

Le cynips du châtaignier : mise en œuvre et développement de la maîtrise de ce ravageur par des moyens de contrôle biologique

Brachet M.-L.¹, Fernandez M.-M.¹, Hennion B.¹, Deplauze H.², Boutitie A.³, Pages G.⁴, Pasquet N.⁴, Caveriviere M.-L.⁵, Andre N.⁶, Androdias J.⁷, Laval S.⁸, Brun L.⁹, Eychenne N.¹⁰

¹ Ctifl Centre de Lanxade, 28 route des Nébouts, 24130 PRIGONRIEUX

² Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, 4, Avenue de l'Europe Unie – BP114, 07001 PRIVAS Cedex

³ Chambre Régionale D'agriculture Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées, Mas de Saporta - Maison des Agriculteurs-CS 30012, 34875 LATTES Cedex

⁴ Invenio, Maison Jeannette, 24140 DOUVILLE

⁵ FDGDON Drôme, ZI Grangeneuve, Rue Jean Rostand, 26800 PORTES LES VALENCE

⁶ FREDON LR, Les Garrigues, 8 rue des Cigales, 34990 JUVIGNAC

⁷ FREDON PACA, Quartier Cantarel, BP162, 84147 MONTFAVET Cedex

⁸ FREDON Limousin SAFRAN2, av. Georges Guingouin CS 80912 PANAZOL

⁹ UERI INRA Valence, domaine de Gotheron, 26800 ETOILE SUR RHONE

¹⁰ FREDON Midi-Pyrénées, 2 route de Narbonne, Complexe agricole d'Auzeville, BP 12267, 31322 CASTANET TOLOSAN

Correspondance : brachet@ctifl.fr

Résumé

Pour répondre aux dégâts causés par l'arrivée du cynips (*Dryocosmus kuriphilus*) dans la châtaigneraie française, un programme de travail financé par le ministère de l'Agriculture dans le cadre du CASDAR a été initié avec l'ensemble des partenaires de la recherche et de l'expérimentation. Le travail de formation à la reconnaissance du parasite et à la mise en œuvre de la lutte biologique avec le parasitoïde *Torymus sinensis* a permis de suivre la progression du ravageur et de déployer la lutte biologique sur le territoire au fur et à mesure de l'extension du cynips. Six laboratoires régionaux ou nationaux sont aujourd'hui en capacité de faire émerger et d'élever le parasitoïde. Son installation dans les châtaigneraies est un succès et son développement laisse augurer d'un futur rétablissement de la situation technico-économique de la châtaigneraie dans les prochaines années. L'identification de cultivars peu sensibles ou résistants parmi des sélections récentes issues du programme de création national est une avancée complémentaire pour la filière castanéicole, avec la perspective de disposer pour ses replantations futures d'une gamme de cultivars adaptée à la présence du ravageur.

Mots-clés : *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis*, lutte biologique, ravageur émergent

Abstract: Chestnut gall wasp: implementation and development of a pest monitoring through biological control

In order to address the damage caused since the arrival of the gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in French chestnut groves, a work program financed by the Ministry of Agriculture was initiated with research and experimentation partners. The work on training people to recognize the parasite and to implement biological control with the parasitoid *Torymus sinensis* has led to the parasite being monitored and biological control methods being introduced as gall wasp populations built up. Six regional or national laboratories are currently able to rear the parasitoid. Population build-up of the parasitoid has been successful in chestnut groves and its progression promises a recovery of the technical and economic situation over the next few years. The identification of less susceptible or resistant cultivars among recent cultivars from the national breeding program is a complementary step

for castaniculture sector, with the prospect of having a range of cultivars adapted to the presence of the gall wasp for future replanting.

Keywords: *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis*, biological control, emerging pest

1. Contexte, objectifs et transfert des méthodologies existantes aux acteurs du projet

1.1 Inquiétude professionnelle

La présence du cynips du châtaignier, apparu en France en 2007 en forêt au niveau du Col de Tende, est restée dans un premier temps limitée au département des Alpes Maritimes. Fin 2009 puis courant 2010, les nombreux foyers détectés dans la région Rhône-Alpes ainsi qu'en Corse, notamment en vergers de production fruitière, ont entraîné une vive inquiétude pour la profession castanéicole. Les vergers fruitiers de châtaigniers en production représentent 7 746 hectares (Agreste, 2014) concentrés principalement sur les zones Ardèche-Cévennes-Var-Corse dans le Sud-Est et Périgord-Limousin-Quercy dans le Sud-Ouest. Les chutes de productions fruitières de l'ordre de 60 à 80 %, enregistrées dans le Piémont italien suite à la contamination par le cynips, laissent présager le risque d'une réduction importante de la production européenne dans les décennies à venir. Face à cette situation, un Comité de pilotage national Cynips, initié par le Syndicat National des Producteurs de Châtaignes, a permis de mobiliser l'ensemble des partenaires de la recherche, de l'expérimentation, du développement technique et de la surveillance sanitaire du territoire, pour développer des axes de recherche et d'expérimentation prioritaires.

Au-delà de la production nationale de châtaignes, l'enjeu de cette mobilisation s'étend au devenir de la châtaigneraie forestière, qui, avec une superficie de 1 million d'hectares, représente près de la moitié de la surface mondiale de la châtaigneraie à bois (Source : Forêt Privée Française).

1.2 Pistes de recherches

1.2.1 Lutte biologique : utilisation d'un parasitoïde, *Torymus sinensis*

La lutte biologique est le moyen de contrôle qui a été retenu par tous les pays confrontés au ravageur. Les pistes de lutte chimique sont en effet restreintes, d'autant que la structuration des vergers de châtaigniers rend difficile l'application des traitements phytosanitaires, et qu'il serait inenvisageable d'étendre une protection chimique par voie aérienne à l'ensemble des peuplements de châtaigniers forestiers.

