



**HAL**  
open science

## La processionnaire du pin : des exemples de gestion utilisant les techniques de biocontrôle

Jean Claude Martin, Anne Sophie Brinquin, Mathilde Chambras, Frédéric Jean, Rene Mazet, Marianne Correard, Mehdi Pringarbe, Jean J. Thevenet, Estelle Morel

### ► To cite this version:

Jean Claude Martin, Anne Sophie Brinquin, Mathilde Chambras, Frédéric Jean, Rene Mazet, et al.. La processionnaire du pin : des exemples de gestion utilisant les techniques de biocontrôle. 3. AFPP. Conférence sur l'Entretien des Espaces Verts, Jardins, Gazons, Forêts, Zones Aquatiques et Autres Zones Non Agricoles, Oct 2013, Toulouse, France. hal-02750251

**HAL Id: hal-02750251**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02750251v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# AFPP – 3<sup>ème</sup> CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES ZONES NON AGRICOLES

Toulouse – 15, 16 et 17 octobre 2013

## LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : DES EXEMPLES DE GESTION UTILISANT LES TECHNIQUES ALTERNATIVES

J.C. MARTIN<sup>(1)</sup>, A.S. BRINQUIN, M. CHAMBRAS, F. JEAN, R. MAZET, M. CORREARD, M. PRINGARBE, J. THEVENET et E. MOREL

Inra UE0348 Site Agroparc 84914 Avignon cedex 9 France

<sup>(1)</sup> jean-claude.martin@avignon.inra.fr

### RÉSUMÉ

La processionnaire du pin pose de réels problèmes de santé publique. Elle fait l'objet encore à ce jour, de nombreuses études de l'INRA afin d'élaborer des stratégies de lutte respectueuses de l'environnement. Les résultats de piégeage de masse des adultes mâles obtenus par les villes partenaires du projet Alterpro au niveau national révèlent une réduction des populations dans 70% des sites expérimentaux et pour les 30% restants, les causes d'échecs sont analysées. D'autres sites installés en milieu protégé, dont 2 grands sites de 70 et de 51 hectares, faisant l'objet d'infestations régulières par la processionnaire du pin, ont servi de sites pilotes pour tester le piégeage de masse des adultes et la lutte biologique en favorisant la nidification des mésanges. Dans chacun de ces sites, la processionnaire du pin est maintenue à un niveau tolérable depuis plus de cinq années pour certains. Le protocole et les résultats seront présentés, ainsi que les adaptations du dispositif en fonction des niveaux de populations afin de mieux protéger les usagers contre ces chenilles urticantes.

Mots-clés : processionnaire du pin, biocontrôle, santé publique, mass-trapping, Ecophyto

### SUMMARY

Pine processionary moth is a real public health problems. Many studies are still extensively done by INRA to develop control strategies respecting the environment. The results of the mass trapping for adult males, obtained by the partner cities of Alterpro project, have shown at national level, a reduction of the population in 70% of the experimental sites. In the remaining 30%, the causes of failures are analyzed. Other sites, located in a protected environment with two large sites 70 and 51 hectares regularly infested by pine processionary, were used as pilot sites to test the mass trapping of adults and the biological control promoting nesting tits. In each of these sites, the pine processionary moth is maintained at a tolerable level for more than five years in some cases. The protocol and results will be presented, as well as adaptations of the device according to the level of populations, to improve the protection of users against these stinging caterpillars.

Keywords: pine processionary moth, biocontrol, health risks, mass-trapping, Ecophyto

### INTRODUCTION

Connue depuis l'antiquité sur le pourtour du bassin méditerranéen, la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff., a fait l'objet de nombreuses études afin de protéger les arbres contre cet important défoliateur. La lutte contre ce ravageur s'est aussi organisée pour des raisons de santé publique. En effet, elle est responsable de réactions cutanées, respiratoires ou oculaires chez l'être humain comme chez certains animaux. C'est ainsi qu'en France une moyenne de 30 000 hectares ont été traités annuellement par voie aérienne entre 1992 et 2011. L'évolution de la réglementation française en matière de traitement aérien, ainsi que le Plan Ecophyto 2018, élaboré à la suite du Grenelle de l'Environnement, orientent fortement les gestionnaires à l'utilisation de stratégies alternatives

respectueuses de l'environnement.

Face à ces enjeux sociétaux, environnementaux, mais aussi sanitaires et économiques, l'INRA-UEFM expérimente à grandes échelles, spatiale et temporelle, la lutte par piégeage de masse des adultes à l'aide de pièges et de phéromone de synthèse, ainsi que la lutte biologique par conservation en favorisant la prédation par les mésanges. Les sites expérimentaux sont répartis au niveau du territoire français, sur l'ensemble de l'aire d'extension du ravageur, grâce à un partenariat avec des collectivités territoriales ou locales et afin de tester l'impact de ces techniques en fonction des variantes géographiques de l'insecte cible.

