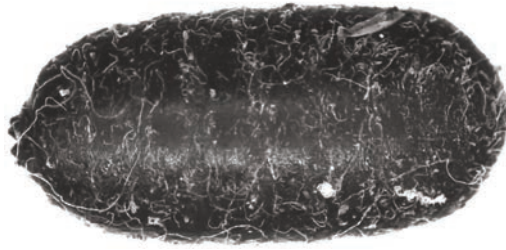


Fig. 3: Puparium of *Trichopoda pennipes* (Photo by Gaël Pétremand, 2015).

In optimal climatic conditions *T. pennipes* shows two to three generations per year. The female lays one to several white-grey oval-shaped eggs on the adults (Fig. 1), or occasionally on late instar-nymphs of large bug species (Salerno *et al.* 2002). Each female produces several hundred eggs during its lifespan. After hatching, neonates perforate the host tegument and enter its body. However, in case of superparasitism, only one larva can survive. The mature maggot (Fig. 4) emerges through the anal extremity of the bug (which dies rapidly), and readily enters the upper soil layer to form a dark brown-red puparium (Fig. 3) (Worthley 1924a). Pupation requires about two (in summer) to four weeks (in spring) (Cagnus *et al.* 2011). *T. pennipes* adults mostly feed on nectar of flowers. Overwintering occurs in the larval stage within the host. Imagos emerge in the following late spring or early summer (Worthley 1924a).

HOSTS OF *T. PENNIPES* IN EUROPE

T. pennipes is known to parasitize several hosts of various Heteroptera families in the New World (Pentatomidae, Coreidae, Alydidae, Pyrrhocoridae) (Arnaud 1978) some of which are of economic importance (Schaefer & Panizzi 2000). However, the most common host is *N. viridula* (Salerno *et al.* 2002). In Europe, since its fortuitous introduction, *T. pennipes* has only been found parasitizing *N. viridula* except for an isolated Italian record on *Graphosoma lineatum* L. (Cerretti & Tschorsnig 2010).

The SGSB is native to Mediterranean and/or Ethiopian regions (Todd 1989). In Europe it has recently become established in non-Mediterranean countries: Hungary, the United Kingdom, Germany and Switzerland (see Rabitsch 2008). It has also been found in Austria, Belgium and Finland, where it is, however, considered as not yet established (Rabitsch 2008). In Switzerland this invasive bug is present, at least occasionally, in most of low altitude areas. In the canton of Geneva, it is



Fig. 4: Maggot of *Trichopoda pennipes* after its emergence from the bug (Photo by Gaëtan Jaccard, 2015).

nowadays a common pest of greenhouse cucumber and eggplant crops and of house gardens and green roofs of the town of Geneva. In the canton of Vaud, it has been repeatedly reported from soybean crops around Nyon and from protected solanaceous crops near Yverdon and elsewhere.

The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Pentatomidae), is also cited as a host of *T. pennipes* in North America (Rice *et al.* 2014; CABI 2015), and thus the fly could participate in the control of this invasive pest detected in Zürich, for the first time in Europe, in 2007 (Wermelinger *et al.* 2008). Since its establishment in Switzerland, this bug has spread in neighbouring countries: France, Germany, Liechtenstein and Italy, but also in Hungary and Greece (see Hays *et al.* 2015). Today, the species is observed throughout Switzerland from St. Gallen to Geneva in the low altitude areas, though its presence is for now restricted mostly to urban areas, inducing very few damages to crops.

Another potential host in Europe is the western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Coreidae) that is parasitized by *T. pennipes* in Connecticut (USA) (Ridge-O'Connor 2001). This bug was first found in northern Switzerland in 2006 (Wyniger 2007) and is rather well established today at least in some regions (Elsa Obrecht pers. com.).

Other known hosts do not occur in Europe but *T. pennipes* could possibly develop on a larger range of Heteroptera species, given the diversity of host families recorded in the New World.

DISCUSSION

The survey of the SGSB in the canton of Geneva revealed the presence of *T. pennipes* for the first time in the North of the Alps area in Switzerland. However, it is impossible to assess how *T. pennipes* reached this region yet. Did it spread naturally from France to Switzerland given that it was found inter alia in the Department of Isère (about 100 km away from Geneva canton)? Did it reach this Swiss area passively through parasitized *N. viridula* via the freight of goods by trucks or planes from Ticino, Italy or from other European or extra-European countries? To answer these questions, some additional records are required, as well as genetic studies. In order to get more data on the dispersion of *T. pennipes* in Switzerland or elsewhere, and to initiate research on its biology and behaviour, the authors would greatly appreciate information on any further records and observations of this beneficial fly.

The feather-legged fly clearly deserves investigations about its potential as a biocontrol agent, as some attempts of introduction to control *N. viridula* or *Anasa tristis* (De Geer 1773) were successful in Hawaii and California (Davis 1964; Pickett *et al.* 1996). However, other experiments led to equivocal results in Australia, South Africa, Argentina and the Fiji Islands (see Salerno *et al.* 2002). Salerno *et al.* (2002) observed a maximum rate of parasitism of nearly 25 % of *N. viridula* populations by *T. pennipes* in various crops distributed in two areas of central Italy. In Hawaii, a 100 % rate of parasitism of *N. viridula* has been reported (Davis 1964).