T. sinensis est un micro-hyménoptère chalcidien originaire de Chine, appartenant à la famille des *Torymidae*. C'est un parasitoïde spécifique du cynips du châtaignier (*Dryocosmus kuriphilus*) : au printemps, avant l'émergence du ravageur, les femelles accouplées de *T. sinensis* viennent pondre dans les galles qui hébergent alors les larves de cynips ; leurs œufs donnent naissance à des larves qui se nourrissent de celles du cynips, empêchant donc l'émergence des adultes. Ces larves vont ensuite se nymphoser et passer toute une année dans la galle parasitée, pour émerger sous forme d'adultes l'année suivante (cycle univoltin). En référence à l'expérience japonaise, cette méthode de lutte, basée sur un équilibre biologique entre populations de *Torymus* et de cynips, devrait demander de 6 à 10 ans avant de montrer une efficacité économique dans le contrôle du ravageur. Cette observation est confortée par l'expérience italienne : ainsi l'Université de Turin a introduit en 2003 le parasitoïde du Japon en Italie et les premiers effets significatifs sur les populations de cynips n'y sont constatés que depuis 2014.

L'éradication du ravageur étant exclue, l'objectif est de réguler les populations de cynips à des niveaux économiquement acceptables. En France, les premiers lâchers de *T. sinensis* ont donc été réalisés en

2010 dans la région de Tende (04) dans le cadre d'une étude qui a associé l'Université de Turin et la Chambre d'Agriculture des Alpes Maritimes.

1.2.2 Protection génétique : évaluation des résistances / sensibilités variétales

Une autre approche est celle de l'identification de matériel végétal peu sensible ou résistant au cynips. Il existe en effet différents niveaux de sensibilité au cynips selon les variétés de châtaigner. Certains cultivars tels que Marigoule ou Marsol sont très sensibles, d'autres comme Belle-Epine sont peu sensibles, certains sont même totalement résistants comme Bouche de Bétizac. L'utilisation de variétés peu sensibles ou résistantes permettrait ainsi de maintenir des niveaux de production satisfaisants malgré une pression parasitaire forte. Des études avaient déjà été menées en Italie (Sartor et al., 2009 ; Botta et al., 2012), afin d'approfondir les connaissances sur la sensibilité de variétés cultivées en Europe, mais de nombreux cultivars utilisés en France n'avaient encore jamais été étudiés sur ce critère.

Mécanisme de résistance

Les variétés qui ne présentent aucune galle après trois années d'observation et malgré une pression parasitaire forte sont qualifiées de résistantes. La variété Bouche de Bétizac présente une résistance totale au cynips ; des travaux réalisés sur cette dernière (Dini et al., 2012) ont montré que les mécanismes moléculaires de résistance correspondent à une réaction d'hypersensibilité. L'hôte reconnaît la présence du parasite et réagit en entraînant la dégénérescence des cellules (apoptose) au contact de la larve. La formation de la galle et le développement larvaire sont alors stoppés.

Origine génétique et transmission de la résistance

Le caractère de résistance se retrouve principalement chez des variétés asiatiques des espèces *Castanea crenata* et *C. mollissima*, et les hybrides qui en sont issus tels que Bouche de Bétizac (*C. crenata* x *C. sativa*) (Sartor et al., 2009). Cependant, quelques cultivars et châtaigniers sauvages européens (*C. sativa*) semblent également exprimer un caractère de résistance (Botta et al., 2012). Les mécanismes génétiques impliqués dans ce phénomène sont complexes et encore relativement mal connus. Quelques données sont toutefois disponibles grâce à des travaux récents. Ainsi, le caractère de résistance ne semble pas être transmis par hérédité cytoplasmique (parent femelle). Par ailleurs, un gène avec un allèle dominant semble intervenir de manière notable dans le mécanisme de résistance ; il s'agirait du gène GLP impliqué dans les mécanismes de synthèse de H₂O₂ (Anagnostakis et al., 2011 ; Dini et al., 2012). Mais d'autres gènes semblent également impliqués. Des recherches sur la carte génétique et le séquençage du génome du châtaigner pourraient apporter des avancées majeures sur la compréhension de cette résistance (Sartor et al., 2009).

L'exemple japonais : les risques d'un contournement de la résistance

Les travaux concernant la voie génétique ont très vite été entrepris au Japon, pays chez qui l'introduction du cynips remonte aux années 40 ; les premières variétés dites résistantes au cynips y ont ainsi été obtenues en 1965. Cependant, des contournements de résistance ont très vite été observés (Shimaru, 1972). Une deuxième phase de création variétale a alors abouti dans les années 1980 à de nouveaux cultivars pour lesquels aucun contournement de résistance n'a été signalé à ce jour. Ce succès s'explique probablement par le couplage entre la mise en place de variétés résistantes ou peu sensibles et la mise en œuvre de la lutte biologique.

1.3 Projet CASDAR 1162 (2012-2014)

Un programme de travail global visant le contrôle du cynips a été bâti dès 2009 à la demande de la profession castanéicole. Il s'est déployé en trois temps, d'abord en 2010/2011 sous la forme d'un dossier INTERREG ALCOTRA (Direction des services agricoles du Piémont, Université de Turin, Chambre d'Agriculture des Alpes-Maritimes), puis en 2011/2014 sous celle d'un projet Ecophyto 2018 porté par l'UELB (Inra Sophia Antipolis) et en parallèle, en 2012/2014, sous celle d'un projet CASDAR porté par le Ctifl. Celui-ci a permis de relayer le travail de l'Inra dans chacune des régions productrices

de châtaignes, en impliquant la FDGDON Drôme, les FREDON PACA, Languedoc-Roussillon, Limousin et Midi-Pyrénées, Invenio, l'OIER SUAMME, l'Inra de Gotheron et la Chambre d'Agriculture de l'Ardèche.

Deux objectifs principaux ont été poursuivis :

- déployer une stratégie de lutte biologique avec *T. sinensis* sur l'ensemble du territoire national au fur et à mesure de l'apparition de nouveaux foyers,
- tester la résistance au cynips de nouvelles sélections de châtaignier. Les actions techniques menées dans le cadre de ce projet sont détaillées dans le Tableau 1.