## MATERIEL ET MÉTHODE

### 28 SITES TESTS DE PIÉGEAGE DE MASSE DU PROJET ALTERPRO

Le projet Alterpro, initié par Plante & Cité et l'INRA en 2011, est soutenu par l'ONEMA dans le cadre du plan Ecophyto 2018 avec le pilotage du Ministère du Développement Durable et de l'Agriculture. Il a pour objectif de mettre au point et de valider des stratégies alternatives au traitement phytosanitaire pour réguler la processionnaire du pin en milieu urbain. Cette étude est conduite à l'échelle nationale avec la participation de 22 collectivités partenaires (villes) qui ont mis en place les sites tests de piégeage des adultes mâles en suivant un protocole défini par l'INRA. Au final, pour la première année complète de relevés (cycle processionnaire 2012-2013), seules les collectivités ayant fourni l'ensemble des résultats demandés seront retenues, ce qui représentent 14 villes, 28 sites tests et 14 sites témoin.

#### Modalités de piégeage :

- en configuration espace boisé : 6 pièges par hectare (avec un minimum de 5-6 pièges pour des parcelles plus petites).
- en configuration arbres d'alignement : 1 piège tous les 25 mètres

Dans chaque configuration, un témoin de proximité est choisi et suivi. Sur ce dernier, aucune action de lutte ne sera effectuée.

Date de pose et de démontage du dispositif : couvrir toute la période de vol des adultes en prévoyant 15 jours avant et après.

Modèles de pièges : tous types de pièges et de diffuseurs à phéromone commercialisés sont acceptés avec des recommandations pour les pièges les plus adaptés lorsqu'il s'agit d'équipements nouveaux.

#### Analyse de l'efficacité :

La validation expérimentale de l'efficacité du piégeage s'est faite par comparaison entre les dénombrements des nids d'hiver effectués avant la pose des dispositifs de piégeage (février 2012) et ceux de l'hiver suivant (février 2013). Dans les parcelles témoins, le même protocole de dénombrement des nids d'hiver a été suivi afin de connaître les dynamiques naturelles de la processionnaire du pin. L'efficacité du piégeage en termes de réduction du nombre de nids est estimée avec un réajustement des données tenant compte de la dynamique naturelle du témoin, par la méthode d'Henderson et Tilton.

Figure 1 : Correction des données par la formule d'Henderson-Tilton utilisée pour réajuster la dynamique de la processionnaire du pin dans la zone traitée par piégeage de masse, en fonction de la dynamique naturelle de la zone témoin (Co = control) au cours des 2 années observées (en nombre de nids pour la parcelle échantillonnée) (Henderson & Tilton, 1955).

Figure 1 : Correction of the data with the Henderson-Tilton formula used for adjusting pine processionary moth dynamics in the mass trapping-treated area as a function of control area natural dynamics throughout the two years studied (in numbers of nests in the sampled plot)

#### Henderson-Tilton's formula

$$\text{Corrected \%} = \left( 1 - \frac{n \text{ in Co before treatment} * n \text{ in T after treatment}}{n \text{ in Co after treatment} * n \text{ in T before treatment}} \right) * 100$$

Where : n = Insect population , T = treated , Co = control

Un test ANOVA par permutation consistera à comparer les moyennes des données réajustées obtenues par la formule d'Henderson et Tilton selon le paramètre « configuration végétales ».

Les causes d'échecs seront analysées en fonction d'une part, des métadonnées fournies par les partenaires (dates de pose et de démontage des pièges, nombre de pièges, carte des dispositifs, etc...) et d'autre part, de la connaissance des variantes géographiques de la processionnaire du pin. Cette analyse n'a pas pour objet de « pointer du doigt » une ville (ou collectivité) par rapport à une autre, mais d'apporter un regard critique et constructif sur les méthodes et pratiques utilisées. C'est ainsi que nous garderons la confidentialité en nommant chaque ville par une lettre et un numéro représentant le site test. Exemple : A2 pour la ville A et site test 2).

#### **PIEGEAGE DE MASSE DANS LES 70 HECTARES DE PARCS DEPARTEMENTAUX DU CG06**

Le Conseil Général du département des Alpes Maritimes (CG06), en partenariat avec l'INRA, a mis en place en 2008, un dispositif de piégeage phéromonal des adultes mâles de la processionnaire du pin. Installé sur 70 hectares de parcs régulièrement infestés par la processionnaire du pin sur des sites qui faisaient l'objet de traitements aériens annuels quasi systématiques avec le *Bacillus thuringiensis* (BtK) au cours des 20 dernières années.

#### **Modalités de piégeage :**

9 pièges par hectare en moyenne ont été répartis sur 11 sites soit un total de 599 pièges de type Mastrap L, équipés d'un diffuseur de phéromone sexuelle (modèle commercial). A partir de 2011, les pièges Procerex®, préalablement remplis d'eau et d'huile végétale, ont été installés sur un site, puis 2 en 2012 et 3 en 2013.