In the current context of climate warming, damages due to the SGSB and brown marmorated stink bug will probably increase during the next decades. Given the potentiality of *T. pennipes* in the control of *N. viridula* populations, an effort of investigations should be done to assess: 1) the possibility of the parasitoid to

establish permanently in the North of the Alps area in Switzerland, 2) its capacity to survive brief periods of adverse climatic conditions and 3) its potential for the control of *N. viridula* and/or other Pentatomidae species.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Elsa Obrecht and Hans-Peter Tschorsnig for their help in finding basic information about the actual distribution of the species and for their constructive comments on the manuscript. A part of this work was realized under the pilot program «Adaptation to climate changes» supported by the Federal Office for Agriculture (FOAG).

RÉSUMÉ

Des individus de *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) parasitant des adultes de *Nezara viridula* (L.) ont été récoltés à Gy, Perly et Monniaz (canton de Genève, Suisse). C'est la première mention de cette espèce néarctique au nord des Alpes en Suisse, et une des premières mentions en Europe tempérée. *T. pennipes* pourrait avoir un potentiel de régulation des populations de *N. viridula*, un ravageur qui inflige des dégâts de plus en plus importants dans différentes cultures et connu comme étant l'hôte principal de cette mouche tachinide.

REFERENCES

- Arnaud, P.H. 1978. A Host-Parasite Catalog of North American Tachinidae (Diptera). — United States Department of Agriculture, Washington, 860 pp.
- Bystrowski, C. 2012. Thoughts on how *Trichopoda pennipes* (F.) reached Israel. — *The Tachinid Times* 25: 13–15.
- CABI 2015. *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International [online]. Available from <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377> (accessed 22.09.2015).
- Cargnù, E., Buian, F.M. & Zandigiacomo, P. 2011. Presenza di *Trichopoda pennipes* (Diptera, Tachinidae) nell'Italia nord-orientale. — *Bollettino della Società Naturalisti «Silvia Zenari»* 35: 123–130.
- Cerretti, P. & Tschorsnig, H.-P. 2010. Annotated host catalogue for the Tachinidae (Diptera) of Italy. — *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie* 3: 305–340.
- Colazza, S., Giangiuliani, G. & Bin, F. 1996. Fortuitous introduction and successful establishment of *Trichopoda pennipes* F.: adult parasitoid of *Nezara viridula* (L.). — *Biological Control* 6 (3): 409–411.
- Davis, C.J. 1964. The introduction, propagation, liberation, and establishment of parasites to control *Nezara viridula* variety *smaragdula* (Fabricius) in Hawaii (Heteroptera: Pentatomidae). — *Proceedings of the Hawaii Entomological Society* 18: 369–375.
- De Groot, M., Virant-Doberlet, M. & Žunič, A. 2007. *Trichopoda pennipes* F. (Diptera, Tachinidae): a new natural enemy of *Nezara viridula* (L.). Slovenia-short communication. — *Agricultura (Slovenia)* 5(1): 25–26.
- Diptera.info. Forum. 2007a. Fly from Spain [online]. Available from http://www.diptera.info/forum/viewthread.php?forum_id=5&thread_id=8225 (accessed 25.08.2015).
- Diptera.info. Forum. 2007b. Georgeous black syrphidic [online]. Available from http://www.diptera.info/forum/viewthread.php?forum_id=5&thread_id=8971 (accessed 25.08.2015).
- Freidberg, A., Morgulis, E. & Cerretti, P. 2011. The invasive species *Trichopoda pennipes* (F.) (Diptera: Tachinidae) found in Israel. — *Tachinid Times* 24: 14–15.
- Galerie-insecte 2015. *Trichopoda* – Distribution en France métropolitaine [online]. Available from <http://www.galerie-insecte.org/galerie/repartition.php?dep=38&gen=Trichopoda> (accessed 04.11.2015).
- Haye, T., Gariépy, T., Hoelmer, K., Rossi, J.P., Streito, J.C., Tassus, X., & Desneux, N. 2015. Range expansion of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide. — *Journal of Pest Science*: 1–9.
- Obrecht, E. 2014. Erstfunde von *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) (Diptera, Tachinidae) in der Schweiz, und eine Würdigung einer Amateurentomologin. — *Contributions to Natural History* 25: 71–79.