2012 / 2013	<p>1 : Formation des intervenants</p> <p>Transfert de connaissances de l'INRA de Sophia Antipolis vers les partenaires, pour la reconnaissance du ravageur et de l'auxiliaire et la gestion de la lutte biologique (capture de parasitoïdes, lâchers, ...).</p>	<p>UELB (Inra PACA) ⁽¹⁾ + Tous les partenaires</p>
2012 / 2014	<p>2 : Prospection et surveillance du territoire</p> <p>Suivi des contaminations existantes et des nouvelles parcelles contaminées en complément du travail réalisé par le Réseau National FREDON/FDGDON.</p>	<p>FDGDON Drôme FREDON PACA, LR, LIM, MP</p>
	<p>3 : Mise en place de la lutte biologique en France</p> <p>Création de sites de multiplication de <i>T. sinensis</i> (réservoirs) et de sites de lâchers.</p>	<p>UELB INRA, CA07, OEIR SUAMME, FREDON PACA</p>
	<p>4 : Sensibilité des nouvelles variétés de châtaignier</p> <p>Production des plants puis évaluation en zone contaminée</p>	<p>Ctifl, UERI INRA Valence ⁽¹⁾, CA07</p>

(1) : hors financement CASDAR

Tableau 1 : Descriptif des actions techniques du projet et du partenariat.

1.4 Transfert des méthodologies acquises par l'Université de Turin

Le succès de toute opération de lutte biologique réside avant tout dans une parfaite connaissance de la biologie des insectes en jeu et de leur environnement. Un préambule essentiel au succès de ce projet a donc été dans un premier temps de transférer les méthodologies acquises par l'Université de Turin à l'ensemble des partenaires impliqués dans le déploiement de la lutte. Ce transfert a été assuré par l'Inra de Sophia Antipolis et a permis de former les intervenants i) à la reconnaissance du cynips *D. kuriphilus* et de ses dégâts, ii) à la reconnaissance de son parasitoïde *T. sinensis* (et de ses parasitoïdes indigènes), iii) au mécanisme de parasitage de *D. kuriphilus* par *T. sinensis* et à leurs dynamiques de populations, iv) aux techniques de multiplication et de diffusion de *T. sinensis* (méthodes de récolte et de conditionnement des galles, gestion de leur conservation, contrôle du parasitisme, gestion des émergences du parasitoïde, sexage et maintien des insectes en conditions contrôlées).

Cette phase de formation a permis la mise en place dès 2013 des élevages chez tous les partenaires impliqués dans la mise en œuvre de la lutte biologique et qui seront dès les prochaines années appelés à prendre le relais de la production de *T. sinensis* dans les régions : 6 laboratoires régionaux ou nationaux sont ainsi aujourd'hui en capacité de faire émerger et d'élever le parasitoïde (FREDON Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi Pyrénées, Chambre d'Agriculture d'Ardèche, Invenio, Ctifl).

2 Evolution de la contamination par le cynips à l'échelle nationale

2.1 Méthodologie de suivi

L'objectif de cette action était de suivre l'évolution du parasite sur le territoire afin de pouvoir mettre en œuvre, sans délai et au plus près du front de contamination, la lutte biologique avec le parasitoïde *T. sinensis*. Ce travail a été attribué au réseau des FREDON/FGDON des principales régions concernées et s'est réalisé selon 4 critères : i) prospections après signalement, ii) prospections sur déclaration de plantation, iii) prospections pour suivi de la progression sur foyers déjà identifiés, iv) prospections « à l'aveugle » en limite des zones contaminées.

Au moment du dépôt du dossier (2011), seul le Sud-Est de la France était concerné par la contamination. La FREDON Limousin avait toutefois été incluse dans le projet afin de réaliser une prospection préventive. Entre le moment où le dossier a été déposé et le début des travaux, la contamination d'une bonne partie de la région Sud-Ouest a été constatée. La FREDON Limousin a alors souhaité demander la participation des FREDON Aquitaine et Midi-Pyrénées afin d'étendre les prospections aux régions concernées. Seule la FREDON Midi-Pyrénées a répondu favorablement à la demande et a donc été intégrée en tant que partenaire du projet.

Ce travail a été réalisé sur deux années (2012/2013) pour ce qui concerne les régions du Sud-Est de la France (Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes), sauf pour la région PACA pour laquelle la contamination était généralisée dès 2012, ce qui a conduit à l'arrêt des prospections en 2013. Pour les régions du Sud-Ouest (Limousin, Midi-Pyrénées), la prospection était envisagée sur les trois années et s'est poursuivie en 2014, la zone Nord-Limousin (Haute-Vienne) étant encore indemne de cynips.

2.2 Dynamiques d'évolution et efficacité du suivi

Région PACA :

Dès 2012 l'ensemble du massif était contaminé. Les prospections n'ont pas été reconduites en 2013.

Région Languedoc-Roussillon :

Concernant les foyers déjà connus, deux nouvelles communes de l'Hérault ont été contaminées en 2012 et de nouveaux foyers ont été observés sur des communes déjà contaminées dans le Gard. 8 nouveaux foyers ont été signalés en 2012 et 25 en 2013.

Région Rhône-Alpes :

La carte des communes contaminées dès la fin 2012 montre que le cynips est présent dans toute la région, depuis le nord du département de la Saône jusqu'au sud du département de l'Ardèche. Des îlots non contaminés sont alors encore présents, mais la proximité des foyers infestés par le cynips ne laisse aucun doute sur l'imminence de la contamination, ce qui est confirmé dès 2013. L'ensemble de la région est donc considérée comme contaminée fin 2013.

Région Midi-Pyrénées :

Dès 2013, des foyers importants ont été détectés, plus spécialement dans le département de l'Aveyron, sur des vergers cultivés de la variété Marigoule. A l'autre extrémité de la région, les départements des Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne et Ariège sont eux aussi contaminés. En 2014, 85 communes ont été prospectées sur ce secteur et toutes déclarées contaminées. Cette même année les premières contaminations sont détectées dans le département du Tarn-et-Garonne, jusque-là indemne.