**Date de pose et de démontage du dispositif :** couvrir toute la période de vol des adultes en prévoyant 15 jours avant et après.

**Objectifs :** favoriser les luttes alternatives en rompant la spirale des traitements annuels systématiques, expérimenter à grande échelle le piégeage de masse tout en protégeant les personnes et les animaux du « risque processionnaire » sur un milieu protégé très largement ouvert au public. Pour cette dernière raison, aucun site témoin n'a pu être « sacrifié » (mis à disposition sans « traitement ») pour cette étude.

**Analyse de l'efficacité :** La validation expérimentale de l'efficacité du piégeage n'est, par conséquent, pas possible, sans site témoin, par manque de connaissance de la dynamique naturelle de la processionnaire du pin sur ce secteur. Seulement une comparaison annuelle des populations de processionnaires du pin sera effectuée par dénombrement des nids d'hiver.

#### **LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION EN FAVORISANT LA PREDATION PAR LES MESANGES *Parus sp.***

Les mésanges, toutes espèces confondues (*Parus sp.*) sont décrites comme prédatrices de la chenille processionnaire du pin (Pimentel et al, 2007). A partir de ces constatations actuelles et d'autres plus anciennes (Biliotti, 1958), des expérimentations sont conduites pour répondre à plusieurs questions de recherche ou sociétale : La lutte biologique par conservation est-elle envisageable comme alternative aux traitements phytosanitaires pour réguler la processionnaire ? La pose de nichoirs, facilite-t-elle la nidification des mésanges d'une part et d'autre part, la prédation des chenilles processionnaires du pin ? Le risque de ne plus intervenir sur la processionnaire en stoppant les traitements aériens, peut-il être pris dans des sites naturels ouverts au public ?

D'importants dispositifs expérimentaux équipés de nichoirs à mésanges ont été installés pour suivre cette relation proies-prédateurs (processionnaires du pin-mésanges) sur 4 sites naturels régulièrement infestés par la processionnaire du pin et faisant l'objet de traitements aériens annuels quasi systématiques. Ces expérimentations sont conduites en partenariat avec les Conseils Généraux concernés. Tous les sites « nichoirs » sont associés à un site

témoin à l'exception des trois sites du Parc Départemental de la Brague où aucun témoin de proximité n'a pu être associé.

**Modalités :**

Tableau 1 : Modalités de pose des nicheris pour chaque site expérimental

Table 1 : Nest box installation modalities for each experimental site

Sites et gestionnaires	Surface (ha)	Nombre de nicheris par ha (moyenne)	Nombre total de nicheris pour le site	Modèle nicheris (diamètre 32mm)	Date de mise en place du dispositif
Parc Départemental Arbois (CG13)	2.5	6.4	16	béton-bois	2006
Réserve Naturelle Sainte Victoire (CG13)	51	16	816	béton-bois	2007
Parc Départemental de la Brague 1 (CG06)	14.5	10.4	151	bois et béton-bois	2008
Parc Départemental de la Brague 2 (CG06)	3	18.3	55	bois et béton-bois	2008
Parc Départemental de la Brague 3 (CG06)	1	20	20	bois et béton-bois	2008
Réserve de Biosphère du Mont Ventoux (CG84 & ONF)	10	8.1	81	bois et béton-bois	2009

**Suivi de la dynamique de colonisation des nicheris :** le contrôle de la nidification est fait annuellement à l'automne. Les nicheris sont ensuite nettoyés.

**Suivi de la dynamique de la processionnaire du pin :** le dénombrement des nids d'hiver est fait annuellement en février-mars de façon exhaustive sur tous les sites à l'exception des trois sites de la Brague (seulement placettes géoréférencées échantillonnées).

**Paramètres analysés :**

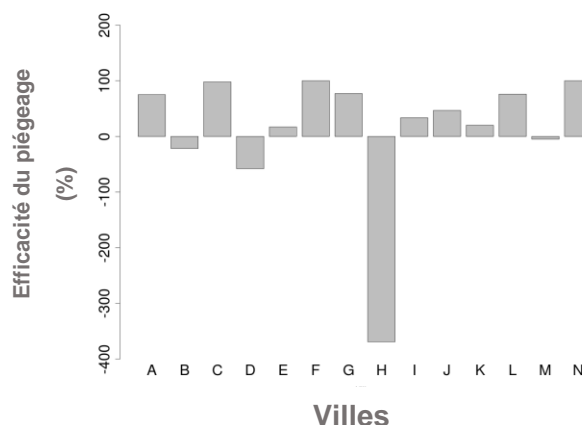
- Evolution du nombre de couvées
- Evolution du nombre de nids de processionnaires du pin
- Corrélation nombre de nicheris par ha/nombre de couvées

**RESULTATS**

**28 SITES TESTS DE PIEGEAGE DE MASSE DU PROJET ALTERPRO**

Figure 2 : Efficacité (en %) de piégeage moyenne au cours de l'été 2012 pour les 14 villes partenaires du projet Alterpro (nommées de A à N), données réajustées en tenant compte de la dynamique naturelle des sites témoin (cycles de la processionnaire du pin 2011-2012 et 2012-2013)

