



UFR Sciences  
2, Bd Lavoisier  
49045 ANGERS Cedex 01



AGROCAMPUS OUEST  
65 rue de St Brieuc, CS 84 215, BP  
35042 - RENNES Cedex  
Université de Rennes I  
1, 2 rue du Thabor, CS 46510 - 35065  
RENNES Cedex



AREXHOR Pays de la Loire  
Centre Florilore  
1 rue des Magnolias  
49130 LES PONTS-DE-CE

Mémoire de Fin d'Etudes

**Master 2 Sciences Technologie Santé  
Mention Biologie et Technologie du Végétal  
Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV)**

Parcours : I Productions Végétales Spécialisées / Option : Produits phytosanitaires et méthodes alternatives.

Année universitaire 2012-2013

**Évaluation d'une stratégie de contrôle innovante de *Tetranychus urticae* en culture sous abris et mise au point de règles de décision**

Par : Clément ALESTRA

Soutenu à Angers le : 13/09/2013

**Devant le jury :**

Maître de stage : Alain FERRE

Enseignant référent : Sébastien LOUSTAU

Autres membres du jury (Nom, Qualité): Yann TRICAULT, Béatrice TEULAT-MERAH



## AUTORISATION DE DIFFUSION EN LIGNE

### ÉTUDIANT(E)

N° étudiant : 20080659      Email : clement.alestra@gmail.com

Je soussigné(e) Clément ALESTRA être l'auteur du document intitulé « Évaluation d'une stratégie de contrôle innovante de *Tetranychus urticae* en culture sous abris et mise au point de règles de décision » préparé sous la direction de M. FERRE et soutenu le 13/09/2013

Je certifie la conformité de la version électronique déposée avec l'exemplaire imprimé remis au jury, certifie que les documents non libres de droits figurant dans mon mémoire seront signalés par mes soins et pourront être retirés de la version qui sera diffusée en ligne par le Service Commun de la Documentation de l'Université d'Angers. Agissant en l'absence de toute contrainte, et sachant que je dispose à tout moment d'un droit de retrait de mes travaux, j'autorise, sans limitation de temps, l'Université d'Angers à les diffuser sur internet dans les conditions suivantes :

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> diffusion immédiate du document en texte intégral<br><input type="checkbox"/> diffusion différée du document en texte intégral ; date de mise en ligne :<br><input type="checkbox"/> n'autorise pas sa diffusion dans le cadre du protocole de l'Université d'Angers |
|---|

À Angers, le -----      Signature :

### JURY DE SOUTENANCE

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> autorise la diffusion immédiate du document en texte intégral<br><i>OU</i><br><input type="checkbox"/> autorise la diffusion différée du document en texte intégral ; à compter du :<br><br><input type="checkbox"/> en libre-accès <i>OU</i> <input type="checkbox"/> en accès restreint<br><br><input type="checkbox"/> sous réserve de corrections<br><input type="checkbox"/> autorisation du maître de stage requise <sup>1</sup> ⇒ Nom et signature du maître de stage : |
|---|

*OU*

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> n'autorise pas sa diffusion dans le cadre du protocole de l'Université d'Angers |
|--|

<sup>1</sup> À l'issue de la soutenance, le présent formulaire est transmis à la bibliothèque universitaire et une copie certifiée conforme est remise à l'étudiant, qui devra la retourner à la bibliothèque une fois celle-ci signée par son maître de stage.



## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT M2 PROTEV 2012-2013

Je, soussigné (e) :

Clément ALESTRA, déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour ce rapport, rédigé au cours de mon **Master 2 ProTeV**. Je m'engage également à respecter les consignes données pour la rédaction de ce rapport.

À Angers, le 30/08/2013

Signature :



## REMERCIEMENTS

Je remercie Alain FERRE, directeur technique de l'AREXHOR Pays de la Loire, de m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce stage au sein de sa structure et pour m'avoir appris à jouer au tarot. Même si j'ai gagné la première manche on a pu assister à mon naufrage ces derniers temps.

Tom HEBBINCKUYS, chargé de projets, pour les nombreuses relectures et corrections apportées sur ce rapport ainsi que pour ses conseils. Cela dit, je ne te remercie pas de m'avoir plumé au poker, à charge de revanche.

Raphael AIT et Augustin STRODIJK, techniciens à la station, pour leur appui au cours des essais et pour nos nombreuses discussions. Je remercie par la même occasion l'ensemble du personnel de l'AREXHOR et du BHR pour leur convivialité.

L'équipe de stagiaires, qui fait tourner l'ensemble : Emilie la joueuse de foot, Maxime l'homme crème solaire, Caroline demoiselle mycorhize et Valerian M. Muscle. Je vous souhaite un avenir professionnel radieux.

Elisabeth DADOLE, experte en huile essentielle, pour nous avoir fourni le matériel nécessaire à l'essai.

Je remercie également Sébastien LOUSTAU ainsi que Jean-Marc LABATTE d'avoir pris le temps de venir nous voir sur la station.

Enfin, je tenais à remercier Charlotte pour sa dernière relecture tardive et son sens aiguisé de la mise en page.





## LISTE DES ABREVIATIONS

**AEHO** : Association pour l'expérimentation en horticulture ornemental

**AREXHOR PdL**: Agence régionale pour l'expérimentation horticole des Pays de la Loire

**ASTREDHOR**: Association nationale de structures d'expérimentation et de démonstration en horticulture

**BHR** : Bureau Horticole Régional

**CDHR-C**: Comité de Développement Horticole de la Région Centre

**COMALTE** : Contrôle par Méthodes Alternatives des *Tetranychidae*

**EPPO**: European and Mediterranean Plant Protection Organization

**HE** : Huile essentielle

**IQDHO** : Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale

**ITEIPMAI** : Institut Technique Interprofessionnel des Plantes à Parfum, Médicinales et Aromatiques

**OAD** : Outil d'aide à la décision

**PBI** : Protection biologique intégrée

**ProTeV** : Productions et technologies du végétal

**RAS** : Rien à signaler

**SBT** : Surveillance Biologique du Territoire

**TNT** : Témoin non traité



## LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Localisation du centre Florilore et de l'AREXHOR Pays de la Loire
- Figure 2** : Localisation des treize stations d'expérimentation du réseau ASTREDHOR
- Figure 3** : Détails d'un plant de *Choisya ternata*
- Figure 4** : *Choisya ternata* infesté par des tetranyques tisserands
- Figure 5** : Illustration d'un haricot de Lima et d'un lierre rampant
- Figure 6** : Photos de *Sorbaria sorbifolia*
- Figure 7** : Morphologie générale (vue dorso-ventrale) de *Tetranychus urticae*
- Figure 8** : Mâle (à gauche) et femelle (à droite) de *Tetranychus urticae*
- Figure 9** : Cycle de développement des *Tetranychidae*
- Figure 10** : Distribution européenne de *Tetranychus urticae*
- Figure 11** : Photographies de l'acarien prédateur *Amblyseius andersoni*
- Figure 12** : Photographies de l'acarien prédateur *Amblyseius (Neoseiulus) californicus*
- Figure 13** : Photographies de l'acarien prédateur *Phytoseiulus persimilis* (Phytoséiides)
- Figure 14** : Plan général du dispositif expérimental mis en place à l'AREXHOR PdL
- Figure 15** : Culture de *Choisya* après rempotage et mise en place dans le tunnel Innovant
- Figure 16** : Répartition des plantes à noter pour chaque zone dans le tunnel innovant
- Figure 17** : Schéma représentant le protocole de la notation pollen
- Figure 18** : Plan du premier test de sélectivité mis en place à l'AREXHOR PdL
- Figure 19** : Différentes espèces végétales servant au deuxième test de sélectivité
- Figure 20** : Mise en place des plantes indicatrices
- Figure 21** : Détection de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice
- Figure 22** : Calendrier des observations de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice et sur *Choisya*
- Figure 23** : Histogramme de la répartition des tetranyques sur la plante (notation infestation)
- Figure 24** : Histogramme de la répartition des tetranyques sur la plante (notation fine)
- Figure 25** : Histogramme de la répartition des tetranyques sur la feuille (notation fine)
- Figure 26** : Histogramme de la répartition des tetranyques sur la feuille (notation infestation)
- Figure 27** : Histogramme de la somme des présences-absences de pollen pour l'ensemble des sous-zones
- Figure 28** : Histogramme de répartition de la présence(1) / absence(0) de pollen entre chaque sous-zone
- Figure 29** : Evolution du nombre total d'acarien prédateur (AP) pour chaque tunnel au cours du temps
- Figure 30** : Evolution de l'infestation en *Tetranychus urticae* dans les deux tunnels
- Figure 31** : Total des effectifs de tetranyques et d'acariens prédateurs pour les 4 zones du tunnel classique
- Figure 32** : Total des effectifs de tetranyques et d'acariens prédateurs pour les 4 zones du tunnel innovant
- Figure 33** : Etablissement graphique du seuil de contrôle d'un couple auxiliaire/ravageur
- Figure 34** : Evolution des acariens tetranyques et des acariens prédateurs (SBT)
- Figure 35** : Evolution de la présence des pucerons et de leurs auxiliaires (SBT)
- Figure 36** : Evolution de la présence de cochenilles et de dégâts de thrips (SBT)
- Figure 37** : Comparaison des auxiliaires tunnel classique/tunnel innovant (SBT)
- Figure 38** : Dégâts dus à la chaleur sur *Choisya ternata*
- Figure 39** : Mise en forme des différentes règles de décision à appliquer en fonction de chaque palier.
- Figure 40** : Actualisation de l'itinéraire innovant en fonction des résultats obtenus cette année



## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau I :** Phrases de risque et toxicologie pour les produits acaricides utilisés dans le cadre de l'essai

**Tableau II :** Synthèse des résultats obtenus pour les tests de toxicité par contact des différentes huiles

**Tableau III :** Données météo en début et fin de traitement du 28/05/2013 de l'essai sélectivité n°1

**Tableau IV :** Résultats concernant la phytotoxicité de deux huiles pour l'essai sélectivité du 28/05

**Tableau V :** Données météo en début et fin de traitement du 13/08/2013 de l'essai sélectivité n°2

**Tableau VI :** Résultats concernant la phytotoxicité de l'HE de CdG pour l'essai sélectivité du 13/08

**Tableau VII :** p-value obtenue entre pour les différents axes suite à un test-Z

**Tableau VIII :** Dates des opérations 2013 pour les deux tunnels de l'essai COMALTE

**Tableau IX :** Evaluation du contrôle pour chaque zone des deux tunnels

**Tableau X :** Décisions à prendre en fonction des observations sur plante indicatrice et lors du dépistage

**Tableau XI :** Décisions à prendre en fonction des observations sur PI après mise en place de la culture

**Tableau XII :** Fixation de seuils suivant la qualité du contrôle et du nombre moyen de tétranyques relevé

## LISTE DES ANNEXES

**ANNEXE I :** Organigramme opérationnel

**ANNEXE II :** Clé d'identification des auxiliaires de *Tetranychus urticae*

**ANNEXE III :** Itinéraire classique

**ANNEXE IV :** Itinéraire innovant

**ANNEXE V :** Echelle de dégâts de *Tetranychus urticae* sur *Choisya ternata*

**ANNEXE VI :** Observation de pollen au microscope

**ANNEXE VII :** Evolution des populations de prédateurs dans les deux tunnels

**ANNEXE VIII :** Différence d'infestation entre les deux tunnels

**ANNEXE IX :** Evolution des populations d'acariens tétranyques et prédateurs, zone par zone

**ANNEXE X :** Fiche auxiliaire

**ANNEXE XI :** Evolution de la température dans le tunnel innovant au cours du temps



## Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DE LA STRUCTURE DE STAGE : L'AREXHOR PAYS DE LA LOIRE .....</b>	<b>4</b>
2.1	LOCALISATION .....	4
2.2	HISTORIQUE & STATUT .....	5
2.3	OBJECTIFS & MISSIONS .....	5
2.4	LES MOYENS TECHNIQUES, MATERIELS, FINANCIERS ET HUMAINS .....	5
2.4.1	<i>La structure et ses composantes.....</i>	<i>5</i>
2.4.2	<i>Le personnel.....</i>	<i>5</i>
2.4.3	<i>Le financement.....</i>	<i>5</i>
<b>3</b>	<b>MATERIEL &amp; METHODE .....</b>	<b>6</b>
3.1	DESCRIPTION DU MATERIEL BIOLOGIQUE .....	6
3.1.1	<i>La culture : L'oranger du Mexique - Choisya ternata .....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Les plantes indicatrices .....</i>	<i>6</i>
3.1.3	<i>Les plantes pollinifères.....</i>	<i>7</i>
3.1.4	<i>Le ravageur - Tetranychus urticae .....</i>	<i>7</i>
3.1.5	<i>Les auxiliaires employés dans le cadre de l'essai .....</i>	<i>9</i>
3.2	LA PROTECTION PHYTOSANITAIRE .....	10
3.2.1	<i>Les traitements acaricides (produits de synthèses).....</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Les huiles essentielles (produits naturels) .....</i>	<i>10</i>
3.3	ITINERAIRES DE PRODUCTION TESTES .....	11
3.3.1	<i>Itinéraire classique .....</i>	<i>11</i>
3.3.2	<i>Itinéraire innovant .....</i>	<i>11</i>
3.4	DISPOSITIF EXPERIMENTAL .....	12
3.5	PROTOCOLE ET NOTATIONS .....	12
3.5.1	<i>Notation sur plantes indicatrices .....</i>	<i>12</i>
3.5.2	<i>Dépistage des tétranyques à la réception des plants de Choisya ternata .....</i>	<i>12</i>
3.5.3	<i>Notation infestation.....</i>	<i>13</i>
3.5.4	<i>Notation fine – Localisation des acariens tétranyques sur la plante .....</i>	<i>13</i>
3.5.5	<i>Notation pollen .....</i>	<i>13</i>
3.5.6	<i>Notation SBT (Surveillance Biologique du Territoire) .....</i>	<i>13</i>
3.5.7	<i>Notation sélectivité des huiles essentielles .....</i>	<i>14</i>
3.5.8	<i>Relevé température .....</i>	<i>14</i>
<b>4</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>25</b>
5.1	INTERET DES PLANTES INDICATRICES .....	25
5.2	EVALUATION DES HUILES ESSENTIELLES .....	26
5.3	EVALUATION DE LA LOCALISATION DES TETRANYQUES .....	26
5.4	EVALUATION DES PLANTES A POLLEN .....	27
5.5	EVALUATION DES PLANTES A POLLEN .....	28
5.6	RELEVÉ DE TEMPERATURE .....	28
5.7	EVALUATION DE L'INFESTATION.....	29
<b>6</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>30</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>31</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>34</b>





# 1 Introduction

Dans le cadre de ma formation en deuxième année de master ProTeV (« Parcours produits phytosanitaires et méthodes alternatives »), effectuée à l'université d'Angers, j'ai eu à réaliser un stage en entreprise d'une durée minimale de 6 mois. Mon choix s'est alors porté sur une des stations d'expérimentation horticole du réseau ASTREDHOR : L'AREXHOR Pays de la Loire. Cette structure a pour principal objectif de répondre aux impasses techniques de la filière horticole, dont le principal problème réside dans la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, elle cherche à mettre en place des méthodes de lutte innovantes permettant de réduire significativement l'usage des produits de synthèse. Elle permet donc d'assurer un revenu aux producteurs de la filière en permettant d'accroître la compétitivité de leur produit tout en répondant aux attentes environnementales et sociétales.

La diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires est un problème général qui regroupe de nombreux usages. Cette baisse est le résultat de choix politique et de société (ECOPHYTO 2018 – Grenelle de l'environnement) et pose certains problèmes pour le contrôle des bioagresseurs, notamment chez les arthropodes. C'est par exemple le cas pour le contrôle des acariens en culture sous abri où l'augmentation des cas de résistances (Hoy & Conley, 1987 ; Jensen & Mingochoi, 1988 ; Richter & Schulze, 1990 ; Aguiar *et al.*, 1993 ; Rossi & Conti, 1997 ; Jacobson *et al.*, 1999 ; Tsagkarakou *et al.*, 2009) et la diminution du nombre d'acaricides utilisables (Zhang, 2003) rendent la lutte difficile chez certains producteurs horticole. Suite à ces problèmes d'efficacité et de résistances régulièrement rencontrés, certains usages se sont orientés vers des mélanges de différentes molécules avec des insecticides (Khajehali *et al.*, 2009), solution temporaire qui n'a fait que ralentir le développement des résistances (Leeuwen *et al.*, 2008 ; Ferrero, 2009). Le retrait progressif des substances actives ; lié à l'augmentation de la protection biologique intégrée (PBI), qui donne la priorité à la lutte biologique ; fait que la lutte chimique ne reste qu'une solution à moyen terme pour lutter contre les acariens sous serre.

L'acarien phytophage qui cause la majorité des dégâts en culture sous abris est le tétranyque tisserand : *Tetranychus urticae* de la famille des *Tetranychidae* (Koch, 1836 ; Zhang, 2003), également connu sous le nom de « tétranyque à deux points ». Il s'agit d'une espèce ubiquiste, extrêmement répandue dans les zones tempérées du globe et également, bien que dans une moindre mesure, en régions tropicales et subtropicales (Gerson & Weintraub, 2007 ; Ferrero, 2009). *Tetranychus urticae* est présent dans la plupart des pays européens [1] et peut causer d'importants dégâts sous serres et tunnels, rendant parfois invendables certaines cultures ornementales ou diminuant fortement leur qualité esthétique. Les dégâts qu'il engendre entraînent alors de forts préjudices économiques pour la filière (Van de Vrie *et al.*, 1972). La gestion de ce ravageur s'avère donc primordiale, et la lutte biologique semble être une des voies majeures pour le contrôle de cet acarien aux vues des limites que présente la lutte chimique. Une description complète de ce ravageur sera réalisée dans la partie « Matériel & Méthodes » de ce rapport.

La lutte biologique contre *T. urticae* est déjà bien développée dans les cultures sous abris en Europe, dans quelques parties de l'Asie et de l'Afrique, en Australie et en Amérique du Nord (Zhang, 2003). Cette lutte comprend l'utilisation de divers auxiliaires qui peuvent être employés en grande quantité sous forme de lâchers inondatifs [2]. On retrouve parmi ces auxiliaires plusieurs familles d'insectes comme les cécidomyies, telle que *Feltiella acarisuga* (Gillespie *et al.*, 1998 ; Zhang 2003), commercialisées par certaines entreprises spécialisées dans la lutte biologique ([3] et [4]). Des coccinelles peuvent également être employées, c'est le cas de *Stethorus punctillum*, petite coccinelle noire très vorace (Rott & Ponsonby, 2000 ; [5]). Des prédateurs plus généralistes sont aussi lâchés pour lutter contre l'acarien tétranyque, c'est le cas notamment de la punaise prédatrice *Macrolophus caliginosus* (Fischer & Leger, 1996 ; Sampson *et al.*, 1996). La fourmi *Tapinoma melanocephalum* est aussi connue pour s'attaquer au tétranyque à deux points (Osborne *et al.*, 1995 ; Zhang, 2003) mais son utilisation reste très limitée. Enfin, bien que la plupart d'entre eux soient nuisibles aux cultures sous abris, les thrips tel que *Scolothrips sexmaculatus* peuvent également être utilisés. Ce thrips s'avère très efficace dans des



conditions chaudes et sèches (Wilson *et al.*, 1996). Outre l'utilisation des insectes en lutte biologique, certains champignons peuvent se révéler efficaces pour lutter contre *T. urticae*. C'est le cas de deux espèces de champignons entomopathogènes : *Entomophthora thaxteriana* et *Entomophthora adjarica*. Leur efficacité est accrue quand l'humidité au niveau de la culture peut être maintenue à saturation sur une courte période (Zilbermanc *et al.*, 1978 ; Eginga & Cinovskij, 1980). Ce type de lutte favorise néanmoins le développement de certains mycéliums néfastes à la culture (Zhang, 2003).

Le moyen de lutte biologique le plus employé à l'heure actuelle contre les acariens tétranyques passe par l'utilisation d'acariens prédateurs dont l'efficacité est souvent remarquable (Zhang, 2003 ; Ferrero, 2009). En culture sous abris, l'implantation d'une faune auxiliaire spontanée capable de lutter contre *Tetranychus urticae*, et notamment d'acariens prédateurs, intervient de façon trop tardive (Observations du réseau ASTREDHOR). Il est donc nécessaire de gonfler ces effectifs d'auxiliaires en procédant à une lutte biologique par inondation (Zhang, 2003). Les principales espèces d'acariens prédateurs utilisées pour cela sont : *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius* (anciennement *Neoseiulus*) *californicus*, *Neoseiulus fallax* (principalement en Amérique du Nord) ou encore *Amblyseius andersoni* (Hiroshi & Chant, 1977 ; Zhang, 2003). Il existe déjà sur le marché de nombreux systèmes de lutte biologique dont le principe est basé sur l'utilisation de ces acariens prédateurs ([6] à [10]). Ces systèmes, bien qu'efficaces, présentent toutefois certaines contraintes que nous allons détailler par la suite.

C'est avec pour principal objectif d'améliorer les méthodes actuelles de lutte en Protection Biologique Intégrée qu'un projet régional a été mis en place entre différentes stations : le projet « COMALTE » (Contrôle par Méthodes Alternatives des *Tetranychidae*). Ce programme régional d'essai regroupe trois partenaires différents : le Comité de Développement Horticole de la Région Centre (CDHR – Centre), l'Institut Technique Interprofessionnel des Plantes à Parfum, Médicinales et Aromatiques (ITEIPMAI) et l'AREXHOR Pays de la Loire. Ce projet comporte différentes voies d'amélioration de la PBI actuellement employée. Au niveau de la station AREXHOR Pays de la Loire, le principal objectif sera de comparer deux itinéraires de contrôle des tétranyques sur une culture de *Choisya ternata*, où les problèmes liés au développement des acariens sont difficiles à gérer. Un itinéraire classique sera conduit comme étant représentatif des pratiques actuelles des producteurs en PBI et en parallèle, un itinéraire innovant qui sera basé sur l'amélioration de certains points que nous allons voir ici.

Tout d'abord, il a pu être constaté que *Tetranychus urticae*, qui présente une dynamique de pullulation extrêmement rapide (Laing, 1969 ; Shih *et al.*, 1976 ; Zhang, 2003), oblige à effectuer plusieurs lâchers massifs au cours de la période de culture. Ces lâchers sont souvent coûteux et les pullulations rapides obligent même dans certains cas un retour à la lutte chimique. Le délai entre la détection des premiers foyers et la commande des auxiliaires permet généralement à l'acarien phytophage de mieux s'implanter sur la culture rendant la lutte encore plus difficile. La détection des premiers foyers de tétranyque est donc un point essentiel pour freiner de façon plus efficace le développement des populations de ravageur. Pour cela il a été envisagé de tester l'introduction dans la culture de « plantes indicatrices » plus sensibles aux attaques de tétranyques. Les acariens ravageurs devraient alors se déplacer de façon préférentielle sur ces plantes, potentiellement plus appétentes que la culture. Ces plantes indicatrices fonctionneraient selon le principe des plantes pièges défini de la façon suivante par Graeme Murphy, spécialiste de la lutte intégrée en Floriculture de serre au Québec : « [la plante piège] est une plante qui pour un certain ravageur est plus attrayante que la culture principale. Elle est utilisée soit comme aide pour faciliter le dépistage précoce d'un ravageur (ou d'une maladie) et favoriser son éradication, ou elle est intégrée à la stratégie de lutte » [11]. Ce principe de plante-piège a déjà pu être étudié par la station AREXHOR Pays de la Loire, notamment pour lutter contre *Bemisia tabaci* (Ferre, 2011).

L'utilisation d'une plante indicatrice nous permettrait également de connaître l'état d'infestation initial de la structure de production et pourrait aider le producteur dans la gestion de ces lâchers d'auxiliaires. En effet, en cas d'absence d'infestation initiale des structures de production, celui-ci ferait l'économie de lâchers préventifs souvent préconisés en PBI classique. L'utilisation d'une plante indicatrice nous permettrait donc de



dépister de façon précoce les premiers individus de *Tetranychus urticae* et d'anticiper la formation de foyer ayant une pullulation rapide. Ceci pourrait donc rendre les lâchers d'auxiliaires plus efficaces. Le choix de la plante indicatrice devra se faire en fonction de sa sensibilité aux acariens et de son « appétence » pour ces derniers.

La détection des premiers individus de *T. urticae* à l'aide de plantes indicatrices constitue une des pistes d'amélioration de la PBI classique testées dans l'essai mis en place à l'AREXHOR Pays de la Loire dans le cadre du projet COMALTE. Une seconde piste consiste à favoriser l'implantation des acariens prédateurs introduits dans la culture. En effet, une fois les lâchers d'acariens prédateurs effectués, on peut généralement assister à une baisse des populations de *Tetranychus urticae* entraînant elle-même une diminution des populations de prédateurs. Cependant, on assiste bien souvent à la reprise de certains foyers de tétranyques qui ne bénéficient plus du contrôle des acariens prédateurs entraînant ainsi de nouvelles pullulations. Ces reprises de foyers obligent bien souvent le producteur à effectuer des lâchers supplémentaires. Le maintien d'une population résiduelle d'acariens prédateurs présenterait donc un certain intérêt pour le contrôle de *Tetranychus urticae* en culture sous abris.

Le maintien d'une population résiduelle dans la culture à protéger passerait par l'utilisation de plantes pollinifères apportant une source de nourriture secondaire aux acariens prédateurs en absence de proies. Cette source secondaire de nourriture permettrait alors aux acariens prédateurs de maintenir une faible population capable de freiner la reprise des foyers de tétranyques. Il existe différents types d'acariens qui ont pu être classé en quatre catégories fonctionnelles selon leur préférence alimentaire (McMurty, 1997). Le « Type I » regroupe des prédateurs spécifiques et exclusifs des acariens du genre *Tetranychus*, dont le tétranyque à deux points [13]. C'est par exemple le cas de *Phytoseiulus persimilis* qui sera utilisé sur foyer dans le cadre de cet essai. Le « Type II » regroupe des prédateurs moins spécialisés mais bénéficiant d'une plus grande mobilité comme c'est le cas pour *Neoseiulus californicus* qui sera également utilisé ici. Toujours d'après McMurty, le « Type III » comprendrait des prédateurs généralistes polyphages ayant une gamme d'aliments beaucoup plus large comprenant diverses espèces d'acariens, des insectes et du pollen. Ce type III comprend les acariens de l'espèce *Amblyseius andersoni* que nous utiliserons aussi dans cet essai. Pour finir, le « Type IV » regroupe les prédateurs généralistes polliniphages qui présentent des espèces dont le taux d'accroissement est souvent plus élevé lorsqu'elles consomment du pollen que des proies (Okassa Oyieyi, 2010).

Des études supplémentaires ont toutefois pu montrer que *N. californicus* (acarien classé initialement dans le « Type II ») présentait des taux de survie supérieur lorsque celui-ci était alimenté en pollen en absence de proies (Sazo *et al.*, 2006 ; Flint & Driestadt, 1999). D'après Van Rijn & Tanigoshi (1999), ceci représente une alternative intéressante dans l'élaboration d'un programme de lutte intégrée. L'idée étant donc d'apporter du pollen sur la culture afin d'entretenir les acariens prédateurs en absence de proies. Pour cela, une plante a pu retenir notre attention car elle a déjà fait l'objet d'études au Québec via l'Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale (IQDHO) : *Sorbaria sorbifolia* (ou « Fausse spirée »). *S. sorbifolia* présenterait plusieurs intérêts. Elle agirait comme une plante réservoir sur laquelle s'implanterait et se développerait plus rapidement les acariens prédateurs ce qui permettrait une meilleure lutte. Cette plante ne nécessiterait pas de traitements phytosanitaires contre un ravageur ou un pathogène et tolérerait une présence élevée de tétranyques sans présenter de dommages. De plus, elle permettrait aux populations de tétranyques d'être rapidement diminuées par les prédateurs implantés sur celle-ci (Authier *et al.*, 2012). Cependant nous manquons de données quant à la production de pollen par cette plante. En cas d'absence de production (floraison insuffisante, production de pollen trop faible, mauvaise dispersion etc.) nous nous réservons le droit de modifier notre source de pollen (autres plantes pollinifères, pollen en sachet etc.) afin de voir si nous observons tout de même un effet de l'apport de pollen sur les populations d'acariens prédateurs.

Une autre piste du projet COMALTE réside dans l'utilisation de produits naturels en remplacement des produits acaricides. En effet, en PBI classique, lorsque les pullulations de tétranyques deviennent trop importantes et que les populations deviennent incontrôlables, les lâchers d'acariens prédateurs ne sont plus



assez efficaces pour lutter contre *Tetranychus urticae*. Il est alors nécessaire d'utiliser des produits acaricides compatibles avec la PBI (Le Perron, 2012) pour diminuer de façon plus importante les populations de ravageurs. Les produits de synthèses employés dans ce cas présentent alors des rémanences parfois élevées [12] qui ne permettent pas de réintroduire rapidement des acariens prédateurs sur la culture.

Il serait donc intéressant ici de rechercher des produits acaricides naturels, essentiellement à base d'huiles essentielles, présentant de faibles rémanences permettant ainsi des lâchers ré-introductif plus précoces. Un délai de réintroduction plus court permettrait également d'avoir plus de temps disponible pour contrôler les populations entre la détection des premiers foyers, la commande des auxiliaires et leur lâcher. Des premiers travaux, débutés en 2011 à L'AREXHOR PdL, se sont intéressés à la recherche de produits naturels à action de choc et sans rémanence. Des tests *in vitro* ont eu lieu et une dizaine d'huiles essentielles ont pu être étudiées. Des tests d'efficacité de ces produits par contact et par phase vapeur ont eu lieu sur larves et adultes de *Tetranychus urticae* (étude de la toxicité du produit en fonction du pourcentage de mortalité). Des tests de compatibilité de ces produits, vis-à-vis des auxiliaires employés en PBI, ont également été réalisés et il s'avère que ces produits seraient également toxiques sur ces derniers. Cependant, le délai de réintroduction étant plus court (une semaine au lieu de deux, voire même trois) ces produits présentent un avantage sur les acaricides classiques, généralement aussi toxique sur la faune auxiliaire (Le Perron, 2012). Concernant la phytotoxicité que pourrait engendrer ces produits sur la culture (sélectivité) les résultats divergent suivant les stations d'essai, des tests supplémentaires seront donc mis en place cette année. Deux huiles essentielles différentes ont été retenues pour l'essai mis en place à l'AREXHOR PdL : l'huile essentielle d'origan et l'huile essentielle de clou de girofle.

Le programme COMALTE et la mise au point d'un itinéraire innovant visent donc à identifier des produits naturels efficaces, principalement à base d'huiles essentielles, à améliorer la détection des acariens à l'aide de plantes indicatrices, à tenter de maintenir la faune auxiliaire mais également à mettre en place des règles de décision pour une meilleure gestion des infestations de *Tetranychus urticae*. En effet, l'ensemble des axes de recherche sur cet essai (plante indicatrice, plante pollinifère, utilisation d'huiles essentielles) vont être regroupés pour former un programme de lutte, plus efficace et à coût réduit, basé sur des règles de décision à la manière d'un OAD (Outils d'aide à la décision).

Le rapport présent s'organisera selon le plan classique d'une publication scientifique. Nous aborderons tout de même, dans un premier temps, la description de la station et de son organisation. Nous verrons par la suite la partie Matériel & Méthodes dans laquelle nous décrirons la biologie des différents organismes rencontrés dans cet essai : le ravageur, *T. urticae* ainsi que les principaux acariens prédateurs employés mais nous verrons aussi brièvement la biologie de la culture (*Choisya ternata*) ainsi que celle des plantes indicatrices. Nous passerons ensuite à la présentation des résultats selon les différentes hypothèses testées avant de discuter et interpréter les données obtenues. Pour finir nous tacherons de conclure sur les différents points de cet essai avant de poursuivre sur d'éventuelles perspectives à donner à la suite de ce projet.

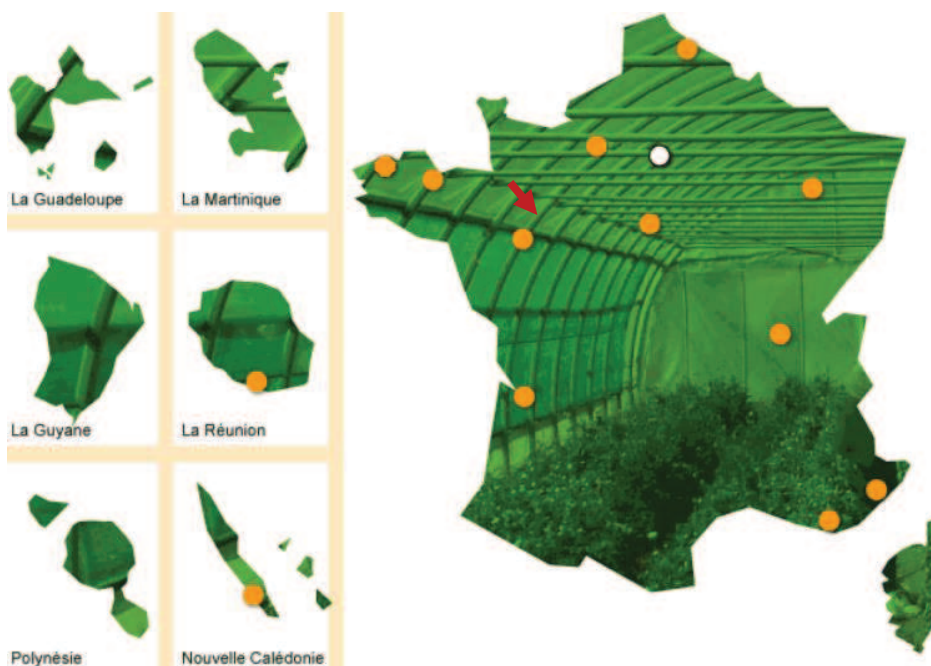
## **2 Présentation de la structure de stage : l'AREXHOR Pays de la Loire**

### **2.1 Localisation**

La station régionale de l'AREXHOR PdL se situe au cœur d'un des principaux bassins de production horticole français. Elle est implantée au sud d'Angers, dans la commune des Ponts-de-Cé, au niveau de la zone d'activité dédiée à la mise sur le marché de différents produits horticoles : le centre Florilore (cf. **fig. 1**, au verso). Le centre Florilore regroupe une vingtaine d'entreprises spécialisées dans le domaine de l'horticulture ainsi que plusieurs acteurs de la filière horticole, comme c'est le cas de l'AREXHOR pour la partie « Recherche et Développement » de la profession.



**Figure 1** : Localisation du centre Florilore et de l'AREXHOR Pays de la Loire. *Source : astredhor.fr*



**Figure 2** : Localisation des treize stations d'expérimentation du réseau **ASTREDHOR**. *Source : astredhor.fr*



## 2.2 Historique & Statut

L'agence régionale pour l'expérimentation horticole Pays de la Loire fait partie des treize stations membres du réseau ASTREDHOR (Association nationale de structures d'expérimentation et de démonstration en horticulture). Ces stations sont regroupées sur la carte visible sur la **figure 2**. L'ASTREDHOR est une association de loi 1901 qui fédère et représente depuis 1994 des stations régionales d'expérimentation en horticulture ornementale. Elle regroupe à l'heure actuelle une centaine de salariés, dont 60 ingénieurs et techniciens à travers une cellule nationale basée à Paris et 13 stations (11 stations métropolitaines et 2 stations outre-mer), qui conduisent de manière coordonnée des essais régionaux et un programme national. La qualification d'Institut technique agricole a été accordée à l'ASTREDHOR le 11 mars 2008 par arrêté du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. L'AREXHOR PdL est une station qualifiante (habilitée à conduire des essais nationaux) créée en 2009 et qui succède à l'AEHO (Association pour l'expérimentation en horticulture ornemental), association qui reliait déjà l'expérimentation des Pays de la Loire au réseau ASTREDHOR.