Région Limousin :

Les premières contaminations sont apparues en 2011. Le front de contamination a progressé dans la région tout au long de la durée du projet et, fin 2014, le département de Haute-Vienne n'était pas encore contaminé.

La progression de la contamination par le cynips est relativement contrastée. En effet, la vitesse de diffusion du ravageur dans les régions du Sud-Est de la France, notamment en PACA, a conduit très rapidement (dès 2012) à une situation de contamination généralisée rendant inutile la prospection. La situation en Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon a été plus mitigée, des zones non contaminées étant encore existantes en 2013. La prospection, prévue pour deux années (2012 et 2013) dans ces trois régions, a été suffisante. C'est par contre dans les régions castanéicoles non encore contaminées au dépôt du dossier CASDAR (Midi-Pyrénées, Limousin, Aquitaine) que les actions de prospection ont été les plus utiles, permettant une mise en place de la lutte biologique avec *T. sinensis* au plus près du front de progression de l'insecte, justifiant le maintien des prospections jusque fin 2014.

Ce travail mis en place essentiellement pour les régions productrices de châtaignes a également permis de suivre l'évolution de la contamination dans les autres régions. Le cynips a ainsi été détecté en Picardie, Île-de-France, au sud de Tours, dans les Cévennes, dans la Haute-Vallée de la Loire : l'essentiel des zones castanéicoles du territoire national était ainsi contaminé fin 2014 (Figure 1).

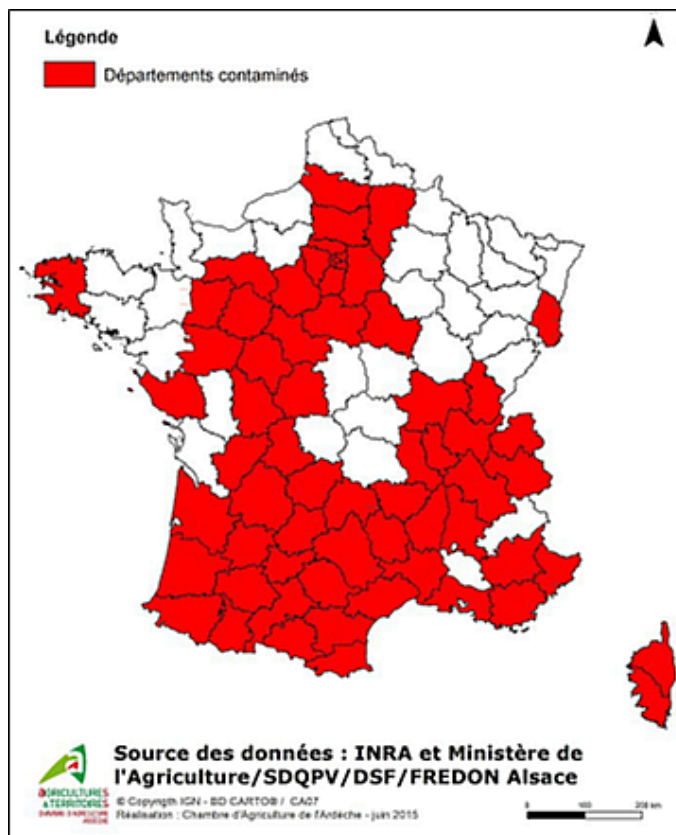


Figure 1 : Etat de la contamination par le cynips en France fin 2014

3 Mise en œuvre de la lutte biologique à l'échelle nationale

Le déploiement de la lutte biologique a consisté en l'introduction du parasitoïde *T. sinensis* sur deux types de sites infestés par le cynips : i) des « sites de multiplication », destinés à faire office de réservoirs pour l'auxiliaire et de permettre ainsi aux régions contaminées de devenir à moyen et long terme autonomes dans l'approvisionnement en *T. sinensis* ; ii) des « sites de lâchers », choisis pour leur situation en pleine zone contaminée et suffisamment distants les uns des autres pour permettre une couverture plus diffuse du parasitoïde au long des années.

Cette action a été coordonnée par l'UELB INRA Sophia Antipolis en relation avec les partenaires du dossier CASDAR, ainsi qu'avec le Comité de pilotage national cynips mis en place par le Syndicat National des Producteurs de Châtaignes. Les régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et Limousin n'étaient

pas contaminées lors du dépôt du dossier mais le même type de travail y a cependant été réalisé en dehors du dossier CASDAR.

3.1 Mise en place des « sites de multiplication » de *T. sinensis*.

Deux enjeux ont été poursuivis : i) mise en place d'un réseau de parcelles dans lesquelles sont réalisées les introductions de *T. sinensis* (appelés lâchers), pour une multiplication rapide du parasitoïde ; ii) acquisition de références scientifiques permettant d'évaluer l'impact des stratégies d'introduction de *T. sinensis*.

S'appuyant sur les observations du travail de prospection décrit plus haut, le choix des sites a suivi une grille de décision intégrant un ensemble de critères, visant à ne retenir que les situations présentant un niveau suffisant d'infestation par le cynips, sans application de pesticides susceptibles d'affecter le maintien de l'auxiliaire, et permettant une collecte des galles sans difficulté majeure (Figure 2).