Figure 2 : Mean trapping efficacy (%) during the summer of 2012 in the 14 partner cities (named A to N) of the Alterpro project. Data are adjusted to take into account natural dynamics in the control sites (pine processionary moth cycles in 2011-2012 and 2012-2013)



En réajustant les données obtenues par les dénombrements des nids de processionnaires au cours des hivers précédent et suivant l'expérimentation, en fonction de la dynamique naturelle des témoins (Henderson et Tilton), le piégeage de masse permet globalement de réduire les populations d'une année sur l'autre. En effet, sur 14 collectivités ou villes partenaires, le piégeage de masse a eu un impact positif sur 70 % d'entre elles, alors que tout traitement par pulvérisation d'insecticides (chimique ou microbiologique) a été totalement proscrit. Les 30 % restants sont des cas d'échec à analyser. La figure 2, présente les résultats moyens pour chaque collectivité ou ville partenaire ayant généralement plusieurs sites tests (les erreurs standard illustrent les variations au sein d'une même ville).

#### **Analyse des cas d'échecs** : résultats des sites de piégeage des villes B, D, H et M :

Une vérification des dates de pose ou de démontage des dispositifs de piégeage explique deux cas d'échecs importants liés à une mauvaise coïncidence entre les périodes de présence des pièges sur les sites et celles de vols des papillons. En effet, les papillons émergent à des dates différentes selon le climat dans lequel ils se trouvent (Demolin, 1969).

La ville « D » est située dans un climat océanique avec la particularité d'émergence très précoce des adultes dont les débuts de vol peuvent être observés début mai. En 2011, les courbes de vol des adultes obtenues par piégeage phéromonal pour cette ville, ont montré que lors du premier relevé, début juin, le vol avait déjà commencé. La date de pose des pièges le 29 mai 2012, est en conséquence trop tardive. Une part importante des adultes n'a pas été piégée, favorisant ainsi les accouplements et la descendance observée par les dénombrements de nids en fin d'hiver 2012-2013. Pour les villes « H » et « M », les pièges ont été installés respectivement les 10 et 13 juillet 2012, beaucoup trop tardivement par rapport à l'émergence des papillons, qui peut débuter début mai en climat océanique (ville « H ») et à partir du 15 juin en climat semi-continental dégradé (ville « M »).

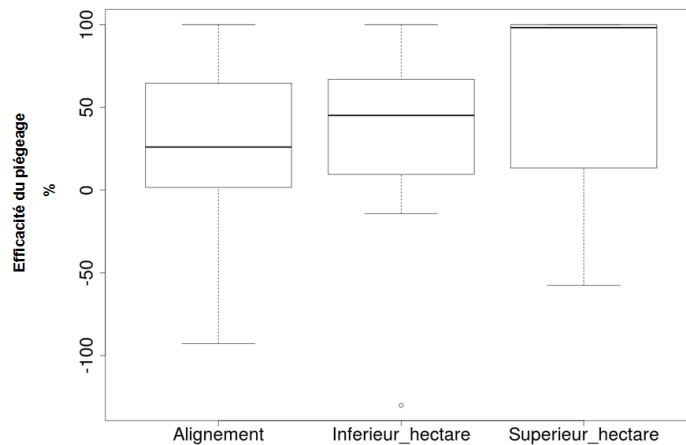
Pour la ville « B », trois sites de piégeage ont obtenu une réduction du nombre de nids d'hiver (données brutes, comparaison 2013 et 2012), comprise entre 54 à 60 % et d'environ 79% pour deux autres sites. Or, la dynamique naturelle de la processionnaire du pin sur le site témoin de cette ville a connu au cours de cette même période une diminution de 76 %. L'efficacité étant évaluée à partir des données réajustées en fonction du témoin, aucun effet « pièges » n'a pu être mis en valeur pour cette ville « B ». De même, pour la ville « E », le piégeage de masse donne un résultat d'efficacité assez faible (16.94%). Or pour cette même ville, d'autres sites ont été traités par pulvérisation microbiologique (BtK) depuis le sol avec des résultats d'efficacité décevants (1.84%) malgré une mortalité de chenilles observée. L'analyse des conditions expérimentales locales a montré que le protocole a été correctement suivi pour ces deux villes (« B » et « E »). Le choix du site témoin utilisé en comparaison, semble donc être mis en cause dans ces 2 derniers cas d'échec des luttes par piégeage comme par traitement BtK (ville « E »). En effet, la processionnaire du pin ne suivrait pas la même dynamique cyclique sur les parcelles témoins situées à quelques kilomètres de distance des parcelles expérimentales, la phase de rétrogradation plus rapide et plus forte sur le témoin que dans les autres sites, induirait une erreur d'évaluation des résultats. Il est important de noter que pour chacun de ces sites de piégeage, une diminution du nombre de nids a été observée en 2013 par rapport à 2012 à l'exception des villes « M » et « D » dont les pièges ont été installés trop tardivement.