## 2.3 Objectifs & Missions

L'objectif principal de la station expérimentale de l'AREXHOR PdL est de répondre aux attentes et aux problématiques rencontrées par les producteurs. Pour cela elle cherche à mettre au point des itinéraires de cultures ou des méthodes de protection permettant de réduire significativement l'usage des produits de synthèse dont l'utilisation est actuellement fortement compromise (cf. **Introduction**). Pour ce faire, elle réalise différents essais sous abris ou en extérieur, sur une large gamme de productions (plantes en pot, en pleine terre, pépinières).

## 2.4 Les moyens techniques, matériels, financiers et humains

### 2.4.1 La structure et ses composantes

Les structures de l'AREXHOR PdL sont actuellement louées au Bureau Horticole Régional (BHR). Le BHR est un organisme de conseils et de services aux entreprises horticoles professionnelles des Pays-de-la-Loire, spécialisées dans la production de plantes ornementales. Le BHR assure notamment l'animation de la filière par l'organisation du salon du végétal, la promotion des produits et des métiers ainsi que par des études technico-économiques. Les structures louées comprennent une zone de démonstration variétale (800 m<sup>2</sup>), une aire de culture extérieure hors-sol (3500 m<sup>2</sup>), une serre verre chauffée (120 m<sup>2</sup>), deux tunnels de 100 m<sup>2</sup> chacun (dont un équipé de bâche Solatrol), un laboratoire et trois bureaux.

### 2.4.2 Le personnel

La station de l'AREXHOR PdL rassemble 4 permanents : un directeur technique et administratif : M. FERRE, une chargée d'expérimentations : Mlle TRAGIN, un chargé de projet : M. HEBBINCKUYS ainsi qu'un technicien d'expérimentation à mi-temps : M. AIT. Chaque année la structure accueille également de nombreux stagiaires de niveau Bac+3 à Bac+5. L'organigramme de la station est présenté dans l'**annexe I**.

### 2.4.3 Le financement

FranceAgriMer et le ministère chargé de l'agriculture au travers du Cas-Dar (compte d'affectation spécial pour le développement agricole et rural) sont, avec Val'hor, l'interprofession de la filière horticole, les principaux partenaires financiers de l'ASTREDHOR. Les stations d'expérimentation cotisent par ailleurs à l'Institut. Le budget de fonctionnement de la cellule nationale de l'ASTREDHOR est assuré principalement par les financeurs suivants :

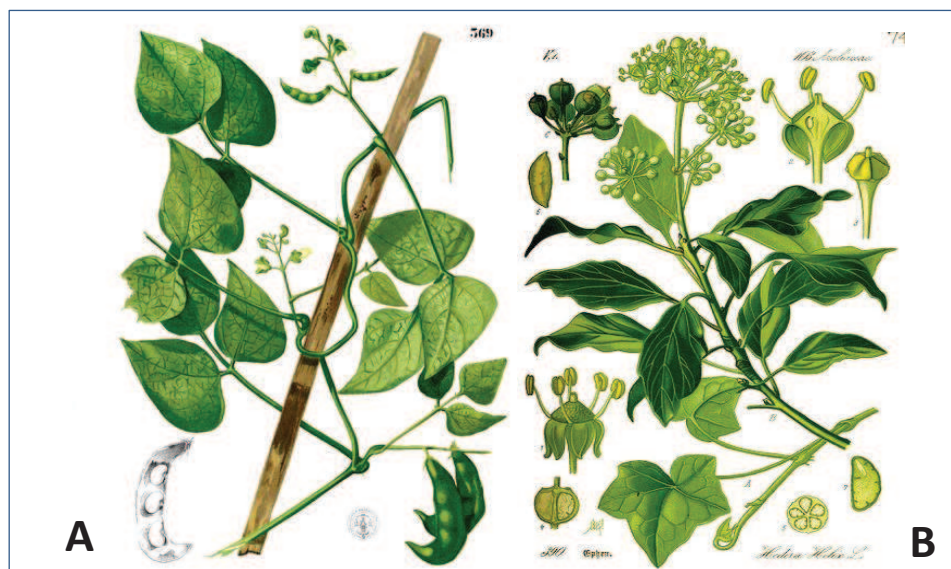
- Cas-Dar à hauteur de 50 %
- FranceAgriMer (Ministère) à hauteur de 30 %
- Val'hor (Interprofession) à hauteur de 20 %



**Figure 3** : Détails d'un plant de *Choisya ternata* (A : détail des fleurs, B : détail des feuilles, C : port général)  
Sources: A: Rustica.fr - B: Plantes-et-Design.com - C: AREXHOR PdL, C.A., 29-05-2013



**Figure 4** : *Choisya ternata* infesté par des tetranyques tisserands (*Tetranychus urticae*)  
Source : AREXHOR Pays de la Loire - 2012



**Figure 5** : **A** : Illustration d'un haricot de Lima (*Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*) - **B** : Illustration d'un lierre rampant (*Hedera helix*). Sources: A: Francisco Manuel Blanco - 1883 B: Dr. Otto Wilhelm Thomé, Flora von Deutschland – 1885

## 3 Matériel & Méthode

### 3.1 Description du matériel biologique

#### 3.1.1 La culture : L'oranger du Mexique - *Choisya ternata*

Le *Choisya ternata*, également appelé « Oranger du Mexique » à cause de la ressemblance de ses fleurs avec celles de l'oranger (**figure 3C**), appartient à la famille des Rutacées (Tela Botanica - [14]). Cette plante, originaire d'Amérique du Nord, forme des buissons aromatiques dont la taille varie généralement entre 1 et 3 mètres. Le feuillage persistant de l'oranger du Mexique est constitué de feuilles opposées, palmées, brillantes, composées de plusieurs folioles (3 en général : **figure 3B**) pouvant dégager une odeur aromatique de pelure d'orange (Rustica - [15]). Les fleurs, parfois solitaires mais le plus souvent en cymes terminales ou axillaires, sont en forme d'étoile, de 3 à 5 cm de diamètre, avec de 4 à 7 pétales, de 8 à 15 étamines et un stigmate vert (**figure 3A**). La floraison s'étale sous nos climats du mois d'avril au mois d'août. Les fleurs du *Choisya* produisent un nectar abondant qui est très apprécié des abeilles. Le *Choisya* apprécie une terre ou un substrat bien drainée car il présente une certaine sensibilité à l'asphyxie racinaire et au développement d'organismes fongiques (Observation du réseau ASTREDHOR). Il peut également supporter le froid jusqu'à -10°C mais craint les courants d'air. Bien que l'Oranger du Mexique soit une espèce robuste et résistante à plusieurs maladies elle subit de forts préjudices esthétiques lorsque celle-ci est confrontée aux pullulations de certains acariens tétranyques tels que *Tetranychus urticae* (**figure 4**). Les cultures d'oranger du Mexique sont des cultures pour lesquelles les axes de développement potentiels sont intéressants au niveau régional. Plusieurs entreprises de production basse-normandes se sont largement orientées depuis quelques années vers ces gammes. Certaines d'entre elles comptent déjà en production plus de 50 000 conteneurs de *Choisya* et ont acquis un certain savoir-faire pour ce type de production (AREXHOR Seine-Manche). La gestion des ravageurs et notamment des pullulations d'acariens tétranyques, vis-à-vis de cette plante prisée des producteurs, représente donc un enjeu important.

#### 3.1.2 Les plantes indicatrices

- Le haricot de Lima : *Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*

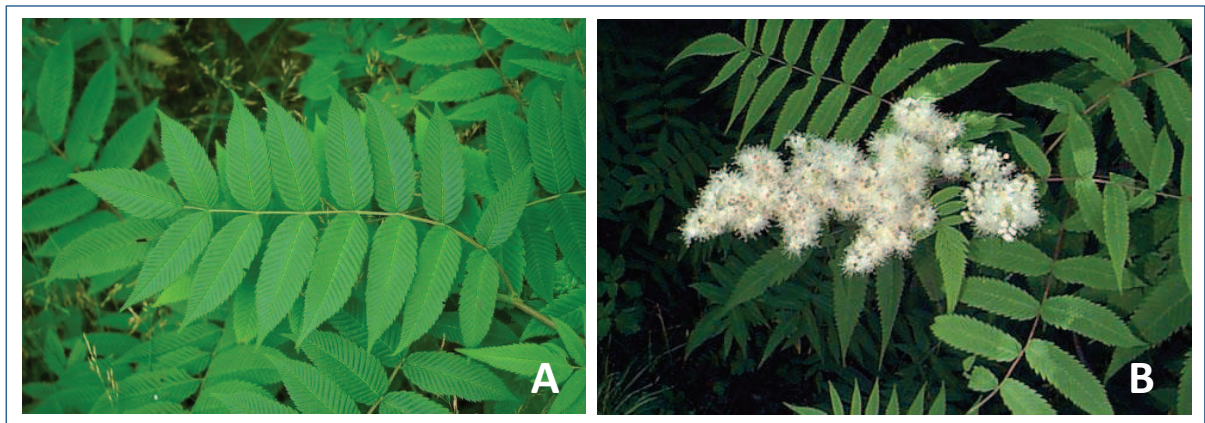
Le haricot de Lima (**figure 5A**) est une plante annuelle herbacée de la famille des Fabacées (anc. Légumineuses), cultivée dans les pays chauds pour ses graines. Cette espèce est originaire d'Amérique tropicale et subtropicale. Les feuilles du haricot sont composées trifoliées et constituées de folioles de forme ovale-lancéolé. L'inflorescence se fait sous forme de grappes et se compose de fleurs caractéristiques des papilionacés. Les fruits du haricot sont appelés des gousses. Principalement produit aux Etats-Unis, à Madagascar et au Pérou, ce haricot peut être la cible de différentes maladies et ravageurs (Baudoin, 2006). Il s'avère notamment sensible aux attaques de tetranyques ce qui lui a valu d'être déjà utilisé comme plante indicatrice en production de tomates (Zhang, 2003).

- Le lierre 'Glacier' : *Hedera helix* 'Glacier'

Le lierre rampant ou grimpant ou « Lierre commun » (*Hedera helix* L.) est une liane à feuilles persistantes en hiver, de la famille des *Araliaceae* (**figure 5B**). Il est spontané en zone tempérée eurasiatique de l'hémisphère nord. Il est également cultivé comme plante ornementale. Il se présente sous forme de lianes arborescente de taille indéfinie. Ses feuilles alternes présentent des formes différentes suivant leur fonction (hétérophyllie). La variété utilisée pour le projet COMALTE est la variété 'Glacier' qui s'avère sensible aux attaques de tetranyques (Observation CDHR-Centre).

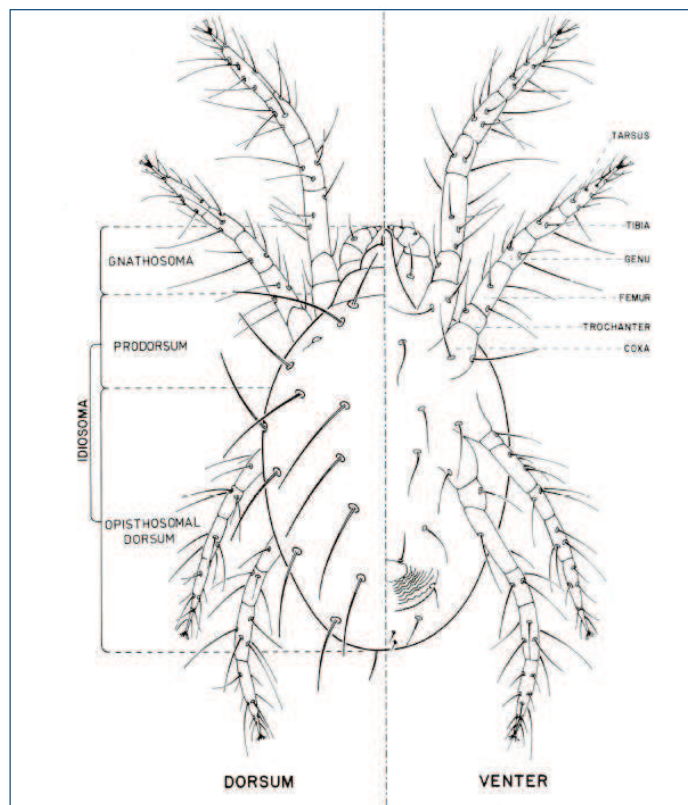
Dans le cadre de cet essai, le haricot de Lima ainsi que le lierre glacier ont pu être utilisées pour révéler la présence des tetranyques dans les structures de production. Ces espèces ont été choisies en fonction de leur sensibilité aux attaques de tetranyques et de leur facilité de production. Dans un premier temps, des haricots de Lima ont été utilisés en tant que plantes indicatrices avant introduction de la culture. Cependant, suite à la





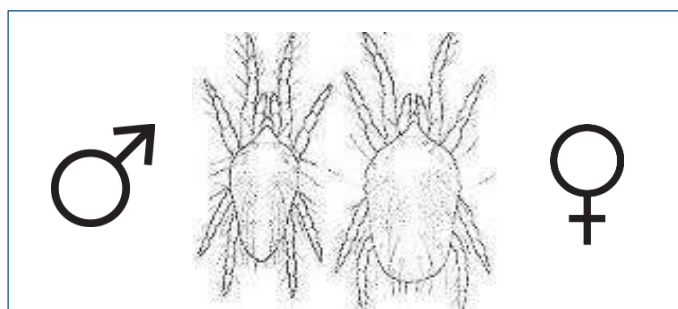
**Figure 6** : Photos de *Sorbaria sorbifolia*, détail d'une feuille (A) et de la floraison (B)

Source : <http://www.hort.uconn.edu>



**Figure 7** : Morphologie générale (vue dorso-ventrale) de *Tetranychus urticae*

Source : Ferrero, 2009 (Modifié d'après Gutierrez, 1985).



**Figure 8** : Mâle (à gauche) et femelle (à droite) de *Tetranychus urticae*.

Source : Ferrero, 2009

constatation de dégâts provoqués par le froid, dus à plusieurs gels consécutifs, ces derniers ont dû être remplacés par une espèce plus résistante: le lierre.

### 3.1.3 Les plantes pollinifères

La principale plante pollinifère employée dans cet essai est la « Sorbaire à feuilles de sorbier » ou « Fausse spirée à feuilles de sorbier » : *Sorbaria sorbifolia*. Il s'agit d'un arbuste de la famille des Rosacées originaire de l'Est asiatique et de Sibérie. Cette plante présente un port érigé, diffus, composé d'un feuillage dense. Les feuilles caduques sont composées de folioles lancéolées, nombreuses, vertes mat voire même jaune en automne (**figure 6A**). *S. sorbifolia* connaît un fort développement en pépinière pour sa robustesse et sa floraison. Les fleurs réunies en panicules dressées sont denses et prennent un aspect duveteux jusqu'à blanc crème en été (**figure 6B**). *Sorbaria sorbifolia* a déjà pu être étudiée au Québec, par l'IQDHO, en tant que plante réservoir pour le contrôle du tétranyque tisserand en pépinière (Authier *et al.*, 2012). Il s'avère que *S. sorbifolia* tolère une présence élevée de tétranyques sans présenter de dommages et sur laquelle les populations de tétranyques peuvent rapidement être diminuées par les prédateurs. La forte production de pollen ainsi que la capacité de cette plante à tolérer les attaques de tétranyques, en servant de réservoir à auxiliaires, en font une bonne candidate pour l'introduction de pollen. Ce pollen pourra en effet servir de source secondaire de nourriture pour les acariens prédateurs introduits et permettra ainsi leur survie en absence de proies. Cette plante présente également l'intérêt d'être résistante aux maladies et ravageurs car elle ne nécessiterait pas de traitements phytosanitaires particuliers (Observation de l'IDQHO).

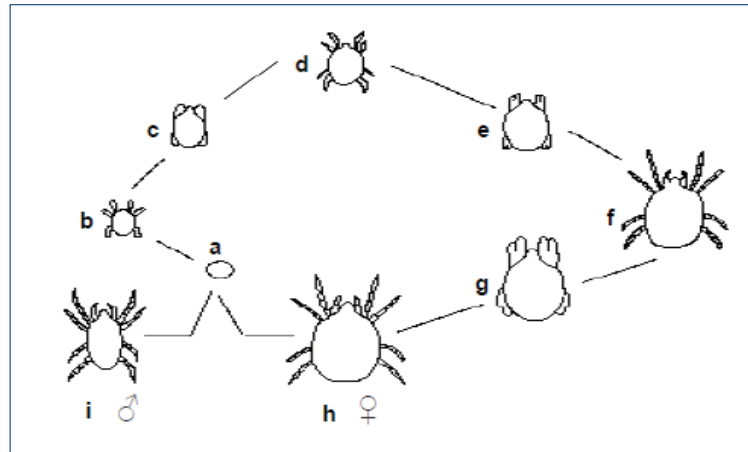
### 3.1.4 Le ravageur - *Tetranychus urticae*

- Description morphologique

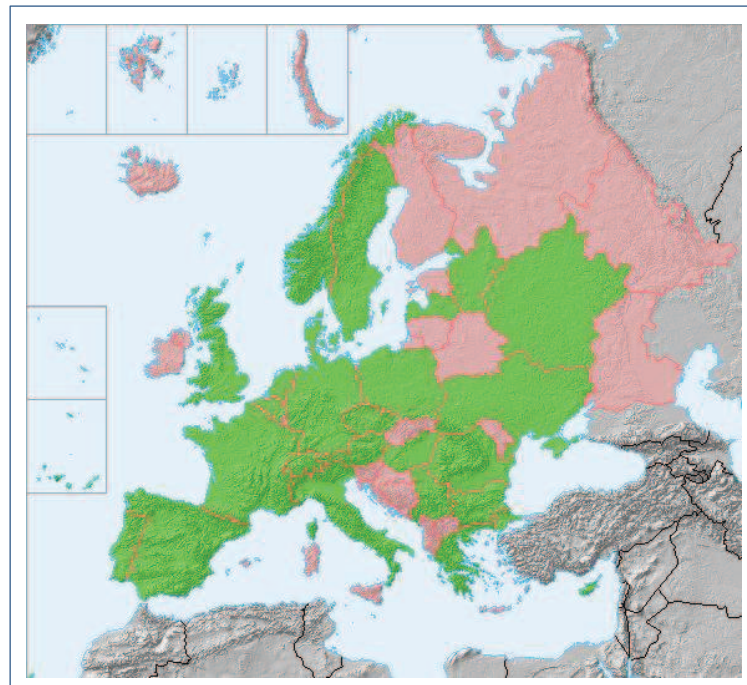
Les tétranyques tisserands sont de petits arthropodes dont la taille dépasse rarement les 500 µm. Il existe différentes espèces de tétranyques qui se répartissent suivant leurs formes. La forme rouge qui comprend l'espèce *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval et la forme jaune-vert qui comprend deux espèces différentes : *T. turkestanii* Ugarov et *Tetranychus urticae* Koch qui sera objet de cet essai. Le corps de ces arthropodes se divise en deux régions principales : le gnathosoma, ou partie antérieure portant les pièces buccales, et l'idiosoma correspondant à la partie postérieure du corps portant les quatre paires de pattes (**figure 7**). Le gnathosoma comporte des palpes sensoriels, et des chélicères (appendice buccale) s'étant soudées pour former un stylophore, rétractable et extrudable, au sein duquel sont insérés les stylets, et qui sert aux tétranyques à percer les cellules des plantes et à en extraire le contenu par succion (Lindquist, 1985). Les mâles se différencient des femelles par leur taille et leur forme (**figure 8**) : ils possèdent un abdomen étroit et sont plus petits que les femelles qui présentent un abdomen plutôt arrondi (Crooker, 1985).

- Biologie

Les femelles ayant hiverné migrent sur les adventices, sur des plantes herbacées ou dans différents recoins de la structure de production et, après une période d'alimentation, y pondent un nombre élevé d'œufs (environ 10 par jour). A tous les stades actifs, le tétranyque tisse sur la face inférieure des feuilles des toiles soyeuses qui retiennent l'humidité et assurent une excellente protection des œufs, des larves et des adultes contre le vent, les prédateurs et les traitements. Il peut se développer à partir de 12°C pour un optimal de température compris entre 23 et 30°C et à une humidité relative inférieure à 50%. Les acariens du genre *Tetranychus* ont une reproduction de type parthénogenèse arrhénotoque stricte : les mâles sont issus d'un œuf haploïde non fécondé et les femelles d'un œuf diploïde, donc fécondé (Helle & Pijnacker, 1985). Les femelles sont en général fécondées plusieurs fois au cours de leur vie sexuelle. La sex-ratio est très variable suivant les conditions extérieures (de température, d'humidité, de durée d'éclairement, ainsi que du type de plante hôte ou encore de la présence de prédateur), mais il est en général d'un mâle pour trois femelles (Helle & Pijnacker,



**Figure 9** : Cycle de développement des *Tetranychidae*. Les stades indiqués en italique sont les stades de mues immobiles et inactifs. *a* : oeuf ; *b* : larve ; *c* : protochrysalide ; *d* : deutonymphe ; *e* : deutochrysalide ; *f* : deutonymphe ; *g* : téléchrysalide ; *h* : femelle adulte ; *i* : male adulte. Source : Ferrero, 2009



**Figure 10** : Distribution européenne de *Tetranychus urticae*. En vert : présence, en rouge : absence. Source : [faunaeuropae.com](http://faunaeuropae.com) [16]

1985 ; Wrensch, 1993). Son cycle de développement comprend trois stades immatures mobiles (larve et nymphes) entrecoupés de trois stades de mue (chrysalides) immobiles et inactifs (**figure 9**). L'œuf donne d'abord naissance à une larve hexapode, qui se nourrit activement avant de rentrer dans une première phase de mue ou protochrysalide.

Le stade actif suivant est un stade immature octopode ou protonymphe, suivi d'un autre stade de mue (deutochrysalide), puis d'un troisième et dernier stade immature octopode (deutonymphe). Après une dernière phase de mue appelée téléio- ou tritochrysalide, les individus adultes apparaissent (Ferrero, 2009). Le développement larvaire dure 16 jours à 20°C et 7 jours à 31°C. On peut observer 6 à 7 générations durant l'été. Les générations se suivent à un rythme très rapide et l'acarien pullule. La dissémination du tétranyque se fait par passage d'une plante à l'autre (si elles se touchent), par le sol pour de faibles distances, par transport sur des objets ou des personnes ou par le vent, son fil de soie constituant un aérophore (sécrétion permettant le transport dans l'air). A la fin de l'été, la forme orange devient prédominante et va hiverner sous divers abris ou, dans les serres, près des sources de chaleur.

- Distribution

L'origine de *Tetranychus urticae*, suggérée comme méditerranéenne par Navajas *et al.* (1998), demeure cependant incertaine (Ferrero, 2009). Il s'agit d'une espèce ubiquiste, extrêmement répandue dans les zones tempérées du globe et également, bien que dans une moindre mesure, en régions tropicales et sub-tropicales (Gerson & Weintraub, 2007). Au niveau européen, sa distribution est donnée par la carte, **figure 10**.

- Dégâts

*T. urticae* est un acarien polyphage qui s'attaque à un très grand nombre de cultures extrêmement variées. Il peut s'agir de plantes sauvages, de plantes légumières, florales, ou d'espèces fruitières (plus de 200 hôtes possibles). Il est principalement redouté sur vignes, concombres, haricots, tournesol mais également sur certains arbres fruitiers et sur des cultures ornementales telles que le rosier ou le *Choisya*. Les dégâts directs sont dus aux piqûres nutritives : les feuilles prennent un aspect moucheté puis se dessèchent [17]. En cas de pullulation, la plante peut mourir. Par ailleurs, les toiles peuvent enserrer les organes de la plante et entraver leur développement. De tels dégâts indirects sont à craindre en serre où les colonies de cet acarien peuvent atteindre des densités très élevées.

- Lutte

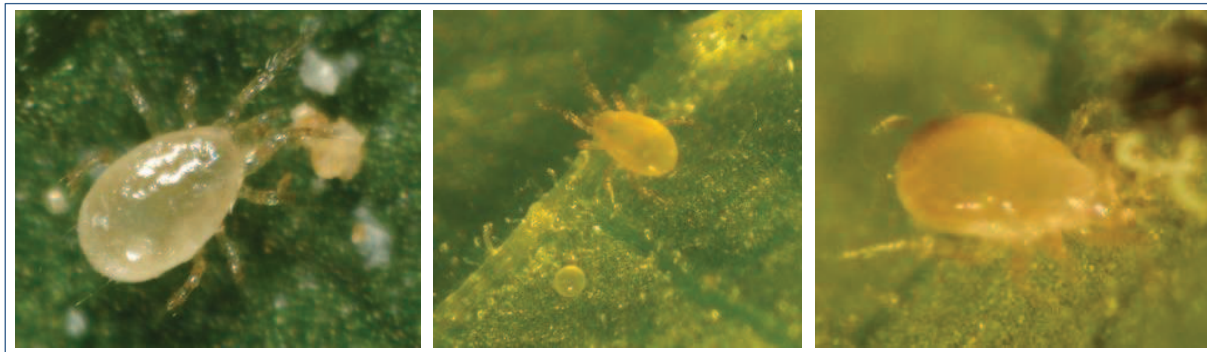
- *Lutte chimique*

La lutte chimique est à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour lutter contre le tétranyque tisserand en culture ornementale. Plusieurs matières actives sont encore autorisées en France dans le cadre de la lutte contre les acariens en horticulture. C'est le cas de la clofentezine (quinoxalines), du difénoconazole (triazole), du tébufenpyrad (pyrazole), du bifenazate (carbazates), de l'abamectine (avermectines) et d'un néonicotinoïde : l'acétamipride (E-phy, 2013 – [12]). La lutte chimique s'avère toutefois de plus en plus difficile, notamment à cause des retraits de matières actives et de l'apparition de résistants. Dans le cadre de cet essai nous utiliserons comme rotation de produits phytosanitaires dans le tunnel témoin deux applications de Floramite® (Bifenazate) et une application d'Apollo® (clofentezine) (cf. **Partie 1.2.1**).

- *Lutte biologique*

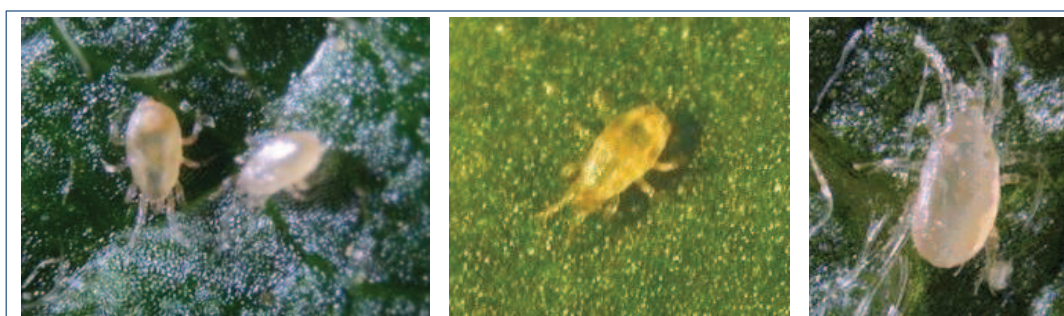
Comme nous avons pu le voir en introduction, de nombreux auxiliaires peuvent être employés dans le cadre de la lutte intégrée contre le tétranyque tisserand. Cependant le moyen le plus efficace et le plus simple d'emploi reste l'utilisation d'acariens prédateurs en lâchers inondatifs (Zhang, 2003). C'est pourquoi on assiste à l'heure actuelle à un fort développement de cette lutte et à une nécessité d'optimiser ces lâchers pour en réduire le nombre et ainsi baisser les coûts. Cette lutte biologique deviendrait, à terme, compétitive avec la





**Figure 11:** Photographies de l'acarien prédateur *Amblyseius andersoni* (Phytoséiides)

Sources: Nigel Cattlin - Visuals Unlimited, Inc. / Biobest / Bichelos.com



**Figure 12:** Photographies de l'acarien prédateur *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Phytoséiides)

Sources: canarygrowshop.es / Biobest / jardinitis.com



**Figure 13:** Photographies de l'acarien prédateur *Phytoseiulus persimilis* (Phytoséiides)

Sources: tiptopbio.com / bugsforbugs.com / naturalinsectcontrol.com



lutte chimique. D'autres auxiliaires, moins fréquent, peuvent également être spontanément présent sur la culture et lutter plus ou moins efficacement contre le développement des tétranyques. C'est le cas de certaines coccinelles du genre *Stethorus* et de certains staphylins du genre *Oligota*. Ces auxiliaires ont d'ailleurs fait l'objet d'une clé d'identification présentée en **annexe II**.

### 3.1.5 Les auxiliaires employés dans le cadre de l'essai

Pour cet essai mis en place à l'AREXHOR PdL seul des acariens prédateurs seront utilisés. Différentes espèces seront alors disséminées sur la culture à différentes périodes et sous forme de lâchers inondatifs. Les espèces employés seront les suivantes : *Amblyseius andersoni*, *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* et *Phytoseiulus persimilis*. Ces espèces d'acariens prédateurs sont décrites ci-dessous.

- *Amblyseius andersoni*

*Amblyseius andersoni* (**figure 11**) est un acarien prédateur de la famille des *Phytoseiidae*, largement employé à l'heure actuelle dans la lutte préventive contre *Tetranychus urticae*. Ce prédateur est commercialisé, par de nombreuses sociétés, sous deux formes différentes : en vrac, c'est-à-dire directement disponible dans un contenant, ou en sachet où il est en présence de quelques réserves de nourriture et où la libération se fait plus lentement. En culture sous abris, ce prédateur est souvent employé avant détection des tétranyques car celui-ci a essentiellement un rôle préventif. En effet des études en laboratoire ont montrées que lorsque la densité de *Tetranychus urticae* devient trop élevée, *A. andersoni* est incapable de contrôler la multiplication des effectifs et d'empêcher l'épuisement de la plante hôte (Hance *et al.*, 1991). *A. andersoni* est une espèce généraliste qui ne se limite pas seulement à une proie, celui-ci pouvant survivre à partir de différentes sources de nourriture (thrips, pollen, miellat, microspores etc.). De ce fait, il pourrait se maintenir même en absence de tétranyques (Fiche technique Andersoni System - BIOBEST).

- *Amblyseius californicus*

*Neoseiulus californicus* (aussi appelé *Amblyseius californicus*, **figure 12**) est également un acarien prédateur de la famille des *Phytoseiidae* initialement présent en Floride, en Californie ainsi qu'au Japon. Il supporte des températures élevées ainsi qu'une hygrométrie faible, conditions favorables au développement de sa cible. Tout comme *A. andersoni*, cet acarien est employé en lutte préventive contre *Tetranychus urticae* sur de nombreuses cultures tant en serre qu'à l'extérieur. *Amblyseius californicus* est non cannibale et peut survivre en absence de proies en consommant du pollen (Swirski *et al.*, 1970 ; Friesse & Gilstrap, 1982) mais celui-ci s'avère cependant moins efficace en cas de forte densité de tétranyques (Fiche technique Californicus-System BIOBEST). Les adultes d'*A. californicus* vivent en moyenne 20 jours avec une période de ponte d'environ 14 jours. Au cours de cette période ils produisent en moyenne 3 œufs/jour. La durée complète du cycle et donc la durée qui sépare l'œuf de l'adulte varie énormément en fonction de la température du milieu. Une augmentation de la température aura pour conséquence une diminution de la durée du cycle jusqu'au seuil maximal supportable par l'acarien prédateur (Jean-Paul Soucy, agr.).

- *Phytoseiulus persimilis*

*Phytoseiulus persimilis* est un acarien prédateur de la famille des *Phytoseiidae* reconnaissable à sa couleur rouge-orangé (**figure 13**). Il est originaire du Chili et a, par la suite, pu être dispersé par l'homme à l'échelle mondiale et notamment en Europe (1958). Celui-ci est employé en curatif directement sur les foyers de tétranyques où, dans des conditions normales ( $T < 30^{\circ}\text{C}$  et  $\text{HR} > 60\%$ ), il se développe plus rapidement que ce dernier. Cependant à des températures élevées et à une hygrométrie basse, l'acarien prédateur est désavantagé. En cas d'absence de proies, *P. persimilis*, se nourrissant presque exclusivement de tétranyques, peut en arriver à se nourrir de ses congénères. Grâce à son développement rapide et à sa grande voracité, *Phytoseiulus persimilis* est capable d'exterminer rapidement les foyers de tétranyques (Fiche technique Phytoseiulus system - BIOBEST).

**Tableau I :** Phrases de risque et toxicologie pour les produits acaricides utilisés dans le cadre de l'essai COMALTE. *Source : e-phy, 2013*

Produit	Phrases de risque	Toxicologie
Floramite 240 SC	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau (R43) Toxique pour les organismes aquatiques. Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique (R51/R53)	Irritant (Xi) Dangereux pour l'environnement (N)
Apocaricide	Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique (R52/53)	Dangereux pour les abeilles Ne pas utiliser en présence d'abeilles Ne pas appliquer lorsque des adventices en fleurs sont présente (retrait avant application)

**Tableau II :** Synthèse des résultats obtenus pour les tests de toxicité par contact des différentes huiles essentielles à différentes concentrations. *Source : AREXHOR PdL 2012*

Huiles essentielles	Dose efficace sur larves (mortalité > 90 %)	Dose efficace sur adultes (mortalité > 90 %)	Produit considéré comme efficace à la dose suivante
Basilic (linalol)	>2 %	>2 %	Non
Carvi	1 %	2 %	2 %
Clou de girofle	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Lavande fine	>2 %	>2 %	Non
Menthe poivrée	>2 %	>2 %	Non
Origan	0,5 %	1,5 %	1,5 %
Pamplemousse	>2 %	>2 %	Non
Romarin	>2 %	>2 %	Non
Sarriette	2 %	2 %	2 %
Thym	1,5 %	>2 %	Non

## 3.2 La protection phytosanitaire

En cas d'explosion des populations d'acariens, la lutte biologique devient de moins en moins efficace (cf. partie précédente). Il est alors nécessaire de stopper le développement exponentiel des acariens tétranyques en utilisant des produits phytopharmaceutiques. Ce sera le cas pour notre modalité témoin, basé sur des pratiques du producteur en PBI classique, on l'on appliquera un acaricide de synthèse en cas de débordement. En revanche, dans la modalité PBI innovante, nous testerons l'application d'huiles essentielles en substitution de la lutte chimique. En cas de maîtrise insuffisante des populations de tétranyques, à l'aide des huiles essentielles, pour la modalité PBI innovante, on appliquera le même acaricide de synthèse que celui employé en PBI classique.

### 3.2.1 Les traitements acaricides (produits de synthèses)

Deux acaricides différents seront employés ici à savoir, dans un premier temps, le « Floramite® 240 SC » et dans un second temps, en cas d'efficacité insuffisante du premier acaricide, « l'Apollo », récemment renommé « Apocaricide » mais qui présente la même matière active.

L'acaricide « Floramite SC », se présentant sous la forme d'une suspension concentrée, est un acaricide sélectif pour la suppression du tétranyque à deux points et du tétranyque de Lewis sur les plantes ornementales d'intérieur cultivées dans les serres. ([www.agrireseau.qc.ca](http://www.agrireseau.qc.ca)). Le Floramite est à base de Bifénazate (240g/L) et agirait principalement par contact. Ce produit peut faire l'objet de seulement quatre applications dans l'année pour l'usage concernant le traitement des parties aériennes de culture florales diverses contre l'acarien (e-phy, 2013). Les phrases de risque et la toxicologie de ce produit sont données dans le **tableau I**.