Niveau d'infestation par le cynips (Coefficient 4)	
0	Pas de galle (en tout cas pas visibles)
1	Rares galles visibles sur un ou quelques arbres (récolte de 2 000 galles « impossible »)
2	Quelques galles visibles sur 1 ou 2 arbres, très peu de galles visibles sur le reste de la parcelle (récolte de 2 000 galles possible mais très chronophage)
3	Beaucoup de galles visibles sur 1 ou 2 arbres, peu de galles visibles sur le reste de la parcelle (récolte de 2 000 galles relativement facile)
4	Beaucoup de galles visibles sur de nombreux arbres (récolte de 2 000 galles très facile)
Traitements phytosanitaires (Coefficient 4)	
0	Traitements phyto sur l'ensemble de la parcelle
2	Traitements phyto raisonnés sur l'ensemble de la parcelle (produits très spécifiques et peu toxiques pour les auxiliaires ; pas de traitement dans la zone de lâcher)
4	Pas de traitements phyto sur l'ensemble de la parcelle
Nombre de galles récoltées (Coefficient 1)	
0	Nombre de galles récoltées insuffisant (< 1 000)
1	Nombre de galles récoltées suffisant (env. 2 000)
Proximité géographique (Coefficient 1)	
0	Site à moins de 5 km d'un autre site du dispositif
1	Site à plus de 5 km d'un autre site du dispositif

Figure 2 : Critères de choix des sites de multiplication de *T. sinensis*

Après sélection des sites, un protocole strict d'introduction de *T. sinensis* a été respecté. Un état des lieux a d'abord été réalisé l'hiver précédant l'introduction de *T. sinensis*, par prélèvement de 2000 à 5000 galles sèches, afin de s'assurer que *T. sinensis* n'était pas déjà présent sur le site et de dénombrer et identifier les parasitoïdes indigènes potentiels. Des sites témoins, sans lâcher, et distants d'au moins 5 km des sites de multiplication, ont par ailleurs été identifiés dans le but d'étudier la dissémination naturelle de *T. sinensis* depuis ces sites réservoirs. La moitié des sites ont reçu 100

femelles du parasitoïde l'année n et l'autre moitié 100 femelles sur 2 années (50 femelles l'année n et 50 femelles l'année n+1), afin de comparer l'impact de ces deux pratiques.

Des galles sèches sont récoltées chaque hiver pour fournir les individus de *T. sinensis* nécessaires aux lâchers ; la récolte des galles nécessite environ 1 heure de travail pour 500 galles. Les différentes étapes menant à la production du parasitoïde sont illustrées dans la Figure 3. Après récolte, les galles sont disposées dans des cages d'émergence (ou éclosoirs) à l'abri des intempéries, mais en conditions non chauffées. Les émergences ont lieu au début du printemps ; les insectes sont alors triés et sexés puis « conditionnés » en tubes à raison de 50 femelles pour 10 mâles. Des apports réguliers de miel sur des plaquettes disposées dans chaque tube et renouvelées chaque semaine permettent de nourrir les insectes. Les tubes sont conservés en chambre climatisée à 14°C avec une photopériode 12/12, en attendant que le stade phénologique C3-D du châtaignier soit atteint ; les galles de cynips sont alors suffisamment développées pour permettre la ponte par les femelles de *T. sinensis*.

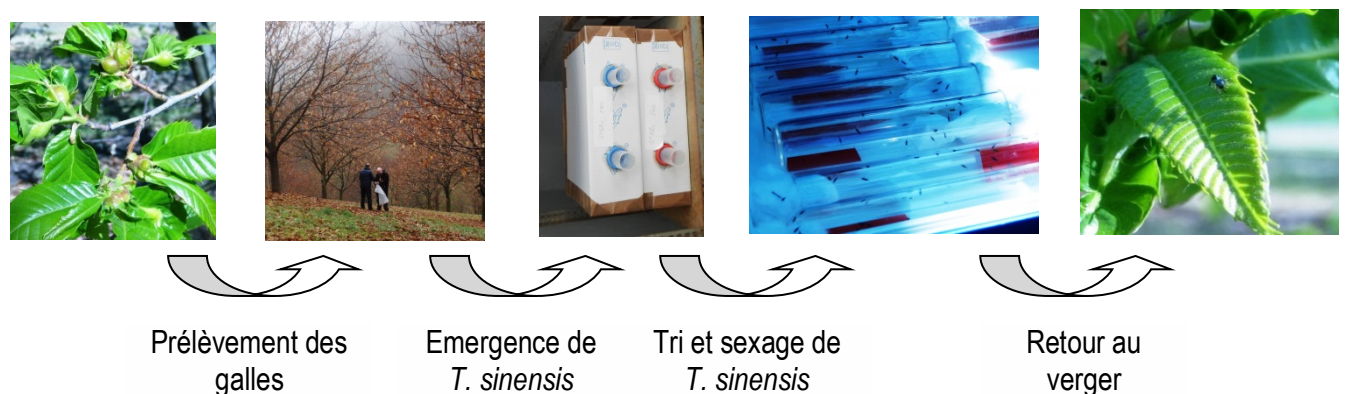


Figure 3 : Représentation des différentes étapes de production de l'auxiliaire *Torymus sinensis*.

Au total, 36 lâchers ont ainsi été réalisés sur des sites devant servir de parcelles de production pour les années à venir (Tableau 2).

Année	PACA	Languedoc Roussillon	Rhône Alpes	Midi Pyrénées	Limousin	Aquitaine	Nombre total de lâchers
2011	1	-	4	-	-	-	5
2012	-	2	3	5	1	2	13
2013	-	3	2	4	1	1	11
2014	-	-	-	5	1	1	7

Tableau 2 : Mise en place des sites de multiplication par année et par région.

3.2 Introduction dans les « sites de lâcher »

Les galles récoltées sur les sites de multiplication sont mises en émergence au niveau des différentes structures régionales, et les adultes de *T. sinensis* émergents sont relâchés sur les parcelles contaminées de la région, appelées sites de lâcher. Pour des raisons de rigueur de suivi scientifique, les sites de lâcher doivent se situer en dehors d'un périmètre de 5 km autour d'un site de multiplication.

Le Tableau 3 récapitule les résultats observés sur ces sites après introduction du parasitoïde. Le nombre de sites suivis peut différer du nombre de sites de lâchers pour deux raisons. D'une part, certains sites ont été exclus du suivi, les lâchers ayant été faits sans respecter le périmètre de 5 km exigé par le protocole. Par ailleurs, les dossiers de financement (CASDAR et ONEMA) arrivant à

échéance au 31/12/2014, les moyens de suivi ont dû être revus à la baisse : le suivi des sites de lâcher de 2014, sur lesquels il n'y avait encore aucun recul, a ainsi été arrêté.