#### **Analyse par configuration végétale** :

La tendance moyenne montre que le piégeage est plus efficace dans des dispositifs de superficies supérieures à un hectare et inversement dans la configuration arbres d'alignement (figure 3). Néanmoins, les tests statistiques permettent de conclure qu'il n'y a pas de différence significative d'efficacité de piégeage selon le type de configurations (ANOVA, p-value = 0.72). Le piégeage de masse est donc bien adapté aux différentes configurations urbaines de l'arbre d'alignement comme aux petits ou grands espaces boisés.

Figure 3 : Distribution des résultats d'efficacité de piégeage réajustée en fonction de la dynamique naturelle (coefficients d'Henderson et Tilton) pour les configurations arbres d'alignement (Alignement), petits îlots boisés inférieurs à 1 ha (Inferieur\_hectare) et parcelles boisées de taille supérieure à 1 ha (Superieur\_hectare) pour les 28 sites tests du projet Alterpro

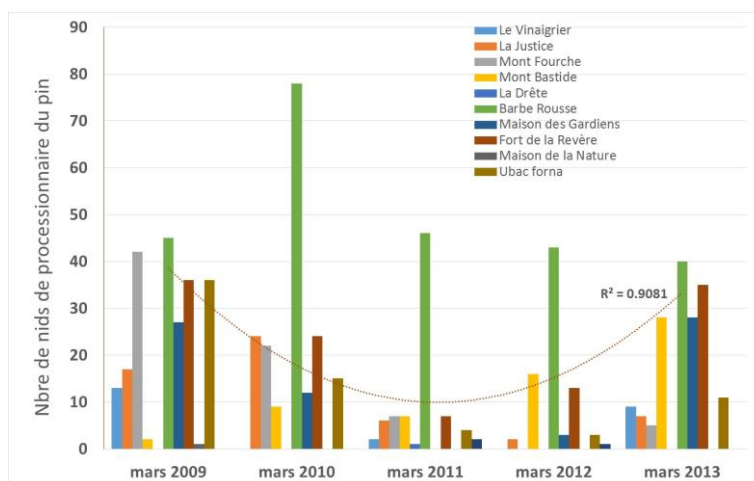
Figure 3 : Distribution of trapping efficacy results adjusted as a function of natural dynamics (Henderson and Tilton coefficients) in the following situations : bordering trees, small wooded islands below 1 ha in surface, wooded plots above 1 ha in surface, for the 28 sites of the Alterpro project



#### PIEGEAGE DE MASSE DANS LES 70 HECTARES DE PARCS DEPARTEMENTAUX DU CG06

Figure 4 : Evolution du nombre de nids d'hiver de processionnaire du pin dénombrés annuellement en février-mars dans les placettes échantillonnées des parcs départementaux du CG06 (en pointillé : courbe de tendance)

Figure 4 : Evolution of the numbers of pine processionary winter nests counted every year in February-March in the sampled plots of the county parks of the CG06 (dotted line : tendency curve)



A l'automne 2007, le dernier traitement aérien à base de BtK a été réalisé dans les parcs départementaux du CG06. La pose des pièges selon le protocole proposé par l'INRA a apporté une entière satisfaction aux gestionnaires des sites dès la première année (automne-hiver 2008-2009) par une présence à un niveau acceptable de la processionnaire du pin (figure 4). En 2010 et 2011, les dénombrements de nids ont permis de valider une réduction annuelle

des populations, lesquelles ont recommencé de croître en 2012 et 2013. Le niveau atteint en 2013 (moyenne = 16.3 nids/ha) est encore inférieur à celui reconnu comme « très acceptable » en 2009 (moyenne 21.9 nids/ha). Les variations annuelles d'abondance cycliques (figure 5) qui s'expriment dans ces sites à un moindre niveau avec le piégeage, sont connues pour la processionnaire du pin (Demolin, 1969).

#### **Adaptation du dispositif en fonction des résultats :**

La courbe de tendance moyenne pour l'ensemble des sites (figure 4) permet de mettre en évidence des cas particuliers comme le site « Barbe Rousse » en 2010 où le niveau de population de la processionnaire du pin s'est fortement accru malgré le piégeage phéromonal. Une hypothèse crédible permet d'expliquer ce cas d'échec. En effet, une seule essence de pin (pin d'Alep) est présente sur l'ensemble du dispositif de piégeage installé sur ce massif forestier, à l'exception de ce site de « Barbe Rousse » et de quelques arbres d'alignements du site « Maison des Gardiens » où c'est le pin noir d'Autriche qui prédomine. Le pin noir d'Autriche étant connu comme espèce privilégiée de la processionnaire du pin, le site de « Barbe Rousse » est donc plus attractif pour le choix de pontes des femelles, comme les arbres d'alignement de la « Maison des Gardiens ». Compte tenu de la forte fréquentation des parcs par le public, il a été décidé d'installer un modèle de pièges plus performant sur ce site, le piège Procerex® ou Processatrap Expert (avec eau + huile végétale) (Martin et al, 2012a) afin d'améliorer l'efficacité de la lutte sur ce secteur. Par la suite d'autres adaptations ont été faites, toujours dans un souci de répondre aux objectifs du partenaire : suppression de pièges dans les secteurs où la processionnaire du pin n'est plus ou très peu présente et, inversement, agrandissement d'autres secteurs de piégeage, changement du modèle de piège pour améliorer la performance en réduisant le risque pour les usagers.