L'Apocaricide (anciennement Apollo) est un produit acaricide, sous forme de suspension concentrée, à base de Clofentezine (500g/L). Le mode d'action de ce produit n'est pas défini. Une seule application par an est autorisée dans le cadre du traitement des parties aériennes des arbres et arbustes d'ornement contre l'acarien. Les phrases de risque et la toxicologie de ce produit sont données dans le **tableau I**.

### 3.2.2 Les huiles essentielles (produits naturels)

Différentes huiles essentielles ont déjà pu être testées les années précédentes, dans le cadre du projet COMALTE, en 2011 et 2012. Des tests d'efficacité des huiles en boîte de pétri, sur *Tetranychus urticae*, ont ainsi pu être réalisés afin d'identifier des produits naturels à action de choc et sans rémanence. Une dizaine d'huiles ont ainsi pu être mises en évidence par la bibliographie et testées en laboratoire. Ces tests consistaient à compter le nombre d'adultes et de larves de *T. urticae* sur une foliole, d'appliquer l'huile essentielle à tester, de déposer la foliole traitée dans une boîte de pétri et de procéder à un nouveau comptage à T+24h. Différentes concentrations ont été testées pour chaque huile essentielle, allant de 0% à 2% d'huile essentielle, la dilution étant effectuée dans de l'acétone. Ces premiers tests d'efficacité ont permis de mettre en évidence 3 huiles essentielles intéressantes (cf. **tableau II**) :

- l'huile essentielle de Clou de Girofle (à 0.5%)
- l'huile essentielle d'Origan (à 1.5%)
- l'huile essentielle de Carvi (à 2%).

Les huiles précédemment citées ont été testées *in vitro* en phase vapeur. Pour cela un coton imbibé de l'huile essentielle à tester a été inséré dans une boîte de pétri et séparé par un papier filtre d'une foliole infestée en tétranyques (pour éviter le contact direct). Dans le cas présent c'est la survie des individus qui a été mesurée. Ces tests ont pu mettre en évidence que le taux de survie, après un effet vapeur, était faible pour l'huile essentielle de Carvi et d'Origan alors que celui-ci était proche du témoin pour l'huile essentielle de clou de girofle.



L'ensemble des huiles essentielles ont également pu être testées sur certains auxiliaires tels que *Neoseiulus californicus* (acarien prédateur, précédemment décrit), *Orius laevigatus* (punaise prédatrice de thrips) et la chrysope dont les larves se nourrissent d'acariens. Il s'avère que l'ensemble des huiles présentent une certaine toxicité vis-à-vis de la faune auxiliaire à l'exception des chrysopes qui semblent tolérantes au traitement.

Concernant la sélectivité des huiles essentielles (apparition de phytotoxicité sur le feuillage), des résultats divergeant entre les différents centres d'expérimentations sur culture de *Choisya* nous ont amené cette année à effectuer de nouveaux tests de sélectivité. Il a été choisi d'effectuer ces nouveaux tests de sélectivité avec les deux huiles essentielles les plus intéressantes à savoir clou de girofle et origan. Ces tests ont été réalisés dans un premier temps sur *Choisya ternata* et *ceanothe*, puis sur rosier, poinsettia et *Sorbaria sorbifolia*.

### 3.3 Itinéraires de production testés

Comme nous avons pu l'évoquer dans l'introduction, l'essai mis en place à l'AREXHOR PdL vise à améliorer la méthode de lutte classique actuellement employée en PBI pour le contrôle de l'acarier tétranyque. Cet essai servira donc à comparer deux itinéraires de lutte différents contre cet acarier ravageur sur une culture de *Choisya ternata*. L'un des itinéraires sera conduit de façon classique et l'autre de façon innovante. Pour ce dernier itinéraire, quatre axes d'amélioration ont été évoqués précédemment et seront appliqués :

- l'introduction de plantes indicatrices
- l'introduction de plantes pollinifères
- l'application d'huiles essentielles en remplacement des acaricides en cas de pullulation
- la mise au point de règles de décision

Les itinéraires mis en place pour les deux modalités (PBI classique et PBI innovante) résultent, d'une part, des pratiques réalisées en culture sous abris chez les producteurs comme c'est le cas de l'itinéraire classique et, d'autre part, d'une réflexion sur l'amélioration de cet itinéraire (itinéraire innovant). Ces deux itinéraires définis à la base sur certaines hypothèses émises (principalement pour l'itinéraire innovant) seront améliorés par la suite.

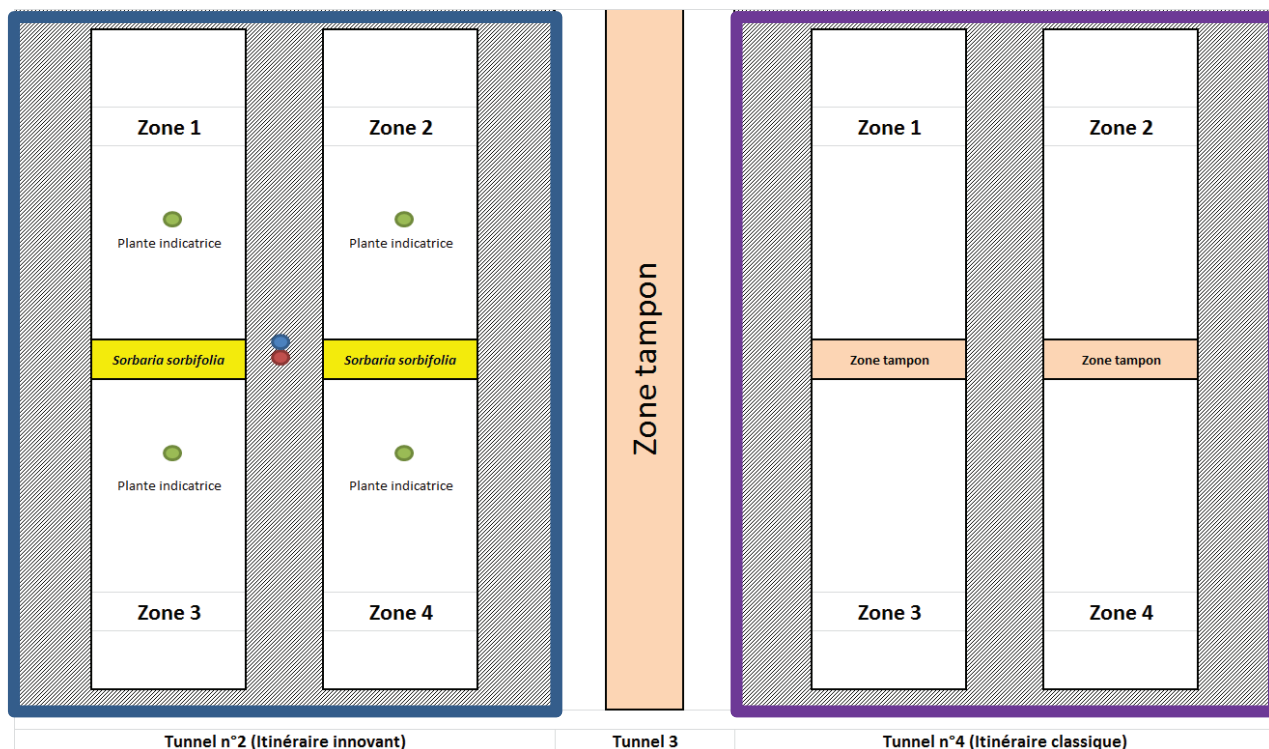
#### 3.3.1 Itinéraire classique

Comme évoqué précédemment, l'itinéraire classique (cf. schéma **annexe III**) s'inspire largement de ce qui peut être pratiqué chez un producteur en PBI classique. Un lâcher préventif avant introduction de la culture sera réalisé, même en absence de tétranyques visibles. Ce lâcher sera à renouveler toutes les trois semaines jusqu'à apparition du premier foyer d'acariens. Si l'apparition de ce foyer d'acarier a lieu entre la 21<sup>ème</sup> et la 24<sup>ème</sup> semaine nous procéderons à une taille ainsi que par la même occasion, à un distancage des *Choisya*. Lors de la détection d'un foyer nous procéderons à un lâcher curatif de *P. persimilis* avant de ré-effectuer, une semaine après, un lâcher curatif (*A. andersoni* ou *A. californicus*). Si après ces deux lâchers les tétranyques se maintiennent à une trop forte densité nous procéderons à un traitement chimique. Si la pression persiste le traitement pourra être renouvelé jusqu'à trois fois (deux traitements Floramite 240 SC suivi d'un Apollo). Un lâcher ré-introductif d'acariens prédateurs aura lieu passé le délai de rémanence du produit acaricide utilisé (environ deux semaines).

#### 3.3.2 Itinéraire innovant

L'itinéraire innovant (cf. **annexe IV**) se différencie du classique sur différents points. Tout d'abord nous ne procéderons pas ici à des lâchers préventifs lors de l'introduction de la culture. En effet nous mettrons en place des plantes indicatrices (haricots et lierres) qui nous permettront de définir l'état d'infestation de la culture. En effet, on procédera au lâcher préventif d'acariens prédateurs uniquement après détection des premiers individus de tétranyques.





**Figure 14 :** Plan général du dispositif expérimental mis en place à l'AREXHOR PdL dans le cadre de l'essai COMALTE. A gauche le tunnel conduit avec la méthode de lutte innovante comprenant les plantes indicatrices (points vert) et les plantes pollinifères (en jaune, au centre) et à droite le tunnel conduit selon la lutte PBI classique.



**Figure 15 :** Culture de *Choisya* après repotage et mise en place dans le tunnel Innovant (présence de plantes indicatrices). Source : AREXHOR 2013

Une fois les premiers tétranyques décelés, nous introduirons dans la culture notre plante pollinifère *Sorbaria sorbifolia* afin de fournir du pollen aux auxiliaires. Les lâchers préventifs d'acariens prédateurs se feront avec l'espèce *A. californicus*. Une fois les premiers foyers apparus, un lâcher curatif de *P. persimilis*, suivi sept jours après d'un lâcher de *N. californicus*, sera effectué.

### 3.4 Dispositif expérimental

Chacun des itinéraires sera conduit dans un tunnel différent, d'une surface de 50m<sup>2</sup> chacun, et séparés par une zone tampon (cf. **figure 14**). Chaque tunnel sera subdivisé en 4 zones. Le tunnel n°2 comprendra la culture conduite selon l'itinéraire innovant. Celui-ci comprend donc les plantes pollinifères (*Sorbaria sorbifolia*, en jaune sur la figure), en son centre pour une meilleure diffusion du pollen, ainsi que les plantes indicatrices au milieu de chaque zone (points vert sur la **figure 14**). Pour le tunnel n°4, conduit selon l'itinéraire classique, une zone tampon entre les différentes zones sera installée. Cette zone tampon sera constituée de plantes insensibles aux tétranyques, du *Photinia*, mais ne produisant pas de pollen (effleurage des plantes). La pose de plantes non-pollinifères dans le tunnel classique a pour but de recréer le même effet physique que pourrait jouer l'introduction d'une plante entre ces zones.

Chaque tunnel représente ainsi une modalité dans laquelle 4 répétitions, correspondant aux différentes zones, sont réalisées. En réalité chacune de ces zones sera conduite suivant l'itinéraire innovant ou classique indépendamment de la conduite des autres zones. En effet, chaque zone pourra se trouver en un point différent de l'itinéraire en fonction de son état d'infestation en tétranyques. Les pots sont placés sur des grilles de distançage elles-mêmes posées sur une bâche de géotextile qui recouvre le sol. Chaque tunnel comporte environ 300 *Choisya* répartie sur les 4 zones (75 *Choisya* par zone). Ces *Choisya* ont été repotés, avant leur mise en place dans le tunnel, dans des pots de 2L avec du substrat spécial *Choisya* (Pindstrup). Une irrigation en goutte à goutte a ensuite pu être installée. Le résultat de la mise en place de la culture (avant distançage et introduction des plantes pollinifères) est visible sur la **figure 15**.

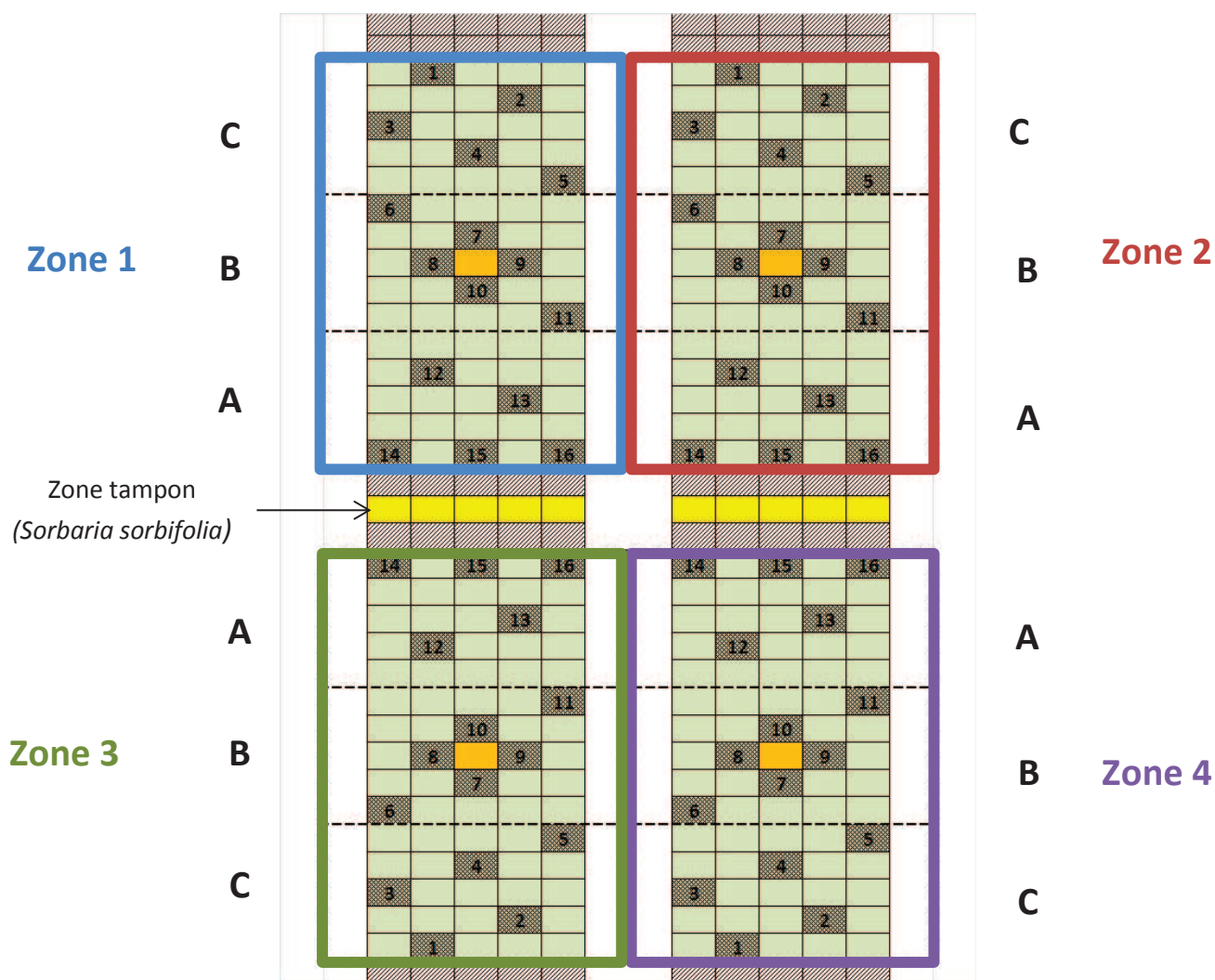
### 3.5 Protocole et notations

#### 3.5.1 Notation sur plantes indicatrices

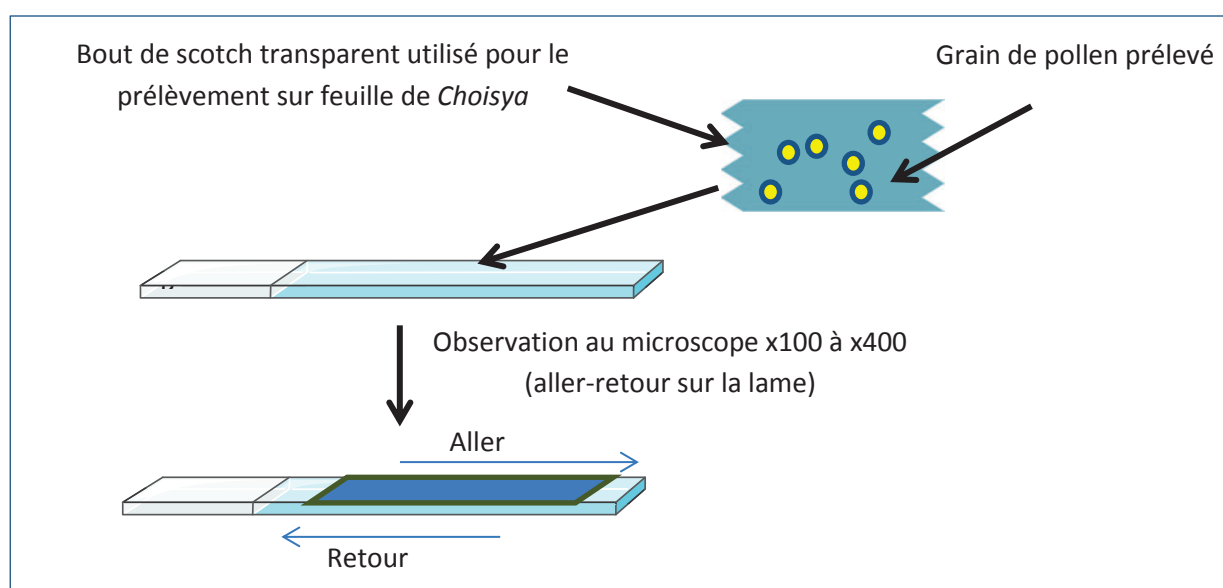
Une des notations mise en place pour cet essai concerne la présence de tétranyque sur ces plantes indicatrices avant introduction de la culture (infestation initiale) et après introduction de la culture (détection des premiers individus). Le suivi des infestations de *Tetranychus urticae* sur les plantes indicatrices se fait en observant l'intégralité des quatre plantes (ensemble du feuillage, face supérieure et inférieure) à l'aide d'une loupe de terrain. La notation prend seulement en compte la présence ou l'absence de tétranyque, il ne s'agit pas d'un dénombrement. Cette notation s'effectue, si possible, de façon journalière. Dès la détection d'un individu de tétranyques sur une des plantes pièges, celle-ci est détruite conformément à ce qui est indiqué dans l'itinéraire (cf. **partie 3.3**). Les dates de détection des tétranyques sur plante piège nous permettront ensuite de positionner les premiers lâchers d'acariens prédateurs dans le tunnel innovant.

#### 3.5.2 Dépistage des tétranyques à la réception des plants de *Choisya ternata*

Une fois les jeunes plants de la culture de *Choisya* réceptionnés, il est primordiale de connaître l'état sanitaire de ces derniers et de mettre en évidence la présence ou l'absence de tétranyques afin de ne pas contaminer la structure de production, notamment si celle-ci s'avère initialement saine. Pour un cela, un échantillon prélevé sur chaque plaque de bouturage (10 plants par plaque de 70, soit 14% des plants) a été évalué à l'aide d'une loupe de terrain (x10). Comme pour les plantes indicatrices, la notation prend seulement en compte la présence ou l'absence de tétranyques. Cette notation n'a lieu qu'une seule fois, à la réception de la culture, avant le repotage.



**Figure 16 :** Répartition des plantes à noter pour chaque zone dans le tunnel innovant. Chaque case grise numérotée correspond à une plante à évaluer, chaque case verte correspond à une plante non-évaluée et les cases oranges, au centre de chaque zone, correspondent aux plantes indicatrices. *Source : AREXHOR*



**Figure 17 :** Schéma représentant le protocole de la notation pollen. *Source : AREXHOR*



### 3.5.3 Notation infestation

Une fois la culture de *Choisya ternata* introduite dans les deux tunnels, des notations concernant le niveau d'infestation en tétranyques seront effectuées sur celle-ci. Ces notations hebdomadaires prennent en compte la présence de tétranyques (formes adulte et œufs), leur nombre, la présence de dégâts en fonction d'une échelle établie en **annexe V**, mais également la présence d'auxiliaires : acariens prédateurs ou autres (cf. **Introduction**). Cette notation est la plus conséquente de l'essai puisqu'elle requiert à elle seule une journée complète d'observation.

Ne connaissant pas le nombre de plantes nécessaires à l'estimation exacte des populations de tétranyques, un maximum de plantes, couvrant l'ensemble de chaque zone, ont été choisis pour la notation (**figure 16**). Il s'agit donc d'évaluer 16 plantes par zone pour chaque tunnel. L'ensemble des données récoltées nous permettra de comparer zone par zone pour chaque tunnel l'évolution des populations d'acariens tétranyques et prédateurs. Le niveau de contrôle du ravageur pour chaque zone pourra ainsi être comparé.

### 3.5.4 Notation fine – Localisation des acariens tétranyques sur la plante

Dans le cadre de cet essai, nous chercherons également à déterminer de façon plus précise la répartition spatiale des tétranyques au niveau de la plante (position sur la plante et au niveau de la feuille). Pour cela une notation destructive est réalisée sous loupe binoculaire pour relever la localisation exacte de chaque tétranyque (adulte, larves, œufs) au niveau de la plante. Chaque axes de la plante, ainsi que les entre-nœuds, sont numérotés et chaque feuille prélevée fait l'objet d'une étude approfondie à un grossissement x10 à x50. Cette notation nous permettra d'améliorer les méthodes de dépistage du ravageur sur la culture. La notation sera effectuée à différents paliers d'infestation des *Choisya* (infestation faible, moyenne, forte, très forte).

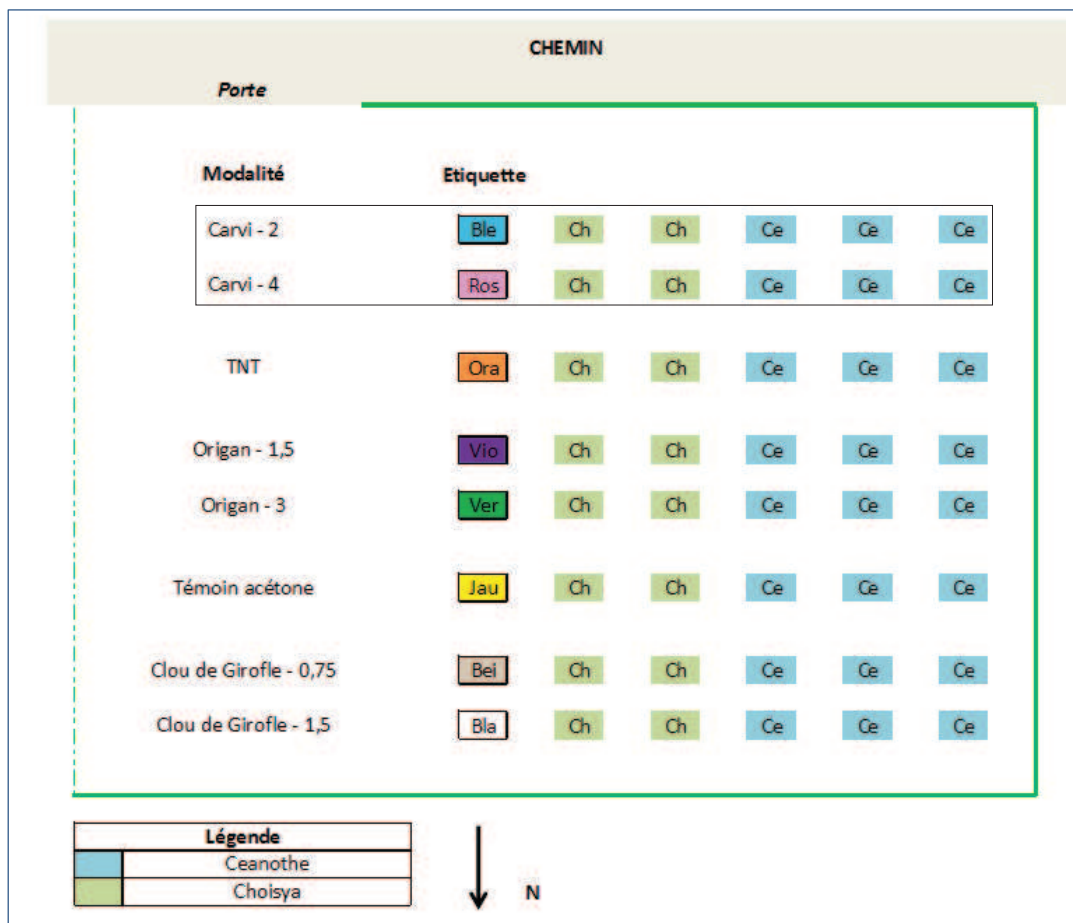
La localisation des tétranyques sur la plante sera également prise en compte lors de la notation infestation ou pour chaque plante étudiée (128 au total) la localisation majoritaire des tétranyques sur la plante sera indiquée (haut, milieu, bas) ainsi que sur les feuilles (face inférieure ou supérieure).

### 3.5.5 Notation pollen

On cherche à déterminer ici si la dissémination du pollen par les *S. sorbifolia*, plantes pollinifères mises en place dans le tunnel innovant, se fait de façon homogène sur l'ensemble de la culture. Nous avons donc découpé les 4 zones initiales du tunnel (**figure 14**) en 12 sous zones (1A, 1B etc.) comme le montre la **figure 16**. Ces zones ont été définies de façon à ce que celles terminant par « A » soit à proximité immédiate des plantes pollinifères (en jaune sur la figure), tandis que les zones se terminant par « B » et « C » sont de plus en plus éloignées de la source de pollen. Tous les 15 jours, un prélèvement est effectuée sur une feuille âgée de chaque zone à l'aide d'un scotch transparent puis déposé sur une lame afin d'être étudié au microscope. Une notation présence-absence de pollen est ensuite réalisée pour chaque lame en procédant à un aller-retour à un grossissement x100 à x400. Le protocole est résumé dans la **figure 17**.

### 3.5.6 Notation SBT (Surveillance Biologique du Territoire)

La notation SBT a pour objectif d'évaluer la présence de l'ensemble des ravageurs (pucerons, acariens, thrips etc.) et des auxiliaires (parasitoïdes, acariens prédateurs etc.) sur une culture au court du temps. Cette notation prend également en compte la présence ou non de maladies (maladie fongique, bactérienne etc.). Cette notation sera réalisée de façon hebdomadaire sur 10 plants de *Choisya* pris aléatoirement dans les deux tunnels. Elle sera également réalisé de façon occasionnelle sur les 8 plants de *Sorbaria sorbifolia* présentent dans le tunnel innovant et sur les 8 plants de *Photinia* présent dans le tunnel classique.



**Figure 18 :** Plan du premier test de sélectivité mis en place à l'AREXHOR PdL sur *Choisya* (en vert) en *ceanothe* (en bleu) pour différentes modalités (à gauche).



**Figure 19 :** Différentes espèces végétales servant au deuxième test de sélectivité mis en place à l'AREXHOR PdL

### 3.5.7 Notation sélectivité des huiles essentielles

Le test de sélectivité vise à mettre en évidence une réaction de phytotoxicité (formation de dégâts temporaires ou permanents) entre un produit et le matériel végétal sur lequel il est appliqué. Cette évaluation de la phytotoxicité envers le végétal est un élément essentiel de l'évaluation d'un produit phytosanitaire (EPPO).

Deux tests successifs seront réalisés ici. Le premier test devait initialement comprendre l'étude de trois huiles essentielles différentes : l'huile essentielle d'origan, l'huile essentielle de carvi et l'huile essentielle de clou de girofle. Cependant, seul deux de ces huiles ont pu nous être fourni (HE d'origan et HE de clou de girofle). La sélectivité des huiles est évaluée pour une dose simple (dose efficace, déterminée l'année précédente à l'AREXHOR PdL : cf. **tab. II**) et une dose double (deux fois la dose efficace) qui tient compte des chevauchements de pulvérisation qui arrive dans la pratique (EPPO). Les modalités étudiées ici sont donc les suivantes :

- Témoin non traité (TNT)
- Témoin solvant (traitement à l'acétone)
- HE origan dose simple (1,5%)
- HE origan dose double (3%)
- HE clou de girofle dose simple (0,75%)
- HE clou de girofle dose double (1,5%)

Le premier test de sélectivité sera réalisé sur deux espèces végétales différentes, à savoir le *Choisya ternata* et la *ceanothe (ceanothus)*. Deux répétitions pour le *Choisya* et trois répétitions pour les *ceanothe* ont été réalisées pour chaque modalité (cf. **figure 18**). Les conditions climatiques lors de l'application sont à prendre en compte ici puisque celles-ci pourraient avoir un impact sur l'apparition d'une phytotoxicité. L'application sera réalisée à l'aide d'un pulvérisateur manuel d'une contenance de 500mL, la dilution des huiles essentielles se faisant dans de l'acétone. La phytotoxicité sera évaluée 24h après traitement et également 15 jours plus tard, avant destruction de l'essai. Cette notation prend en compte l'apparition de symptômes foliaires tels que des chloroses, des brûlures, des nécroses ou tout autre type de symptômes foliaire ou de dérive morphologique. Après obtention des résultats du premier test, un second test de sélectivité sera effectué avec l'huile essentielle engendrant le moins de phytotoxicité sur *Choisya* et *ceanothe*. Ce test sera également réalisé à dose simple et à dose double mais cette fois-ci sur cinq espèces végétales différentes (cf. **figure 19**):

- *Choisya ternata* (Oranger du Mexique)
- *Ceanothus (ceanothe)*
- *Poinsettia*
- *Sorbaria sorbifolia* (Fausse spirée)
- *Rosa* (Rosier)

Ce test servira à la fois de répétition pour la phytotoxicité sur *Choisya* et *ceanothe* mais il nous permettra également de voir si l'huile essentielle n'engendre pas de dégâts sur d'autres espèces. Ce test sera conduit sous des conditions climatiques différentes du premier test (fortes chaleurs, humidité élevé etc.) afin de voir si celles-ci ont une influence sur l'apparition des symptômes.

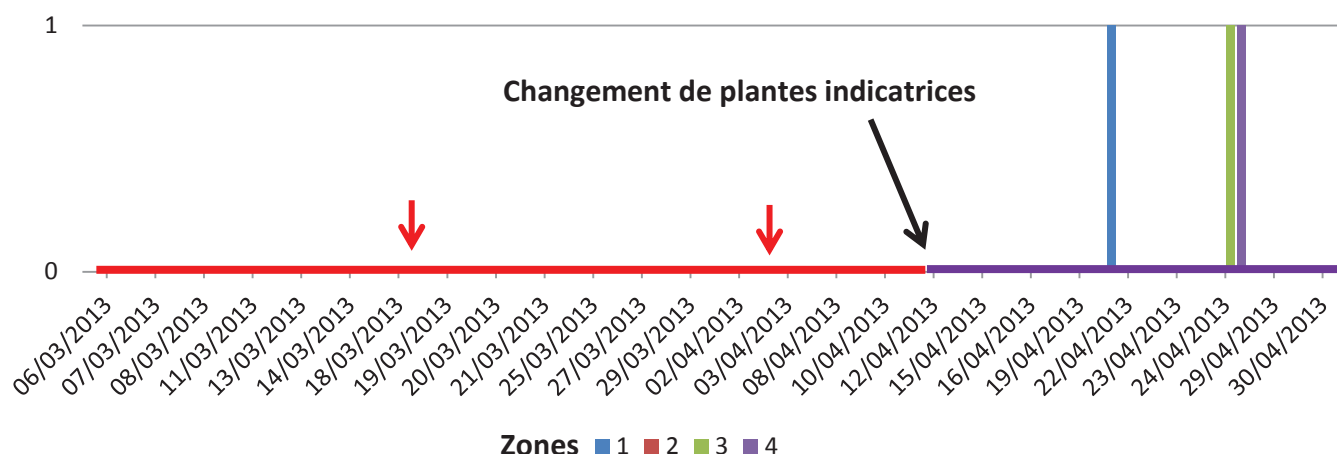
### 3.5.8 Relevé température

La température ainsi que l'hygrométrie seront relevés tout au long de l'essai à l'aide d'une sonde placée dans le tunnel innovant à la date du 18/03/2013. Cette sonde enregistre toute les heures les données concernant la température et le taux d'humidité du tunnel. Les données brutes seront par la suite retravaillées pour obtenir la température journalière moyenne, minimale et maximale.



**Figure 20 : Mise en place des plantes indicatrices.** La figure 20A montre l'installation initiale des plantes indicatrices (haricot de Lima), avant introduction de la culture, pour les 4 zones du tunnel innovant. La figure 20B montre la mise en place du lierre 'Glacier' (visible dans les cercles jaunes, au premier plan) dans les 4 zones du tunnel innovant après introduction de la culture.

## Détection de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice



**Figure 21 : Détection de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice.** Ce graphique présente la date de détection des premiers individus de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice en fonction des zones (1 à 4). 0 : absence - 1 : présence d'au moins un individu. La période signalée en rouge sur l'axe des abscisses correspond à la durée de présence des haricots de Lima, la période signalée en violet à celle des lierres 'Glaciers'. Les flèches rouges indiquent les dates de remplacements des haricots suite aux dégâts de gel.

	Semaine 15							Semaine 16							Semaine 17							Semaine 18						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Observation sur plante ind.																												
Observation sur culture																												
Lâcher tunnel classique				1																					2			
Lâcher tunnel innovant																									1			

**Figure 22 : Calendrier des observations de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice et sur la culture de *Choisya* pour le tunnel innovant (en vert) et date de réalisation des premiers lâchers d'acarien prédateurs pour les deux tunnels. La flèche rouge représente l'écart entre le premier lâcher réalisé dans le tunnel classique (en jaune) et le premier lâcher réalisé dans le tunnel innovant (en bleu).**



## 4 Résultats

- Evaluation des plantes indicatrices

Le 6 mars 2013, des plantes indicatrices ont été mises en place dans les 4 zones du tunnel innovant (cf. **figure 20A**). Le changement d'espèce de plante indicatrice utilisée dans le cadre de cet itinéraire a eu lieu le 12 avril, date à laquelle les haricots de Lima ont été remplacés par des lierres 'Glacier'. Ce changement coïncide approximativement avec l'introduction de la culture de *Choisya* dans la structure de production qui a eu lieu le 11 avril (cf. **figure 20B**). Le changement d'espèce de plante indicatrice a été opéré suite aux nombreux remplacements de haricots dus à l'apparition de dégâts de gel (cf. **Relevé température**). Les notations ont été réalisées, dans la mesure du possible, de façon journalière. Ces notations s'étendent du 6 mars (mise en place des plantes indicatrices) au 30 avril. Au total, 26 notations ont été effectuées et l'ensemble est résumé sur la **figure 21**.