	PACA	Languedoc Roussillon	Rhône Alpes	Midi Pyrénées	Limousin	Aquitaine
Nombre de sites de lâchers	1	5	9	14	3	4
Nombre de sites suivis	1	5	9	11	2	3
Nombre de sites avec établissement de <i>T. sinensis</i> confirmés	1	5	8	11	2	3
Nombre de <i>T. sinensis</i> maxi pour 1000 galles	2364	303	459	32	3	9
Nombre de sites témoins	14	6	14	2	0	1
Etablissement de <i>T. sinensis</i> dans les sites témoins	Colonisation naturelle généralisée dès 2012	Colonisation naturelle généralisée dès 2014	Colonisation naturelle généralisée dès 2014	0	/	0

Tableau 3 : Résultats des sites de lâcher par région.

Les premiers résultats montrent que l'introduction de *T. sinensis* dans les zones contaminées est effective puisque le parasitoïde est retrouvé dans tous les sites de lâchers sans exception. La modalité du lâcher (1 fois 100 femelles ou 2 fois 50) ne semble pas avoir d'impact sur l'installation ce qui est plutôt une bonne nouvelle puisque cela facilite les lâchers et permet donc d'en réaliser davantage.

Un fait marquant a aussi été observé : la dissémination naturelle de *T. sinensis* est particulièrement importante dans les trois régions PACA, Rhône-Alpes et Languedoc Roussillon. En PACA, la proximité de l'Italie explique sans doute la rapidité de cette installation naturelle puisque les premiers lâchers de *T. sinensis* sur la frontière italienne et dans les Alpes Maritimes datent de 2009 et 2010. Dans ces régions, l'impact de la lutte biologique entre dans sa phase d'efficacité et les informations qui en remontent semblent confirmer la baisse de pression du cynips. En Rhône-Alpes, comme en Languedoc-Roussillon, la montée en puissance de la colonisation par *T. sinensis* est largement établie puisque les contrôles réalisés hors des sites de lâcher révèlent sa présence dans toutes les parcelles infestées. Dans le Sud-Ouest, l'évolution est moins avancée, mais les taux de contamination des galles par *T. sinensis* enregistrés en 2014 laissent penser que, au moins pour Midi-Pyrénées, la situation devrait évoluer rapidement.

Les premiers lâchers réalisés par l'UJELB Sophia Antipolis l'ont été à partir d'insectes fournis par l'université de Turin dans le cadre d'un partenariat (2011 et 2012). La dissémination de *T. sinensis*, dans le Var notamment, a permis à la France d'être autonome en fourniture de *T. sinensis* dès 2013. Avec des taux de contamination dépassant 2000 individus de *T. sinensis* pour 1000 galles, la fourniture en parasitoïdes pour 2014 et 2015 a largement dépassé les besoins de l'expérimentation et a permis de multiplier les introductions dans les parcelles de châtaigniers. Compte tenu de la dynamique

d'installation constatée, on peut raisonnablement espérer qu'en 2016, les régions Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon devraient être également autonomes en termes de fourniture en *T. sinensis*.

L'installation de *T. sinensis* est donc un réel succès. Même si l'efficacité de cette lutte biologique n'est pas encore concrètement observable sur le terrain et devra être confirmée dans les années à venir, les premiers indices d'efficacité apparaissent : des informations en provenance d'Italie et des Alpes-Maritimes indiquent en effet une diminution des quantités de galles sur les arbres, et on commence à mesurer une baisse des infestations de cynips sur certains sites de PACA.

4 Evaluation de la sensibilité au cynips des nouvelles variétés de châtaignier

Cette action avait pour objectif de tester la sensibilité au cynips d'une gamme de sélections de variétés de châtaigniers issues du programme d'hybridation entrepris par l'INRA UREFV de Bordeaux ; compte-tenu du choix des géniteurs utilisés dans ce programme (notamment Bouche de Bétizac dont la résistance est avérée), il était permis de suspecter que figurent parmi ces hybrides des individus susceptibles de présenter eux aussi des caractères de résistance ou tolérance au cynips.

Les évaluations ont été réalisées *in situ* dans des parcelles de châtaigniers déjà contaminées. Plusieurs indicateurs ont été utilisés :

- L'indice d'infestation : c'est l'indicateur principal ; il correspond au nombre de galles par bourgeon débourré dans l'année. Facilement mesurable, il permet de comparer des variétés de manière simple (Sartor et al., 2009).
- La typologie de la galle : cette classification a été proposée par Anthony Gomez (stagiaire Ctifl, 2013) et est adaptée de celle proposée par Kato et Hijii (2009) ou par Maltoni et al (2012). Cette typologie est basée sur la position de la galle ; la formation de celle-ci pouvant se faire sur la tige en croissance, au niveau du pétiole ou de la base foliaire, sur la feuille elle-même, ou même sur l'ensemble du bourgeon.
- La taille de la galle : les diamètres maximaux et minimaux des galles sont mesurés.
- L'observation de l'impact de la formation de la galle : la position de la galle (sur feuille, bourgeon ou rameau) et le nombre de galles par organe renseignent sur sa nuisance. Ainsi, une galle sur un rameau en croissance impactera moins l'arbre qu'une galle sur un bourgeon qui bloque totalement sa croissance ; les conséquences d'un tel blocage se répercutent au niveau de la croissance globale de l'arbre.

Deux parcelles d'évaluation ont été implantées dans deux zones contaminées situées l'une dans le Sud-Est et l'autre dans le Sud-Ouest : i) une parcelle dans le département de la Drôme, plantée dès 2011 avec 12 hybrides en cours de sélection (sélections avancées) et suivie par la Chambre d'agriculture d'Ardèche ; ii) une parcelle en Dordogne (Centre Ctifl de Lanxade) plantée durant l'hiver 2012 avec 30 sélections récentes, à un tout premier stade de leur évaluation agronomique.

Les hybrides étudiés sont issus de divers croisements entre les espèces *Castanea sativa*, et *C. crenata* ou *C. mollissima*. Certaines variétés de référence sont connues pour être très sensibles. Ces cultivars, tels que Marigoule ou Marsol, sont utilisés comme témoins sensibles dans les essais. Ils peuvent aussi permettre d'évaluer la pression parasitaire dans un environnement donné.

