

Thèse d'exercice

Faculté de Pharmacie

Année 2022

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 28 novembre 2022

Par

Guillaume HAGERMAN

Né(e) le 24 avril 1992 à Limoges

La chenille processionnaire du pin : impact sur la santé humaine et animale, lutte et traitements associés

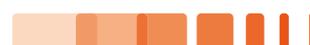
Thèse dirigée par le Professeur Alexis DESMOULIERE

Examineurs :

M. Alexis DESMOULIERE, Professeur des Universités.....Président

M. Pascal LABROUSSE, Maître de Conférences des Universités.....Juge

M. Benjamin QUILLARD, Docteur en Pharmacie.....Juge



Thèse d'exercice

Faculté de Pharmacie

Année 2022

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 28 novembre 2022

Par Guillaume HAGERMAN

Né(e) le 24 avril 1992 à Limoges

La chenille processionnaire du pin : impact sur la santé humaine et animale, lutte et traitements associés

Thèse dirigée par Alexis DESMOULIERE

Examineurs :

M. Alexis DESMOULIERE, Professeur des Universités.....Président
M. Pascal LABROUSSE, Maître de Conférences des Universités.....Juge
M. Benjamin QUILLARD, Docteur en Pharmacie.....Juge



Liste des enseignants

Le 1^{er} septembre 2022

Doyen de la Faculté

Monsieur le Professeur COURTIOUX Bertrand

Vice-doyen de la Faculté

Monsieur LÉGER David, Maître de conférences

Assesseurs de la Faculté

Monsieur le Professeur BATTU Serge

Monsieur le Professeur PICARD Nicolas

Professeurs des Universités – Hospitalo-Universitaires

M. PICARD Nicolas	Pharmacologie
Mme ROGEZ Sylvie	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. SAINT-MARCOUX Franck	Toxicologie

Professeurs des Universités – Universitaires

M. BATTU Serge	Chimie analytique et bromatologie
M. CARDOT Philippe	Chimie analytique et bromatologie
M. COURTIOUX Bertrand	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. DESMOULIERE Alexis	Physiologie
M. DUROUX Jean-Luc	Biophysique et mathématiques
Mme FAGNÈRE Catherine	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
M. LIAGRE Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
Mme MAMBU Lengo	Pharmacognosie
M. TROUILLAS Patrick	Biophysique et mathématiques

Mme VIANA Marylène Pharmacie galénique

Maitres de Conférences des Universités – Hospitalo-Universitaires

M. BARRAUD Olivier (*) Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

Mme. CHAUZEIX Jasmine Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

M. JOST Jérémie Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Maitres de Conférences des Universités – Universitaires

M. BASLY Jean-Philippe (*) Chimie analytique et bromatologie

Mme BEAUBRUN-GIRY Karine Pharmacie galénique

Mme BÉGAUD Gaëlle Chimie analytique et bromatologie

M. BILLET Fabrice Physiologie

Mme BONAUD Amélie Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

M. CALLISTE Claude Biophysique et mathématiques

M. CHEMIN Guillaume Biochimie et biologie moléculaire

Mme CLÉDAT Dominique Chimie analytique et bromatologie

M. COMBY Francis Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Mme DELEBASSÉE Sylvie Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

Mme DEMIOT Claire-Elise (*) Pharmacologie

M. FABRE Gabin Biophysique et mathématiques

M. LABROUSSE Pascal (*) Botanique et cryptogamie

Mme LAVERDET Betty Pharmacie galénique

M. LAWSON Roland Pharmacologie

M. LÉGER David Biochimie et biologie moléculaire

Mme MARRE-FOURNIER Françoise Biochimie et biologie moléculaire

M. MERCIER Aurélien	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
Mme MILLOT Marion (*)	Pharmacognosie
Mme PASCAUD-MATHIEU Patricia	Pharmacie galénique
Mme POUGET Christelle (*)	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
M. TOUBLET François-Xavier	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
M. VIGNOLES Philippe (*)	Biophysique et mathématiques

(*) Titulaire de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)

Assistant Hospitalo-Universitaire

Mme MARCELLAUD Elodie	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
------------------------------	-------------------------------------------------------

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche

M. DELMON Cédric	Pharmacognosie, botanique et mycologie
Mme KENE MALAHA Angéladine	Épidémiologie, statistique, santé publique

Enseignants d'anglais

M. HEGARTY Andrew	Chargé de cours
Mme VERCELLIN Karen	Professeur certifié

Remerciements

A mon président de jury et directeur de thèse,

M. Alexis Desmoulière, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ma thèse ainsi que d'en être le président du jury. Je vous remercie d'avoir pris le temps d'apporter vos corrections à mon manuscrit ainsi que pour vos directives et conseils qui m'ont permis d'aller au bout de ce travail. Je vous suis également reconnaissant pour votre enseignement tout au long de mes années à l'université.

A mon jury

M. Pascal Labrousse, merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury de thèse. Soyez assuré de mon respect et de ma reconnaissance. Merci pour votre enseignement.

M. Benjamin Quillard, merci de me faire l'honneur de participer au jury de ma thèse. Je vous suis reconnaissant de m'avoir accueilli en stage dans votre pharmacie ainsi que pour tout ce que vous m'avez appris au cours de ces dernières années.

A mes parents

Merci pour votre patience et votre amour, merci pour vos leçons et vos colères, merci pour vos forces et vos faiblesses. Merci d'être là ; merci pour tout.

A mes sœurs Elise et Cécile

Merci pour toutes ces années d'enfance partagée. Malgré le temps qui fait peu à peu son œuvre elles me restent chères.

A ma grand-mère Marie Claire

Merci pour ces souvenirs qui restent vivaces. Ces vacances passées dans la campagne , ces soirées à me lire l'épopée d'Ulysse et l'Illiade. Ces journées pendant lesquels je me délectais de mythologie grecque me restent telles des flambeaux. Je n'ai jamais su te dire combien je t'aimais.

A ma grand-mère Yvette

Merci pour tous mes souvenirs de vacances et à ces étés passés.

A Sophie, Bertrand et leurs chats

Merci Sophie d'avoir pris du temps pour corriger mes fautes d'orthographe, ça n'a jamais été mon fort et je ne comprendrais jamais les rouages du français. Merci Bertrand pour ces soirées, merci à Alma et Zoubi pour vos ronrons

A Griotte

Merci pour tes miaulements et tes ronrons qui m'ont motivé pendant l'écriture de mon manuscrit.

A mes collègues

Merci Isabelle, Sandrine et Caroline pour tout ce que vous m'avez appris et m'apprenez encore. Merci Sandrine et Caroline pour ces kilomètres aux Vaseix. Merci Sandrine de m'avoir motivé pendant ce mois d'août où je me suis finalement décidé à travailler.

Merci à tous mes collègues de travail ancien comme nouveaux Sabrina, Sarah, Juliette, Leslie, Mylène, Jérémy, Océana, Julie, Romane, Marie, Manon et à tous ceux que j'oublie.

A mes amis

Merci à vous, Agathe, Vincent et Alexandre de m'avoir supporté pendant ces années d'études sur les bancs de l'Université et ailleurs.

Merci Thomas pour ton amitié et ton soutien quand mon moral était au plus bas. Merci d'avoir supporté mes diatribes politiques. Merci pour toutes ces conversations.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

Introduction	15
I. Généralités.....	16
I.1. Place dans le règne animal.....	16
I.2. Cycle.....	16
I.2.1. La phase aérienne.....	17
I.2.1.1. Les adultes ou imagos	17
I.2.1.1.1. L'émergence.....	17
I.2.1.1.2. La ponte	19
I.2.1.2. Les chenilles	20
I.2.1.2.1. Morphologies.....	20
I.2.1.2.2. Période ambulatoire.....	22
I.2.1.2.3. Le nid d'hiver	23
I.2.1.2.4. Les processions.....	23
I.2.2. La phase souterraine.....	24
I.3. Bioécologie, progression géographique et impact du changement climatique.....	25
I.3.1. Plantes hôtes, dommages sur les plantes hôtes et coût économique	25
I.3.1.1. Plantes hôtes	25
I.3.1.2. Dommages sur les plantes hôtes	26
I.3.1.3. Coût économique	28
I.3.2. Influences des facteurs environnementaux et aire de répartition	29
I.3.2.1. Influence de l'ensoleillement et de la photopériode	29
I.3.2.2. Influence de la température.....	29
I.3.2.3. Influence de l'altitude et de la latitude.....	30
I.3.2.4. Répartition géographique et progression due au changement climatique.....	31
I.3.2.4.1. Suivi en France de 1969 à 2018	31
I.3.2.4.2. Mécanismes de progression	33
I.3.2.4.3. Modélisation de la progression en fonction des modèles du réchauffement climatique.....	35
I.4. Appareil urticant.....	35
I.4.1. Emplacement des poils	36
I.4.2. Formation et aspect du poil	37
I.4.3. Substance urticante et réaction	38
I.4.3.1. Mécanismes inflammatoires au premier contact.....	38
I.4.3.2. Deuxième contact et réaction allergique.....	39
I.4.3.3. Population touchée par l'allergie	40
I.4.3.4. Chitine et inflammation.....	41
II. Moyens de lutte (avantages/inconvénients) et résultats.....	43
II.1. Lutte mécanique	43
II.2. Lutte microbiologique.....	45
II.3. Piégeage des papillons.....	46
II.4. La lutte sylvicole.....	49
II.5. Le piégeage des chenilles : dispositif éco-piège.....	50
II.6. La lutte biologique par conservation (exemple des mésanges)	52
II.7. Lutte par traitement chimique (plus utilisé en France)	53
III. Dangers pour l'Homme et l'animal, rôle du pharmacien.....	55

III.1. Risques chez l'animal	55
III.1.1. Symptomatologie rencontrée chez le chien et le chat	56
III.1.1.1. Symptômes locaux.....	56
III.1.1.1.1. Atteinte buccale	56
III.1.1.1.2. Atteintes cutanées	58
III.1.1.1.3. Atteinte oculaire.....	58
III.1.1.1.4. Atteinte respiratoire.....	59
III.1.1.2. Atteinte généralisée	59
III.1.2. Traitement chez l'animal contaminé.....	59
III.2. Envenimation chez l'Homme.....	61
III.2.1. Risque sanitaire chez l'Homme	63
III.2.1.1. Contact avec la peau	64
III.2.1.2. Contact avec les yeux	65
III.2.1.3. Ingestion	67
III.2.1.4. Inhalation	68
III.2.1.5. Atteintes aggravées	68
III.2.1.6. Autre atteinte.....	69
III.2.2. Traitements chez l'Homme et rôle du pharmacien	69
III.2.2.1. Traitement des contacts cutanés ou érucisme	69
III.2.2.2. Traitement des contacts ophtalmiques	70
III.2.2.3. Traitement des contacts par inhalation.....	71
III.2.2.4. Traitement des contacts par ingestion.....	71
III.2.2.5. Traitement des états aggravés dus à des contacts multiples ou à une allergie	72
III.2.2.6. Traitement par désensibilisation	73
III.2.2.7. Conseil du pharmacien et aide au diagnostic dans le parcours de soin	73
III.3. Recommandations sanitaires	75
III.3.1. Pour la population humaine	75
III.3.2. Pour la population animale	75
Conclusion	78
Références bibliographiques	79
Annexes	87
Serment De Galien.....	94

Table des illustrations

Figure 1 : Cycle biologique de la processionnaire du pin (3).....	17
Figure 2 : Papillon mâle (en haut) et femelle (en bas) de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> (5).....	18
Figure 3 : Ponte de processionnaires avant et après éclosion (3).....	19
Figure 4 : Ponte avec jeunes chenilles (3).....	20
Figure 5 : Les différents stades larvaires (3).....	21
Figure 6 : Jeunes larves sur un manchon de ponte tissant un pré-nid (12).....	22
Figure 7 : Photo de nid d'hiver (3).....	23
Figure 8 : Procession de chenilles processionnaires (13).....	24
Figure 9 : Enfouissement de chenilles processionnaires (14).....	24
Figure 10 : Arbre attaqué par une colonie de chenille processionnaire (5).....	26
Figure 11 : Hypothèse d'interaction entre les incendies et <i>Choristoneura fumifera</i> (23).....	27
Figure 12 : Abaque montrant les modifications du cycle de la processionnaire du pin en fonction de la latitude et de l'altitude (10).....	30
Figure 13 : Température minimale moyenne en hiver (ligne fine et carrés) au jardin botanique de La Cortijucia, et pourcentage de la moyenne des défoliation (ligne grasse) pour 22 pins durant la période d'octobre 1990 à septembre 2001 (17).....	32
Figure 14 : Expansion de l'aire de la processionnaire du pin de 1969 à 2016 (INRA) (34).....	33
Figure 15 : Dynamique des populations de la processionnaire du pin pour la France d'après les placettes du réseau de surveillance (37).....	34
Figure 16 : Activité d'alimentation généralisée à la France en utilisant le scénario de Météo-France sur trois périodes (a) 1971-2000, (b) 2001-2030 (c) 2031-2060 (40).....	35
Figure 17 : Schéma des stades larvaires, urticants et non urticants en fonction des mois de l'année (11).....	36
Figure 18 : Photo de miroirs de chenille processionnaire (43).....	37
Figure 19 Photo de poils urticants au microscope électronique (44).....	37
Figure 20 : Mécanisme d'action au premier contact de la thaumétopoéine.....	39
Figure 21 : Mécanisme d'allergie à la thaumétopoéine.....	40
Figure 22 : Rôle de la chitine et de ses produits de dégradation dans le mécanisme inflammatoire lié au contact avec un poil de processionnaire (55).....	41
Figure 23 : Type de lutte utilisé en pourcentage, étude de 2009 (57).....	43
Figure 24 : Echenillage d'un pin à l'aide d'un échenilloir en tenue de protection (58).....	44
Figure 25 : Mode d'action du <i>Bacillus thuringiensis var kurstaki</i> sur les larves de la processionnaire du pin (9).....	45
Figure 26 : Canon atomiseur monté sur un pick up (58).....	46

Figure 27 : Période d'installation et de démontage des pièges à phéromones en fonction du climat (65)	47
Figure 28 : Différents types de Funnel trap (pièges à phéromones) testés pour piéger la chenille processionnaire (67).....	48
Figure 29 : Chef d'équipe tirant sur un arbre des billes de phéromones (72)	49
Figure 30 : Période d'installation et de démontage des éco-pièges en fonction du climat (73)	51
Figure 31 : Photo d'un éco-piège ceinturant un arbre (74).....	51
Figure 32 : Une mésange charbonnière se nourrissant sur un nid (77).....	53
Figure 33 : Hypersalivation et œdème lingual et sublingual chez un chien, une heure et demie après contact avec une chenille processionnaire (82).....	56
Figure 34 : Œdème marqué de la langue et du frein de la langue chez un chien après exposition à la processionnaire (84)	57
Figure 35 : Nécrose linguale étendue chez un chien 72h après contact avec une chenille processionnaire (82).....	57
Figure 36 : Œdème facial et péri-orbital (83).....	58
Figure 37 : Conjonctivite sévère avec hyperémie et chémosis après contact chez un chien (85).....	59
Figure 38 : Lésions et nécrose de la langue chez un chien à la suite de l'envenimation d'une chenille processionnaire (84).....	60
Figure 39 : Distribution des cas par âge et sexe de janvier 2012 à juillet 2019 (Vasseur P et al. 2021) (88).....	61
Figure 40 : Nombre de cas symptomatiques associés à l'expositions aux chenilles processionnaires de janvier 2012 à juillet 2019 (n=888) (88).....	62
Figure 41 : Incidence départementale (pour 100 000 habitants) des cas symptomatiques associés aux chenilles processionnaires de janvier 2012 à juillet 2019 (n=753) (88).....	63
Figure 42 : Atteinte cutanée au niveau du coup (87)	64
Figure 43 : Dermatite au niveau de la cheville (87).....	65
Figure 44 : Papules sur le dos d'un homme s'étant allongé sous un pin infesté (87)	65
Figure 45 : Poil urticant de chenille processionnaire dans la cornée d'un œil (91).....	67
Figure 46 : Kératite chez une patiente contaminée par des poils de chenille (91).....	67
Figure 47 : Prospectus sur les chenilles processionnaires (106)	76
Figure 48 : Représentation de l'arbre phylogénétique (et des clades le constituant) des populations méditerranéennes de chenilles processionnaires des espèces <i>T. pittycampa</i> et <i>T. wilkinsoni</i> enracinés sur <i>T. processionea</i>	88
Figure 49 : distribution géographique des haplotypes mitochondrial du complexe <i>Thaumetopoea pittycampa/T. wilkinsoni</i> , et les réseaux cladistique des haplotypes.....	89

Table des tableaux

Tableau 1 : Durée moyenne des différents stades larvaires (10)	21
Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la lutte mécanique.....	44
Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la lutte microbiologique	46
Tableau 4 : Avantages et inconvénients du piégeage des papillons	49
Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la lutte sylvicole.....	50
Tableau 6 : Avantages et inconvénients de l'éco-piège	52
Tableau 7 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de nichoirs à mésange	53
Tableau 8 : classification des symptomatologie des cas associés à la chenille processionnaire enregistrés par les centres anti-poisons de janvier 2012 à juillet 2019,.....	62
Tableau 9 : Sévérité des cas symptomatiques associé à la larve de chenille processionnaire par âge, de janvier 2012 à juillet 2019 ($n=984$) (88).....	68
Tableau 10 : Signes et symptômes de l'anaphylaxie (104)	72

Introduction

La chenille processionnaire du pin est un insecte de l'ordre des Lépidoptères connue principalement pour une de ses caractéristiques phénoménologiques : les processions. On observe en effet du début d'année au printemps, ces longues files de chenilles descendre des arbres pour aller s'enfourer dans le sol meuble.

Chaque année, ce phénomène attire les curieux et avec eux, leur lot d'envenimations. Cette chenille produit en effet des poils aux propriétés urticantes qui provoquent chez les humains une variété de symptômes selon la voie d'exposition pouvant aller d'une simple urticaire à un œdème de Quincke ; elle est aussi connue des vétérinaires pour des cas de nécrose de la langue chez des chiens trop curieux.

Depuis 1969, la géographie de la répartition de la chenille processionnaire du pin est connue en France. Ses conditions de vie, dépendantes de la température et de l'ensoleillement, et la modification des températures globales ont amené la processionnaire à coloniser des espaces qui ne lui convenaient pas il y a quelques années, notamment le Nord de la France.

Le caractère invasif de la chenille processionnaire du pin ainsi que le coût économique et sanitaire qu'elle entraîne pour les populations a contraint le gouvernement à la classer dans la liste des organismes nuisibles par décret en avril 2022 rendant l'Etat responsable de la lutte contre la pullulation de la processionnaire.

Nous nous intéresserons tout d'abord aux caractéristiques générales de la processionnaire : son cycle de vie, sa bioécologie, sa répartition sur le territoire français ainsi que ses propriétés urticantes.

Une deuxième partie sera consacrée à la description des moyens de lutte ainsi qu'à leurs avantages et inconvénients.

La dernière partie s'intéressera aux envenimations chez l'Homme et chez l'animal, leurs traitements, et au rôle de prévention du pharmacien d'officine.

I. Généralités

I.1. Place dans le règne animal

Décrite en 1775 par Denis et Schiffermüller, la chenille processionnaire du pin ou *Thaumetopoea pityocampa* fait partie de la classe des insectes, de l'ordre des Lépidoptères, de la famille des Notodontidae et de la sous-famille des *Thaumetopoeinae*.

Elle appartient au genre *Thaumetopoea* qui présente 9 espèces pouvant coexister localement. Les principales sont *Thaumetopoea processionea* et *Thaumetopoea pityocampa* qui se localisent sur une aire répartie principalement en Europe et en Afrique du Nord (1).

Difficilement discernables, les espèces montrent néanmoins des différences à la fois morphologiques, comme l'intensité de la couleur des ailes, et biologiques, comme la plante hôte (les chênes à feuilles caduques pour *Thaumetopoea processionea* (2), les pins pour *Thaumetopoea pityocampa* (voir I.3.1.1)). La saison de nidation et la saison d'éclosion varient également entre les espèces.

Pour *Thaumetopoea pityocampa*, l'éclosion a lieu à la fin de l'été, la phase du cycle larvaire se déroule donc pendant l'hiver. Alors que pour *Thaumetopoea processionea*, l'éclosion a lieu au printemps, à laquelle succède la phase larvaire durant l'été (1).

Une étude cladistique¹ menée en 2009 sur la base de marqueurs mitochondriaux et nucléaires a permis d'apprécier la dispersion géographique des différentes espèces de chenilles processionnaires sur le pourtour méditerranéen. En est ressortie 3 différents clades (*pityocampa*, *wilkinsoni* et Eastern North African clades) qui se répartissent à eux trois l'aire approximative entourant la méditerranée (Annexe 1).

Le clade *pityocampa* est majoritairement présent en Europe du Sud comprenant l'Espagne, la France, l'Italie et les Balkans. Il englobe également le Maroc et la moitié ouest de l'Algérie.

En France sont présentes principalement *T. pityocampa*, *T. processionea*.

I.2. Cycle

Le cycle de la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea processionea* se divise en deux grandes étapes qui sont qualifiées de phases : l'une est aérienne et l'autre est souterraine (Figure 1). La durée du cycle est fonction des conditions environnementales telles que la température et l'ensoleillement. Il existe ainsi de fortes variations de dates de déclenchement des phases selon la latitude et la longitude. Le cycle en lui-même se fait en général sur un an mais peut selon les conditions durer jusqu'à cinq ans (comprenant majoritairement la phase souterraine).

¹ La cladistique est une méthode de recherche de parentés entre espèces vivantes fondée sur l'analyse génétique et hématologique.



Figure 1 : Cycle biologique de la processionnaire du pin (3)

I.2.1. La phase aérienne

La phase aérienne est selon les conditions environnementales, la plus courte des deux phases. Elle dure généralement de 5 à 8 mois et comprend plusieurs étapes de l'imago (stade adulte ou final) à la nymphose qui représente le début de la phase souterraine.

I.2.1.1. Les adultes ou imagos

I.2.1.1.1. L'émergence

Au cours de la période estivale, de mi-juin à mi-août, les adultes de la processionnaire apparaissent émergents du sol en fin de journée, ce sont des papillons nocturnes. Les crêtes sclérifiées situées sur leur tête leur permettent de se libérer de leur cocon en découpant l'enveloppe qui les entoure. Ils se dirigent ensuite vers un lieu surélevé et déploient leurs ailes quelques minutes avant de commencer leurs activités.

Le sex ratio est équilibré, proche de 1. Les mâles apparaissent en premier et s'envolent à la recherche de femelles qui, quant à elles, s'envoleront une fois leurs ailes déployées pour trouver leur zone de repos non loin du site d'émergence où elles resteront inactives une fois accrochées à un support quelconque les ailes alors repliées (4).

Les adultes, imagos, ont une durée de vie allant de 24 à 48 heures. Ils ne s'alimentent pas et parcourent selon le sexe plusieurs kilomètres (allant de 3 km pour les femelles jusqu'à 50 km pour les mâles).

De couleur gris clair, ils possèdent trois lignes transverses noires sur les ailes. Néanmoins, il existe un dysmorphisme sexuel pour l'imago : les femelles sont plus grandes que les mâles (entre 30 et 35 mm) et les lignes sont plus visibles sur le mâle (Figure 2). La femelle dispose également d'une zone à la fois protégée et productrices d'écailles qui lui serviront à recouvrir les œufs lors de la ponte.



Figure 2 : Papillon mâle (en haut) et femelle (en bas) de *Thaumetopoea pityocampa* (5)

La nuit tombée, les femelles émettent une phéromone spécifique appelée pityolure se plaçant ainsi en position d'appel (6,7). Les mâles s'envolent alors à la recherche d'une partenaire, et,

attirés, ils s'accouplent avec une femelle (l'accouplement dure environ 1 heure). Ils meurent un à deux jours après.

I.2.1.1.2. La ponte

Une fois l'accouplement terminé, la femelle se met à la recherche d'un lieu de ponte sur un pin. Pour cela, elle utilise des critères de discrimination tels que le diamètre, la longueur, la souplesse et la structure des aiguilles insérées sur les rameaux.

Les pins sont constitués de deux types de rameaux : les nouvelles pousses, longues, dépourvues de feuilles et les rameaux courts qui portent les aiguilles. Ces aiguilles sont regroupées par deux, trois ou cinq en faisceaux dont la base peut être ou non gainée selon l'espèce.

Le support référentiel du lieu de ponte nécessite :

- un diamètre des aiguilles compris entre 1,5 et 2 mm ;
- une structure rugueuse permettant l'insertion des griffes.

Elle s'envole ainsi vers son lieu de ponte idéal choisissant un arbre dont la silhouette se découpe en lisière de forêt et montre ainsi une attirance très nette pour les arbres isolés ou de crête. Elle parcourra ainsi plusieurs kilomètres et n'utilisera un autre arbre que le pin qu'en dernier recours après une recherche d'une à deux heures. La durée de la recherche varie en fonction de l'intensité de l'impulsion interne exercée par les œufs qui augmente au fur et à mesure du temps après l'accouplement. Plus l'intensité est forte, plus la femelle est dans l'urgence de trouver un site de ponte.

La femelle dépose donc ses œufs en une seule fois, en les disposant sous forme de manchon cylindrique de 4 à 6 cm, le long d'une ou plusieurs aiguilles de pin selon l'espèce de l'arbre.

Elle commence la ponte au-dessus de la gaine membraneuse de l'aiguille si elle a une longueur idéale. Si l'aiguille est trop longue, elle commencera à mi-distance. Si elle est trop courte, la ponte continuera sur le rameau.(4)



Figure 3 : Ponte de processionnaires avant et après éclosion (3)

Elle recouvre sa ponte d'écailles prélevées sur son abdomen, de couleurs beige-clair (Figure 3). Elles sont donc de la même couleur que les bourgeons de pin et protègent ainsi les œufs (Figure 4) (8).



Figure 4 : Ponte avec jeunes chenilles (3)

Les écailles sont disposées de la base de l'aiguille à son extrémité de façon à former une construction rappelant les tuiles d'un toit empêchant la pluie ou la rosée de pénétrer (8).

Le nombre d'œufs varie de 70 à 300 selon la dynamique de la population, le nombre étant faible chez une population éprouvée et élevé pour une population dynamique.

La ponte faite, les femelles s'envolent et meurent quelque temps après.

I.2.1.2. Les chenilles

L'évolution larvaire se divise en deux grandes périodes : une dite ambulatoire allant de l'éclosion aux premiers froids et l'autre dite du « nid d'hiver » qui est fixe allant de la construction du nid définitif à la maturité des chenilles avec la procession des nymphoses.

I.2.1.2.1. Morphologies

Chez les lépidoptères, l'évolution larvaire s'effectue en général en 5 stades notés de L1 à L5 (Figure 5). Pour la processionnaire, la différenciation des stades est permise par 3 critères :

- La quantité de poils
- La taille de la chenille (à la fois la longueur et le diamètre)
- Le volume de la capsule céphalique

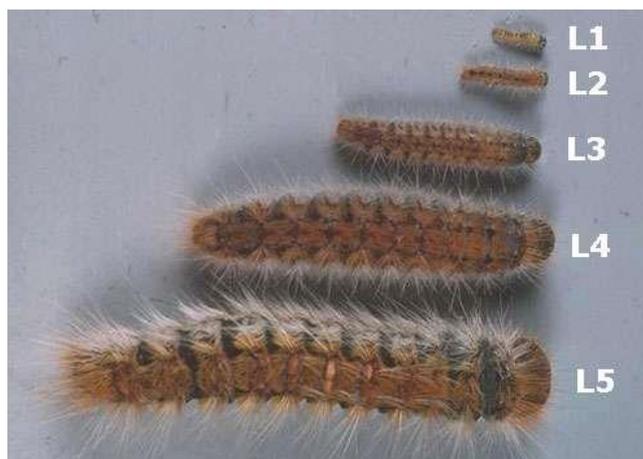


Figure 5 : Les différents stades larvaires (3)

Les larves vont passer d'une longueur de quelques centimètres à quatre voire cinq centimètres pour les plus grandes au cours de leur développement larvaire. Au niveau de la largeur, celle-ci est dépendante du sexe (9). Les chenilles mâles vont mesurer en moyenne 4,8 mm, les femelles sont, quant à elles, plus petites et n'atteindront que 3,4 mm de largeur en moyenne.

Au stade L1, les chenilles mesurent deux à trois millimètres, elles sont de couleur vert pomme avec une capsule céphalique noir volumineuse par rapport au reste du corps. Au deuxième stade (L2), elles vont prendre une coloration rousse striée de noir qui sera leur couleur finale. Au fur et à mesure de la croissance, les soies ornementales non urticantes vont augmenter en nombre et en taille. Elles seront accompagnées par les poils de l'appareil urticant à partir du stade L3, localisés sur la face dorsale au niveau de 8 achoppements noirs, les soies ornementales étant situées latéralement.

Ces différents stades de développement larvaires vont se dérouler à des vitesses variables selon différents critères dont les plus importants sont la température et la durée d'ensoleillement qui lui est liée (Tableau 1).

Tableau 1 : Durée moyenne des différents stades larvaires (10)

Mouvements des colonies	Stades larvaires	Durée des stades (en jours)		
		Hiver doux	Tempéré	Froid
Pré-nids	L1	12		
Déplacement régulier des colonies	L2	14		
	L3	30		
Nid d'hiver, emplacement définitif	L4	30	60	90
	L5	30	60	90

Durant toute la phase de développement larvaire, les larves issues d'une même ponte vont rester groupées.

L'éclosion a lieu le plus souvent de fin juillet à fin septembre, 30 à 45 jours après la ponte, lorsque la somme des températures moyennes journalières atteint 780°C (3).

I.2.1.2.2. Période ambulatoire

C'est la période allant de l'éclosion aux premiers froids. Les chenilles L1 sortent des œufs (Figure 6) et vont commencer la construction du « pré-nid » (11) Elles tissent un réseau de soie très léger autour du manchon de ponte. Elles marquent une attraction très nette entre elles, caractérisée par des échanges tactiles qui se maintiennent jusqu'à la période pré-nymphale.



Figure 6 : Jeunes larves sur un manchon de ponte tissant un pré-nid (12)

Afin de s'alimenter, elles commencent à se déplacer la nuit (mais sans descendre de l'arbre), liées par des fils de soie qu'elles sécrètent à la sortie du pré-nid. Elles dévorent les aiguilles à proximité puis s'aventurent sur d'autres branches. Cette alimentation est un processus nocturne qui peut éventuellement devenir diurne en période de températures trop basses ou de surpopulation.

Les colonies vont au fur et à mesure migrer en abandonnant leur « pré-nid » afin de trouver des lieux pour continuer à s'alimenter lorsque les abords seront épuisés et que les températures automnales ne seront plus assez clémentes. Tant que les températures ne descendent pas en dessous de 20°C, les colonies continueront de migrer (11).

Un mois et demi après l'éclosion, les chenilles passent au stade 3 et deviennent urticantes. Elles développent sur leurs faces dorsales de petites poches particulières ou « miroirs » renfermant des poils urticants qui au premier danger s'ouvrent et libèrent un barrage de poils venimeux. Facilement portés par les vents, ils provoquent chez l'homme et l'animal des réactions allergiques allant du développement de rougeurs jusqu'à la survenue d'œdèmes.

I.2.1.2.3. Le nid d'hiver

Les colonies vont migrer pour faire face aux températures toujours plus basses de l'hiver, et elles cherchent alors l'emplacement qui permettra les plus forts ensoleillements, c'est-à-dire à l'extrémité des branches les plus hautes.

Le nid en lui-même est constitué de deux enveloppes superposées, une interne d'épaisseur importante et une externe plus lâche ; il n'y a pas d'orifice de sortie, les chenilles passent à travers les mailles (Figure 7).



Figure 7 : Photo de nid d'hiver (3)

Le nid sert alors à la fois de protection et de capteur de chaleur, ses couches successives lui permettant de conserver la chaleur accumulée.

Pendant l'hiver, les chenilles vont passer du stade L4 au stade L5. Tout en entretenant le nid définitif, elles vont sortir la nuit afin de s'alimenter si la température est supérieure à 0°C, et ainsi, elles se reposent et digèrent la journée. Si la température dans le nid compense la baisse des températures journalières, le processus d'alimentation ne s'arrête pas et il est utilisé pour la sécrétion de la soie nécessaire à l'entretien constant du nid ou pour les mises en réserve nécessaires aux mues successives.

Néanmoins, l'évolution peut s'arrêter momentanément à cause d'un climat trop rigoureux ou d'un hiver trop long, et les larves s'arrêteront alors au stade 4 avant de reprendre leur développement. Le processus d'évolution complet prend entre 4 et 10 mois selon les conditions climatiques (11).

I.2.1.2.4. Les processions

En fonction de la date d'émergence des adultes et de la rigueur de l'hiver, les chenilles finissent leur évolution larvaire et parviennent à maturité entre la mi-janvier et le mois de juin.

Les processions regroupent les chenilles matures (Figure 8) et ne se produisent qu'entre des températures comprises entre 10 et 20°C. En dessous de 10°C, les chenilles vont se regrouper en surface et au-dessus de 20°C, elles vont s'enterrer en attendant des températures plus clémentes pour refaire surface (4).



Figure 8 : Procession de chenilles processionnaires (13)

Ce déplacement qui a donné son nom à l'espèce, est lié à l'acquisition d'une « mémoire sociale » grâce à des échanges tactiles durant une vingtaine de minutes pendant lesquelles les individus de la colonie vont se réunir en pelote puis en nappe et enfin en spirale. Pendant toute la procession, les individus sont ainsi en contact permanent liés par des fils de soie, menés par une future femelle qui guide la colonie vers un lieu éclairé et au sol meuble afin de s'enfouir (Figure 9).



Figure 9 : Enfouissement de chenilles processionnaires (14)

Cette recherche peut prendre jusqu'à 6 jours ; si le terrain ne convient pas, la colonie qui s'est enfouie sous terre peut remonter et recommencer sa recherche. L'enfouissement peut atteindre 5 à 20 cm de profondeur.

I.2.2. La phase souterraine

Une fois enfouie, chaque chenille va alors commencer à tisser son cocon et au bout d'une quinzaine de jours, la chrysalide sera complète. On appelle cette phase la nymphose. Après cette phase, le développement s'arrête et on parle alors de diapause caractérisée par une baisse du métabolisme.

Cette phase est d'une durée variable ; le cycle général de la chenille processionnaire est de 1 an et la diapause s'adapte à ce rythme. Ainsi, si la phase aérienne est plus longue due à la disparité de la nourriture ou aux conditions climatiques, la diapause sera plus courte. Néanmoins, cette phase peut se prolonger sur 5 ans si les températures sont trop extrêmes et cette variation est un problème important dans la lutte contre la chenille processionnaire du pin.

La diapause terminée, le métabolisme s'accélère et la morphogenèse débute. La nymphe se transforme pendant 1 mois en devient un adulte prêt à sortir de terre.

I.3. Bioécologie, progression géographique et impact du changement climatique

I.3.1. Plantes hôtes, dommages sur les plantes hôtes et coût économique

I.3.1.1. Plantes hôtes

La chenille processionnaire du pin utilise comme hôte toutes les espèces de pin présentes en France ; elle y ajoute également d'autres arbres telles que les cèdres.

Comme dit précédemment, elle pratique néanmoins une discrimination via des critères de diamètre, de structure, de souplesse et de longueur d'aiguilles. Les espèces végétales que la femelle va utiliser afin de pondre peuvent être classées par ordre de préférence (4) :

- Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *Nigricans* Host)
- Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *Laricio* Poiret)
- Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra* subsp. *Clusiana* Clem.)
- Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)
- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.)
- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Carr.)
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Rich.)

Les critères donnant lieu à cette liste sont tout de même à modérer. Des études récentes ont trouvé une relation entre la concentration en terpènes contenue dans les aiguilles et le nombre d'attaques des chenilles (15,16). Également, la femelle va se diriger en priorité après l'accouplement vers des arbres isolés en lisière, dont la silhouette se découpe sur fond clair ; souvent, ce sont de jeunes peuplements (4). La distance que la femelle est prête à parcourir entre le lieu d'accouplement et le lieu de ponte entre également en compte même si elle est capable de parcourir plusieurs kilomètres pour choisir son arbre hôte (4). Enfin l'abondance de nourriture ainsi que la surpopulation va jouer un rôle dans le choix de l'hôte : en surpopulation et entourée de cèdres, la chenille se tournera vers eux (4).

L'espèce de l'arbre hôte va influencer sur la fécondité. En effet, des différences ont été observées dans des plantations pure où *P. pinaster* provoque une fécondité diminuée. L'hypothèse avancée ici est que *P. pinaster* a des aiguilles plus dures avec un taux de nitrogène plus faible entraînant un taux plus élevé de mortalité chez les jeunes larves (17).

I.3.1.2. Dommages sur les plantes hôtes

Dès son éclosion, la chenille processionnaire du pin commence à se nourrir des aiguilles provoquant une défoliation qui entraîne des conséquences à la fois esthétiques et économiques, dans les jeunes peuplements et dans les forêts plus âgées. Elle va provoquer des dégâts forestiers notables et elle est considérée comme un nuisible à la Réunion depuis l'arrêté ministériel du 31 juillet 2000 (18). Elle est considérée comme l'un des principaux défoliateurs des peuplements de résineux de la zone méditerranéenne (Figure 10).

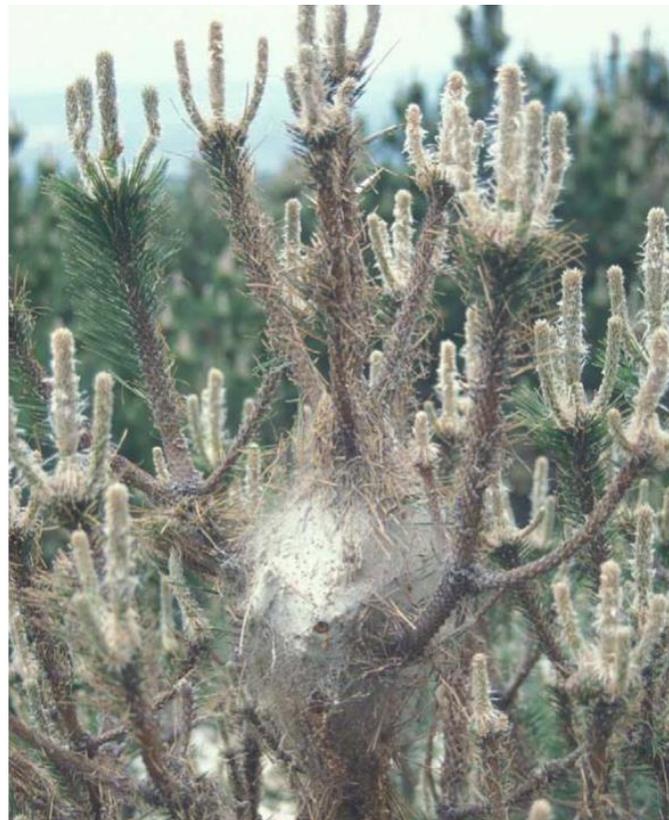


Figure 10 : Arbre attaqué par une colonie de chenille processionnaire (5)

A l'automne, les chenilles s'alimentent dans un premier temps sur les aiguilles à proximité directe du lieu de ponte et vont au fur et à mesure s'en éloigner. Les premiers stades larvaires ne sont pas très dangereux pour la plante hôte mais à partir de janvier et de la reprise d'activité liée à l'augmentation des températures, les larves atteignent leur maturité et vont alors provoquer des dégâts bien plus importants. On observe tout d'abord une teinte brune autour du nid, qui s'agrandit au fur et à mesure que la colonie s'agrandit et se nourrit (Figure 10).

La défoliation provoquée chez l'hôte n'est pas mortelle même si elle est totale. Elle va atteindre son pouvoir photosynthétique et entraîner une perte de production de bois plus ou moins égale (selon l'importance de la défoliation) à un an d'accroissement. Cette perte est récupérée par l'arbre une fois que le nombre de nid diminue, mais cela prend quelques années et c'est un processus difficile pour l'arbre affaibli (19).

Les arbres en bonne santé ne souffrent pas beaucoup de ces attaques, mais ceux qui sont affaiblis par le climat ou qui subissent des attaques répétées tous les ans, et particulièrement les jeunes plantations, vont être plus sensibles et moins résistants face aux attaques de la processionnaire. Ils vont alors avoir du mal à résister aux ravageurs secondaires (20) comme d'autres insectes et aux changements de température ainsi qu'au stress hydrique.

En 2022 l'augmentation de la température globale et la multiplication des sécheresses ont donné lieu à d'importants incendies notamment en Gironde qui ont été très médiatisés. Différentes études suggèrent que la défoliation des peuplements augmentent le risque d'incendie du fait de leur action, fragilisant les peuplements (21).

Néanmoins, une étude menée par James P (22) sur *Choristoneura fumiferana*, un défoliateur qui s'attaque aux épicéas, montre que la défoliation réduirait à court terme (1 an) le risque d'incendie mais l'augmente à plus long terme (8-10 ans). Ces résultats sont à lier au climat des régions et aux situations exceptionnelles. Une sécheresse augmente automatiquement le risque d'apparition de feux ainsi que leur durée.

Il existe également un lien entre les feux et la quantité de combustible. Les défoliations entraînent une perte de masse des forêts et donc une diminution de matière pouvant brûler et propager un feu (23). Dans des conditions de température et d'humidité normales, les défoliateurs diminueraient en moyenne le risque d'incendies (Figure 11).

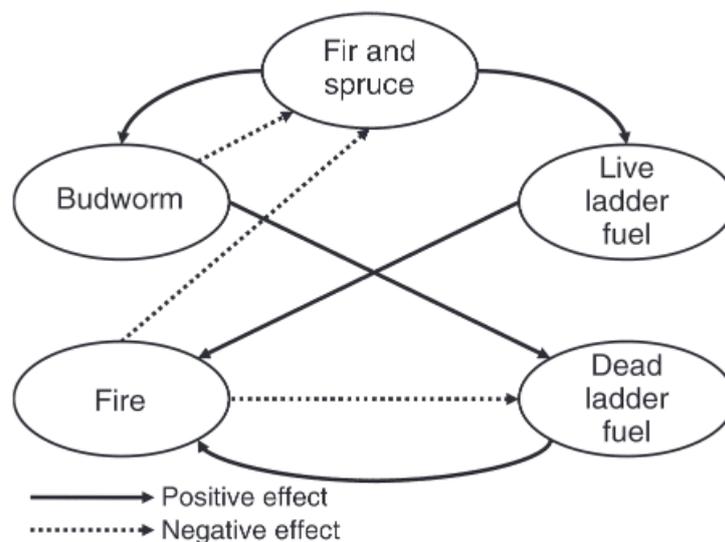


FIG. 1. Hypothesized interactions between fire and budworm disturbance as mediated by forest composition.

Figure 11 : Hypothèse d'interaction entre les incendies et *Choristoneura fumifera* (23)

I.3.1.3. Coût économique

La chenille processionnaire affecte la croissance des arbres ; cette croissance est récupérée ensuite lorsque la chenille n'a plus de quoi se nourrir et change d'hôte. Les défoliations massives peuvent entraîner jusqu'à un an de perte. Cette perte de bois se traduit économiquement au fur et à mesure des années par une baisse de la valeur des arbres infestés et par la raréfaction des espèces hôtes ce qui certes, augmente le prix de vente, mais rend cependant ces bois moins attractifs pour les exploitants.

Les pertes économiques sont jugées importantes et ce sont les collectivités territoriales (communes rurales) et les particuliers qui ont la charge de répondre par eux-mêmes aux pullulations. Ils sont responsables en France de la lutte et de l'éradication dès lors que la chenille processionnaire met en danger la santé des français (24).

Pour les communes rurales, le budget « forêt » représente une grande partie des recettes communales ; c'est le cas également bien entendu des exploitants et des forestiers privés.

La chenille processionnaire agit également sur le biotope et les écosystèmes, sur la conservation des sols, l'aspect esthétique des forêts et, de façon indirecte, sur la protection contre les avalanches et les glissements de terrain.

Une étude économique réalisée au Portugal sur la gestion des pullulations de la chenille processionnaire dans les forêts de pin a proposé une évaluation coût-bénéfice de la lutte en s'intéressant à la fois à l'aspect social, économique et environnemental (25). Cette étude prend en compte de nombreux coûts : l'impact sur la valeur foncière du territoire infesté, les coûts liés aux traitements forestiers et aux traitements humains (suite par exemple, à des dermatites), les conséquences environnementales comme la baisse de la fixation du carbone et le coût d'entretien des environnements infestés, les conséquences sociales et financières pour les forêts et parcs de loisirs.

L'étude a montré qu'à court terme, la mise en place des mesures de contrôle des populations n'était pas rentable pour les propriétaires privés, les bénéfices de production ne compensant pas les pertes liées au déclin des forêts. Néanmoins, à plus long terme, ces pertes de productions peuvent affecter durablement la valeur des territoires entraînant une baisse de la valeur foncière des domaines. Une baisse des coûts liés à la mise en place des soins humains ainsi qu'à la charge de l'entretien lié aux modifications environnementales peut également être prise en compte.

Cette balance coût/bénéfice est également affectée par le coût de la lutte. L'analyse de sensibilité établie dans l'étude évoque un début de rentabilité (25) si les coups de gestion sont réduits de 20%. Ces coûts pourraient être réduits par divers moyens dont le support par les localités et le pouvoir public.

Le 25 avril 2022, un décret (26) relatif à la lutte contre la chenille processionnaire du pin a été publié ; il ajoute la processionnaire à la liste des espèces dont la prolifération est nuisible à la santé humaine. Cette catégorisation de la chenille processionnaire du pin comme nuisible va soulager les communes et forcer les préfets (27) à prendre des mesures pour traiter les zones à risques et protéger les citoyens et leurs animaux domestiques.

I.3.2. Influences des facteurs environnementaux et aire de répartition

Plusieurs facteurs vont influencer la répartition géographique de la chenille processionnaire du pin ainsi que son cycle de développement comme l'altitude, l'ensoleillement, la température ou la présence de prédateurs naturels. Certaines zones géographiques vont ainsi être privilégiées par rapport à d'autres. On peut également ajouter à ces facteurs, les modifications saisonnières du climat, la présence de nourriture ainsi que la population de chenilles.

I.3.2.1. Influence de l'ensoleillement et de la photopériode

La processionnaire du pin a besoin d'un minimum d'ensoleillement pour survivre. Il lui faut une durée d'insolation annuelle supérieure à 1800 heures ; elle n'est donc que peu présente dans le nord de la France, en Bretagne et sur les massifs montagneux (11).

La durée du jour va également impacter le développement des nids car les chenilles sortent la nuit afin de s'alimenter et passent le jour à digérer. La température joue néanmoins sur cet aspect de leur cycle de vie.

I.3.2.2. Influence de la température

Comme dit précédemment, la température a un rôle à jouer au sein même du cycle et du déroulement des phases mais également pour ce qui est de l'alimentation. La chenille processionnaire du pin est donc dépendante des variations de température extérieure affectant son milieu de vie. Elle est cependant capable de jouer sur la température de son environnement grâce à son nid. Les colonies déplacent leur nid afin d'être plus ou moins exposées au soleil. Le nid lui-même agit comme un radiateur solaire selon son orientation. L'augmentation de la durée d'ensoleillement pourra compenser une baisse de température. De manière générale, 100h d'ensoleillement supplémentaire équivaut à 1°C (11).

Il existe tout de même des maximums et des minimums de température que les nids ne pourront pas tamponner. Si la température descend plus de 10h en dessous de -10°C, la colonie ne pourra pas survivre. A l'inverse, les moyens de lutte de la colonie contre l'augmentation des températures étant limités, une température de plus de 25°C sur l'été provoquera la mort de nombreux individus et des épizooties ce qui diminuera l'efficacité de la colonie, et des températures supérieures à 32°C lui seront fatales sur une longue durée. Une température de 40°C entraîne la mort de la majorité des représentants de la colonie sur une courte période (28).

Les variations de températures entraînent des modifications au niveau du cycle. Plus l'été sera doux et plus l'apparition des adultes sera précoce ; à l'inverse, plus l'été sera chaud et plus les adultes tarderont à se développer.

Au niveau de l'alimentation, la température va influencer sur les sorties des chenilles qui ne se feront qu'entre 3° et 20°C. Il a été observé qu'une température d'au minimum 9°C la veille était nécessaire pour que les larves sortent se nourrir (29,30).

I.3.2.3. Influence de l'altitude et de la latitude

Les variations de l'ensoleillement, de la photopériode et de la température vont donc apporter des modifications au sein du cycle larvaire. Ces observations ont permis à Démolin d'élaborer un abaque (Figure 12) montrant les disparités du cycle en fonction de l'altitude et de la latitude.

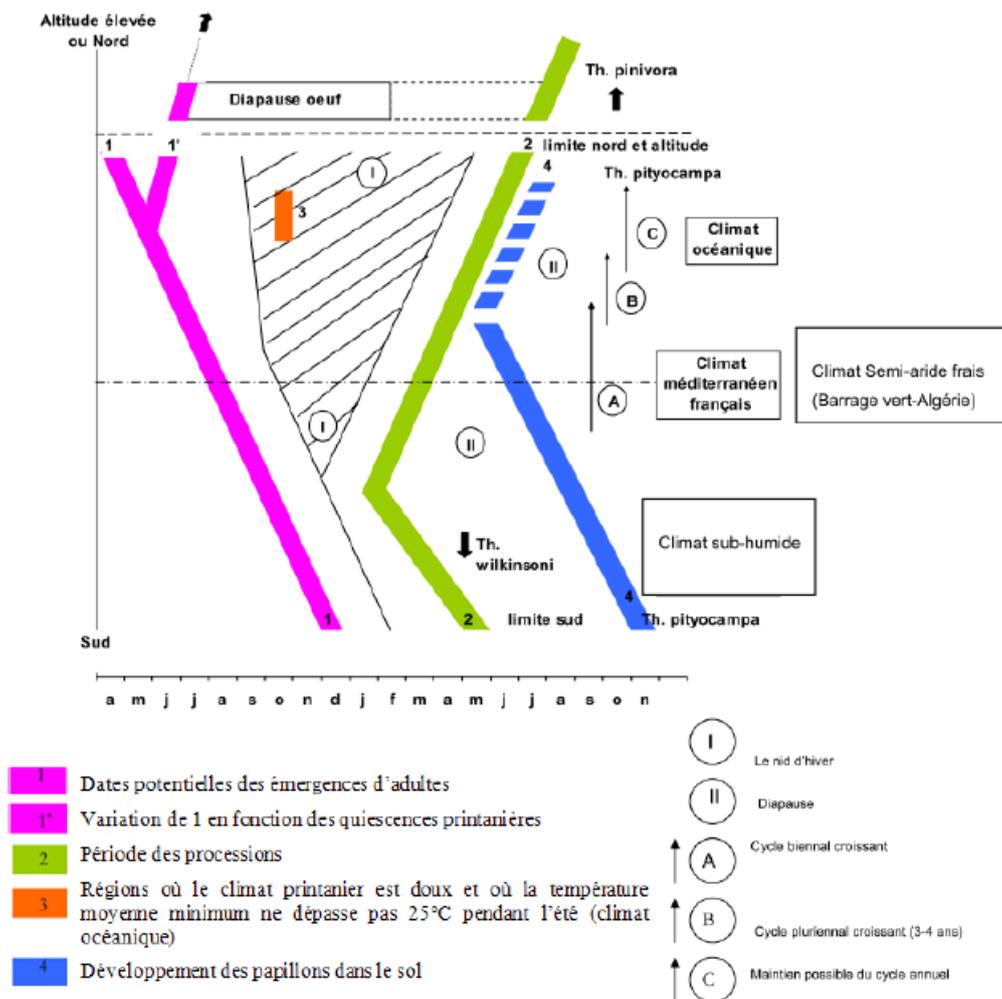


Figure 12 : Abaque montrant les modifications du cycle de la processionnaire du pin en fonction de la latitude et de l'altitude (10)

On observe sur cet abaque que plus la température diminue avec l'augmentation de la latitude et de l'altitude, plus la durée du développement larvaire augmente au détriment de la diapause (période de faible métabolisme sous la forme de chrysalide).

La latitude influence également le nombre d'œufs produits et la taille des œufs. Plus on monte vers le Nord, plus le nombre d'œufs augmente et plus les œufs sont petits (31). Une des hypothèses émises est que les colonies augmentent le nombre d'individus à des fins de thermorégulation ; en effet, plus il y a d'individus, plus la température peut être régulée. Le nombre d'individus joue également un rôle dans la construction du nid ; plus il y a d'individus, plus le nid sera grand ce qui jouera un rôle central dans l'adaptation aux basses températures.

Une autre hypothèse voudrait qu'un nombre de naissances augmenté pallierait au nombre de décès lié aux conditions de latitude moins avantageuses pour les colonies (32).

I.3.2.4. Répartition géographique et progression due au changement climatique

La processionnaire est avant tout un insecte présent, pour ce qui est de la France, sur le pourtour méditerranéen et le long du littoral Atlantique ; elle progresse depuis les années 1990 vers le Nord du pays en latitude ainsi qu'en altitude.

Comme nous l'avons vu, les conditions climatiques (températures et ensoleillement en particulier), mais aussi la présence de prédateurs et de parasites ou la quantité et la qualité des ressources alimentaires, jouent un rôle important dans la biologie de la chenille processionnaire. Tous ces facteurs influent de façon importante sur les populations, et sont ainsi observés des variations importantes qui sont appelées gradations.

Des zones géographiques ont pu être délimitées afin d'évaluer les aires potentielles pouvant être colonisées par la chenille processionnaire (Annexe 2).

Le développement de la chenille processionnaire du pin étant intimement lié aux conditions climatiques, l'expansion de son aire de répartition fait partie des indicateurs du changement climatique retenus par l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC).

Dans le reste du monde, la chenille processionnaire du pin est également présente :

- En Asie : Chypre, Israël, Liban, Syrie, Turquie
- En Afrique : Algérie, Libye, Maroc, Tunisie
- En Europe : Albanie, Autriche, Bulgarie, Croatie, Espagne, Grèce, Hongrie, Italie, Portugal, Suisse et pays de l'ex Yougoslavie

I.3.2.4.1. Suivi en France de 1969 à 2018

L'état des lieux de la répartition sur le territoire français des zones de pullulation de la chenille processionnaire s'est fait pour la première fois en 1969 (Annexe 2, les zones touchées étant essentiellement les façades maritimes atlantique et méditerranéenne avec une faible présence au sein des terres.

Depuis, a été mis en place une surveillance afin de suivre l'évolution du front. Chaque hiver, environ 514 placettes permanentes² situées dans toute l'aire de répartition de la processionnaire sont étudiées par le personnel forestier. Les données sont ensuite analysées par le Département de la Santé des Forêts (DSF). Cela permet de faire des prévisions afin d'élaborer les stratégies de lutte de fin d'année (33).

² Une placette permanente est un site défini par le DSF répondant aux critères du protocole de surveillance de la chenille processionnaire du pin

De 1969 à 1996, la progression de la chenille processionnaire du pin a été observée dans les vallées du Loire et Cher, dans le Massif central et dans le Jura et les Alpes. Cette progression en altitude serait due au réchauffement global observé en Europe du Nord depuis les années 1970. Cette hypothèse a été confirmée par une observation identique en Espagne (Figure 13) d'une progression en altitude, la chenille menaçant pour la première fois des forêts anciennes.

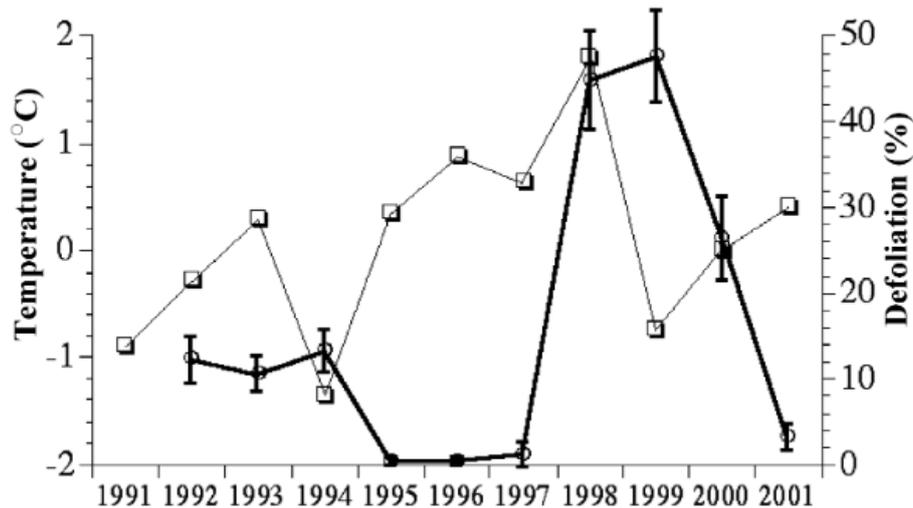


Figure 13 : Température minimale moyenne en hiver (ligne fine et carrés) au jardin botanique de La Cortijucia, et pourcentage de la moyenne des défoliations (ligne grasse) pour 22 pins durant la période d'octobre 1990 à septembre 2001 (17)

En latitude, le front de la processionnaire remonte constamment vers le Nord depuis 1969 (Figure 14). Il marque néanmoins des temps d'arrêt à cause des températures extrêmes pour la biologie de la chenille en fonction des années. On a ainsi observé des phases de latence dans la progression dues à des hivers rudes de 1997 à 2002. Les étés caniculaires ont également joué un rôle dans la difficulté de la progression des années 1998, 2001 et 2003 où les fortes températures ont tué jusqu'à 95% des larves (9). Ce phénomène de mortalité estivale a atteint son paroxysme en 2003, ce qui a entraîné une régression sur l'année 2003-2004.

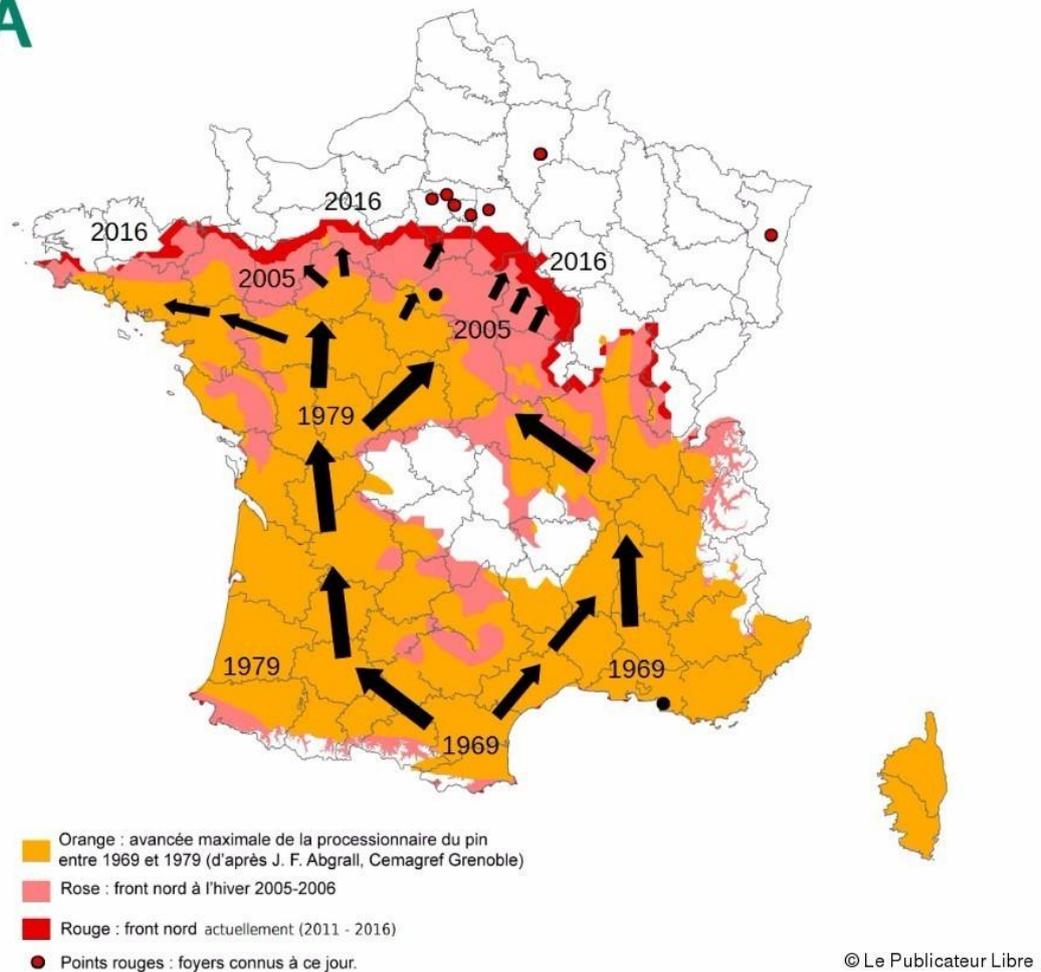


Figure 14 : Expansion de l'aire de la processionnaire du pin de 1969 à 2016 (INRA) (34)

Des foyers isolés ont fait leur apparition ces dernières années (35,36). Ils sont vraisemblablement dus aux plantations de grands plants ornementaux de pin en pot dont le substrat contenait des chrysalides ou à la présence de ponte sur les aiguilles des pins installés :

- En région parisienne
- A Rhuis (Oise), éradiqué en 2014 via la destruction des nids mais réapparu en 2017
- A Chamouille (Aisne)
- A Obernai (Bas-Rhin), foyer connu depuis 2008
- A Vez (Oise) détecté en 2018

I.3.2.4.2. Mécanismes de progression

La chenille processionnaire du pin est un bon modèle pour l'étude du réchauffement climatique, le climat définissant sa dynamique de population (Figure 15).

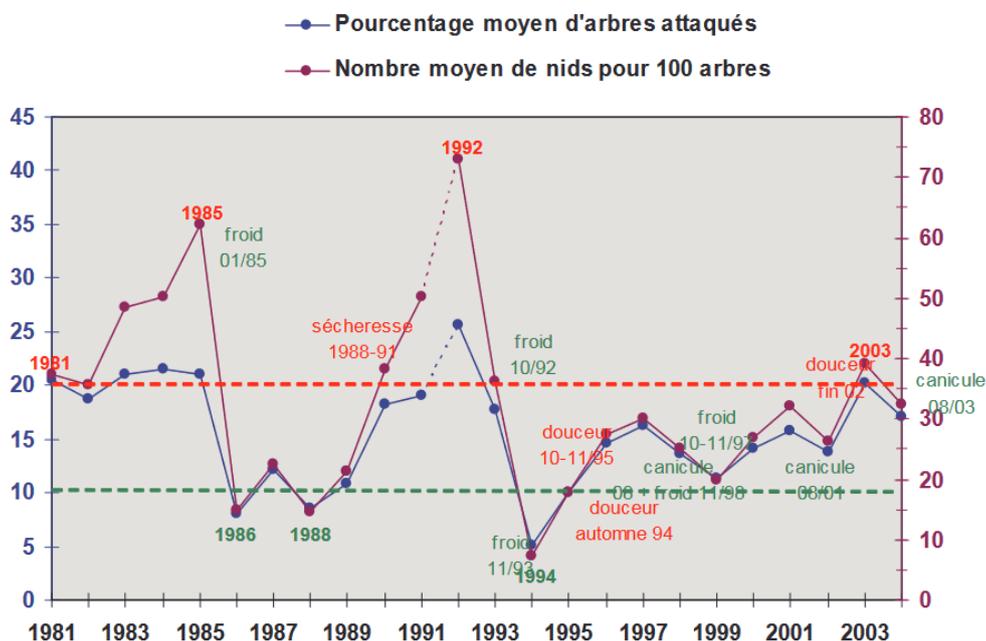


Figure 15 : Dynamique des populations de la processionnaire du pin pour la France d'après les placettes du réseau de surveillance (37)

Néanmoins, l'évolution des températures globales ne permet pas d'expliquer la présence de certains foyers trop éloignés du front de progression. Les rapports du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Climat) font état d'une libération des zones climatiques aptes à la colonisation plus rapide que les capacités de colonisation de la chenille processionnaire (35).

On observe ainsi une distance entre les foyers de la région parisienne et l'aire de distribution actuelle de 30 à 50 km. Pour le foyer d'Obernai, cette distance est de 190 km.

Les microclimats induits par l'activité humaine fournissent un abri aux colonies comme en région parisienne où la température est plus élevée. Durant les vagues de froid de 2009-2010, la processionnaire a ainsi mieux résister dans le Bassin Parisien. L'absence de parasite des œufs jouerait également un rôle en diminuant la mortalité et en augmentant la taille des colonies ce qui favoriserait la survie en hiver.

Les zones urbaines offrent également un habitat favorable par la présence dans ces zones de pins isolés le long des routes, des autoroutes, sur les ronds-points, dans les parcs et les jardins. Ces pins sont bien exposés et visibles ce qui favorise la colonisation. Ils servent de relais permettant à la processionnaire d'évoluer sur des kilomètres très rapidement. Le sol dans ces aires est également entretenu et drainé aidant la phase souterraine (38).

L'étude du cortège parasitaire spécifique de la processionnaire suggère que la chenille a sans doute été introduite au stade de larve ou de chrysalide dans les foyers (39) par transport accidentel via l'acheminement de pins destinés à la plantation et des mottes de terre les accompagnant.

L'expansion de l'aire de la processionnaire peut ainsi s'expliquer par sa capacité à coloniser son environnement (vol des femelles sur des distances de 3 km), par le réchauffement climatique, par les plantations d'arbres en bordure de route et dans des zones facilement colonisables, et par son introduction accidentelle sous forme de larves et de chrysalides.

I.3.2.4.3. Modélisation de la progression en fonction des modèles du réchauffement climatique

La modélisation des modifications climatiques à venir ainsi que la modélisation de la diffusion de la chenille processionnaire permettent de prédire (40,41) ses futures aires de colonisation dans les années qui viennent (Figure 16). Celles-ci comprennent : l'ensemble du Bassin parisien avec une progression d'ouest en est jusqu'à Nancy, le nord de l'hexagone avec une colonisation de la Belgique et une présence accentuée sur toute la côte atlantique ainsi que sur les côtes de la Manche. Dans le sud, la chenille processionnaire du pin évolue également sur les hauteurs du Massif central.

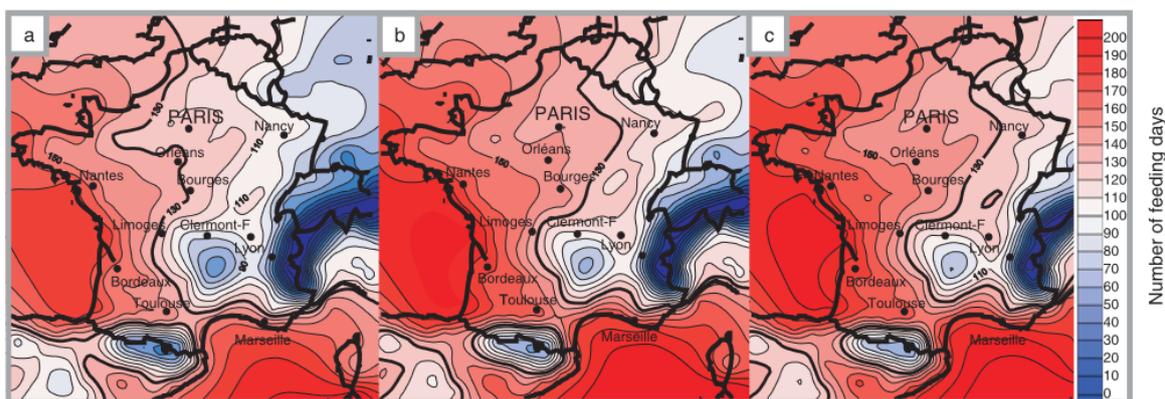


Figure 16 : Activité d'alimentation généralisée à la France en utilisant le scénario de Météo-France sur trois périodes (a) 1971-2000, (b) 2001-2030 (c) 2031-2060 (40)

I.4. Appareil urticant

La chenille processionnaire du pin fait partie des espèces de chenilles urticantes avec la processionnaire du chêne, le bombyx cul brun et la chenille *Eilema Caniola*. Elle va en effet devenir pathogène pour l'homme et l'animal à partir de son stade larvaire L3 (Figure 17) en entraînant, par la dispersion de ses poils dans l'environnement ou via un contact direct, des réactions urticantes et allergiques chez les individus. Cette capacité des poils est en partie due à une protéine urticante appelée la thaumétopoéine.

Les poils jouent pour la chenille un rôle de protection face aux menaces des prédateurs.

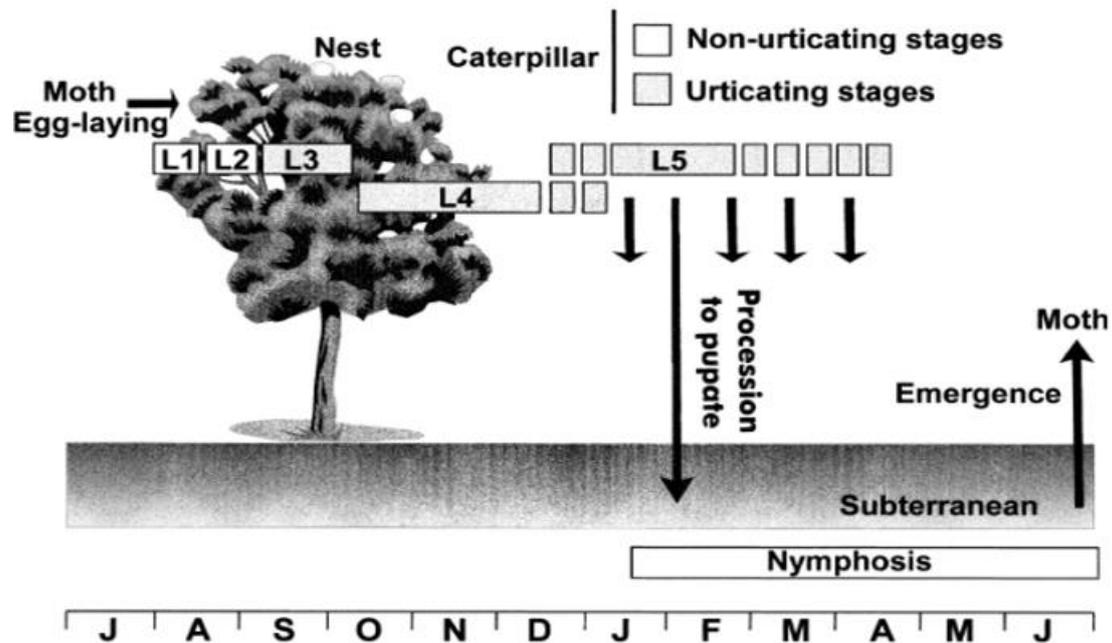


Figure 17 : : Schéma des stades larvaires, urticants et non urticants en fonction des mois de l'année (11)

I.4.1. Emplacement des poils

Comme dit précédemment, des poils urticants font leur apparition chez la chenille au stade larvaire L3. Ces poils urticants sont produits par une glande pluricellulaire présente dès le stade L1 qui va s'épaissir progressivement à chaque mue et devenir productrice de poils à partir du stade L3.

L'appareil urticant des chenilles comprend en tout 8 miroirs, tous producteurs de poils urticants, localisés sur la face dorsale de l'abdomen (Figures 18). Chaque miroir est entouré de bourrelets chitineux, replis cuticulaires nommés trapézoïdaux, qui portent de la soie non urticante (2 antérieurs, 2 postérieurs et 2 en charnières). A l'intérieur, on observe la présence de 4 coussinets ou plages cuticulaires (2 antérieurs et 2 postérieurs). Ce sont ces coussinets qui vont accueillir les poils au fur et à mesure de l'évolution larvaire.

Au dernier stade de développement, les 4 coussinets seront entièrement couverts de poils (42).

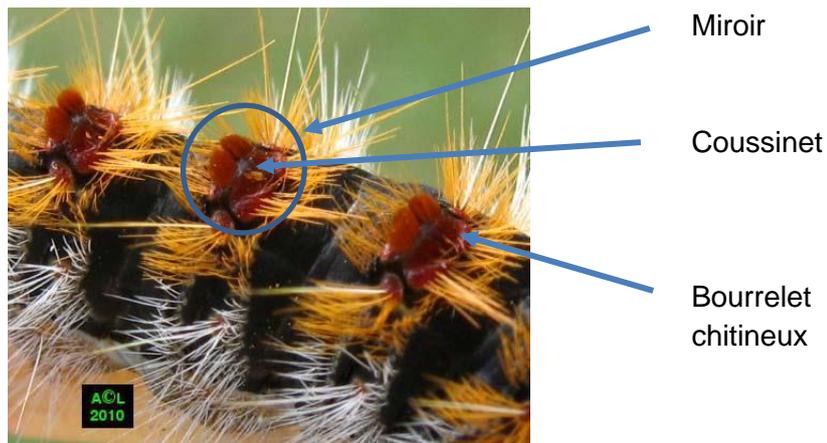


Figure 18 : Photo de miroirs de chenille processionnaire (43)

I.4.2. Formation et aspect du poil

Les poils des chenilles processionnaires du pin sont formés par des cellules trichogènes qui constituent un massif cellulaire irrégulier. Une cellule produit un poil et une cuticule permettant l'implantation du poil. Le nombre de poils est estimé à 60 000 au mm^2 (42).

Les images obtenues par microscope électronique à balayage (44) nous montrent une structure du poil urticant ressemblant à un micro-harpon. Cette structure bardée à l'extrémité du poil de petites pointes ou barbules (Figures 19) permet sa pénétration dans la peau de l'agresseur mais rend sa sortie difficile car il y reste accroché.

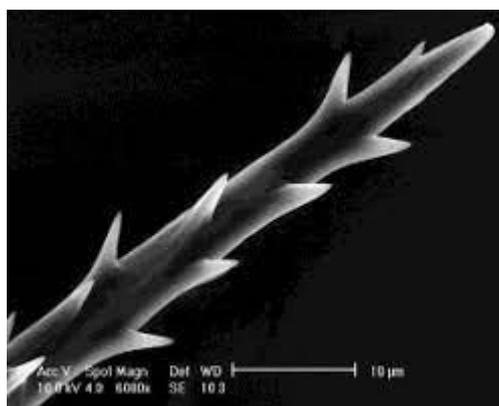


Figure 19 Photo de poils urticants au microscope électronique (44)

Les poils sont extrêmement légers et vont pouvoir être portés par les vents pour s'insérer dans la peau et les muqueuses. Leur géométrie va entraîner une irritation mécanique chez l'individu touché qui va alors essayer de les enlever. Etant très fragiles, ils vont se casser telle une ampoule libérant ainsi leurs contenus.

I.4.3. Substance urticante et réaction

La dangerosité des poils est due à 2 particularités :

- La forme de harpon barbelé facilite la création de lésions et rend difficile l'évacuation naturel du poil. Le poil restant fixé et créant des lésions va favoriser le grattage et entraîner sa cassure. C'est un phénomène mécanique.
- La thaumétopoéine qui est une substance urticante contenue dans le poil est libérée lors de sa cassure. C'est un phénomène chimique.

La thaumétopoéine est une protéine spécifique du poil urticant de la chenille processionnaire ; elle est formée de deux chaînes polypeptidiques de 13 000 et 15 000 daltons réunies par des ponts disulfures (45). Elle a été mise en évidence en 1986 par des techniques d'électrophorèse sur gel de polyacrylamide.

Son activité histamino-libératrice a été identifiée chez la souris (46). *In vitro*, elle provoque chez les rongeurs la dégranulation des mastocytes proportionnellement à la dose de toxine présente. Chez l'homme, on a observé également une augmentation de la perméabilité vasculaire au contact de la protéine. Du bleu d'Evans a été injecté en intravasculaire chez des cobayes qui avaient été auparavant exposés par voie intradermique à la toxine. Cette expérience a provoqué l'apparition de tâches bleues aux endroits de contact avec la thaumétopoéine ; ces tâches ne se forment qu'aux endroits où la perméabilité des vaisseaux sanguins est anormalement élevée. La thaumétopoéine peut donc être responsable d'une réaction inflammatoire dont elle serait l'agent urticant.

I.4.3.1. Mécanismes inflammatoires au premier contact

Lors d'une réaction inflammatoire initiée par un agent urticant, le mécanisme qui se met en route emprunte une voie similaire à celle d'une réaction allergique. Le terme employé est réaction d'hypersensibilité de type 1 ou hypersensibilité immédiate. L'agent urticant ou de manière générale l'allergène va provoquer l'activation de cellules de l'immunité en se liant à des anticorps fixés à leur paroi.

Ces cellules sont appelées mastocytes ; ils contiennent dans leurs granules intracytoplasmiques des médiateurs de l'inflammation tels que l'histamine. L'activation des mastocytes entraîne leur dégranulation ; ils vont libérer le contenu de leur cytoplasme dans leur environnement immédiat (Figure 20). L'histamine et les autres médiateurs vont avoir des effets directs sur les cellules avoisinantes. On observe entre autres une contraction des parois vasculaires et une augmentation de la perméabilité vasculaire (11).

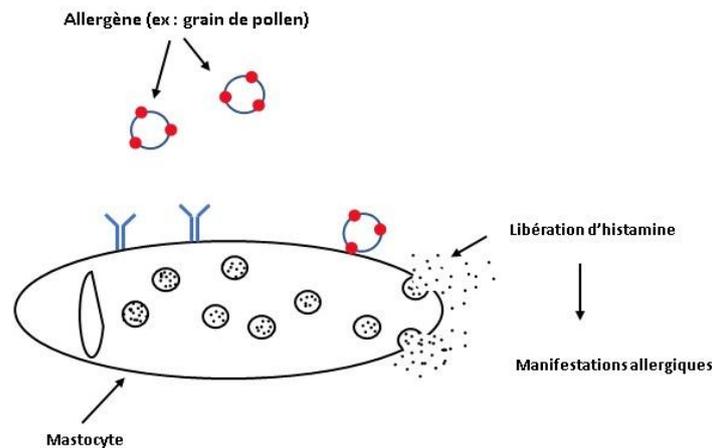


Figure 20 : Mécanisme d'action au premier contact de la thaumétopéine

Une fois l'histamine contenue dans leur cytoplasme libérée, les mastocytes vont recommencer à en synthétiser ce qui va prolonger et accentuer la réaction inflammatoire. Les fibres musculaires vont se contracter au niveau des systèmes pulmonaire, digestif et utérin (47).

La thaumétopéine est admise comme étant la seule molécule impliquée dans les réactions urticaires liées à la chenille processionnaire (45). A l'œil nu, cela se traduit surtout par une rougeur correspondant à une urticaire. La demi-vie de l'histamine étant courte, la réaction finit par s'essouffler et se limite généralement à une symptomatologie courte et brève traduite par l'apparition d'une urticaire bénigne qui diminue avec le temps.

La réaction liée à la thaumétopéine ne lui est pas spécifique. En effet, n'importe quel agent urticant déclenche cette réaction car il n'existe pas de récepteurs spécifiques à cette molécule. C'est une réaction directe.

I.4.3.2. Deuxième contact et réaction allergique

Dans la majorité des cas, l'agression est donc limitée mais pour certains cas, notamment liés à une réexposition ou à une exposition plus intense, il a été observé une réaction plus importante. Un phénomène d'allergie spécifique a été alors suspecté puis décrit pour la première fois en 1997 ; il s'agit d'une réaction anaphylactique IgE dépendante à la thaumétopéine.

Lors d'un premier contact avec la thaumétopéine, l'organisme peut synthétiser des anticorps de type immunoglobuline E (IgE) qui seront dirigés spécifiquement contre la protéine. Au deuxième contact, la réaction inflammatoire va faire intervenir cette IgE spécifiquement dirigée contre la thaumétopéine (Figure 21). Lorsque la protéine pénètre à nouveau dans l'organisme, elle va se lier à cette IgE pour former un complexe antigène-anticorps. Ce complexe IgE-thaumétopéine se lie à un mastocyte et entraîne sa dégranulation aboutissant alors à la libération d'histamine. Tant que la liaison thaumétopéine-IgE existe, la réaction est entretenue, C'est donc une réaction d'hypersensibilité de type 1 médiée par des IgE spécifiques de la thaumétopéine correspondant à une réaction allergique (48).

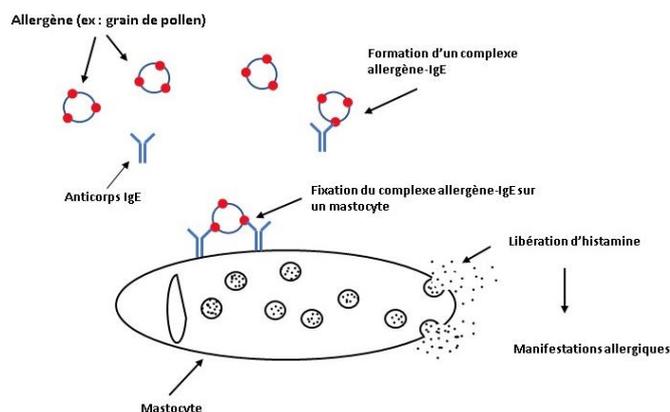


Figure 21 : Mécanisme d'allergie à la thaumétopoéine

I.4.3.3. Population touchée par l'allergie

Avant les années 2000, les chenilles processionnaires n'étaient considérées que comme pouvant provoquer des urticaires de contact non immunologiques dues à la libération d'une protéine aux propriétés urticantes, la thaumétopoéine. Elles ont depuis démontré leurs capacités à provoquer des urticaires de contact immunologique via la libération de médiateurs de l'inflammation tels que les IgE et une liaison antigène-anticorps (49).

Ce phénomène se retrouve avant tout chez les populations en contact fréquent avec les poils de la chenille processionnaire telles que les professionnels des forêts et les fermiers. D'après l'étude menée par *Vega et al.* (2000) en milieu non hospitalier (50), les professionnels les plus atteints par ce phénomène sont les collecteurs de pommes de pins ou de résine de pin, les bûcherons, les échenilleurs de pins (employés qui enlèvent les chenilles des plantations), les fermiers et les jardiniers. Ces différentes catégories socio-professionnelles ont présenté une réaction anaphylactique lors des tests ; cette réaction peut être expliquée par une primo exposition aux chenilles processionnaires au cours de leurs activités professionnelles. Les symptômes observés étaient plus sévères qu'une réaction urticaire de contact non immunologique. Les plus fréquents étant des urticaires étendues, des dermatites, des angioœdèmes mais aussi des conjonctivites et des kératites, des rhinites, des dyspnée liés à une réaction anaphylactique et dans certains cas, des malaises (50). Dans cette étude, *Vega et al* observe une prévalence de la sensibilisation aux poils de la chenille en milieu non hospitalier de 48% et en milieu hospitalier de 58%.

Les réactions anaphylactiques liées à l'exposition aux poils de chenille processionnaires ont lieu majoritairement entre octobre et décembre (51), mois durant lesquels la chenille est la plus active et possède des poils urticants.

Chez les populations non exposées professionnellement aux chenilles processionnaires, des réactions d'hypersensibilité médiées par les IgE ont également été observées. Cette sensibilité dans les zones rurales est augmentée dans les zones infectées par les chenilles (50). Dans une étude de 2003 menée sur une population pédiatrique de 1101 enfants en Espagne, une réaction de contact aux poils de chenille processionnaires a été enregistrée pour 9,18% des participants ; sur ce pourcentage, 6,7% étaient causés par un mécanisme IgE dépendant (52).

L'allergène responsable des mécanismes IgE dépendants des poils de chenille processionnaire a été isolé et identifié .C'est une sous-unité de la thaumétopoïne de 15 000 daltons dit Tha p 1 (53).

I.4.3.4. Chitine et inflammation

La chitine est un polysaccharide constituant les structures rigides chez certaines espèces, notamment les insectes et les champignons. Elle est l'un des constituants des poils urticants de la chenille processionnaire du pin. La chitine n'est pas présente naturellement dans les tissus des mammifères mais est dégradée par des chitinases, présentes elles, dans ces mêmes tissus.

La chitine, lorsqu'elle pénètre dans l'organisme grâce au poil urticant, peut se lier à des récepteurs sur les macrophages qui vont produire des chitinases et d'autres régulateurs de l'inflammation, comme des cytokines pro-inflammatoires, contribuant au processus inflammatoire (Figure 22) (54).

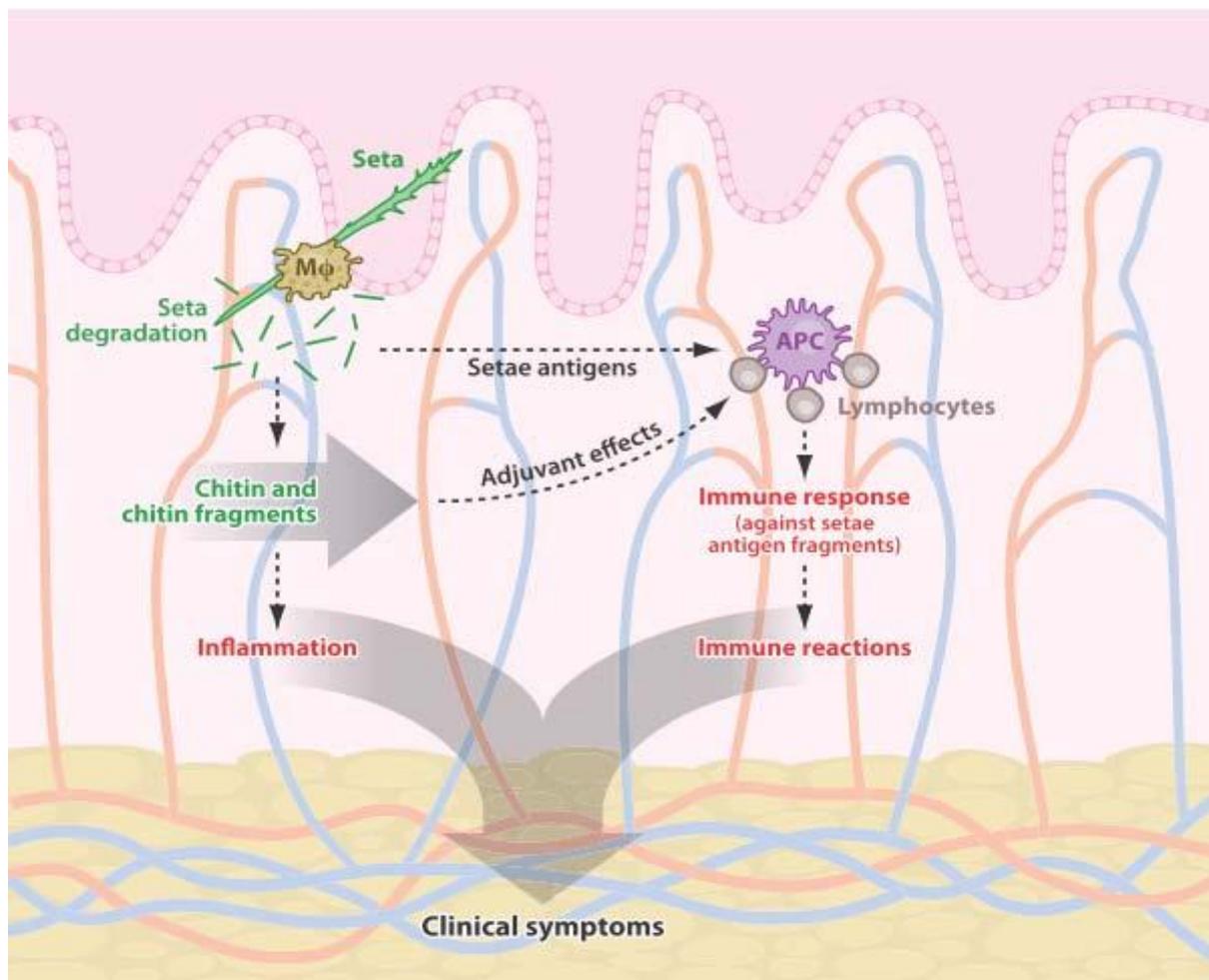


Figure 22 : Rôle de la chitine et de ses produits de dégradation dans le mécanisme inflammatoire lié au contact avec un poil de processionnaire (55)

Les chitinases vont dégrader la chitine des poils urticants et produire des fragments chitineux et autres protéines aux composants antigéniques qui peuvent se lier aux cellules immunitaires tels que les lymphocytes T et moduler leurs activités (55).

La chitine présente dans les poils de la chenille processionnaire du pin et ses produits de dégradation peuvent donc provoquer un processus inflammatoire parallèlement au processus inflammatoire et allergique de la thaumétopoéine.

II. Moyens de lutte (avantages/inconvénients) et résultats

La lutte contre la processionnaire du pin en France s'exerce depuis longtemps (56) ; divers moyens de lutte coexistent tout au long du cycle de la chenille afin de réduire les niveaux de pullulations sur la métropole. Ces méthodes ont évolué avec le temps, les premières faisant état de l'utilisation de glue pour arrêter l'avancée des processions et les dernières en date utilisant des fusils de paintball afin de projeter des phéromones sexuelles. D'autres ont été abandonnées comme la lutte chimique qui, avant son interdiction, prévalait comme méthode la plus utilisée. En 2009, la méthode majoritairement utilisée était la lutte mécanique (Figure 23).

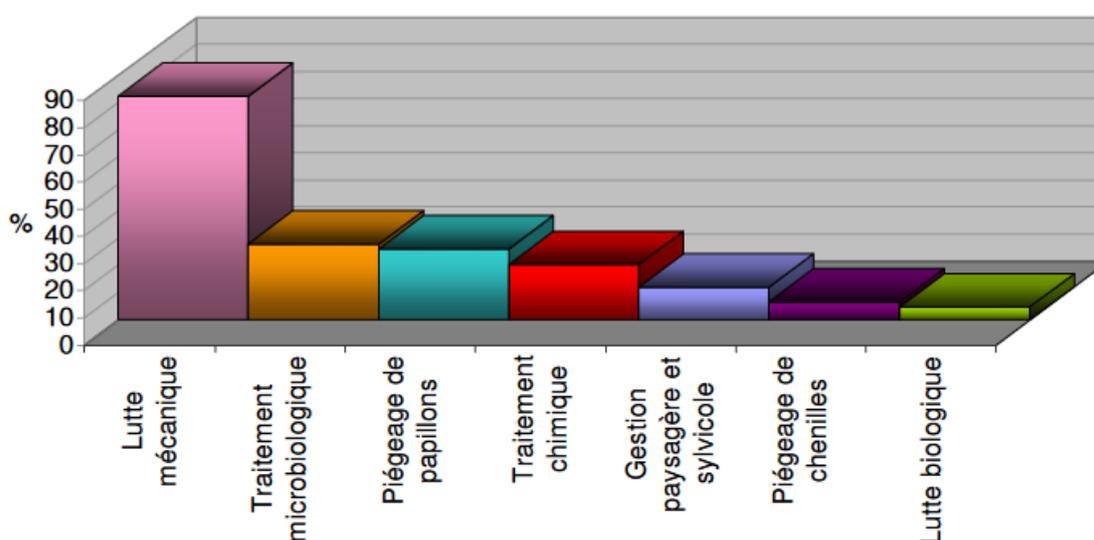


Figure 23 : Type de lutte utilisé en pourcentage, étude de 2009 (57)

Toutes ces techniques sont dépendantes du cycle de la processionnaire et elles ne peuvent donc être utilisées que lors de certaines périodes de l'année et selon le climat de la région infestée (Annexe 3).

II.1. Lutte mécanique

La lutte mécanique consiste en la destruction ou le prélèvement manuel des pontes, des pré-nids ou des nids d'hiver (57). Elle doit se faire de la période des pontes à celle des processions. On peut utiliser à cette fin un sécateur ou un échenilloir (sécateur monté sur un mât) afin de couper et de récupérer la branche sur laquelle repose le nid ou l'aiguille sur laquelle a eu lieu une ponte (Figure 24). Les nids ainsi prélevés sont soit incinérés dans un container afin d'éviter toute diffusion des poils lors de l'incinération, soit laissés à tremper pendant 24 h dans un bac d'eau et un mouillant.

La soie des nids, leur tissage ainsi que la présence d'excréments et leur humidité rend néanmoins très résistants (56) les constructions des chenilles processionnaires à ces deux procédés de destruction. Il faut ainsi vérifier à la fin de la procédure que les chenilles ont bien été détruites.

Un nid vide contient tout de même des poils urticants, et il est donc important de respecter les mêmes procédures et règles de vigilance qu'avec un nid contenant des chenilles.



Figure 24 : Echenillage d'un pin à l'aide d'un échenilloir en tenue de protection (58)

Afin de se protéger des effets urticants des poils et d'autres risques liés aux chenilles, il faut se munir d'une combinaison de protection incluant gants, lunettes et masque.

Cette méthode demande beaucoup de temps et de personnel ; les arbres sont traités nids par nids, et elle n'est donc utilisée que sur des petites surfaces en forêt et en ville, sur des arbres isolés ou des jardins, des lieux publics ou des parcs (Tableau 2).

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la lutte mécanique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de mise en œuvre sur les arbres bas • Faible coût • Ecologique • Applicable en zone urbaine 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu utilisable sur les arbres de plus de 3m de hauteur sauf utilisation de nacelles • Consommatrice en moyens humains et nécessitant une main d'œuvre qualifiée • Impossibilité de traiter une grande surface • Nécessité de protection et risque sanitaire

Des variantes ont été utilisées pour détruire les nids à distance en utilisant notamment des tirs de fusil afin de détruire la branche et le nid par la même occasion. Ce procédé à contrario des deux autres méthodes de destruction citées plus haut va disperser les poils mais peut être vu comme un gain de temps.

On notera également l'utilisation de glue étalée en ceinture entourant le tronc de l'arbre infesté afin d'empêcher les chenilles de descendre de l'arbre. Cette méthode n'empêche pas totalement les chenilles de passer car elles vont passer par-dessus ou jouer de leur poids pour se détacher (59).

II.2. Lutte microbiologique

En 1902 au Japon a été découvert sur des chenilles malades du vers à soie une bactérie : *Bacillus thuringiensis*. Depuis, de nombreuses souches aux propriétés insecticides ont été découvertes et commercialisées dans la lutte contre diverses espèces de chenilles (60).

La lutte biologique consiste ainsi à appliquer sur les stades larvaires une substance contenant la variante kurstaki de *Bacillus thuringiensis*. Le bacille produit une protéine cristallisée durant l'étape de sporulation qui une fois ingérée par les chenilles et en présence de pH alcalin, se transforme en protéine toxique qui attaque la paroi de l'intestin moyen ; la chenille cesse alors de s'alimenter dans les 5 jours suivant l'inoculation et finit par mourir (Figure 25) (61,62).

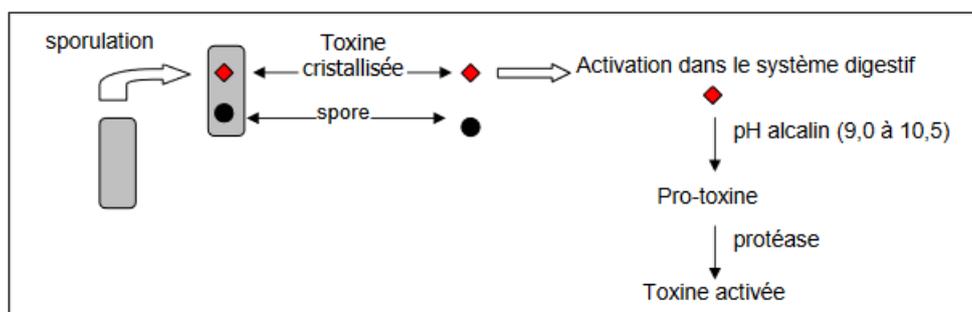


Figure 25 : Mode d'action du *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* sur les larves de la processionnaire du pin (9)

On cible ici les chenilles à tous les stades de développement allant de L1 à L4, donc pendant toute la durée du développement larvaire de septembre à décembre. Les zones traitées sont de grandes surfaces en régions boisées, des cultures forestières ou ornementales mais également de petites surfaces (Tableau 3). Elles varient selon le matériel utilisé pour l'épandage. On peut utiliser :

- Un moyen aérien : par avion ou hélicoptère, équipés d'un système d'épandage qui diffuse sur des zones délimitées grâce au traitement assisté par GPS. Ce traitement est soumis à une stricte réglementation et ne se fait qu'à la demande d'une municipalité ou du département ;

- Un canon atomiseur fixé sur un véhicule permettant de traiter des surfaces plus petites. Le véhicule propulse le produit mélangé à de l'air (Figure 26) ;
- Un atomiseur porté sur le dos de l'utilisateur permettant de traiter des surfaces délimitées. Le matériel utilisé est lourd et ne permet d'atteindre que les arbres de taille moyenne ;
- Une lance télescopique pour une application précise sur les nids présents sur les petits arbres.



Figure 26 : Canon atomiseur monté sur un pick up (58)

Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la lutte microbiologique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Spécifiques aux lépidoptères • Faiblement toxique sur les autres espèces (63) • Préservation de la faune • Courte rémanence du produit sur les feuilles (15 jours) (64) 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins efficace sur les stades L4 et L5 • Le traitement doit se faire dans de bonnes conditions météorologiques (la pluie et le vent sont handicapants durant les épandages) • Réglementation stricte des épandages

II.3. Piégeage des papillons

On cible ici les papillons mâles ; ceux-ci vont, après l'émergence, partir à la recherche d'un papillon femelle guidés par une phéromone qu'elle émet. L'objectif est de réduire le nombre d'accouplement pendant la période de vol des adultes et ainsi diminuer le nombre de ponte (57).

Les pièges sont installés avant la période de l'émergence qui varie selon le climat de la région (Figure 27), ils contiennent de la ptyolure qui est la phéromone spécifique de l'espèce. Le papillon mâle va être attiré et tourner autour du piège avant de finir par y tomber.

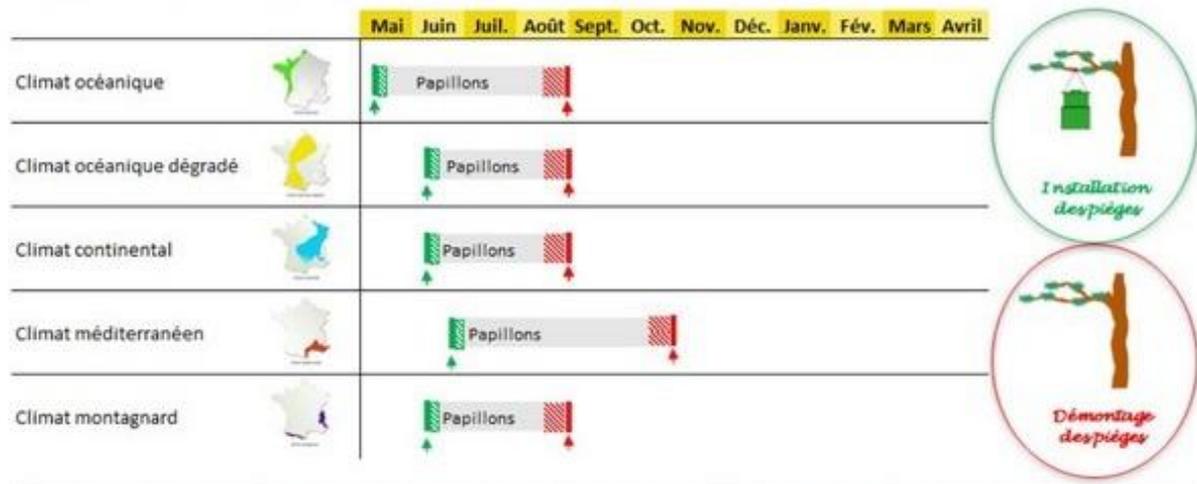


Figure 27 : Période d'installation et de démontage des pièges à phéromones en fonction du climat (65)

Les diffuseurs chargés de phéromone sexuelle de synthèse sont disposés à l'intérieur des pièges qui sont eux même installés de façon à quadriller une surface petite ou grande, à la fois en forêt et en zone urbaine (rond-point, parc, jardin). On compte entre 6 et 9 pièges par hectares installés en lisière de forêt, en hauteur pour les rendre inaccessibles au public. La persistance de la phéromone via les diffuseurs est de 11 semaines (66) ce qui couvre la période de vol des adultes. Le piégeage des papillons ne limite cependant pas la possibilité d'une infestation par une femelle venant d'une zone avoisinante (67).

Il existe une multiplicité de pièges à papillon (Figure 28) plus ou moins faciles à mettre en place et dont le rendement diffère.



Figure 28 : Différents types de Funnel trap (pièges à phéromones) testés pour piéger la chenille processionnaire (67)

La hauteur à laquelle est placé le piège influe sur l'efficacité du piège. Ceux placés à une hauteur de 10-15 m attrapent le plus de papillons, ceux placés à moins de 10m en attrapent 4 fois moins et ceux à moins de 5 m n'en attrapent que très peu (68).

Une autre méthode de lutte utilisant les phéromones est utilisée contre les Lépidoptères, c'est la confusion sexuelle (69,70). Elle consiste à diffuser une quantité importante de phéromones dans l'environnement ; cela entraîne une confusion chez le mâle qui est désorienté et localise difficilement la femelle appelante. Cette méthode n'est sans doute pas viable dans la lutte contre la processionnaire du pin à cause des grandes étendues de forêts à traiter demandant un coût humain et des ressources importantes. Elle est utilisée en majorité par les agriculteurs pour d'autres nuisibles, le traitement permet alors une rentabilité sur un an. Mais cela ne s'applique pas aux forêts, le coût d'un tel traitement ne sera rentable qu'après plusieurs années (71). Cette technique n'est efficace que dans les zones de population faibles ou moyennes. Dans une zone de forte densité, la probabilité qu'un mâle trouve une femelle est augmentée (Tableau 4).

Tableau 4 : Avantages et inconvénients du piégeage des papillons

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Pose facile (néanmoins dépendante du piège utilisé) • Faible coût • L'armature du piège est réutilisable • Cible spécifiquement l'espèce voulue 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté de la mise en place et faibles rendements sur des pins isolés ou d'alignement • Saturation rapide des pièges • Contenance variable suivant le type de piège utilisé

Depuis 2017, l'utilisation de fusil à air comprimé et de billes de paintball remplies de phéromones permet de faciliter l'utilisation de la méthode de confusion sexuelle. Elle a notamment été essayée avec un retentissement médiatique à Pau en 2021 (Figure 29). Les équipes visent les hauteurs des arbres afin de répandre la phéromone qui va désorienter les mâles.



Figure 29 : Chef d'équipe tirant sur un arbre des billes de phéromones (72)

II.4. La lutte sylvicole

Le principe de cette lutte est simple. Il s'agit de limiter les plantations d'espèce unique. En améliorant la biodiversité des peuplements et en privilégiant les feuillus à la place des résineux, la progression de la processionnaire du pin est ainsi freinée. L'objectif est double :

- Premièrement : réduire le nombre potentiel d'arbres hôtes ainsi que leur accessibilité par l'abattage d'arbres infestés ou isolés (en bordure). Deuxièmement : par la

plantation d'arbres peu propices à la processionnaire du pin et potentiellement répulsifs (16) pouvant jouer sur la capacité de la larve à se nourrir et à évoluer ;

- Augmenter le nombre de prédateurs en leur constituant un refuge naturel.

La cible ici est le papillon adulte qui cherche un lieu de ponte mais également la larve qui ne pourra pas grandir dans des conditions optimales. Cette méthode de lutte peut être mise en place en ville ou en forêt. De manière générale, il s'agit là de lutter par prévention contre les infestations (Tableau 5).

Sa mise en place est conditionnée par l'agencement spatial de la zone ; on va soit créer des zones mélangeant les espèces, soit entourer les peuplements de pins par des arbres d'autres espèces à croissance rapide comme les tilleuls, les peupliers et les érables.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la lutte sylvicole

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Préservation de l'environnement• Restauration de la biodiversité• Lutte naturelle, non toxique• Prévention	<ul style="list-style-type: none">• Lutte sur le temps long• Nécessite une planification et une gestion

II.5. Le piégeage des chenilles : dispositif éco-piège

On utilise ici la caractéristique phénologique la plus connue de la processionnaire du pin ; en effet, on joue sur la séquence comportementale de la procession. Cette méthode de lutte vise à piéger les chenilles lorsqu'elles descendent de l'arbre. Les chenilles sont arrêtées par une collerette qui entoure le tronc de l'arbre ; en cherchant un chemin afin de continuer leur procession, les chenilles tombent dans un trou ouvrant sur un sachet de terre. C'est dans ce sachet qu'elles vont commencer leur nymphose plutôt que dans le sol au pied de l'arbre. A la fin de la période des processions, le sac sera retiré et le contenu brûlé.

Les pièges visent donc le stade L5 et nécessitent une installation avant le départ des processions (Figure 30).

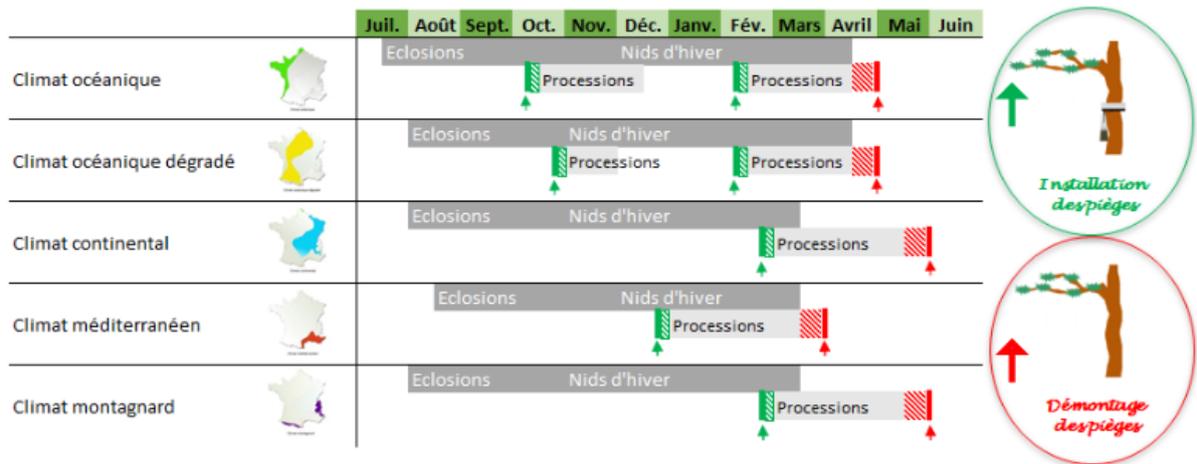


Figure 30 : Période d'installation et de démontage des éco-pièges en fonction du climat (73)

Ce type de piège est essentiellement utilisé sur les arbres isolés (Tableau 6), en ville ou dans des parcs/jardins. Il doit être installé à une hauteur suffisante pour être hors d'atteinte des enfants et une tenue de protection est recommandée au moment de traiter le sac car les chenilles sont à un stade urticant (Figure 31).



Figure 31 : Photo d'un éco-piège ceinturant un arbre (74)

Tableau 6 : Avantages et inconvénients de l'éco-piège

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Pas de dispersion des poils • N'abîme pas les arbres • Faible coût • Réutilisable (sauf le sac), la collerette peut être laissée sur l'arbre • Très adapté à la lutte en ville 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de perforation du sac par des enfants ou des prédateurs • Dégradation possible du piège • Les chenilles peuvent s'échapper au niveau de la collerette • Protection nécessaire pour enlever le sac

Testé en 2009 par l'Unité Expérimentale Forestière Méditerranéenne du Centre de Recherche d'Avignon de l'INRA (75), l'éco-piège a fait depuis son chemin dans la lutte contre la processionnaire et est maintenant utilisé sur tout le territoire français.

II.6. La lutte biologique par conservation (exemple des mésanges)

La chenille processionnaire du pin subit les attaques de divers animaux au cours de son cycle de développement (57):

- Au niveau des parasites, pour les pontes, on peut citer les guêpes *Ooencytus pityocampa* et *Baryscapus servadei* ; pour les chenilles, les mouches *Phyxe caudata* et la guêpe *Erigorgus fermorator* ; enfin, pour les chrysalides, la guêpe *Coelichneumon rudis* et la mouche *Villa brunnea* ;
- Pour les prédateurs, la sauterelle *Ephippigier ephippigier* s'attaque aux pontes, la mésange charbonnière *Parus major* et la syrphé *Xanthandru contus* chassent les chenilles, la huppe *Upupa epops* quant à elle se nourrit des chrysalides.

La mésange (Figure 32) est utilisée dans la lutte contre la processionnaire afin de réguler sa population. Elle est en effet le plus grand prédateur de la chenille processionnaire ; elle consomme jusqu'à 500 chenilles par jour en période hivernale où elle doit chasser suffisamment pour se nourrir et en période de nidation, afin de nourrir ses petits (76).



Figure 32 : Une mésange charbonnière se nourrissant sur un nid (77)

On place ainsi des nichoirs artificiels afin de favoriser la nidification et la présence de la mésange sur les lieux à traiter. Ces nichoirs sont installés au début de l'automne, en hauteur afin que la mésange se sente en sécurité. On estime le nombre de nichoirs nécessaires à huit par hectare.

Cette méthode de lutte cible les chenilles et peut être utilisée en ville comme en forêt. Les nichoirs nécessitent un entretien à partir de septembre (Tableau 7).

Tableau 7 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de nichoirs à mésange

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût • Réutilisable si entretien annuel • Ecologique et non toxique 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité dépendante de la colonisation du nichoir • N'est pas suffisante seule • Le processus de nidification peut être long • Nécessite un nettoyage annuel

II.7. Lutte par traitement chimique (plus utilisé en France)

Historiquement très utilisée, la lutte chimique est peu à peu abandonnée pour d'autres types de luttes comme la lutte microbiologique ; en cause, la réglementation stricte des produits utilisés et l'impact sur l'opinion public des traitements chimiques dans l'ensemble liés à une évolution des mentalités en la matière poussant vers des solutions plus « naturelles ». Pour ce qui est des pays de l'UE, tous les produits utilisés dans la lutte chimique contre la processionnaire du pin ne sont plus autorisés à cette fin (78).

Deux produits sont actuellement utilisés aux Etats-Unis : le diflubenzuron et la bifenthrine. Ils agissent différemment :

- Le diflubenzuron est un larvicide d'ingestion de la famille des benzoylurées. Il perturbe le dépôt de chitine dans la cuticule en provoquant des lésions tissulaires. Les larves meurent immédiatement ou sont tuées lors de la mue suivante, leur cuticule ne résistant pas à la tension musculaire exercée (79) ;
- La bifenthrine est un insecticide et un acaricide de la famille des pyréthriinoïdes. Il agit en bloquant de façon irréversible les canaux sodium des membranes des neurone (80).

On cible ici les stades de L1 à L5 durant toute la durée du développement larvaire hivernal. Les moyens de dispersion sont les mêmes que pour la lutte microbiologique.

III. Dangers pour l'Homme et l'animal, rôle du pharmacien

Les poils urticants de la chenille processionnaire du pin représentent un danger à la fois pour l'homme mais aussi pour les animaux. Le contact avec les poils se font de manière diverse :

- Par contact direct avec la chenille ou des nids qui peuvent tomber des arbres infestés
- Par contact direct avec les poils. Ils sont facilement aéroportés du fait de leur faible poids et les chenilles vont les libérer dès qu'elles se sentent attaquées ; ils restent donc facilement présents dans l'air après une attaque de nid
- Par contact indirect via différents vecteurs tels que le sol infecté, les branches d'arbres portant des poils, les animaux de compagnie porteurs de poils

Les poils urticants, du fait de leur composition à base de chitine, mettent du temps à se dégrader dans l'environnement. D'après l'ONF (Office National des Forêts), ils resteraient menaçants jusqu'à 2 ans après leur expulsion (24). Ils vont donc conserver leurs capacités urticantes ce qui rend toute manipulation de nid même vide dangereuse.

Les voies de contaminations décrites sont : par voie cutanée, ophtalmique, respiratoire et par ingestion.

III.1. Risques chez l'animal

A l'exception des espèces prédateurs de la chenille processionnaire du pin qui s'en nourrissent sans en subir la toxicité telles que la mésange charbonnière ou la huppe fasciée ; toutes les autres espèces d'animaux peuvent faire l'objet d'envenimations. Différents cas ont ainsi été décrits au fil des années concernant à la fois les animaux domestiques (chien, chat et chevaux) et les espèces de rente (bovins, ovins, porcins).

Dans la sphère des animaux domestiques, le chien est plus touché que le chat, ce qui peut s'expliquer par une tendance comportementale différente des deux espèces. Le chat étant de nature plus méfiante, il est rarement en contact avec la chenille, au contraire du chien qui s'intéresse aux curieuses processions.

L'âge influe également sur les envenimations des animaux domestiques ; en effet, plus l'animal est jeune et plus il est curieux, et joueur (81), comportement que l'on retrouve chez l'homme.

Les contaminations chez le chat et le chien se font majoritairement au niveau buccal.

III.1.1. Symptomatologie rencontrée chez le chien et le chat

III.1.1.1. Symptômes locaux

III.1.1.1.1. Atteinte buccale

Le comportement d'un chien après un contact oral se modifie ; il devient nerveux, avale beaucoup, essaye de toucher sa bouche avec ses pattes, attitude traduisant une douleur intense, et présente une hypersalivation (ptyalisme). En quelques minutes, se développent un œdème buccal et une stomatite qui peuvent être assez sévères au point de d'obstruer la bouche. La glossite peut être très marquée et provoquer l'extériorisation de la langue en dehors de la cavité buccale, c'est-à-dire, une macroglossie. Ces symptômes entraînent généralement une dysphagie qui motive l'appel en urgence des propriétaires, l'animal ne pouvant plus ni boire ni manger (Figure 33).

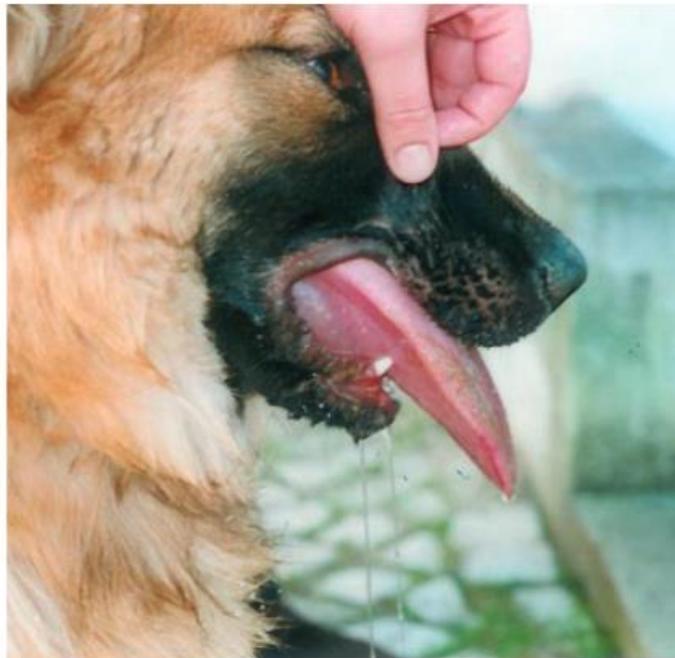


Figure 33 : Hypersalivation et œdème lingual et sublingual chez un chien, une heure et demie après contact avec une chenille processionnaire (82)

Un œdème laryngé peut également être observé induisant une détresse respiratoire (83) ; ces symptômes sont similaires à une réaction anaphylactique.

Après quelque temps, on observe une cyanose de la langue due à une difficulté d'irrigation de la zone. Une inflammation des glandes sublinguales et du frein de la langue peut également se produire (Figure 34). Enfin, il y a apparition de papules et d'ulcérations sur les faces ventrales et dorsales de la langue (84).



Figure 34 : Œdème marqué de la langue et du frein de la langue chez un chien après exposition à la processionnaire (84)

Chez les chats, on décrit également des œdèmes sur la langue et les gencives principalement, mais aussi, des ulcérations, des lésions vésiculaires et des changements de couleurs de la langue (81)

Chez les deux espèces, la coagulation sanguine au niveau des vaisseaux linguaux empêche l'oxygénation des tissus et provoque dans certains cas, une nécrose (Figure 35) sous deux à cinq jours après le contact avec la chenille processionnaire (83).



Figure 35 : Nécrose linguale étendue chez un chien 72h après contact avec une chenille processionnaire (82)

III.1.1.1.2. Atteintes cutanées

Les atteintes cutanées sont rares comparativement aux Hommes où elles représentent la voie la plus documentée.

On observe à la fois chez les chats et les chiens, des urticaires, des prurits, et des œdèmes faciaux. Ces symptômes sont généralement centrés sur la face (Figure 36) mais peuvent se retrouver sur l'ensemble du corps dans les situations où l'animal s'est roulé sur une procession ou un nid avec des rashes cutanés intenses. Ont aussi été décrit, des pododermatites lorsque l'animal avait marché sur des zones infestées.

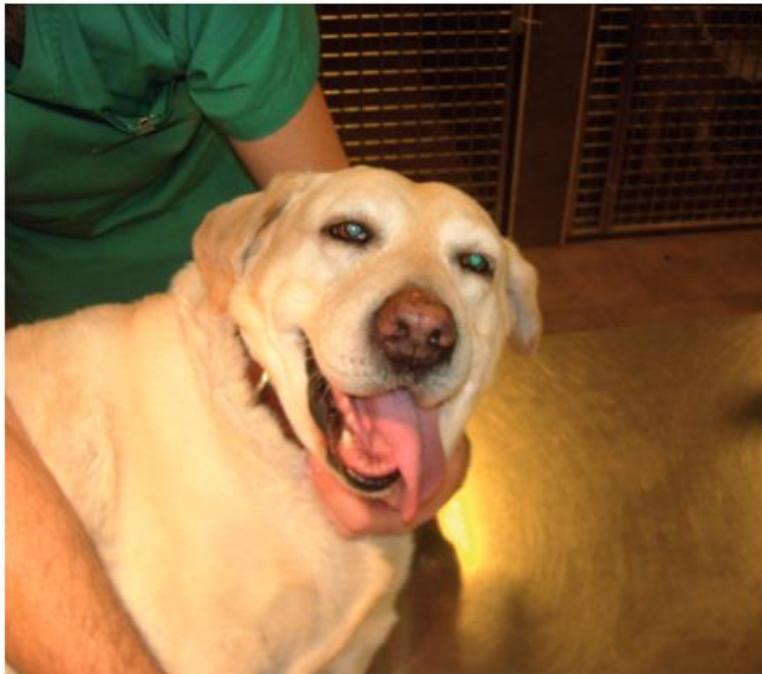


Figure 36 : Œdème facial et péri-orbital (83)

III.1.1.1.3. Atteinte oculaire

L'atteinte oculaire est le plus souvent accompagnée d'une atteinte cutanée. Elle présente la même symptomatologie que chez l'Homme avec des kératites, des conjonctivites (Figure 37), des ulcérations cornéennes (85). Elle s'accompagne de larmoiement, de photophobie et de douleurs.



Figure 37 : Conjonctivite sévère avec hyperémie et chémosis après contact chez un chien (85)

III.1.1.1.4. Atteinte respiratoire

Au niveau respiratoire, on observe essentiellement des complications liées à l'exposition buccale ou dû à une réaction généralisée. Les œdèmes qui se forment au niveau des glandes et de la langue peuvent boucher les voies respiratoires et entraîner une dyspnée et une détresse respiratoire (82,84). A été décrit également la formation d'un œdème laryngé nécessitant une intubation en urgence. Des complications allergiques avec une réaction anaphylactique peuvent également entraîner une asphyxie.

III.1.1.2. Atteinte généralisée

Les symptômes généraux décrits font état de vomissements, d'hyperthermie, de tachycardie liée aux difficultés que l'animal contaminé rencontre à respirer, et d'œdèmes dans différentes localisations. Associées à l'ingestion de poil ou de chenille, une douleur, une difficulté à se nourrir avec un changement de comportement incluant une perte d'appétit, et l'apparition d'un œdème laryngo-trachéal ont été décrites. Très rarement, dû à la réponse inflammatoire, une coagulation intravasculaire disséminée peut se produire et entraîner la mort de l'animal (83).

III.1.2. Traitement chez l'animal contaminé

Un traitement réussi chez l'animal repose sur sa rapidité de mise en place ; plus le traitement est précoce, plus les conséquences seront limitées car chez l'animal, l'envenimation peut conduire à la mort (86).

Les atteintes cutanées sont traitées comme chez l'humain, par l'éviction des poils et une thérapie à base d'antihistaminiques (par exemple, la prométhazine) et de corticoïdes (par exemple, la dexaméthasone). Peuvent y être associée, une antibiothérapie à spectre large

selon l'état des zones exposées afin de prévenir une infection (84). Également, afin de diminuer la douleur, des antalgiques (morphine, fentanyl) peuvent devenir nécessaires.

Au niveau des yeux, un lavage abondant qui peut néanmoins être dangereux et faire progresser les poils dans l'œil est conseillé. Le traitement est ensuite symptomatique, là aussi à base d'anti-inflammatoires sous forme de collyres, ou par voie parentérale accompagné d'une antibiothérapie.

Pour les atteintes buccales, on va en priorité éliminer la source de l'inflammation, lutter ensuite contre les œdèmes et enfin, prévenir les complications. Le traitement fait à nouveau appel à des corticoïdes comme la dexaméthasone ou le solumédrol par voies générale ou parentérale en cas d'obstruction due aux œdèmes. Afin de prévenir la nécrose de la langue, des injections d'héparine sont faites localement. Si celle-ci n'est pas prévenue, l'animal peut perdre une partie de sa langue et une plastie peut devenir nécessaire afin que l'animal puisse continuer à se nourrir (Figure 38).

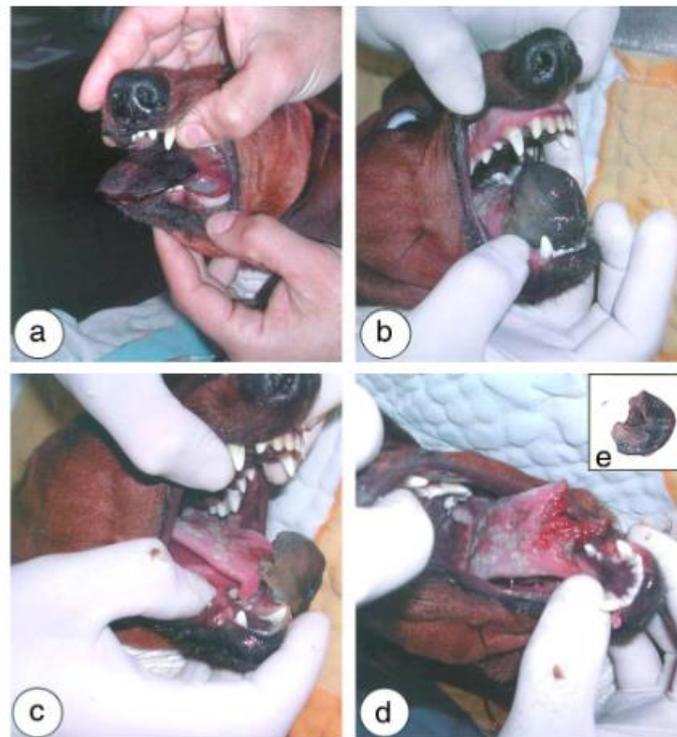


Figure 38 : Lésions et nécrose de la langue chez un chien à la suite de l'envenimation d'une chenille processionnaire (84)

- a) Photo de la cavité buccale à j 2 avec nécrose et œdème du frein de la langue
- b) J3, stomatite et ulcères sur la face dorsale de la langue
- c) J5, perte de la partie apicale de la langue et suppuration
- d) J5, après intervention chirurgicale et e) partie nécrotique ôtée

III.2. Envenimation chez l'Homme

Les envenimations chez l'Homme ne sont que peu décrites du fait de leur caractère majoritairement bénin et peu médicalisé. Les réactions observées sont également très communes avec d'autres types de réactions allergiques qui peuvent leur être concomitantes comme l'allergie aux pollens.

La gravité des symptômes de l'envenimation à la chenille processionnaire du pin va varier selon la voie de contamination, l'importance de l'exposition et la sensibilité du sujet à la protéine urticante.

Pour les Hommes, la majorité des envenimations ont lieu en forêts et en zones rurales (87). Elles vont toucher les personnes les plus exposées, les professionnels des forêts qui ont, selon une étude de 2003, 5 fois plus de risques de développer des réactions cutanées que le reste de la population. Pour les collecteurs de pommes de pin, ce facteur monte jusqu'à huit (87).

Les promeneurs peuvent aussi être atteints ; en effet, des cas d'envenimations peuvent avoir lieu lors de promenades, également dans des jardins publics ou privés.

Les cas décrits sont néanmoins majoritairement des enfants (88) qui jouent avec les chenilles ou les nids (Figure 39).

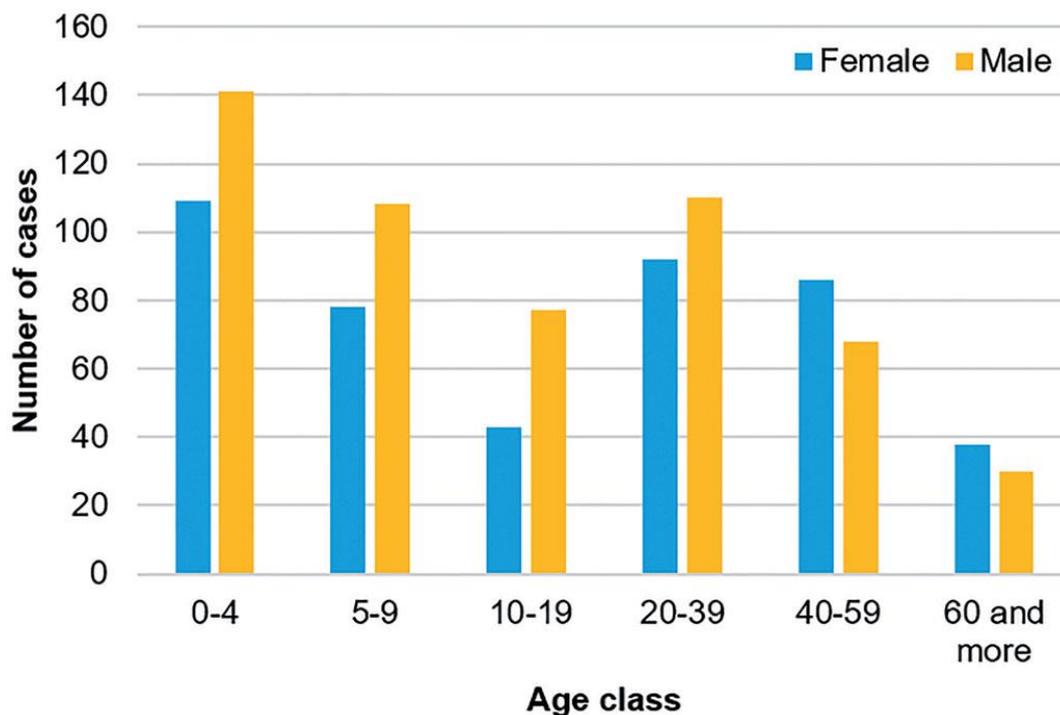


Figure 39 : Distribution des cas par âge et sexe de janvier 2012 à juillet 2019 (Vasseur P et al. 2021) (88)

Les envenimations par la chenille processionnaire du pin peuvent se produire tout au long de l'année du fait des caractéristiques des poils urticants et de la résistance des nids. Il existe néanmoins une saisonnalité des cas symptomatiques. Entre janvier et avril, le nombre d'expositions explose, ce qui correspond à la période des processions. Mais, selon les années et le climat, cette période peut être augmentée d'octobre à juin (Figure 40).

Les chenilles ayant des propriétés urticantes à partir du stade 3 (soit à partir du mois de septembre pour une année au climat normal) des cas sont tout de même enregistrés en dehors de la période des processions.

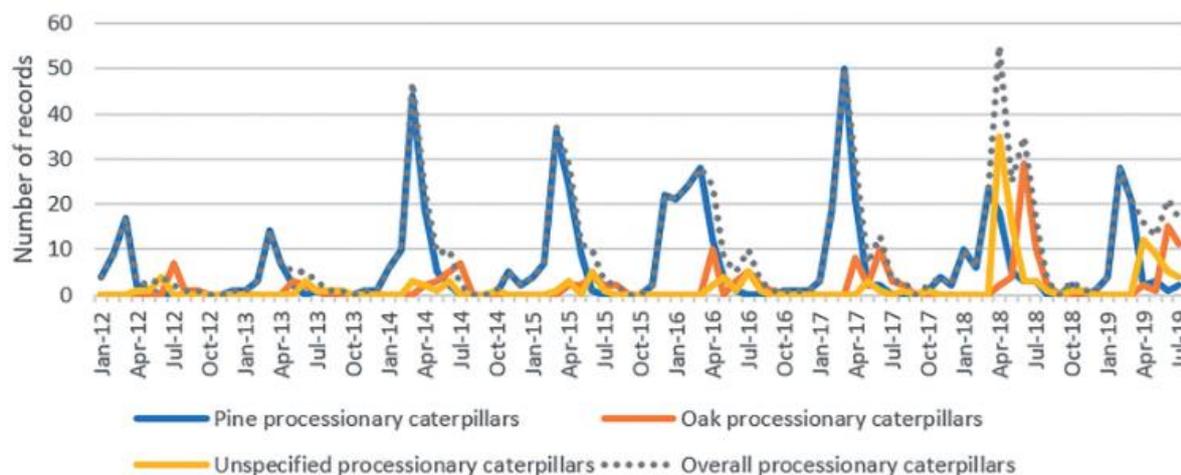


Figure 40 : Nombre de cas symptomatiques associés à l'expositions aux chenilles processionnaires de janvier 2012 à juillet 2019 (n=888) (88)

Chez l'Homme, les symptômes décrits sont majoritairement cutanés ; viennent ensuite les atteintes ophtalmique, générales, oro-pharyngées, respiratoires, digestives et enfin, neuromusculaires (Tableau 8).

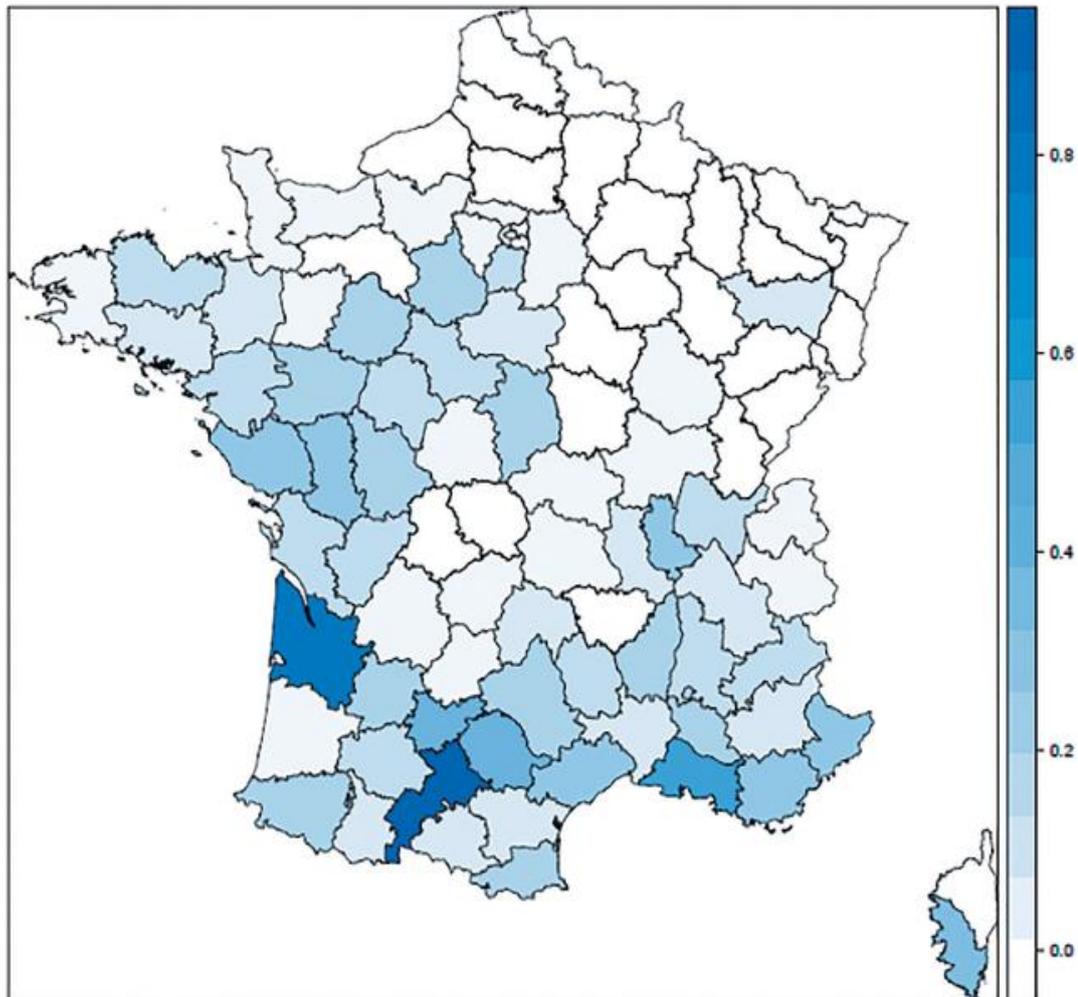
Tableau 8 : classification des symptomatologie des cas associés à la chenille processionnaire enregistrés par les centres anti-poisons de janvier 2012 à juillet 2019, (n= 1022) (88)

^a Les cas peuvent avoir présenter un ou plusieurs symptômes de la même classe ou de classe différente

^b Nombre de cas avec un ou plusieurs symptômes par rapport au nombre total de cas

	<i>n</i> ^a	% ^b
Skin	987	96.6
Eyes	86	8.4
General	41	3.8
Oropharyngeal	33	3.2
Respiratory	29	2.8
Digestive	25	2.4
Neurological or neuromuscular	20	2.1
Other	7	0.7

En France, au cours des années 2012 à 2019, les cas d'envenimations par la processionnaire du pin ont eu lieu en majorité dans le Sud de la métropole, ce qui correspond à la présence géographique la plus anciennement décrite. Les cas sont cependant nombreux sur la façade atlantique avec un pic en Gironde en 2018 avec 50 cas enregistrés (Figure 41).



III.2.1. Risque sanitaire chez l'Homme

La présence des poils de chenille processionnaire du pin ainsi que l'action des substances inflammatoires dont la thaumétopoéine sur le corps humain vont provoquer différentes réactions selon la zone touchée.

Les différentes atteintes sont proches de celles observées à la suite de l'envenimations par d'autres espèces urticantes, notamment par celles de la processionnaire du chêne. La symptomatologie révèle ainsi à la fois des atteintes cutanées et des atteintes oculaires mais aussi, des atteintes digestives et respiratoires engendrées par l'absorption de poils (87).

La gravité des symptômes peut varier selon qu'il y a déjà eu une exposition et selon le niveau d'exposition. Les cas sont majoritairement bénins mais peuvent être dans certains cas compliqués d'atteintes systémiques (89). Comme vu précédemment, certaines catégories socio-professionnelles (50) sont plus sensibles que d'autres en cas de contamination telles que les échenilleurs car elles sont plus exposées.

III.2.1.1. Contact avec la peau

Lors de contact avec la peau, sont essentiellement concernées les zones qui ne sont pas couvertes par des vêtements, et donc, les extrémités avant tout : les poignets, les avant-bras et les bras. Chez les enfants, on trouve la paume des mains et les espaces interdigitaux (87). Les membres inférieurs au niveau des chevilles et des pieds peuvent également être concernés. Le cou et le visage sont aussi touchés (oreilles, lèvres et paupières) ; de rares cas ont décrit des papules sur le tronc (cas d'une personne s'étant allongé sous un pin infesté. Les zones touchées peuvent être multiples du fait du grattage ; la sensation de démangeaison va provoquer par la réaction de l'individu contaminé, la propagation des poils sur différentes zones.

Les symptômes apparaissent généralement en quelques minutes mais peuvent mettre quelques heures à se manifester.

Les symptômes observés sont des manifestations papulo-œdémateuses, des rashes cutanés, des prurits associés à une vive douleur pouvant aller jusqu'à perturber le sommeil (Figures 42, 43 et 44). Ces papules vont souvent être associées à des lésions lorsque l'individu se gratte sur les zones contaminées.

Les atteintes cutanées chez l'homme sont majoritaires ; une étude de 2012 à 2019 a montré que les symptômes cutanés représentaient 96,6% des symptômes (88).

Les réactions se dissipent en une à deux semaines.



Figure 42 : Atteinte cutanée au niveau du coup (87)



Figure 43 : Dermatite au niveau de la cheville (87)



Figure 44 : Papules sur le dos d'un homme s'étant allongé sous un pin infesté (87)

III.2.1.2. Contact avec les yeux

Le vent ou les chenilles elles-mêmes vont porter les poils urticants qui vont entrer en contact avec l'œil. Les mouvements oculaires accompagnés de ceux des paupières peuvent entraîner les poils qui progressent alors à travers les diverses structures de l'œil (Figures 45 et 46).

Cette possibilité de pénétration intraoculaire définit la gravité de l'atteinte ophtalmique ; elle peut entraîner des conséquences rapides ou survenir au contraire des années après l'exposition. On peut donc observer des atteintes différentes en fonction de la durée écoulée après contamination de l'œil et de la pénétration des poils dans celui-ci.

- Atteinte précoce et superficielle de l'œil. Elle est due à la pénétration des poils et aux phénomènes inflammatoires qui vont découler de la libération de substance urticante

et de leur pouvoir histamino-libérateur. Vont apparaître ainsi en premier lieu des signes de conjonctivite : sensation de brûlure, larmoiements, photophobie, chémosis (œdème de la conjonctive) et tuméfaction (90). L'individu atteint va avoir une forte envie de se gratter l'œil.

Dans les jours suivants, la réaction inflammatoire va diminuer et au fur et à mesure, des nodules cornéens ou conjonctivaux vont apparaître due à la persistance des poils ; c'est une kératite noueuse. Ces nodules sont formés d'un infiltrat lymphocytaire et de cellules. Ont été décrit à ce stade des blépharites, des kératites (91) et des ulcères épithéliaux quand la cornée était atteinte. La chambre antérieure et l'iris peuvent être également lésés par les poils.

- Atteinte tardive des structures internes de l'œil dus à la migration des poils dans l'œil vers les structures internes. Cette migration est induite par les mouvements oculaires et palpébraux ainsi que par les frottements provoqués par les démangeaisons chez l'individu contaminé. Ce sont des manifestations qui se produisent de façon épisodique et peuvent être très distantes de la contamination initiale car le poil n'est pas éliminé rapidement par le corps. On observe des épisodes inflammatoires dans les différentes parties de l'œil là où le poil progresse. Également, sont décrit des lésions variables, à cause de la forme du poil en barbule et de la présence de chitine qui permet au poil rigide de s'ancrer aux différentes structures de l'œil.

A ainsi été reporté des hypopions (accumulation de pus dans la chambre antérieure de l'œil) dans la chambre antérieure d'un patient contaminé qui n'ont disparu qu'au bout de 3 mois après le début du traitement (90).

La pénétration intraoculaire des poils de chenilles processionnaire est à l'origine de manifestations tardives (92) décrites dans la littérature telles que :

- Kérato-conjonctivite (93)
- Uvéite chronique
- Cataracte
- Chorioretinite (94)
- Endophtalmie (95)
- Décollement de rétine (90)
- Cellulite orbitaire

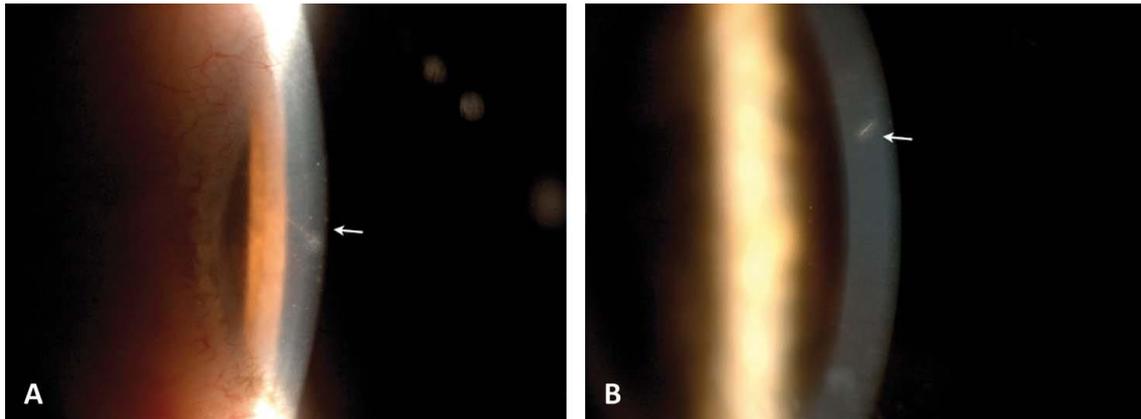


Figure 45 : Poil urticant de chenille processionnaire dans la cornée d'un œil (91)



Figure 46 : Kératite chez une patiente contaminée par des poils de chenille (91)

Les atteintes ophtalmiques représentent après les atteintes cutanées la part la plus importante dans la symptomatologie liés aux envenimements par la chenille processionnaire (88).

III.2.1.3. Ingestion

Les cas d'atteintes digestives chez l'homme sont rares. Elles sont principalement représentées par des toxicités digestives ayant eu lieu chez l'enfant ou l'adulte de moins de 19 ans. Les enfants vont porter les mains à la bouche après avoir joué sur une aire souillée par une procession ou après avoir touché une chenille ; un aliment peut également servir de convoyeur aux poils. L'appareil digestif n'est jamais exposé dans l'ensemble aux poils ; sont essentiellement représentés la bouche et dans de rares cas l'intestin, ce qui nécessite alors des soins urgents puisque la réaction devient systémique.

Ont ainsi été observés des cas d'inflammation des muqueuses buccales et intestinales s'accompagnant d'hypersalivation, de difficultés à déglutir, de douleurs abdominales et de vomissements (96).

Les atteintes du système digestif sont souvent associées à des réactions de type choc anaphylactique et à des atteintes du système respiratoire provoquées par l'inhalation de poils.

III.2.1.4. Inhalation

Les poils urticants des chenilles processionnaires du pin sont facilement aéroportés. Lorsque les chenilles sont attaquées ou qu'une projection de poil se produit pour d'autres raisons, les poils se dispersent dans l'atmosphère et peuvent atteindre des promeneurs ou des travailleurs qui passent dans une zone infestée. Les poils inhalés vont irriter les voies respiratoires et provoquer une inflammation. On observe alors des symptômes bénins sur les voies respiratoires supérieures tels que des éternuements, des maux de gorge, des muqueuses irritées et des toux (51) associés à des rhinites, des trachéites, des pharyngites et des laryngites.

D'autres symptômes plus graves ont été décrits comme l'apparition d'une dyspnée ou d'une détresse respiratoire (97).

Des cas d'asthme et d'œdème de Quincke suite à l'action de la thaumétopoéine sur la libération d'histamine peuvent également se produire (98).

III.2.1.5. Atteintes aggravées

Lorsqu'il y a une prédisposition allergique ou un contact répété avec des chenilles processionnaires, une réaction allergique peut avoir lieu. C'est le cas notamment chez les gardes forestiers, les jardiniers et les échenilleurs. La thaumétopoéine agit comme un allergène et entraîne une réaction qui s'entretient tant qu'elle est présente dans l'organisme. Elle va provoquer alors des symptômes plus graves qui vont s'exprimer plus rapidement mais qui sont sensiblement les mêmes que pour une simple exposition. Ces symptômes impliquent également différents systèmes.

On observe ainsi des réactions telles que des urticaires répandus sur le corps, des angioœdèmes, des bronchoconstrictions et des réactions anaphylactiques (48).

Lors d'un choc anaphylactique, le corps réagit de manière généralisée à un allergène ; il s'agit alors d'une urgence vitale et la personne doit être prise en charge rapidement.

Les envenimations par voies multiples amènent souvent à un tableau clinique plus sévère que celles qui se font par une voie unique (88) (Tableau 9).

Tableau 9 : Sévérité des cas symptomatiques associé à la larve de chenille processionnaire par âge, de janvier 2012 à juillet 2019 (n=984) (88)

PSS :score de sévérité ; PSS 1 : symptômes bénins se résolvant spontanément ; PSS 2 : symptôme prononcés et prolongés ; PSS 3 :symptômes sévère ou mettant la vie en danger

	<5 years		5-9 years		10-19 years		20-39 years		40-59 years		>60 years		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
PSS 1	245	96.5	183	98.4	116	96.7	194	96.0	144	93.5	65	95.6	947	96.2
PSS 2 or PSS 3	9	3.5	3	1.6	4	3.3	8	4.0	10	6.5	3	4.4	37	3.8
Total	254	100.0	186	100.0	120	100.0	202	100.0	154	100.0	68	100.0	984	100.0

Certaines envenimations peuvent tout de même être très dangereuses et mettre la vie de l'individu en danger sans être liées aux mécanismes allergiques de la thaumétopoéine. En 2006 a été décrit le cas d'un nourrisson de 15 mois qui dormait sous un arbre infesté ; la mère a trouvé une chenille processionnaire sur la langue du nourrisson. L'œdème facial qui en a découlé a nécessité une intubation en urgence. Les tests n'ont pas mis en évidence d'IgE spécifiques (99).

III.2.1.6. Autre atteinte

En 2003 (100), le cas d'un nourrisson de 11 mois ayant des doigts œdémateux après avoir été en contact avec une chenille processionnaire a été décrit. Le nourrisson avait été hospitalisé 3 mois avant à la suite d'une réaction cutanée aux poils urticants.

Les radiographies de ses doigts montraient des lésions et des inflammations au niveau des phalanges moyennes et distales. Le diagnostic proposé était celui d'un syndrome microgéodique, c'est-à-dire de cavité à l'intérieur des os. Une biopsie d'une zone ostéolytique a révélé une fibrose et des corps étrangers s'apparentant à des poils entourés d'un granulome épithélioïde.

III.2.2. Traitements chez l'Homme et rôle du pharmacien

Comme dit précédemment, la symptomatologie des envenimations de la processionnaire du pin sont rarement graves et reste en majorité bénignes. Les symptômes disparaissent également rapidement une fois le vecteur urticant éliminé.

Les traitements vont dépendre essentiellement de la voie de contamination et de la zone atteinte. Le pharmacien d'officine en tant que professionnel de santé vers lequel la population peut se tourner pour diagnostiquer et traiter les traumatismes bénins, va pouvoir apporter son expertise. Il jouera alors un rôle de conseil et pourra rediriger vers un médecin ou l'hôpital les personnes atteintes en cas de symptômes de gravité plus importante. En effet, en cas de contact de poils urticants avec la sphère ophtalmique, respiratoire ou en cas de réaction allergique forte, la prise en charge se déplacera alors vers l'hôpital.

III.2.2.1. Traitement des contacts cutanés ou érucisme

Lors des contacts cutanés avec les poils urticants de chenilles processionnaires, les symptômes sont souvent bénins. Ils peuvent néanmoins devenir une urgence vitale chez les nourrissons si le contact se fait aux alentours de la bouche.

Il faut en premier lieu éliminer les poils ou leurs vecteurs et éviter leur diffusion à d'autres zones du corps ou à d'autres individus. Pour cela, il est préférable de se munir de gants avant

d'ôter les vêtements portés au moment de l'envenimation. Ceux-ci devront être lavés à température élevée pour éliminer les poils.

Le patient devra autant que possible éviter de se gratter ce qui provoquerait une démangeaison plus importante. Pour retirer les poils urticants visibles implantés dans la peau, on peut utiliser du sparadrap. Si des poils sont présents dans les cheveux, il faudra les brosser.

Il est ensuite recommandé de laver la zone touchée à l'eau froide afin de ne pas provoquer de vasodilatation et d'afflux sanguin dans cette zone ce qui favoriserait la pénétration des poils et augmenterait la sensation de démangeaison. Les poils qui ne sont pas implantés fermement seront ainsi éliminés. La zone mouillée doit être séchée à l'air libre ; elle ne doit pas être essuyée avec une serviette ou touchée.

Afin d'éviter les démangeaisons et tout risque de grattage, on peut appliquer une compresse d'alcool ou d'ammoniaque froide recouverte par de la glace. Dans ce même objectif, le pharmacien peut conseiller des médicaments à action locale en vente libre tels que des crèmes contenant un antihistaminique comme le PHENARGAN® (crème à base de prométhazine) ou APAISYL® (gel contenant de l'isothipendyl). Afin de diminuer l'inflammation, le pharmacien d'officine peut conseiller également des crèmes à base de corticoïdes. Ces différents médicaments locaux ne sont pas à utiliser si la peau lésée est infectée.

Peuvent aussi être conseillés des antihistaminiques par voie orale à base de cétirizine notamment. Leur efficacité est cependant peu importante quand les symptômes cutanés ne sont pas dus à une réaction allergique. Dans cette optique, les corticoïdes per os ne seront utilisés que dans les cas graves. Afin d'apaiser la douleur, du doliprane peut être délivré.

Pour les nourrissons, les femmes enceintes, les personnes ayant des contre-indications avec les médicaments cités, ou préférant les médecines douces, l'homéopathie peut être utilisée. Le pharmacien peut alors conseiller, en traitement local, le gel DAPIS® à appliquer sur la zone touchée afin de calmer les démangeaisons. Également par voie orale, des granules de différentes souches comme l'Apis melifica 15CH et le Ledum palustre 5CH peuvent être adaptés au traitement (101) pour diminuer la sensation de démangeaison.

III.2.2.2. Traitement des contacts ophtalmiques

Le contact avec les yeux est là aussi souvent bénin, et l'évolution de la situation va surtout dépendre du délai de prise en charge par un ophtalmologiste.

Les symptômes disparaissent en quelques semaines si les poils sont expulsés spontanément ou retirés chirurgicalement. Plus les poils tarderont à être éliminés, plus ils vont pénétrer dans l'œil vers les structures complexes internes et entraîner des conséquences. On observe souvent dans les cas chroniques, une diminution de l'acuité visuelle (92).

Il faut à tout prix éviter de se frotter les yeux. Il est recommandé de fermer l'œil et d'appliquer un bandeau afin de bloquer l'ouverture de la paupière. La personne touchée aura de toute manière un blépharospasme qui devrait aider en l'état.

Le traitement dépendra de la sévérité des symptômes et des dommages provoqués par les poils :

- Lors de l'examen clinique, si aucun poil n'est trouvé sur les surfaces oculaires ou dans les culs de sac des yeux, on privilégiera simplement le lavage oculaire abondant au sérum physiologique afin de calmer toute irritation oculaire. Il ne faut toutefois pas proposer ce traitement sans qu'il n'y ai eu au préalable, un examen par un spécialiste car le lavage exercera une pression mécanique sur les poils pouvant favoriser leur migration et leur implantation, voire les casser
- Si des poils sont observés à la surface de l'œil sans être ancrés dans la conjonctive ou la cornée, ils peuvent être extraits sans aide chirurgicale. L'utilisation d'un collyre anesthésique est alors recommandée au cours de l'opération. Ont été utilisés comme instruments, à la fois des pinces et des aiguilles lancéolées (92).
- Si les poils sont ancrés, l'extraction doit se faire chirurgicalement. L'extraction est délicate du fait de la petite taille des poils. L'opération se fait sous anesthésie et après injection de corticoïde afin de diminuer l'inflammation provoqué par les poils.

Le retrait des poils se fait difficilement. Ils sont à la fois petits, translucides et difficilement manipulables car ils sont facilement cassables. Leur détection en a été améliorée cependant en utilisant la microscopie confocale par réflectance permettant le diagnostic chez un patient en 2016 (102).

Le retrait des poils s'accompagne d'un traitement adjuvant alliant au besoin des corticoïdes locaux, des lubrifiants et des antibiotiques (92).

III.2.2.3. Traitement des contacts par inhalation

Le traitement nécessite une consultation médicale. Sont administrés alors des antihistaminiques, des corticoïdes et des bronchodilatateurs, voire une association. Le traitement peut également nécessiter l'utilisation d'aérosols ou de nébulisations (103) en cas de difficultés à respirer importantes.

On répond ici de manière symptomatique aux divers symptômes, le plus important étant d'éviter une obstruction des voies respiratoires grâce à l'utilisation des corticoïdes et des bronchodilatateurs et également, de stopper la réaction allergique. L'état du patient peut nécessiter dans les cas les plus graves une oxygénothérapie.

III.2.2.4. Traitement des contacts par ingestion

Les contacts par ingestion étant extrêmement rares chez l'Homme, la littérature décrit peu de prise en charge. Elle fait toujours appel à une hospitalisation car la prise en charge est urgente. Le pharmacien aura dans ce cas l'obligation de diriger les individus vers les urgences les plus proches ou un médecin.

Le traitement nécessite une prise en charge symptomatologique et se traduit souvent par une endoscopie afin d'évaluer les dégâts provoqués par les poils. Une intubation peut se révéler nécessaire en cas d'œdème de Quincke (103).

III.2.2.5. Traitement des états aggravés dus à des contacts multiples ou à une allergie

S'il y a des contacts par voies multiples, la gravité du cas est souvent plus sévère (88) que s'il n'y a contact que par une seule voie. La prise en charge peut être alors systémique. Elle nécessitera donc une hospitalisation avec l'utilisation, comme traitement, de corticoïdes, de bronchodilatateurs et d'antihistaminiques.

En cas de réaction allergique aux poils de chenille processionnaire, les symptômes seront généralisés et peuvent conduire au choc anaphylactique. Ce dernier est dû à la présence de la thaumétopoéine chez un individu qui a déjà développé une allergie vis-à-vis de cette substance. Le corps réagit de façon démesurée à l'exposition à l'allergène (104) et recrute de multiples médiateurs de la réaction inflammatoire entraînant une cascade de réactions qui impacte de nombreux organes (tableau 10) et peut se terminer avec le décès du patient.

Tableau 10 : Signes et symptômes de l'anaphylaxie (104)

Peau et muqueuses (80-90%)	<ul style="list-style-type: none"> • Prurit • Erythème • Urticaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Angioœdème • Rash morbiliforme
Respiratoires (60-72%)	<ul style="list-style-type: none"> • Rhinorrhée • Toux • Dyspnée • Stridor • Œdème de la luette, œdème pharyngé • Cyanose 	<ul style="list-style-type: none"> • Dysphonie • Sibilances • Diminution du Peak-Flow • Détresse respiratoire aiguë et arrêt respiratoire
Gastro-intestinaux (25-44%)	<ul style="list-style-type: none"> • Douleur abdominale • Nausées • Vomissements 	<ul style="list-style-type: none"> • Dysphagie • Diarrhées
Cardiovasculaires (30%)	<ul style="list-style-type: none"> • Douleur thoracique • Troubles du rythme (tachycardie, plus rarement bradycardie) • Syndrome coronarien aigu • Hypotension artérielle • Arrêt cardio-respiratoire 	
Neurologiques (8-15%)	<ul style="list-style-type: none"> • Céphalées, aura • Confusion • Vertiges 	<ul style="list-style-type: none"> • Altérations visuelles (rétrécissement du champ visuel)
Autres	<ul style="list-style-type: none"> • Goût métallique dans la bouche • Contractions utérines • Sensation de mort imminente 	

Le traitement est hospitalier ; il s'agit d'une urgence et comporte (104) :

- L'éviction de l'allergène ;
- L'administration d'adrénaline intramusculaire ;
- L'administration de solutés de remplissage ;
- L'administration de corticoïdes et d'antihistaminiques ;
- Une oxygénation.

Le patient ressort de l'hôpital avec une prescription de prednisolone et d'antihistaminique H1 afin de réduire les symptômes encore présents comme des urticaires et réduire le risque de récurrence.

Est aussi prescrit un auto-injecteur d'adrénaline tels que ANAPEN®, EPIPEN® ou JEXT® qui nécessite une information quant à son utilisation correcte par le médecin et par le pharmacien (Annexe 4). Le patient doit être sensibilisé au danger que représente son exposition à l'allergène impliqué dans son anaphylaxie. Il doit apprendre à reconnaître les signes avant-coureurs et la démarche à suivre en cas d'urgence.

III.2.2.6. Traitement par désensibilisation

Il n'existe pour l'heure aucun traitement efficace pour désensibiliser. Le mécanisme d'allergie étant lié à la fabrication par l'organisme d'anticorps spécifiques de la thaumétopoéine, l'utilisation d'anti-IgE a été envisagée. L'anti-IgE neutraliserait l'IgE spécifique de la sous-unité Tha p 1 de la thaumétopoéine en s'y liant, l'empêchant d'être reconnu par les mastocytes.

Cette solution n'est cependant pas idéale, car les IgE spécifiques de la thaumétopoéine persistent dans le sang et sont constamment renouvelés. Il faudrait donc un traitement régulier sur une longue durée (9).

III.2.2.7. Conseil du pharmacien et aide au diagnostic dans le parcours de soin

Comme vu précédemment, du fait que la majorité des cas représentent une symptomatologie bénigne et centrée sur des contacts cutanés, le pharmacien peut prendre en charge et conseiller les individus ayant subi une envenimation aux chenilles processionnaires.

Dans les cas de contact oculaire, le pharmacien doit rediriger vers un ophtalmologiste ou les urgences ophtalmiques. S'il s'agit d'un contact cutané grave, d'un contact par inhalation ou bien d'un contact par ingestion, le pharmacien devra rediriger le patient vers un médecin généraliste.

Pour les cas graves, soit du fait de l'âge du patient ou des symptômes observés, le pharmacien devra apporter les premiers soins et enclencher la prise en charge par d'autres professionnels.

Le pharmacien d'officine peut également aider à identifier le responsable de l'état du patient et à en écarter d'autres :

- Les piqûres d'insectes et morsures d'acariens donnent des lésions isolées avec, en leur centre, un point correspondant à la morsure et provoquent une vive douleur qui peut s'accompagner d'une faible hémorragie ;
- Les morsures d'araignées entraînent des douleurs musculaires et des paralysies. Une trace de morsure identifiable par deux points d'inoculation est souvent présente ;
- Les infections ayant des symptomatologies cutanées sont accompagnées de fièvres.

Le pharmacien peut également participer à la prévention si la zone d'activité inclut une zone infestée par la chenille processionnaire. Les conseils peuvent être simples, comme le rappel de la présence de la chenille, de sa capacité urticante, de sa saisonnalité et des différents symptômes qu'elle provoque chez l'humain.

Enfin, dans le cas d'une personne allergique à qui l'on a prescrit un auto-injecteur d'adrénaline, il convient pour le pharmacien de s'assurer que le patient sait correctement s'en servir et connaît les symptômes annonciateurs d'une crise ainsi que la démarche à suivre en cas d'urgence.

III.3. Recommandations sanitaires

III.3.1. Pour la population humaine

Afin d'éviter tout danger lié aux envenimations par la chenille processionnaire du pin, des mesures simples peuvent être prises en amont. De manière générale, la processionnaire du pin est facilement identifiable par la façon distinctive qu'elle a de se mouvoir en procession durant certaines saisons ainsi que par l'aspect général de ses nids dans les branches des pins ou d'autres arbres qu'elle a infestés.

Il est ainsi judicieux (9),(105), en zone non endémique :

- D'éviter de se tenir sous un arbre portant un nid et étant infesté ;
- D'éviter tout contact avec les chenilles, les nids (qu'ils soient vides ou occupés), le sol à proximité d'une zone infestée qui peut être une zone de procession ;
- D'éviter d'écraser les chenilles ou les nids ce qui peut produire la libération de poils et donc de substances urticantes ou allergisantes ;
- S'il y a présence d'enfant, de ne pas les laisser jouer à proximité d'un arbre infesté ;
- De porter des vêtements couvrant les extrémités (gants, manches longues, pantalons longs) ;
- Si l'on procède à un échenillage, de porter des gants, des lunettes et un masque afin de limiter l'exposition ;
- De prendre une douche et de changer de vêtements en cas d'exposition ou de suspicion d'exposition.

En zone endémique, il est recommandé :

- De laver les légumes du jardin avant de les consommer ;
- D'éviter de faire sécher le linge dehors car les poils sont facilement entraînés par le vent ;
- De se protéger (gants, bottes en caoutchouc, vêtements couvrants) lors de la tonte des pelouses qui favorise la dissémination des poils de chenille, et de tout autre acte de jardinage ;
- Eventuellement, d'arroser la pelouse quelques jours avant la tonte afin que l'eau entraîne les poils dans le sol.

L'ensemble de ces recommandations est d'autant plus important pour les personnes qui ont été précédemment en contact avec la chenille et ont eu des réactions aux poils urticants afin d'éviter tout risque de nouveau contact et de réactions plus sévères liées à l'allergie.

III.3.2. Pour la population animale

Certaines recommandations vis-à-vis de la population animale et de ses propriétaires peuvent également être émises :

- En période de procession et pendant les saisons à risques, il est recommandé de ne pas laisser son animal de compagnie en liberté dans les zones infestées. Préférer les tenir en laisse lors des sorties et des randonnées afin d'éviter les contacts avec les chenilles ou les nids. Surveiller également dans les jardins, s'il y a des arbres infestés, afin que les animaux ne se retrouvent pas dans la zone à risque ;
- Si l'on observe chez l'animal l'apparition soudaine de symptômes buccaux (salivation excessive, dysphagie) ou d'autres symptômes tels que l'anorexie à plus long terme liés à l'exposition aux poils urticants durant les périodes à risque, il faudra l'emmener en urgence chez le vétérinaire ;
- Eviter de toucher les animaux contaminés ou de les rincer pour ne pas provoquer la rupture des poils induite par un frottement mécanique ;
- Pour l'animal qui a été en contact, il est nécessaire dans la mesure du possible de l'empêcher de se gratter sur les zones lésées ou non afin de réduire le risque de dissémination des poils et la pénétration de la substance urticante s'il y a rupture des poils ;
- Il est également recommandé de mettre l'animal à jeun dans l'objectif de le tranquilliser, ce qui facilitera le traitement (86) ;
- Pour les éleveurs, une recommandation simple se limite à éviter les zones infestées pour faire paître leurs bêtes. Une inspection de la zone pendant l'hiver pour repérer les nids et localiser les arbres à risque permettra d'éviter les pins infestés ;
- Enfin, pour les vétérinaires, il est important de communiquer et d'informer leur clientèle pendant les périodes de procession sur les précautions à prendre ainsi que sur les risques liés à la processionnaire du pin (via des prospectus par exemple (figure 47) (Annexe 5)



Figure 47 : Prospectus sur les chenilles processionnaires (106)

Conclusion

Les modifications climatiques, principalement l'augmentation des températures globales tout au long de l'année et les hivers moins rudes, ont donné à la processionnaire du pin la possibilité de coloniser de nombreux espaces qui lui étaient encore il y a quelques années, inhospitaliers. Les activités humaines, notamment l'aménagement des espaces de vie et des activités industrielles (en créant des microclimats plus propices à son développement), ont également joué un rôle dans la colonisation de certains espaces loin du front.

Ces dernières années ont vu une augmentation des envenimations, en particulier dans le sud-ouest de la métropole. Ces cas sont majoritairement représentés par des symptômes cutanés, notamment par des urticaires, mais les manifestations allergiques sont en augmentation. La population la plus touchée est celle des enfants en bas âge ; les enfants sont souvent attirés par les processions et vont toucher les chenilles si les adultes ne surveillent pas.

Les chiens sont les animaux le plus souvent victimes des envenimations à la processionnaire du pin. La gravité des complications, notamment l'obstruction des voies respiratoires et la nécrose de la langue, en font une urgence vétérinaire. Chaque année, des campagnes de préventions sont organisées afin de prévenir les propriétaires des dangers liés à la chenille processionnaire du pin.

C'est dans ce contexte que le pharmacien d'officine peut agir à la fois en conseillant et en orientant la population touchée par les envenimations causées par la chenille processionnaire du pin.

Les méthodes de lutte sont nombreuses : elles vont de la simple lutte mécanique à l'utilisation massive de phéromones sexuelles en passant par la préservation des prédateurs naturels. Ces différentes méthodes ont chacune leurs applications selon les zones à traiter et leur superficie mais aucune n'est pour le moment rentable. Néanmoins, depuis avril 2022, la chenille processionnaire du pin est désormais un organisme nuisible pour la santé humaine. Le coût de la lutte qui reposait avant sur les collectivités locales, est désormais pris en charge par les préfetures.

Références bibliographiques

1. Kerdelhué C, Zane L, Simonato M, Salvato P, Rousselet J, Roques A, et al. Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species. *BMC Evol Biol.* 2009;9(1):220.
2. Forêts - Processionnaire du chêne [Internet]. [cité 2 oct 2022]. Disponible sur: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/19062/Forets-Processionnaire-du-chene>
3. Martin JC. Le cycle biologique de la processionnaire du pin [Internet]. Futura. [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/2/>
4. Démolin G. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. *Ann Sci For.* 1969;26(1):81-102.
5. *Thaumetopoea pityocampa* (THAUPI)[Photos] EPPO Global Database [Internet]. [cité 3 oct 2022]. Disponible sur: <https://gd.eppo.int/taxon/THAUPI/photos>
6. Fraval PA. Les Processionnaires - 1ère partie. :5.
7. Guerrero A, Camps F, Coll J, Riba M, Einhorn J, Descoins Ch, et al. Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae). *Tetrahedron Lett.* 1 janv 1981;22(21):2013-6.
8. La Processionnaire du Pin, la ponte, l'éclosion, de Jean-Henri FABRE, Souvenirs entomologiques [Internet]. [cité 28 juill 2022]. Disponible sur: https://www.e-fabre.com/e-texts/souvenirs_entomologiques/processionnaire_ponte.htm
9. Anne-Laure G. Incidences environnementales et sanitaires des chenilles processionnaires et de leurs traitements en France. :81.
10. LES CHENILLES PROCESSIONNAIRES DU PIN : ÉVALUATION DES ENJEUX DE SANTÉ ANIMALE - PDF Free Download [Internet]. [cité 2 oct 2022]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/21487204-Les-chenilles-processionnaires-du-pin-evaluation-des-enjeux-de-sante-animale.html>
11. Huchon H, Demolin G. La bioécologie de la Processionnaire du pin : dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev For Fr.* 1970;(S):220.
12. Chenille processionnaire du pin : Biologie, reproduction, cycle de vie et habitat [Internet]. [cité 2 oct 2022]. Disponible sur: <https://chenilles-processionnaires.fr/chenille-processionnaire-du-pin>
13. Chenilles processionnaires - Saint-Genis-les-Ollières - Site officiel de la commune [Internet]. [cité 2 oct 2022]. Disponible sur: <http://www.mairie-stgenislesollieres.fr/fr/information/72585/chenilles-processionnaires>
14. « La chenille processionnaire est à 1 km de Paris ». La Croix [Internet]. 16 déc 2014 [cité 2 oct 2022]; Disponible sur: <https://www.la-croix.com/Actualite/France/La-chenille-processionnaire-est-a-1-km-de-Paris-2014-12-16-1254478>
15. Achotegui-Castells A, Llusà J, Hódar JA, Peñuelas J. Needle terpene concentrations and emissions of two coexisting subspecies of Scots pine attacked by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*). *Acta Physiol Plant.* oct 2013;35(10):3047-58.

16. Tiberi R, Niccoli A, Curini M, Epifano F, Marcotullio MC, Rosati O. The role of the monoterpene composition in *Pinus* spp. needles, in host selection by the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*. 1 déc 1999;27:263-72.
17. Hódar J, Zamora R, Castro J. Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in 3 *Pinus* species. *Ecol Entomol - ECOL ENTOMOL*. 1 juin 2002;27:292-301.
18. Arrêté du 31 juillet 2000 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire.
19. Laurent-Hervouët N. Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de *Pinus* dues à deux défoliateurs forestiers. I - Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Ann Sci For*. 1986;43(2):239-62.
20. Martin JC. Dégâts occasionnés par la chenille processionnaire du pin [Internet]. Futura. [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/3/>
21. Stocks BJ. Fire Potential in the Spruce Budworm-damaged Forests of Ontario. *For Chron*. 1 févr 1987;63(1):8-14.
22. James PMA, Robert LE, Wotton BM, Martell DL, Fleming RA. Lagged cumulative spruce budworm defoliation affects the risk of fire ignition in Ontario, Canada. *Ecol Appl*. mars 2017;27(2):532-44.
23. Sturtevant BR, Miranda BR, Shinneman DJ, Gustafson EJ, Wolter PT. Comparing modern and presettlement forest dynamics of a subboreal wilderness: Does spruce budworm enhance fire risk? *Ecol Appl*. juin 2012;22(4):1278-96.
24. Nationale A. Proposition de loi n° 4348 visant à améliorer et à accélérer la lutte contre la prolifération de la chenille processionnaire du chêne [Internet]. Assemblée nationale. [cité 24 août 2022]. Disponible sur: https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b4348_proposition-loi
25. Gatto P, Zocca A, Battisti A, Barrento MJ, Branco M, Paiva MR. Economic assessment of managing processionary moth in pine forests: A case-study in Portugal. *J Environ Manage*. févr 2009;90(2):683-91.
26. Légifrance - Publications officielles - Journal officiel - JORF n° 0098 du 27/04/2022 [Internet]. [cité 30 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=cOdN1i2AI7uKqTG6sMXeUuy7mlb7ILCkruj7hyh2mi0=>
27. Chenilles processionnaires : ce que va changer leur classement comme espèce nuisible à la santé humaine [Internet]. ici, par France Bleu et France 3. 2022 [cité 24 août 2022]. Disponible sur: <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/chenilles-processionnaires-ce-que-va-changer-leur-classement-comme-espece-nuisible-pour-la-sante-1652360792>
28. Santos H, Paiva MR, Tavares C, Kerdelhué C, Branco M. Temperature niche shift observed in a Lepidoptera population under allochronic divergence. *J Evol Biol*. 2011;24(9):1897-905.

29. Battisti A, Stastny M, Netherer S, Robinet C, Schopf A, Roques A, et al. EXPANSION OF GEOGRAPHIC RANGE IN THE PINE PROCESSIONARY MOTH CAUSED BY INCREASED WINTER TEMPERATURES. *Ecol Appl.* déc 2005;15(6):2084-96.
30. Buffo E, Battisti A, Stastny M, Larsson S. Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps. *Agric For Entomol.* févr 2007;9(1):65-72.
31. Zovi D, Stastny M, Battisti A, Larsson S. Ecological costs on local adaptation of an insect herbivore imposed by host plants and enemies. *Ecology.* mai 2008;89(5):1388-98.
32. PIMENTEL C, FERREIRA C, NILSSON JÅ. Latitudinal gradients and the shaping of life-history traits in a gregarious caterpillar. *Biol J Linn Soc.* 1 mai 2010;100(1):224-36.
33. Processionnaire du pin | Plateforme ESV [Internet]. [cité 3 oct 2022]. Disponible sur: <https://plateforme-esv.fr/expertises/conseil/processionnairedupin>
34. Invasion. Les chenilles processionnaires s'installent dans le Nord-Mayenne [Internet]. *actu.fr.* [cité 26 août 2022]. Disponible sur: https://actu.fr/pays-de-la-loire/lassay-les-chateaux_53127/invasion-les-chenilles-processionnaires-sinstallent-dans-le-nord-mayenne_1927395.html
35. Le front d'expansion de la chenille processionnaire du pin progresse toujours [Internet]. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://agriculture.gouv.fr/le-front-dexpansion-de-la-chenille-processionnaire-du-pin-progresse-toujours>
36. Robinet C, Imbert CE, Rousselet J, Sauvard D, Garcia J, Goussard F, et al. Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biol Invasions.* août 2012;14(8):1557-69.
37. Le Département de la santé des forêts: rôle et missions [Internet]. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. [cité 3 oct 2022]. Disponible sur: <https://agriculture.gouv.fr/le-departement-de-la-sante-des-forets-role-et-missions>
38. Markalas S. Influence of soil moisture on the mortality, fecundity and diapause of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *J Appl Entomol.* 12 janv 1989;107(1-5):211-5.
39. Robinet C, Rousselet J, Imbert CE, Sauvard D, Garcia J, Goussard F, et al. Le réchauffement climatique et le transport accidentel par l'homme responsables de l'expansion de la chenille processionnaire du pin. *For Wallonne 1988 - 2015 Devient For Nat.* 2010;(108):19.
40. Robinet C, Baier P, Pennerstorfer J, Schopf A, Roques A. Modelling the effects of climate change on the potential feeding activity of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Notodontidae) in France. *Glob Ecol Biogeogr.* juill 2007;16(4):460-71.
41. Robinet C, Rousselet J, Roques A. Potential spread of the pine processionary moth in France: Preliminary results from a simulation model and future challenges. *Ann For Sci.* 1 mars 2014;71:149-60.
42. Novak F, Lamy M. Etude ultrastructurale de la glande urticante de la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* schiff. (Lepidoptere : Thaumetopoeidae). *Int J Insect Morphol Embryol.* 1 janv 1987;16(3):263-70.

43. La Processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), biologie et développement; [Internet]. [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://insectes-net.fr/processionnaire/process5.htm>
44. Processionnaires du pin et du chêne : Biologie, risques et stratégies de régulation [Internet]. Jardins de France. [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://www.jardinsdefrance.org/processionnaires-du-pin-et-du-chene-biologie-risques-et-strategies-de-regulation/>
45. Lamy M, Pastureaud MH, Novak F, Ducombs G, Vincèdeau P, Maleville J, et al. Thaumetopoein: An urticating protein from the hairs and integument of the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* schiff., Lepidoptera, Thaumetopoeidae). *Toxicon*. janv 1986;24(4):347-56.
46. Kalender Y, Kalender S, Uzunhisarcikli M. Effects of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) Larvae on the Degranulation of Dermal Mast Cells in Mice; an Electron Microscopic Study. :5.
47. Reconnaître l'urticaire [Internet]. [cité 30 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/haute-vienne/assure/sante/themes/urticaire/reconnaitre-urticaire>
48. Fuentes Aparicio V, Zapatero Remón L, Martínez Molero MI, Alonso Lebreros E, Beitia Mazuecos JM, Bartolomé Zavala B. Allergy to pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*) in children. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 1 mars 2006;34(2):59-63.
49. Vega JM, Moneo I, Armentia A, Vega J, De la Fuente R, Fernández A. Pine processionary caterpillar as a new cause of immunologic contact urticaria. *Contact Dermatitis*. sept 2000;43(3):129-32.
50. Vega JM, Moneo I, García-Ortiz JC, González-Muñoz M, Ruiz C, Rodríguez-Mahillo AI, et al. IgE Sensitization to ***Thaumetopoea pityocampa***: Diagnostic Utility of a Setae Extract, Clinical Picture and Associated Risk Factors. *Int Arch Allergy Immunol*. 2014;165(4):283-90.
51. Vega, Moneo, Armentia, Fernández, Vega, De La Fuente, et al. Allergy to the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*): Processionary caterpillar. *Clin Exp Allergy*. oct 1999;29(10):1418-23.
52. Vega ML, Vega J, Vega JM, Moneo I, Sánchez E, Miranda A. Cutaneous reactions to pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*) in pediatric population. *Pediatr Allergy Immunol Off Publ Eur Soc Pediatr Allergy Immunol*. déc 2003;14(6):482-6.
53. Moneo I, Vega JM, Caballero ML, Vega J, Alday E. Isolation and characterization of Thap 1, a major allergen from the pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa*. *Allergy*. janv 2003;58(1):34-7.
54. Da Silva CA, Chalouni C, Williams A, Hartl D, Lee CG, Elias JA. Chitin Is a Size-Dependent Regulator of Macrophage TNF and IL-10 Production. *J Immunol*. 15 mars 2009;182(6):3573-82.
55. Battisti A, Holm G, Fagrell B, Larsson S. Urticating hairs in arthropods: their nature and medical significance. *Annu Rev Entomol*. 2011;56:203-20.
56. Joly R. Processionnaires. *Rev For Fr*. 1952;(5):355.

57. Leblond A, Martin JC, Provendier D, Gutleben C, Robinet C, Napoleone C. Inventaire et évaluation des méthodes de lutte contre la processionnaire du pin. Enquête nationale-guide technique. 2009;14.
58. Lutte écologique contre la chenille processionnaire du pin [Internet]. Biodiversité. 2018 [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.biodiversite.fr/2018/05/08/lutte-contre-la-chenille-processionnaire-du-pin/>
59. Hulbault Et. Peut-on lutter contre la Processionnaire du Pin ? Rev For Fr. 1949;(7):310.
60. Biocontrol - Bacillus thuringiensis var. kurstaki [Internet]. [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20010/Biocontrol-Bacillus-thuringiensis-var-kurstaki>
61. Canada S. ARCHIVÉE - Bacillus thuringiensis ssp. kurstaki [Internet]. 2009 [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/fiches-renseignements-autres-ressources/bacillus-thuringiensis-kurstak.html>
62. Martin JC. Le bacille de Thuringe : ses propriétés entomopathogènes [Internet]. Futura. [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/5/>
63. SAgE pesticides [Internet]. SAgE pesticides. [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <https://www.sagepesticides.qc.ca/>
64. Martin JC. Le bacille de Thuringe et la lutte contre les chenilles défoliatrices des forêts [Internet]. Futura. [cité 27 août 2022]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/6/>
65. Pousse LLPQ. Chenille processionnaire du pin: 7 moyens de lutte efficace pour la contrôler [Internet]. La plante qui pousse. 2018 [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.laplantequipousse.com/chenille-processionnaire-du-pin-moyens-lutte/>
66. Jactel H, Menassieu P, Vétillard F, Barthélémy B, Piou D, Frérot B, et al. Population monitoring of the pine processionary moth (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) with pheromone-baited traps. For Ecol Manag. 1 nov 2006;235(1):96-106.
67. Trematerra P, Colacci M. Recent Advances in Management by Pheromones of Thaumetopoea Moths in Urban Parks and Woodland Recreational Areas. Insects. 8 nov 2019;10(11):395.
68. Williams DT, Straw N, Townsend M, Wilkinson AS, Mullins A. Monitoring oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* L. using pheromone traps: the influence of pheromone lure source, trap design and height above the ground on capture rates: Monitoring *T. processionea* L. using pheromone traps. Agric For Entomol. mai 2013;15(2):126-34.
69. Cardé RT, Minks AK. Control of Moth Pests by Mating Disruption: Successes and Constraints. Annu Rev Entomol. janv 1995;40(1):559-85.
70. Lance DR, Leonard DS, Mastro VC, Walters ML. Mating Disruption as a Suppression Tactic in Programs Targeting Regulated Lepidopteran Pests in US. J Chem Ecol. juill 2016;42(7):590-605.

71. Trematerra P, Colacci M, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Rumbos CI, Boukouvala MC, et al. Evaluation of Mating Disruption For the Control of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in Suburban Recreational Areas in Italy and Greece. Sullivan B, éditeur. J Econ Entomol. 23 sept 2019;112(5):2229-35.
72. À Pau, on lutte contre les chenilles processionnaires au paintball [Internet]. ici, par France Bleu et France 3. 2021 [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/a-pau-lutte-contre-les-chenilles-processionnaires-au-paintball-1623088264>
73. Brinquin AAS, Inra JCMU. Les clés pour lutter contre la PROCESSIONNAIRE DU PIN. :14.
74. Collier Ecopiège®, la solution efficace et écologique contre la chenille processionnaire [Internet]. La Mésange Verte. [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lamesangeverte.com/fr/ecopiege-solution-efficace-et-ecologique-contre-la-chenille-processionnaire-du-pin>
75. Martin JC. Un écopiège contre les processionnaires. :3.
76. La mésange : redoutable prédatrice de la chenille processionnaire [Internet]. La Mésange Verte. [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lamesangeverte.com/fr/38-la-mesange-redoutable-predatrice-de-la-chenille-processionnaire>
77. Des mésanges pour lutter contre les chenilles processionnaires [Internet]. [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lyon.fr/actualite/developpement-durable/des-mesanges-pour-lutter-contre-les-chenilles-processionnaires>
78. EUR-Lex - 31991L0414 - FR [Internet]. Journal officiel n° L 230 du 19/08/1991 p. 0001 - 0032; édition spéciale finnoise: chapitre 13 tome 20 p. 0236 ; édition spéciale suédoise: chapitre 13 tome 20 p. 0236 ; OPOCE; [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX%3A31991L0414%3AFR%3AHTML>
79. Kumari M, Merzendorfer H, Kim HS, Specht C, Beeman R, Kramer K, et al. Mode of action of the insect growth regulator diflubenzuron: A comprehensive study in *Tribolium castaneum* utilizing genomic tiling array and immunolocalization approaches. In 2010.
80. Himeidan YE. insecticides For Vector-Borne Diseases Current Use, Benefits, Hazard and Resistance. s.l.: IntechOpen; 2012.
81. Pouzot-Nevoret C, Cambournac M, Violé A, Goy-Thollot I, Bourdoiseau G, Barthélemy A. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* envenomation in 11 cats: a retrospective study. J Feline Med Surg. août 2018;20(8):685-9.
82. Niza ME, Ferreira RL, Coimbra IV, Guerreiro HM, Félix NM, Matos JM, et al. Effects of Pine Processionary Caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* Contact in Dogs: 41 Cases (2002-2006): *Thaumetopoea pityocampa* Contact in Dogs. Zoonoses Public Health. févr 2012;59(1):35-8.
83. Dworecka-Kaszak B. Pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa* Denis and Schiffermüller, 1775 contact as a health risk for dogs. 1 janv 2015;61:159-63.
84. Bruchim Y, Ranen E, Saragusty J, Aroch I. Severe tongue necrosis associated with pine processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni*) ingestion in three dogs. Toxicon. mars 2005;45(4):443-7.

85. Costa D, Esteban J, Sanz F, Vergara J, Huguet E. Ocular lesions produced by pine processionary caterpillar setae (*Thaumetopoea pityocampa*) in dogs: a descriptive study. *Vet Ophthalmol.* nov 2016;19(6):493-7.
86. Vétérinaire.fr LP. Traiter les envenimations par les chenilles - Le Point Vétérinaire n° 247 du 01/07/2004 [Internet]. Le Point Vétérinaire.fr. [cité 18 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article/n-247/traiter-les-envenimations-par-les-chenilles.html>
87. Vega JM, Moneo I, Ortiz JCG, Palla PS, Sanchís ME, Vega J, et al. Prevalence of cutaneous reactions to the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) in an adult population. *Contact Dermatitis.* avr 2011;64(4):220-8.
88. Vasseur P, Sinno-Tellier S, Rousselet J, Langrand J, Roques A, Bloch J, et al. Human exposure to larvae of processionary moths in France: study of symptomatic cases registered by the French poison control centres between 2012 and 2019. *Clin Toxicol.* 1 févr 2022;60(2):231-8.
89. Diaz JH. The evolving global epidemiology, syndromic classification, management, and prevention of caterpillar envenoming. *Am J Trop Med Hyg.* mars 2005;72(3):347-57.
90. Masson E. Lésions cornéennes dues aux poils de chenille [Internet]. EM-Consulte. [cité 20 août 2022]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/111737/lesions-corneennes-dues-aux-poils-de-chenille>
91. Portero A, Carreño E, Galarreta D, Herreras JM. Corneal Inflammation From Pine Processionary Caterpillar Hairs. *Cornea.* févr 2013;32(2):161-4.
92. Sridhar MS, Ramakrishnan M. Ocular lesions caused by caterpillar hairs. *Eye.* mai 2004;18(5):540-3.
93. Teske SA, Hirst LW, Gibson BH, O'Connor PA, Watts WH, Carey TM. Caterpillar-induced keratitis. *Cornea.* juill 1991;10(4):317-21.
94. D'Hermies F, Parent de Curzon H, Mathieu L, Furia M, Campinchi R. [Chorioretinopathy caused by migration of caterpillar hairs. Apropos of 2 cases]. *J Fr Ophtalmol.* 1985;8(6-7):471-8.
95. Marti-Huguet T, Pujol O, Cabiro I, Oteyza JA, Roca G, Marsal J. [Endophthalmos caused by intravitreal caterpillar hairs. Treatment by direct photocoagulation with argon laser]. *J Fr Ophtalmol.* 1987;10(10):559-64.
96. Kozer E, Lahat E, Berkovitch M. Hypertension and abdominal pain: uncommon presentation after exposure to a pine caterpillar. *Toxicon.* déc 1999;37(12):1797-801.
97. Maier H, Spiegel W, Kinaciyan T, Krehan H, Cabaj A, Schopf A, et al. The oak processionary caterpillar as the cause of an epidemic airborne disease: survey and analysis. *Br J Dermatol.* nov 2003;149(5):990-7.
98. Gottschling S, Meyer S. An epidemic airborne disease caused by the oak processionary caterpillar. *Pediatr Dermatol.* févr 2006;23(1):64-6.
99. Inal A, Ufuk Altintas D, Korkmaz Güvenmez H, Yilmaz M, Güneşer Kendirli S. Life-threatening facial edema due to pine caterpillar mimicking an allergic event. *Allergol Immunopathol (Madr).* août 2006;34(4):171-3.

100. Viseux V, Chaby G, Esquenet P, Ben Taarit I, Remond A, Lok C. Phalangeal microgeodic syndrome and pine processionary caterpillar. *Eur J Dermatol EJD*. oct 2003;13(5):497-9.
101. Comment soulager son enfant des piqûres d'insecte ? | Les conseils Pédiatrie Boiron [Internet]. [cité 21 août 2022]. Disponible sur: <https://www.boiron.fr/nos-conseils-sante/comment-soulager-son-enfant-des-piqures-dinsecte>
102. Perrot JL, Julienne R, Kaspi M, Labeille B, Grivet D, Vercherin A, et al. Apport de la microscopie confocale par réflectance dans le diagnostic d'érucisme oculocutané ou réaction aux poils de chenilles processionnaires. *Ann Dermatol Vénérologie*. déc 2016;143(12):860-2.
103. Shkalim V, Herscovici Z, Amir J, Levy Y. Systemic Allergic Reaction to Tree Processionary Caterpillar in Children: *Pediatr Emerg Care*. avr 2008;24(4):233-5.
104. Anaphylaxie et état de choc anaphylactique [Internet]. *Revue Medicale Suisse*. [cité 21 août 2022]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2014/revue-medicale-suisse-438/anaphylaxie-et-etat-de-choc-anaphylactique>
105. Processionnaires du pin et du chêne : des chenilles urticantes [Internet]. [cité 18 août 2022]. Disponible sur: <https://www.iledefrance.ars.sante.fr/processionnaires-du-pin-et-du-chene-des-chenilles-urticantes>
106. Chenilles processionnaires du Pin [Internet]. VETERINAIRE de GARDE | 3115 (appel gratuit). [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://www.urgences-veterinaires.fr/urgence-veterinaire/tout-savoir-sur-chenilles-processionnaires-pin>
107. La chenille processionnaire du pin, un nuisible urticant et dangereux [Internet]. *La Mésange Verte*. [cité 28 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lamesangeverte.com/fr/la-chenille-processionnaire-du-pin>
108. Télécharger Stylo Anapen pour iPhone / iPad sur l'App Store (Forme et santé) [Internet]. *iPhoneAddict.fr*. [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://iphoneaddict.fr/apps/forme-sante/stylo-anapen.html>

Annexes

Annexe 1. Arbre phylogénétique des différentes espèces du genre <i>Taumetopoea</i> ainsi que leur répartition géographique sur le pourtour méditerranéen (1).....	88
Annexe 2. Aire potentielles de colonisation de la processionnaire du pin en France (11)..	90
Annexe 3. Calendrier des méthodes de luttés en fonction du climat (107)	91
Annexe 4. Mode d'emploi d'ANAPEN® (108)	92
Annexe 5. Prospectus sur les chenilles processionnaires (106).....	93

Annexe 1. Arbre phylogénétique des différentes espèces du genre *Taumatopoea* ainsi que leur répartition géographique sur le pourtour méditerranéen (1)

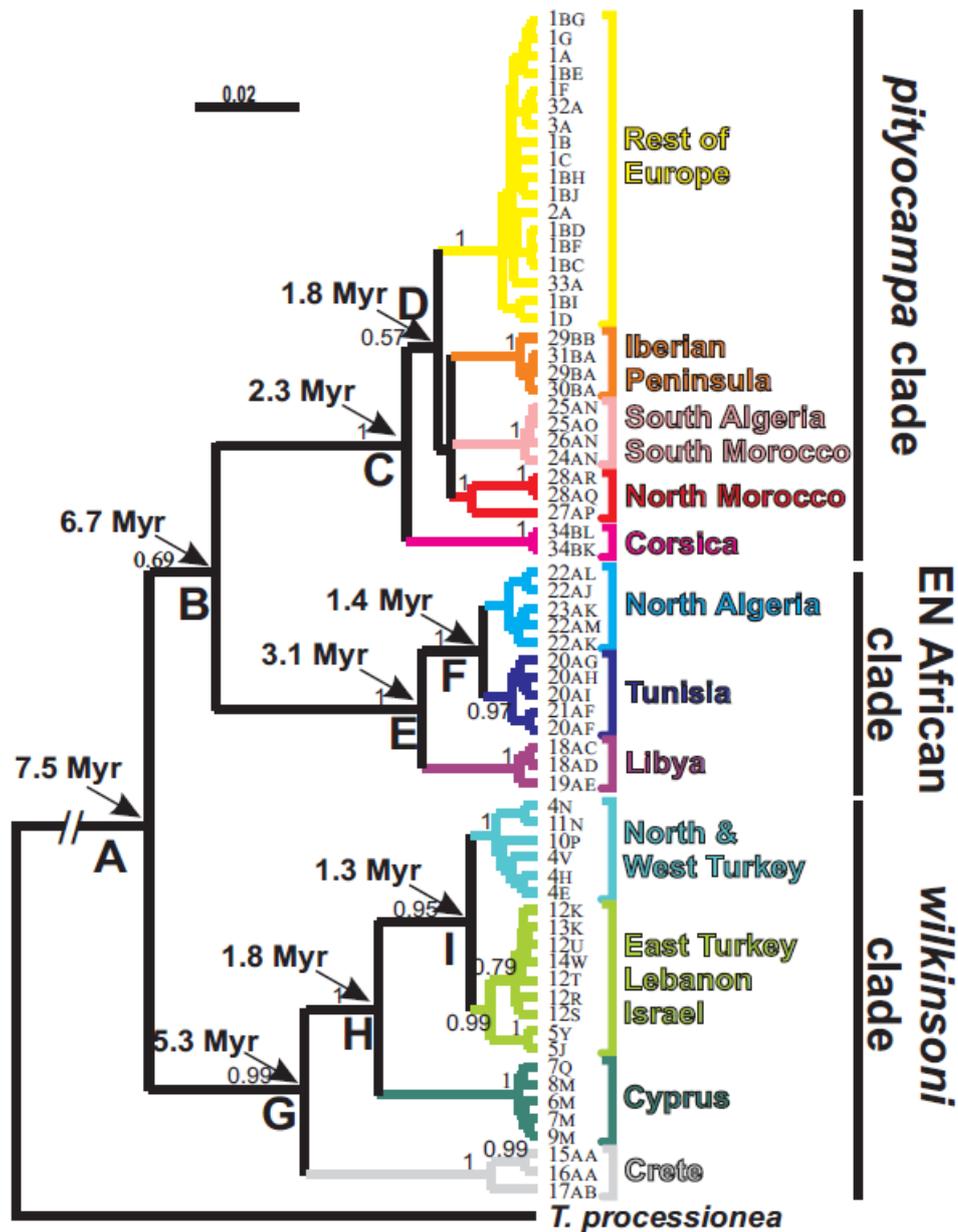


Figure 48 : Représentation de l'arbre phylogénétique (et des clades le constituant) des populations méditerranéennes de chenilles processionnaires des espèces *T. pityocampa* et *T. wilkinsoni* enracinés sur *T. processionea*

Les flèches montrent l'âge estimé du plus récent ancêtre commun (en million d'années)

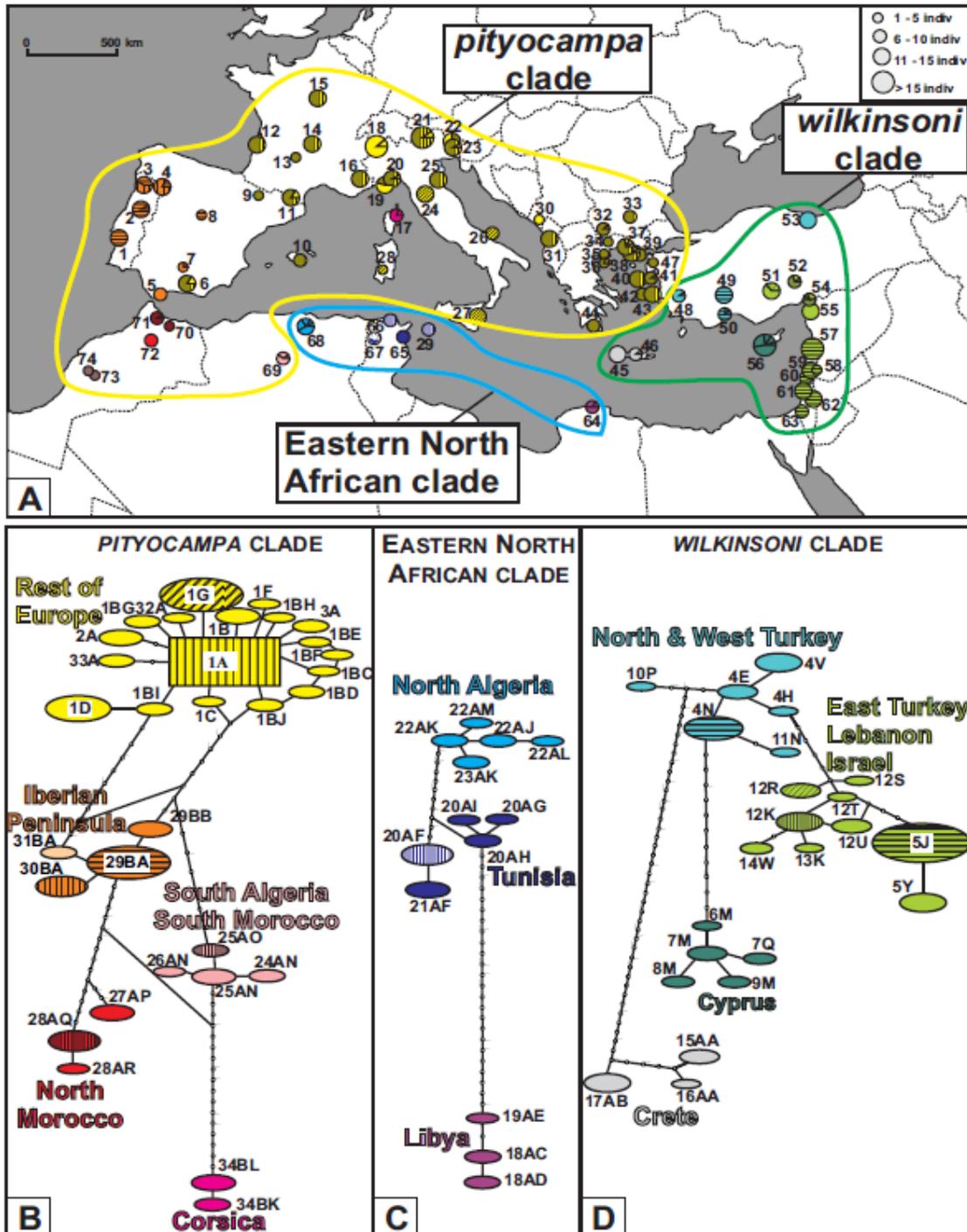
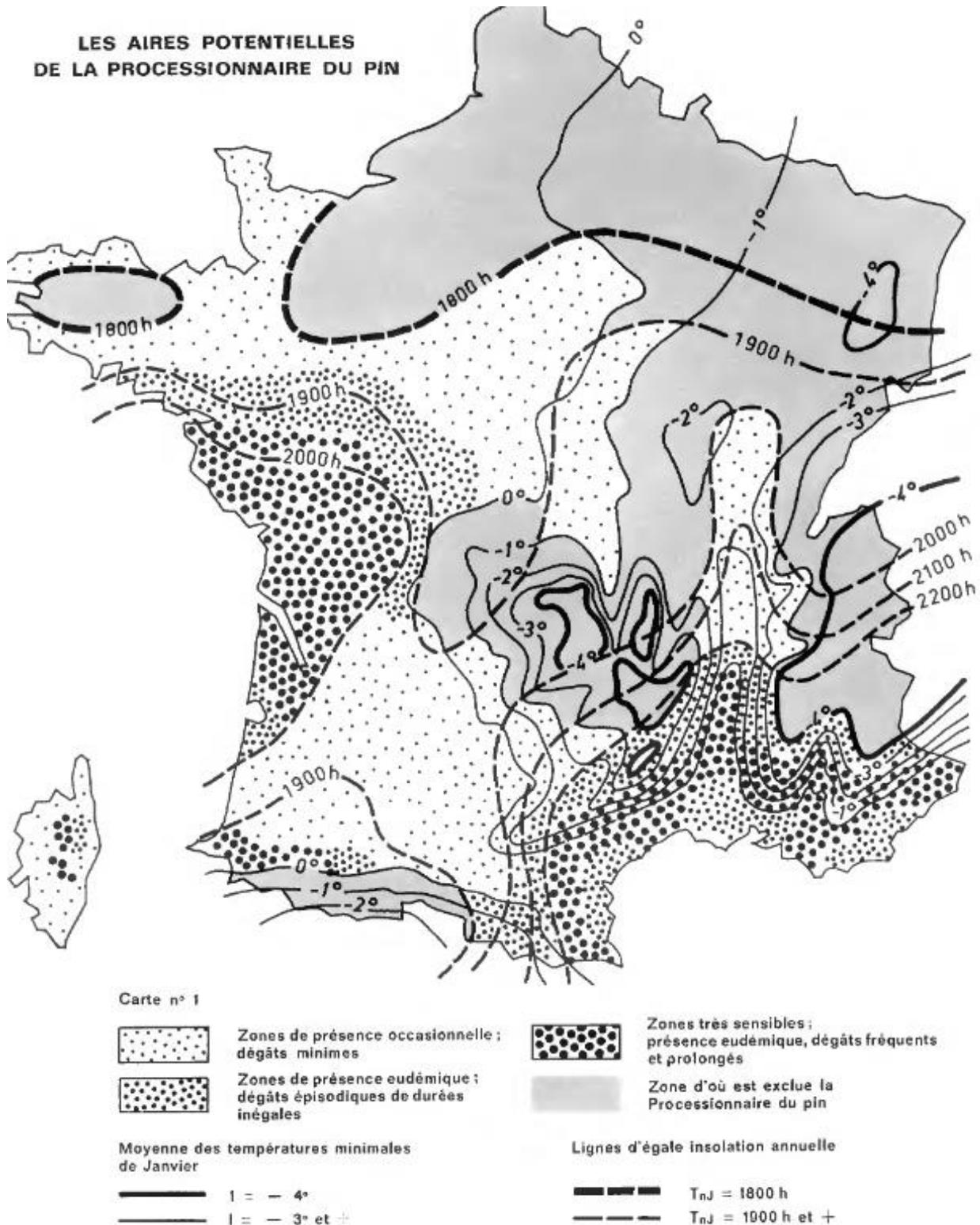


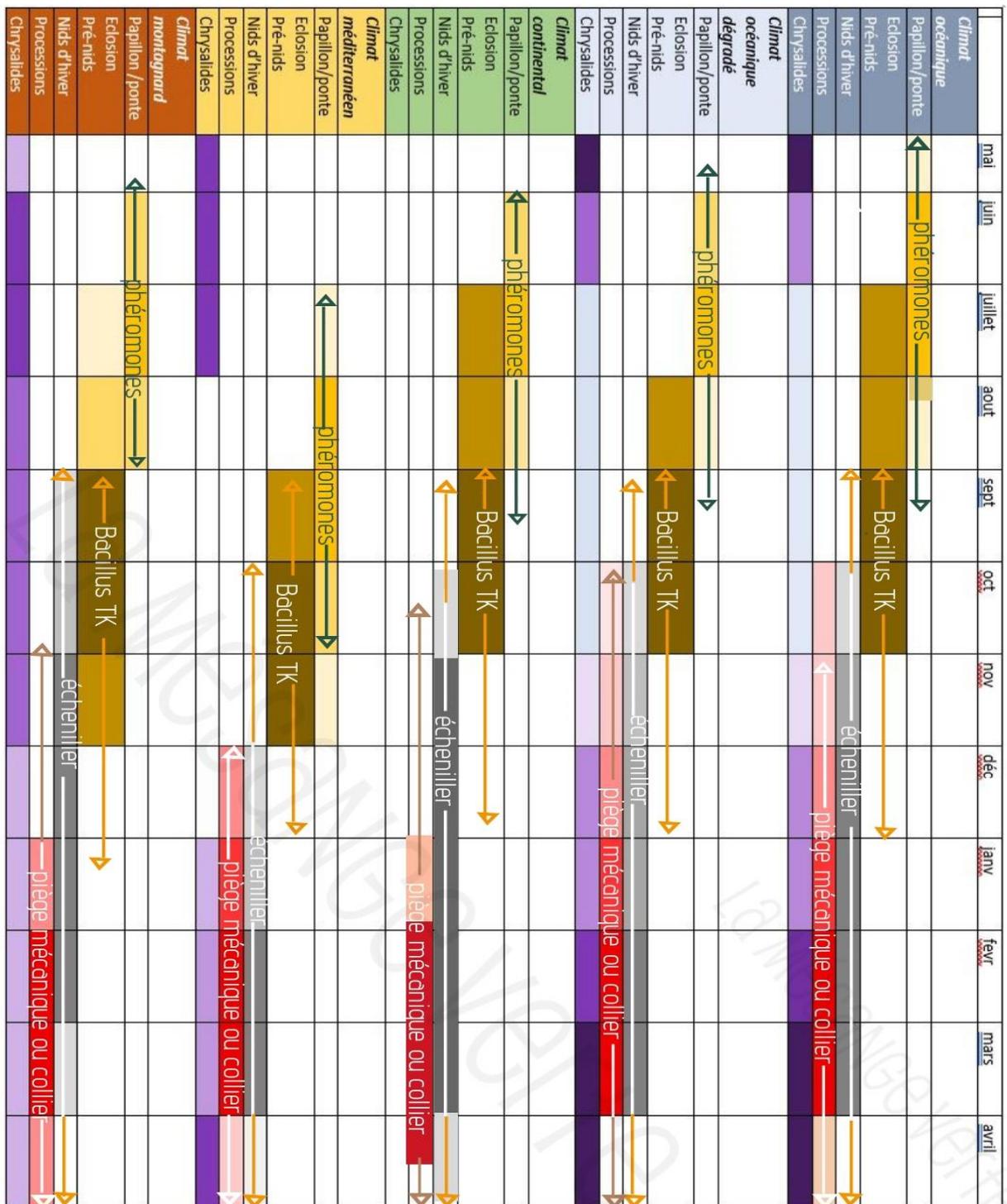
Figure 49 : distribution géographique des haplotypes mitochondrial du complexe *Thaumetopoea pityocampa*/*T. wilkinsoni*, et les réseaux cladistique des haplotypes

A. Cartographie des haplotypes des populations testées. Les cercles sont proportionnels au nombre d'individu analysés dans chaque populations. Les couleurs se réfèrent aux clades majeurs identifiés. B. Réseaux haplotype du clade *pityocampa*. C. Clade Nord Est Africain. D. Clade *Wilkinsoni*

Annexe 2. Aire potentielles de colonisation de la processionnaire du pin en France (11)



Annexe 3. Calendrier des méthodes de luttés en fonction du climat (107)



Crédit La Mésange Verte

Annexe 4. Mode d'emploi d'ANAPEN® (108)

Aucune SIM 12:24 26%

Anapen®

Adrénaline

Comment utiliser Anapen® ?

Vérification du dispositif

1- Tourner la bague pivotante pour aligner les lentilles sur les fenêtres d'inspection de la solution.



2- Vérifier que la solution est limpide et incolore à travers la fenêtre d'inspection. Si aspect trouble, coloré ou contient des particules, Anapen® doit être remplacé.



3- S'assurer que l'indicateur d'injection n'est pas rouge.



Cela signifie qu'il a déjà été déclenché et qu'il doit être éliminé.



Utilisation d'Anapen®

A- Enlever le bouchon noir protecteur de l'aiguille en tirant fortement. Son retrait permet de retirer une gaine grise protégeant l'aiguille.



B- Enlever le bouchon gris de sécurité du bouton rouge déclencheur en tirant.



C- Appuyer fermement le dispositif sur la face externe de la cuisse, puis appuyer sur le déclencheur de façon à entendre un "clic".



Si nécessaire, l'injection peut être pratiquée à travers des vêtements légers.

Annexe 5. Prospectus sur les chenilles processionnaires (106)

CHENILLES PROCESSIONNAIRES

QUELS DANGERS POUR VOS CHIENS ET CHATS ?

Tous les ans, de février à mai, les chenilles processionnaires causent des ravages dans les jardins et parcs publics. Chiens et chats sont les victimes de ces insectes poilus. Certains perdent leur langue, d'autres la vie...



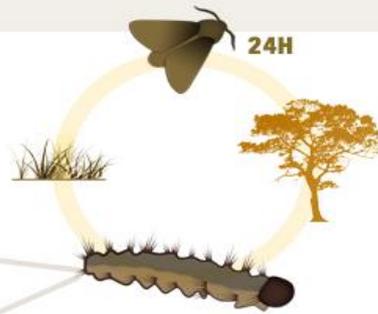
L'INVASION PROGRESSE TOUS LES ANS

L'invasion des chenilles processionnaires ne cesse de s'étendre. Depuis quelques années, des cas sont signalés en région parisienne. Autrefois cantonnées au Sud de la France, le fléau des chenilles menace aujourd'hui l'ensemble du territoire.

 ZONE TOUCHÉE
 ZONE INDEMNÉE

95% DE SA VIE SOUS FORME DE CHENILLE

La femelle pond ses oeufs dans un pin, et à peine écloses, les chenilles tissent le cocon où elles passeront l'hiver. Dès février, les processions commencent en direction du sol, lieu de leur métamorphose. A la sortie de la chrysalide, les adultes ne vivront que 24h, le temps de se reproduire.



LES POILS URTICANTS

Les poils urticants sont très fragiles et libèrent une substance, la «thaumétopoéine», provoquant oedèmes et allergies violentes.

LES RISQUES POUR VOTRE ANIMAL



Les premières réactions sont locales, les muqueuses enflent.



Des oedèmes s'installent aux niveaux laryngé, pulmonaire et cérébral.



Coma, étouffement, anaphylaxie, décès de l'animal

CONDUITE À TENIR



Contactez les urgences
Tous les cas d'intoxications doivent être consultés rapidement...!



Protégez-vous
Equipez-vous de gants et d'un éventuel masque respiratoire.



Rincez abondamment
Avec une douche ou un jet d'eau, rincez à grandes eaux les zones enflées.



3115
APPEL GRATUIT 24H/24

PRONOSTIC VITAL ENGAGÉ

Tous les ans, des animaux meurent du contact avec les chenilles, par étouffement ou par réaction anaphylactique. Ne perdez pas une minute !

Service **GRATUIT** de mise en relation avec un vétérinaire de garde

Serment De Galien

Je jure en présence de mes Maîtres de la Faculté et de mes condisciples :

- d'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;
- d'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;
- de ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères, si j'y manque.

La chenille processionnaire du pin : impact sur la santé humaine et animale, lutte et traitements associés

La chenille processionnaire du pin ou *Thaumetopoea pityocampa* est un Lépidoptère ayant pour plante hôte certaines espèces de pins présentes sur le pourtour méditerranéen. Sa prolifération sur le territoire français est étudiée depuis 1969 mais sa progression représentée par le front de colonisation ne cesse d'évoluer en altitude et en latitude. Le changement climatique rend des régions il y a quelques années encore inhospitalières habitables pour la chenille processionnaire du pin. Outre les ravages que cette chenille provoque sur les forêts et les plantations de pin, elle est également urticante à cause de la production de poils contenant une protéine, la thaumetopoeïne, pouvant être également allergisante. Les envenimations provoquent un panel de symptômes allant d'une simple urticaire à l'œdème de Quincke. En 2022, la chenille processionnaire du pin a rejoint la liste des organismes nuisibles à la santé humaine en France ce qui oblige les préfets à lutter contre sa prolifération. Une multitude de moyens de lutte existe, la plupart ne sont pas rentable du fait des surfaces à traiter et du matériel utilisé. Des innovations ont vu le jour ces dernières années avec l'utilisation de plus en plus importante de pièges à chenilles et de techniques de confusion sexuelle. Malgré les avancés sur les techniques de lutte et sur la législation, la chenille processionnaire du pin continue sa colonisation du territoire français aidée par l'augmentation globale des températures.

Mots-clés : chenille processionnaire du pin, front de colonisation, urticante, allergique, nuisible, réchauffement climatique

The pine processionary caterpillar: impact on human and animal health, control and associated treatments

The pine processionary caterpillar or *Thaumetopoea pityocampa* is a Lepidoptera whose host plant is certain species of pine trees present on the Mediterranean rim. Its proliferation on the French territory has been studied since 1969 but its progression represented by the front of colonization does not cease evolving in altitude and latitude. Climate change has made regions that were still inhospitable hospitable to the pine processionary caterpillar a few years ago. In addition to the devastation that this caterpillar causes to forests and pine plantations, it is also stinging because of the production of hairs containing a protein, thaumetopoein, which can also be allergenic. Envenomation causes a range of symptoms from simple hives to angioedema. In 2022, the pine processionary caterpillar joined the list of organisms harmful to human health in France, which requires reeves to fight against its proliferation. A multitude of control methods exist, most of which are not cost-effective due to the surface area to be treated and the equipment used. Innovations have emerged in recent years with the increasing use of caterpillar traps and sexual confusion techniques. Despite the advances in control techniques and legislation, the pine processionary caterpillar continues its colonization of the French territory helped by the global increase of temperatures.

Keywords : pine processionary caterpillar, colonization front, stinging, allergic, pest, global warming