La **figure 21** nous montre les résultats des notations Présence/Absence des premiers individus de *Tetranychus urticae* en fonction de la date et de l'espèce de plante indicatrice utilisée pour le tunnel innovant (absence de plantes indicatrices dans le tunnel classique). Aucun tétranyque n'a été détecté dans la zone 2 du tunnel au niveau de la plante indicatrice ; la zone 2 s'est toutefois avérée infestée au niveau de la culture (présence d'acariens sur les plants de *Choisya* de la zone mais pas sur la plante indicatrice ; cf. **Evaluation de l'infestation**). La première détection de tétranyques, sur plante indicatrice, a eu lieu le 22 avril dans la zone 1, puis le 24 avril dans les zones 3 et 4. Il y a bien eu destruction de chaque plante indicatrice une fois que celles-ci se sont avérées infestées ou que la zone où elles se trouvaient présentait des tétranyques. Ces mesures ont été prises afin de limiter le développement des tétranyques et d'éviter ainsi la formation de foyers au moment de la mise en place de la culture.



Le calendrier présenté dans la **figure 22** résume les dates des différentes observations de tétranyques sur plante indicatrice et sur la culture pour le tunnel innovant ainsi que les dates des premiers lâchers d'acariens prédateurs pour les deux tunnels. La flèche rouge indique le laps de temps entre le premier lâcher effectué dans le tunnel classique et le premier lâcher effectué dans le tunnel innovant, écart correspondant à une durée de trois semaines. Le lâcher d'acariens prédateurs effectué dans l'itinéraire innovant étant programmé une semaine après observation de tétranyques sur plante piège (délai de livraison des auxiliaires). Cette observation sur plantes indicatrices nous a donc permis de retarder le premier lâcher de trois semaines.

Plusieurs autres ravageurs ont également été observés au cours des notations plantes indicatrices notamment sur haricots de Lima, avant introduction de la culture. Il s'agit principalement de la présence de pucerons, d'aleurodes et de larves de thrips qui peuvent s'avérer être des ravageurs importants de la culture en cas de fortes proliférations. Quelques dégâts de limace ont aussi pu être notés. Cependant, aucun ravageur n'a été détecté sur les lierres 'Glacier', après introduction de la culture.

- Dépistage des tétranyques à la réception des plants de *Choisya ternata*

La réception des plants de *Choisya ternata* à l'AREXHOR PdL, ainsi que le dépistage des tétranyques ont eu lieu le 9 avril 2013. Ce dépistage a été réalisé sur un échantillon de 10 plantes par plaque livrée (8 plaques de 77 plants) et consistait à observer finement la plante (ensemble des feuilles, des axes et de la tige) à la loupe de terrain x10. Nous obtenons donc un total de 80 plantes contrôlées sur les 616 reçues, soit une évaluation de 13% du total des plantes. Lors de cette notation une forte mortalité de la faune a pu être constatée ce qui nous laisse supposer qu'il y a eu un éventuel recours à un traitement chimique de la part du producteur. Aucun tétranyque tisserand n'a pu être détecté sur l'ensemble des plantes observées. La présence d'autres espèces d'acariens a tout de même été relevée, mais ils restent cependant très rare (un seul acarien prédateur et quelques acariens détritivores). La culture a donc pu être repotée et mise en place sans aucune autre intervention.

**Tableau IV:** Résultats concernant la phytotoxicité de deux huiles essentielles sur *Choisya* et *ceanothe* pour l'essai sélectivité du 28/05 (essai numéro 1). n : dose simple ; 2n : dose double

Modalité	Description des symptômes	Photo des symptômes ( <i>Choisya-ceanothe</i> )			
<b>TNT</b>	Aucun symptôme visible	-			
<b>Témoin solvant (acétone)</b>	Aucun symptôme visible	-			
<b>HE Clou de girofle (n) 0,75%</b>	Quelques tâches nécrotiques visibles au niveau des feuilles Etendue des dégâts <15% du feuillage				
<b>HE Clou de girofle (2n) 1,5%</b>	Quelques tâches nécrotiques visibles au niveau des feuilles Etendue des dégâts <15% du feuillage. Quelques nécroses visibles sur le bord des limbes				
<b>HE Origan (n) 1,5%</b>	Brûlures importantes sur l'ensemble du feuillage (24h) et mort de la plante (17j)				
<b>HE Origan (2n) 3%</b>	Brûlures importantes sur l'ensemble du feuillage (24h) et mort de la plante (17j)				

**Tableau VI :** Résultats concernant la phytotoxicité de l'huile essentielle de clou de girofle (CdG) sur cinq espèces végétales différentes pour l'essai sélectivité du 13/08 (essai numéro 2). n : dose simple ; 2n : dose double).

Espèces végétales	Témoin acétone	HE CdG (n)	HE CdG (2n)
<i>Choisya</i>	RAS	Légères tâches nécrotiques sur certaines feuilles (<2%)	Quelques brûlures sur jeunes pousses (<5% de la plante)
<i>ceanothe</i>	RAS	RAS	Légère brûlure au niveau des nervures (couleur marron)
Poinsettia	Jeunes feuilles légèrement enroulées	Jeunes pousses complètement enroulées. Brûlures sur 40% du feuillage	Plantes entièrement brûlées (>80% du feuillage) et mort de la plante
Rosier	RAS	Brûlures sur le bord de certains limbes (<10%) et mort des fleurs (brûlures complète)	Bords des limbes brûlés et mort des fleurs
<i>Sorbaria sorbifolia</i>	RAS	Un peu de phytotoxicité sur jeunes pousses (nervures noires)	Nervures noires sur jeunes pousses

- Evaluation des huiles essentielles

Le premier essai concernant la sélectivité des huiles essentielles a été mis en place à l'AREXHOR PdL le 16 avril 2013, sous tunnel équipé d'une bâche solatrol® (bâche plastique spécialisée). Les applications d'huiles essentielles sur *Choisya* et *ceanothe* ont eu lieu dès réception des commandes le 28 mai. L'application a été réalisée à l'aide d'un pulvérisateur manuel d'une contenance de 500 mL. Les données météo concernant ce traitement sont fournies dans le **tableau III** (bas de page). Les observations de phytotoxicité ont eu lieu 24h après l'application ; l'ensemble de ces observations est visible dans le **tableau IV**. La phytotoxicité a ensuite été de nouveau évaluée, avant destruction de l'essai, le 14 juin, soit 17 jours après traitement. Cette deuxième notation ne présentait alors aucune différence notable avec la première, à l'exception de la mort des plantes qui présentaient des brûlures importantes (HE Origan « n » et « 2n »). Il s'avère que l'huile essentielle présentant les meilleures qualités (efficacité et sélectivité) est l'huile essentielle de clou de girofle. Celle-ci engendre cependant quelques symptômes de phytotoxicité. Elle a donc été de nouveau testée lors d'un second test de sélectivité en dose simple et double, sous des conditions climatiques différentes du premier essai. Les données météo de ce second traitement sont visibles dans le **tableau V** (bas de page).

Le deuxième essai sélectivité a été réalisé le 13 août sur cinq espèces végétales différentes : *Choisya*, *ceanothe*, rosiers, poinsettia et *Sorbaria sorbifolia*. Les observations concernant l'apparition de phytotoxicité sur ces différentes espèces ont eu lieu 24h après l'application (**tableau VI**). Les résultats obtenus confirment ceux du premier essai en ce qui concerne la phytotoxicité de l'huile essentielle de clou de girofle sur les cultures de *ceanothe* et de *Choisya*. On constate également, au niveau de ce deuxième essai, que l'huile essentielle de clou de girofle entraîne une phytotoxicité importante sur poinsettia (brûlures et mort de la plante) et quelques dégâts sur rosiers, notamment au niveau des fleurs (brûlures et chute des pétales). Cette huile essentielle n'engendre cependant que très peu de dommages sur *Sorbaria sorbifolia* (quelques dégâts sur jeunes pousses à dose double).

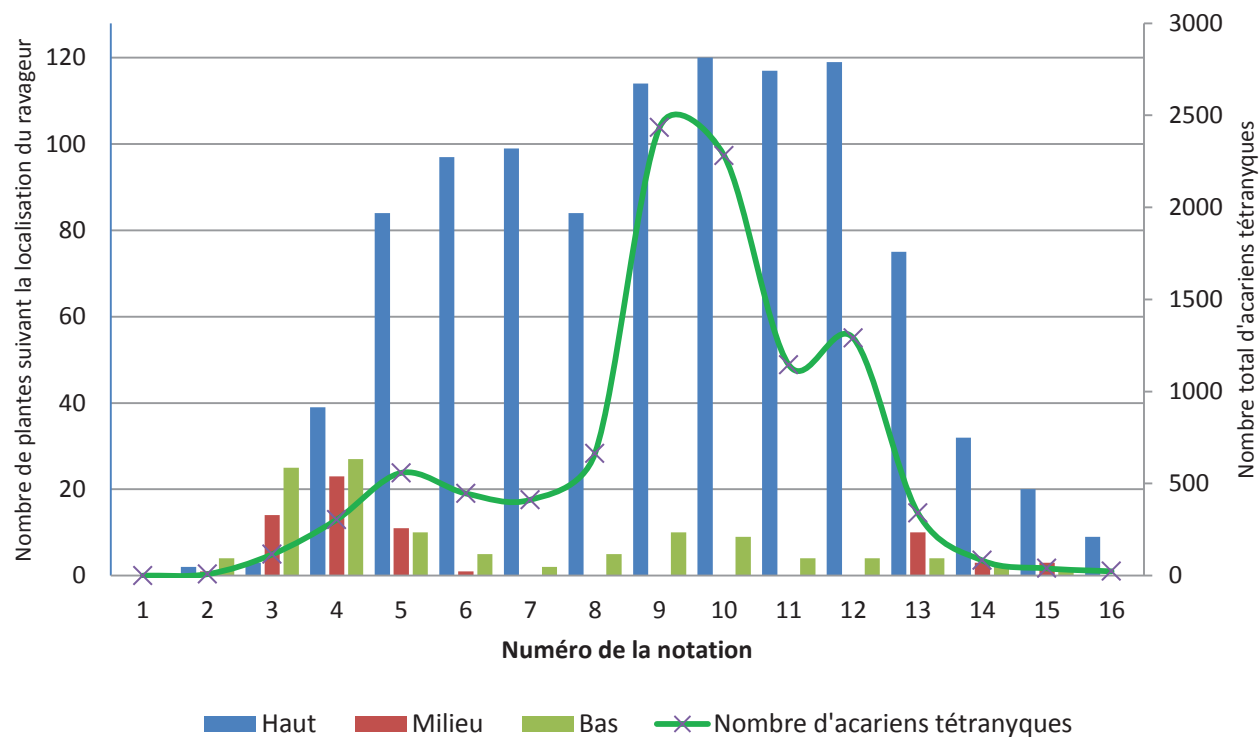
L'huile essentielle de clou de girofle en dose simple (0,75%) a été utilisée au cours de l'essai pour gérer une infestation trop importante d'acarien dans la zone 1 du tunnel innovant. En effet cette zone du tunnel présentait alors une forte pression du ravageur nous amenant à effectuer un traitement contre cette pullulation importante (cf. Itinéraire innovant, **annexe IV**). Le traitement a été réalisé le 4 juillet sur l'ensemble de la zone à l'aide d'un pulvérisateur ATH (haute pression) muni d'une lance comportant une buse en jet conique. Aucune phytotoxicité n'a été relevé sur la culture 24h après traitement ainsi que dans les 15 jours qui ont suivis. Ce traitement a également permis de confirmer l'efficacité de l'huile essentielle (**figure 30 ; partie résultat Evaluation de l'infestation**).

**Tableau III** : Données météo en début et fin de traitement du 28/05/2013 de l'essai sélectivité n°1

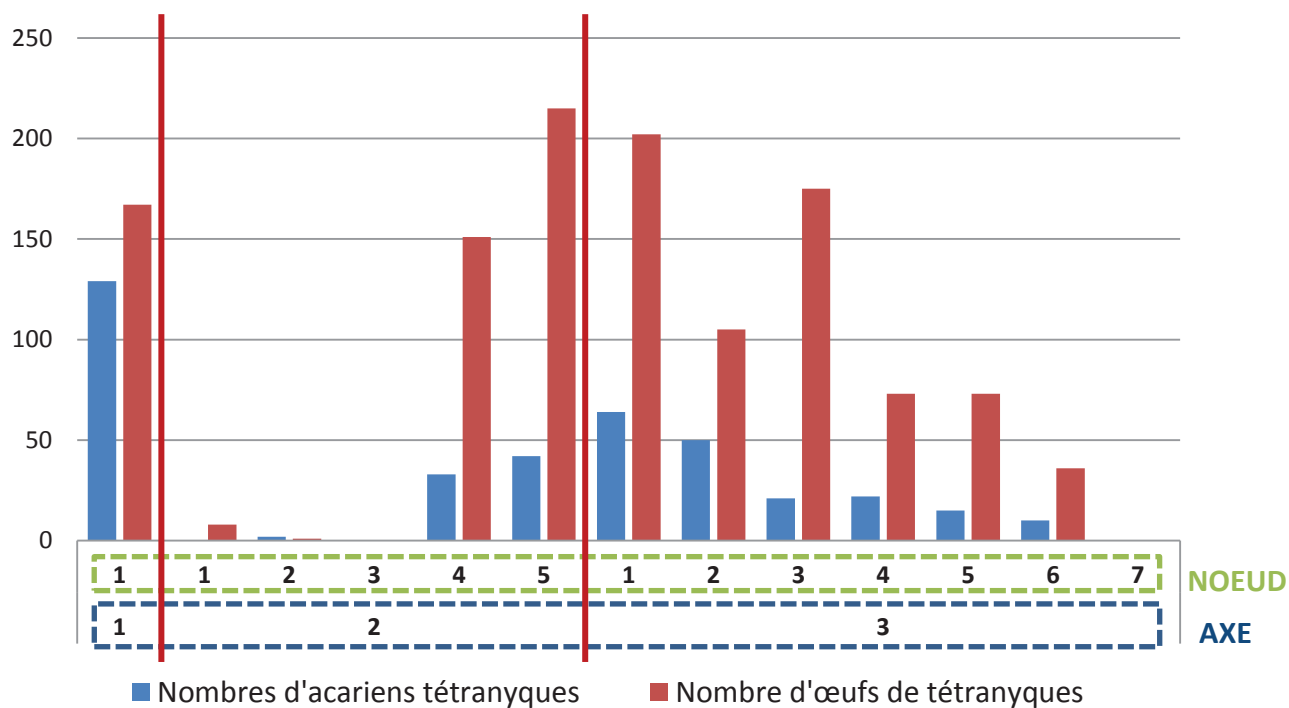
Temps : Pluvieux	Début de traitement	Fin de traitement
Température	16,3 °C	17,6°C
Hygrométrie	65%	51%

**Tableau V** : Données météo en début et fin de traitement du 13/08/2013 de l'essai sélectivité n°2

Temps : Ensoleillé	Début de traitement	Fin de traitement
Température	35,1 °C	36,6°C
Hygrométrie	28%	28%



**Figure 23 :** Histogramme montrant sur l'axe vertical principal l'évolution de la répartition des tétranyques sur la plante au cours des différentes notations (haut, milieu, bas). En parallèle, sur l'axe vertical secondaire, la courbe verte nous donne l'évolution des effectifs totaux de tétranyques observés au cours de ces notations.



**Figure 24 :** Histogramme de la répartition des effectifs de tétranyques (larves et adultes) et d'œufs sur la plante en fonction du numéro d'axe et de nœud pour la notation fine d'infestation moyenne.



- Evaluation de localisation des acariens tétranyques sur la plante

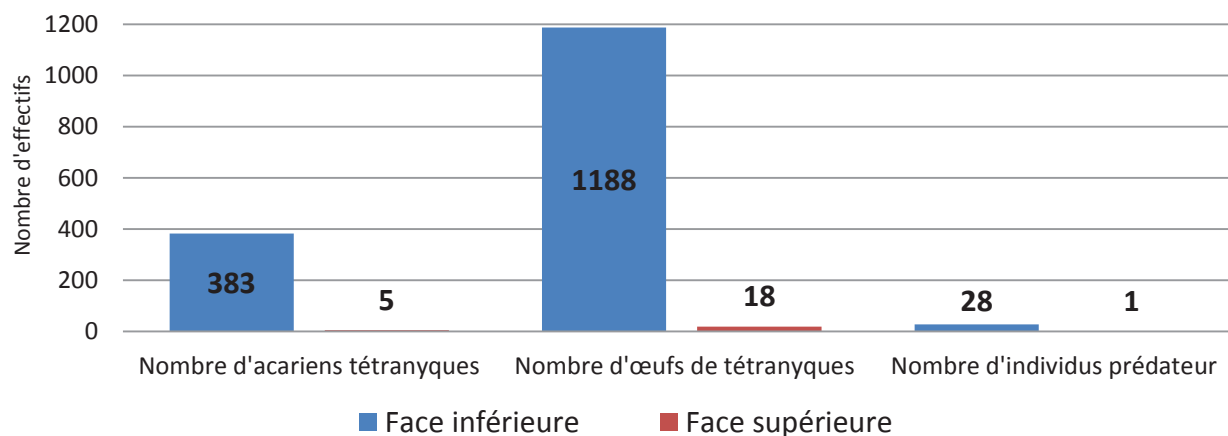
La localisation des tétranyques sur les plants de *Choisya* est déterminée à l'aide de deux types de notation, celle effectuée lors de la **Notation infestation** qui prend en compte la face de la feuille ainsi que la portion de la plante majoritairement infestée et la **Notation fine** qui prend plus précisément en compte les effectifs d'acariens en fonction de chaque axe de la plante. La **figure 23** présente la répartition de *Tetranychus urticae* sur les plants de *Choisya ternata* au cours de 16 notations infestation. Pour rappel, 128 plants de *Choisya* sont évalués au cours de chacune de ces notations. La répartition des acariens sur chaque plante est estimée en fonction de la localisation de la majorité de ces derniers. Par exemple, si sur la plante n°48 on observe « 2 » acariens sur la partie basse, « 1 » sur la partie médiane et « 9 » sur la partie haute on estimera que les acariens se situent sur la partie haute pour cette plante. Ceci étant réalisé pour l'ensemble des plantes présentant des tétranyques, la note finale pourra varier, à chaque notation, de 0 à 128 pour chaque catégorie (haut, milieu, bas).

La répartition des acariens sur la plante est mise en relation avec la pression exercée par ce ravageur qui fluctue au cours du temps (**figure 23**). On constate ainsi que le niveau d'infestation en tétranyque (représenté par la courbe verte sur l'axe vertical secondaire) augmente au cours du temps pour atteindre un pic autour de la 10<sup>ème</sup> notation, correspondant à la date du 19 juin 2013, pour ensuite diminuer et reprendre son niveau initial. La répartition des effectifs de tétranyques en fonction de leur localisation pour chaque notation est mise en évidence ici à l'aide des histogrammes (axe vertical principal). On observe alors que pour des niveaux d'infestations faibles (courbe verte) la répartition des acariens sur la plante est plutôt variable (notations 1 à 5). A l'inverse, lorsque le niveau d'infestation augmente et passe au-dessus d'un certain seuil on remarque que la localisation des tétranyques se concentre sur le haut de la plante, autrement dit sur les jeunes pousses (notations 6 à 12).

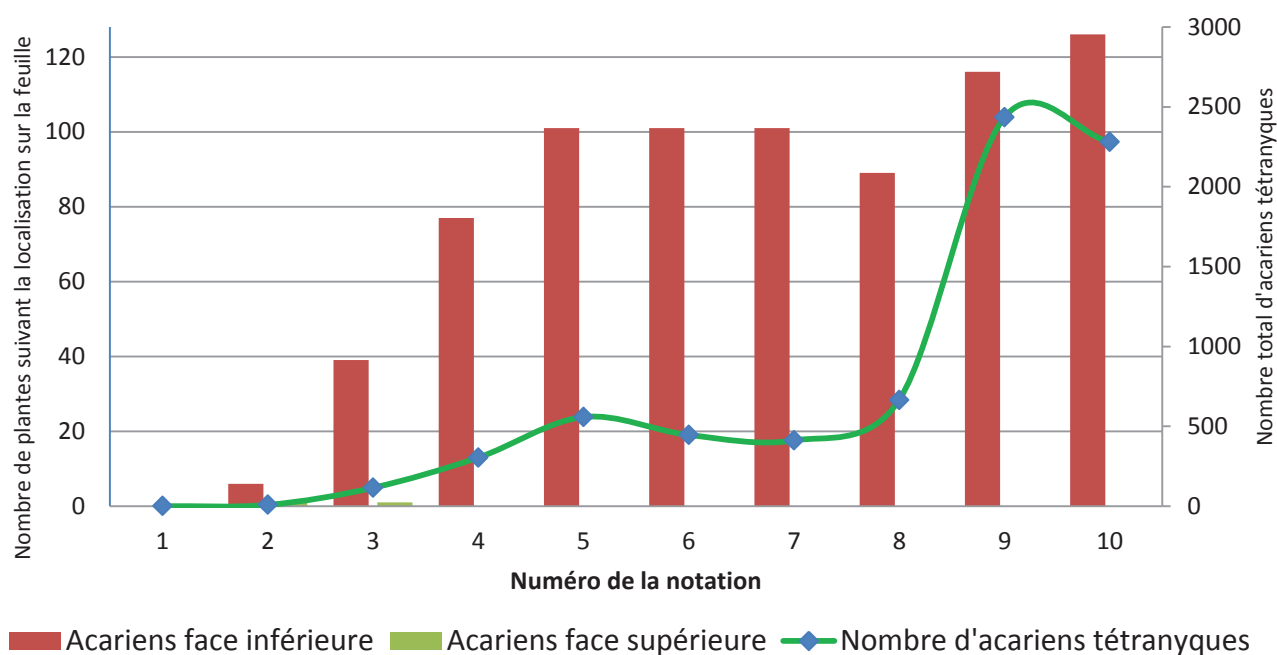
Deux notations fines, prenant en compte le nombre exact d'acariens sur chaque axe, nœud et feuille d'une seule plante prise aléatoirement, ont été réalisées. Ces notations ont eu lieu à deux niveaux d'infestation différents ; le 2 mai à un niveau faible (voire très faible) et le 18 juin à un niveau moyen. Les niveaux d'infestations n'atteignant pas de point plus élevé, aucune autre notation fine n'a pu être réalisée pour un niveau fort. La **figure 24** nous montre la répartition précise des acariens tétranyques et de leurs œufs pour la notation fine d'infestation moyenne. Les données sur la répartition des tétranyques lors de l'infestation de niveau faible sont négligeables, les tétranyques étant très peu nombreux à ce niveau. Cette fois-ci l'axe de la plante ainsi que le numéro du nœud sur lequel se trouve le tétranyque, ou l'œuf, est pris en compte. L'axe 1 correspond au bas de la plante et plus le numéro d'axe augmente plus l'on remonte vers la partie haute ; il en va de même pour les nœuds. On remarque à l'aide de cette figure que la répartition des tétranyques et des œufs se fait majoritairement au niveau des axes I et III, c'est-à-dire sur les parties basse et haute de la plante. La partie médiane, correspondant approximativement à l'axe II, semble ici moins atteinte. Cependant, lorsqu'on ramène les données de cette notation à la proportion de feuilles occupées par le ravageur, il n'existe aucune différence significative entre les axes. Les proportions obtenues pour chaque axe ont été comparées entre elles à l'aide d'un test de proportion (ou test Z). Dans chaque cas, la probabilité du test reste supérieure au seuil fixé de 0,05 (cf. **tableau VII**), autrement dit, la différence entre les proportions n'est pas significative.

**Tableau VII** : p-value obtenue entre les différents axes de la plante après comparaison des proportions de feuilles occupées par les tétranyques suite à un test-Z.

Axes comparés	Axe 1 – Axe 2	Axe 1 – Axe 3	Axe 2 – Axe 3
p-value associée	0,08	0,09	0,40



**Figure 25 :** Répartition des tétranyques (larve et adulte), des œufs de tétranyques et des acarions prédateurs suivant la face de la feuille pour l'ensemble des notations fines.



**Figure 26 :** Histogramme de la répartition des tétranyques (larve et adulte) suivant la face de la feuille pour les différentes notations infestations réalisées (axe vertical principal). En parallèle, sur l'axe vertical secondaire, la courbe verte nous donne l'évolution des effectifs totaux de tétranyques observés au cours de ces notations.

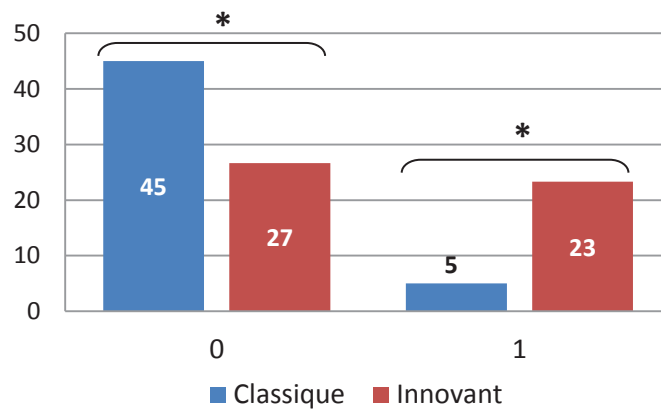
La **figure 25** présente la répartition des acariens et des œufs en fonction de la face de la feuille étudiée lors des notations fines. On constate alors, sans avoir besoin de confirmation statistique, que les acariens et les œufs sont localisés sur la face inférieure des feuilles. Cette observation est confirmée à l'aide de la **figure 26** qui expose la localisation des acariens tétranyques suivant la face de la feuille au cours des différentes notations infestation réalisées. On peut observer la répartition de cette localisation (face inférieure, face supérieure) à l'aide de l'histogramme, sur l'axe vertical principal de la figure. La pression exercée par le ravageur est représentée ici par la courbe verte qui traduit l'évolution du nombre total de tétranyques au cours des différentes notations (axe vertical secondaire). Cette notation est basée sur le même principe que pour les résultats obtenus pour la **figure 23** (128 plantes évaluées toutes les semaines). On remarque ici que les tétranyques sont tous localisés sur la face inférieure des feuilles, quelle que soit la pression exercée par le ravageur. Il a pu être observé sur le terrain, dans de rares cas, que certains tétranyques forment des foyers sur la face supérieure des feuilles, notamment lorsque les feuilles présentent des malformations dues à des dégâts de pucerons.

- Evaluation des plantes à pollen

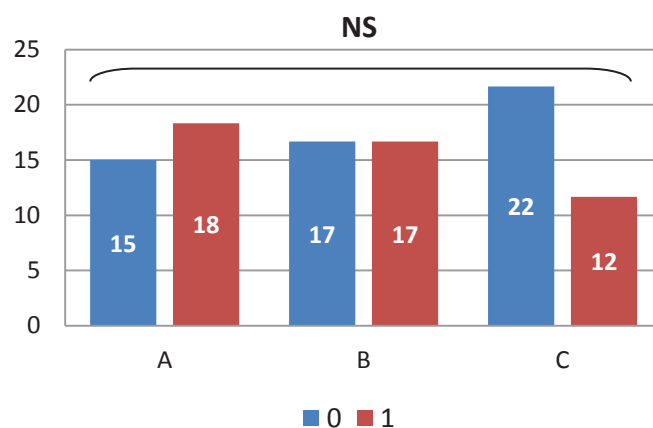
La mise en place de plantes pollinifères a eu lieu le 14 juin 2013 dans le tunnel innovant avec l'introduction de branches de sureau en fleurs à la place des *Sorbaria sorbifolia*, toujours en attente de floraison à cette période. Les fausses spirées ont été introduites dans le tunnel innovant dès leur floraison, à partir du 3 juillet. Les notations pollen ont débuté avant la pose des branches de sureaux et se sont poursuivies jusqu'au 19 août. Bien que la notation porte majoritairement sur la présence ou l'absence de pollen, l'aspect qualitatif (type de pollen) a été étudié à l'aide d'échantillons témoins préalablement récoltés. Plusieurs types de pollen ont alors pu être observés au cours de ces notations. Ces différents types sont présentés dans les figures de l'**annexe VI** (Observation de pollen au microscope). La **figure A** correspondant à du pollen de Sureau, la **figure B** à du pollen de *Choisya ternata* et la **figure C** à du pollen de *Sorbaria sorbifolia*. La résolution du microscope utilisé et l'absence notoire de connaissances en palynologie ne nous ont pas permis de déterminer avec exactitude chaque type de pollen rencontré pour chaque échantillon, ces observations restent donc seulement indicatives.

L'objectif de cette notation était de déterminer si la pose de *Sorbaria sorbifolia* dans le tunnel innovant permettait une bonne dissémination du pollen sur la culture de *Choisya* et ainsi un meilleur maintien des acariens prédateurs. La **figure 27** (au verso) est un histogramme représentant la somme de présence (1) et d'absence de pollen (0) pour l'ensemble des 12 sous-zones de chaque tunnel (classique et innovant) et ce, pour la période allant du 17 juin au 5 août. Un test d'indépendance du  $\chi^2$  a été réalisé afin de savoir s'il y a indépendance entre la présence de pollen et le tunnel. Le test rejette l'hypothèse nulle d'indépendance des deux variables au seuil  $\alpha$  de 0,05 (p-value : 20,98E-06), par conséquent la présence de pollen dépend du tunnel. La seule variation entre les deux tunnels étant la pose de plantes pollinifères dans le tunnel innovant, on peut conclure que la présence plus importante de pollen dans ce tunnel est bien due aux plantes introduites (*Sorbaria sorbifolia*).

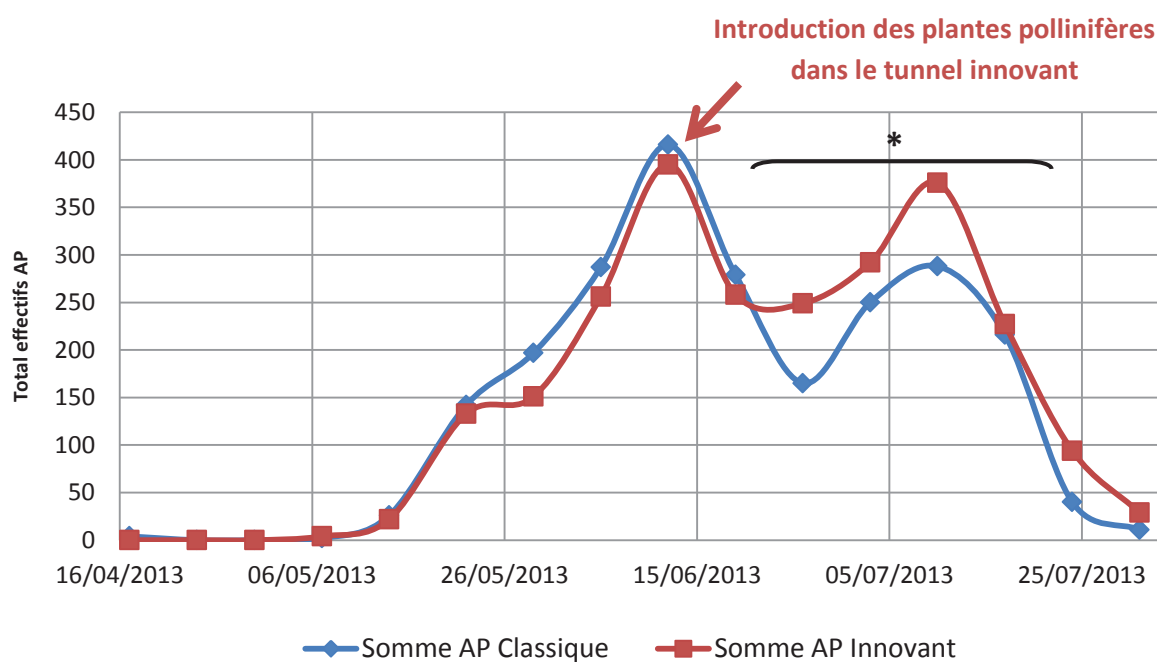
La **figure 28** (au verso) nous montre la répartition de la présence et de l'absence de pollen entre chaque sous-zone du tunnel innovant. La zone A correspondant à la zone de culture la plus proche des plantes pollinifères, la zone B à la zone médiane et la zone C à la zone la plus éloignée (cf. Matériels & Méthode). Au regard de la **figure 8** on constate que la présence de pollen (en orange) diminue avec l'éloignement ( $A > B > C$ ). Un test de  $\chi^2$  d'indépendance a été effectué pour savoir s'il y avait ou non indépendance entre la présence ou l'absence de pollen et la sous-zone dans laquelle on se trouve. Au seuil de signification  $\alpha$  : 0,05 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre la présence/absence de pollen et la sous-zone (p-value : 0,42). Par conséquent, les différences visibles sur la **figure 28** entre les sous-zones ne sont pas assez marquées pour être significativement différentes.



**Figure 27 :** Histogramme de la somme des présences-absences de pollen pour l'ensemble des sous-zones des tunnels classique et innovant pour la période du 17/06/2013 au 05/08/2013. 0 : absence de pollen, 1 : présence de pollen.



**Figure 28 :** Histogramme de répartition de la présence(1) / absence(0) de pollen entre chaque sous-zone pour le tunnel innovant pour la période du 17/06/2013 au 05/08/2013.



**Figure 29 :** Evolution du nombre total d'acarien prédateur (AP) pour chaque tunnel au cours du temps. L'introduction des plantes pollinifères a eu lieu le 14/06/2013 dans le tunnel innovant.

La présence de pollen révélée dans le tunnel innovant pourrait alors avoir un effet sur la présence d'acariens prédateurs. La **figure 29** présente l'évolution du nombre total d'acariens prédateurs par tunnel au cours des différentes notations infestation. On constate à l'aide de cette figure, que le nombre total d'acariens prédateurs par tunnel semble à peu près identique dans les deux cas jusqu'au 19 juin. On observe ensuite un nombre plus élevé d'acariens prédateurs dans le tunnel innovant pour la période allant du 19 juin jusqu'au 31 juillet. Les données concernant le nombre total d'acariens prédateurs des deux tunnels pour la période du 16 avril au 19 juin ont été comparées statistiquement au moyen d'un test de Mann Whitney-Wilcoxon bivarié. Pour cette période, l'hypothèse nulle selon laquelle il y aurait égalité des moyennes entre les deux tunnels est confirmée au seuil  $\alpha$  de 0,05 (p-value = 0,6898). Il n'y a donc pas de différences significatives entre les deux tunnels concernant le nombre d'acariens prédateurs pour la période du 16 avril au 19 juin. Ce même test a été réalisé pour la période allant du 19 juin au 31 juillet et dans ce cas l'hypothèse nulle est rejetée au seuil  $\alpha$  = 0,05 (p-value = 0,001582). Il y a donc une différence significative du nombre d'acariens prédateurs entre les deux tunnels pour la période allant du 19 juin au 31 juillet, après pose des plantes pollinifères.