### **LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION EN FAVORISANT LA PREDATION PAR LES MESANGES *Parus sp.***

#### **Dynamique de colonisation des nichoirs :**

Le suivi annuel systématique des nichoirs permet d'observer une progression lente mais linéaire du nombre de couvées sur la plupart des sites expérimentaux (figures 5 à 10). La colonisation des nichoirs est la plus lente à la Sainte Victoire (figure 7), l'habitat de garrigue dégradée étant moins favorable à la mésange. Elle est plus rapide dans les forêts mélangées de pins et chênes des parcs départementaux de la Brague où, jusqu'à 11 couvées par hectare ont pu être observées (figures 7, 8 et 9). Le site Arbois (figure 5), bien que plus ancien a subi à plusieurs reprises, de fortes modifications du milieu fortement défavorables à la colonisation des mésanges (élagage, débroussaillage pare-feu...).

#### **Relation entre les variables « nombre de nichoirs » et « nombre de couvées » :**

D'une manière générale (figure 11), une corrélation positive a été observée entre le nombre de nichoirs à l'hectare et le nombre de couvées par hectare (modalités 6, 8, 10, 18 et 20 nichoirs par hectare). Pour le site de la Sainte Victoire, avec 16 nichoirs par hectare, le nombre de couvées est très nettement inférieur à cette tendance. Ce résultat s'explique aussi par l'habitat moins favorable à la mésange.

#### **Abondance de la processionnaire du pin :**

Les dénombrements annuels des nids de chenilles processionnaires du pin sur chacun des sites permettent de quantifier l'abondance de la processionnaire pour cette même période (figures 12 à 17). Les premiers relevés ont été faits l'année de pose des nichoirs comme point de référence à l'exception des trois sites de la Brague (1,2 et 3). Sur ces 3 derniers sites, les dénombrements de nids ont commencé en 2010, soit 2 années après la pose des nichoirs.

A ce jour, la processionnaire du pin dans les six sites expérimentaux est à un niveau acceptable de population : Sainte Victoire, 20 % du niveau de 2007, Mont Ventoux, 17.4% du niveau de 2010, Arbois, 14.7% du niveau de 2007. Quant aux trois sites de la Brague, la processionnaire du pin est à l'état latent.



Figures 5 à 10 : Evolution du nombre de couvées de mésanges par hectare pour chaque site expérimental au cours de la période 2008-2012 (suivant les dates de pose des nichoirs). Pour le site de la Sainte Victoire, bien que la progression soit linéaire, la validité du R<sup>2</sup> peut être remise en cause [(nombre de couvées/ha au cours des 5 années)<0.5]

Figures 5 to 10 : Evolution of the numbers of tit broods per hectare in each experimental site over the 2008-2012 period, depending on when nest boxes were installed. For the Sainte Victoire site, although the curve is linear, the validity of R<sup>2</sup> is questionable [(number of broods/ha over the 5 years)<0.5]

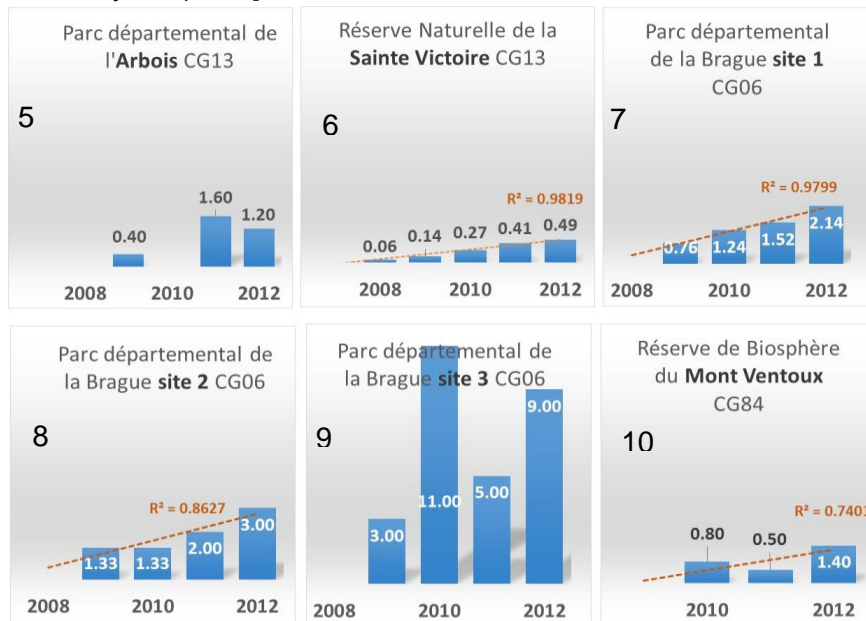
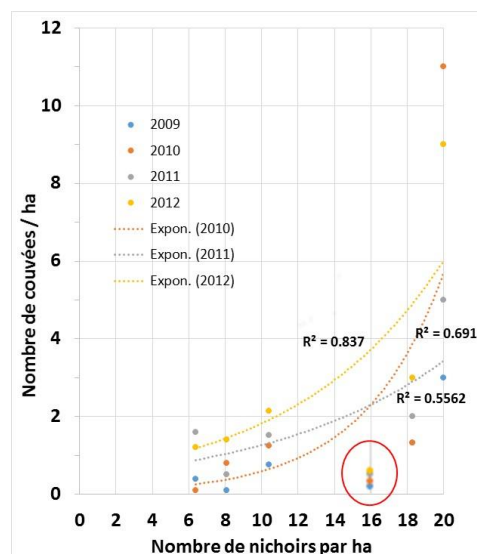


Figure 11 : Relation entre nombre de nichoirs par hectare et nombre de couvées par hectare. Les courbes de tendances ne prennent pas en compte le site Sainte Victoire (modalité 16 nichoirs/ha), habitat moins favorable à la mésange

Figure 11 : Relationship between the number of nest boxes per hectare and the number of broods per hectare. Tendency curves do not take into account the Sainte Victoire site (16 nest boxes/ha modality). This site is less favourable for tits.



Aucune analyse entre les dynamiques de population des parcelles avec nichoirs et de celles sans nichoir (témoin) ne sera faite, afin d'éviter une conclusion prématurée. Le tableau 2 reporte ces données brutes.

Figures 12 à 17 : Evolution de la processionnaire du pin pour chaque site expérimental au cours de la période 2007-2013 en nombre de nids par hectare  
 Figures 12 to 17 : Evolution of pine processionary moths in each experimental site over the 2007-2013 period, in numbers of caterpillar nests per hectare

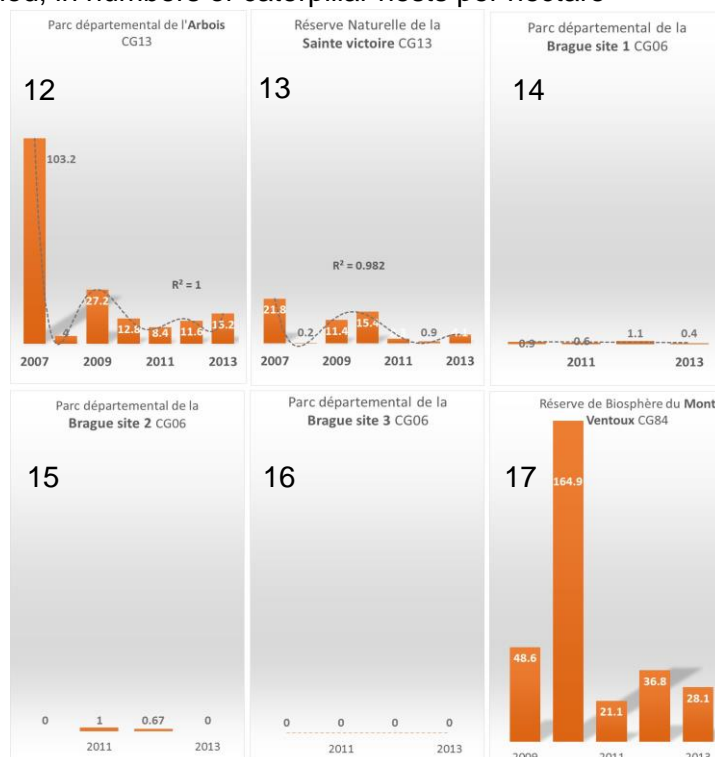


Tableau 2 : Comparaison des dynamiques de population de la processionnaire du pin entre les parcelles Témoin et Nichoirs pour chacun des 3 sites Arbois, Sainte Victoire et Ventoux au cours de la période 2007-2013 (en nombre de nids de processionnaires du pin /ha)  
 Table 2 : Comparison of the pine processionary moths population dynamics between the control and nest box plots for each of the 3 Arbois, Sainte Victoire and Ventoux sites over the 2007-2013 period (in numbers of processionary moth nests per hectare)

Années	Témoin Arbois	Nichoirs Arbois	Témoin Sainte Victoire	Nichoirs Sainte Victoire	Témoin Ventoux	Nichoirs Ventoux
2007	16.7	103.2	-	21.8	-	-
2008	3.3	4.0	-	0.2	-	-
2009	3.3	27.2	4.2	11.4	65.2	48.6
2010	6.0	12.8	11.8	15.4	249.1	164.9
2011	6.0	8.4	2.7	2.3	31.1	21.1
2012	1.3	11.6	3.2	0.9	39.5	36.8
2013	3.3	15.2	1.7	4.1	117.5	28.1

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Au niveau expérimental, le piégeage de masse a montré sa capacité à réguler la processionnaire du pin lorsque les conditions de pose sont requises (Martin et al, 2012b). Le challenge des expérimentations conduites depuis 2006 par l'UEFM avec ses partenaires, réside dans la taille des dispositifs, dans leur localisation au niveau du territoire national, dans la durée pour plusieurs d'entre eux, dans l'originalité des moyens utilisés (piégeage, lutte biologique) mais aussi dans la prise de risque d'arrêter les traitements aériens (ou à partir du sol) alors que ces sites sont particulièrement fréquentés par le public. C'est en effet 28 sites expérimentaux de piégeage de masse en milieu urbain, 70 hectares de piégeage de masse dans des parcs départementaux et 82 hectares installés en nichoirs à mésanges (soit 1139 nichoirs) qui servent de laboratoire d'étude des luttes alternatives au traitement phytosanitaire pour le contrôle de cet important ravageur des arbres et des forêts.

Les résultats de piégeage de masse obtenus par ces expérimentations à grande échelle, conduites depuis 2008 dans les parcs départementaux du CG06, confirment que cette technique s'avère prometteuse en alternative aux traitements phytosanitaires mais qu'elle nécessite quelques ajustements d'année en année pour en optimiser l'efficacité. De même, le partenariat avec les villes du projet Alterpro, permet de valider le piégeage de masse comme technique de lutte contre la processionnaire du pin, adaptée aux configurations urbaines. Néanmoins, l'étude a montré l'importance d'une bonne connaissance de la phénologie du ravageur et des techniques de pose des pièges pour réduire les cas d'échecs. Une large communication devra être faite pour former les gestionnaires et utilisateurs à ces techniques. La poursuite des expérimentations sur plusieurs années permettra de définir les limites ou non du piégeage comme stratégie de régulation alternative en particulier lors de phases de progradations et de culminations des populations du ravageur.

Les observations obtenues sur les sites « nichoirs et processionnaires du pin » depuis quatre ans pour les derniers et sept ans pour les premiers, permettent de conclure que :

- la pose de nichoirs facilite la nidification des mésanges
- le nombre de couvées semble fortement corrélé au nombre de nichoirs installés à l'hectare, le milieu jouant un rôle prépondérant comme habitat de la mésange
- l'effet prédation de la processionnaire du pin par les mésanges semble avoir atteint l'objectif écologique recherché. En effet, la processionnaire du pin est à un niveau tolérable sur ces sites depuis plusieurs années.

Il est important de noter que dans chacun de ces sites à forte fréquentation par le public, les gestionnaires n'ont recensé aucune plainte en lien avec la processionnaire du pin alors que d'autres sites ont fait l'objet de plaintes.

Les recherches se poursuivent sur du long terme pour valider les résultats acquis mais aussi pour développer d'autres stratégies de lutte prometteuses comme la lutte biologique à l'aide des parasitoïdes oophages, les répulsifs naturels, la confusion sexuelle... La combinaison de plusieurs techniques de régulation de la processionnaire du pin en lien avec un suivi des niveaux de population sera la meilleure approche pour répondre aux enjeux sociétaux, environnementaux et économiques occasionnés par cet insecte.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les nombreux partenaires cités dans cette étude qui ont accepté ce challenge dans la durée, en particulier le CG13 (depuis 7 ans), le CG06 (depuis 5 ans), le CG84 (pendant 3 ans), les villes du projet Alterpro, les FDGDON, le DSF et l'ONF associés au projet, mais aussi Plante & Cité ainsi que l'ONEMA et le Ministère du Développement Durable et de l'Agriculture (projet Alterpro plan Ecophyto).

## BIBLIOGRAPHIE

Biliotti E, 1958 - Les parasites et prédateurs de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (*Lepidoptera*). *Entomophaga*, III,1, 13 pp.

Demolin G., 1969 - Comportement des adultes de *T. pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique, *Ann. Sci. For.* 26: 81–102.

Henderson, C.F. and E. W. Tilton, 1955 - Tests with acaricides against the brow wheat mite, *J. Econ. Entomol.*, 48:157-161.

Martin J.C., Leblond A., Brinquin A.S., Decoin M., 2012(a) - Processionnaire du pin, revue des méthodes alternatives. *Phytoma*, 657, 13-21.

Martin J.C., Mazet R., Corréard M., Morel E., Brinquin A. S., 2012(b) - Nouvelles techniques de piégeage pour réguler la processionnaire du pin. *Phytoma*, 655, 17-22.

Pimentel C. & Nilsson J.-A. 2007 - Response of Great Tits *Parus major* to an irruption of a pine processionary moth population with a shifted phenology. *Ardea*, 95(2): 191–199.