- Peris, S.V. 1998. Un Trichopodini (Diptera, Tachinidae, Phasiinae) en España. — Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 94(1–2): 163–164.
- Pickett, C.H., Schoenig, S.E. & Hoffmann, M.P. 1996. Establishment of the squash bug parasitoid, *Trichopoda pennipes* Fabr. (Diptera: Tachinidae), in northern California. — The Pan-Pacific entomologist 72: 220–226.
- Rabitsch, W. 2008. Alien true bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). — Zootaxa 1827: 1–44.
- Rice, K.B., Bergh, C.J., Bergmann, E.J., Biddinger, D.J., Dieckhoff, C., Dively, G. & Tooker, J.F. 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). — Journal of Integrated Pest Management 5(3): 1–13.
- Ridge-O'Connor, G.E. 2001. Distribution of the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) in Connecticut and parasitism by a tachinid fly, *Trichopoda pennipes* (F.) (Diptera: Tachinidae). — Proceedings of the Entomological Society of Washington 103(2): 364–366.
- Salerno, G., Colazza, S., & Bin, F. 2002. *Nezara viridula* parasitism by the tachinid fly *Trichopoda pennipes* ten years after its accidental introduction into Italy from the New World. — Bio-Control 47(6): 617–624.
- Sándor, N. 2014. A parasitic Trichopoda fly killing southern green stink bugs arrives in Hungary [online].
<http://nagyelte.blogspot.de/2014/10/trichopoda-pennipes-fly-parasitizing.html>
(consulted 02.09.2015).
- Schaefer, C.W. & Panizzi, A.R. 2000. Heteroptera of Economic Importance. — CRC Press, Boca Raton, Florida, 828 pp.
- Todd, J.W. 1989. Ecology and behavior of *Nezara viridula*. — Annual Review of Entomology 34(1): 273–292.
- Tschorsnig, H.-P., Zeegers, T. & Holstein, J. 2000. Further records of the introduced parasitoid *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) (Diptera, Tachinidae) from northeastern Spain and southern France. — Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 96: 215–216.
- Tschorsnig, H.-P., Cerretti, P. & Zeegers, T. 2012. Eight “alien” tachinids in Europe. — The Tachinid Times 25: 11–13.
- Wermelinger, B., Wyniger, D. & Forster, B. 2008. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? — Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 81: 1–8.
- Worthley, H.N. 1924a. The biology of *Trichopoda pennipes* Fab. (Diptera, Tachinidae), a parasite of the common squash bug. Part 1. Psyche 31: 7–16.
- Worthley, H.N. 1924b. The biology of *Trichopoda pennipes* Fab. (Diptera, Tachinidae), a parasite of the common squash bug. Part 2. — Psyche 31: 57–77.
- Wyniger, D. 2007. First record of *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera, Coreidae) in northern Switzerland, with additional records from southern Switzerland. — Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 80: 161–165.
- Zeegers, T. 2010. Tweede aanvulling op de naamlijst van Nederlandse sluipvliegen (Diptera: Tachinidae). — Nederlandse Faunistische Mededelingen 34: 55–66.

(received October 12, 2015; accepted November 12, 2015; published December 31, 2015)

La zeuzère du poirier, *Zeuzera pyrina*, est un lépidoptère appartenant à la famille des *Cossidae*. Originaire d'Europe, ce papillon est aujourd'hui également répan- du en Afrique du Nord, en Asie et en Amérique du Nord.

Les larves de zeuzère sont xylophages et se développent dans des galeries creusées dans le bois vivant de plus de 150 espèces d'angiospermes. Affaiblis, les arbres deviennent vulnérables à l'action du vent et sensibles aux ravageurs et maladies. Les galeries provoquent également le dessèchement des feuilles, des branches et le dépérissement des jeunes arbres. Dans les climats méditerranéens, la zeuzère engendre des pertes économiques importantes, notamment dans les cultures comme la pomme, la poire ou l'olivier, mais aussi chez des espèces ornementales. Même si sa présence se fait de plus en plus marquée en Suisse, ce lépidoptère ne représente pas encore un danger pour le moment. Cependant, de plus en plus de producteurs mettent en place des systèmes de lutte contre ce ravageur. Par ailleurs, il n'est pas rare que des arbres d'ornement doivent être remplacés, ce qui représente des coûts importants pour les collectivités publiques. Dans un contexte de changements climatiques, il est réaliste de s'attendre à l'allongement de la période de vol des adultes, à l'augmentation des populations ainsi que des dommages occasionnés en Suisse.

Biologie

Le cycle de développement de la zeuzère s'étale entre 1 à 3 ans en fonction du climat. Les larves hivernent dans le tronc ou les branches de leur hôte. Durant les périodes froides, l'activité des larves ralentit ou s'arrête. Ainsi, elles s'alimentent peu ou pas de novembre à février. L'activité reprend lentement dès la fin de l'hiver.

La nymphose se réalise dans la galerie larvaire sur une période de 3 à 6 semaines à partir d'avril jusqu'à fin juillet. La chrysalide (photo 1) se tient la tête vers le bas dans sa loge. Elle est mobile et se déplace lentement jusqu'à l'entrée de la galerie grâce à des rangées d'épines se trouvant sur ses segments. Ainsi, elle émerge de moitié de la galerie juste avant l'apparition de l'adulte. Les adultes (photos 2 et 3) émergent de leur chrysalide entre début juin et début septembre en fonction du climat. La durée de vie des adultes s'étale entre 4 et 10 jours et peut atteindre jusqu'à 14.5 jours en période fraîche. L'adulte ne s'alimente pas et son activité est principalement nocturne.

L'accouplement intervient généralement dans les 24 heures suivant l'émergence des papillons. La femelle peut pondre plus de 1000 œufs durant 5 à 7 jours (photo 4). Les œufs sont pondus en masse, au moyen d'un ovipositeur (photo 5), dans les anciennes galeries, sous les écorces, sur le tronc, les branches et parfois dans le sol. En milieu naturel, la durée d'incubation des œufs est de 10 à 15 jours.

Après éclosion, les larves restent groupées sur le lieu de ponte et tissent ensemble un cocon soyeux et relâché. Elles subsistent à l'état grégaire pendant 1 ou 2 jours puis commencent à se disperser. Elles se dirigent vers les extrémités des organes végétatifs et commencent alors à se nourrir. L'attaque primaire se produit toujours sur les organes jeunes de l'arbre tels que les feuilles, les jeunes rameaux ou les bourgeons. Les larves migrent ensuite pour pénétrer dans les branches et le tronc

grâce à leurs puissantes mandibules. Dans le bois, les chenilles se nourrissent surtout de la sève élaborée, riche en sucres.