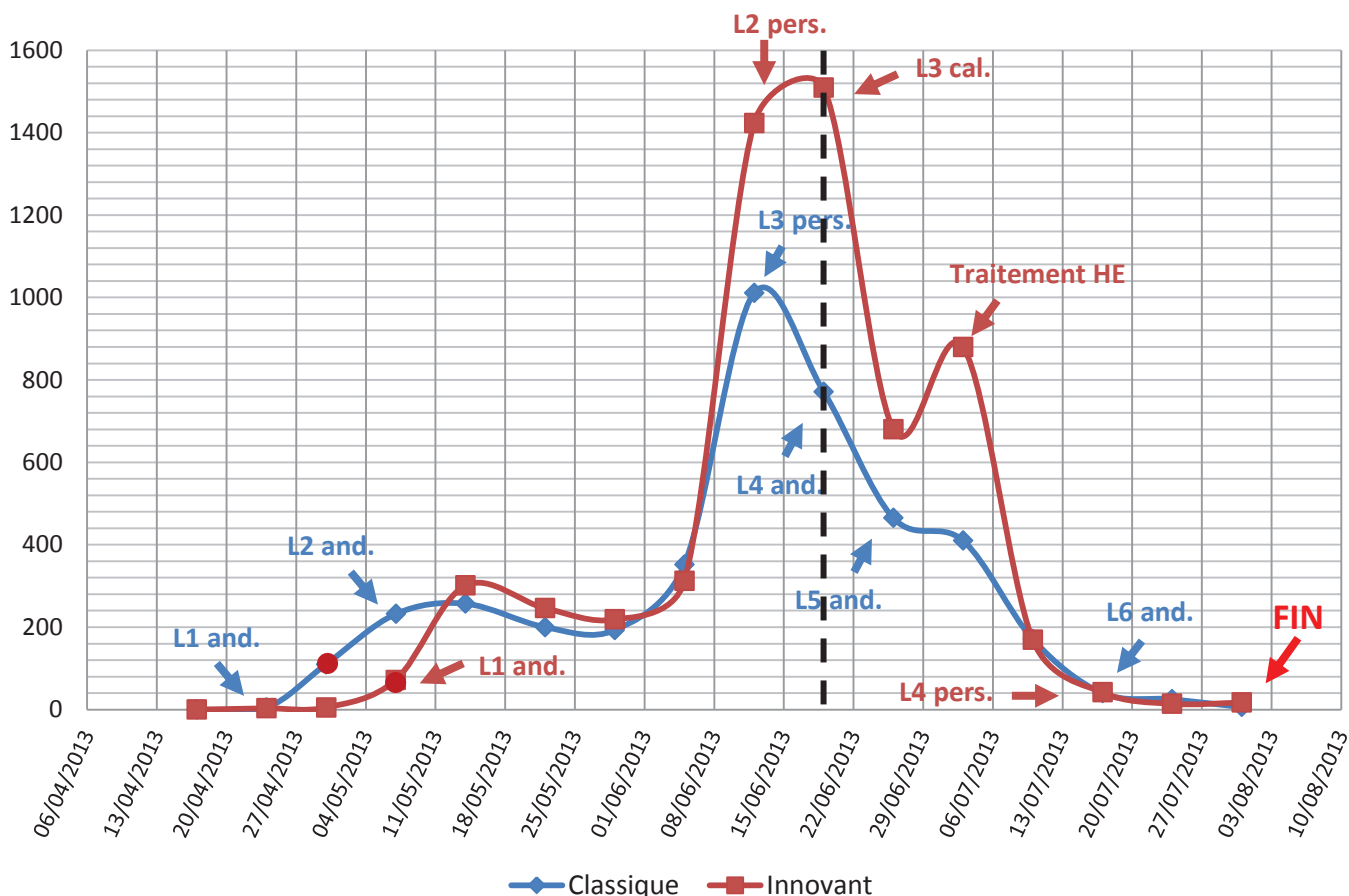
- Evaluation de l'infestation

La **figure 30** (au verso) montre l'évolution des effectifs de tétranyques au cours du temps pour le tunnel innovant et le tunnel classique. On constate que le début de l'infestation a eu lieu le 30 avril 2013 pour le tunnel classique et le 7 mai pour le tunnel innovant (cf. points rouges **figure 30**). On constate également qu'à la fin du mois de juillet le niveau des populations de tétranyques, pour les deux tunnels, est quasiment nul. La prise en compte des données pour l'interprétation des résultats se fera donc que jusqu'à la date du 31 juillet (cf. flèche rouge **figure 30**). Les différentes opérations de lâchers d'acariens prédateurs ou de traitement sont également résumées sur cette figure.

De la mise en place de la culture jusqu'à la date du 31 juillet, 6 lâchers ont été réalisés dans le tunnel classique contre 4 pour le tunnel innovant (**figure 30**). Cependant ces lâchers n'ont pas toujours été réalisés sur l'ensemble du tunnel. En fonction du niveau d'infestation de chaque zone (4 par tunnel), une décision a été prise quant à la réalisation d'un lâcher ou non. Le détail exact des opérations réalisées pour chaque zone est donc donné dans le **tableau VI** (au verso). Aucun traitement n'a été nécessaire dans le tunnel classique alors qu'une zone du tunnel innovant a dû être traitée aux huiles essentielles afin de limiter la reprise des pullulations (cf. **fig. 30 – Traitement HE**).

L'évolution de l'infestation en tétranyques a été mise en relation avec le nombre d'acariens prédateurs évalué à chaque notation, et ce pour les deux tunnels, dans les **figures A et B en annexe VII**. Ces niveaux de prédateurs ont déjà pu être comparés précédemment pour l'**Evaluation des plantes à pollen**. Ces deux figures représentent néanmoins l'évolution séparée des deux groupes d'acariens prédateurs. *Neoseiulus californicus* et *Amblyseius andersoni* ont été regroupés car ils sont tous les deux employés en lutte préventive. *Phytoseiulus persimilis*, présent en moins grande quantité mais plus efficace en termes de consommation de tétranyques, est employé en lutte curative.

On peut constater, toujours à l'aide de ces deux figures, que le niveau d'infestation dans le tunnel innovant, au niveau du pic de population, semble supérieur à celui observé dans le tunnel classique (environ 1500 individus pour le tunnel innovant contre 1000 dans le classique). Les populations de tétranyques suivant une loi exponentielle, les données concernant l'évolution des effectifs d'acariens ont été transformées de façon logarithmique comme le montre la **figure A en annexe VIII**. Les données pour le tunnel classique et le tunnel innovant ne suivant pas une loi normale (test de Shapiro) elles ont été comparées à l'aide d'un test de Wilcoxon. Le résultat est le suivant : « p-value = 0.6701 », il n'y a donc pas de différence significative concernant le niveau d'infestation entre les deux tunnels.



**Figure 30 :** Evolution de l'infestation en *Tetranychus urticae* dans les deux tunnels et positionnement des différentes opérations de lâchers et de traitement au cours du temps. Les points rouges correspondent aux dates du début d'infestation pour les deux tunnels. La flèche rouge indique la fin de la prise en compte des données pour la notation infestation. L : Lâcher ; HE : Huile essentielle ; and : *Amblyseius andersoni* ; pers : *Phytoseiulus persimilis* ; cal : *Neoseiulus californicus*. La ligne en pointillé correspond à la date de taille pour les deux tunnels.

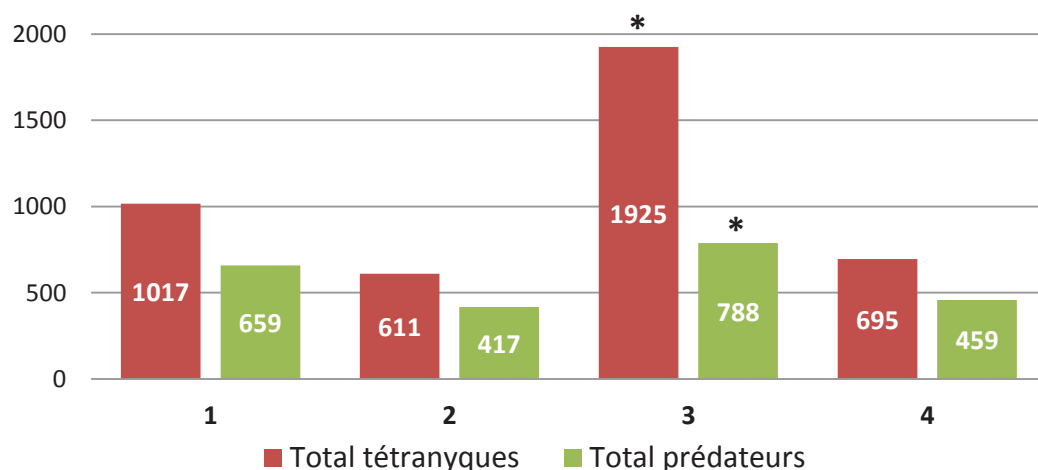
**Tableau VIII :** Dates des opérations 2013 pour les deux tunnels de l'essai COMALTE

Dates	Tunnel	Zones	Opérations
11/04/2013	Classique	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
07/05/2013	Classique	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
07/05/2013	Innovant	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
13/06/2013	Classique	1 – 3 – 4	Lâcher <i>Phytoseiulus persimilis</i>
13/06/2013	Innovant	1 – 2 – 3	Lâcher <i>Phytoseiulus persimilis</i>
19/06/2013	Classique	1 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
19/06/2013	Innovant	1 – 2 – 3	Lâcher <i>Neoseiulus californicus</i>
28/06/2013	Classique	2	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
04/07/2013	Innovant	1	Traitement HE Clou de Girofle
17/07/2013	Classique	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
17/07/2013	Innovant	1	Lâcher <i>Phytoseiulus persimilis</i>
31/07/2013	Innovant	1	Lâcher <i>Neoseiulus californicus</i>
08/08/2013	Classique	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>
29/08/2013	Classique	1 – 2 – 3 – 4	Lâcher <i>Amblyseius andersoni</i>

L'effectif total des tétranyques et des acariens prédateurs pour les quatre zones de chacun des tunnels a ensuite été comparé dans les **figures 31** et **32** (dans le texte). Les données représentées dans les histogrammes représentent le total par zone pour la période allant du 17 juillet (début des notations) au 31 juillet (fin de l'infestation). Les données sur le total de tétranyques par zone pour chaque date de notations ont été comparées à l'aide d'un test non-paramétrique de Friedman au seuil  $\alpha$  de 0,05 (rejet de la normalité après test de Shapiro pour l'ensemble des zones au seuil de 0,05).

Le résultat du test de comparaisons multiples conduit sur Statbox pour le tunnel classique est le suivant : « Friedman chi-squared = 80.8363, df = 3, p-value < 2.2e-16 ». On rejette par conséquent l'hypothèse nulle au seuil  $\alpha$  de 0,05 et il existe donc bien une différence significative entre les zones. Dans l'impossibilité de conduire un test de Friedman post-hoc sur ces données afin de comparer les zones significativement différentes entre-elles, un test de Wilcoxon (test non-paramétrique/comparaison de 2 échantillons) est réalisé sur R uniquement entre les deux zones les plus infestées : ici la zone 1 et la zone 3 (**figure 31**). Le résultat est le suivant : « Wilcoxon: V = 4083.5, p-value = 1.025e-08 », on rejette l'hypothèse nulle selon laquelle les deux échantillons suivent la même distribution ; il y a donc bien une différence hautement significative entre ces zones. On peut conclure ici que la zone 3 du tunnel classique est significativement plus infestée en acariens tétranyques que les autres zones.

Les mêmes opérations sont réalisées en ce qui concerne les effectifs d'acariens prédateurs dans le tunnel classique. Le test Friedman pour l'ensemble des zones donne le résultat suivant: « Friedman chi-squared = 47.4633, df = 3, p-value = 2.77e-10 », il y a bien une différence hautement significative entre les zones. Le test de Wilcoxon entre les deux zones où les acariens prédateurs sont les plus présents (zones 1 et 3, **figure 31**) donne les résultats suivant : « V = 3984.5, p-value = 0.002252 », il existe donc une différence significative entre ces deux zones. On peut conclure ici que la zone 3 du tunnel classique présente un nombre d'acariens prédateurs significativement plus élevé que dans les autres zones du tunnel.



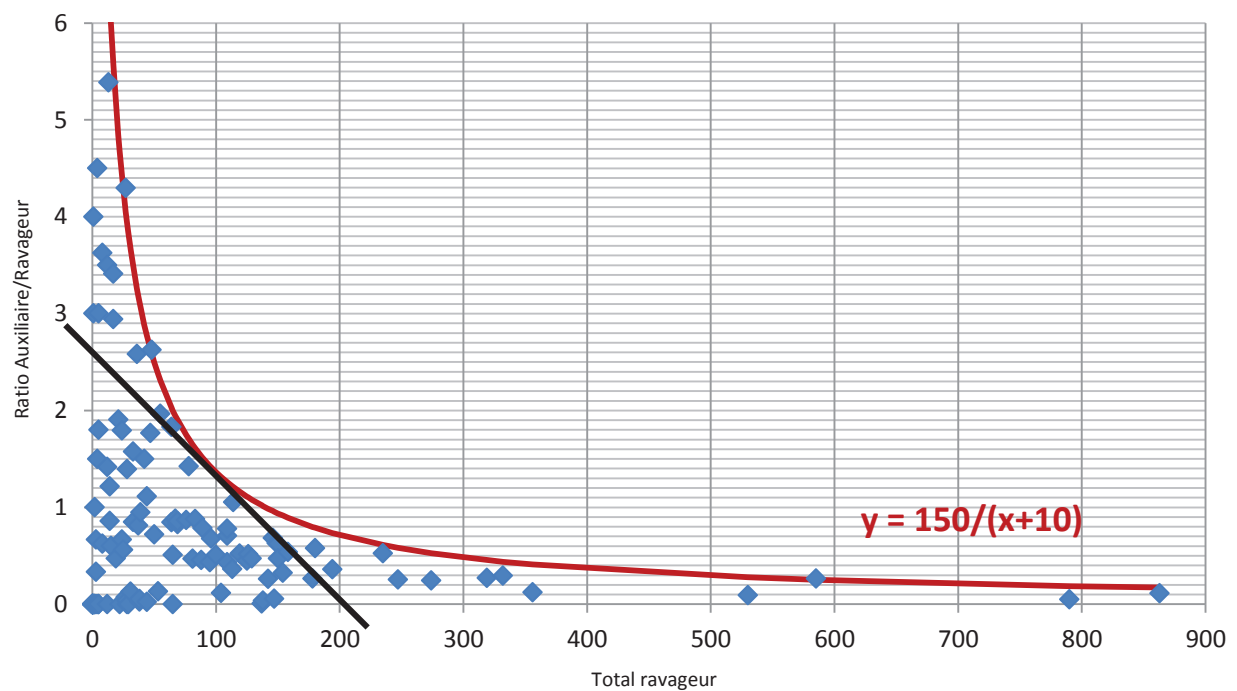
**Figure 31:** Total des effectifs de tétranyques et d'acariens prédateurs pour les quatre zones du tunnel **classique**.

Le résultat du test de comparaison multiple conduit sur Statbox pour le tunnel innovant est le suivant : « Friedman chi-squared = 126.9344, df = 3, p-value < 2.2e-16 ». On rejette par conséquent l'hypothèse nulle au seuil de 0,05 et il existe une différence significative entre les zones. Comme pour le tunnel classique, un test de Wilcoxon est réalisé entre les deux zones les plus infestées du tunnel innovant: la zone 1 et la zone 3 (**figure 32**). Le résultat est le suivant : « Wilcoxon V = 11297.5, p-value = 1.939e-14 », on rejette ainsi l'hypothèse nulle selon laquelle les deux échantillons suivent la même distribution, il y a donc une différence significative entre ces zones. On peut conclure ici que la zone 1 du tunnel innovant est significativement plus infestée en acariens tétranyques que les autres zones.



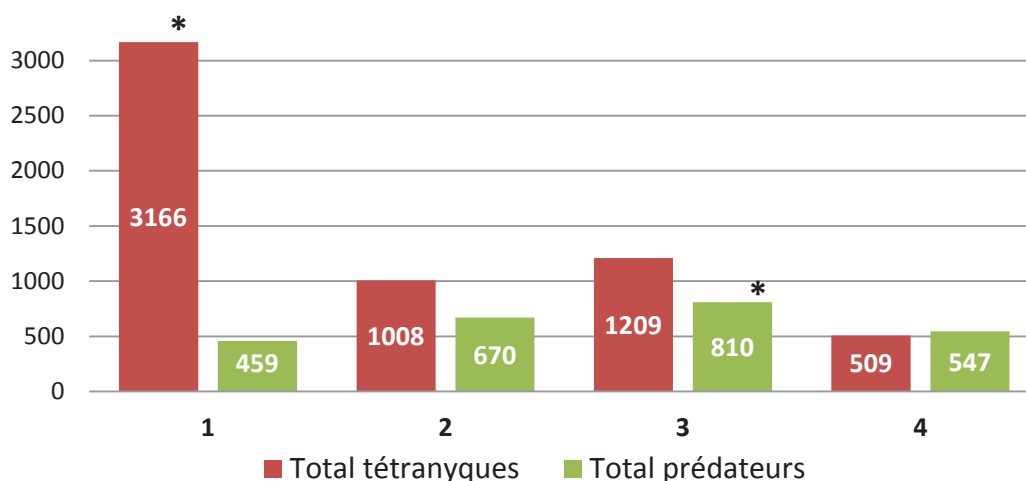
**Tableau IX :** Nombre total de lâchers, maximum de tétranyques en moyenne par plante et appréciation du contrôle pour chaque zone des deux tunnels. TB : Très bon, B : Bon, P : Passable, M : Mauvais.

Tunnel	Classique				Innovant			
Zone	1	2	3	4	1	2	3	4
Nombre de lâchers	7	6	7	7	5	3	3	1
Maximum de <i>T. urticae</i> moyen par plante	12	6	36	10	53	17	20	8
Appréciation du contrôle	B	TB	P	TB	M	B	B	TB



**Figure 33 :** Etablissement graphique du seuil de contrôle d'un couple auxiliaire/ravageur selon la méthode de S. Naranjo. Source : Naranjo et al., (2013).

Les mêmes opérations sont réalisées en ce qui concerne les effectifs d'acariens prédateurs dans le tunnel innovant. Le test Friedman pour l'ensemble des zones donne le résultat suivant: « Friedman chi-squared = 56.4048, df = 3, p-value = 3.443e-12 », ce qui amène à conclure à une différence significative entre les zones. Le test de Wilcoxon entre les deux zones où les acariens prédateurs sont les plus présents (zones 2 et 3, **figure 32**) donne les résultats suivant : « V = 5099, p-value = 0.01156 », ce qui confirme l'existence d'une différence significative entre ces deux zones. On peut conclure ici que la zone 3 du tunnel innovant présente un nombre d'acariens prédateurs significativement plus élevé que dans les autres zones du tunnel.

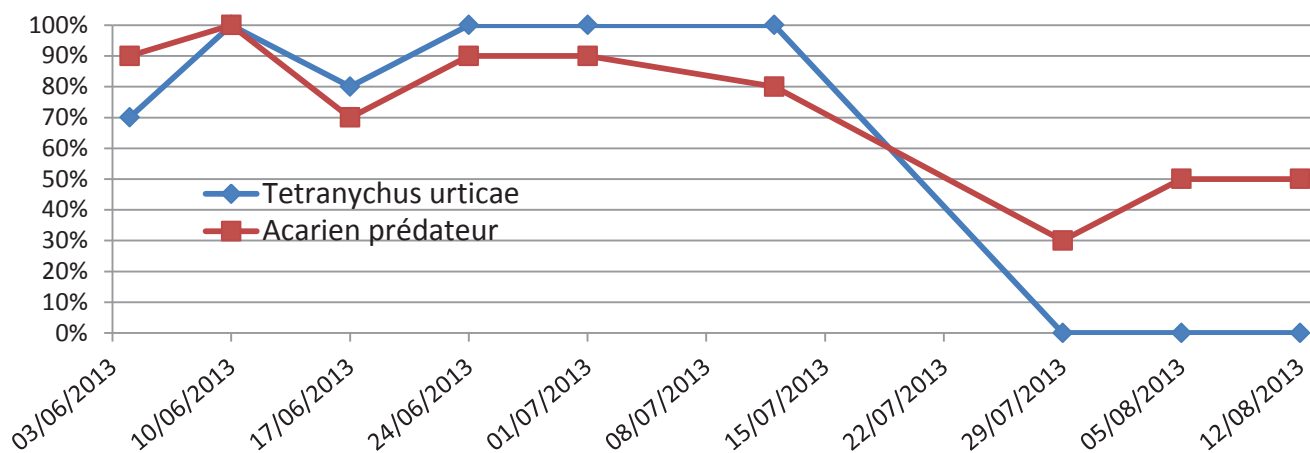


**Figure 32:** Total des effectifs de tétranyques et d'acariens prédateurs pour les quatre zones du tunnel innovant.

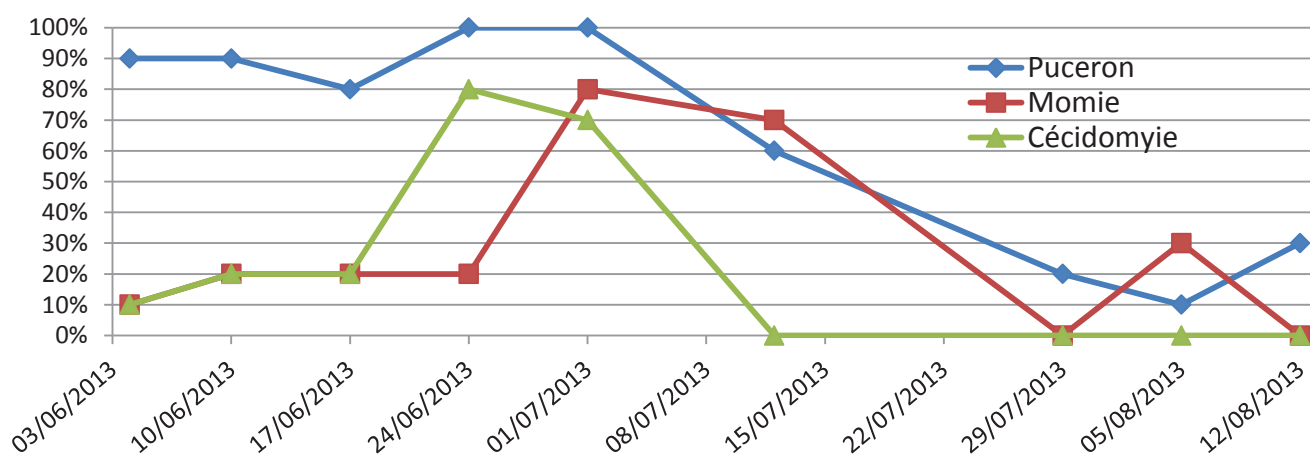
Une étude graphique de l'évolution des populations d'acariens tétranyques et prédateurs, zone par zone pour chaque tunnel, est réalisée afin de pouvoir déterminer des seuils d'interventions. L'ensemble de ces graphiques sont visibles en **annexe IX**. Pour chaque graphique la courbe grise (TU) représente l'évolution de la moyenne de tétranyque par plante au cours du temps alors que la courbe orange (AP) représente l'évolution de la moyenne d'acarien prédateur par plante. Les données servant à l'interprétation, pour chacune des zones des deux tunnels, sont la moyenne maximale de tétranyques atteinte par plante (cf. flèche rouge sur chaque figure) ainsi que la qualité du contrôle. Cette qualité du contrôle passe par le bon développement d'acariens prédateurs capables de limiter une pullulation rapide sur la zone. Une évolution des effectifs d'acariens prédateurs proportionnelle à l'augmentation des tétranyques traduit par exemple un bon contrôle. Le résumé des résultats pour chaque zone des deux tunnels est donné dans le **tableau IX**.

Le ratio « auxiliaire/ravageur » est également à prendre en compte dans l'établissement d'un seuil d'intervention. Un seuil critique de contrôle est visualisable graphiquement à l'aide de la méthode mise au point par Naranjo (2013). Cette méthode consiste à tracer la courbe du ratio « auxiliaire/ravageur » en fonction du nombre de ravageur (**figure 33**). On constate alors que le ratio « auxiliaire/ravageur » diminue avec l'augmentation du nombre de ravageur ce qui signifie que le ravageur n'est plus sous contrôle de l'auxiliaire pour des fortes infestations. La relation entre les deux variables est modélisée à l'aide de la courbe rouge dont l'équation est donnée sur la figure. D'après S. Naranjo, le seuil critique de contrôle se situe au niveau de la tangente de la courbe rouge (cf. trait noir sur la **figure 33**). Le seuil de contrôle de *Tetranychus urticae* par les acariens prédateurs se situe donc ici aux alentours d'un ratio « auxiliaire/ravageur » de **1,5**.

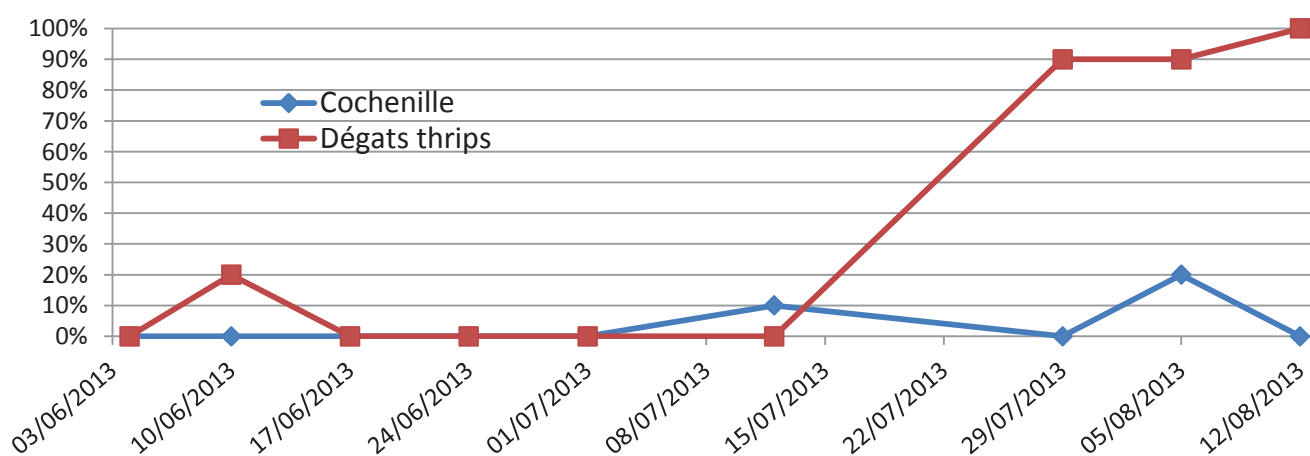
Concernant la présence d'auxiliaires spontanés sur la culture, pris en compte lors de la **Notation infestation**, les données étaient insuffisantes pour pouvoir comparer les deux tunnels. La prise en compte des dégâts lors de cette notation n'a également pas pu être interprétée au vue du faible niveau d'attaque (niveau 2 maximum – cf. échelle **annexe V**).



**Figure 34 :** Evolution de la fréquence d'apparition des acariens tétranyques et des acariens prédateurs, au cours du temps, selon la notation SBT.



**Figure 35:** Evolution de la présence des pucerons et de leurs auxiliaires spontanés (momies et cécidomyies), au cours du temps, selon la notation SBT.



**Figure 36 :** Evolution de la présence de cochenilles et de dégâts de thrips, au cours du temps, selon la notation SBT.

- Evaluation des auxiliaires et des ravageurs (Notation SBT)

La notation SBT (Surveillance Biologique du Territoire) a été réalisée de façon hebdomadaire sur la culture d'Oranger du Mexique, tout tunnel confondu, ainsi que de façon occasionnelle sur *Photinia* (tunnel classique) et *Sorbaria sorbifolia* (tunnel innovant). Pour rappel cette notation prend en compte la présence de ravageurs et d'auxiliaires sur 10 plantes prises aléatoirement. La fréquence d'apparition des ravageurs et des auxiliaires sur la culture est ensuite exprimée en pourcentage. Les ravageurs et auxiliaires observés au cours de ces notations ont plus ou moins été regroupés par couple. La **figure 34** présente par exemple l'évolution de la fréquence d'apparition du couple *Tetranychus urticae* – Acarien prédateur. Ces données étant moins précises que la **Notation infestation** réalisée précédemment elles ne seront pas prises en compte dans l'interprétation des résultats.

Un autre couple de ravageur et d'auxiliaire de la culture de *Choisya ternata* étudié lors de cette notation est mis en évidence dans la **figure 35**. Il s'agit ici de l'évolution de la présence de pucerons sur la culture au cours du temps. Ce ravageur peut s'avérer très préjudiciable sur cette culture s'il n'est pas maîtrisé rapidement. Les auxiliaires majoritairement relevés ici sont les parasitoïdes de pucerons dont la présence se traduit par la formation de momies (cf. **fig. A – annexe X**) et les cécidomyies (cf. **fig. B – annexe X**). La présence de pucerons est importante début juin mais le développement rapide des auxiliaires spontanés va conduire au bon contrôle de ce ravageur puisque il retombe à des niveaux faibles en fin de saison (**figure 35**). Le développement des auxiliaires spontanés a permis ici un contrôle naturel des pucerons sur la culture sans nécessité d'intervention chimique ou biologique.

La **figure 36** expose l'évolution de la fréquence d'apparition de cochenilles (cf. **fig. C – annexe X**) et de dégâts de thrips (cf. **fig. D – annexe X**) sur la culture de *Choisya*. On constate un faible niveau d'infestation concernant les cochenilles au cours de l'élevage mais une forte augmentation de la fréquence d'apparition des dégâts de thrips. Aucun auxiliaire spontané de thrips n'a pu être observé au cours des notations mais les dégâts restent cependant sous le seuil de nuisibilité, aucun traitement n'a donc été réalisé.

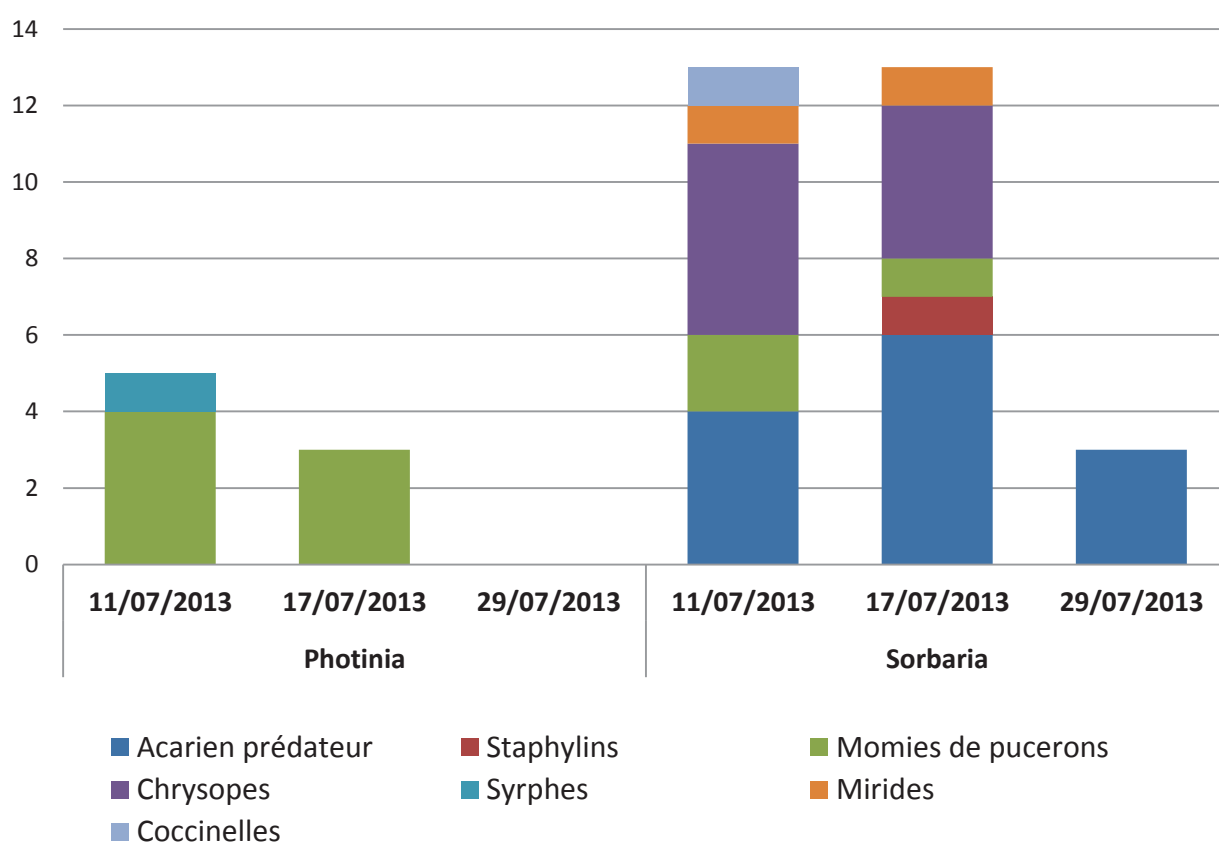
La notation SBT a également été réalisée sur *Photinia*, plante introduite dans le tunnel classique pour rejouer le rôle d'effet physique que pourrait avoir la plante pollinifère, et sur *Sorbaria sorbifolia* (tunnel innovant). La comparaison a eu lieu à 3 dates différentes et a pris en compte l'ensemble des auxiliaires et ravageurs observés. La présence d'auxiliaires est plus importante sur *Sorbaria sorbifolia* que sur *Photinia*, tant en terme quantitatif que qualitatif (**figure 37**, au verso). En effet, seul des syrphes et des momies de pucerons ont pu être retrouvés sur *Photinia* alors qu'une large gamme d'auxiliaires a été observée sur *Sorbaria sorbifolia*. Les données enregistrées restent toutefois en quantité insuffisante pour pouvoir comparer statistiquement les deux modalités (classique et innovant).

En ce qui concerne le comportement de la plante pollinifère *Sorbaria sorbifolia* vis-à-vis des attaques de tétranyques, aucune explosion de population d'acariens n'a pu être observée sur cette dernière. Seul très peu de dégâts d'acariens, essentiellement des piqûres isolées, ont été observées sur ces plantes. On note également l'absence d'autres ravageurs ou de maladies sur cette plante.

- Relevé des températures

Les données températures enregistrées par la sonde dans le tunnel innovant ont été déchargées le 10 août 2013 et mise en forme sous Excel. Ces données comprennent la température minimale et maximale journalière ainsi que la température moyenne. L'ensemble est visible sur la **figure A en annexe XI**.

On constate que la température maximale (courbe orange) dépasse les 40°C certains jours, après introduction de la culture (flèche rouge). Ce dépassement a entraîné la formation de quelques dégâts de chaleurs sur les plants de *Choisya* (**figure 38**, au verso). Toutefois ces dégâts n'ont pas été préjudiciables au bon développement ultérieur des plants.



**Figure 37 :** Comparaison des auxiliaires sur *Photinia* (tunnel classique) et sur *Sorbaria sorbifolia* (tunnel innovant) selon la notation SBT à 3 dates différentes.



**Figure 38 :** Dégâts dus à la chaleur sur *Choisya ternata* (flèche noire). Source : C. ALESTRA – AREXHOR PdL

La température minimale relevée dans le tunnel (courbe grise) passe sous les 0°C, avant introduction de la culture, ce qui a entraîné des dégâts de gel sur haricots (première plante indicatrice). Les deux droites en pointillés sur la figure correspondent aux dates des pics de développement des tétranyques dans le tunnel innovant. On constate que ces pics interviennent au moment de changement de palier de la température minimale. En effet, dans le 1<sup>er</sup> cas la température minimale passe d'un seuil bas de 5°C à un seuil bas de 10°C (cf. flèche verte). La même chose se produit lors du second pic de pullulation, la température minimale passe alors d'un seuil bas de 10°C à un seuil bas de 15°C (cf. flèche verte).

**Tableau X : Décisions à prendre en fonction des observations sur plante indicatrice et lors du dépistage à la réception de la culture :**

Observation sur plante indicatrice	Observation au dépistage	Décision
Absence d'acariens	Absence d'acariens	Ne rien faire.
Absence d'acariens	Présence de dégâts d'acariens ou d'acarien en faible quantité	Effectuer un lâcher préventif d'acariens prédateurs à la mise en place de la culture : Vrac de <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> .
Absence d'acariens	Présence d'acariens en quantité importante par plante	Refuser la commande. Si ce n'est plus possible, réaliser un traitement à l'huile essentielle de clou de girofle (0.75%) sur les plants avant la mise en place.
Présence d'acariens	Absences d'acariens	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Effectuer un lâcher préventif en vrac d'acariens prédateurs sur la culture : <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> .
Présence d'acariens	Présence de dégâts d'acariens ou d'acarien en faible quantité	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Effectuer un lâcher en vrac d'acariens prédateurs sur la culture : <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> .
Présence d'acariens	Présence d'acariens en quantité importante par plante	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Refuser la commande. Si ce n'est plus possible, réaliser un traitement à l'huile essentielle de clou de girofle (0.75%) sur les plants avant rempotage.