Des tests en conditions contrôlées, réalisés hors CASDAR par le Ctifl de Lanxade selon le protocole défini par l'Université de Turin, viennent compléter ces essais *in situ*.

Sur la parcelle Ctifl, une première notation a été réalisée courant 2013 mais le niveau d'infestation n'était pas suffisant et les résultats inexploitable. En 2014, la contamination par le cynips s'est

généralisée et a permis d'obtenir des résultats significatifs. La Figure 4 donne pour chacun des hybrides testés l'indice d'infestation mesuré pour 2013 et 2014. Les observations réalisées mettent en évidence l'importance de la variété CA04, issue des programmes de sélection japonais des années 60, dans la transmission du caractère de résistance : en effet, près des deux tiers des hybrides ayant CA04 pour parent sont sains et ne présentent aucun symptôme d'infestation (Figure 4).

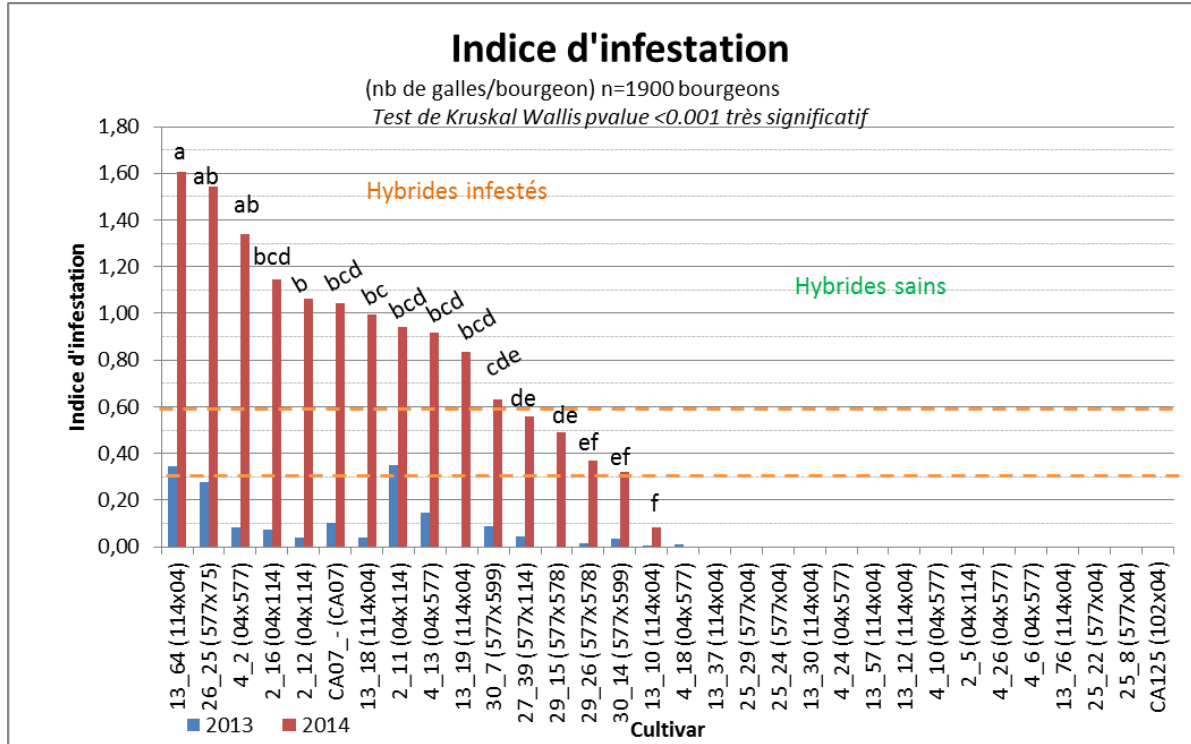


Figure 4 : Sensibilité au cynips de 30 hybrides de châtaigniers, comparés à la référence sensible Marsol (CA 07) et à la référence résistante Bouche de Bétizac (CA 125). Site Dordogne

Sur la parcelle située dans la Drôme, qui teste des sélections plus avancées, il ressort après 3 années d'observations que 4 cultivars sont totalement indemnes de galles (120x04 38, IG14, LG19 et OG19) (Figure 5). Le cultivar NA11 apparaît peu touché et cette faible sensibilité ne devrait pas remettre en cause sa diffusion auprès des producteurs. Six sélections apparaissent par contre très sensibles si l'on considère le nombre de galles par bourgeon (LG12, LC2, 124x146 26, 118x04 129, NF7et NG12).

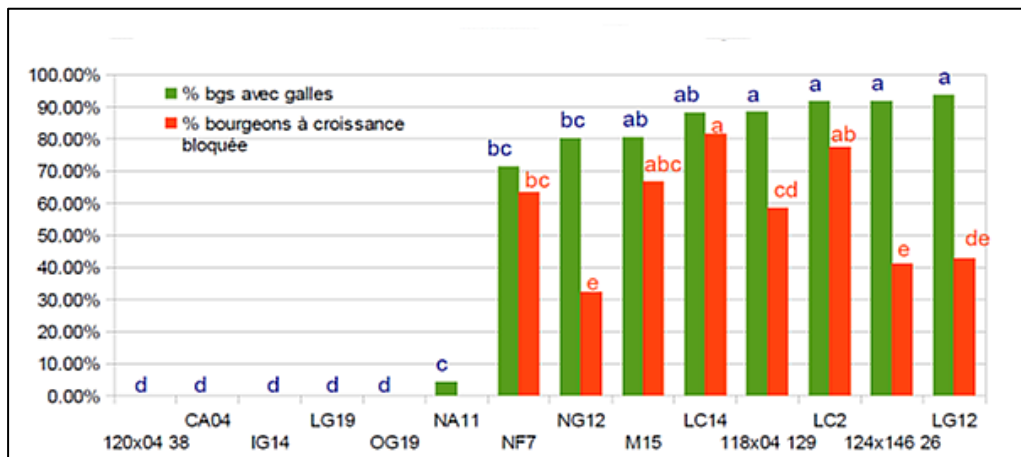


Figure 5 : Sensibilité au cynips de 12 sélections de châtaigniers, comparés à la référence sensible Marigoule et à la référence résistante CA04 (*C. crenata*). Site Drôme.

Par ailleurs la typologie des galles, et en particulier le type d'organe sur lequel les galles sont formées, se révèle un bon indicateur complémentaire de sensibilité. Les différences entre variétés sont alors très marquées, et confirment assez bien les observations générales : malgré les attaques importantes de cynips, certaines variétés continuent plus facilement à croître et à produire que d'autres. Par la suite, il sera important de situer à partir de quel niveau d'infestation, les attaques sont réellement préjudiciables pour la croissance et la production fruitière.

Si l'identification, à travers ce travail, de matériel végétal intéressant sur le critère de résistance ou faible sensibilité au cynips, laisse entrevoir la possibilité d'offrir pour l'avenir un outil de lutte supplémentaire à la profession castanéicole, l'évaluation de ces cultivars doit être poursuivie pour vérifier leur intérêt sur le plan agronomique (faible sensibilité aux bioagresseurs autres que cynips) et sur celui des critères commerciaux propres à la filière châtaigne (étalement de production notamment).

Avec l'arrivée du cynips en Europe, la notion de faible sensibilité ou de résistance aux bioagresseurs s'impose désormais comme un critère de sélection à intégrer dans les programmes de création en cours, et met en lumière l'importance de poursuivre l'effort d'amélioration variétale sur châtaignier et l'évaluation du matériel végétal dans les différents contextes de production.

Conclusion

Le bilan des travaux réalisés dans le cadre du CASDAR 1162 apparaît comme très positif :

- La formation des partenaires a permis à toutes les régions d'acquérir leur autonomie en matière de développement de la lutte biologique. Le travail se poursuit donc dans l'ensemble des régions françaises, pris en charge par la profession castanéicole avec l'appui des Régions et Départements. 80 000 galles ont été récoltées au cours de l'hiver 2015 pour une production de 147 000 femelles de *T. sinensis*.
- Grâce au travail de prospection, la mise en œuvre de la lutte biologique a pu se faire au plus près du front de progression du cynips, limitant ainsi au maximum les pertes de récolte.
- Le travail de diffusion de la lutte biologique avec *T. sinensis* se poursuit dans l'ensemble des régions contaminées et a été pris en charge par la profession qui a pu s'appuyer sur diverses sources de financement. Ainsi, en 2015, 2 400 lâchers de *T. sinensis* ont pu être réalisés sur l'ensemble du territoire. L'installation du parasitoïde se fait dans d'excellentes conditions et son développement est prometteur. Dans les régions du Sud-Est (PACA, Languedoc Roussillon et Rhône Alpes), la dissémination de *T. sinensis* est naturelle et les lâchers pourront être arrêtés dès 2017.
- Les tests de sensibilité au cynips des divers hybrides en cours de sélection ont permis de mettre en évidence l'existence de nouvelles variétés résistantes ou tolérantes, et d'éliminer les sujets les plus sensibles. Deux variétés résistantes dont la sélection était suffisamment avancée seront proposées à la multiplication pour la production de fruits frais (OG 19 et CA 885) et une pour le fruit d'industrie (LG 21).

Les travaux réalisés dans le cadre du dossier CASDAR 1162 ont donc permis d'apporter une réponse au problème posé par l'introduction d'un parasite exotique « *Dryocosmus kuriphilus* », le cynips du châtaignier sur le territoire. La lutte biologique mise en œuvre permet également d'être en adéquation avec la demande sociétale pour une agriculture durable. Les premières constatations en termes de réduction des populations de cynips laissent penser que dans un délai de 5 à 10 ans, l'équilibre biologique qui sera établi permettra de retrouver des conditions technico économiques satisfaisantes pour la production de châtaignes.

Références bibliographiques

- Anagnostakis S., Clarck S., McNab, 2011. Resistance of chestnut trees to Asian chestnut gallwasp. 101st Annual report of the northern nut growers association 1, 15-17.
- Botta R., 2012. Valutazione della sensibilità varietale e resistenze a *Dryocosmus kuriphilus* nel germoplasma di castagno. Dipartimento di culture arboree, Univesrita degli studi di Torino.
- Botta R., Sartor C., Torello Marionini D., Dini F., Loris Beccaro G., Mellano M.G., Quacchia A., Alma A., 2010. Riposta di genotipi di castagno al cinipide galligeno e strategie di lotta basate su meccanismi di resistenza. Atti academia nazionale italiana di entomologia, anno LVIII, 105-108.
- Dini F., Sartor C., Botta R., 2012. Detection of a hypersensitive reaction in the chestnut hybrid Bouche de Bétizac infested by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. Plant Physiology and Biochemistry 60, 67-73.
- Gomez A., 2013. Evaluation de la sensibilité de cultivars de châtaigniers (*Castaea* spp.) à *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu en conditions d'infestation naturelles et contrôlées. Mémoire de fin d'études, VetAgro-Sup.
- Kato K., Hijii N., 2009. Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym., Cynipidae) on the growth of chestnut trees. Journal of applied Entomology 121, (1-5), 9-15.
- Maltoni A., Mariotti B., Jacobs D.F., 2012. Pruning methods to restore *Castanea sativa* stands attacked by *Dryocosmus kuriphilus*. New Forest 43, 869-885.
- Sartor C., Botta R., Mellano M.G., Beccaro G.L., Bounous G., Torello Marinoni D., Quacchia A., Alma A., 2009. Evaluation of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cinipidae) in *Castanea sativa* Miller and in hybrids cultivars. Acta Horticulturae 815, 289-297.
- Shimura I., 1972. Breeding of chestnut varieties resistant to chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. JARQ 6, 4, 223-230.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)