Hôtes et dégâts

La larve de zeuzère peut vivre sur une très large gamme d'arbres et d'arbustes angiospermes comme notamment le pommier, le poirier, le chêne, le tilleul, l'orme, le saule, le noyer, le platane ou encore le cerisier. Par conséquent, elle est particulièrement redoutée dans les régions de cultures fruitières et dans les pépinières. Ce ravageur n'a jamais été observé sur les conifères.

Les larves creusent des galeries dans les rameaux, les branches et parfois dans les troncs (photo 6). Les parties touchées ne dépassent en général pas 10 cm de diamètre. Ces galeries (photo 7) ont pour conséquences un dessèchement du feuillage et des branches et représentent une porte d'entrée pour d'autres ravageurs et agents pathogènes. Les arbres attaqués par la zeuzère sont alors affaiblis et deviennent ainsi plus vulnérables à l'action du vent. La gravité des attaques varie en fonction de l'âge de la plante hôte. En effet, il suffit d'une chenille pour détruire un jeune arbre. Les arbres vigoureux résistent mieux aux attaques mais peuvent perdre une partie de leur charpente. En ce concerne les arbres âgés, les attaques de zeuzère peuvent leur être fatales. Enfin, les galeries creusées dans le tronc dévalorisent le bois (photo 8). La présence du ravageur peut être signalée par l'accumulation d'excréments et de déchets de bois à l'entrée de galeries d'environ 1 cm de diamètre. La présence de sciure de bois au pied du tronc est parfois observable. On constate également le dessèchement des feuilles, des branches et le dépérissement des pousses et des jeunes arbres.

Moyens de lutte

Vivant dans le bois, la zeuzère est un insecte non seulement difficile à observer, mais également à contrôler. La lutte mécanique consiste à introduire un fil métallique dans la galerie afin de tuer la larve. Cette lutte est efficace mais très fastidieuse car il n'est pas toujours aisé de trouver l'entrée des galeries. La lutte chimique ayant montré ses limites, il est d'autant plus important d'avoir une bonne connaissance du développement de l'insecte afin d'optimiser la lutte biologique. Le piégeage de masse permet la détection et le suivi du papillon. Il peut être utilisé pour déterminer la présence du ravageur, pour comprendre son développement et pour suivre l'évolution des populations. La lutte par confusion sexuelle vise à perturber l'activité sexuelle du papillon en diffusant en masse les phéromones spécifiques à la zeuzère dans l'environnement. Cette méthode s'est révélée très efficace dans les vergers dont la population larvaire initiale ne dépasse pas 35-70 larves pour 100 arbres. Les pièges et diffuseurs sont installés au-dessus de la canopée avant le début du vol des adultes jusqu'au début de l'automne (de mai à septembre, selon les régions).

Dans le contexte de réchauffement climatique, les populations pourraient augmenter en Suisse et la période de vol des adultes pourrait s'allonger. Une augmentation des dommages causés par ce ravageur est à craindre particulièrement dans les pépinières ou les jeunes plantations, d'où la nécessité d'une meilleure connaissance de cet insecte et de sa biologie.

Zeuzera pyrina

La zeuzère du poirier



1. ▲◀ Chrysalide
© Lucie Kriznar

2. ▲ Adulte
© Lucie Kriznar

4. ▼ Œufs de *Zeuzera pyrina*
© Camille Minguely, hepia

5. ▼ Ovipositeur de la femelle
© Lucie Kriznar

3. ▲ Les antennes du mâle (gauche) sont fortement bipeccinées à leur base tandis que celles de la femelle (droite) sont filiformes et présentent une base blanche de poils duveteux
© Camille Minguely, hepia



6. ▼ Larve de *Zeuzera pyrina*
© Camille Minguely, hepia



7. ▲ Galeries dans un tronc de jeune platane.
© Jean-Marc Beffa



8. ◀ Gonflement de l'écorce sur platane.
© Jean-Marc Beffa

La zeuzère du poirier n'attaque pas seulement les poiriers!

Les antennes du mâle (à gauche) sont fortement bipectinées à leur base, tandis que celles de la femelle (à droite) sont filiformes et présentent une base de poils blancs duveteux.

Malgré une présence de plus en plus marquée, ce lépidoptère ne représente pas encore un danger en Suisse



© Camille Minguely

Ravageur particulièrement redoutable pour les pépinières et les jeunes plantations, les larves xylophages de la zeuzère peuvent se développer sur une très large gamme d'arbres et d'arbustes. Texte: **Camille Minguely, Sophie Rochefort et François Lefort*** Photos: **Camille Minguely et Lucie Kriznar**

La zeuzère du poirier, *Zeuzera pyrina*, est un lépidoptère de la famille des Cossidae. Originaire d'Europe, ce papillon est aujourd'hui répandu en Afrique du Nord, en Asie et en Amérique du Nord.

C'est une espèce très prolifique dont les larves xylophages se développent dans des galeries creusées dans le bois vivant de plus de 150 espèces d'Angiospermes. Affaiblis, les arbres deviennent vulnérables à l'action du vent et sensibles aux ravageurs et maladies. Les galeries entraînent un des-

sèchement des feuilles et des branches et le dépérissement des jeunes arbres.

Sous un climat méditerranéen, la zeuzère engendre des pertes économiques importantes, notamment dans les vergers de pommiers et de poiriers ou dans les oliveraies, mais aussi chez des espèces ornementales. Malgré une présence de plus en plus marquée, ce lépidoptère ne représente pas encore un danger en Suisse. Pourtant, de plus en plus de producteurs mettent en place des systèmes de lutte contre ce ravageur et il n'est pas rare que des

*Institut Terre-Nature-Environnement (inTNE), Haute Ecole du paysage, d'ingénierie et d'architecture (Hepia), HES-SO/ Genève, route de Presinge 150, 1254 Jussy.

arbres d'ornement doivent être remplacés, occasionnant des coûts importants pour les collectivités publiques.

Comme tous les insectes, sa température corporelle varie selon la température de son environnement immédiat. Son métabolisme est donc dépendant des températures.

Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, il est réaliste de s'attendre à un allongement de la période de vol des adultes, à une augmentation des populations de zeuzère et du nombre de dommages occasionnés.

sont blanches et translucides, parsemées de points noir à bleu métallique, et la nervation des ailes est de couleur ocre. Les ailes postérieures sont identiques, mais de contraste plus pâle. Le thorax est recouvert de poils blancs et porte six taches noires symétriques. L'abdomen duveteux porte des poils blancs et des taches noires. Chez le mâle, il est terminé par une touffe anale, alors que la femelle porte un long ovipositeur jaune orangé extensible. Le dimorphisme sexuel au niveau de la forme des antennes permet de distinguer aisément une femelle d'un mâle. Les antennes du mâle sont forte-

© Camille Minguely



1

© Camille Minguely



2

© Lucie Kriznar



3

© Lucie Kriznar



4

- 1 Œufs.
- 2 Larve dans sa galerie.
- 3 Chrysalide.
- 4 Adulte.
- 5 Ovipositeur de la femelle.

DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE

L'œuf est de forme ovale, de couleur rose orangé et mesure environ 1 mm de long. De cet œuf éclot une petite larve orange tachée de points noirs sur chacun de ses segments. Ses deux extrémités sont noires et brillantes. La larve devient ensuite blanc crème et peut atteindre 50-60 mm de long. La tête porte de fortes mandibules qui lui permettent de creuser sa galerie dans le bois. La chrysalide, de couleur brun clair à rougeâtre et brillante, mesure entre 25 et 40 mm. Les épines des segments permettent à la chrysalide de se déplacer. A la fin de la métamorphose émerge un grand papillon, facilement reconnaissable, d'une envergure de 45-48 mm pour le mâle et 55-70 mm pour la femelle. La couleur et le dessin des ailes sont semblables pour les deux sexes: les ailes antérieures



5

© Lucie Kriznar



6

6 Galerie dans un tronc de jeune platane.

7 Gonflement de l'écorce sur platane.



7

ment bipectinées à leur base, tandis que celles de la femelle sont filiformes et présentent une base blanche de poils duveteux.

BIOLOGIE

Le cycle de développement de la zeuzère dure de un à trois ans selon le climat. Dans le bassin méditerranéen, le cycle est d'un an. Plus au nord, le développement se déroule sur deux ans. Les adultes sont alors issus de larves ayant hiverné deux fois.

Les larves passent l'hiver dans le tronc ou les branches de leur hôte. Leur activité ralentit ou s'arrête;

elles s'alimentent peu de novembre à février. Leur activité reprend lentement ensuite.

La métamorphose se réalise dans la galerie larvaire en trois à six semaines d'avril à fin juillet. La chrysalide se déplace lentement jusqu'à l'entrée de la galerie grâce aux épines de ses segments et émerge de moitié de la galerie juste avant l'apparition de l'adulte.

Les adultes émergent de leur chrysalide entre début juin et début septembre. Leur durée de vie varie entre quatre et dix jours et peut atteindre 14,5 jours en période fraîche. L'adulte ne s'alimente pas et son activité est principalement nocturne.

L'accouplement intervient rapidement après l'émergence des papillons, qui s'accouplent souvent la nuit même de leur sortie. La femelle peut pondre plus de 1000 œufs durant cinq à sept jours.

Les œufs sont pondus en masse dans les galeries, sous les écorces, sur le tronc ou les branches, parfois au sol lorsqu'il y a peu de lieux propices à la ponte ou lorsque le papillon est tombé à terre. En milieu naturel, la durée d'incubation des œufs est de dix à quinze jours.

Après éclosion, les larves, groupées sur le lieu de ponte, tissent ensemble un cocon soyeux et subsistent à l'état grégaire pendant un à deux jours, puis elles se dirigent vers les extrémités des organes végétaux et commencent à se nourrir sur les organes jeunes de l'arbre tels que les feuilles, les jeunes rameaux ou les bourgeons. Les larves migrent et créent leur galerie finale dans les branches et le tronc grâce à leurs puissantes mandibules.

HÔTES ET DÉGÂTS

La larve peut vivre sur plus de 150 espèces d'arbres et d'arbustes de plus de 20 genres différents, dont notamment le pommier, le poirier, le chêne, le tilleul, l'orme, le saule, le noyer, le platane ou encore le cerisier, mais n'a jamais été observée sur des conifères.

Présente sur des plantes de toute taille, elle occasionne des dégâts catastrophiques sur les jeunes arbres. Ce ravageur est donc particulièrement redouté dans les régions de cultures fruitières, sur les jeunes alignements et dans les pépinières.

La présence du ravageur peut être détectée par l'accumulation d'excréments et de déchets de bois à l'entrée de galeries et parfois par la présence de sciure de bois au pied du tronc.

Les galeries creusées par les larves affaiblissent les arbres attaqués, qui deviennent plus vulnérables à l'action du vent. Ces galeries entraînent le dessè-

En Suisse, plus de 80 hectares seront protégés contre la zeuzère par la confusion sexuelle en 2015

chement des feuilles, des branches et la mort des jeunes arbres, et représentent des portes d'entrée pour d'autres ravageurs et micro-organismes pathogènes. La gravité varie en fonction de l'âge de la plante. Si un seul individu peut détruire un jeune arbre, les arbres vigoureux résistent mieux aux attaques. Ces dernières peuvent par contre être fatales pour les arbres âgés.

LA ZEUZÈRE DANS LE MONDE

Le genre *Zeuzera* compte plus d'une quarantaine d'espèces dans le monde, parmi lesquelles *Zeuzera coffea*, un ravageur bien connu en Asie, qui attaque plus de 40 espèces d'arbres et arbustes, telles que le caféier, l'avocatier, le cacaoyer, le cotonnier et l'arbre à thé. Une autre espèce, *Zeuzera multistri-gata*, cause de sérieux dommages de l'Inde jusqu'en Corée sur quelques espèces d'arbres, notamment sur les espèces de sériculture en Chine. La zeuzère du poirier est présente dans de nombreux pays, mais est devenue un ravageur problématique dans les vergers d'oliviers depuis quelques décennies, en Israël, en Iran et en Égypte, où elle cause des pertes de rendement importantes.

En Suisse, sa présence se fait toujours plus marquée et de plus en plus de producteurs mettent en place des systèmes de lutte contre ce lépidoptère. En effet, plus de 80 hectares seront protégés contre la zeuzère par la confusion sexuelle en 2015, soit plus du double qu'en 2014. A Genève, quelques cas de zeuzère ont été observés sur des alignements urbains de tilleuls et de platanes, occasionnant des coûts importants et justifiant la mise en place de lutte préventive. Au Tessin, la zeuzère a causé en 2014 des dégâts en pépinières, en cultures fruitières et en alignements urbains, qui ont incité à augmenter la lutte en 2015.

L'augmentation de la présence de ce ravageur est probablement liée à la hausse des températures moyennes, mais il est possible que les échanges commerciaux y contribuent.

MOYENS DE LUTTE

Vivant dans le bois, la zeuzère est un insecte difficile à observer, et donc à contrôler. La lutte mécanique consiste à introduire un fil métallique dans

la galerie afin de tuer la larve. Cette lutte est efficace mais fastidieuse, car il est difficile de trouver l'entrée des galeries. Une autre méthode consiste à tailler les parties attaquées, ce qui n'est pas réalisable lorsque le ravageur se trouve dans le tronc ou dans une branche charpentière.

La lutte chimique est compliquée, voire impraticable, car l'insecte passe une grande partie de son cycle à l'intérieur des branches et des troncs et échappe ainsi aux applications d'insecticides. La longue période de vol de l'adulte est peu compatible avec la lutte chimique. En Suisse, il n'existe pas de produits homologués contre ce lépidoptère. L'optimisation de la lutte biologique nécessite une bonne connaissance du développement de l'insecte. En ce qui concerne la zeuzère, les deux approches les plus utilisées sont le piégeage de masse et la lutte par confusion sexuelle. Les nématodes entomopathogènes ainsi que les champignons entomophages semblent être aussi de bons candidats comme agents biologiques contre la zeuzère. Le piégeage de masse utilise les phéromones sexuelles du papillon femelle pour attirer les individus mâles dans un piège. Cette méthode permet la détection et le suivi du papillon et est utilisée pour déterminer la présence du ravageur, comprendre son développement et suivre l'évolution des populations.

La lutte par confusion sexuelle vise à perturber l'activité sexuelle du papillon en diffusant en masse les phéromones spécifiques à la zeuzère dans l'environnement. Les mâles n'arrivent plus à localiser les femelles, ce qui engendre une diminution du taux de fécondation et donc du nombre d'éclosions. Cette méthode s'est révélée très efficace dans les vergers dont la population larvaire initiale ne dépasse pas 35-70 larves pour 100 arbres. Des expériences menées en Espagne et en Égypte ont montré que la densité larvaire diminuait de 87 à 96% en trois à quatre années de lutte consécutive. Les pièges et diffuseurs sont installés au-dessus de la canopée avant le début du vol des adultes jusqu'au début de l'automne.

CONCLUSION

La zeuzère est un ravageur à surveiller dans le contexte de réchauffement climatique annoncé, car il est probable que les dommages occasionnés sur les cultures fruitières et ornementales soient de plus en plus importants. Connaître la biologie de cet insecte sera donc primordial pour mettre en œuvre des stratégies de lutte efficaces et durables. ■

First detection of the southern green stink bug parasitoid *Trichopoda pennipes* (Fabr.) (Diptera: Tachinidae) in Western Switzerland

Gaël Pétremand, Sophie Rochefort - hepia, HES-SO, Genève
Serge Fischer, Gaëtan Jaccard - Agroscope, Changins

Introduction

The feather-legged tachinid fly *Trichopoda pennipes* (Fabricius, 1781) is an endoparasitoid of adults and late-instar nymphs of the southern green stink bug (SGSB), *Nezara viridula* (L.). Native to the Nearctic region, this species has been accidentally introduced in Italy, where it was first recorded in 1988 near Rome and is now well established in this country. In following years, it was found in several other Mediterranean countries: southern France, Spain, Slovenia, Portugal, Albania, Croatia, and Israel (Fig. 1). The species was also detected in Hungary, the Netherlands and northern France (Fig. 1). It remains unknown whether it reached Israel and the Netherlands via direct spreading from Italy or by a separate introduction as it happened in Spain. In Switzerland, *T. pennipes* was detected for the first time in Ticino, in 2006.

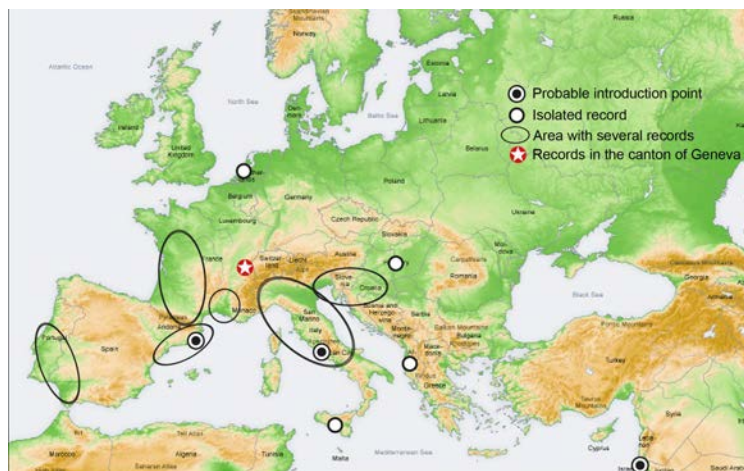


Figure 1. Actual distribution map of *T. pennipes* in Europe.

Morphology and biology

The adult parasitoid is an easily recognizable Trichopodini, characterized by a row of flattened bristles on the hind tibiae (Fig. 2). Adults are about 10 mm long with a velvety black head. The pronotum is yellowish and shows four longitudinal black stripes. The wings are mostly black with a hyaline posterior margin.

In optimal climatic conditions *T. pennipes* shows two to three generations per year. The female lays one to several white-grey oval-shaped eggs on the adults (Fig. 3), or occasionally on late instar-nymphs of large bug species (Fig. 3). After hatching, neonates perforate the host tegument and enter its body. The mature maggot (Fig. 2) emerges through the anal extremity of the bug (which dies rapidly), and readily enters the upper soil layer to form a dark brown-red puparium (Fig. 2). *T. pennipes* adults mostly feed on nectar of flowers.

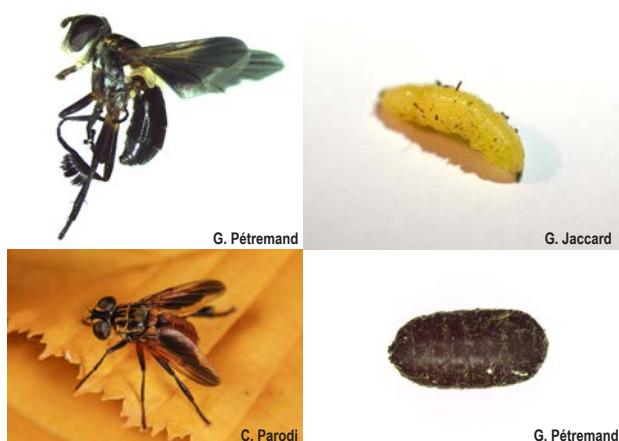


Figure 2. Different development stages of *T. pennipes*. Top left : adult female. Bottom left : adult male. Top right : *T. pennipes* maggot after its emergence from the bug. Bottom right : the brown-red pupa of the fly.

Records in the canton of Geneva (GE)

Seven parasitized SGSB were found at three different sites in the canton of Geneva (Gy, Perly and Monniaz) on three different host plants (hollyhock, cucumber, eggplant). Four matures maggots of *T. pennipes* had emerged from some of these bugs. In the canton of Geneva, the SGSB is nowadays a common pest of greenhouse cucumber and eggplant crops. It is the main host of *T. pennipes* in Europe.



Figure 3. The SGSB *Nezara viridula*. On the left : the 5th instar nymph. On the right: adult specimen collected at Gy (GE) bearing two eggs of *Trichopoda pennipes* stuck on its pronotum.

Other potential hosts in Europe (Fig. 4)

- *Graphosoma lineatum* : recorded once as an host in Italy.
- *Halyomorpha halys* : an invasive pest detected for the first time in Europe in Zürich (2007) cited as a host of *T. pennipes* in North America.
- *Leptoglossus occidentalis* : another potential host in Europe that is parasitized by *T. pennipes* in Connecticut (USA). Well established in Switzerland at least in some region since 2006.



Figure 4. Three other potential alternative hosts of the tachinid fly. From the left : *Graphosoma lineatum* (Source : http://farm1.staticflickr.com/125/340597698_461c80d3aa_z.jpg?zz=1), *Halyomorpha halys* and *Leptoglossus occidentalis* (Source : <http://www.naturespot.org.uk/species/western-conifer-seed-bug-0>).

Discussion

The presence of *T. pennipes* was revealed for the first time in the North of the Alps area in Switzerland. However, it is impossible to assess how it reached this region yet. To answer this question, some additional records are required, as well as genetic studies.

The feather-legged fly clearly deserves investigations about its potential as a biocontrol agent, as some attempts of introduction to control *N. viridula* or *Anasa tristis* (De Geer 1773) were successful in Hawaii and California. However, other experiments led to equivocal results in Australia, South Africa, Argentina and the Fiji Islands. A maximum rate of parasitism of nearly 25 % of *N. viridula* population by *T. pennipes* in various crops of central Italy was observed. In Hawaii however, a 100 % rate of parasitism of *N. viridula* has been reported.

Perspectives

In the current context of climate change, damages due to the SGSB and *Halyomorpha halys* will probably increase during the next decades. Given the potentiality of *T. pennipes* in the control of *N. viridula* populations, an effort of investigations should be done to assess: 1) the possibility of the parasitoid to establish permanently in the North of the Alps area in Switzerland, 2) its capacity to survive brief periods of adverse climatic conditions and 3) the intensity of its parasitism on the SGSB and/or other Pentatomidae species.

Perspectives de lutte biologique contre les punaises *Halyomorpha* et *Nezara*

S. Fischer, G. Jaccard Agroscope, CH-1260 Nyon; www.agroscope.ch

G. Pétremand hepia; www.hesge.ch/hepia

Tim Haye, CABI, 2800 Delémont; www.cabi.org

La punaise marbrée *Halyomorpha halys*

Cette espèce d'origine chinoise (fig 1) est en passe d'envahir l'ensemble de notre continent. Pour l'instant ses populations demeurent essentiellement confinées aux zones urbaines, mais il est probable qu'elle constituera un problème agronomique majeur dans les années à venir, si l'on se réfère à l'évolution observée aux USA, où l'insecte a été introduit plus tôt qu'en Europe.



Fig. 1. *H. halys*: adulte (à gauche) et nymphe de 2^{ème} stade (à droite)

Prospection des parasitoïdes indigènes de *H. halys*

L'usage de pontes sentinelles de *H. halys* (fig. 2) aux embryons tués par stockage à -80°C a fourni plusieurs espèces de parasitoïdes oophages. Mais les capacités de défense de la punaise par encapsulation sont telles qu'une seule espèce, *Anastatus bifasciatus* (Hymen., Eupelmidae, fig. 3) s'est montrée jusqu'ici capable d'un développement complet dans des œufs-hôtes vivants.



Fig. 2. Ponte sentinelle sur chêne



Fig. 3. *A. bifasciatus* femelle

Nos premières études montrent qu'*A. bifasciatus* présente des caractéristiques intéressantes, dont sa capacité de parasiter des œufs-hôtes à un stade très proche de leur éclosion, grâce à un venin particulièrement agressif, et ce, contrairement aux représentants du genre *Trissolcus*. De plus la femelle pratique l'host-feeding et parvient à échapper aux prédateurs par réflexe de saltation. Parmi ses désavantages, notons une faible fécondité (~ 40 œufs/♀), une gamme d'hôtes très large (qui s'étend aux pontes de lépidoptères), ainsi qu'une tendance à quitter rapidement la zone de lâcher avant de rechercher des nouveaux hôtes: son éventuel usage en cultures exigera donc des stratégies adaptées à ce comportement pré-ovipositoire.

La punaise verte du soja *Nezara viridula*

Profitant des altérations climatiques, cette punaise commune en zone méditerranéenne (fig. 4) montre depuis le début des années 2000 une expansion progressive vers le nord de l'Europe. Elle devient ainsi un ravageur de plus en plus problématique des cultures de concombre et d'aubergine dans les bassins lacustres à hivers doux de Suisse occidentale.

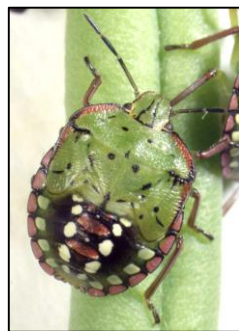


Fig. 4. Nymphe de 5^{ème} stade de *N. viridula*



Fig. 5. *Trissolcus basalis*, un parasitoïde oophage spécialisé sur les Pentatomidae

Essais de lutte biologique prévus en 2016

Actuellement les producteurs jugulent les attaques de *N. viridula* au moyen d'une application d'acétamipride, solution qui n'est pas pertinente à terme. Des essais de lutte biologique inondative sont prévus l'an prochain, au moyen de deux espèces de parasitoïdes oophage du genre *Trissolcus* (Hymen., Scelionidae, fig. 5) élevées à Changins.

Un nouvel auxiliaire potentiel à étudier

En 2015, pour la première fois au Nord des Alpes, des individus de *N. viridula* parasités par la mouche tachinaire *Trichopoda pennipes* (fig. 6) ont été observés dans la région genevoise. La femelle de cet entomophage d'origine néarctique dépose ses œufs sur les téguments des adultes ou des nymphes de 5^{ème} stade du ravageur. Après éclosion, la larve du diptère pénètre la cuticule de l'hôte et se développe alors en endoparasitoïde. Cet auxiliaire, peu étudié, pourrait présenter un intérêt sous abris, via une introduction précoce visant les adultes pré-reproducteurs de punaises au terme de leur diapause hivernale.



Fig. 6. *Trichopoda pennipes* (Dipt., Tachinidae); mâle (à gauche) et œufs fixés sur la tête et le pronotum de *N. viridula* (à droite)