**Tableau XI : Décisions à prendre en fonction des observations sur plante indicatrice et après mise en place de la culture, au cours de la phase d'élevage:**

Observation sur plante indicatrice	Observation sur culture	Décision
Absence d'acariens	Absence d'acariens	Ne rien faire.
Absence d'acariens	Présence de dégâts d'acariens ou d'acarien en faible quantité	Effectuer un lâcher préventif en vrac d'acariens prédateurs sur la culture : <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> . La culture est contaminée en acariens tétranyques, les plantes pièges sont détruites.
Absence d'acariens	Présence d'acariens en quantité importante par plante	Réaliser un lâcher de <i>Phytoseiulus persimilis</i> sur foyer ou traiter à l'huile essentielle de clou de girofle (0.75%). La culture est contaminée en acariens tétranyques, les plantes pièges sont détruites.
Présence d'acariens	Absences d'acariens	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Effectuer un lâcher préventif en vrac d'acariens prédateurs sur la culture : <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> .
Présence d'acariens	Présence de dégâts d'acariens ou d'acarien en faible quantité	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Effectuer un lâcher en vrac d'acariens prédateurs sur la culture : <i>Neoseiulus californicus</i> à 10 ind/m <sup>2</sup> .
Présence d'acariens	Présence d'acariens en quantité importante par plante	La structure est contaminée en acariens tétranyques. Destruction des plantes indicatrices. Réaliser un lâcher de <i>Phytoseiulus persimilis</i> sur foyer ou traiter à l'huile essentielle de clou de girofle (0.75%). La structure et la culture sont contaminées, les plantes pièges sont détruites.



## 5 DISCUSSION

### 5.1 Intérêt des plantes indicatrices

La mise en place de l'essai COMALTE a débuté le 3 avril 2013 à l'AREXHOR PdL avec la pose des plantes indicatrices dans le tunnel innovant. Au cours des différentes notations réalisées, il a pu être constaté qu'aucun tétranyque n'était présent sur plante indicatrice avant introduction de la culture. Ce résultat nous permet de dire qu'il n'y a pas eu d'infestation initiale en tétranyques de la structure de production pour le tunnel innovant. Il n'a donc pas été nécessaire de réaliser un lâcher préventif d'acariens prédateurs en même temps que la mise en place de la culture pour ce tunnel. Le premier lâcher d'acariens prédateurs pour le tunnel innovant a eu lieu une semaine après détection des premiers individus de *Tetranychus urticae* sur plante indicatrice (temps de livraison des auxiliaires), soit le 2 mai. Pour le tunnel classique, le premier lâcher a été effectué en même temps que la mise en place de la culture (le 11 avril), comme cela est préconisé en PBI classique. L'utilisation de plantes indicatrices, dans le cadre de l'itinéraire innovant nous a permis de retarder le premier lâcher d'acarien prédateur de trois semaines. Ce délai correspond en réalité à l'économie d'un lâcher puisque ces derniers sont effectués toutes les trois semaines.

Deux types de plante indicatrice ont dû être utilisés dans le cadre de cet essai. Le haricot de Lima était, d'après la bibliographie, une plante indicatrice idéale pour la détection des tétranyques tisserands. Cependant, les gels du mois de mars ont provoqué à deux reprises la mort des haricots et donc leur remplacement. L'intérêt de cette plante indicatrice devenant ainsi limité, il a été décidé de changer l'espèce de plante indicatrice pour une espèce plus résistante aux mauvaises conditions climatiques que l'on peut rencontrer en début de printemps. Le choix du lierre 'Glacier' c'est fait après observation d'acariens tétranyques sur cette culture chez certains producteurs (Observation du CDHR Centre). Ce choix s'est révélé positif puisque le lierre, outre sa plus grande résistance aux mauvaises conditions climatiques, présente également l'intérêt d'héberger un nombre de ravageurs moins importants que le haricot de Lima. En effet, plusieurs autres ravageurs préjudiciables à la culture de *Choisya* ont pu être observés sur haricot tels que des pucerons ou des thrips. L'utilisation du lierre, en tant que plante indicatrice, s'avère donc plus intéressant dans notre cas.

La mise en place des plantes indicatrices dans la structure de production a eu lieu plus d'un mois avant l'introduction de la culture, c'est-à-dire au début du mois de mars. Il sera donc recommandé d'effectuer, dans la mesure du possible, les mêmes opérations dans le cas d'un suivi sur une parcelle producteur. L'utilisation de ces plantes indicatrices devra être combinée au dépistage des tétranyques avant la mise en place de la culture dans la zone de production. En effet l'absence d'un dépistage pourrait nous faire perdre l'intérêt de la détection des premiers individus présents dans la structure ou à ses abords si les plants reçus sont contaminés.

Lors de la réception des plants de *Choisya* à la station, un dépistage aléatoire de 10 plantes par plaque avait été réalisé (cf. Matériel & Méthode). Ce dépistage a révélé une absence de tétranyques sur la culture reçue et donc un faible risque de contaminer les tunnels avec ce ravageur. Les résultats du dépistage ont été confirmés par la suite puisqu'aucun tétranyque n'a été observé sur les plantes pièges et sur la culture dans les jours qui ont suivis la mise en place des *Choisya* dans les tunnels.

Les constats effectués sur les notations des plantes indicatrices et sur le dépistage nous permettent de mettre au point les premières règles de décision concernant la gestion de *Tetranychus urticae* en début de culture. Ces règles de décision prennent en compte la présence de tétranyques sur plante indicatrice ainsi que sur la culture, avant introduction de la culture, et après mise en place de la culture. Les différents cas possibles, pour ces deux périodes, (**tableaux X et XI**) nous amènent dans chaque circonstance à prendre une décision adaptée. En ce qui concerne la notion de « quantité forte » ou de « quantité faible » celle-ci reste encore discutable car très subjective et devra être adaptée à la situation.



## 5.2 Evaluation des huiles essentielles

Un des principaux axes de l'essai concernait l'évaluation de certaines huiles essentielles (HE) pour lutter contre *Tetranychus urticae*. L'étude de ces huiles nous a déjà permis d'obtenir des résultats intéressants. La sélectivité de deux huiles essentielles (HE Origan et HE Clou de girofle) a pu être testée dans un premier temps sur culture de *Choisya* et de *ceanothe*, toutes deux sensibles aux attaques de tétranyques. Le premier test, servant à déterminer l'huile qui engendre le moins de phytotoxicité, nous a permis de constater que l'huile essentielle d'origan provoque une très forte phytotoxicité sur les deux cultures (à dose simple et double). L'huile essentielle de clou de girofle a montré de meilleurs résultats puisque très peu de phytotoxicité a été relevée après traitement. Cette huile a donc fait l'objet d'un second test de sélectivité sur une gamme de plantes plus conséquente. Le second test, conduit sur *Choisya*, *ceanothe*, rosier, poinsettia et *Sorbaria sorbifolia*, a permis de mettre en évidence des phénomènes de phytotoxicité de cette huile essentielle sur certaines cultures. En effet, d'importants dégâts ont été constatés sur poinsettia entraînant la mort des plants. Des dégâts de brûlure ont également été constatés sur rosier, notamment au niveau des fleurs. Le transfert de la méthode de lutte contre *Tetranychus urticae*, mise au point sur *Choisya*, vers un autre type de culture, devra donc se faire après une confirmation des tests de sélectivité des huiles essentielles sur cette nouvelle culture. Le deuxième test de sélectivité nous a toutefois permis de confirmer la faible phytotoxicité de l'huile essentielle de clou de girofle sur *Choisya* et *ceanothe*. Ce test nous a également permis de constater que les plants de *Sorbaria sorbifolia* (plante pollinifère) étaient peu sensibles à l'application d'huile essentielle de clou de girofle. Ce point s'avère positif pour la suite puisque cette plante à pollen pourra être utilisée dans une culture de *Choisya* comme source secondaire de nourriture pour les acariens prédateurs sans exprimer de dégâts en cas de traitement.

Nous pensions dans un premier temps que la météo au cours du traitement, et dans les heures qui suivent, pouvait entraîner des phénomènes de phytotoxicité plus prononcés dans certains cas. En effet cette hypothèse pouvait expliquer les résultats discordants entre l'AREXHOR PdL et le CDHR Centre par rapport à la phytotoxicité des huiles relevée les années précédentes. Or les deux tests de sélectivité conduits cette année à l'AREXHOR sur *Choisya* et *ceanothe*, ont eu lieu sous différents climats. Cette hypothèse est donc à exclure en ce qui concerne l'apparition de phytotoxicité dans certains cas et pas d'autres. Une autre hypothèse s'est dégagée au cours de l'essai et implique d'avantage le mode d'application de l'huile essentielle. En effet, suite à la prolifération importante d'acariens tétranyques dans la zone 1 du tunnel innovant, nous avons été amenés à réaliser un traitement à l'huile essentielle de clou de girofle à l'aide d'un pulvérisateur à haute pression. Dans le cas présent, aucune phytotoxicité n'a été constatée sur la culture de *Choisya*, contrairement aux quelques tâches relevées lors des essais de sélectivité réalisés à l'aide d'un pulvérisateur manuel. L'application à l'aide d'un pulvérisateur capable de disperser le produit sous forme de fines gouttelettes pourrait donc éventuellement diminuer les risques d'apparition de phytotoxicité. Le traitement sur zone dans le tunnel innovant nous a également permis de constater l'efficacité de l'huile essentielle sur la culture puisque l'infestation de cette zone a été totalement maîtrisée à l'aide de ce traitement.

## 5.3 Evaluation de la localisation des tétranyques

Afin de faciliter les notations concernant l'évaluation de l'infestation en tétranyques pour une zone de culture, une étude de leur localisation sur la plante a été réalisée. Les résultats concernant la localisation des tétranyques sur la plante ont été obtenus par le biais de deux notations différentes. La notation « infestation » permet de relever la localisation majoritaire des tétranyques sur chaque plante (haut, milieu, bas) ainsi que la face des feuilles majoritairement occupée. La notation fine permet, quant à elle, d'établir sur une même plante la répartition exacte des effectifs d'œufs, de larves et d'adultes. Les notations fines devaient être réalisées à différents niveaux d'infestation (cf. Matériel & Méthode). Une notation fine a donc été réalisée à un niveau d'infestation faible et une autre à un niveau moyen. L'infestation en tétranyques n'atteignant pas des niveaux supérieurs dans les deux tunnels, seule deux notations ont été réalisées. Ce nombre de notations fines s'avère insuffisant pour nous donner une bonne idée de la répartition des tétranyques sur la plante.



Il aurait fallu au niveau de ces notations fines effectuer plusieurs répétitions pour chaque niveau d'infestation. La réalisation de ce type de notation reste néanmoins contraignante en termes de temps puisque le comptage d'une plante peut prendre à lui seul une demi-journée. Les résultats obtenus lors des notations en termes d'infestation semblent ici plus fiables au vue de la plus grande quantité de données récoltées. De plus ces données peuvent être interprétées au cours du temps ou en fonction de l'infestation. Cette notation nous a permis de voir que la répartition des tétranyques sur la plante pouvait varier suivant le niveau d'infestation. Pour des niveaux d'infestation faible, la répartition des tétranyques est plus aléatoire sur la plante alors qu'une fois l'infestation bien développée, les acariens sont majoritairement localisés sur les feuilles du haut (jeunes pousses). Ceci nous permet déjà d'orienter le producteur lors du contrôle de l'infestation de sa parcelle. En début de culture, lorsque l'infestation n'a pas débutée ou qu'elle reste faible, le contrôle doit se faire sur l'ensemble de la plante. Lorsque le niveau d'infestation devient plus important, le producteur peut contrôler uniquement les jeunes pousses de *Choisya* pour établir son degré d'infestation et se référer à l'échelle qui sera mise en place par la suite avant d'intervenir.

Les notations « fines » et les notations « infestations » réalisées concordent sur le fait que les tétranyques sont localisés sur la face inférieure des feuilles, quel que soit le niveau d'infestation. Le contrôle devra donc se faire en prenant uniquement cette face en compte afin de gagner du temps.

#### 5.4 Evaluation des plantes à pollen

L'utilisation de plantes pollinifères comme source secondaire de nourriture pour les acariens prédateurs introduits constitue également un point majeur de l'essai mis en place à l'AREXHOR PdL. Les observations relatives à l'utilisation de la plante pollinifère *Sorbaria sorbifolia* ont déjà permis de dégager des premiers résultats. Le premier objectif cette année était de savoir si cette plante pollinifère assurait une bonne dissémination du pollen sur l'ensemble de la culture. La différence significative établie entre les deux tunnels permet actuellement d'affirmer que la présence de pollen sur la culture de *Choisya* était bien due à l'introduction de *Sorbaria sorbifolia*.

Le deuxième objectif était de déterminer si la densité de *Sorbaria sorbifolia* introduites était suffisante pour couvrir l'ensemble du tunnel. Différentes sous-zones dans le tunnel ont été créées en fonction de l'éloignement de la culture par rapport aux plantes pollinifères. Dans notre hypothèse, plus l'éloignement entre les plantes pollinifères et la culture augmentait, plus la présence de pollen devait diminuer. Il se trouve qu'aucune différence significative entre ces zones n'a pu être mise en évidence. Pour un placement des plantes pollinifères au centre du tunnel, la dissémination du pollen est donc possible sur l'ensemble de la culture.

Enfin le dernier objectif concernant l'introduction de *Sorbaria sorbifolia* était de savoir si la présence d'acariens prédateurs était significativement différente entre les deux tunnels et si cette différence pourrait être imputable à la présence du pollen. Il a été mis en évidence qu'il existe une différence significative entre les deux tunnels au niveau du nombre total d'acariens prédateurs après introduction des plantes pollinifères. Les acariens prédateurs sont plus nombreux dans le tunnel innovant que dans le tunnel classique après mise en place des plantes à pollen. Le nombre total d'acariens prédateurs pour chaque tunnel peut varier en fonction de trois principaux paramètres (autre que le climat) :

1. Le nombre d'acariens tétranyques présent dans le tunnel (relation proie-prédateur) : plus il y a de proies (*Tetranychus urticae*), plus le nombre d'auxiliaires (acariens prédateurs) augmente.
2. Le nombre de lâchers réalisés : plus l'on réalise de lâchers en vrac d'acariens prédateurs dans un tunnel, plus la probabilité d'en retrouver en quantité importante est élevée.
3. La présence de pollen dans le tunnel, celui-ci servant de source secondaire de nourriture aux acariens prédateurs (remplace la proie en cas d'absence) : plus il y a de pollen dans un tunnel, plus il y a de chance de maintenir la population d'acariens prédateurs à un niveau stable.



A l'aide de la notation infestation, il a été démontré qu'il n'existe pas de différences significatives entre les deux tunnels en termes d'effectifs de tétranyques. Par conséquent le premier point n'explique pas le fait qu'il y a significativement plus d'acariens prédateurs dans le tunnel innovant que dans le tunnel classique après la mise en place des plantes à pollen. Un nombre inférieur de lâcher d'acariens prédateurs a été réalisé dans le tunnel innovant, le second point n'explique donc pas non plus le nombre supérieur d'acariens prédateurs observé dans le tunnel innovant. En effet, un nombre supérieur de lâchers de prédateurs réalisé dans le tunnel classique aurait dû aboutir à une augmentation des effectifs dans ce dernier, ce qui n'est pas le cas ici. Ainsi, il ne reste plus que la différence significative de pollen entre les deux tunnels pour expliquer la quantité plus importante d'acariens prédateurs dans le tunnel innovant. L'apport de pollen sur la culture a permis un meilleur développement et/ou un maintien des acariens prédateurs dans ce tunnel innovant. Cette idée est confortée par le fait qu'un nombre supérieur de lâchers de prédateurs a été réalisé dans le tunnel classique ce qui aurait dû aboutir à une augmentation des effectifs dans ce dernier.

### 5.5 Evaluation des plantes à pollen

Quelques remarques peuvent être faites quant aux notations SBT réalisées au cours de l'essai. D'abord, un développement de certains ravageurs a été observé sur la culture de *Choisya* pour l'ensemble des tunnels. C'est le cas par exemple des pucerons dont l'infestation a toutefois pu être régulée de façon naturelle à l'aide des auxiliaires présents spontanément dans la culture et à ses abords. Le contrôle des pucerons a notamment été rendu possible par le bon développement de larves de cécidomyies et de parasitoïdes, dont la présence se traduit *in situ* par la formation de momies. Le contrôle naturel de ce ravageur pour les deux tunnels nous a permis de ne pas intervenir de façon chimique (traitement phytosanitaire) ni biologique (lâchers d'auxiliaires) et donc de ne pas interférer sur l'essai. Il a cependant été constaté à l'aide de ces notations un certain développement d'autres espèces de ravageurs sur la culture, principalement en fin de saison (juillet-août), avec l'apparition de cochenilles et de thrips. Le développement de ces ravageurs sur *Choisya ternata* reste peu préjudiciable dans notre cas compte tenu de la faible importance des dégâts.

La notation SBT a également été effectuée sur *Sorbaria sorbifolia* afin de savoir si celle-ci était en mesure de servir de plante réservoir à la culture. Cette plante pollinifère a fait preuve d'une bonne capacité à héberger des auxiliaires. *Sorbaria sorbifolia* pourrait éventuellement servir de plante refuge à différents auxiliaires, autres que ceux nécessaires à la lutte contre *Tetranychus urticae*. *Sorbaria sorbifolia* a aussi montré une bonne capacité de résistance vis-à-vis des ravageurs et des maladies. Aucun débordement de population d'acariens tétranyques n'a été constaté sur les plantes.

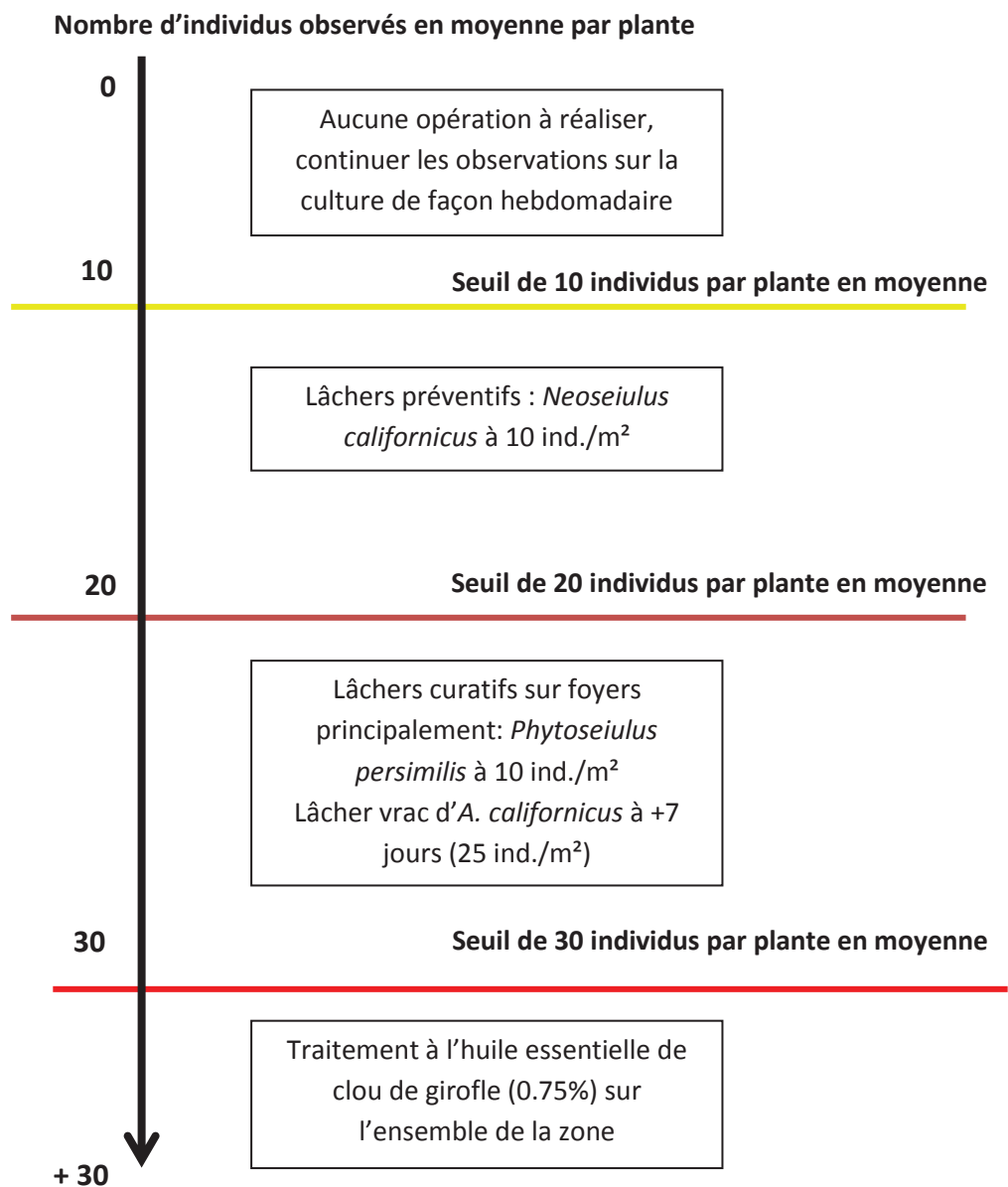
### 5.6 Relevé de température

Les relevés de température ont été pris en compte lors de cet essai afin de pouvoir interpréter certains points relatifs au développement des tétranyques. En effet les tétranyques ont besoin d'une température minimale de 12°C pour pouvoir se développer (Zhang, 2003). Sous cette température, leur développement est stoppé. Lorsqu'on recoupe les données météo avec les pics de pullulation des tétranyques on constate que la température minimale dans le tunnel joue un rôle important. En effet les pics de pullulation sont toujours précédés du passage d'un palier au niveau de la température minimale. Une fois le premier palier franchi, la température minimale dans le tunnel a été maintenue au-dessus des 12°C ce qui a permis aux acariens tétranyques de se développer sans discontinuer engendrant ainsi un pic de population. De façon plus générale on peut remarquer, à l'aide des données météo, que le temps a été globalement humide et froid au printemps et très chaud en été ce qui a ralenti la croissance des *Choisya* par rapport aux années précédentes.



**Tableau XII** : Fixation de seuils en fonction de la qualité du contrôle et du nombre moyen de tétranyques relevé

Appréciation du contrôle	Moyenne max de tétranyques par plante	Moyenne	Seuil fixé
Très bon (TB)	8 – 10 – 6	8	10 ind./plante
Bon (B)	17 – 12 – 20	16.3	20 ind./plante
Passable (P)	36	36	30 ind./plante
Mauvais (M)	53	53	



**Figure 39** : Mise en forme des différentes règles de décision à appliquer en fonction de chaque palier.

## 5.7 Evaluation de l'infestation

Le point central de l'essai a concerné la gestion de l'infestation en tétranyques sur la culture de *Choisya*. La notation infestation réalisée toutes les semaines nous a apportée des données essentielles pour comparer les deux méthodes de lutte.

Le développement des tétranyques en absence de contraintes majeures (température, nourriture etc.), suit une loi exponentielle (Zhang, 2003). Afin de comparer l'infestation des deux tunnels, les données concernant le total des effectifs de tétranyques ont été transformées de façon logarithmique. On constate alors que l'infestation en tétranyques n'est pas significativement différente entre les deux tunnels. Un nombre bien inférieur de lâchers a cependant été réalisé dans l'itinéraire innovant en comparaison de l'itinéraire classique. La méthode de contrôle mise au point pour l'itinéraire innovant sera donc moins onéreuse que la PBI classique pour un niveau d'infestation identique. Des différences significatives entre zones ont toutefois pu être relevées au sein d'un même tunnel. L'infestation n'atteint pas le même niveau d'importance suivant la localisation de la culture dans la structure de production. Ce phénomène peut être dû à différents facteurs tels que les conditions climatiques, l'effet des bordures et des accès ou un départ d'infestation dû à une contamination (intervention extérieure). Lors de cet essai, l'effet des bordures et des accès a été le même pour l'ensemble des zones. De plus les contaminations ont été limitées au maximum en effectuant les notations des zones les moins infestées vers les plus infestées. La température et les différentes conditions climatiques entre les zones semblent donc plus à même d'expliquer ces variations. La gestion des zones au cas par cas, en fonction du degré d'attaque, a tout de même amené à contrôler l'infestation de façon plus optimale. Cette méthode peut facilement être transposée chez le producteur en découpant la surface de production en zones homogènes en termes de conditions climatiques (température, ensoleillement, humidité) et d'effet bordure (accès, autre culture aux abords etc.).

Les différences d'infestation entre chaque zone, dans les deux tunnels, nous a permis de constater et d'apprécier la qualité du contrôle pour chacun des cas en fonction de : l'intensité de la réponse des acariens prédateurs au développement des acariens tétranyques (relation proie-prédateur), du maintien des populations de tétranyques sous un certain seuil, de l'absence de perte de contrôle (pic de population du ravageur très prononcé) et de l'absence de dégâts importants. La moyenne maximale par plante du nombre d'individus observé, pour chaque zone, nous a ensuite permis en fonction de la qualité du contrôle, de fixer différents paliers résumés dans le **tableau XII**. L'application d'une décision a ensuite été fixée entre chaque palier comme le montre la **figure 39**. La prise de décision, outre le niveau d'acariens tétranyques relevé, doit également prendre en compte la présence d'auxiliaires sur la parcelle. Le nombre d'auxiliaires spontanés relevés au cours des notations étant insignifiant dans les deux tunnels, le contrôle par les auxiliaires a donc été effectué principalement par les acariens prédateurs. Le rapport « auxiliaire/ravageur » sur le nombre total de ravageur, mise au point par S. Naranjo (2013), nous permet de fixer un seuil « auxiliaire/ravageur » de 1,5. En dessous de ce seuil le contrôle par les auxiliaires est insuffisant ; inversement, au-dessus de ce seuil le ravageur peut être maîtrisé par les auxiliaires. Les règles de décisions mise au point en fonction des effectifs de tétranyques seront donc « tempérées » suivant le ratio « auxiliaire/ravageur » mesuré. Ce ratio « auxiliaire/ravageur » correspond en réalité au nombre moyen d'acariens prédateurs observé par plante sur le nombre moyen de *Tetranychus urticae*. Dans le cas où le ratio mesuré serait inférieur à 1,5, la décision à prendre (cf. **figure 39**) devra être appliquée uniquement en fonction des effectifs de tétranyques relevés. Lorsque ce ratio est supérieur à 1,5 (maîtrise du ravageur par les auxiliaires) la décision à prendre pourra être diminuée d'un niveau sur l'échelle donnée en **figure 39**. Par exemple, dans le cas d'une moyenne en tétranyques de 25 par plantes mais d'un ratio supérieur à 1,5 seul un lâcher préventif (et non curatif) sera à opérer.

Un point important de l'itinéraire, qui n'a pas été discuté jusqu'à présent, réside dans la taille (suppression des jeunes pousses) de la culture. La taille a en effet permis, dans les deux tunnels, de diminuer fortement l'infestation en tétranyques. Son action a donc un rôle important sur l'infestation et elle a donc été prise en compte dans l'élaboration du nouvel itinéraire innovant (cf. **fig. 40**, au verso).

Itinéraire innovant :

Mars

Dépistage sur  
jeune plant

Mise en culture

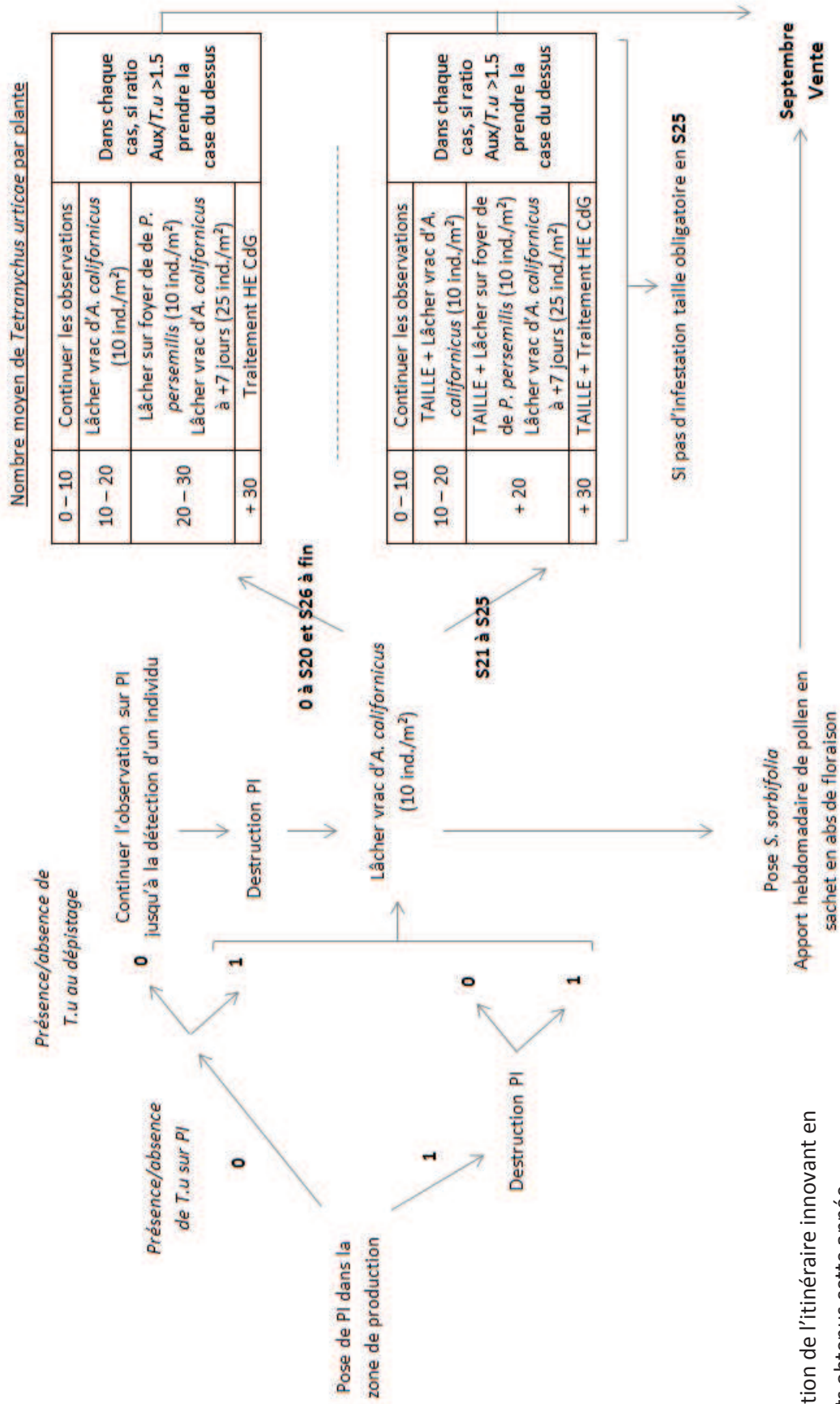


Figure 40 : Actualisation de l’itinéraire innovant en fonction des résultats obtenus cette année

## 6 CONCLUSION

La première année d'essai en production à l'AREXHOR PdL pour le projet COMALTE nous a permis de dégager des résultats encourageants pour les différents axes étudiés. L'élaboration d'une méthode de lutte innovante pour lutter contre *Tetranychus urticae* sur une culture de *Choisya* a ainsi pu être affinée.

L'utilité des plantes indicatrices a été prouvée dans notre cas. En effet, on a constaté une absence d'infestation initiale de la structure de production. L'observation des tétranyques sur ces plantes indicatrices, une fois la culture introduite, nous a permis de décaler notre premier lâcher préventif et de faire ainsi l'économie d'un premier lâcher à la mise en place de la culture. L'utilité de ces plantes reste encore à prouver en cas de détection d'une infestation initiale de la structure de production.

Au niveau des huiles essentielles, celle de clou de girofle à 0,75% s'avère être efficace dans la lutte contre l'acarien tétranyque. De plus, cette huile n'engendre pas de phytotoxicité dommageable sur *Choisya* et *ceanothe*. Toutefois, l'huile essentielle de clou de girofle ne pourra pas être appliquée sur une culture de rosier ou de poinsettia pour lutter contre *Tetranychus urticae* sans un travail de la formulation. Le mode d'application de l'huile essentielle devra être étudié par la suite afin d'optimiser son efficacité tout en évitant la formation de phytotoxicité.

L'étude des plantes à pollen dans le cadre de cet essai nous a permis de prendre conscience de leur intérêt dans le maintien des populations d'acariens prédateur en absence de proies. L'utilisation de *Sorbaria sorbifolia* en tant que plante pollinifère s'avère être un choix judicieux au vue de sa résistance aux attaques de tétranyques ainsi qu'aux autres maladies et ravageurs. La période de floraison de cette plante est cependant intervenue de façon un peu tardive pour couvrir la culture. Il serait donc intéressant d'avancer la période de floraison de cette plante à pollen en jouant par exemple sur certains facteurs impliqués dans son induction florale (température, luminosité, etc.). Si les facteurs entrainant sa floraison ne sont pas connus, un apport de pollen en sachet sur la culture pourra toujours être réalisé. Cet apport servira à entretenir les acariens prédateurs avant la floraison de *Sorbaria sorbifolia*.

La localisation des tétranyques sur la plante a pu être précisée cette année. Ces derniers seraient majoritairement présents sur la face inférieure des feuilles. Leur localisation sur la plante se fait de façon aléatoire en début d'infestation avant d'occuper principalement les parties hautes, lorsque les niveaux de populations du ravageur augmentent. L'évaluation des populations de tétranyques nécessite le contrôle d'un nombre de plantes parfois conséquent ce qui peut être couteux en temps, surtout pour un producteur. Il serait alors intéressant pour la suite d'évaluer le nombre minimal de plante à noter pour avoir la meilleure représentation des populations de *Tetranychus urticae* pour la culture.

Les notations concernant l'évaluation des effectifs d'acariens ont mis en évidence un contrôle de ces populations identiques pour les tunnels en PBI classique et innovante. Le tunnel innovant a bénéficié d'un nombre de lâchers inférieur par rapport au tunnel classique pour un résultat similaire en termes de nombre de ravageurs, ce qui cofirme l'efficacité de l'itinéraire innovant. Les différences significatives entre zones dans un même tunnel nous amène à reproduire ce schéma de découpage chez le producteur. En effet la zone de production pourra être divisée en sous-zones homogènes (climat, effet bordure) afin d'adapter son contrôle aux conditions de chaque zone. L'évaluation de l'infestation a également permis de mettre au point des seuils d'intervention qui pourront être testés l'année prochaine en culture.

L'ensemble des résultats obtenus ont été à l'origine d'une remise à jour de l'itinéraire innovant qui pourra de nouveau être testé et amélioré l'année prochaine.



## BIBLIOGRAPHIE

- Aguiar, E.L., Carvalho, G.A., Menezes, E.B. & Machado, C.A. (1993) Efficacy of the acaricide/insecticide diafenthiuron in the control of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Koch) on roses. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 22, 577-582.
- Authier, N., Lemaire, E. & Rochefort, S. (2012) Evaluation du *Sorbaria sorbifolia* comme plante réservoir de prédateurs naturels dans la gestion intégrée du tétranyque à deux points. Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture.
- Crooker A. (1985) Embryonic and juvenile development. In *Spider mites - Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol 1A. Edité par Helle W. & Sabelis M.W., Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas : 149-163.
- Egina, K.Ja. & Cinovskij, Ja.P. (1980) Results of evaluation of efficacy of a fungus *Entomophthora thaxteriana* (Petch) Hall et Bell on aphids and spider mites after storage. In: Cinovskij, Ja.P. (ed.) *Biologiceskij Metod Borby v Vrednymi Nasekomymi*. Zinatne, Riga, pp. 7-11.
- Ferre, A. (2011) Contribution à un colloque - Matinée technique de l'Astredhor au Salon du Végétal, 16/02/2011- Station AREXHOR PAYS DE LA LOIRE Angers (FR).
- Ferrero, M. (2009) Le système tritrophique Tomate – Tétranyques tisserands – *Phytoseiulus longipes* : Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. THÈSE présentée à Montpellier SupAgro le 14/12/2009, 237 p.
- Fischer, S. & Leger, A. (1996) *Macrolophus caliginosus* W. (*Heteroptera, Miridae*), a beneficial to be exploited under glass. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture* 28, 111-112.
- Flint, M. L. & Driestadt, S. H. (1999) *Natural Enemies Handbook : The illustrated Guide to Biological Pest Control*, pp. 108-109, University of California Press, 154 p.
- Friese, D.D. & Gilstrap, F.E. (1982) Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: *Phytoseiidae*). *International Journal of Acarology*, 8(2), 85–89.
- Gerson, U. & Weintraub, P.G. (2007) Review Mites for the control of pests in protected cultivation. *Pest management Science* 63, 658-676.
- Gillespie, D.R., Roitberg, B., Basalyga, E., Johnstone, M., Opit, G., Rodgers, J. & Sawyer, N. (1998) Biology and application of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (*Diptera: Cecidomyiidae*) for biological control of twospotted spider mites on greenhouse vegetable crops. Pacific Agri-food Research Centre (Agassiz) Technical Report No. 145, 4pp.
- Hance, T., Pasleau, A. & Nihoul, P. (1991) Étude des potentialités de *Amblyseius andersoni* (Acari: *Phytoseiidae*) pour le contrôle biologique de l'acarien phytophage *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*). *Med Fac Landbouww Rijksuniv Gent* 56 12a, 325-341
- Helle W. & Pijnacker L.P. (1985) Parthenogenesis, chromosomes and sex. In *Spider mites – Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol 1A. Edité par Helle W. & Sabelis M.W., Elsevier, Amsterdam, Pays Bas : 129-139.
- Hiroshi, A. & Chant, D. A. (1977) Life history and reproduction of two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (*Acarina: Phytoseiidae*). *Revue canadienne de zoologie* 55(12), 1978-1983.
- Hoy, M.A & Conley, J. (1987) Selection for abamectin resistance in *Tetranychus urticae* and *T. pacificus* (Acari: *Tetranychidae*). *Journal of economic Entomology* 80, 221-225.
- Jacobson, R.J, Croft, P. & Fenlon, J. (1999) Response to fenbutatin oxide in populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: *Tetranychidae*) in UK protected crops. *Crop protection* 18, 47-52.





- Jensen, A. & Mingochi, D.S. (1988) Chemical control of red spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on tomatoes in Zambia. *Acta Horticulturae* 218, 275-280.
- Khajehali, J., Van Leeuwen, T. & Tirry, L. (2009) Susceptibility of an organophosphate resistant strain of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) to mixtures of bifenazate with organophosphate and carbamate insecticides. *Experimental and Applied Acarology* (Online First). doi: 10.1007/s10493-009-9261-3
- Laing, J.E. (1969) Life history and life table of *Tetranychus urticae* Koch. *Acarologia* 11, 32-42.
- Le Perron, V. (2012) Fiche pratique n°3: Compatibilité PBI et produits phytosanitaires. CDHR Centre (FR) 30/01/2012, 2 p.
- Leeuwen, T., Vanholme, B., Pottelberge, S., Nieuwenhuysse, P., Nauen, R., Tirry, L. & Denholm, I. (2008) Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-mendelian inheritance in action. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(16), 5980-5985.
- Lindquist (1985). External anatomy. In *Spider mites - Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol 1A. Edited par Helle W. & Sabelis M.W., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 3-28.
- McMurtry, J. A. (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology* 42, 291-321.
- Naranjo, S.E, Ellsworth, P.C. & Vandervoet, T. (2013) Integrated biological control into IPM decision-Making for Bemisia, First international Whitefly symposium, Kolymbari, Crete 20-24 May 2013
- Navajas M., Lagnel J., Gutierrez J. & Boursot P. (1998) Species-wide homogeneity of nuclear ribosomal ITS2 sequences in the spider mite *Tetranychus urticae* contrasts with extensive mitochondrial COI polymorphism. *Heredity* 80: 742-752.
- Okassa Oyieyi, M. H. (2010) Congruence entre différenciation morphologique et moléculaire (Barcode moléculaire) pour sept espèces de la famille des *Phytoseiidae* (*Acari : Mesostigmata*). THÈSE présentée à Montpellier SupAgro le 10/12/2010, 297 p.
- Osborne, L.S., Pena, J.E. & Oi, D.H. (1995) Predation by *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae) on twospotted spider mites (*Acari: Tetranychidae*) in Florida greenhouses. *Florida Entomologist* 78, 565-570.
- Richter, P. & Schulze, H.U. (1990) Investigations on the resistance spectrum of a greenhouse population of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch from Gross Gaglow (district of Cottbus). *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* 26, 551-556.
- Rossi, E. & Conti, B. (1997) Acaricide and insecticide resistance in some strains of *Tetranychus urticae* Kock (*Acarina: Tetranychidae*) and of its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (*Acarina: Phytoseiidae*). *Frustula Entomologica* 20, 168-177.
- Rott, A.S. & Ponsonby, D.J. (2000) Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. *Biocontrol Science and Technology* 10, 487-498.
- Sampson, A.C., King, V.J. & Lenteren, J.C. van (1996) *Macrolophus caliginosus*, field establishment and pest control effect in protected tomatoes. *Bulletin OILB SROP* 19(1), 143-146.
- Sazo, L., Araya, J. E. & Iturriaga, P. (2006) Efecto del tipo de polen sobre la supervivencia, fertilidad y viabilidad de los huevos de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (*Acari : Phytoseiidae*) en laboratorio. *Bol. San. Veg.* 32, 619-623.
- Shih, C.-I., Poe, S.L. & Cromroy, H.L. (1976) Biology, life table and intrinsic rate of increase of *Tetranychus urticae*. *Annals of the Entomological Society of America* 69, 362-364.



- Swirski, E., Amitai, S. & Dorzia, N. (1970) Laboratory studies on the feeding habits, post-embryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilenensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant [Acarina: *Phytoseiidae*] on various kinds of food substances. *Entomophaga*, 15, 93–106.
- Tsagkarakou, A., Van Leeuwen, T., Khajehali, J., Ilias, A., Grispou, M. & Williamson, M.S. (2009) Identification of pyrethroid resistance associated mutations in the para sodium channel of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*). *Insect Mol Biol* 18, 583-593.
- Van Rijn, P. & Tanigoshi, L. (1999) Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: *Phytoseiidae*) dietary range and life history, *Experimental and Applied Acarology* 23, 785-802.
- Van de Vrie, M., McMurtry, J.A. & Huffaker, C.B. (1972) Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. III. Biology, ecology and pest status, and host–plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41, 343–432.
- Wilson, L.J., Bauer, L.R. & Walter, G.H. (1996) 'Phytophagous' thrips are facultative predators of twospotted spider mites (Acari: *Tetranychidae*) on cotton in Australia. *Bulletin of Entomological Research* 86, 297-305.
- Wrensch D.L. (1993) Evolutionary flexibility through haploid males or how chance favors the prepared genome. In Wrensch D.L. & Ebbert M.A. (Eds). *Evolution and sex ration in insects and mites*. Chapman and Hall, New york, pp 118-150.
- Zhang, Z.-Q. (2003) *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 244 pp.
- Zilbermanc, I.V., Cindadze, K.V. & Vartapetev, S.G. (1978) Entomopathogenic fungus *Entomophthora adjarica* Cinz. Vart., perspective for use to control spider mite in glasshouses. In: Begljarov, G.A. and Gekmenev, S.Ju. (eds) *Biologiceskij Metod Borby s Vrediteljami i Boleznjami Rastenij v Zakryom Grunte*, Kolos, Moscow, pp. 125-134.

## Références internet :

- [1]: FAUNA EUROPAE (2013) Distribution spatiale de *Tetranychus urticae* [consulté le 10/05/2013]  
[http://www.faunaeur.org/Maps/display\\_map.php?map\\_name=euro&map\\_language=en&taxon1=95626](http://www.faunaeur.org/Maps/display_map.php?map_name=euro&map_language=en&taxon1=95626)
- [2] : FUTURA SCIENCES (2006) Lutte biologique contre les organismes nuisibles à l'agriculture [25/04/2006]  
[http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/zoologie-1/d/lutte-biologique-contre-les-organismes-nuisibles-a-lagriculture\\_604/c3/221/p5/](http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/zoologie-1/d/lutte-biologique-contre-les-organismes-nuisibles-a-lagriculture_604/c3/221/p5/)
- [3]: BIOBEST (2013) Contrôle biologique: Auxiliaires: *Feltiella*-System [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.biobest.be/producten/126/2/0/0/>
- [4]: KOPPERT BIOLOGIVCAL SYSTEMS (2013) SPIDEND - *Feltiella acarisuga* [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.koppert.com/products/products-pests-diseases/products/detail/spidend-1/>
- [5]: Ministère de l'agriculture Ontario (2011) Prédateurs de tétranyque dans les légumes de serre [consulté le 10/05/2013]  
[http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info\\_spidermite.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_spidermite.htm)
- [6] : BIOBEST (2013) Contrôle biologique: Auxiliaires: *Andersoni*-System [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.biobest.be/producten/107/3/0/0/>
- [7] : BIOBEST (2013) Contrôle biologique: Auxiliaires: *Californicus*-System [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.biobest.be/producten/108/3/0/0/>
- [8] : BIOBEST (2013) Contrôle biologique: Auxiliaires: *Phytoseiulus*-System [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.biobest.be/producten/133/3/0/0/>
- [9] : KOPPERT BIOLOGIVCAL SYSTEMS (2013) SPIDEX – *Phytoseiulus persemitis* [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.koppert.fr/produits/produits-ravageur-maladies/produits/detail/spidex-4/>



- [10]: CERTIS (2006-2009) Acariens tétranyques [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.bcpcertis.com/Certis.bcp/Francais/Home/Nos+Solutions/Auxiliaires+pour/Acariens+t%C3%A9tranyques/page.aspx/1233>
- [11]: Ministère de l'agriculture Ontario (2011) En savoir plus sur les plantes pièges [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/grower/2005/03gn05a1.htm>
- [12]: Ministère de l'agriculture France (2013) Catalogue des produits phytosanitaires [consulté le 10/05/2013]  
<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>
- [13]: Ministère de l'agriculture Ontario (2011) Quels acariens prédateurs pour lutter contre les tétranyques à deux points? [consulté le 10/05/2013]  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/grower/2008/01gn08a1.htm>
- [14] <http://www.tela-botanica.org/eflore/BDNFF/4.02/nn/17025/synthese>
- [15] <http://www.rustica.fr/articles-jardin/arbres-et-arbustes/oranger-mexique-choisya-ternata,544.html>
- [16] [http://www.faunaeur.org/Maps/display\\_map.php?map\\_name=euro&map\\_language=en&taxon1=95626](http://www.faunaeur.org/Maps/display_map.php?map_name=euro&map_language=en&taxon1=95626)
- [17] <http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3teturt.htm>

Baudoin, J.P. (2006) *Phaseolus lunatus* L. [Internet] Fiche de PROTA4U. Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>. Visité le 13 juin 2013.



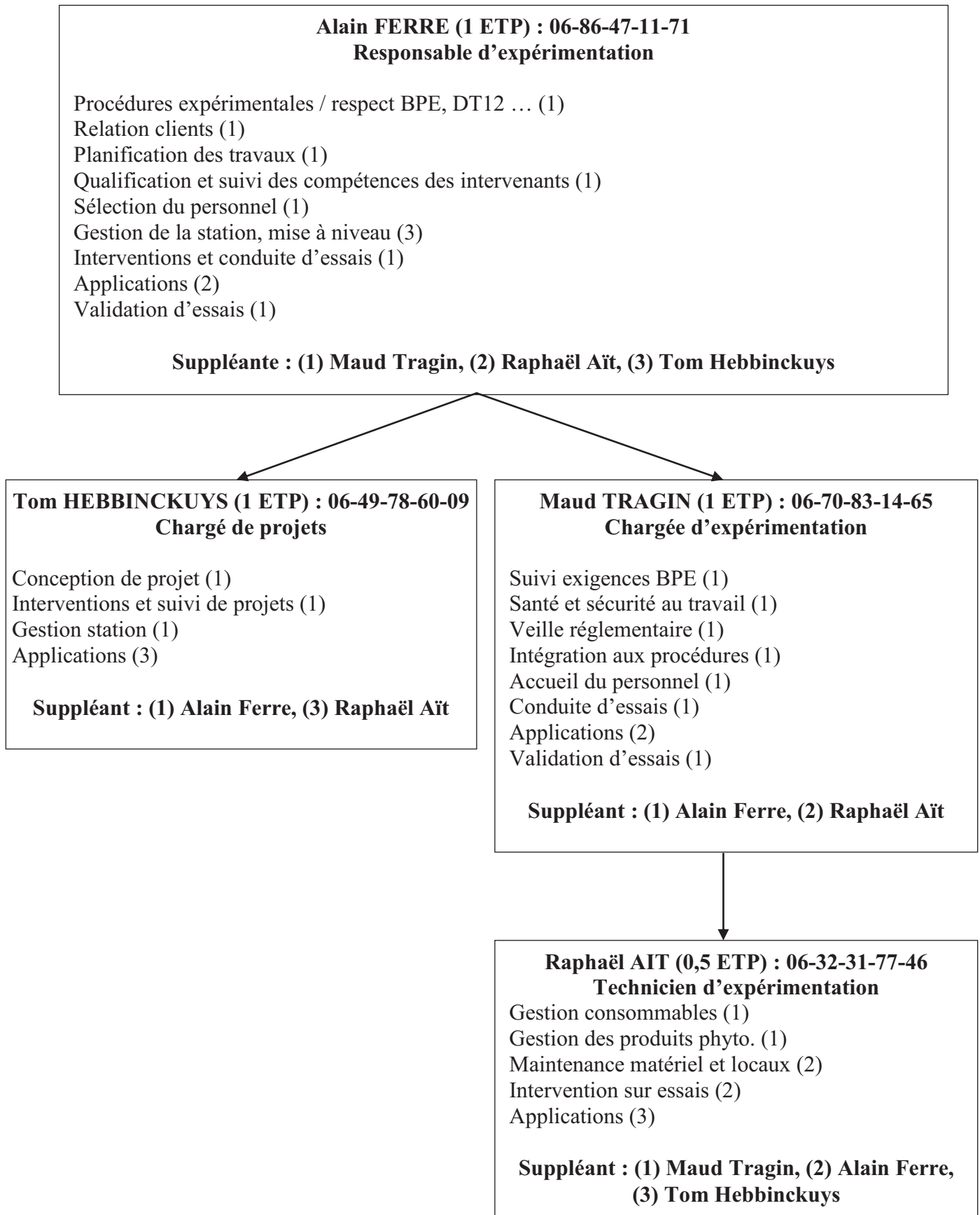
# ANNEXES

<u>ANNEXE I</u> : ORGANIGRAMME OPERATIONNEL .....	1
<u>ANNEXE II</u> : CLE D'IDENTIFICATION DES AUXILIAIRES DE TETRANYCHUS URTICAE .....	2
<u>ANNEXE III</u> : ITINERAIRE CLASSIQUE .....	3
<u>ANNEXE IV</u> : ITINERAIRE INNOVANT .....	4
<u>ANNEXE V</u> : ECHELLE DE DEGATS DE TETRANYCHUS URTICAE SUR CHOISYA TERNATA .....	5
<u>ANNEXE VI</u> : OBSERVATION DE POLLEN AU MICROSCOPE .....	6
<u>ANNEXE VII</u> : EVOLUTION DES POPULATIONS DE PREDATEURS DANS LES DEUX TUNNELS .....	7
<u>ANNEXE VIII</u> : DIFFERENCE D'INFESTATION ENTRE LES DEUX TUNNELS .....	8
<u>ANNEXE IX</u> : EVOLUTION DES POPULATIONS D'ACARIENS TETRANYQUES ET PREDATEURS ZONE PAR ZONE .....	9
<u>ANNEXE X</u> : FICHE AUXILIAIRE .....	13
<u>ANNEXE XI</u> : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE DANS LE TUNNEL INNOVANT AU COURS DU TEMPS .....	14





## ANNEXE I : Organigramme opérationnel





## ANNEXE II : Clé d'identification des auxiliaires de *Tetranychus urticae*

Clé d'identification des auxiliaires de *Tetranychus urticae*

1	2	3	4	5	6	Résultat
Arthropode dans un foyer de tétranyque	Acarien	Couleur unie crème, jaune voire orangé				<i>Amblyseius</i> sp., <i>Neoseiulus</i> sp.
		Couleur unie rouge				<i>Phytoseiulus persimilis</i>
	Adulte	Corps noir sclérifié	Forme ronde, insecte assez lent			<i>Stethorus</i> sp. (coccinelle)
			Abdomen pointu relevé, insecte très vivace			<i>Oligota</i> sp. (staphylin)
		Corps blanc	Ailes bien visibles sans tache			Conioptérygien
			Ailes peu visibles, six petites taches noires le long du corps			Thrips prédateur
	Insecte	Chrysalide	Noir en forme de trilobite, aussi large que long			<i>Oligota</i> sp. (staphylin)
			Gris foncé de forme assez allongée			<i>Stethorus</i> sp. (coccinelle)
		Cocon	2 mm, allongé le long des nervures, nymphe invisible			<i>Feltiella acarizuga</i>
			4 mm, arrondi entre les nervures, nymphe visible			Conioptérygien
			Larve sans patte se déplaçant lentement par reptation			<i>Feltiella acarizuga</i>
		Larve ou nymphe mobile	Larve avec pattes agile et véloce	Abdomen cylindrique, blanc crème légèrement rosé ou jaunâtre	Tache noire au niveau de l'anus, yeux peu visibles	
	Pas de tache au niveau de l'anus, yeux bien visibles				Thrips prédateur	
	Abdomen triangulaire, couleur de fond crème rosé à rose avec des plages blanches bien visibles au moins sur les côtés du corps			Conioptérygien		

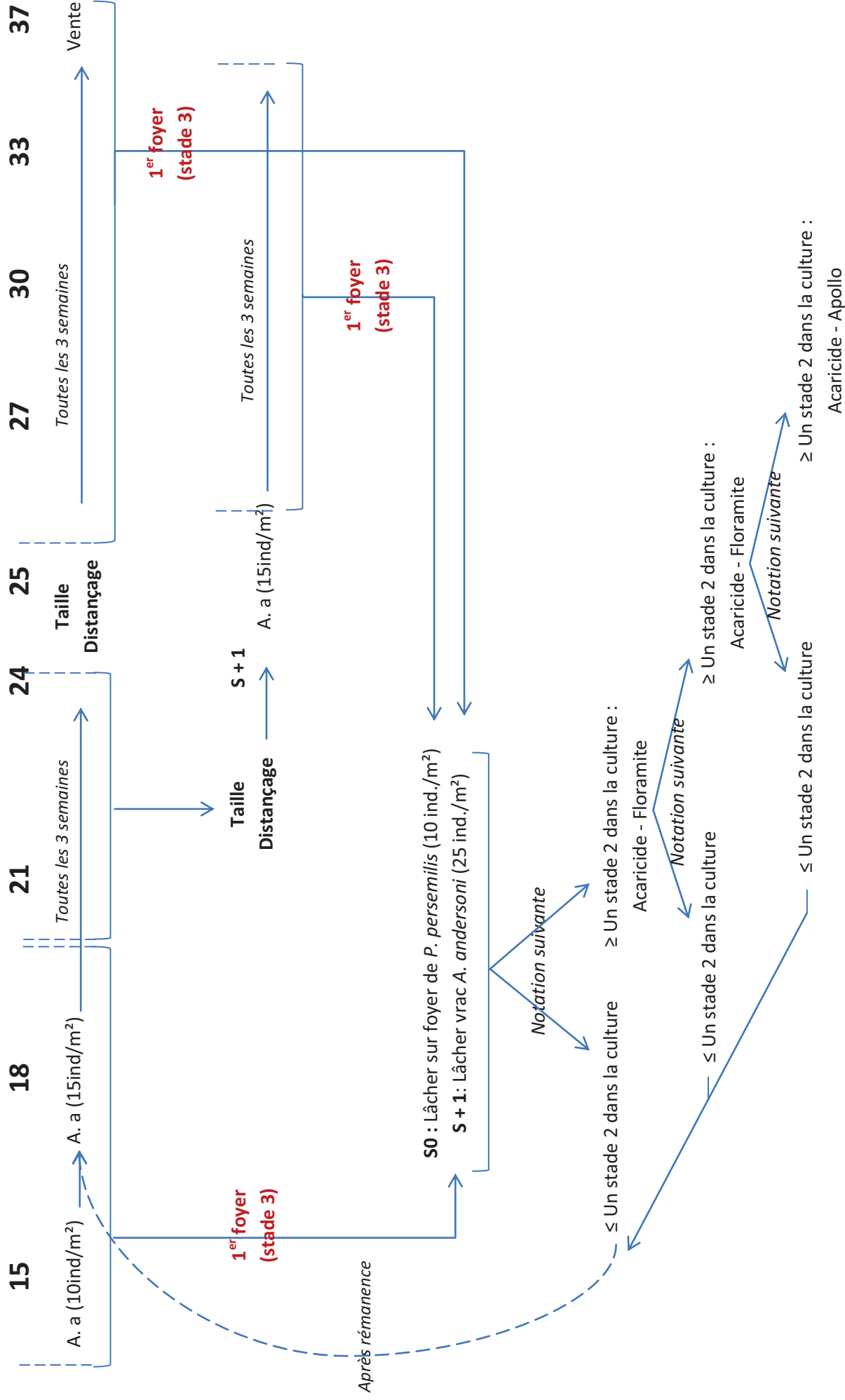
VI : Alain Ferre, le 26/07/2011

Source : Alain Ferre, AREXHOR Pays de la Loire



# ANNEXE III : Itinéraire classique

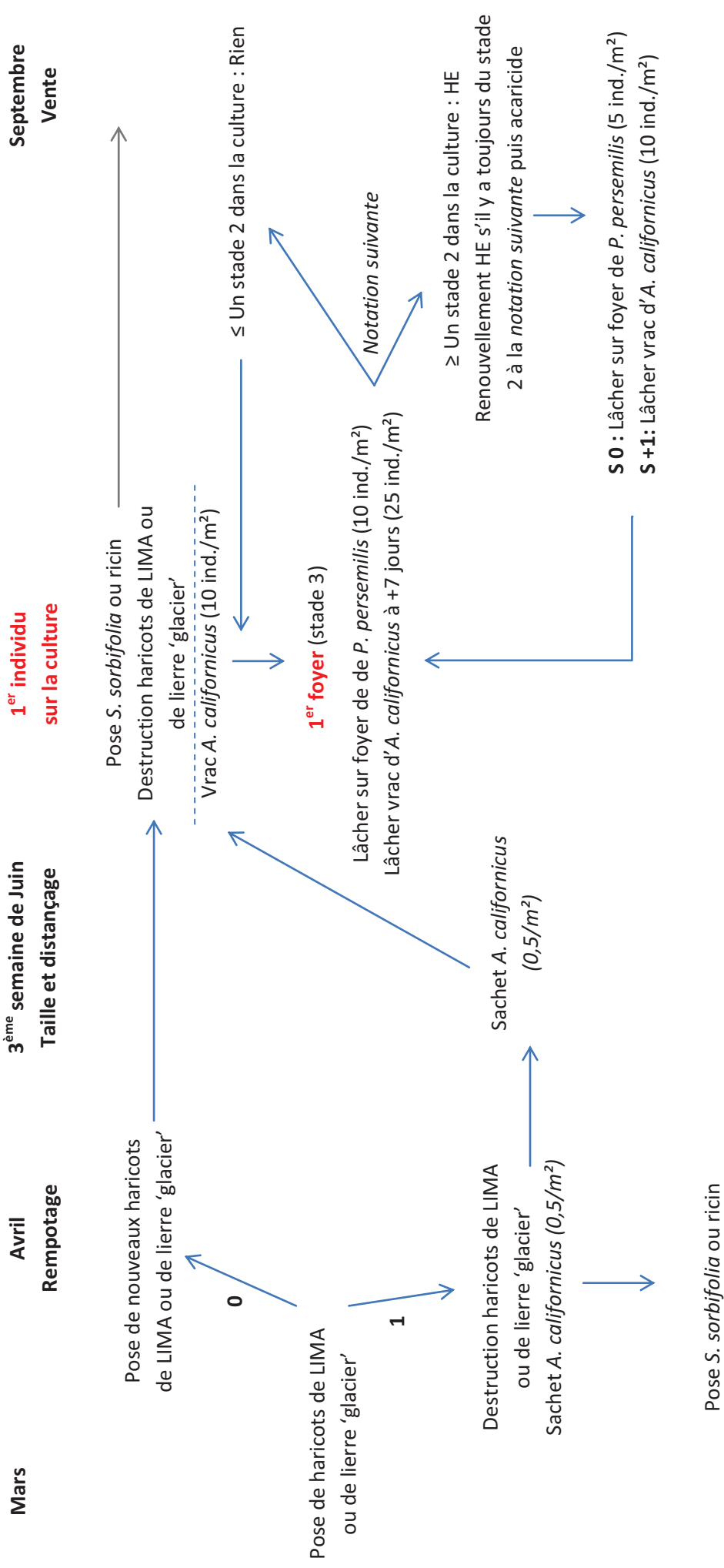
Semaine :







## ANNEXE IV : Itinéraire innovant





## ANNEXE V : Echelle de dégâts de *Tetranychus urticae* sur *Choisya ternata*

**Niveau 0** : Absence de dégâts visibles sur les faces supérieures et inférieures des feuilles.

**Niveau 1** : Présence de piqures, principalement sur la face inférieure des feuilles (dans de rares cas sur la face supérieures), pouvant aller jusqu'à la formation de « plages » de dégâts plus ou moins étendues. Aucuns dégâts visibles sur la face supérieure (absence de décoloration).



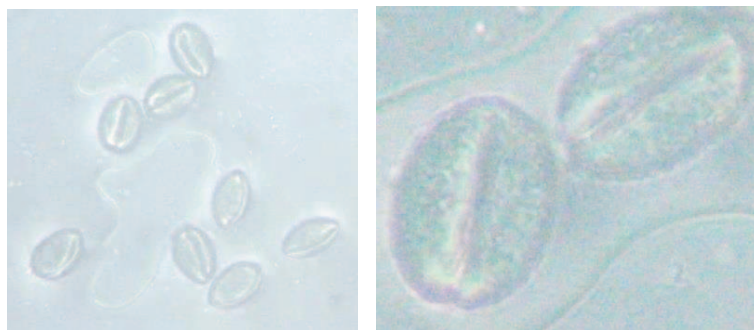
**Niveau 2** : Présence de décapages très prononcés sur la face inférieure des feuilles **(A)** entraînant des décolorations, généralement sous forme de taches jaunes, visibles sur la face supérieure **(B)**.



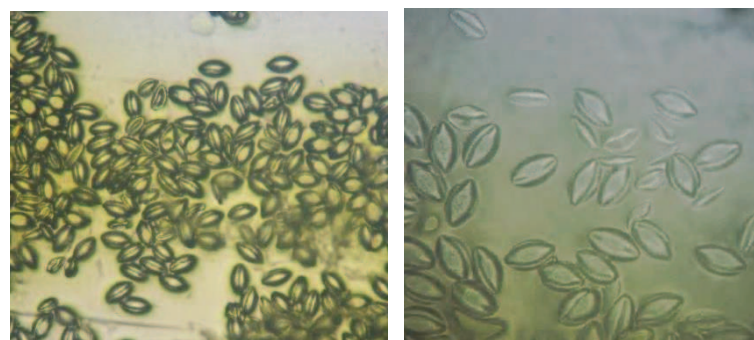
**Niveau 3** : Non déterminé pour le moment



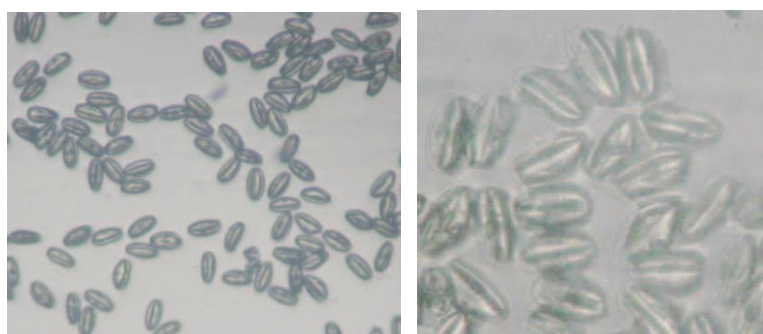
## ANNEXE VI : Observation de pollen au microscope



**Figure A :** Observation de pollen de Sureau (genre *Sambucus*) au microscope optique, grossissement x100 (à gauche) et x400 (à droite). *Source : Clément Alestra – AREXHOR Pays de la Loire*



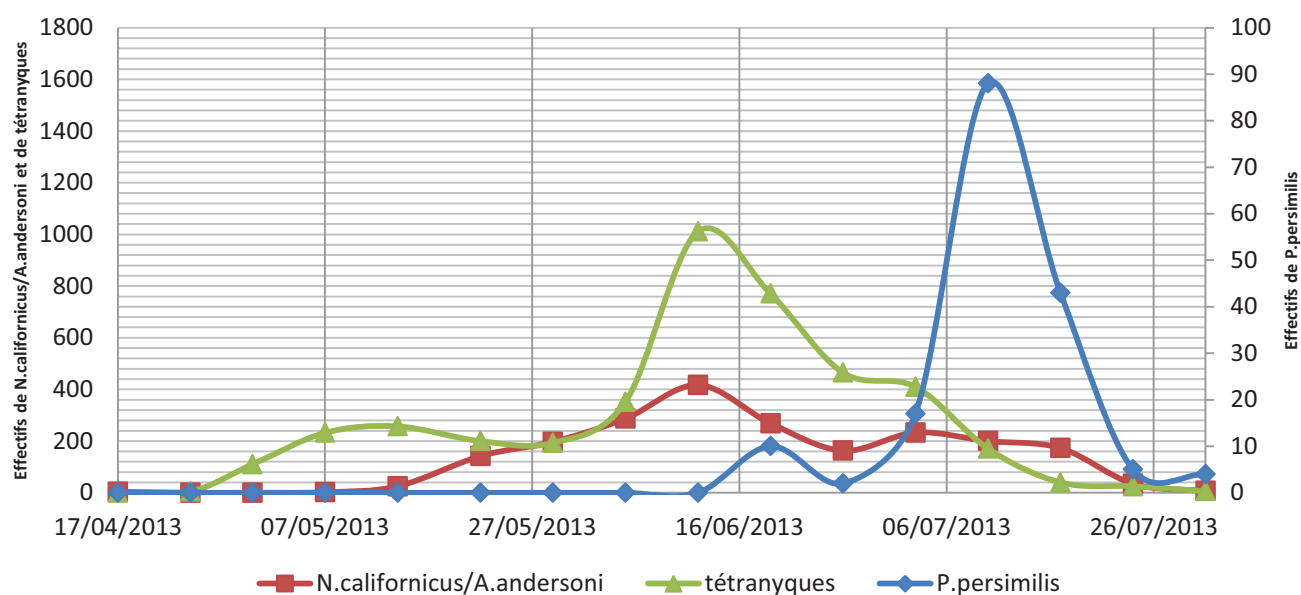
**Figure B :** Observation de pollen d'Oranger du Mexique (*Choisya ternata*) au microscope optique, grossissement x100 (à gauche) et x400 (à droite). *Source : Clément Alestra – AREXHOR Pays de la Loire*



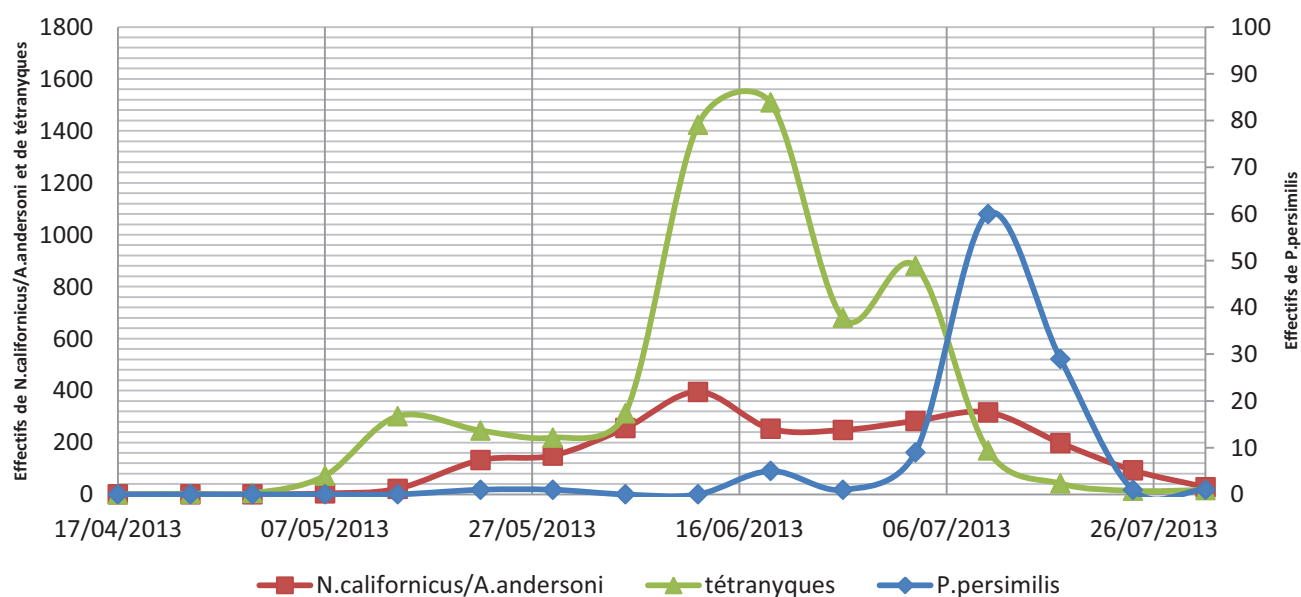
**Figure C :** Observation de pollen de Fausse spirée (*Sorbaria sorbifolia*) au microscope optique, grossissement x100 (à gauche) et x400 (à droite). *Source : Clément Alestra – AREXHOR Pays de la Loire*



## ANNEXE VII : Evolution des populations d'acariens prédateurs dans les deux tunnels



**Figure A :** Evolution des effectifs de tétranyques et d'acariens prédateurs au cours du temps pour le tunnel classique.



**Figure B :** Evolution des effectifs de tétranyques et d'acariens prédateurs au cours du temps pour le tunnel innovant.

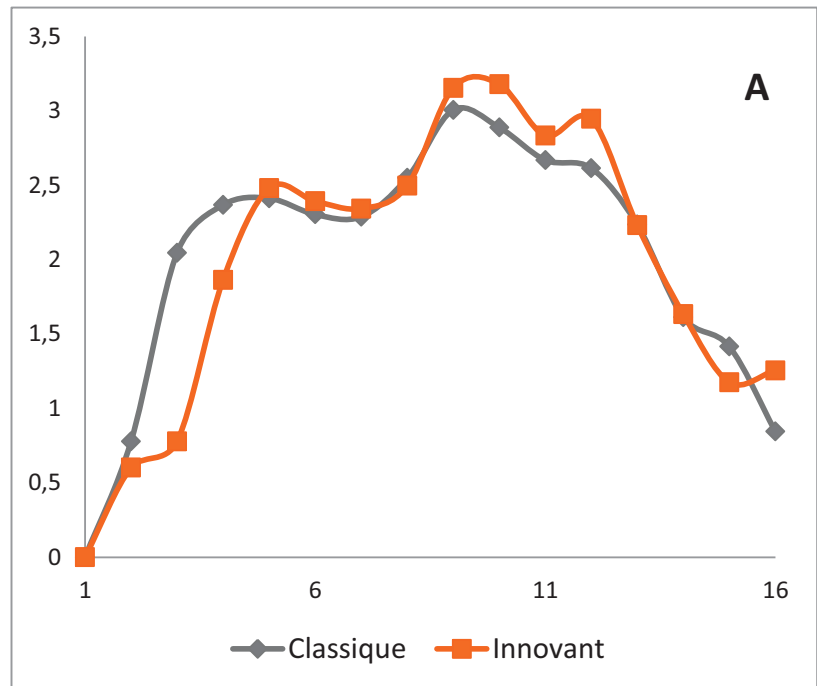




## ANNEXE VIII : Différence d'infestation entre les deux tunnels

Le développement des tétranyques suit une loi exponentielle. Les données concernant le total de tétranyques à chaque notation pour les deux tunnels ont été corrigées de la façon suivante :  $X_{\text{corrigé}} = \log(X+1)$ , les données sont représentées ci-dessous.

	Classique	Innovant
17/04/2013	0	0
24/04/2013	0,77815125	0,60205999
30/04/2013	2,04532298	0,77815125
07/05/2013	2,36735592	1,86332286
14/05/2013	2,41161971	2,48000694
22/05/2013	2,30319606	2,39269695
29/05/2013	2,28780173	2,34242268
05/06/2013	2,54777471	2,49554434
12/06/2013	3,00518051	3,15350999
19/06/2013	2,8876173	3,17897695
26/06/2013	2,66838592	2,83314711
03/07/2013	2,61384182	2,94497591
10/07/2013	2,23552845	2,23044892
17/07/2013	1,61278386	1,63346846
24/07/2013	1,41497335	1,17609126
31/07/2013	0,84509804	1,25527251



**Figure A :** Données transformées des effectifs de tétranyques et évolution au cours des différentes notations pour les deux tunnels.

Au seuil  $\alpha$  de 0,05 :

Normalité sur données Classique corrigées avec le test de Shapiro-Wilk normality :

W = 0.8929, p-value = 0.07431 (ne suit pas une loi normale)

Normalité sur données Innovant corrigées avec le test de Shapiro-Wilk normality :

W = 0.9339, p-value = 0.3119 (ne suit pas une loi normale)

Test wilcoxon sur les deux tunnels : N<30 et distribution non normale

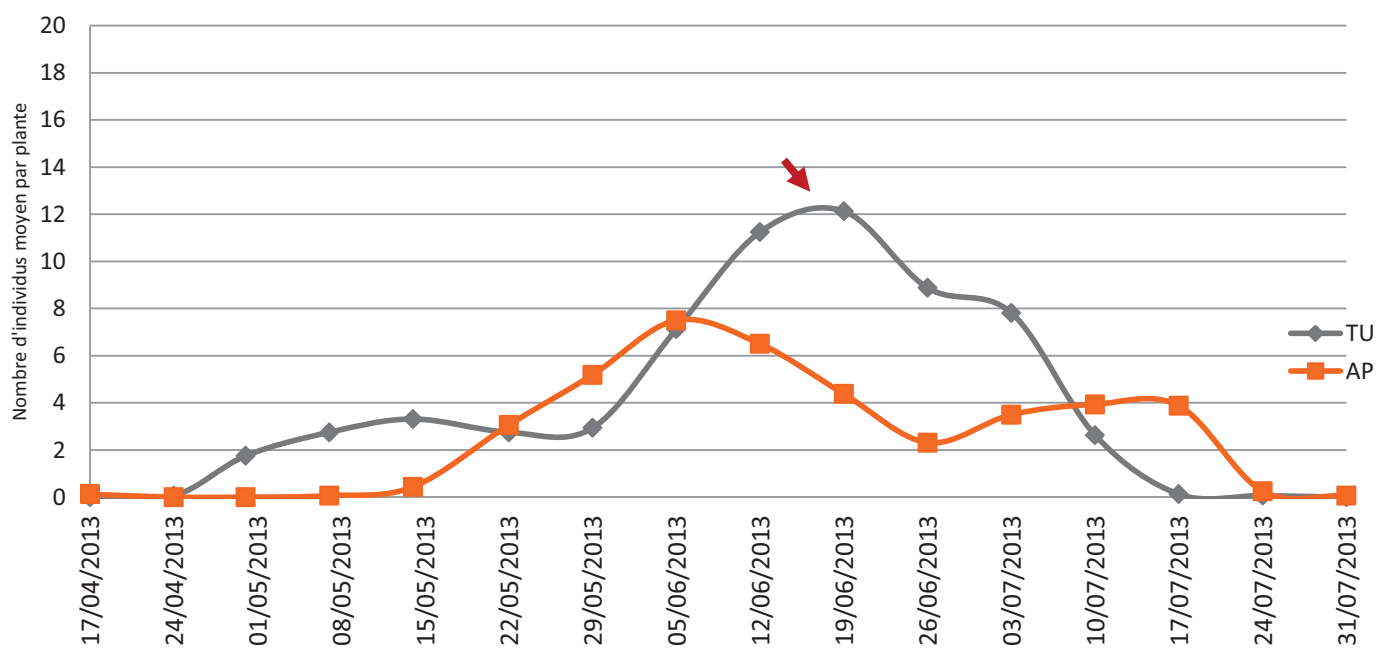
V = 52, p-value = 0.6701

L'infestation en tétranyques dans les deux tunnels n'est donc pas significativement différente.

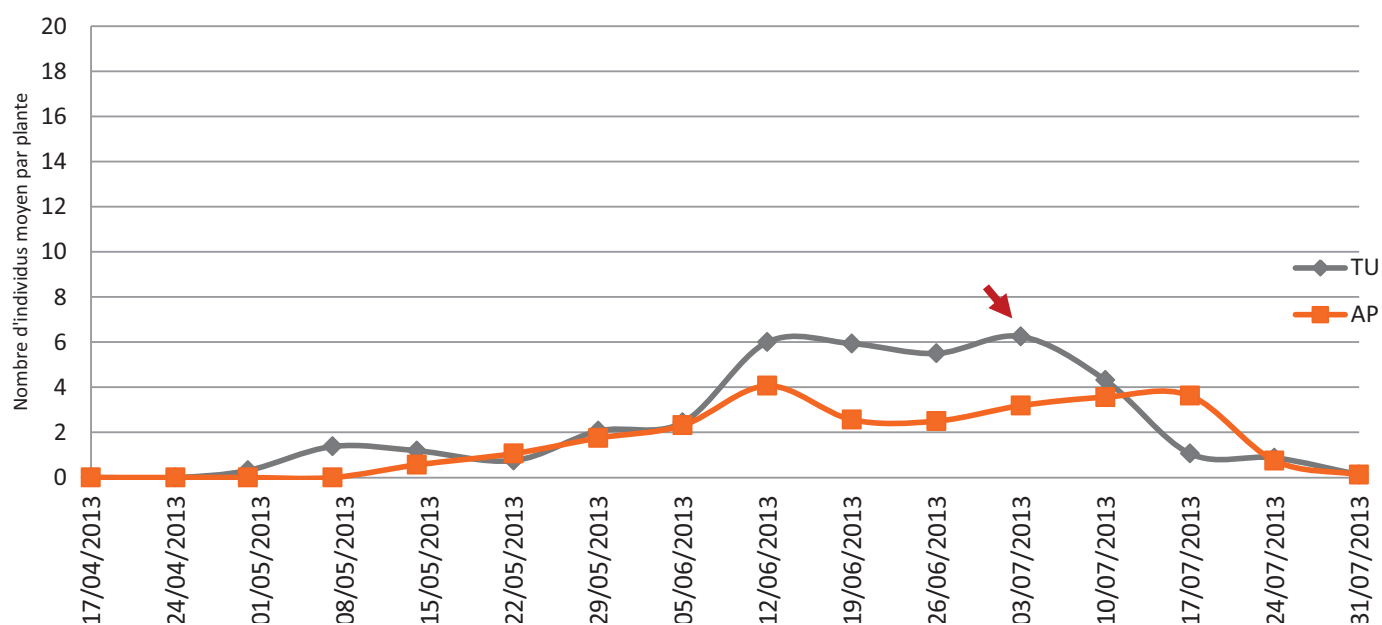


## ANNEXE IX : Evolution des populations d'acariens tétranyques et prédateurs, zone par zone

### Tunnel Classique :

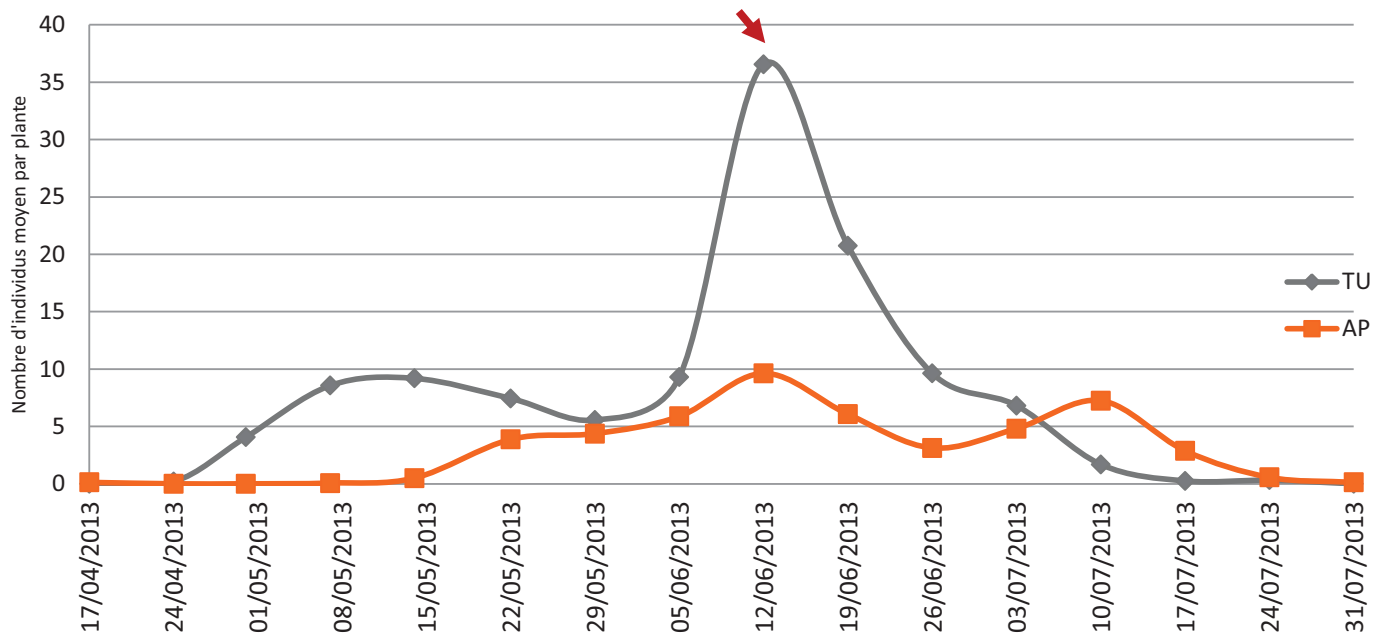


**Figure A :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 1** du tunnel classique.

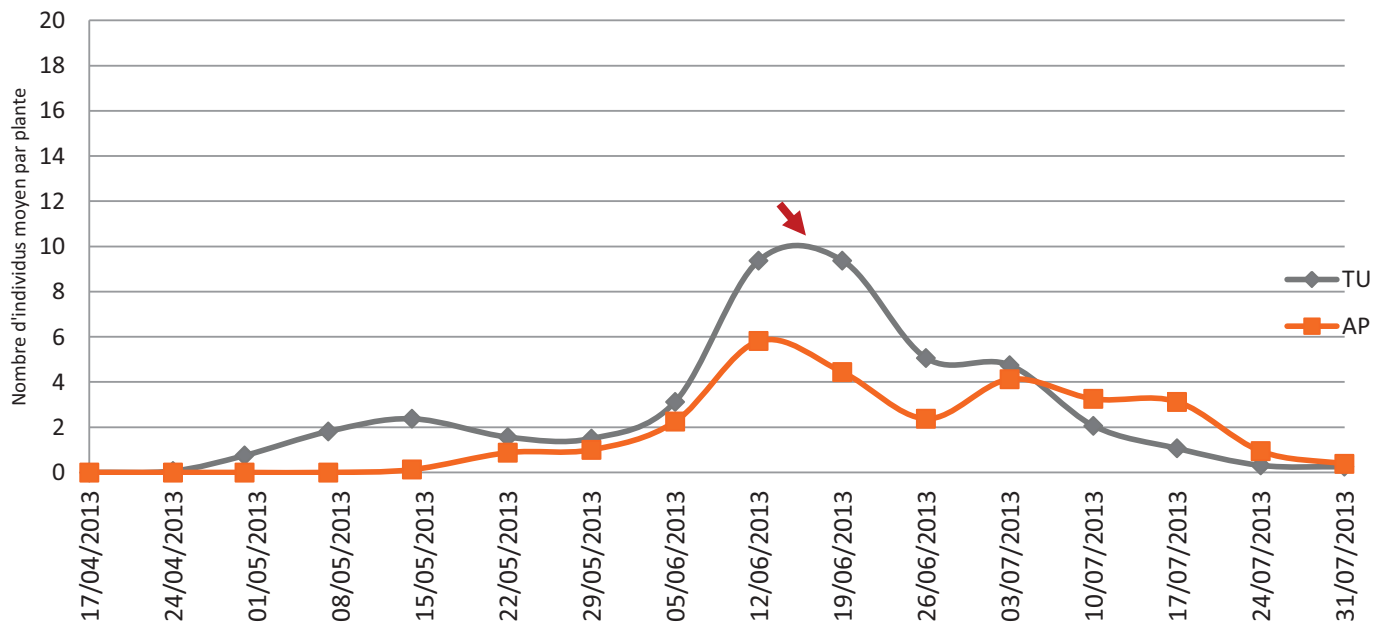




**Figure B :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 2** du tunnel classique.



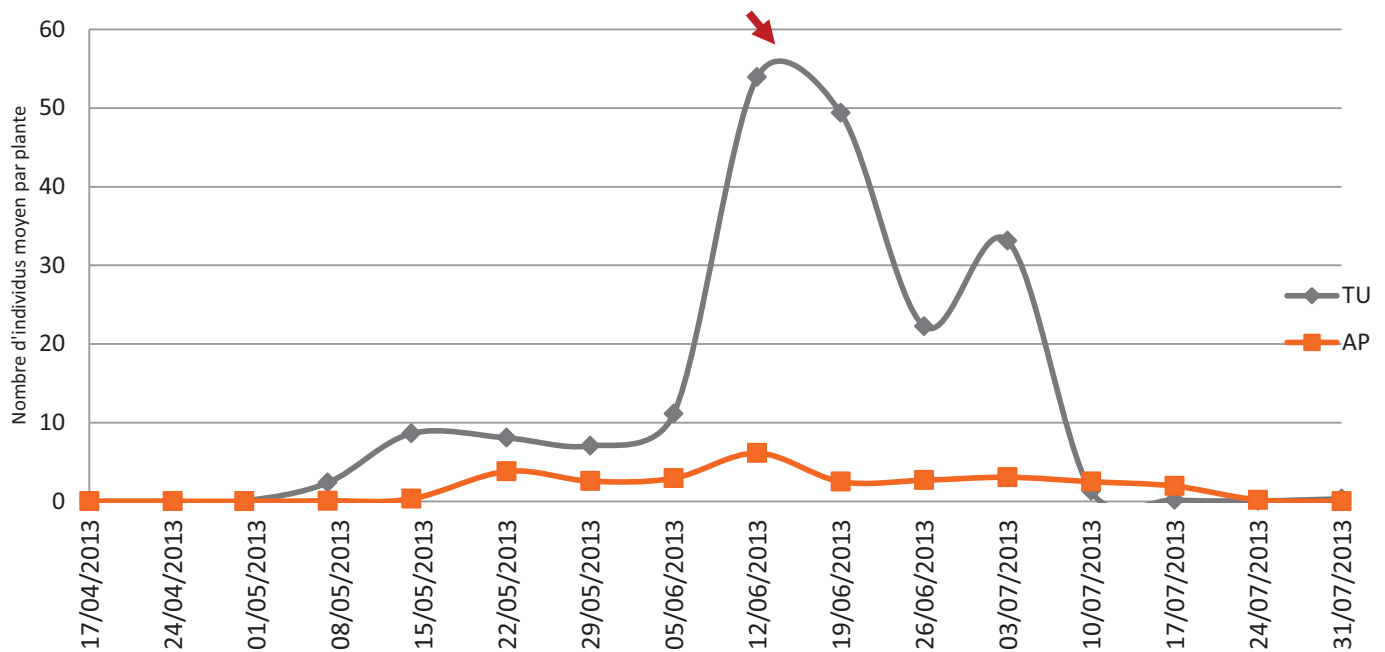
**Figure C :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 3** du tunnel classique.



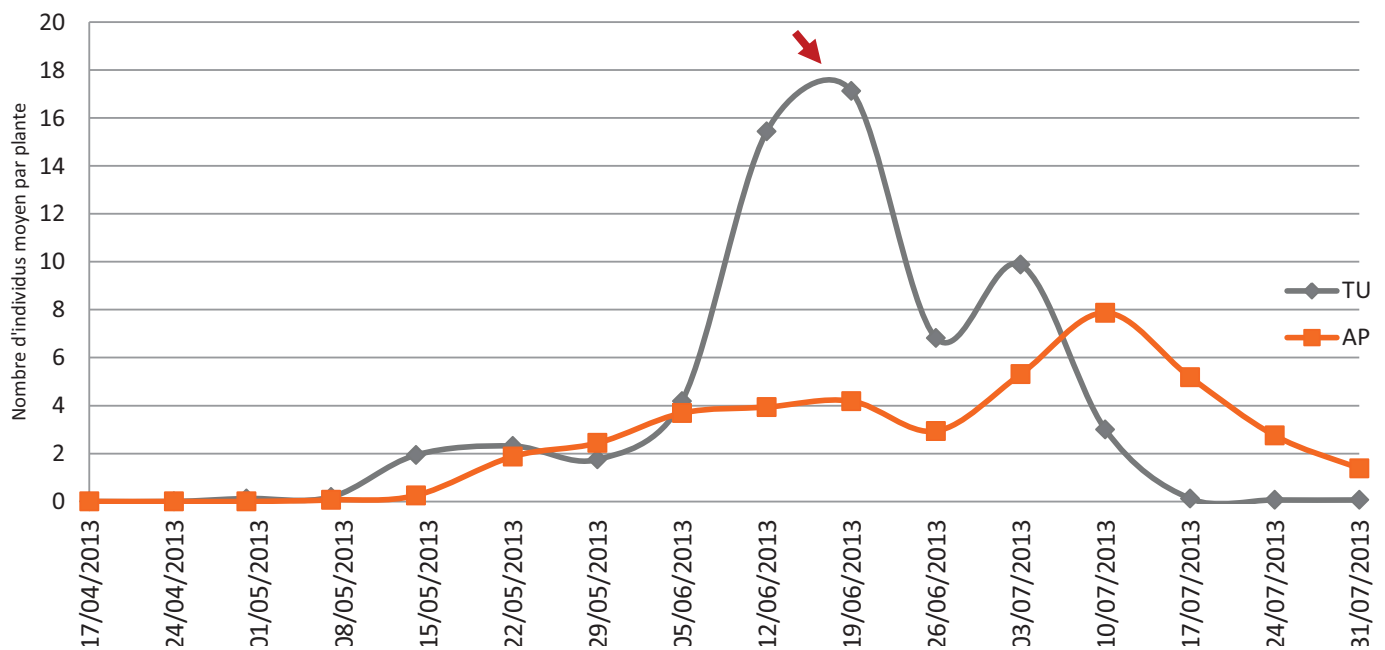
**Figure D :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 4** du tunnel classique.



### Tunnel Innovant :



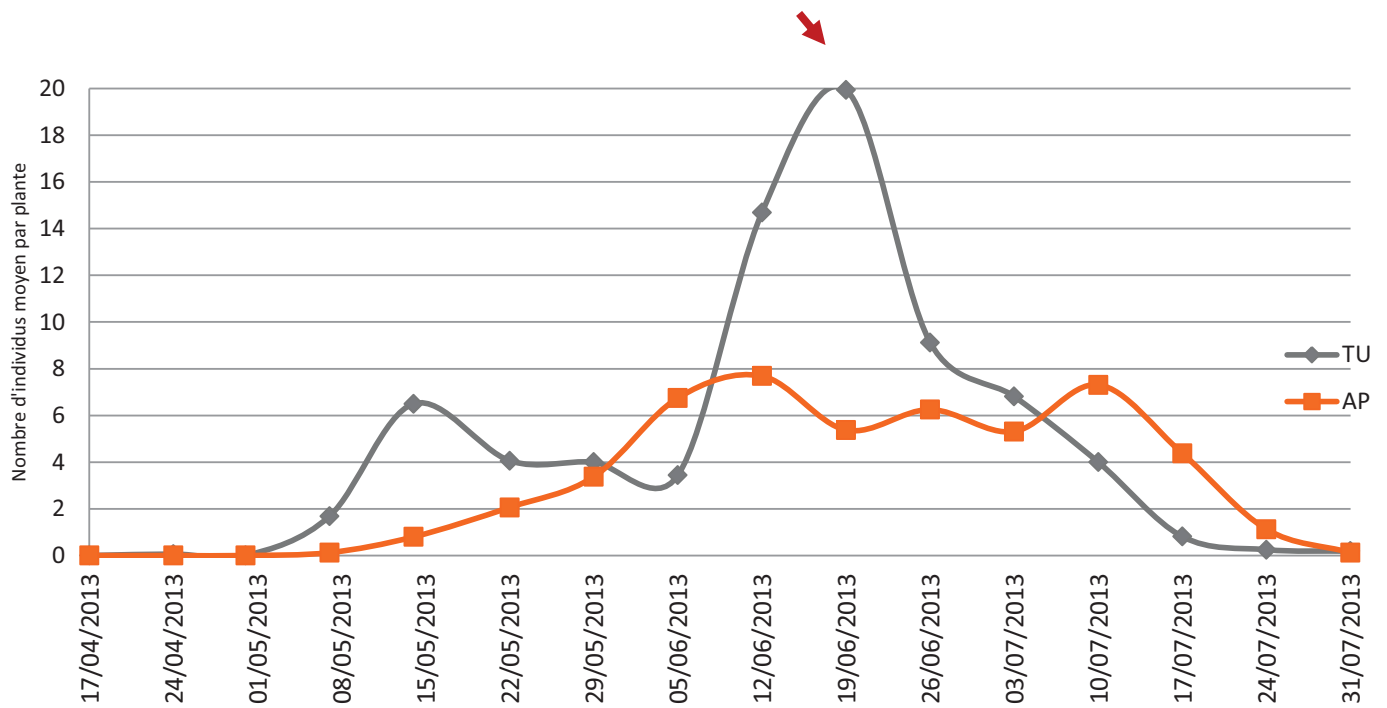
**Figure E :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 1** du tunnel innovant.



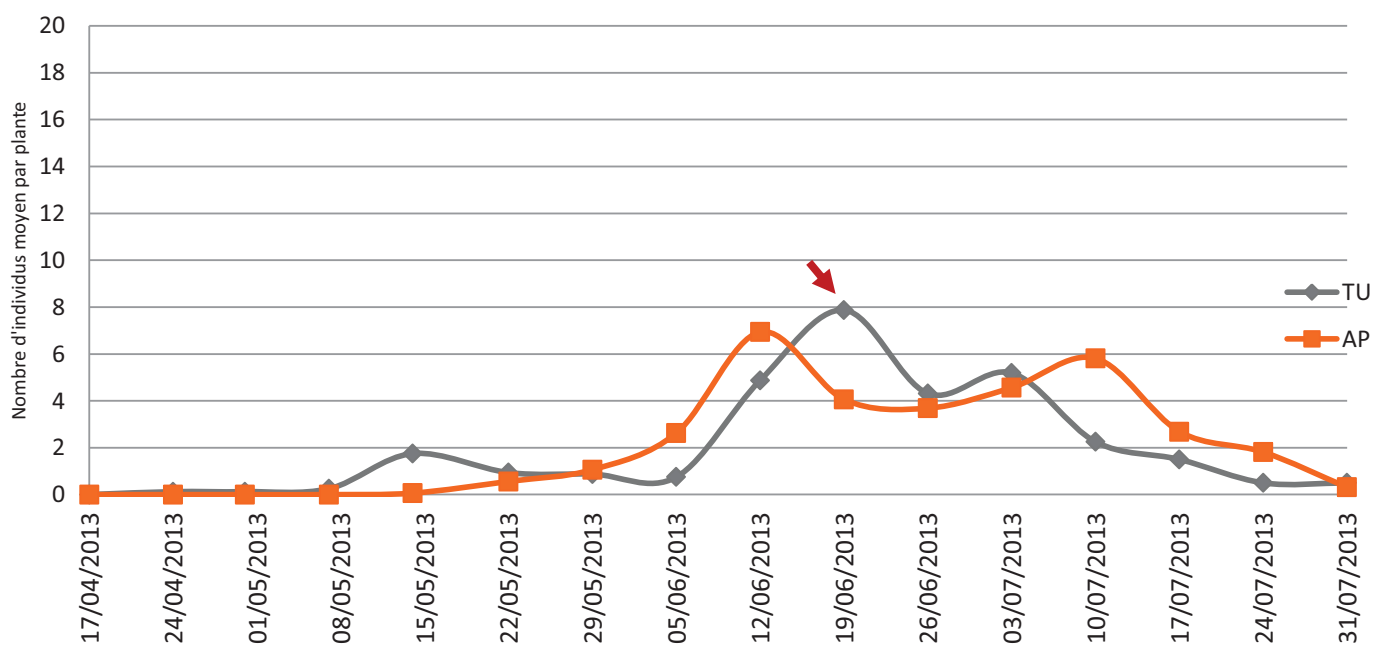
**Figure F :** Evolution des population d'acariens tétranyques (TU) et d'acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 2** du tunnel innovant.







**Figure G :** Evolution des population d’acariens tétranyques (TU) et d’acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 3** du tunnel innovant.



**Figure H:** Evolution des population d’acariens tétranyques (TU) et d’acariens prédateurs (AP) pour la **ZONE 4** du tunnel innovant.



## ANNEXE X : Fiche auxiliaires



**Figure A** : Exemple d'un parasitoïde de pucerons (1) entraînant la formation d'une momie (2).

Sources : S. Dourlot - Univ. Rennes-I ; J.M. Bouet, 2010



**Figure B** : Larves de cécidomyies du puceron (orange) dans une colonie de puceron vert

Source : Lpomiculture Ontario, 2009



**Figure C** : Cochenilles observée sur *Choisya ternata* à l'AREXHOR Pays de la Loire (2013)

Source : Photo personnelle

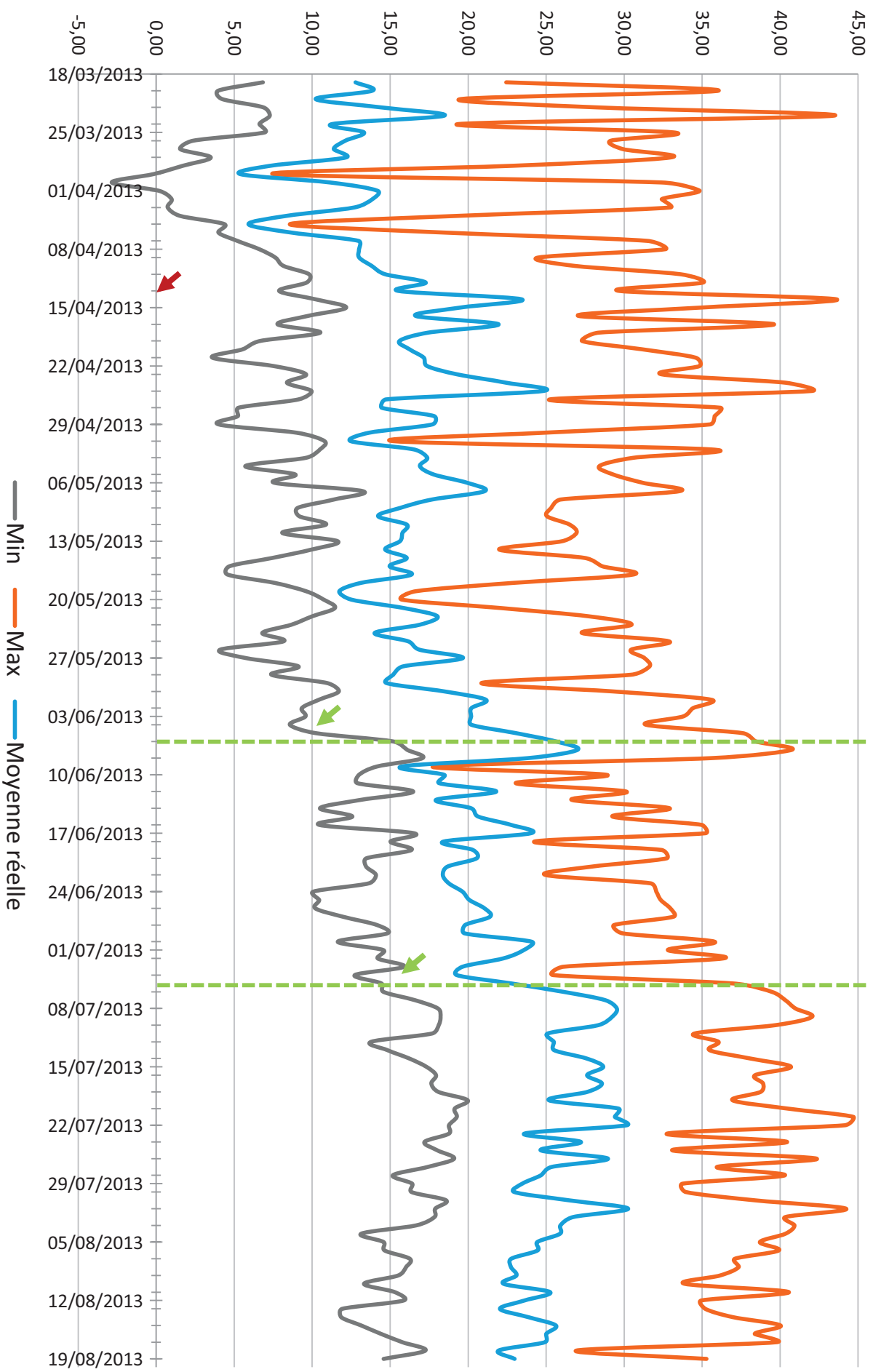


**Figure D** : Dégâts de thrips observés sur *Choisya ternata* à l'AREXHOR Pays de la Loire (2013)


Source : Photo personnelle



## ANNEXE 11 : Evolution de la température dans le tunnel innovant au cours du temps





		Diplôme / Mention : M2 Biologie et Technologie du Végétal Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : PVS Option : Produits phytosanitaires et méthodes alternatives
Auteur(s) : Clément ALESTRA Date de naissance* : 22/11/1989		Organisme d'accueil : AREXHOR Pays de la Loire Adresse : Centre Florilore 1 rue des Magnolias 49130 LES PONTS-DE-CE Maître de stage : Alain FERRE
Nb pages : 33                      Annexe(s) : 11		
Année de soutenance : 2013		
Titre français : Évaluation d'une stratégie de contrôle innovante de <i>Tetranychus urticae</i> en culture sous abris et mise au point de règles de décision. Titre anglais : Evaluation of an innovative control strategy of <i>Tetranychus urticae</i> in glasshouse and development of decision rules.		
Résumé (1600 caractères maximum) : <p>Ce mémoire traite de l'évaluation d'une méthode de lutte innovante contre un acarien tétranyque ravageur des cultures ornementales : <i>Tetranychus urticae</i> Koch, 1836. Cet acarien, capable de se développer sur de nombreux hôtes, pose de sérieux problèmes en culture sous-abris où il est capable de se multiplier toute l'année, entraînant d'importants dégâts en cas de forte pullulation. Le principal objectif de l'essai mis en place à l'AREXHOR Pays de la Loire consiste à améliorer une méthode de lutte en PBI, actuellement employée chez les producteurs horticoles, pour la rendre plus efficace et moins onéreuse. Pour cela, différents axes d'amélioration sont testés au niveau de la station. Tout d'abord, l'emploi de plantes indicatrices, plus sensibles aux attaques de ce ravageur, nous permet de déterminer si les structures de productions sont initialement infestées en tétranyques et également de visualiser les premières attaques. Une autre piste concerne l'utilisation de plantes pollinifères (<i>Sorbaria sorbifolia</i>) dont le pollen pourrait assurer une source de nourriture secondaire aux acariens prédateurs introduits en cas d'absence de proies, ce qui permettrait ainsi de maintenir une population résiduelle de prédateurs. Cette population résiduelle assurerait une meilleure maîtrise des foyers par les auxiliaires lors des reprises de pullulation. Enfin, l'utilisation d'huiles essentielles en remplacement des produits acaricides de synthèse est également évaluée dans le cadre de cet essai. L'ensemble des axes d'améliorations testés sera par la suite intégré à une méthode de lutte basée sur des règles de décisions qui pourra, à terme, être mise en place chez les producteurs.</p>		
Abstract (1600 caractères maximum) : <p>This Master's thesis deals with an innovative way of fighting against the ornamentals plants pest: the Two-spotted spider mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch, 1836. This mite, which is able to multiply itself on numerous hosts, raises serious problems in greenhouses where it is capable of reproducing all year long causing important damages in case of high multiplication. This trial's main objective, set up in the "AREXHOR Pays de la Loire", consists in improving a biological control technique, currently used by horticultural producers, to make it more effective and less expensive. For that purpose, various axes of improvement are tested at the station. First of all, the employment of indicator plants systems, more sensitive to the attacks of this pest, which allows us to determine the infestation level of the greenhouse, and to spot the attacks at their beginning. Another axis is the use of pollen plants (<i>Sorbaria sorbifolia</i>) which could provide food if preys for beneficials mites came to lack, and could thus help to maintain a residual population. This residual population would assure a better control of hotspots by the auxiliaries in case of the mite development resumption. Finally, the use of essential oil as a replacement of synthesis miticide products is also tested in this trial. All those axes of improvements will afterward be joined into a method of biological control based on decision rules which could eventually be used by the producers.</p>		
Mots-clés : Lutte biologique, <i>Tetranychus urticae</i> , huile essentielle, <i>Sorbaria sorbifolia</i> , pollen Key Words: Biological control, <i>Tetranychus urticae</i> , essential oil, <i>Sorbaria sorbifolia</i> , pollen		

\* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaire