

Faculté de Pharmacie

Année 2024

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 19 juin 2024

Par

Laura Alvarez Y Lopez née le 17 novembre 1998 à Melun (77)

Frelon asiatique : Un état des lieux des enjeux français, vingt ans après son invasion

Thèse dirigée par Bertrand COURTIOUX

Examineurs :

M. Alexis DESMOULIÈRE, Professeur des Universités

M. Bertrand COURTIOUX, Professeur des Universités

Mme. Amélie BONAUD, Maître de Conférences des Universités

Mme. Christine JACQUEMARD, Docteur en pharmacie

Président du jury
Directeur de thèse

Juge

Juge





Faculté de Pharmacie

Année 2024

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 19 juin 2024

Par Laura Alvarez Y Lopez née le 17 novembre 1998 à Melun (77)

Frelon asiatique : Un état des lieux des enjeux français, vingt ans après son invasion

Thèse dirigée par Bertrand COURTIOUX

Examineurs :

M. Alexis DESMOULIÈRE, Professeur des Universités

M. Bertrand COURTIOUX, Professeur des Universités

Mme. Amélie BONAUD, Maître de Conférences des Universités

Mme. Christine JACQUEMARD, Docteur en pharmacie

Président du jury

Directeur de thèse

Juge

Juge



Personnel enseignant de la Faculté de Pharmacie de Limoges

Le 1^{er} janvier 2024

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, Assesseur pour la Formation Continue

Monsieur le Professeur PICARD Nicolas, Assesseur pour l'Innovation Pédagogique

Professeurs des Universités – Hospitalo-Universitaires

M. BARRAUD Olivier	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
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. COURTIOUX Bertrand	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. DESMOULIÈRE 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

Mme POUGET Christelle Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

M. TROUILLAS Patrick Biophysique et mathématiques

Mme VIANA Marylène Pharmacie galénique

Maitres de Conférences des Universités – Hospitalo-Universitaires

Mme. CHAUZEIX Jasmine Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

Mme DEMIOT Claire-Élise (*) Pharmacologie

M. JOST Jérémy Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Maitres de Conférences des Universités – Universitaires

Mme AUDITEAU Émilie Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

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

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
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)

Professeur associé en service temporaire

M. FOUGÈRE Édouard	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
---------------------------	---

Assistant Hospitalo-Universitaire des disciplines pharmaceutiques

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

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche

M. DELMON Cédric	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. HAMION Guillaume	Pharmacognosie, Botanique et Mycologie
Mme SONDA Amar	Chimie analytique et bromatologie

Enseignants d'anglais

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

Remerciements

À Monsieur Bertrand Courtioux,

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger ma thèse et de m'avoir aidée tout au long de la réalisation de ce sujet. Merci, pour votre disponibilité, votre patience, vos corrections et vos conseils. Je tiens également à vous remercier pour les cours de parasitologie (même les oxyures, les ténias et les ascaris à 8 h 30 du matin) qui m'ont vraiment fait aimer cette matière.

À Monsieur Alexis Desmoulière,

Je souhaite vous remercier d'avoir accepté de présider mon jury de thèse. Je vous suis également reconnaissante pour les enseignements que vous nous avez dispensés au cours de ces six années d'études.

À Madame Amélie Bonaud,

Merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury et pour le temps que vous m'accordez.

À Madame Christine Jacquemard,

Merci pour ta patience et tes précieux conseils à la pharmacie Juge. Tu représentes l'une de mes plus belles rencontres dans le sud, et travailler avec toi a été un véritable plaisir. Je suis triste de ne plus te savoir dans le sud mais je suis heureuse que tu aies accepté de faire partie de mon jury de thèse. Merci de m'avoir motivée et encouragée tout au long de ce travail.

À ma famille,

Maman, merci pour tout ce que tu as fait pour nous, quitte à passer parfois après nous. Tu es une maman exemplaire et certainement la femme la plus courageuse que je connaisse. Merci d'avoir toujours cru en moi et d'être toujours présente quand j'ai besoin. Merci pour tout et j'ai hâte de pouvoir partager pleins de jolis moments avec vous. Je t'aime très fort.

Mes grands-parents, merci pour votre soutien précieux pendant toutes mes études et d'avoir toujours été présents pour moi. Vous êtes des grands parents formidables et vous m'impressionnez beaucoup. Je vous aime fort.

Thierry, tu es un beau-père formidable et encore merci pour ton aide précieuse lors de tous ces déménagements.

Lucie et Raphaël, malgré les 8 ans qui nous séparent, merci de me supporter et d'être le meilleur petit frère et la meilleure petite sœur dont j'aurais pu rêver. Je suis très fière de vous et des adultes que vous êtes en train de devenir. Je termine enfin ce cursus universitaire et j'ai hâte de suivre votre parcours universitaire qui commence très prochainement. Je vous aime fort.

Nathalie, Guillaume, Aimée, Bruno, Véronique, Pascal, Maxime et tous les membres de ma famille que je n'ai pas cités. Merci d'être présent à mes côtés depuis 25 ans, vous êtes géniaux.

À mes amis,

Maïna, si je repense à notre rencontre au hasard d'un arrêt de bus en commun pour ensuite se retrouver en P2 ensemble avec Théo. Que de souvenirs : nos soirées, les bancs de la fac, les pauses repas, nos si longues discussions refaire le monde. Même si aujourd'hui 800 km nous séparent, je suis tellement heureuse de t'avoir toujours à mes côtés et de toujours

partager cette belle amitié. Un grand merci aux audios d'exister. Je tiens aussi à te remercier sincèrement pour ton soutien tout au long de cette thèse et de m'avoir corrigée. Si j'ai enfin réussi à finir cette thèse, c'est une grande partie grâce à toi, tu as été une super coach !

Vera, quel duo ! On a partagé tellement de belles choses ensemble : nos soirées, nos voyages, la collocation, nos révisions à la Bu de droit... Merci pour ta joie de vivre et ton optimisme qui m'ont toujours aidée à rester motivée et de m'avoir supportée pendant ces 2 ans de collocation.

Lauréva, je remercie Vera de m'avoir fait te connaître. Merci d'être toujours à l'écoute et d'être une amie géniale. Cuba est mon meilleur souvenir ensemble, c'était incroyable.

Alexia, merci à la filière officine de nous avoir rapprochées ! Je te remercie pour ton soutien durant notre cursus et dans la réalisation de cette thèse. Nos appels sont toujours hyper motivants et j'ai hâte que tu finisses ta thèse aussi pour pouvoir profiter ensemble.

Gégé, un peu plus de 10 ans qu'on se connaît et je remercie le hasard de nous être retrouvées à Limoges quelques années plus tard. Tu es une amie géniale, merci pour ton grain de folie et ton écoute !

Yaya, merci pour ta bonne humeur et ta bienveillance ! Je vous remercie avec Gégé de m'avoir toujours bien accueillie lors de mes retours à Limoges.

Merci à ce groupe de copines avec qui je passe toujours des moments géniaux. Merci à vous d'être toujours présentes dans les bons et les mauvais moments, de me supporter et de me voir évoluer. J'attends avec impatience nos futures péripéties. Je vous aime !

Je tiens à remercier mes amis avec que je suis moins en contact aujourd'hui. Je pense toujours à vous et je garde en souvenir tous les bons moments partagés.

À mes titulaires et mes collègues de pharmacie,

Je remercie toutes les pharmacies où j'ai eu la chance d'exercer lors de stages et lors de mes premières expériences. Merci à la pharmacie des 3 provinces à Brive, la pharmacie de la Mazelle à Rilhac-Rancon et à la pharmacie Juge à Cuxac d'Aude de m'avoir formée comme pharmacienne. Je vous remercie de m'avoir accordée votre temps et votre savoir. Je tiens à remercier les équipes qui ont toujours été à l'écoute.

Pharmacie de l'olivier, bientôt 1 an que je fais partie de l'équipe et je remercie ma titulaire Clémence Lalaurie de m'avoir accordée du temps pour finaliser cette thèse ainsi que Fred, Delphine, Célia, Françoise et Lisa qui m'ont accueillie dans cette équipe. Merci pour votre bonne humeur et votre confiance, je suis heureuse de travailler avec vous !

Benjamin, tu es sans hésiter ma plus belle rencontre dans le sud. Merci le hasard de t'avoir mis sur mon chemin. Je te remercie d'être toujours à l'écoute bien que je sois très bavarde, de me soutenir et de toujours me tirer vers le haut dans mes projets. Merci pour ta patience et ta tendresse. Tu as été ma bouffée d'air frais durant la réalisation de cette thèse. C'est bon, c'est bientôt fini, tu n'entendras plus parler ni de thèse, ni de frelons asiatiques ! Merci pour tous les jolis moments passés et maintenant, j'ai hâte de voir ce que l'avenir nous réserve et de réaliser nos projets ensemble. Je t'aime.

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/>



Liste des abréviations

AMELI : Assurance maladie en ligne

AMM : Autorisation de mise sur le marché

App : Application

ARNM : Acide ribonucléique messenger

ARS : Agence régionale de santé

BCR : B-cell receptor

CAT : Catalase

CCD : Cross-reactive carbohydrate determinant

CD4 : Cluster de différenciation 4

CD63 : Cluster de différenciation63

CD203c : Cluster de différenciation 203c

CMH : Complexe majeur d'histocompatibilité

CNRS : Centre national de recherche scientifique

Cp : Comprimé

CPA : Cellules présentatrices d'antigènes

CRAT : Centre de référence sur les agents tératogènes

CSD : Complementary sex determination

DCI : Dénomination commune internationale

ECP : Protéine cationique des éosinophiles

EDN : Neurotoxine des éosinophiles

EEE : Espèces exotiques envahissantes

EPO : Peroxydase des éosinophiles

FDGDON : Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles

FGDON : Fédération des groupements de défense contre les organismes nuisibles

FREDON : Fédération régionale de défense contre les organismes nuisibles

GDS : Groupement de défense sanitaire

Gst : Glutathion-S-transférase

Gtpx : Glutathione peroxidase

IDR : Intra dermo réaction

IEC : Inhibiteur de l'enzyme de conversion

IgE : Immunoglobuline E

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

IL-4 : Interleukine-4
IL-10 : Interleukine 10
IL-13 : Interleukine 13
INPN : Inventaire national du patrimoine naturel
INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
IRBI : Institut de recherche sur la biologie de l'insecte
ITA : Immunothérapie allergénique
ITS : Immunothérapie spécifique
ITSAP : Institut technique et scientifique de l'apiculture et de la pollinisation
J : Jour
kUa/L: Kilo-unités d'allergène par litre
MBP : Protéine basique majeure
MNHN : Musée national d'histoire naturelle
OVS : Organisme à vocation sanitaire
PNE : Polynucléaires éosinophiles
PSIC : Programme sanitaire d'intérêt collectif
RFID : Radio-identification
ROS : Reactive oxygen species
RT-PCR : Réaction en chaîne par polymérase transcriptase inverse
SDIS : Service départemental d'incendie et de secours
Sod : Superoxide dismutase
TAB : Test d'activation des basophiles
Th2 : Lymphocyte T helper 2
TPX : Thioredoxin peroxidase
TrxR : Thioredoxin reductase
 μ /mL : Microgramme par millilitre

Table des matières

Liste des abréviations.....	10
Introduction	18
I. Généralités sur le frelon asiatique	19
I.1. Classification.....	19
I.2. Description et morphologie.....	21
I.3. Origine et répartition géographique.....	23
I.4. Expansion géographique.....	24
I.4.1. Recueil des données	24
I.4.2. Répartition en France	25
I.4.3. Répartition en Europe	28
I.4.4. Répartition dans le monde	30
I.5. Confusions	32
I.5.1. Frelon européen (<i>Vespa crabro</i>)	32
I.5.2. Frelon oriental (<i>Vespa orientalis</i>).....	32
I.5.3. Guêpe des buissons (<i>Dolichovespula media</i>).....	33
I.5.4. Scolie des jardins (<i>Megascolia maculata</i>)	33
I.5.5. Sirex géant (<i>Urocerus gigas</i>).....	34
I.5.6. Abeille charpentière (<i>Xylocopa violacea</i>)	34
I.5.7. Mouche.....	35
I.6. Mode de vie et cycle biologique	36
II. Un danger pour les abeilles et la biodiversité	42
II.1. Comportement du frelon asiatique face aux abeilles.....	42
II.2. Comparaison entre <i>Apis mellifera</i> et <i>Apis cerana</i>	45
II.3. Impact sur l'apiculture.....	49
II.4. Impact sur les arbres fruitiers et l'agriculture	53
III. Statut réglementaire et lutte contre le frelon asiatique	56
III.1. Réglementation : Le statut du frelon asiatique	56
III.2. Mesures d'éradication	58
III.3. Moyens de lutte	60
III.3.1. Piégeage des femelles fondatrices.....	62
III.3.2. Les pièges sélectifs.....	64
III.3.3. Détection des pièges	66
III.4. Lutte biologique : Prédateurs et Plantes ornementales.....	70
IV. Réactions immunologiques lors de la piqure chez l'Homme	78
IV.1. Appareil venimeux et venin.....	78
IV.1.1. Physiologie de l'appareil venimeux :.....	78
IV.1.2. Composition chimique :	79
IV.1.3. Utilisation du venin	81
IV.2. Différentes réactions lors de la piqure	82
IV.3. Cas des réactions allergiques.....	84
IV.4. Mécanisme allergique	86
IV.5. Désensibilisation et traitement	89
IV.5.1. Diagnostic de la sensibilisation	89

IV.5.2. Bilan de la démarche clinique pour le diagnostic de l'allergie aux hyménoptères	93
IV.5.3. Désensibilisation et protocole de l'ITA (Immunothérapie allergénique)	95
V. Rôle du pharmacien : Conseils à l'officine	99
V.1. Mesures prophylactiques : Comment éviter de se faire piquer ?.....	99
V.2. Piqûre : Conduite à tenir	100
V.2.1. Détermination de l'insecte	100
V.2.2. État de la piqûre.....	100
V.3. Traitement :	101
V.3.1. Conseils à l'officine.....	101
V.3.2. Médicaments à prescription médicale.....	106
V.3.3. Homéopathie	108
V.3.4. Aromathérapie	109
V.3.5. Adrénaline.....	111
V.3.6. Trousse d'urgence	113
V.4. Traitement vétérinaire	113
Conclusion	115
Références bibliographiques.....	117
Annexes.....	127
Serment De Galien.....	135

Table des illustrations

Figure 1 : Système d'ailes et de couplage de l'hyménoptère <i>Bembix</i> (2)	20
Figure 2 : Vue dorsale et vue de face de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (7)	21
Figure 3: Comparaison mâle et femelle de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (7)	22
Figure 4 : Répartition mondiale des trois espèces de <i>Vespa</i> (8)	23
Figure 5 : Arbre décisionnel pour valider les données de l'inventaire du frelon asiatique (10)	24
Figure 6 : 1 ^{ère} invasion de <i>Vespa Velutina nigrithorax</i> en France (8)	25
Figure 7 : Graphique résumant l'expansion des nids de <i>Vespa Velutina nigrithorax</i> à travers la France	26
Figure 8 : Répartition géographique de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> en Europe de 2004 à 2012 (15)	27
Figure 9 : Expansion géographique du frelon asiatique à travers l'Europe (8)	28
Figure 10 : Répartition du frelon asiatique à travers l'Europe en 2023 (8)	29
Figure 11 : Expansion future du frelon asiatique dans les conditions du réchauffement climatique (8)	29
Figure 12 : Histogramme de la fréquence des allèles dans les populations natives et invasives de frelons asiatiques (20) Na représente le nombre total d'allèles	30
Figure 13 : Modélisation de la répartition de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> à travers le monde dans les conditions actuelles (2010) et dans de futures conditions climatiques (2100) (22) .	31
Figure 14 : <i>Vespa crabro</i> - Vue de face, vue du nid et vue dorsale (23)	32
Figure 15 : <i>Vespa orientalis</i> - Vue latérale, vue de face et vue dorsale (24)	33
Figure 16 : <i>Dolichovespula media</i> - Vue dorsale, vue de face et vue de son nid (25)	33
Figure 17 : <i>Megascolia maculata</i> - Vue de face et vue dorsale (26)	34
Figure 18 : <i>Urocerus gigas</i> - Vue de la tête et vue de dessus (27)	34
Figure 19 : <i>Xylocopa violacea</i> - Vue dorsale (28)	35
Figure 20 : <i>Milesia crabroniformis</i> - Vue dorsale (7)	35
Figure 21 : <i>Asilus crabroniformis</i> - Vue dorsale (7)	35
Figure 22 : Cycle biologique de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> en France (8)	36
Figure 23 : Vue centrale et interne d'un nid de frelon asiatique (31)	37
Figure 24 : Nid mature de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> scanné aux rayons X (32)	38
Figure 25 : a) Nid embryon (34) b) Nid secondaire (35)	39
Figure 26 : Développement du nid de frelons asiatiques au cours des saisons (35)	39
Figure 27 : Les différents stades larvaires de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (7)	40

Figure 28 : Bol alimentaire de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> en fonction de leur zone d'habitation (8).....	41
Figure 29 : <i>Vespa velutina nigrithorax</i> , en vol stationnaire devant la ruche d' <i>Apis mellifera</i> (42).....	43
Figure 30 : <i>Vespa velutina nigrithorax</i> décapitant <i>Apis mellifera</i> (8)	43
Figure 31 : Répartition du lieu d'attaque des abeilles par le frelon asiatique (41)	45
Figure 32 : Heat balling par <i>Apis cerana</i> sur <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (46).....	46
Figure 33 : Ola-shimmering formé par <i>Apis cerana</i> (48)	47
Figure 34 : Tergites maintenus ouvertes chez le frelon oriental lors de l'inspiration (13)	48
Figure 35 : Formation du tapis d'abeilles (49)	48
Figure 36 : L'expression de différents facteurs d' <i>A. mellifera</i> lors de la prédation de <i>V. velutina nigrithorax</i> (52).....	50
Figure 37 : Nombre de frelons asiatiques observé devant les ruches au cours des saisons (51).....	51
Figure 38 : Impact du frelon asiatique sur <i>A. mellifera</i> a) Pourcentage d'activité de forage en fonction du nombre de frelons en prédation au rucher b) Échec de retour à la ruche pour les abeilles en fonction de l'activité des abeilles (51).....	52
Figure 39 : « Dépendance à l'égard de la pollinisation animale des principales cultures mondiales directement consommées par les êtres humains et commercialisées sur le marché mondial » (56)	53
Figure 40 : A) Pourcentage de pollinisation par les abeilles pour ces différentes cultures B) Contraste entre une étal de marché avec pollinisation par les abeilles (gauche) et sans pollinisation par les abeilles (droite) (13)	54
Figure 41 : Frise chronologique des différentes décisions réglementaires concernant le frelon asiatique	56
Figure 42 : Matériel pour la destruction d'un nid de frelon asiatique (70)	60
Figure 43 : Coût annuel estimé de la destruction des nids de frelons asiatiques dans différents pays(71).....	61
Figure 44 : Contenu d'un piège à bière non sélectif (46)	63
Figure 45 : Raquette électrique (74)	64
Figure 46 : Harpe électrique utilisée avec des panneaux photovoltaïques (75)	64
Figure 47 : Piège Apishield® (13)	65
Figure 48 : a) Piège Jabeprode® (77) b) L'intérieur du piège Jabeprode® (77) ...	66
Figure 49 : Pot à mèche avec frelon (78)	67
Figure 50 : Principe du radar harmonique (79).....	68
Figure 51 : Frelon asiatique avec transpondeur (80).....	68
Figure 52 : Frelon asiatique avec TAG (82).....	69

Figure 53 : Détection d'un nid de frelons asiatiques par image thermique (83)	70
Figure 54 : <i>Pernis apivorus</i> (46).....	71
Figure 55 : L'intérieur du nid de la bondrée apivore (85)	71
Figure 56 : <i>Sarracenia leucophylla</i> : « <i>Juthatip soper</i> » (46).....	72
Figure 57 : <i>Vespa mandarinia</i> (46)	73
Figure 58 : Différents cas de la reproduction chez le frelon asiatique (13).....	74
Figure 59 : <i>Vespa velutina nigrithorax</i> et <i>Pheromermis vesparum</i> (46).....	75
Figure 60 : Cycle biologique du nématode <i>Pheromermis vesparum</i> (46).....	76
Figure 61 : Schéma de l'appareil venimeux de <i>Vespidae</i> (91).....	78
Figure 62 : Processus de l'introduction de l'aiguillon dans la peau (91).....	79
Figure 63 : Mécanisme de la phase de sensibilisation de l'allergie IgE dépendante (112)	87
Figure 64 : Seconde phase dans l'allergie IgE dépendante (112)	88
Figure 65 : Résultats après la réalisation du test cutané (115)	91
Figure 66 : Démarche de diagnostic de l'allergie aux hyménoptères (110).....	94
Figure 67 : Protocole de désensibilisation ultra-rush (116).....	96
Figure 68 : Méthodes non conventionnelles trouvées sur internet pour soulager des piqûres d'hyménoptères (120)	101
Figure 69 : Protocole d'utilisation de l'Aspivenin® (121).....	102
Figure 70 : Adaptation posologique chez les patients atteints d'insuffisance rénale.....	106
Figure 71 : Adaptation posologique chez les patients atteints d'insuffisance rénale.....	108
Figure 72 : Présentation d'un stylo Anapen® (132).....	112

Table des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (3).....	19
Tableau 2 : Tableau comparatif mâle et femelle de <i>Vespa velutina nigrithorax</i> (7).....	22
Tableau 3 : Composition du venin de frelons (94), (95)	80
Tableau 4 : Classification des réactions allergiques selon H.L Müller (104)	85
Tableau 5 : Présentation des crèmes à base d'antihistaminiques	103
Tableau 6 : Présentation des crèmes à base de dermocorticoïdes faibles	104
Tableau 7 : Présentation des crèmes antiprurigineuses	105
Tableau 8 : Présentation des antihistaminiques sans ordonnance.....	105
Tableau 9 : Présentation des crèmes à base de corticoïdes sur ordonnance.....	106
Tableau 10 : Présentation des antihistaminiques per os sur ordonnance	107

Introduction

En 2004, le frelon asiatique, *Vespa velutina nigrithorax*, appartenant à la famille des hyménoptères et originaire d'Asie a été accidentellement introduit en France, dans le Lot-et-Garonne. Il est classé comme espèce exotique envahissante préoccupante depuis 2016, défini comme « espèce introduite par l'homme volontairement ou involontairement sur un territoire hors de son aire de répartition naturelle, et qui menace les écosystèmes, les habitats naturels ou les espèces locales. (1) » Aujourd'hui, le frelon asiatique a envahi tout le territoire français et son éradication est un enjeu pour la santé humaine mais aussi pour l'écologie.

Vingt ans se sont écoulés depuis son introduction en France et son expansion s'est avérée fulgurante, s'étendant rapidement à travers le territoire européen. Le frelon asiatique est devenu un sujet de préoccupation majeur en France à cause de sa remarquable acclimatation mais aussi de ses conséquences délétères. En effet, le coût de la lutte contre le frelon asiatique entre 2006 et 2015 est estimé à 23 millions d'euros par le CNRS. De plus, à l'arrivée des beaux jours, certains médias adoptent une approche alarmiste, décrivant cette espèce comme un insecte dangereux, agressif envers les humains et responsable de piqûres mortelles. En réalité, il n'est pas plus dangereux qu'une abeille ou qu'une guêpe. Cependant, il suscite des inquiétudes croissantes en raison de ses impacts sur l'environnement, l'apiculture et la santé publique.

L'allergie aux venins d'hyménoptères est la troisième principale cause d'anaphylaxie, après les réactions allergiques déclenchées par les médicaments et les aliments. L'invasion du frelon asiatique en France a nécessité une adaptation rapide des pratiques et des protocoles médicaux pour faire face aux risques associés à ses piqûres chez les patients allergiques. De plus, les pharmaciens ont dû développer une approche rassurante pour les patients inquiets à l'idée de celles-ci. Ils dispensent des conseils préventifs et adaptés au risque de piqûres de frelon asiatique.

L'objectif de cette thèse est d'examiner les défis écologiques, économiques, sociaux et sanitaires engendrés par la présence de l'espèce invasive *V. velutina nigrithorax* afin d'élaborer des stratégies efficaces pour limiter son expansion et maîtriser son impact au sein de la population française.

Nous commencerons par étudier les caractéristiques générales de l'espèce, sa classification, ainsi que sa répartition géographique. Puis, après avoir analysé l'impact du frelon asiatique sur les colonies d'abeilles et la biodiversité, nous questionnerons le statut réglementaire de cette espèce invasive et les mesures de lutte mises en place pour limiter son expansion. Nous détaillerons ensuite les risques du frelon asiatique sur la santé humaine, en abordant les différentes réactions à la suite des piqûres de frelon, le mécanisme immunologique de l'allergie aux venins d'hyménoptères ainsi que le traitement de désensibilisation. Enfin, nous montrerons comment le pharmacien d'officine exerce un rôle essentiel dans la prévention, le traitement et l'orientation des patients vers d'autres professionnels de santé.

I. Généralités sur le frelon asiatique

I.1. Classification

Le genre *Vespa* appartient à l'ordre des hyménoptères et à la famille des *Vespidae*. L'espèce *Vespa velutina*, plus connue sous le nom de frelon asiatique ou de frelon à pattes jaunes a été décrite pour la première fois par Lepeltier en 1836 à partir de spécimens retrouvés sur l'île de Java en Indonésie. La sous- espèce *nigrithorax*, quant à elle, a été mise en évidence et étudiée pour la première fois par du Buysson en 1905. (2)

Règne	<i>Animalia</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Ordre	<i>Hymenoptera</i>
Sous-ordre	<i>Apocrita</i>
Super-famille	<i>Vespoidea</i>
Famille	<i>Vespidae</i>
Genre	<i>Vespa</i>
Espèce	<i>Vespa velutina</i>
Sous-espèce	<i>Vespa velutina nigrithorax</i>

Tableau 1 : Taxonomie de *Vespa velutina nigrithorax* (3)

L'ordre hyménoptère, appartient, à côté des coléoptères, des diptères et des lépidoptères à la classe des insectes. Il comprend environ 12 000 espèces d'insectes, très variées allant de l'abeille (*Apidae*) à la fourmi (*Formicidae*). Les hyménoptères sont caractérisés par quatre ailes membraneuses, un appareil buccal muni de mandibules de type broyeur-lécheur leur permettant d'attraper leurs proies et de consolider leurs nids. Leurs maxilles et leurs labiums sont réunis pour former une trompe aspirant les liquides. Une des spécificités des hyménoptères est la présence d'hamules correspondant à une rangée de crochets sur la nervure supérieure des ailes postérieures qui permet le battement synchrone des ailes du même côté. Les hamules se logent dans la gouttière qui se trouve sur le bord postérieur de l'aile antérieure. Génétiquement, les femelles sont diploïdes et les mâles haploïdes. Les hyménoptères sont holométaboles, leur métamorphose est donc complète. La larve passe par un stade nymphal pour acquérir ses caractéristiques adultes. (4)

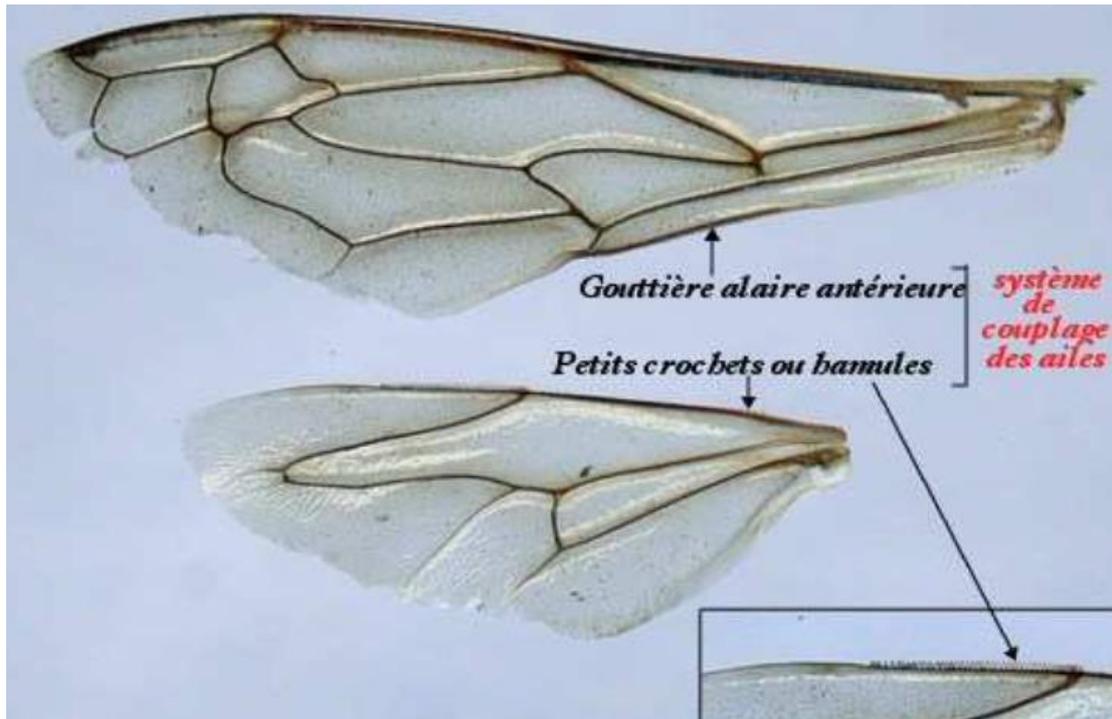


Figure 1 : Système d'ailes et de couplage de l'hyménoptère *Bembix* (2)

Les hyménoptères se dissocient en deux sous ordres : les *Symphytes* dont l'abdomen est relié au thorax et les *Apocrites* se caractérisant par un fort étranglement entre le thorax et l'abdomen nommé communément « taille de guêpe ». Leur anatomie s'organise de la manière suivante. Le premier segment abdominal a fusionné au métathorax ainsi nommé propodéum, suivi de l'étranglement, nommé pédicelle, plus ou moins marqué selon les espèces. La partie postérieure se nomme le gastre. Les apocrites se divisent en deux infra-ordres en fonction du mode de ponte de la femelle :

- Les **Térébrants** n'ont pas d'aiguillon mais une tarière aussi appelée ovipositeur leur permettant de percer des tissus végétaux ou animaux pour pouvoir pondre leurs œufs. De plus, leurs antennes possèdent plus de 13 articles. La plupart des individus de ce sous-ordre sont des parasites ce qui signifie qu'ils pondent leurs œufs à l'intérieur d'autres organismes qui serviront ensuite de nourriture pour leurs larves, jusqu'à la mort de l'hôte à la fin du développement des larves. (5)
- Les **Aculéates** possèdent un aiguillon venimeux nommé dard leur permettant de se défendre à la place de la tarière. Leur régime alimentaire est assez varié, certains aculéates sont des prédateurs, ils se nourrissent d'insectes et d'autres sont des pollinisateurs et se nourrissent de nectar, de pollen. Cet infra-ordre regroupe les abeilles, les guêpes, les fourmis ainsi que le frelon asiatique.

Le frelon asiatique appartient à la super famille *Vespoidea* qui regroupe des insectes sociaux et solitaires avec différents modes de vie : prédateurs, parasites ou herbivores ; et à la famille des *Vespidae* comprenant différentes espèces de guêpes sociales. Enfin, le genre est *Vespa*, l'espèce *Vespa velutina* et la sous-espèce se nomme *Vespa velutina nigrithorax*. (2)

I.2. Description et morphologie

Il existe 12 sous-espèces de *V. velutina* avec des variations de couleurs selon leur zone d'origine. *V. velutina nigrithorax* est facilement distinguable des autres espèces de frelons car il possède une livrée très foncée. Cette variété possède un thorax brun foncé et des premiers segments abdominaux bruns avec des liserés jaunes. Au 4^{ème} segment de l'abdomen, elle possède une large bande jaune-orangé. Sa tête est noire et sa face jaune orangé. Son surnom « Frelon à pattes jaunes » fait référence à la couleur de ses pattes noires avec les extrémités jaune citron. Les reines mesurent entre 28 mm et 32 mm de long et les ouvrières entre 17 et 26 mm. (6)



Figure 2 : Vue dorsale et vue de face de *Vespa velutina nigrithorax* (7)

V. velutina nigrithorax vit en colonie, chaque colonie est composée de différentes castes jouant chacune un rôle spécifique dans sa survie et son fonctionnement : la reine fondatrice, les ouvrières et les mâles. Les ouvrières sont des femelles stériles dont le rôle est la construction, l'entretien, l'approvisionnement et la défense du nid. Les mâles sont produits en fin de saison (automne) pour s'accoupler avec les futures reines, une fois l'accouplement effectué ils meurent rapidement. Lors de la période de reproduction, la colonie contient des mâles et des femelles sexuées pour que chaque fondatrice fonde sa propre colonie. (7) Les frelons asiatiques mâles et femelles se distinguent par les spécificités suivantes :

Mâle	Femelle
2 tâches jaunes nommées sternites sur l'extrémité ventrale de l'abdomen	Absence de sternite coloré
Absence d'aiguillon	Aiguillon
Face antérieure du clypéus droite	Face antérieure du clypéus échancrée
Mandibules	Puissantes mandibules

Antennes avec 13 segments crénelés	Antennes avec 12 segments non crénelés
Petite taille	Grande taille

Tableau 2 : Tableau comparatif mâle et femelle de *Vespa velutina nigrithorax* (7)

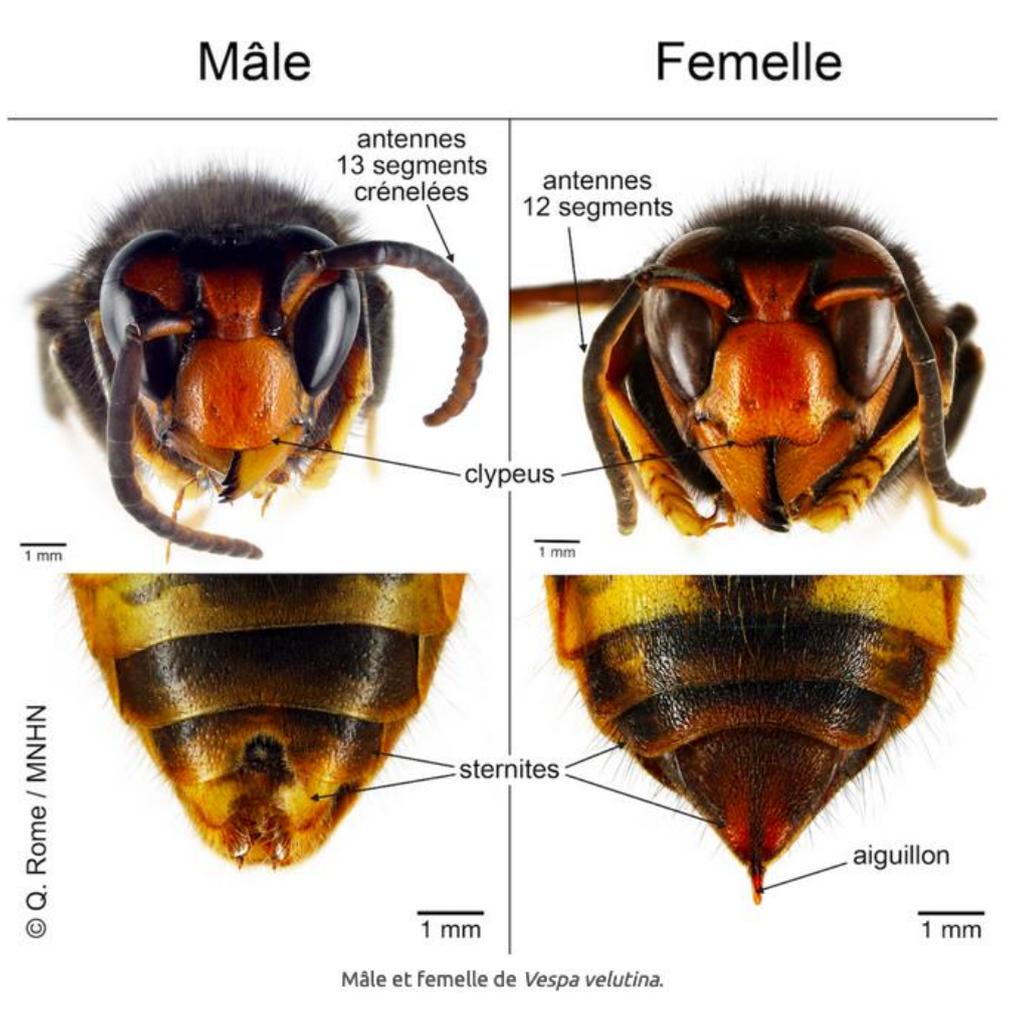
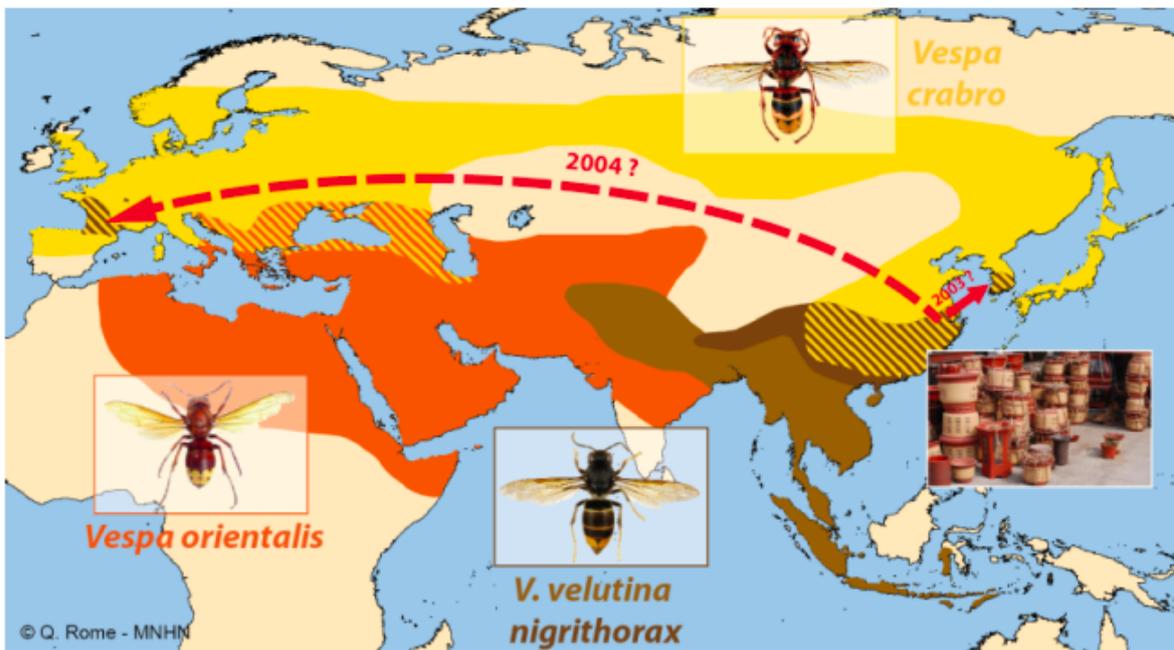


Figure 3: Comparaison mâle et femelle de *Vespa velutina nigrithorax* (7)

I.3. Origine et répartition géographique

Le genre *Vespa* comprend 22 espèces en Asie. *V. velutina* est originaire du Sud-Est de la Chine, de Taïwan, d'Afghanistan, du Nord de l'Inde, du Bouthan, de la Birmanie, de l'Asie du Sud-Est, de la Malaisie et de l'Est du Népal. La variété *Vespa velutina nigrithorax* est originaire d'Asie continentale, de Chine principalement, or le climat ressemble fortement à celui du Sud-Ouest de la France c'est pourquoi il s'est très bien acclimaté au territoire et il s'est propagé très rapidement les années suivantes. En effet, le taux de précipitations lors des saisons sèches est plus élevé en Europe mais les climats sont assez similaires entre ces deux zones géographiques. (8) Certaines espèces de frelons ont déjà été introduites dans d'autres pays mais les différents facteurs qui permettent l'acclimatation de l'espèce et son expansion doivent être réunis.



Distribution des trois espèces de frelons présentes en Europe.

Figure 4 : Répartition mondiale des trois espèces de *Vespa* (8)

D'après la figure 4, avant 2004 deux espèces de frelons occupaient l'Asie jusqu'à l'Europe. *Vespa crabro* était retrouvé dans toute l'Europe occidentale alors que *Vespa orientalis* occupait principalement le bassin méditerranéen. Sur la figure 4, les zones hachurées correspondent à la cohabitation entre deux espèces de frelons.

Tous les frelons sont originaires d'Asie mais si *V. crabro* a migré seul en France sur plusieurs années, *V. Velutina nigrithorax*, quant à lui, a été accidentellement introduit en France en 2004 dans la région du Lot- et- Garonne. Un horticulteur se serait rendu à Shangai, dans la région de Zeijang pour importer des poteries chinoises afin de planter des bonsaïs. Le transport commercial est effectué par bateau, et une reine fécondée aurait hiberné dans ces poteries durant la traversée. Les poteries ayant été livrées au printemps, la reine fécondée est arrivée durant une période adéquate pour commencer son cycle biologique. La période d'installation et les conditions climatiques étaient favorables pour l'acclimatation du frelon

asiatique ce qui explique qu'il s'est multiplié très rapidement et que plusieurs nids ont été retrouvés dès l'année suivante. (6) Aujourd'hui, la population de frelons asiatiques est génétiquement peu diversifiée, ce qui signifie probablement qu'une seule reine a été fécondée par quatre ou cinq mâles pour produire la population de frelons asiatiques française. À partir d'études moléculaires, une forte homogénéité génétique et l'absence de structuration géographique de sa diversité ont confirmé l'hypothèse de son introduction sur le territoire. (9)

I.4. Expansion géographique

I.4.1. Recueil des données

D'après l'inventaire national du patrimoine naturel, l'invasion du frelon asiatique en France a été très rapide. Des données ont été recueillies sur cette plateforme issues de différentes sources : services régionaux, service de l'état, syndicats d'apiculteurs, associations naturalistes, désinsectiseurs, particuliers. Elles sont relevées par la fiche de signalement (Annexe 1) mis en ligne sur le site de l'INPN (Inventaire national du patrimoine naturel) avec comme preuve une photo ou l'insecte séché. Ces informations sont ensuite analysées pour être comptabilisées et validées. La validation des signalements est effectuée en suivant l'arbre décisionnel présenté en figure 5. Ces sources peuvent paraître incomplètes parfois car il peut y avoir différentes erreurs dans le recensement des nids, par exemple le nid du frelon asiatique peut être confondu avec celui d'un autre hyménoptère, ou bien un même nid peut être recensé deux fois ce qui entraîne un doublon dans les données. (10) On estime qu'environ un tiers de ces résultats sont erronés. (7) Cependant, ce travail de récolte de données a permis de cartographier la présence de *V. velutina nigrithorax* en France, en Europe et dans le monde et de référencer son expansion géographique actuelle et future. (11)

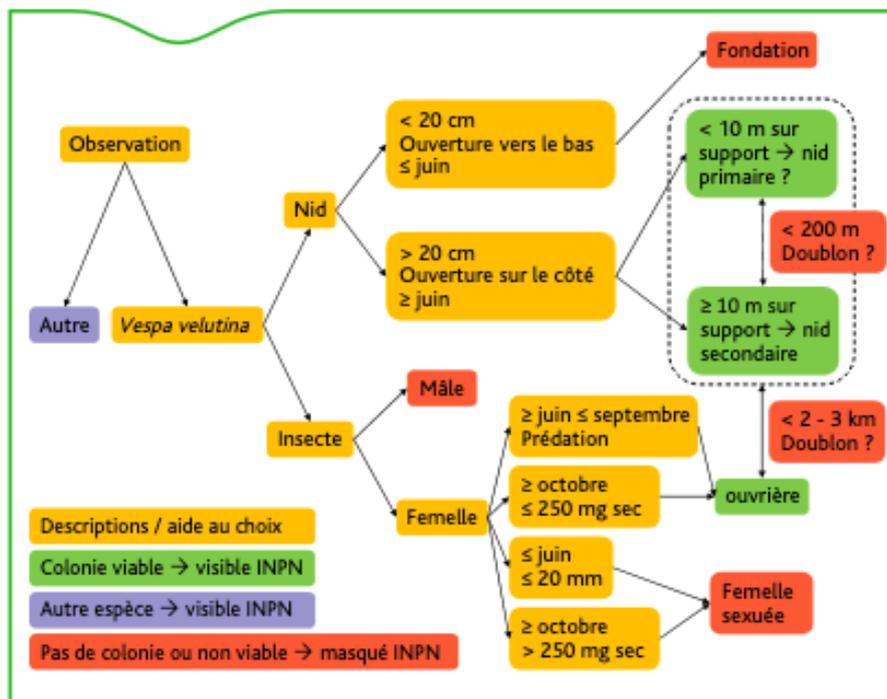


Figure 5 : Arbre décisionnel pour valider les données de l'inventaire du frelon asiatique (10)

Depuis l'arrivée du frelon asiatique en 2004, son invasion a été très rapide car en 2023, il a colonisé tout le territoire français. Un modèle mathématique permettant de simuler l'expansion du frelon asiatique a été mis en place par Robinet, Suppo et Darrouzet chercheurs de l'institut de recherche sur la biologie de l'insecte à Tours et par l'unité de recherche de zoologie forestière de l'INRAE Val de Loire. Ce modèle a mis en évidence que le frelon asiatique avait une expansion moyenne de 78 kilomètres par an. (12) Différents facteurs ont permis l'expansion rapide et une acclimatation parfaite du frelon asiatique. La reine fécondée est arrivée lors d'une période adéquate pour commencer son cycle biologique : elle sortait d'hibernation et le printemps est propice à la construction de son premier nid. Les conditions climatiques du Lot-et-Garonne sont proches de ses conditions climatiques d'origine et le commerce international a accéléré son expansion. De plus, en France elle n'a pas de prédateurs, la seule compétition interspécifique présente est avec *V. crabro* mais elle est nettement inférieure à la compétition liée aux différentes espèces qui cohabitent en Chine. En l'absence de compétition aucun contrôle ne s'exerce sur la population. (13)

I.4.2. Répartition en France

Sur le territoire français, l'expansion du frelon asiatique commence en 2004 avec la présence de 2 nids dans le Lot-et-Garonne.



Figure 6 : 1^{ère} invasion de *Vespa Velutina nigrithorax* en France (8)

Un recensement du nombre de nids par département permet de montrer son expansion exponentielle :

- 2004 : 3 nids pour 1 département
- 2005 : 5 nids pour 2 départements
- 2006 : 223 nids pour 13 départements
- 2007 : 1613 nids pour 21 départements
- 2008 : 1234 pour 24 départements
- 2009 : 1637 nids pour 32 départements (9)

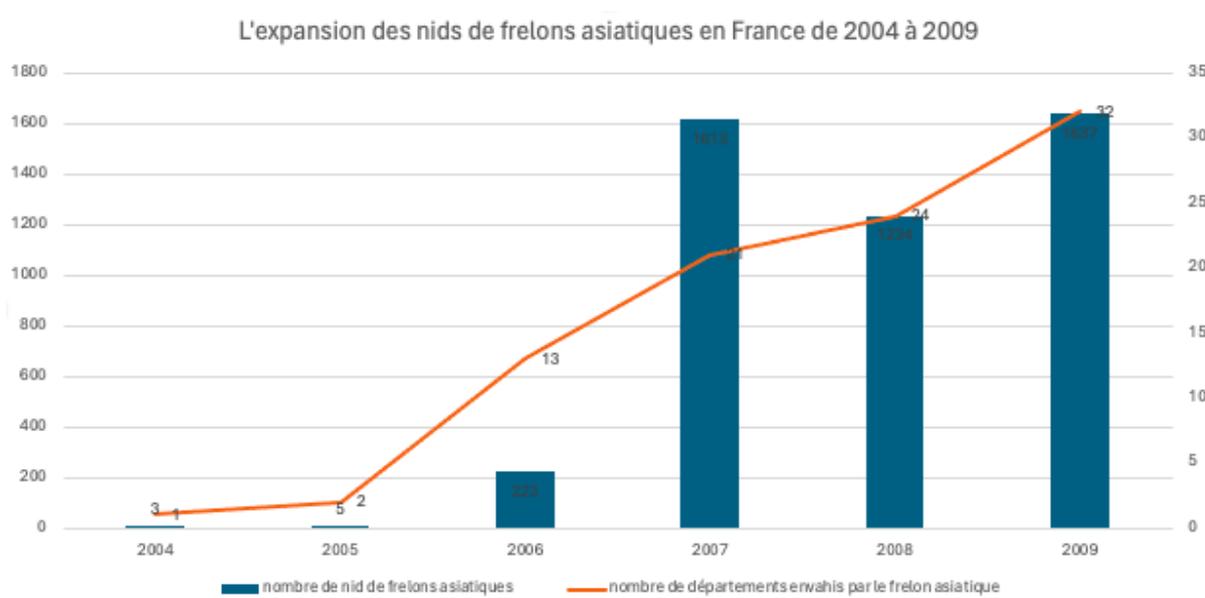


Figure 7 : Graphique résumant l'expansion des nids de *Vespa Velutina nigrithorax* à travers la France

En 2010, 39 départements sont envahis par le frelon asiatique, en 2011 50 départements sont envahis (270 000 km²) ce qui représente 50 % du territoire en France métropolitaine. (14) En 2012, 56 départements sont envahis (surface de 345 000 km²) et 67 départements en 2014 (360 000 km²). En 2016, il est présent dans 84 départements. En 2018, on estime que le frelon asiatique n'avait pas encore envahi les Ardennes, les Vosges, le Haut-Rhin, le territoire de Belfort, le Jura, la Savoie et la Corse. À l'heure actuelle, le frelon asiatique est présent sur tout le territoire métropolitain excepté la Corse. (8)

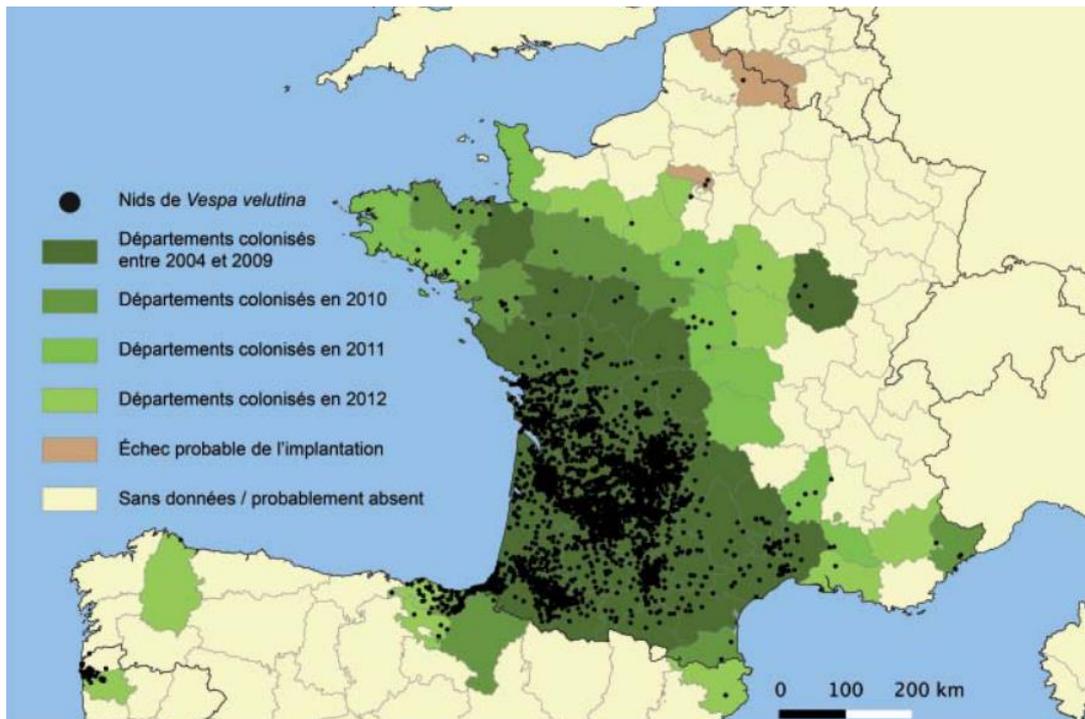


Figure 8 : Répartition géographique de *Vespa velutina nigrithorax* en Europe de 2004 à 2012 (15)

FREDON (Fédération régionale de défense contre les organismes nuisibles), la faculté des sciences et techniques d'Angers, le FGDON (Fédération des groupements de défense contre les organismes nuisibles) de Vendée, de Maine-et-Loire, de Mayenne, de la Sarthe et de Loire-Atlantique ont étudié la distance entre les nids de frelons et une source d'eau, ils ont constaté que plus de la moitié des nids de frelons asiatiques se trouve à moins de 500 mètres d'une source d'eau. Or, le pourcentage réel est certainement plus important car cette étude a été menée en s'appuyant sur la base de données carthage de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière), qui ne recense pas toutes les sources d'eau. De plus, un puits, une cuve d'eau peuvent être une source d'eau suffisante pour la formation d'un nid. Les femelles fondatrices se déplacent le long des cours d'eau pour trouver le lieu d'implantation de leur nid. Elles privilégient les zones chaudes et ensoleillées. (16)

Nagolski *et al.*, a étudié en 2012, la taille et la répartition des nids de frelons en zone urbaine. Cette étude a montré que le frelon est plus présent en zone urbanisée qu'en zone forestière. De plus, dans une zone urbaine, le frelon préfère former son nid sur des lieux tels que des hangars, des greniers, ou dans des bâtiments plutôt que dans un site naturel. En effet, un site naturel est exposé aux précipitations, aux changements de température alors que dans un hangar la température sera plus stable pour l'évolution du nid. Ces paramètres permettent de montrer qu'une colonie de frelons a de meilleures chances de survivre en milieu urbain qu'en milieu rural. (17)

I.4.3. Répartition en Europe

Après l'invasion du frelon asiatique en France, il a été retrouvé en 2010 au nord de l'Espagne, en 2011 au Portugal, dans le département français du Nord et en Belgique mais pour ces deux dernières régions, il ne s'est probablement pas acclimaté car il n'a pas été retrouvé l'année suivante. Au contraire, le frelon asiatique s'est bien adapté aux pays européens et il a continué son expansion vers l'Italie, où il est retrouvé à partir de 2012. Son front d'invasion progresse de 100 km par an. En 2012, il a atteint 66 régions d'Europe soit 360 000 km². (18) Il atteint en 2014 l'Allemagne, en 2016 le Royaume Uni et la Belgique, en 2017 le Pays-Bas, les îles Anglo-Normandes (Jersey et Guernesey), Majorque et en 2020 le Luxembourg et la Suisse.(8)

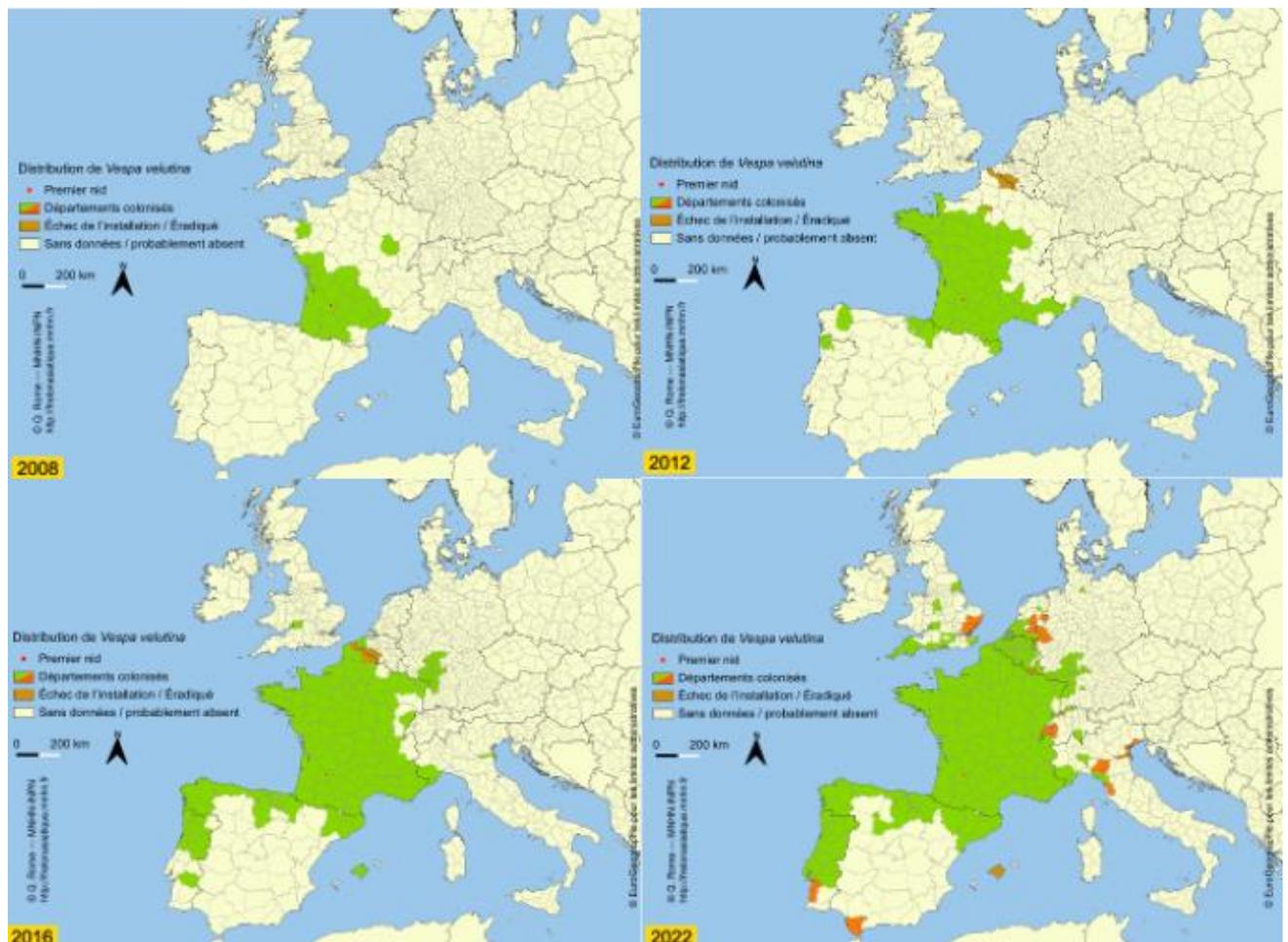


Figure 9 : Expansion géographique du frelon asiatique à travers l'Europe (8)

Le frelon asiatique possède 3 moyens de dispersion à travers l'Europe : l'auto-dispersion, la dispersion par l'intermédiaire de l'homme grâce au commerce, au tourisme et une combinaison des deux modes de dispersion précédents. L'auto-dispersion est le mode de dispersion le plus lent et il est soumis à différents facteurs : la végétation, la température, les précipitations, la distance des rivières. Le frelon asiatique ne peut pas traverser des zones montagneuses par exemple. La dispersion par l'intermédiaire de l'homme et notamment par

les routes commerciales, permet aux frelons de se déplacer plus rapidement et d'accéder à des territoires qu'ils n'auraient pas pu atteindre autrement. (19)

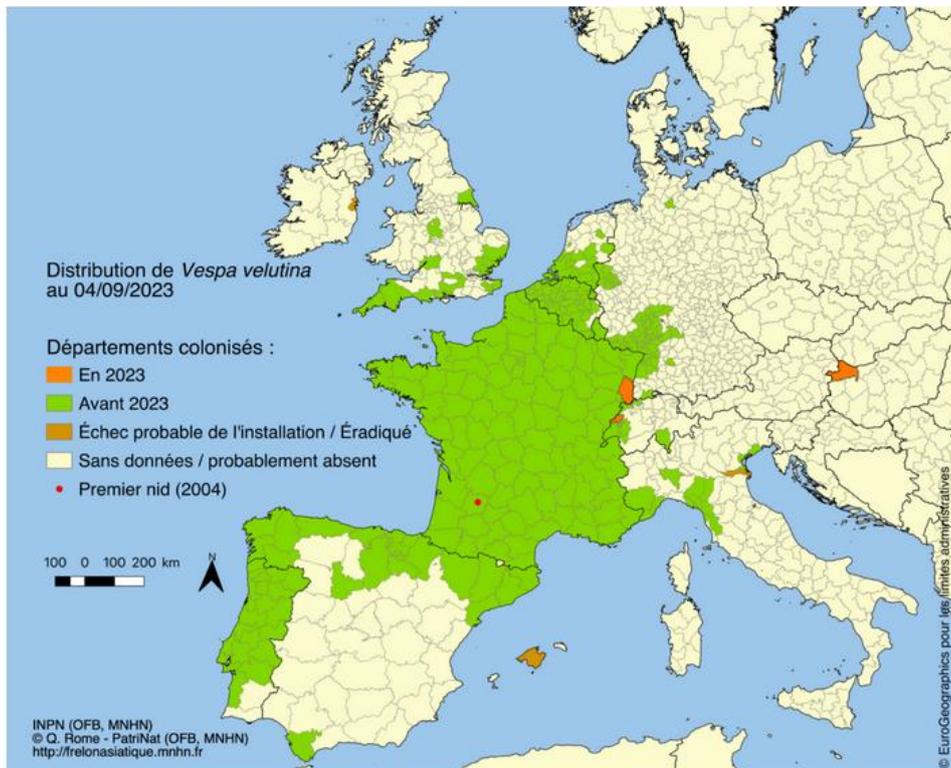


Figure 10 : Répartition du frelon asiatique à travers l'Europe en 2023 (8)

Avec les conditions actuelles du réchauffement climatique, en modélisant l'expansion des niches selon les prédictions climatiques, on estime que d'ici 2100, le frelon asiatique aura colonisé toute l'Europe. (8)

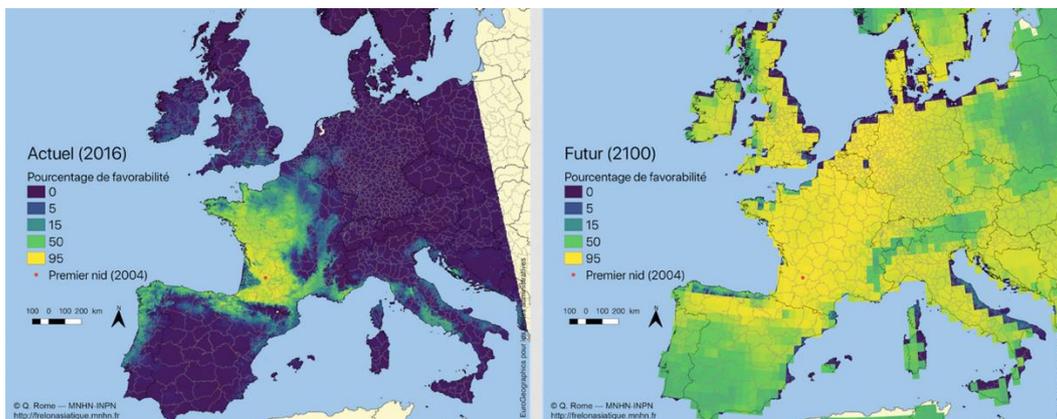


Figure 11 : Expansion future du frelon asiatique dans les conditions du réchauffement climatique (8)

I.4.4. Répartition dans le monde

En 2003, la Corée du Sud connaît une invasion de frelons asiatiques originaires de Shanghaï. Cependant, son expansion reste limitée car il cohabite avec six autres espèces de frelons et la compétition interspécifique est très forte. La diversité génétique en France est très faible comparée aux populations des régions d'origine du frelon asiatique. En effet, la population française a été fondée à partir d'un faible nombre d'individus, ce qui est responsable d'un goulot d'étranglement par effet fondateur. Le goulot d'étranglement génétique est une diminution importante de la diversité génétique dû à la production d'une génération à partir d'un nombre réduit d'individus reproducteurs dans une population donnée. Ce goulot est mis en évidence par la répartition des fréquences des allèles. Dans les populations natives, on remarque la présence de nombreux allèles à de faibles fréquences. Dans les populations invasives, on observe un décalage de la répartition des fréquences alléliques vers les hautes fréquences. Il y a de moins en moins d'allèles différents mais il apparaît de plus en plus d'allèles avec des fréquences plus importantes. Dans plusieurs années, lorsque la population de frelons asiatiques aura évolué dans les zones envahies les allèles les plus rares disparaîtront et il ne restera que quelques allèles avec des fréquences élevées. (20)

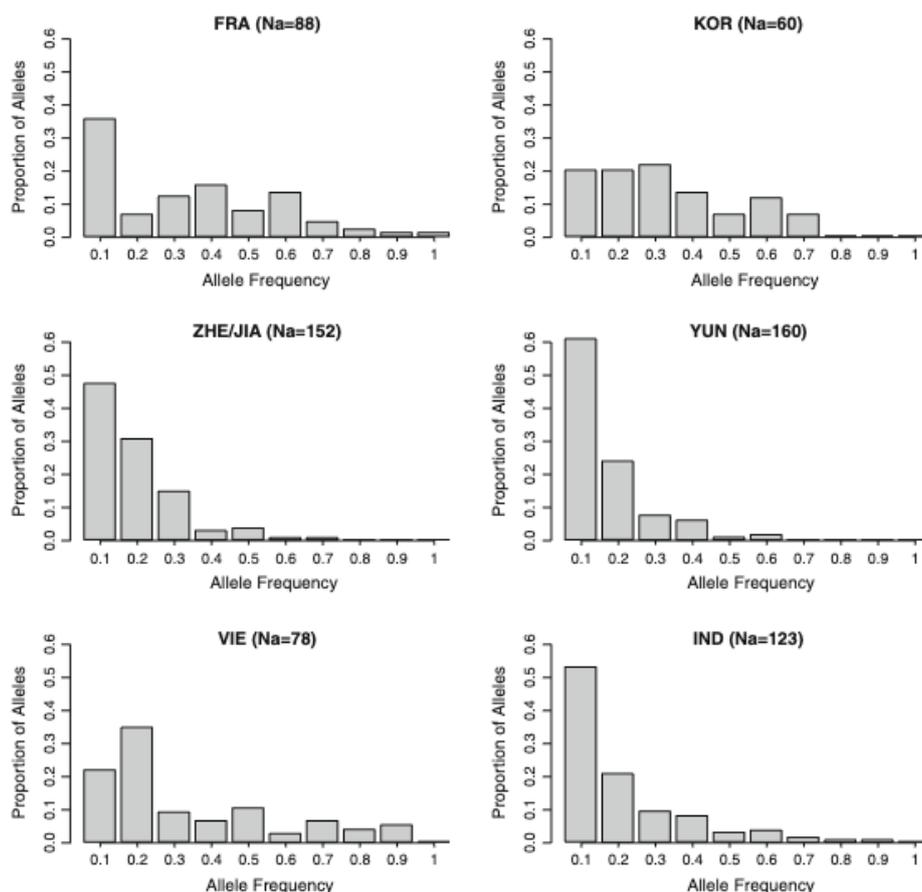


Figure 12 : Histogramme de la fréquence des allèles dans les populations natives et invasives de frelons asiatiques (20) Na représente le nombre total d'allèles

Deux études distinctes ont étudié l'acclimatation de *V. Velutina nigrithorax* à travers le monde.

1^{ère} étude : À partir des données climatiques de la zone d'origine du frelon asiatique, les modélisateurs ont cherché toutes les régions dans le monde où l'on trouve des données climatiques similaires. Une des régions où le frelon asiatique a le plus de chance de réussir à s'implanter, est la Nouvelle-Aquitaine. Cette région possède les conditions climatiques les plus ressemblantes à celle de son aire d'origine ce qui explique la réussite de l'expansion du frelon asiatique en France. De plus, il existe de nombreuses régions du monde (Amérique du sud, Amérique de l'est, Afrique du Sud) où le frelon asiatique pourrait éventuellement s'acclimater s'il venait à être exporté par le commerce international. (21)

2^{ème} étude : Ce deuxième modèle a été effectué à partir des données climatiques d'origine et des données d'invasion jusqu'en 2010 en France. Cette modélisation prédit une invasion de l'Europe encore plus importante que celle décrite par la première étude. De plus, cette étude montre qu'à partir d'une seule reine fondatrice, l'espèce peut envahir un territoire important. Ainsi, malgré une faible diversité génétique, la population infestante a des capacités d'adaptation climatique et d'expansion importantes. Enfin, ces modélisations montrent qu'avec le réchauffement climatique, d'ici 2100 le climat mondial sera de plus en plus favorable à l'expansion du frelon asiatique à travers le monde. (22)

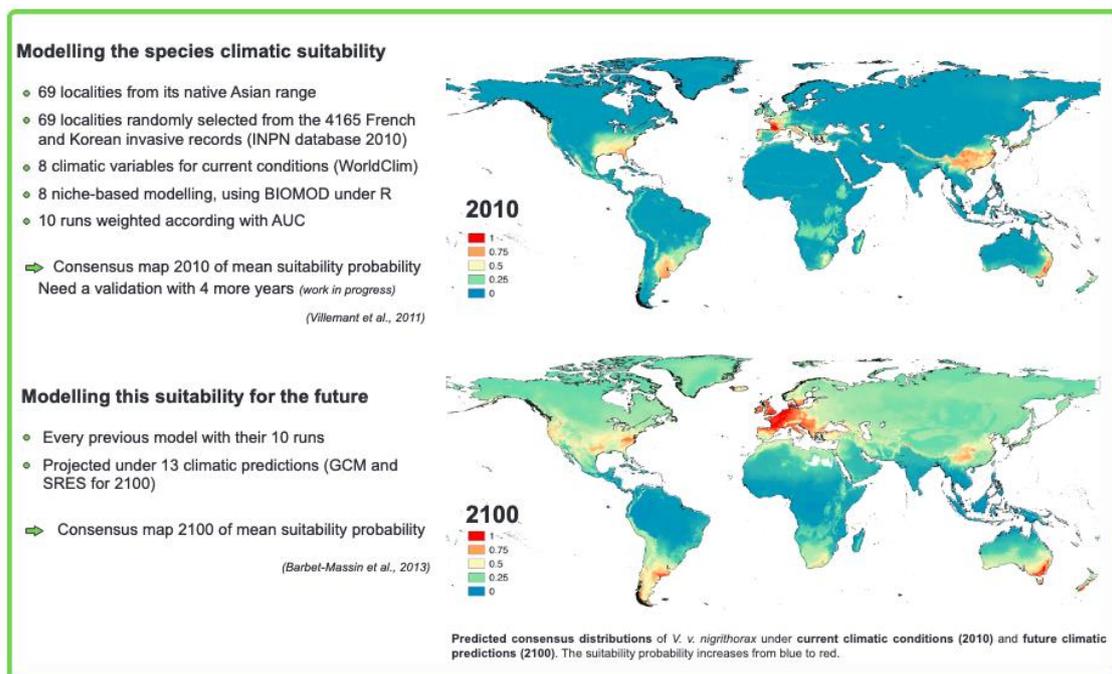


Figure 13 : Modélisation de la répartition de *Vespa velutina nigrithorax* à travers le monde dans les conditions actuelles (2010) et dans de futures conditions climatiques (2100) (22)

Les zones bleues représentent les lieux où le frelon asiatique n'est pas présent et plus la couleur se réchauffe pour tendre vers le rouge, plus la population de frelon asiatique présente dans ce territoire est importante. On constate que d'ici 2100, le frelon asiatique aura

atteint l'hémisphère Nord, et sera présent en Russie, en Europe orientale et aux États-Unis. (22)

I.5. Confusions

Le frelon asiatique se distingue facilement des autres espèces proches par ses caractéristiques visuelles et par la formation de son nid. Mais il peut, malgré tout, être confondu avec d'autres espèces de frelons, comme le frelon européen et le frelon oriental ou bien avec des espèces d'abeilles ou de mouches. (Annexe 2 et 3)

I.5.1. Frelon européen (*Vespa crabro*)

V. crabro est la première espèce de frelon introduite en France, originaire d'Asie comme tous les frelons, elle a mis plusieurs années à atteindre l'Europe. Elle est facilement différenciable de *V. velutina nigrithorax* par sa taille. Les ouvrières mesurent entre 18 et 23 mm et les reines mesurent entre 25 et 35 mm alors que les castes de *V. velutina nigrithorax* atteignent à 17 à 32 mm. Son thorax est noir avec un « V » rouge, l'abdomen est jaune clair avec des bandes noires, sa tête est jaune de face et rouge-orangé sur le dessus. Les pattes sont noires avec les extrémités rouges. Le frelon européen est plus grand et plus coloré que le frelon asiatique. Le nid est majoritairement construit dans un lieu plutôt caché comme le creux d'un arbre, ou dans le sol mais jamais perché en hauteur. L'ouverture du nid se trouve en bas et le nid peut atteindre entre 30 et 60 cm. *V. crabro* est présent en Europe, en Asie et il a été introduit en Amérique du Nord. (23)

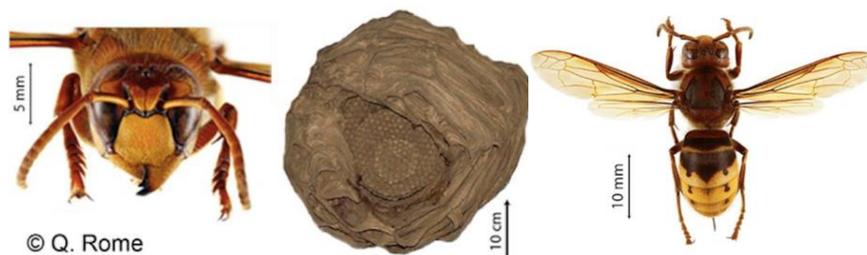


Figure 14 : *Vespa crabro* - Vue de face, vue du nid et vue dorsale (23)

I.5.2. Frelon oriental (*Vespa orientalis*)

Sa taille est similaire à celle de *V. crabro*. Les ouvrières mesurent entre 20 et 25 mm et les reines entre 27 et 35 mm. Il est entièrement vêtu de roux excepté sa face antérieure et ses derniers segments de l'abdomen (3^{ème} et 4^{ème} segments) qui sont jaunes. Il fait généralement son nid sans enveloppe dans des cavités comme *Vespa crabro*. En revanche, si le nid est aérien, il peut avoir comme support un bâtiment ou de la végétation et il possède une enveloppe faite de différentes particules du sol. Il peut être confondu avec la scolie des jardins. Le frelon oriental est quant à lui retrouvé dans le bassin Méditerranéen. Il est recensé en Afrique, au Moyen Orient, en Asie, en Europe du Sud et avec le réchauffement climatique il a pu être aperçu dans des régions plus au nord comme à Marseille en 2021. Il se développe préférentiellement dans des milieux arides. (24)



Figure 15 : *Vespa orientalis* - Vue latérale, vue de face et vue dorsale (24)

I.5.3. Guêpe des buissons (*Dolichovespula media*)

La guêpe des buissons est plus petite que les frelons, elle mesure entre 15 et 22 mm. Son abdomen est noir avec de fines bandes jaune clair et ses pattes sont jaune clair. Son clypéus est jaune. Contrairement aux frelons, son nid se trouve à 1 ou 2 m de hauteur dans des buissons ou sur des bâtiments. Le nid est de forme sphérique et son ouverture est basale, petite, légèrement décentrée. Il faut faire attention à ne pas confondre le frelon asiatique avec d'autres types de guêpes comme la guêpe germanique (*Vespula germanica*) ou encore la guêpe poliste (*Polistes biglumis*) car la première génération d'ouvrières *V. velutina nigrithorax* est de taille similaire. (25)



Figure 16 : *Dolichovespula media* - Vue dorsale, vue de face et vue de son nid (25)

I.5.4. Scolie des jardins (*Megascolia maculata*)

La scolie des jardins peut atteindre une taille importante (50 mm). Elle fait partie des plus gros hyménoptères d'Europe. Elle est facilement distinguable du frelon asiatique car elle a une pilosité très épaisse, elle est de couleur noir brillant avec quatre zones jaunes sur son abdomen. La femelle a la tête jaune avec des pattes épineuses et le mâle a la tête noire avec des antennes plus longues. La scolie ne forme pas de nid, c'est un insecte parasitoïde qui attaque et induit une paralysie à des larves de scarabées coléoptères (*Orcytes nasicornis laevigatus*) pour pouvoir pondre ses œufs. La larve se nourrira de son hôte jusqu'à la fin de son développement. (26)

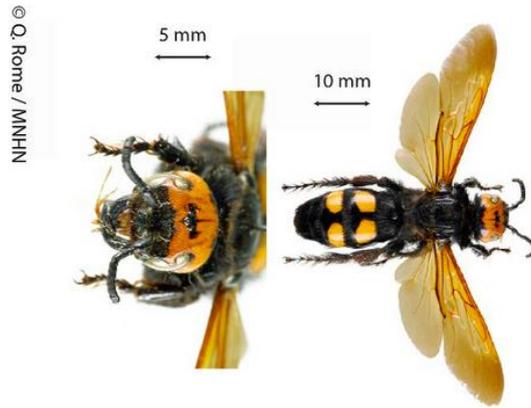


Figure 17 : *Megascolia maculata* - Vue de face et vue dorsale (26)

I.5.5. Sirex géant (*Urocerus gigas*)

Cet insecte peut être confondu avec le frelon asiatique mais il reste très différenciable par ses longues antennes jaunes, ses ailes et sa longue tarière qui lui permet de pondre ses larves dans du bois. La larve creuse des galeries dans le bois pour son développement. Le sirex est inoffensif. Il est réparti en Europe et en Asie tempérée. (27)

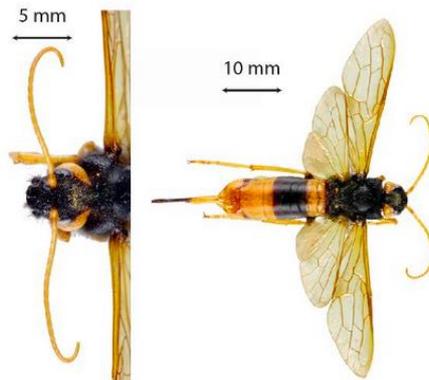


Figure 18 : *Urocerus gigas* - Vue de la tête et vue de dessus (27)

I.5.6. Abeille charpentière (*Xylocopa violacea*)

Cette abeille est un insecte solitaire de couleur noire avec des reflets violets. Elle est recouverte de poils, ses ailes sont noires. Elle mesure entre 20 et 30 mm. Elle creuse des galeries dans du bois mort ou des charpentes pour pondre ses œufs. Elle est retrouvée en Europe. (28)

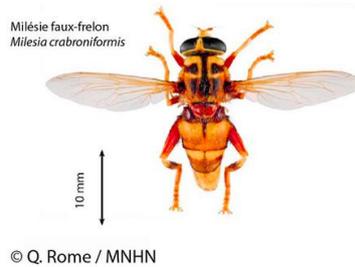


© Q. Rome

Figure 19 : *Xylocopa violacea* - Vue dorsale (28)

I.5.7. Mouche

Certains genres de mouche peuvent être confondus avec le frelon mais les mouches possèdent une seule paire d'ailes, des antennes plus courtes et leurs yeux sont très globuleux. (7)



© Q. Rome / MNHN

Figure 20 : *Milesia crabroniformis* - Vue dorsale (7)



Figure 21 : *Asilus crabroniformis* - Vue dorsale (7)

I.6. Mode de vie et cycle biologique

Le frelon asiatique a un mode de vie diurne, l'espèce arrête toutes ses activités à la tombée de la nuit pour se regrouper dans le nid. Le cycle biologique de *V. velutina nigrithorax* est un cycle annuel. Il débute avec la construction, par la reine fécondée, d'un premier nid, nommé nid embryon, d'un diamètre de 5 cm, fait à partir de papier mâché. Le nid est composé de plusieurs rangées horizontales de galettes de cellules alvéolaires dans lesquelles la reine fécondée pond ses premières larves. La reine s'occupe seule de protéger, de défendre son nid et de chasser pour nourrir ses larves. Un mois plus tard, les premières larves naissent ; elles sont de petite taille (1,5 cm) comparé aux futures générations d'ouvrières (3 cm) car elles n'ont eu que peu de nourriture et doivent se développer rapidement. Après la naissance de la première série d'ouvrières, la reine ne sort plus jamais du nid et elle s'occupe seulement de la ponte. Le nombre d'ouvrières augmente au fur et à mesure des mois et le nid s'agrandit concentriquement jusqu'à ressembler à un « jambon ». L'été, l'activité de la colonie s'intensifie, le nid atteint sa taille maximale à l'automne.

À l'automne, la reine se distingue des membres de la colonie car ses ailes sont très abîmées. Les futures reines fondatrices se différencient des ouvrières par leur poids. Elles sont plus lourdes : entre 624 et 721 mg pour les reines fondatrices contre 188 et 386 mg pour les ouvrières. Elles ont accumulé plus de graisses pour pouvoir passer l'hiver et fonder leur future colonie à l'arrivée du printemps contrairement aux ouvrières qui meurent. À l'automne, le nid atteint sa taille maximale et la génération sexuée est produite. Les mâles et femelles sexuées quittent la colonie par vagues successives. Ces générations cherchent à s'accoupler avec des individus de colonies différentes. L'accouplement a lieu en vol et se termine au sol. Après l'accouplement, les mâles meurent et les futures reines font leurs réserves et se cachent dans des abris, comme dans des souches de bois mort, sous un toit, ou dans le sol pour hiberner. Le reste de la colonie meurt à cause des intempéries et du manque de nourriture. Le nid se dégrade naturellement. (8)

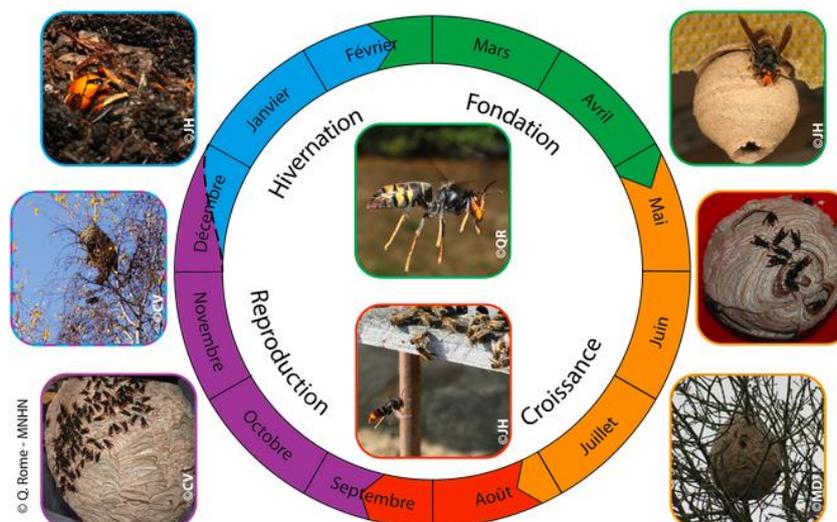


Figure 22 : Cycle biologique de *Vespa velutina nigrithorax* en France (8)

Une colonie est composée de la reine, d'ouvrières, de femelles sexuées futures fondatrices et de mâles. Les ouvrières sont des frelons femelles stériles, la production de phéromones, par la reine, lors de leur croissance, bloque leur développement ovarien. Leur rôle est de s'occuper intégralement de la colonie : agrandir, réparer le nid, chasser, nourrir les larves, défendre le nid. (29)

Evolution et composition du nid :

Le premier nid fondé par la reine est appelé nid embryon. Il est constitué de fibres de cellulose, d'une grande quantité d'eau provenant de la salive du frelon asiatique. L'eau est essentielle pour garantir l'agglomération du nid. Le nid embryon est retrouvé à une hauteur plutôt faible et il est de préférence protégé sous un hangar ou dans le creux d'un arbre. Les ouvrières agrandissent le nid à partir du nid embryon, pour former le nid primaire. Les ouvrières peuvent déplacer le nid vers un endroit plus favorable. Puis une partie des ouvrières crée un nouveau nid en hauteur, dans lequel, tous les individus du nid s'installent. Si des larves sont encore présentes dans l'ancien nid, quelques ouvrières restent pour s'en occuper jusqu'à la fin de leur développement, et ensuite, elles abandonnent le nid. Les nids secondaires sont perchés à 10 voire 40 mètres de haut. Lorsque l'on observe 2 nids éloignés de moins de 200 mètres, dans la plupart des cas, il s'agit de la même colonie. Les nids sont construits de façon à résister aux intempéries. À l'intérieur du nid, une température stable est maintenue pour protéger le couvain des températures extrêmes. Les frelons asiatiques ont un nid très caractéristique, il est perché en hauteur et son ouverture est latérale. (30)



Figure 23 : Vue centrale et interne d'un nid de frelon asiatique (31)

D'après une étude tomographique en rayon X menée par l'IRBI (institut de recherche sur la biologie de l'insecte à Tours), les alvéoles de la colonie de *V. velutina nigrithorax* sont 1,5 fois plus petites que les alvéoles de *V. crabro* mais 6 fois plus nombreuses, ce qui correspond à 10 000 à 20 000 galettes supplémentaire. La colonie comprend donc un nombre d'individus beaucoup plus important. (32) L'intérieur du nid est composé de fibres de bois et d'écorces que le frelon a trituré avec sa salive. La paroi du nid se compose de larges écailles de papier strié beige / brun. (31) Les cellules du nid sont ouvertes vers le bas. La figure 24 montre que le haut du nid ne contient pas d'alvéoles et a une forme d'éponge. Cette structure permet de protéger la partie inférieure du nid des intempéries. (32)

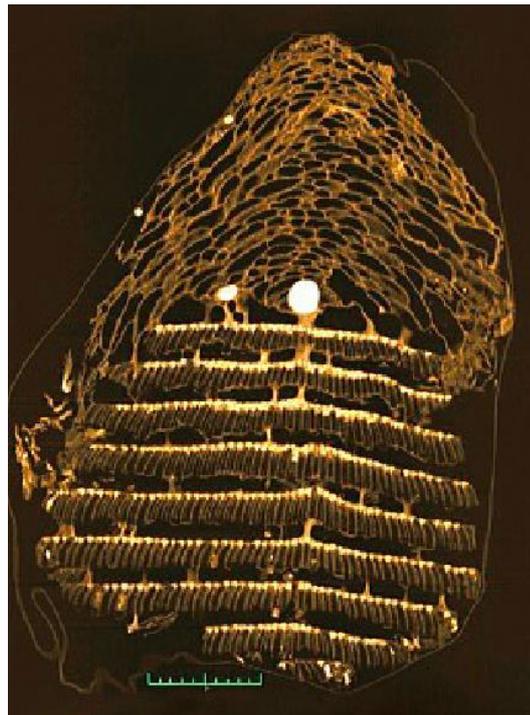


Figure 24 : Nid mature de *Vespa velutina nigrithorax* scanné aux rayons X (32)

Description plus détaillée du nid :

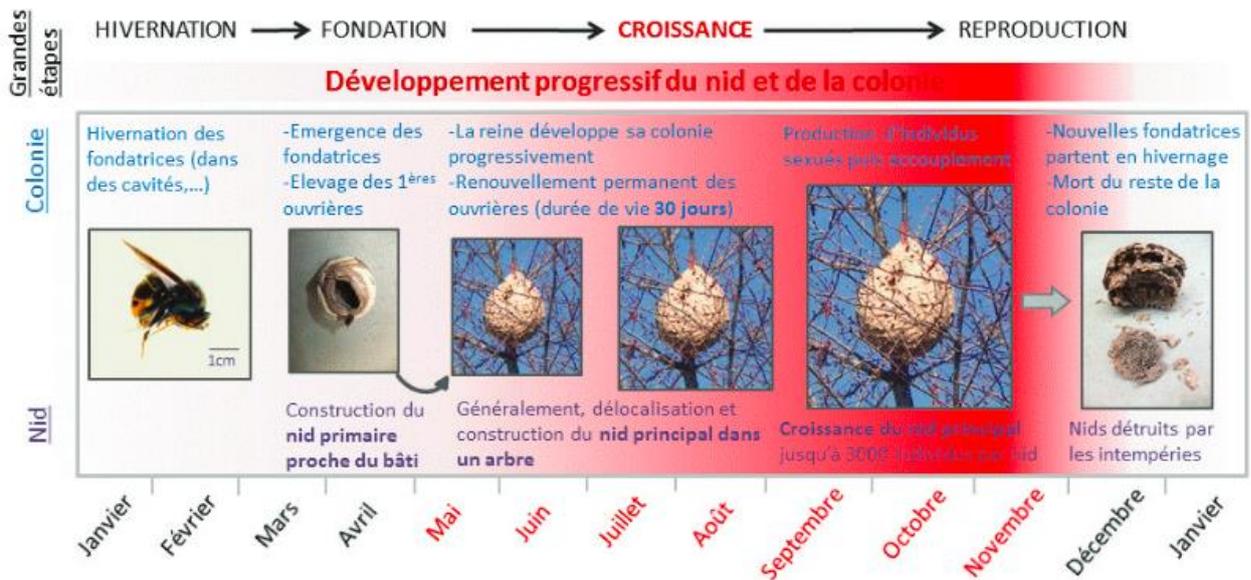
Les ouvrières construisent un nid en forme de sphère (environ 40 cm de diamètre), les plus gros nids ont une forme de poire. Un nid moyen mesure environ 60 à 90 cm de hauteur et 40 à 70 cm de diamètre. L'enveloppe extérieure est composée de plusieurs couches de papier mâché espacées par un vide d'air de 5 à 10 mm. L'épaisseur de ces différentes couches est d'environ 45 mm. L'ouverture du nid mesure 1,5 cm de diamètre. Le nid grossit durant toute la saison, lorsqu'il atteint sa taille maximale, il est composé de 6 à 7 étages de couvain. Lorsque le nid est formé sous un toit, il a une forme sphérique alors qu'en hauteur, à l'extérieur il a la forme d'une goutte d'eau. (33)



Figure 25 : a) Nid embryon (34) b) Nid secondaire (35)

Étude sur la répartition des nids à partir de 4000 nids :

- 70% des nids sont retrouvés à plus de 10 m du sol
- 26% des nids sont retrouvés à moins de 10 m du sol : dans des buissons, sous l'avant des toits
- 4% à moins de 2 m : dans des ronces, dans le sol (très rares) (30)



Source des informations : MNHN et IRBI

Figure 26 : Développement du nid de frelons asiatiques au cours des saisons (35)

Reproduction chez les frelons asiatiques :

Les individus mâles sont haploïdes, ils possèdent un seul exemplaire de chaque chromosome et les femelles sont diploïdes, elles possèdent une paire de chromosomes. Lors de l'accouplement, les femelles stockent les spermatozoïdes des mâles dans la spermathèque (organe féminin de stockage qui garde la semence du mâle pour la fécondation) et elles contrôlent la ponte. À la fin de la saison, le développement sexuel des nouveaux individus n'est plus bloqué par la reine et les populations mâles et les futures reines fondatrices naissent. Les mâles sont issus d'un œuf non fécondé et les femelles d'un œuf fécondé. Il peut arriver

que la reine meure ou épuise son stock de spermatozoïdes, c'est alors une ouvrière, dont les ovaires ne seront plus inhibés par les phéromones produites par la reine, qui est responsable de la ponte. Ce phénomène ne donne naissance qu'à des populations mâles car les ouvrières n'ont pas vécu d'accouplement. Si cet événement a lieu avant l'automne, cela risque d'entraîner l'anarchie au sein de la colonie. En revanche, si cet événement a lieu après l'automne, la colonie est constituée de larves sexuées mâles et femelles, la colonie est équilibrée et elle peut finir plus facilement son développement.

Le mode de reproduction du frelon asiatique repose sur la polyandrie, les individus de la colonie proviennent de plusieurs lignées paternelles. La future reine se reproduit avec environ 2 à 4 mâles. Le mâle meurt et la reine donne naissance à sa future colonie au printemps si elle réussit à résister aux conditions hivernales. Cette stratégie de reproduction est assez rare chez les *Vespidae* mais confère un avantage à l'espèce pour son installation en France. (2)

Cycle de développement :

La reine pond un à deux œufs dans chaque cellule de la galette du nid embryon. Les larves se développent ensuite la tête en bas et traversent 5 stades larvaires, puis une nymphose afin de devenir un individu adulte. Avant de subir sa nymphose, la larve opercule sa cellule, pour qu'à la fin de son développement, l'adulte puisse sortir de sa logette. La durée de développement nécessaire à l'obtention d'un adulte ténéral peut varier de 34 à 53 jours, selon la température et de la quantité de nourriture reçue. (30) Bien que la larve soit nourrie tout au long de son développement elle ne libère ses excréments qu'au moment de sa nymphose, c'est ce qu'on nomme le méconium. Ainsi, le relevé des méconia dans chaque cellule permet de comptabiliser le nombre d'individus dans la colonie. Cela permet de montrer qu'on retrouve 1 à 2 larves dans chaque cellule. À maturité, un nid peut contenir jusqu'à 11 galettes, soit 8250 cellules. Ainsi, au cours d'une saison, on répertorie en moyenne 13 000 individus par colonie dont 2000 sont en activité au même moment. On estime qu'une colonie est capable de produire 500 futures reines et environ autant de mâles reproducteurs. (8)

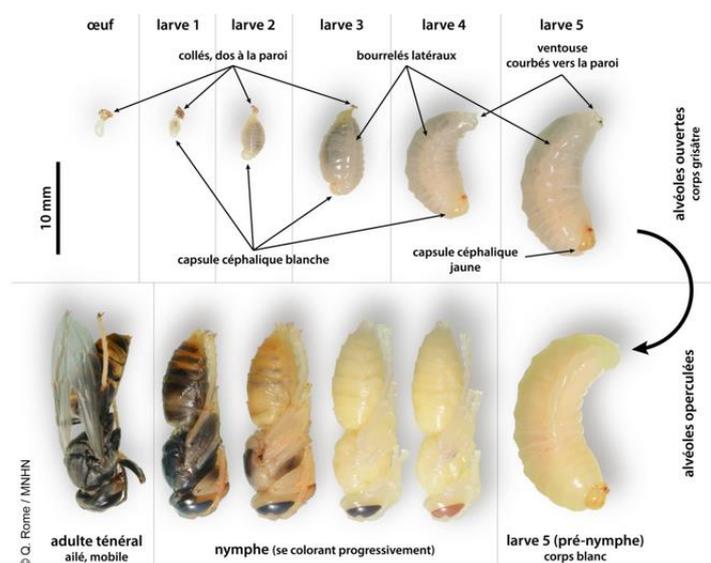


Figure 27 : Les différents stades larvaires de *Vespa velutina nigrithorax* (7)

Régime alimentaire :

Le régime alimentaire du frelon asiatique est très diversifié. Il se nourrit de guêpes, d'araignées, de syrphes, de punaises, d'abeilles, des cadavres de vertébrés, de mouches et d'oiseaux morts. À l'aide de ses mandibules, il dépèce la chair des cadavres d'oiseaux en de petits fragments, destinés à alimenter ses larves. Les frelons asiatiques adultes ne mangent pas de matière animale car la constriction nommée « taille de guêpe » entre le thorax et l'abdomen ne laisse pas passer des matières solides. Les boulettes d'insectes permettent de nourrir les larves. Les adultes ne se nourrissent que de liquides sucrés régurgités (miel, nectar...) par les larves, qui est riche en protéines. (6) Dans un milieu naturel comme une aire agricole ou forestière, le frelon mange 1/3 d'abeilles, 1/3 de mouches, 1/3 de guêpe et une petite quantité de différents insectes rencontrés. Le frelon recherche des proies qui sont groupées ce qui lui facilite la chasse. Dans un milieu urbanisé, où la faune est moins variée, le frelon asiatique consomme 2/3 d'abeilles. Pour conclure, plus le milieu est peu diversifié, plus les frelons asiatiques se nourrissent d'abeilles. Les frelons asiatiques sont de plus en plus nombreux dans les zones sur-urbaines et urbaines, ce qui à long terme peut avoir un impact majeur sur les populations d'abeilles et leurs ruchers. Les frelons asiatiques déciment les populations d'abeilles et provoquent un stress sur ces populations diminuant leur productivité. (36)

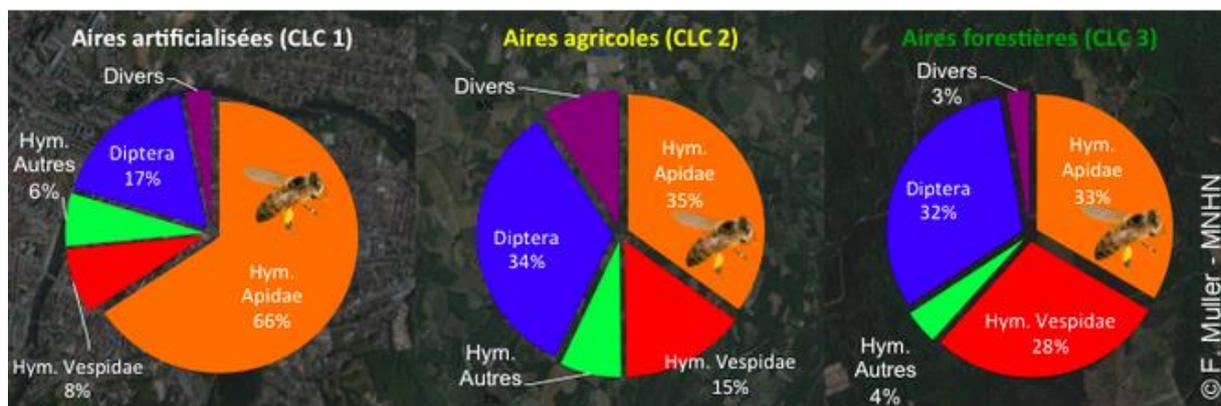


Figure 28 : Bol alimentaire de *Vespa velutina nigrithorax* en fonction de leur zone d'habitation (8)

Les besoins alimentaires du frelon asiatique varient au rythme des saisons. Au printemps, les fondatrices ont besoin de sucre et les apports en protéines sont plus faibles car les larves sont petites et peu nombreuses. De l'été au début de l'automne, le couvain est très important, les apports protéiques et glucidiques sont donc plus nombreux. À partir de l'automne, seuls les mâles, les femelles fondatrices et le reste d'ouvrières survivent. Les apports en sucre seront toujours nécessaires mais les apports en protéines diminuent avec le nombre de larves. (37)

II. Un danger pour les abeilles et la biodiversité

Apis mellifera mellifera Linnaeus (1758) aussi nommée abeille domestique ou bien abeille européenne appartient à la famille des *Apidae*. Elle est de couleur brun foncé avec des tâches jaunes sur l'abdomen et elle est velue. C'est une espèce sociale qui vit en colonie composée d'ouvrières mesurant 11 à 13 mm, d'une reine mesurant 15 à 20 mm et de mâles mesurant 15 à 16 mm. (38) Cette espèce d'abeilles est appréciée par les apiculteurs car elle s'acclimata à des climats variés et elle a un bon rendement en tant que butineuse. De nombreux facteurs menacent cette espèce et depuis une vingtaine d'années, le frelon asiatique est l'un de ses nouveaux prédateurs en France. L'abeille domestique est une des principales sources de l'alimentation (38,1%) du frelon asiatique. (39)

II.1. Comportement du frelon asiatique face aux abeilles

Depuis l'introduction de *V. velutina nigrithorax* en France, il est l'une des causes de la surmortalité d'*A. mellifera*. Cette prédation a un impact direct sur l'apiculture et sur la pollinisation. En France *V. velutina nigrithorax* est plus agressif envers *A. mellifera* que *V. crabro* dont les attaques sont plus occasionnelles et momentanées. *A. mellifera* ne sait pas se défendre contre le frelon asiatique car elle n'a pas co-évolué avec celui-ci. Tous les *Vespa* sont des prédateurs d'abeilles mais chaque espèce de frelon a un niveau différent de prédation selon son mode d'alimentation et le milieu dans lequel elle évolue. Les attaques de ruches d'abeilles par *V. velutina nigrithorax* commencent en juillet avec les premières ouvrières et elles s'intensifient de juillet à novembre ; quand le nombre d'individus présent dans la colonie augmente. (40) De plus, en zone urbaine, ces attaques sont plus importantes qu'en zone rurale car les sources de protéines sont rares et l'abeille domestique représente 2/3 du bol alimentaire du frelon asiatique. Les ruchers sont un bon choix pour le frelon car les abeilles s'y retrouvent en quantité abondante. Les colonies de frelons asiatiques nécessitent une plus grande quantité de nourriture. (36) Pour capturer sa proie, le frelon asiatique se place en vol stationnaire devant l'entrée de la ruche (30 à 40 cm devant) afin d'attaquer les abeilles rentrant dans leur habitat. Ces abeilles portent du nectar ou pollen et les frelons les attaquent à grande vitesse en plein vol pour les faire tomber près du sol, les paralyser et les emporter. Le frelon asiatique décapite la proie, arrache les pattes (riche en muscles) et il fait avec le corps une bouillie riche en protéines pour nourrir les larves. Il décime les gardiennes de la ruche pour pouvoir récupérer le couvain pour nourrir les larves. Les frelons asiatiques s'attaquent de manière plus importante aux abeilles en fin de saison premièrement car à cette période les abeilles domestiques sont plus souvent à l'intérieur de la ruche (raréfaction du pollen) et ensuite, c'est en fin de saison, que les frelons asiatiques sexués sont produits pour créer les futures colonies, les besoins nutritionnels de la colonie sont donc plus importants. (41)



Figure 29 : *Vespa velutina nigrithorax*, en vol stationnaire devant la ruche d'*Apis mellifera* (42)



Figure 30 : *Vespa velutina nigrithorax* décapitant *Apis mellifera* (8)

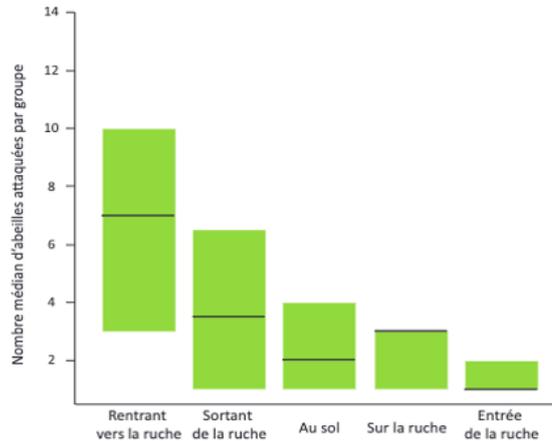
Le frelon asiatique est attiré par les abeilles grâce à des signaux chimiques émis par ces individus. Des chercheurs du CNRS et de l'INRAE ont étudié les comportements olfactifs du frelon asiatique pour mieux comprendre son orientation au niveau des ruches et pour dans le futur, contrôler sa propagation. Grâce à un dispositif d'éclairage à lumière rouge, non visible par les frelons, ils ont testé différents produits (produits originaires de la ruche, sources protéiques de poissons, de viandes, phéromones d'abeilles). Ils ont ensuite étudié le comportement olfactif de frelon asiatique en réponse à ces molécules. Ils ont évalué deux paramètres : le nombre de visites sur l'odeur stimulante et la durée totale des visites pendant la session. (43)

D'après les résultats de l'expérience, ils sont attirés par :

- **Le géraniol** : phéromone d'agrégation sécrétée par les « glandes de Nasanov » chez l'abeille. Cette phéromone permet de regrouper les ouvrières abeilles lors de l'essaimage ou à l'entrée de la colonie.
- Le pollen et le miel trouvés au niveau de la ruche
- **Le β -ocimène** : substance produite par les larves d'abeilles
- **L'alcool homovanillique** et le **méthyl-4-hydrobenzoate** produits par la gelée royale et par la reine *Apis mellifera*.
- **Le P-xylène**, composant actif dans de nombreux produits de la mer. Il est produit par la dégradation des caroténoïdes dans la chair du poisson.

En revanche, le frelon asiatique était très peu attiré par les odeurs relatives aux poissons, aux viandes, ou par l'odeur de l'abeille elle-même. Finalement, le frelon asiatique semble plus attiré par les produits de la ruche que par sa proie elle-même. Les sources qui recensent les plus longues durées de visite et le plus grand nombre d'individus sont le géraniol, le pollen et le miel. Les produits émanant de la ruche sont des signaux à longue distance qui permettent aux frelons de repérer leurs proies. De plus, le géraniol joue un rôle dans le regroupement des abeilles, ce qui peut agir comme signal pour les frelons en leur indiquant une densité élevée d'abeilles. Il agit comme une kairomone en s'associant avec les produits de la ruche pour repérer à longue distance les colonies d'abeilles par le frelon asiatique. Ces résultats sont à évaluer avec précaution car ils ne se basent que sur des signaux olfactifs, en réalité le frelon asiatique utilise des signaux visuels et olfactifs pour choisir ses proies. Nous pouvons conclure que ces signaux olfactifs permettent à *V. velutina nigrithorax* de détecter la présence d'*A. mellifera* en densité élevée. (43)

L'équipe de Monceau *et al.*, 2013 a observé des ruchers d'abeilles afin de déterminer à quel moment les frelons exercent leur prédation. Ils ont montré qu'il est plus facile pour le frelon de s'attaquer aux abeilles en plein vol, lorsqu'elles retournent à la ruche chargée de pollen. En effet, elles sont plus vulnérables car la quantité de pollen portée est importante ; il est plus difficile d'esquiver le frelon asiatique. (44)



Source : Monceau K, Arca M, Lepretre L, Mougél F, Bonnard O, et al. (2013) Native Prey and Invasive Predator Patterns of Foraging Activity: The Case of the Yellow-Legged Hornet Predation at European Honeybee Hives. Karine Monceau, Mariangela Arca, Lisa Leprêtre, Florence Mougél, Olivier Bonnard, Jean-François Silvain, Neville Maher, Gérard Arnold, Denis Thiéry mail.

Figure 31 : Répartition du lieu d'attaque des abeilles par le frelon asiatique (41)

Cette observation par les apiculteurs corrèle avec les résultats de l'expérimentation sur les signaux olfactifs : les abeilles retournent à la ruche chargée de pollen et de nectar. Ces produits de la ruche sont un signal chimique qui attire les frelons, et marque la présence d'une grande quantité d'abeilles. (43) L'abeille est une proie stratégique pour le frelon asiatique car elle appartient toujours à une ruche où un grand nombre d'abeilles est concentré. Plus un apiculteur a de ruchers et plus on retrouve d'abeilles, ce qui est une source abondante de nourriture pour *V. velutina nigrithorax*.

II.2. Comparaison entre *Apis mellifera* et *Apis cerana*

Les abeilles ont l'habitude de se défendre en piquant leur prédateur cependant, contre le frelon asiatique cette méthode est obsolète car sa cuticule est très épaisse. En Chine, au Kashmir, le frelon asiatique est un prédateur d'abeilles, il est capable de détruire 30 % d'une colonie d'abeilles asiatiques (*Apis cerana*). Cependant contrairement à *A. mellifera*, *A. cerana* possède différentes méthodes de défenses efficaces. *A. cerana* est capable de tuer 10 frelons asiatiques par jour contrairement à *A. mellifera* qui ne tue qu'un frelon asiatique par jour. (2) En effet, cette abeille a co-évolué avec le frelon asiatique et elle a été naturellement sélectionnée pour se défendre contre lui grâce à différentes méthodes :

- Le « **heat balling behaviour** » : Entre 60 et 240 abeilles *A. cerana* se regroupent autour du frelon lorsqu'il s'approche de la ruche et grâce aux battements de leurs ailes elles provoquent une chaleur excessive de 45 °C et une production importante de CO2 devenant insupportable pour le frelon. Le frelon meurt alors par hyperthermie. Les abeilles sont capables de supporter de fortes températures, jusqu'à 50 °C. En effet, il existe des systèmes de refroidissement chez les insectes qui leur permettent de faire diminuer leur température corporelle. Cependant si le taux d'humidité est important, ce mécanisme devient défaillant. Lors de la formation du heat-balling, le taux d'humidité peut s'élever jusqu' à 90 % et est associé à une chaleur importante, ce qui

rend les mécanismes de défenses du frelon inefficaces. Cette technique est très efficace mais au long terme, elle fatigue les abeilles et les empêche d'approvisionner la ruche. (45)



Figure 32 : Heat balling par *Apis cerana* sur *Vespa velutina nigrithorax* (46)

Depuis 50 ans en Asie, les abeilles domestiques ont été élevées et cohabitent avec le frelon asiatique, développant ainsi la technique du heat-balling. Cependant, en raison de leur introduction plus récente, leur adaptation face au prédateur est moins efficace. Elles recrutent moins d'abeilles ouvrières pour former cette boule de chaleur, la vitesse de formation de la heat-balling est plus lente et la température atteinte est moindre. La technique des abeilles domestiques est donc beaucoup moins efficace. (46)

- La « **ola shimmering behaviour** » : Cette technique est comparable aux olas humaines représentées dans les stades lors de compétitions. Les abeilles se placent à l'entrée de la ruche et elles font vibrer leurs ailes par vagues successives tout en remuant leur abdomen provoquant un fort bourdonnement. Cette technique permet de créer des motifs provoquant une confusion chez les frelons. Pour éviter cette ola, les frelons se tiennent à distance de la ruche. Ce comportement permet de créer une zone sécurisée de 50 cm autour de la ruche. Si un des frelons tente tout de même de s'approcher, plusieurs abeilles forment une masse sur le frelon pour le tuer par hyperthermie. (47)



Figure 33 : Ola-shimering formé par *Apis cerana* (48)

D'autres techniques de défense ont été développées par *A. mellifera* qui tente de se défendre contre *V. velutina nigrithorax* dont la présence est de plus en plus fréquente. Voici les techniques de défense qui ont pu être observées :

- « **Asphyxia-balling** » : Cette technique a été observée chez les abeilles originaires de Chypre (*Apis mellifera cypria*) qui se défendent face au frelon oriental (*Vespa orientalis*). Le frelon oriental peut supporter une température élevée (jusqu'à 50 °C) contrairement au frelon asiatique, la technique du thermoballing est donc inefficace. Pour le frelon oriental, la phase d'expiration fonctionne grâce à la contraction des muscles abdominaux longitudinaux amenant à une réduction de l'abdomen et à la sortie d'air par les spiracles. Le tergite est une plaque dorsale composée de chitine qui recouvre les spiracles lors de la phase d'expiration. Ce phénomène est actif. À l'inspiration, les muscles se relâchent et l'abdomen retrouve son volume initial permettant une entrée d'air par pression négative. Ce phénomène est passif. (13) Cent cinquante à 300 abeilles se rassemblent autour du frelon oriental, et entraînent une contraction musculaire chez le frelon afin de réduire la longueur de son abdomen. Les spiracles restent fermés. La contraction musculaire empêche l'entrée d'air dans le système trachéal du frelon et est responsable d'une asphyxie. La température provoquée par le rassemblement sur le frelon et le blocage de son mécanisme de respiration entraînent la mort du frelon. Actuellement, cette méthode n'est pas utilisée chez l'*A. mellifera* en France mais d'ici quelques années de coévolution avec le frelon asiatique, elle pourrait l'acquérir. (31)

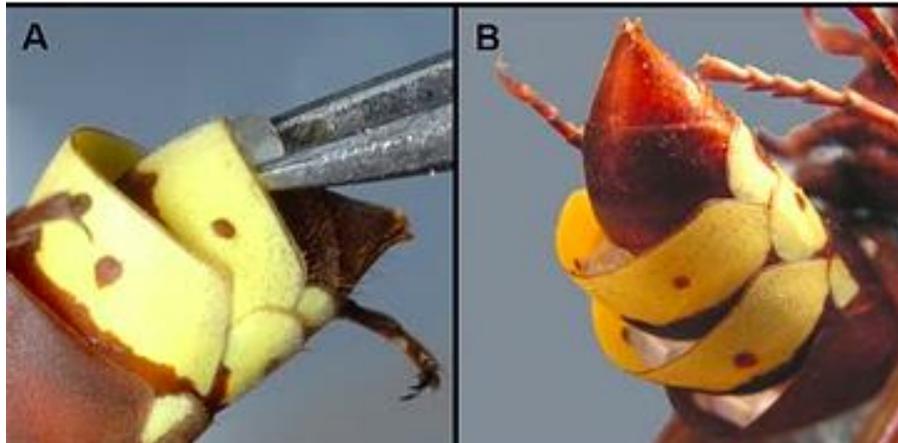


Figure 34 : Tergites maintenus ouvertes chez le frelon oriental lors de l'inspiration (13)

- Le **mur de propolis** n'a été observé qu'une seule fois en France à Saint-Sulpice-et-Cameyrac. Il se trouve à l'entrée de la ruche et les abeilles se réfugient derrière. Des entrées adaptées à la taille de l'abeille restent accessibles mais empêchent l'entrée du frelon dans la ruche. Cette barrière physique tente de dissuader l'entrée du frelon asiatique dans la colonie d'abeilles. (49)
- Le tapis ou « **bee-carpet** » : Les abeilles se réunissent en masse devant le plancher d'envol de la ruche et s'accrochent entre-elles pour protéger l'accès à la ruche et dissuader les frelons asiatiques. Si cette technique n'est pas suffisante, les abeilles utilisent le heat-balling. Cependant cette technique n'est pas encore efficace contre *V. Velutina nigrithorax*. (13)



Figure 35 : Formation du tapis d'abeilles (49)

En Asie, *A. cerana* recrute trois fois plus d'abeilles de gardes qu'*A. mellifera*. (50) Comme expliqué précédemment, *A. cerana* a co-évolué de manière naturelle avec le frelon asiatique et les individus les plus résistants ont été sélectionnés, les techniques de défense leur conférant un avantage sélectif face aux prédateurs. L'abeille domestique européenne essaye de développer des méthodes de défense contre *V. velutina nigrithorax* mais elles sont beaucoup moins efficaces que celle d'*A. cerana*. Par exemple, les abeilles se regroupent en masse devant la ruche pour contrer l'entrée ou l'attaque du frelon, mais ce moyen de défense reste transitoire et peu efficace. Contrairement à *A. cerana*, *A. mellifera* a été sélectionnée pour son calme par les apiculteurs et elle est donc moins apte à se défendre. En France et en Europe, *V. velutina nigrithorax* a été introduit accidentellement et *A. mellifera* doit s'adapter à un prédateur plus agressif et dont les attaques sont plus fréquentes que d'autres espèces de frelons autochtones. De plus, les techniques de défense ont un coût énergétique important pour les abeilles et en étant répétées très souvent, la colonie peut s'affaiblir. Les abeilles consacrent moins de temps à leurs activités, à l'approvisionnement de la colonie, pouvant entraîner un manque de réserves hivernales et au long terme l'effondrement de la colonie. D'ici plusieurs années, les abeilles auront évolués et la sélection naturelle ainsi que la sélection par les apiculteurs auront sélectionnés les abeilles les plus aptes à se défendre. (49)

II.3. Impact sur l'apiculture

L'invasion du frelon asiatique en France est une cause importante de surmortalité des abeilles. Plus le milieu est urbanisé, plus le frelon asiatique se nourrit d'*A. mellifera*. En milieu urbain, les abeilles peuvent représenter jusqu'à 70% de l'alimentation du frelon asiatique. Il a ainsi un impact direct et majeur sur l'apiculture. Les attaques perturbent le fonctionnement du rucher car les abeilles consacrent plus de temps à défendre la ruche au détriment d'activités essentielles, comme butiner. L'inquiétude des apiculteurs est d'autant plus importante que le frelon asiatique attaque beaucoup plus fréquemment les ruchers que le frelon européen. De plus, il se place en vol stationnaire devant la ruche et perturbe ainsi les récoltes des abeilles qui ne sortent plus de la ruche. (13) Si 5 frelons sont placés en vol stationnaire devant la ruche, les abeilles ont un niveau d'activité moyen de 60 % et si 15 frelons sont en vol stationnaire devant la ruche, leur niveau d'activité n'est plus que de 20 %. Non seulement le frelon gêne les abeilles dans leurs activités, mais il engendre également un stress sur les abeilles qui diminuent leur nombre de sorties. Ainsi, elles prélèvent moins de nourriture dans le milieu extérieur, leurs provisions pour l'hiver sont moins importantes et les abeilles meurent au cours de l'hibernation car la nourriture stockée ne permet pas la survie de la colonie. D'après les apiculteurs, le frelon asiatique est l'un des agents stressants le plus important au même titre que les pesticides, les parasites comme le *varroa* ou le manque de nourriture. (51)

L'étude menée par l'équipe espagnole de Leza *et al.*, 2019 sur les îles Baléares (Majorque), examine le niveau d'expression de gènes connus dans les phénomènes de stress chez les abeilles ouvrières en présence de l'espèce invasive *V. velutina nigrithorax*. (52)



Figure 36 : L'expression de différents facteurs d'*A. mellifera* lors de la prédation de *V. velutina nigrithorax* (52)

Lors de la prédation de *V. velutina nigrithorax* sur les colonies d'abeilles, une augmentation du stress oxydatif chez les abeilles est observée. Les ROS (reactive oxygen species) sont des espèces réactives à l'oxygène comme le peroxyde d'hydrogène, l'anion superoxyde, l'oxygène singulet. Elles sont synthétisées dans les mitochondries comme sous-produit du métabolisme cellulaire. Cependant, sous l'effet du stress ou de la chaleur, elles sont produites de manière inappropriée, et deviennent cytotoxiques pour l'hôte. En effet, elles interagissent avec des macromolécules comme les lipides, les protéines ou les acides nucléiques et endommagent les composants cellulaires, provoquant une dégénérescence cellulaire. (53) Pour lutter contre la production de ces molécules chimiques, les abeilles produisent des enzymes antioxydantes comme Sod (superoxyde dismutase), CAT (catalase), des peroxydases pour réduire le peroxyde d'hydrogène, le glutathion et d'autres enzymes réductrices (TrxR, TPX, Gtpx, Gst). Ce système antioxydant permet de détoxifier et neutraliser les ROS.

L'équipe de Léza *et al.*, 2019 a analysé 233 échantillons issus des 16 ruchers, 8 soumis à la présence de *V. velutina nigrithorax* et 8 non exposés. Ils ont ensuite évalué l'expression de gènes du métabolisme oxydatif en évaluant la quantité d'ARNm produite par RT-PCR, ainsi que l'activité de différentes enzymes (catalase et peroxydation lipidique) par spectrophotométrie. Ils ont mis en évidence une augmentation significative de l'expression de gènes codant pour enzymes antioxydantes : sod2, gtpx1, gst1 (régénération du glutathion) ainsi qu'une augmentation de l'expression des gènes mitochondriaux cox1, cytC. De plus, chez les abeilles soumises à la présence de *V. velutina nigrithorax* l'activité enzymatique de la catalase est significativement plus importante. Enfin, chez ces abeilles, une augmentation significative de la concentration en groupements 4-hydroxy-2-nonenal, qui signent les dommages cellulaires liés à la peroxydation lipidique, a été observée. Or, les insectes possèdent un système circulatoire ouvert, ainsi la circulation de ROS peut être très délétère. Les systèmes antioxydants jouent un rôle majeur dans la neutralisation des ROS et la protection contre l'intoxication. Cependant, ces systèmes sont dépassés chez les abeilles exposées au

frelon asiatique et ne permettent pas de palier au stress généré par la prédation. Ainsi, ces abeilles subissent des dommages oxydatifs, principalement au niveau lipidique. (52)

En France, la mortalité annuelle des colonies d'abeilles peut atteindre 29,2 % soit 300 000 colonies d'abeilles par an à l'échelle nationale selon les apiculteurs lorsque la prédation par *V. velutina nigrithorax* est élevée. Cette perte de colonies engendre un coût économique de 30,8 millions d'euros par an ce qui représente 26,6 % des revenus en miel. Si la prédation est faible le coût économique s'élève, malgré tout ; à 2,8 millions d'euros. Avec le changement climatique et l'expansion des zones adaptées au frelon asiatique, les résultats obtenus risquent d'augmenter. Les apiculteurs sont obligés de prévoir 130 % d'abeilles pour compenser les pertes provoquées par le frelon asiatique. Cependant, il existe des variations économiques en fonction des régions car les nids de frelons sont répartis de manière hétérogène sur le territoire français et les colonies d'abeilles ont une distribution géographique variée. (54)

L'étude de Requier *et al.*, 2023 a évalué la mortalité hivernale d'*A. mellifera* en regard des perturbations induites par *V. velutina nigrithorax*. Elle ne recense que des résultats sur des colonies d'abeilles déclarées. Par des observations de terrain et des modélisations, cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact de la prédation du frelon asiatique sur l'effondrement des colonies d'abeilles. D'août à début novembre, les attaques de frelon asiatique s'intensifient, c'est la période où la colonie d'abeilles augmente avant la période d'hibernation. Les pics d'activité de prédation sont retrouvés en septembre et en octobre.

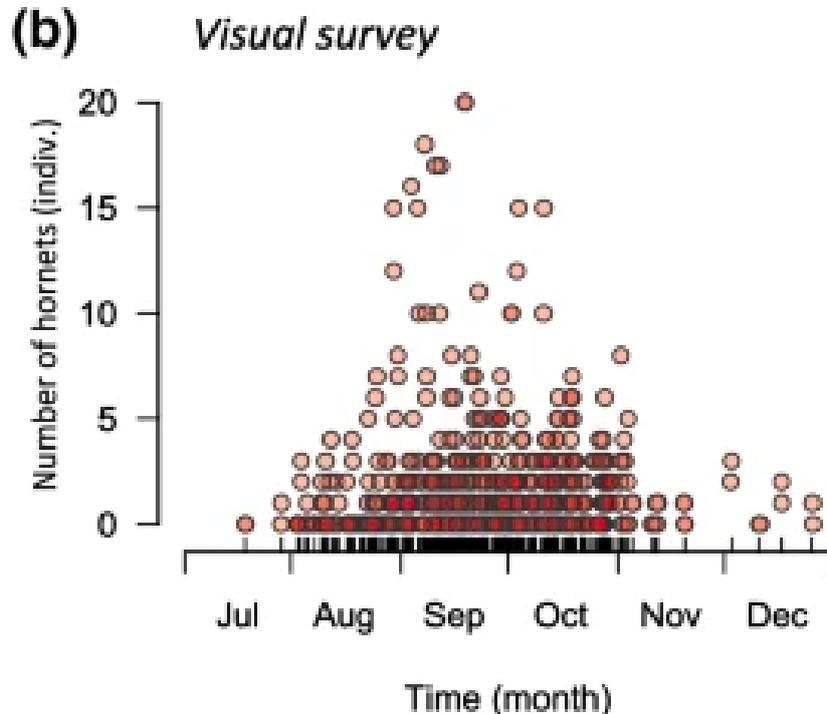


Figure 37 : Nombre de frelons asiatiques observé devant les ruches au cours des saisons (51)

Plus le nombre de frelons asiatiques en prédation est important, plus le nombre d'abeilles en vol diminue et donc plus l'approvisionnement en nourriture au rucher diminue. La paralysie de la colonie d'abeilles et l'échec du retour à la ruche des abeilles provoque une perturbation dans la dynamique de la colonie et est un risque important de mortalité hivernale pour la colonie. Cette prédation entraîne soit une dépopulation de la colonie d'abeilles soit une surpopulation de la colonie car les abeilles ne sortent plus de la ruche. La surconsommation de nourriture liée à la surpopulation de la ruche épuise les réserves alimentaires prévues pour l'hivernage conduisant à la mort de la ruche.

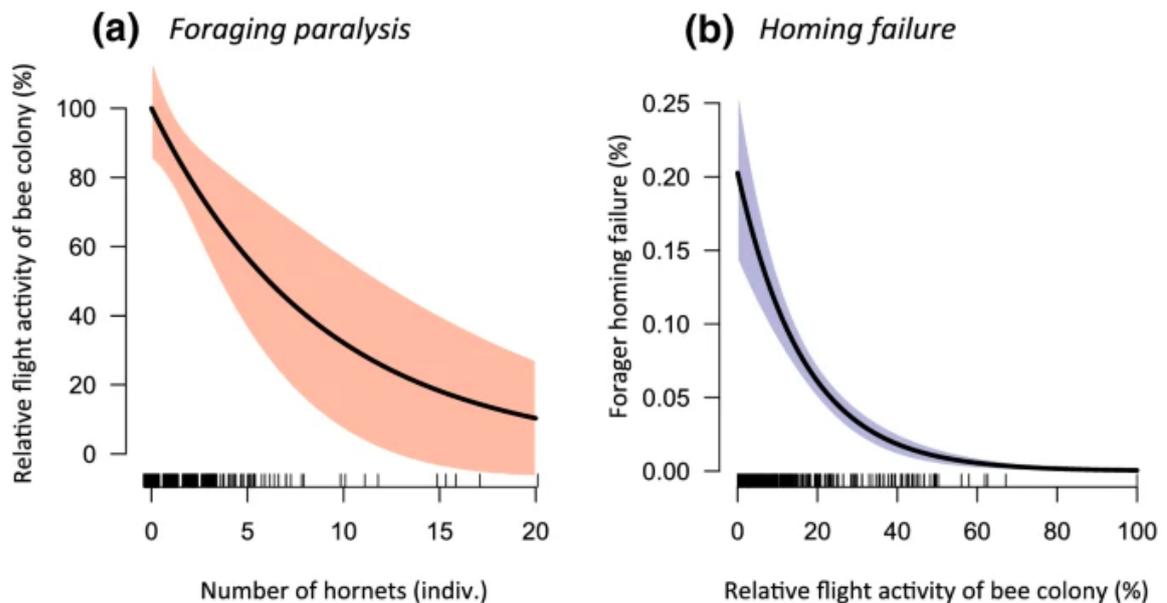


Figure 38 : Impact du frelon asiatique sur *A. mellifera* a) Pourcentage d'activité de forage en fonction du nombre de frelons en prédation au rucher b) Échec de retour à la ruche pour les abeilles en fonction de l'activité des abeilles (51)

Un léger effondrement des colonies est mis en évidence pendant la période de prédation des frelons, soit 24 colonies représentant 2,5 % de la population initiale. La majorité des pertes a lieu durant la période d'hivernation de janvier à mai. En raison de la pénurie de nourriture, la survie hivernale est compromise. Il faut cependant faire attention à cette étude car elle ne relève que de l'observation, des abeilles ont pu être capturées par les frelons en dehors du champ d'observation. Enfin, cette étude permet de montrer que la réponse comportementale d'*A. mellifera* face aux attaques de *V. velutina nigrithorax* n'est pas adaptée. En effet, cette stratégie défensive provoque la paralysie du butinage et un risque important de déclin de la colonie pendant la période hivernale contrairement à *A. cerana* qui met en place des méthodes offensives pour se défendre contre ce prédateur. Pour contrer les attaques du frelon, la mise en place de pièges n'est pas suffisamment efficace et peut avoir des effets néfastes sur la biodiversité. Il est préférable d'utiliser des méthodes apicoles pour renforcer les colonies d'abeilles afin qu'elles survivent à l'hiver. Des solutions peuvent être envisagées pour protéger les ruchers comme des muselières sur les colonies, une alimentation à base de sirop de sucre pour le pré-hivernage et durant l'hiver pour compenser le manque de ressource alimentaire. À long terme, nous pouvons nous demander si ces moyens suffiront à maintenir

les colonies d'abeilles car le frelon asiatique est un prédateur redoutable mais l'abeille est également confrontée à d'autres facteurs tels que les pesticides ou les parasites... L'évolution sera également favorable à *A. mellifera* qui est génétiquement de nature calme et dont les moyens de défense ne sont pas adaptés depuis l'introduction du frelon asiatique. (51)

II.4. Impact sur les arbres fruitiers et l'agriculture

D'après le muséum d'histoire naturelle de France, 70 % à 90 % des plantes à fleurs dépendent en partie de la pollinisation entomophile pour la fécondation. (55) Dans l'agriculture, certaines plantes n'ont pas besoin de pollinisation comme les tubercules, certaines en ont besoin partiellement ou d'autres entièrement pour donner des fruits. Sans les animaux pollinisateurs, la production végétale diminuerait de 90 % pour 12 % des cultures mondiales, 28 % des cultures perdraient entre 40 et 90 % de leurs récoltes, 45 % des cultures perdraient entre 1 et 40 % des productions, pour 7 % la disparition des pollinisateurs n'aurait aucun effet et pour les 8 % de cultures restantes les données sont inconnues. (56)

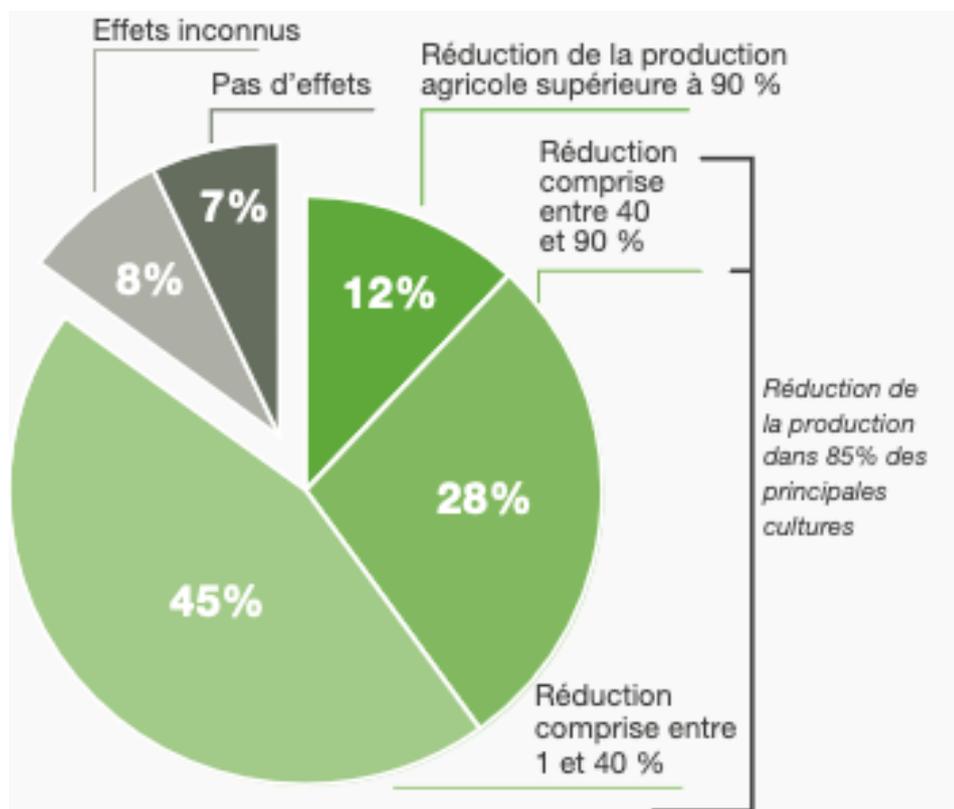


Figure 39 : « Dépendance à l'égard de la pollinisation animale des principales cultures mondiales directement consommées par les êtres humains et commercialisées sur le marché mondial » (56)

Sur 109 plantes cultivées, 87 espèces dépendent des pollinisateurs animaux, parmi ces espèces nous trouvons des espèces végétales de notre quotidien avec un impact économique important : pomme, melon, fraise, amande, tomate. À l'échelle humaine, 57

espèces végétales participent à 94 % de notre alimentation et 2/3 de ces espèces dépendent de la pollinisation des insectes. (57)



Figure 40 : A) Pourcentage de pollinisation par les abeilles pour ces différentes cultures B) Contraste entre une étal de marché avec pollinisation par les abeilles (gauche) et sans pollinisation par les abeilles (droite) (13)

Les abeilles domestiques sont l'un des pollinisateurs les plus importants des fleurs sauvages et cultivées. Les abeilles sauvages sont plus efficaces que les abeilles domestiques mais elles sont de moins en moins nombreuses. Depuis les années 1960, l'agriculture est devenue de plus en plus intensive et les besoins en insectes pollinisateurs ont augmenté de 300 % alors que la production d'abeilles domestiques a quant à elle augmentée de 40 % et fait face à de nombreux défis comme les pesticides, la pollution, les maladies parasitaires, une diminution de la diversité florale, l'invasion par le frelon asiatique. (57) Les abeilles domestiques pollinisent 60 à 95 % des plantes dans certaines régions. La contribution des insectes pollinisateurs à l'agriculture serait estimée à 153 milliards d'euros par an dans le monde soit 2,3 à 5,3 milliards en France dont 2 milliards d'euros proviennent uniquement de l'activité pollinisatrice des abeilles. Parmi ces insectes, les abeilles sont le groupe de pollinisateurs le plus important. *A. mellifera* est responsable de la moitié de la pollinisation des cultures. (58)

La commission européenne a estimé les pertes économiques liées aux pertes de récoltes fruitières de certains pays européens. En 2017, les pertes économiques espagnoles s'élevaient à 7 204 000 euros. Or, c'est le pays qui possède le plus de colonies d'abeilles, environ 2,5 millions de colonies, il en est dépendant pour la pollinisation des arbres fruitiers.

Les conséquences du frelon asiatique sur la population d'abeilles ont ainsi une répercussion importante sur la récolte fruitière. En Italie, les pertes s'élèvent à 712 000 euros et 2 511 000 au Portugal. Cette étude n'a pas estimé les pertes économiques françaises qui doivent être plus importantes car le frelon asiatique est présent en grande quantité sur tout le territoire français. (13)

Les frelons asiatiques sont présents sur les fruits, les fleurs, les arbres pour récupérer l'exsudat sucré dont ils se nourrissent. En fonction de la saison cette recherche de nourriture peut être très importante. La pression exercée par le frelon asiatique dépend de la zone géographique où il est retrouvé. Certains producteurs de fruits ont relevé une diminution de 30% de leurs chiffres d'affaires à cause des dégâts produits par *V. velutina nigritorax* au sein de leurs vergers. Il provoque un impact sur le rendement et la qualité de la récolte. (59) Pour limiter les pertes dues au manque d'insectes pollinisateurs, les agriculteurs louent des ruchers d'abeilles. S'il est encore difficile d'avoir des données chiffrées concernant les dégâts causés par le frelon asiatique sur l'agriculture, c'est malgré tout un facteur supplémentaire expliquant le déclin des insectes pollinisateurs comme *A. mellifera*. Or le déclin de la pollinisation est un problème majeur pour l'agroalimentaire, c'est un véritable enjeu et pour assurer l'alimentation du monde entier.

III. Statut réglementaire et lutte contre le frelon asiatique

III.1. Réglementation : Le statut du frelon asiatique

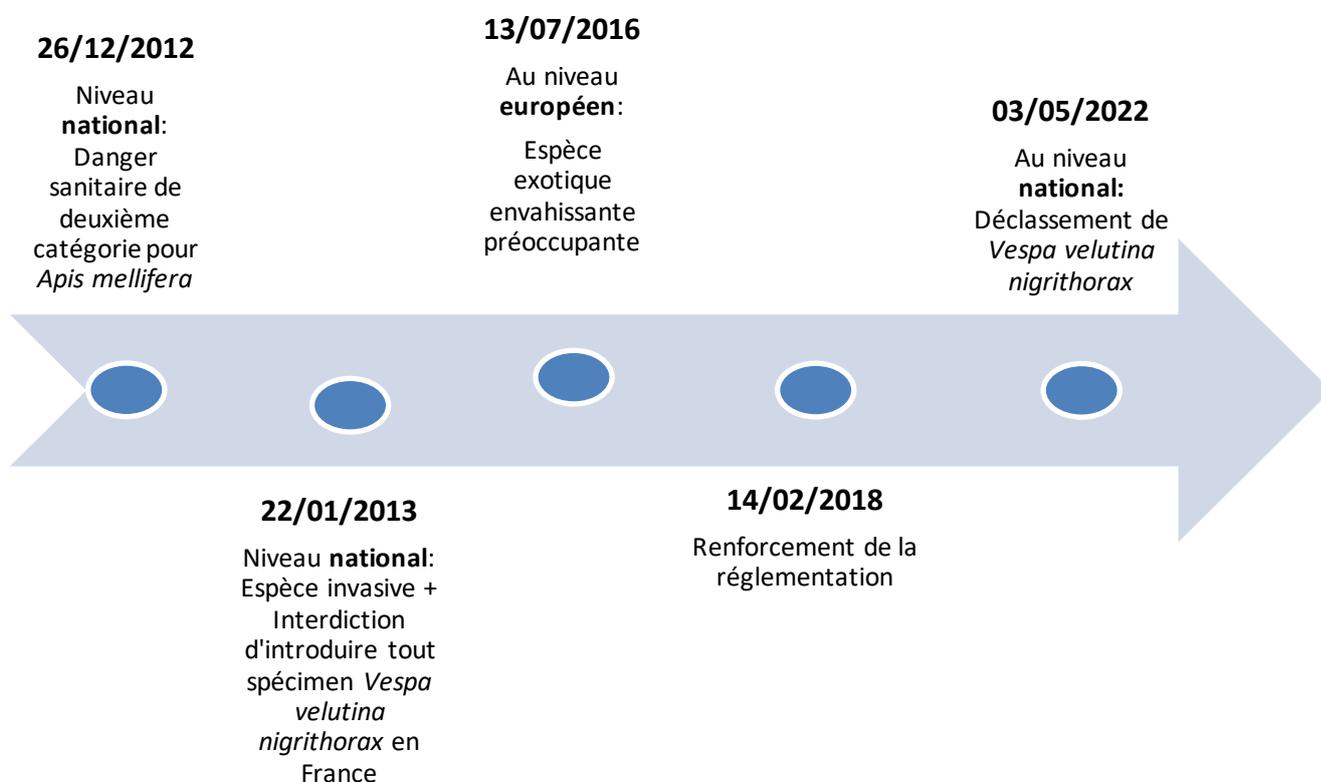


Figure 41 : Frise chronologique des différentes décisions réglementaires concernant le frelon asiatique

Depuis l'invasion du frelon asiatique en 2004, différentes décisions législatives ont été prises pour contrôler sa diffusion et lutter contre ce nouvel envahisseur de façon réglementaire au niveau régional, national, européen et mondial.

Tout d'abord, un arrêté ministériel, établi par le ministère de l'agriculture, paru le 26 décembre 2012 classe « *Vespa velutina nigrithorax* dans la liste des dangers sanitaires de deuxième catégorie pour l'abeille domestique *A. mellifera* sur tout le territoire français ». Cet arrêté a pour objectif de mettre en place une stratégie nationale de prévention, de surveillance et de lutte contre le frelon asiatique. Il précise que les apiculteurs sont responsables et doivent prendre en charge les opérations de lutte. Cet arrêté précise également la façon dont sont mandatées les OVS, qui sont des organisations à vocation sanitaire ayant pour rôle de protéger les populations, les ruchers et la biodiversité contre le frelon asiatique. En effet, les OVS sont sélectionnées par le préfet de département et réalisent, à sa demande les actions de lutte anti-frelons. De plus, l'État peut intervenir pour renforcer les décisions réglementaires et ainsi, améliorer la stratégie de lutte. (Articles L.201-1, D.201-1 à D.201-4 du code rural et de la pêche maritime)

L'arrêté du 22 janvier 2013 établi par la ministre de l'Écologie et le ministre de l'Agriculture, classe *V. velutina nigrithorax* comme espèce invasive et interdit l'introduction volontaire de tout spécimen du frelon à pattes jaunes sur le territoire français. (Articles L.411-3 et R.411-1 à R.411-41 du code de l'environnement) (60)

Une note de service du 10 mai 2013 précise le rôle des partenaires et des services de l'État dans la mise en place du réseau de surveillance de la colonisation du frelon asiatique, dans la lutte contre la prédation du frelon asiatique sur les ruchers d'abeilles et dans la destruction des nids de frelons asiatiques. Une charte de bonnes pratiques pour la destruction des nids a été établie en précisant les pièges validés par les ministères de l'agriculture et de l'écologie. (61) Cependant, la méthode de piégeage au rucher des frelons asiatiques s'est révélée inefficace pour réduire l'impact négatif du frelon sur les colonies d'abeilles. Les mesures mises en place par cet arrêté ne sont donc pas suffisantes. Le manque de stratégie collective conduit le ministère à subventionner des recherches sur les méthodes de prévention et de lutte contre le frelon asiatique afin de favoriser les méthodes efficaces et inoffensives pour l'environnement.

En 2016, le frelon asiatique est retrouvé dans plusieurs pays européens (France, Espagne, Portugal, Italie, Royaume-Uni...). L'ampleur de l'invasion du frelon asiatique à travers l'Europe incite la prise de décisions réglementaires au niveau européen. Le 13 juillet 2016, *V. velutina nigrithorax* est ajouté à la liste des espèces exotiques envahissantes et préoccupantes pour l'Union Européenne par la commission européenne. « (Règlement d'exécution (UE) 2016/1141 conformément aux dispositions du règlement (UE) n° 1143/2014 du 22 octobre 2014 du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes) »

Le 08 août 2016, au niveau national, le code de l'environnement a été complété par des dispositions législatives pour agir contre les espèces exotiques envahissantes (EEE). (Article L.411-5, L.411-6, L.411-8 du code de l'environnement). Ces textes sont importants, ils affirment l'interdiction de détenir, de transporter, d'échanger, de vendre, d'acheter un individu appartenant à cette liste dans le but de préserver l'écosystème. (60) D'après l'article L411-8 qui définit les opérations de lutte, lorsque des individus appartenant à la liste des espèces exotiques envahissantes sont observés sur un territoire, l'autorité administrative (le préfet de département) peut prendre la décision de les capturer et de les détruire. Un arrêté préfectoral précise les conditions d'élimination de l'espèce. Cependant, ce procédé est assez compliqué à mettre en place avec le frelon asiatique. De plus, la prise en charge financière de ces opérations n'est pas définie par la réglementation EEE, et doit être définie au niveau local.

« L'arrêté ministériel du 14 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des EEE sur le territoire métropolitain enregistre *Vespa velutina nigrithorax* comme espèce réglementée selon l'article L411-6 du code de l'environnement. » Il abroge donc l'arrêté du 22 janvier 2013 mais renforce la réglementation en vigueur. (60)

Le 3 mai 2022, le frelon asiatique est déclassé de la liste des dangers sanitaires de deuxième catégorie pour l'abeille domestique *A. mellifera*. (46) Il est désormais classé dans la catégorie des maladies/dangers sanitaires non catégorisés. Ce changement de classification permet la mise en place d'un programme sanitaire d'intérêt collectif (PSIC) reconnu par l'État. Ce programme favorise la prévention, la surveillance et la lutte contre le frelon asiatique et prévoit de mutualiser les moyens et les dépenses correspondant. Il peut être dirigé par une personne morale représentant plus de 70% des détenteurs de la zone géographique concernée, ou par un organisme à vocation sanitaire (OVS). Le PSIC est financé par les adhérents au programme. (62)

Une proposition de loi a été publiée le 25 avril 2023 pour approfondir les mesures de lutte contre le frelon asiatique. Les moyens actuels semblent inefficaces. En effet, le frelon

asiatique a envahi la France depuis une quinzaine d'années et aucune politique nationale n'a mise en place un plan de lutte obligatoire et efficace contre le frelon asiatique. Cependant, depuis son introduction, il provoque de nombreux dégâts à différents niveaux (économique, sanitaire, écologique) qui ont un coût important. La destruction de nids de frelons asiatiques est conseillée mais elle n'est pas obligatoire. Sans aucune participation financière de l'État ou des collectivités, le coût de l'opération de destruction du nid peut dissuader les propriétaires. En effet, sur un domaine privé, la facture est à la charge du propriétaire, ce n'est que lorsque le nid est sur un domaine public que la prise en charge revient aux collectivités territoriales. De plus, sur un domaine privé, si le nid est mal placé le coût total de l'intervention peut être important, les propriétaires peuvent alors essayer de détruire le nid de manière non conventionnelle ce qui risque d'occasionner la contamination de l'entomofaune et la dispersion du frelon. Quarante-deux pour cent des communes du département de la Manche ont signé une convention de lutte collective contre le frelon asiatique. Le département participe à la lutte contre le frelon asiatique grâce au soutien du service de l'État, du département de la Manche, d'associations apicoles, du GDS (Groupement de défense sanitaire), du FDGDON (Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles), du SDIS (Service départemental d'incendie et de secours) et d'autres partenaires. Grâce à cette convention, la commune et le conseil départemental prennent en charge la destruction du nid que ce soit sur un domaine public ou privé. Le FDGDON de la Manche a la charge de l'organisation de la lutte avec différents plans d'actions en tant qu'OVS.

« La proposition de loi souhaite classer *Vespa velutina nigrithorax* dans la première catégorie des dangers sanitaires pour l'abeille et comme espèce nuisible pour la santé humaine. Un des articles propose au gouvernement un rapport en vue d'une stratégie nationale de gestion et de lutte contre le frelon asiatique et de rendre cette lutte à la charge d'un service public. Elle suggère de rendre obligatoire l'adoption de plans locaux de lutte contre le frelon asiatique par les collectivités et les départements. Cela comprend la prise en charge des frais de destruction des nids, l'information en mairie, la simplification des procédures de signalement et de décision. Elle vise à coordonner les moyens nationaux en créant une délégation interministérielle en regroupant le ministère des solidarités et de la santé, de la transition écologique et solidaire et de l'agriculture et de l'alimentation et créer une taxe pour compenser les dépenses de cette loi. » (63)

La problématique actuelle est la double classification de *V. velutina nigrithorax* comme danger sanitaire non catégorisé pour l'abeille domestique (*A. mellifera*) sur tout le territoire français et comme espèce exotique invasive au niveau européen. Cette double caractérisation est responsable de lourdeurs réglementaires. Malheureusement à l'heure actuelle, aucune action concrète n'est mise en place et instaurée par l'État pour contrôler l'impact négatif du frelon asiatique. La classification réglementaire est un véritable enjeu car elle conditionne le type de financement attribué à la lutte contre le frelon asiatique. (60)

III.2. Mesures d'éradication

La destruction des nids est la solution la plus efficace pour éradiquer les colonies de frelons asiatiques. Elle doit suivre plusieurs précautions. Il faut détruire le nid le plus tôt possible car il est encore de petite taille et il est à une faible hauteur donc plus facile à détruire et normalement moins dangereux. Le nid doit être éliminé jusqu'à fin octobre car l'hiver le nid est abandonné et la production des futures fondatrices terminée. Elles quittent le nid pour aller

en créer un nouveau pour leur future colonie et le reste de frelons meurt. (46) La destruction du nid doit être réalisée par un spécialiste car sa destruction sans précaution ni expertise peut être dangereuse. Elle est réalisée à la tombée de la nuit ou très tôt le matin pour exterminer le maximum d'individus. En effet, les frelons asiatiques ont un mode de vie diurne. Il faut être le plus discret possible et ne pas provoquer de vibration, de bruit au risque d'alerter et réveiller toute la colonie. (64)

Lorsque le nid est de grande taille ou inaccessible, une autre méthode doit être adoptée. Il faut en premier appeler une société de désinsectisation. Dans un deuxième temps, si le secteur privé est en déficit, il est possible d'appeler le SDIS (service départemental d'incendie et de secours). L'intervention est à la charge du propriétaire mais dans certaines régions, l'administration peut prendre en charge une partie de la facture. L'État ne finance pas la lutte contre le frelon asiatique et il n'a aucune obligation de prise en charge de la destruction du nid. Si le nid est sur le domaine public et provoque un risque pour le public ; les sapeurs-pompiers peuvent être appelés pour son retrait. (65) Pour une intervention du SDIS, le prix est défini à 200 euros majoré de 100 euros si le lieu est périlleux ou s'il faut une échelle avec un engin aérien motorisé (bras élévateur). (66) Les professionnels en charge de la destruction du nid doivent porter une tenue de protection avec plusieurs couches pour éviter au maximum les piqûres que le frelon peut réitérer, des gants épais, résistants, des chaussures épaisses et des lunettes de protection pour éviter les projections de venins.

La méthode suivante est privilégiée lorsque le nid est difficilement accessible ou bien si le nid est de grande taille. Il est recommandé de placer un cordon de sécurité pour former un rayon d'environ 100 m autour du nid et éviter qu'un individu ne se trouve dans la zone d'action. La personne doit être formée et posséder un certificat « certibiocide ». Il est préférable de boucher les entrées du nid avec du coton. Le biocide est injecté, à l'aide d'une perche télescopique, dans la partie supérieure du nid et il doit traverser l'enveloppe. Il se présente sous forme de poudre ou de liquide et il doit recouvrir tout l'intérieur du nid. Les insecticides autorisés sont les biocides antiparasitaires : pyréthrinoïdes comme la perméthrine et la cyperméthrine. (67) En revanche, l'utilisation de dioxyde de soufre est strictement interdite. Il a été autorisé 4 mois entre 2013 à 2014 mais son utilisation n'a pas été renouvelée. Le dioxyde de soufre est un gaz sous pression très toxique, mutagène, corrosif et il provoque une forte toxicité aiguë par inhalation. (68) Il est important de prendre en compte les caractéristiques de l'insecticide (durée d'action, rémanence, toxicité) pour la sécurité de l'opérateur, des habitants et pour l'environnement. Il faut calculer la quantité de biocide injectée en fonction de la taille du nid. Si une trop grande quantité de produit est injectée, il existe un risque de dislocation du nid et ainsi un risque de contamination de l'environnement. À la fin de l'intervention, le nid doit être brûlé dans les 72 heures pour être complètement détruit, sinon des oiseaux risquent de venir manger les derniers frelons et de s'empoisonner. Une bâche doit être étendue pour protéger le milieu extérieur lorsque le nid est coupé et tombe au sol. Le nid est éliminé dans les déchets à haut risque en déchèterie. (67)

Lorsque le nid est très haut, une échelle doit être installée, parfois une nacelle, ou une perche télescopique pour l'injection du biocide et pour retirer le nid. Le nombre d'équipement nécessaire conditionne le prix de l'intervention. La perche télescopique possède un injecteur pour l'insecticide, un dispositif d'activation de l'injection en bas et un dispositif avec une lame en haut de la perche pour le décrochage du nid. (69)



Figure 42 : Matériel pour la destruction d'un nid de frelon asiatique (70)

Lorsque le nid est accessible, il est possible de ne pas utiliser d'insecticide et de le détruire mécaniquement, mais il faut agir rapidement. Cette méthode consiste à placer du coton, un bouchon de papier, de la mousse de polyuréthane pour boucher les différentes entrées et emballer le nid dans trois sacs plastiques pour éviter toute perforation du sac. Ensuite, placer le tout au congélateur pendant 48 heures à -20 °C pour éliminer les frelons. La destruction du nid au fusil est à proscrire car elle ne permet pas la destruction totale de la colonie, seulement de son habitat. De plus, cette technique met en danger l'opérateur car les frelons peuvent l'attaquer. Ce moyen de destruction élimine quelques ouvrières mais il n'est pas certain de tuer la reine, or si la reine n'est pas tuée la colonie pourra se reconstruire près de cet ancien site et l'activité de prédation persistera. Les drones possédant des pulvérisateurs d'insecticides sont fortement déconseillés également car l'insecticide contamine le milieu extérieur et est très peu efficace. (67)

III.3. Moyens de lutte

La destruction des nids en France a entraîné une dépense de 23 millions d'euros de 2006 à 2015 alors qu'il est estimé que seuls 30 à 40 % des nids détectés sont détruits. En effet, les nids ne sont détruits que lorsqu'ils gênent l'activité humaine ou apicole. Le coût annuel de la destruction des nids augmente avec la propagation de l'espèce et pourrait atteindre 11,9 millions d'euros en France, 9 millions d'euros en Italie, 8,6 millions d'euros au Royaume-Uni si le frelon asiatique continue de bien s'adapter au climat de ces pays. Au Japon et en Corée du Sud, la destruction des nids serait estimée respectivement à 19,5 millions d'euros et 11,9 millions d'euros. Avec le réchauffement climatique, si le frelon asiatique envahit les États-Unis, le coût annuel de la destruction des nids atteindrait 26,9 millions d'euros dans cette région. L'Australie et la Turquie sont des pays avec des conditions climatiques favorables pour le frelon asiatique, ainsi le coût de destruction des nids y est très élevé, 3,6 millions d'euros par an pour l'Australie et 3,5 millions pour la Turquie. (71)

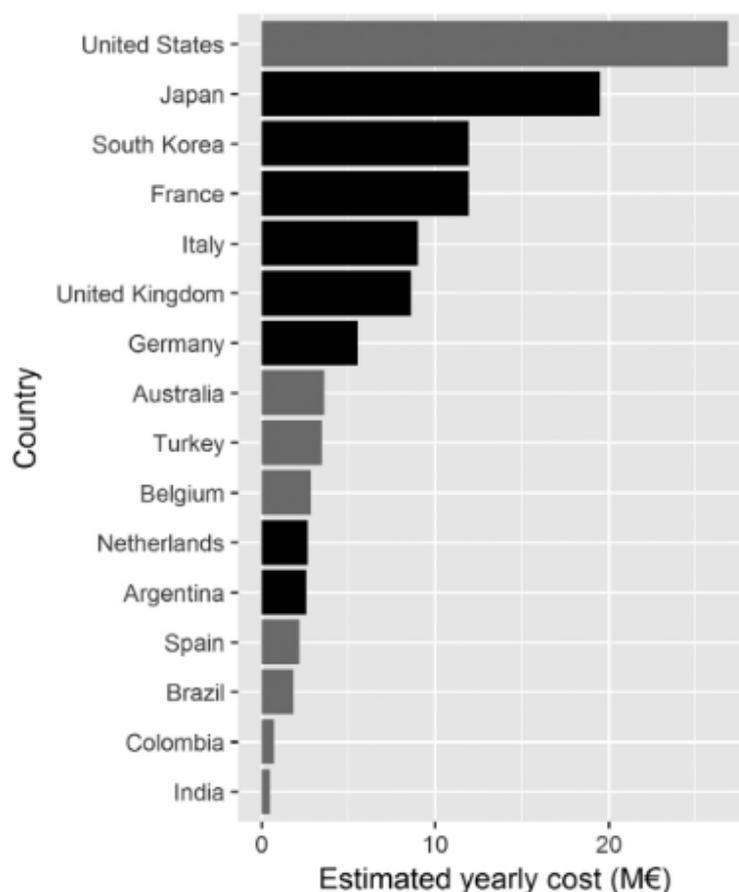


Figure 43 : Coût annuel estimé de la destruction des nids de frelons asiatiques dans différents pays(71)

Barres noires : Pays déjà envahi par le frelon asiatique

Barres grises : Pays dans lequel le frelon asiatique n'est pas encore établi

La lutte contre le frelon asiatique est un défi pour de nombreuses régions : différentes conditions sont à prendre en compte pour détecter et détruire les nids de frelons, pour préserver les populations d'abeilles et la biodiversité. Plusieurs dispositifs ont été mis au point pour lutter contre l'invasion du frelon asiatique mais actuellement aucun n'est suffisamment efficace pour limiter sa propagation. À l'échelle mondiale, aucun hyménoptère envahissant n'a réussi à être définitivement éradiqué. Les moyens de lutte mis en place permettent de limiter son expansion et sa prédation au niveau des ruchers d'abeilles mais il est impossible de l'éliminer totalement du territoire français. En effet, les nids de frelons asiatiques sont difficiles à repérer car ils sont souvent très hauts dans les arbres et cachés par le feuillage, ils ne sont, le plus souvent, repérés qu'en automne lorsque les arbres ont perdu leur feuillage. Cependant, à cette période, il n'y a plus d'intérêt à détruire le nid.

En l'absence de pièges spécifiques, des recommandations ont été validées par le ministère de l'Agriculture de l'Agro-alimentaire et de la Forêt et le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. (61) Ainsi, il est recommandé de placer les pièges proches des ruchers d'abeilles ayant eu des pertes importantes l'année précédente. Le piège doit être le plus sélectif possible : le passage des insectes même temporaire n'est pas sans

impact sur eux. Différents facteurs (excès de chaleur, humidité) ont un effet sur la fécondité ou la survie des insectes capturés. Le piège idéal doit répondre aux caractéristiques suivantes:

- Comprendre un appât attractif
- Être suffisamment répulsif pour les autres insectes et ainsi être sélectif
- Être durable dans le temps (13)

Voici les différentes stratégies de luttés :

III.3.1. Piégeage des femelles fondatrices

Au printemps, les futures reines fondatrices sortent d'hibernation et cherchent à construire leurs nids pour donner naissance aux premiers individus de la colonie. Elles ont besoin de beaucoup de nourriture pour subvenir à leurs besoins. Cette période semble la plus propice pour détruire le maximum de futures reines et avoir un impact sur le nombre de futures colonies. À l'arrivée du printemps de nombreux appels au piégeage des femelles fondatrices ont lieu par les associations d'apiculteurs. Cependant, durant cette période la mortalité des frelons asiatiques est déjà élevée notamment à cause de la compétition intraspécifique entre les femelles fondatrices pour leurs sites de nidification. D'après une étude 1% des fondatrices produites à l'automne parvient à produire une colonie qui arrivera à maturité. En moyenne, on retrouve 12 changements de fondatrices pour un nid. Ainsi, au printemps, plus la densité de fondatrices dans un lieu est importante, plus la fréquence d'usurpation de nid augmente. Les pièges printaniers sont donc controversés car ils diminuent la densité des fondatrices ainsi que l'usurpation des nids, ils sont contre-productifs. (15)

L'ITSAP (institut technique et scientifique de l'apiculture et de la pollinisation) a publié une étude en 2021 sur les pièges printaniers des fondatrices et a proposé des recommandations précises afin de limiter l'impact négatif sur l'entomofaune. Le piégeage printanier n'a un intérêt pour réduire le nombre de nids de frelons asiatiques que s'il est répété à plusieurs reprises sur plusieurs années. Il faut mettre en place un maillage fin et régulier du territoire, sur un cercle de 1 km autour des ruchers qui ont subi des pertes l'année précédente, soit 59 pièges à 350 m de distance. La hauteur des pièges doit être comprise entre 0,5 m et 1,5 m. Les pièges doivent être actifs en continu de mars (après les dernières gelées) jusqu'à fin mai. (73)

Types de pièges à préférer :

- Piège à sélection physique avec dôme ou nasse avec cône d'entrée : l'orifice étroit permet de limiter l'entrée des insectes plus gros que le frelon asiatique et le maillage fin à la sortie permet de laisser partir les petits insectes. L'entrée se trouve sous forme d'entonnoir orienté vers l'intérieur du piège, ainsi il laisse entrer l'insecte mais celui-ci ne pourra pas en ressortir.

Types de pièges à proscrire :

- Piège en forme de cloche ou de bouteille avec un appât sucré et liquide qui ne capture que très peu de frelons asiatiques et noie tous les insectes. Ces pièges ont une très mauvaise sélectivité. Il est important de regarder le contenu de ces pièges pour les retirer s'ils contiennent trop d'espèces différentes de *V. velutina nigrithorax*. (72)



Figure 44 : Contenu d'un piège à bière non sélectif (46)

Il faut choisir un appât sucré car les fondatrices ont une alimentation très sucrée au printemps. On peut utiliser de la bière, du sirop, du vin ou du jus de cire fermenté. L'appât doit être solide, par exemple, un liquide imbibé sur une éponge, ou des galets ou s'il est liquide, il doit être entouré d'un grillage pour éviter les noyades des insectes non ciblés. L'appât doit être renouvelé tous les 8 à 10 jours. Les pièges ne doivent pas être placés près de fleurs au risque de capturer beaucoup d'insectes pollinisateurs. Enfin, il est conseillé de laisser quelques frelons morts au fond du piège car ils libèrent des phéromones attractives pour les frelons asiatiques.

Une étude à large échelle, menée par l'ITSAP et le MNHM, et financée par le ministère de l'agriculture a été conduite sur trois départements (Morbihan, Pyrénées-Atlantiques, Vendée) de 2016 à 2019. Les résultats définitifs ne sont pas encore publiés, notamment car l'analyse statistique des nombreuses données recueillies est complexe. Cependant, les résultats préliminaires concluent que lorsque le piège sur les fondatrices est répété durant 4 printemps successifs, l'effet du piégeage est multiplié par 2. Cependant, cette étude est à prendre avec précaution car les analyses statistiques ne sont pas terminées. Il est recommandé d'utiliser ce piège sur les ruchers attaqués les années précédentes. Malgré ces données, l'efficacité des pièges contre les fondatrices est controversée, et leur réelle efficacité reste à prouver. En effet, il existe déjà une diminution des fondatrices au printemps du fait de la compétition interspécifique et intraspécifique sur les futures reines fondatrices, peu de futures reines survivent à cette compétition. Le piégeage des fondatrices n'a donc pas un impact majeur sur le nombre de futurs nids mais il présente un danger important pour les insectes non ciblés. (73) Il est donc préférable de développer des pièges spécifiques.

III.3.2. Les pièges sélectifs

Raquette électrique :

L'électrocution assomme l'insecte, il faut ensuite l'éliminer. Les phéromones d'alarmes sécrétées par le frelon asiatique, attirent d'autres frelons. Ainsi, une grande quantité de frelons asiatiques peut être exterminée. La difficulté de ce piège est la nécessité de savoir identifier le frelon asiatique pour ne pas tuer d'autres espèces. A cette condition, cette solution n'a pas d'impact sur l'environnement. Cependant, elle n'est pas adaptée pour traquer une grande quantité de frelons asiatiques. (13)



Figure 45 : Raquette électrique (74)

Harpe électrique :

La harpe est composée de fils électriques alimentés par des panneaux photovoltaïques ou par un générateur. L'espace entre les deux fils permet le passage de petits insectes comme les abeilles mais le frelon asiatique, plus imposant, entre en contact avec les fils. Le frelon est électrocuté et il tombe dans le récipient sous les fils. Ce récipient contient de l'eau ou une solution pour noyer le frelon asiatique. Les harpes doivent être placées entre deux ruches car le frelon attaque plusieurs ruches à la fois, ainsi, il sera piégé en allant de l'une à l'autre. Une harpe coûte entre 50 et 400 euros. Ce coût peut devenir important si l'apiculteur possède une grande quantité de ruches. Cette technique peut être dangereuse pour d'autres insectes car les insectes plus grands que *V. velutina nigrithorax* seront aussi électrocutés et noyés. (13)



Figure 46 : Harpe électrique utilisée avec des panneaux photovoltaïques (75)

Apishield® :

Ce piège a été commercialisé par la société VITA-Europe et consiste à placer une trappe sous le rucher à la place du plancher. Le fond et le sommet de la trappe sont maillés et sur les côtés, on retrouve des entrées en forme d'entonnoir qui permettent l'entrée du frelon asiatique mais pas sa sortie. Les produits de la ruche attirent les frelons qui s'engouffrent dans les orifices et sont ainsi piégés. La spécificité de ce piège est limitée car la dimension des orifices permet également la capture de *V.crabro*. (13)



Figure 47 : Piège Apishield® (13)

Jabeprode® :

Ce piège a été conçu par Denis Jaffré et primé au concours Lépine en 2018. Le piège est composé d'un bac où est placé un appât alimentaire à base de miel, cire d'abeilles ou de viandes. Une cage de capture est placée au-dessus de ce bac. Elle est composée d'un fin grillage qui empêche les frelons asiatiques d'accéder à l'appât et ainsi l'appât peut durer toute la saison sans être renouvelé. Dans la cage, il y a deux cônes en forme d'entonnoir qui se trouvent face à face. Ces cônes sont percés pour permettre aux abeilles ou aux insectes plus petits de sortir du piège. Au bout de l'entonnoir, on retrouve un réducteur d'entrée et une brise vue. Ces éléments permettent l'entrée du frelon asiatique mais bloquent sa sortie en sens inverse. Il faut prévoir un toit sur le piège pour protéger l'intégrité de l'appât s'il pleut. Enfin, le piège doit être placé en hauteur pour éviter l'entrée des insectes rampants. (13) Au mois de mars, il est intéressant de mettre un appât en quantité importante, riche en sucres comme du miel, de la cire ou une bière très sucrée pour attirer le plus de reines frelons asiatiques. Plus la quantité d'appât est importante, plus son odeur aura un champ d'action élargi afin d'attirer les frelons. De plus, il faut laisser des frelons morts qui dégagent des phéromones permettant d'attirer les autres frelons asiatiques. À partir du mois d'août il est intéressant de placer un appât carné pour attirer au mieux les ouvrières. (76)



Figure 48 : a) Piège Jabeprode® (77)

b) L'intérieur du piège Jabeprode® (77)

Ce piège peut être utilisé à proximité des ruches et il est assez spécifique. L'entrée d'insectes plus gros comme *V. crabro* est impossible. Il donne de très bons résultats mais il n'existe pas encore de validation scientifique. Il coûte 100 euros l'unité environ ce qui reste un prix abordable. (76) Le Red trap® est un nouveau piège qui se rapproche du Jabeprode® mais n'est pas équipé d'un tiroir protégeant l'appât. D'autres type de pièges contre le frelon asiatique existe :

- **Le piège à caisse** est efficace mais il peut être encore plus compétent lorsqu'il est associé à d'autres pièges comme la harpe électrique ou les muselières.
- **Le piège à bec** trouvé par un apiculteur espagnol est un modèle de muselières permettant de limiter la prédation du frelon sur les abeilles et de les capturer.
- **Le piège à cône** a été conçu par le même apiculteur et il est simple à réaliser.
- **Le piège Vigivelutina®** est en cours d'expérimentation, il met en jeu l'intelligence artificielle. En effet, il utilise la reconnaissance visuelle du frelon asiatique par une caméra, grâce à l'intelligence artificielle. Lors de la détection et de la reconnaissance de l'insecte par la caméra, le frelon est capturé grâce à un soufflet et déposé dans un bac de capture. Le piège est alimenté électriquement par un panneau photovoltaïque et une batterie. Ce piège n'utilise pas d'appât alimentaire, ni de produits chimiques. L'utilisation de la reconnaissance visuelle le rend très spécifique. Cependant, il n'est pas encore commercialisé et son prix d'achat sera élevé. (13)

Nous avons pu analyser différents types de pièges, certains d'entre eux ont des similitudes et ils sont plus ou moins sélectifs et plus ou moins onéreux. Le piège Vigivelutina® en cours d'expérimentation serait le plus sélectif et le plus respectueux de l'environnement mais sera-t-il accessible à tous ?

III.3.3. Détection des pièges

La détection des nids de frelons asiatiques est un enjeu clé dans la lutte contre le frelon asiatique. Cependant, cette tâche est difficile car les nids de frelons asiatiques sont souvent cachés, soit en hauteur, soit sous le feuillage des arbres ou sous des abris ou plus rarement dans des cavités, sous des buissons. Différentes méthodes sont utilisées pour repérer les nids de frelons.

Triangulation :

La méthode de triangulation usuelle peut être utilisée pour détecter un nid de frelons asiatiques à partir d'un pot rempli d'un appât liquide et sucré et d'une mèche qui trempe dans le pot. La direction et la durée de vol des frelons allant dans le pot et retournant à leur nid sont des bons indicateurs de l'emplacement du nid. Le temps de vol du frelon doit être calculé à plusieurs reprises pour obtenir une donnée fiable. La vitesse de vol du frelon est estimée à 1 minute pour 100 m. Ainsi, en mesurant le temps nécessaire au frelon pour effectuer l'aller-retour entre le pot et son nid, la distance correspondante peut être estimée. Les frelons peuvent être marqués pour mieux les distinguer. L'emplacement du nid de frelons se trouve à l'intersection des différentes lignes obtenues sur une carte où sont répertoriés les vols observés à partir de plusieurs pots. Lorsque la direction et le temps de vol sont connus de façon plus précise, il est possible de déplacer le pot à mèche pour se rapprocher du nid et ainsi connaître plus précisément l'emplacement du nid. Cette technique n'est pas très chère mais elle est chronophage. Elle est difficile à mettre en place lorsque la population de frelon est importante, elle ne peut donc pas être utilisée de manière systématique sur le terrain. (78)



Figure 49 : Pot à mèche avec frelon (78)

Radar harmonique :

Ce radar a été conçu pour suivre la trajectoire des insectes dans leur milieu naturel. Le frelon est capturé à côté des ruchers d'abeilles et un transpondeur est mis sur sa face dorsale pour suivre son vol jusqu'à son nid. Le radar émet des ondes de basses fréquences qui sont réfléchies par le transpondeur porté par le frelon asiatique. Le signal réémis par le transpondeur, ou doubleur de fréquence, a une fréquence distincte de celle du signal d'émission et de celle des signaux réfléchis par l'environnement. Ainsi, le récepteur peut localiser la source réfléchissante. (79)

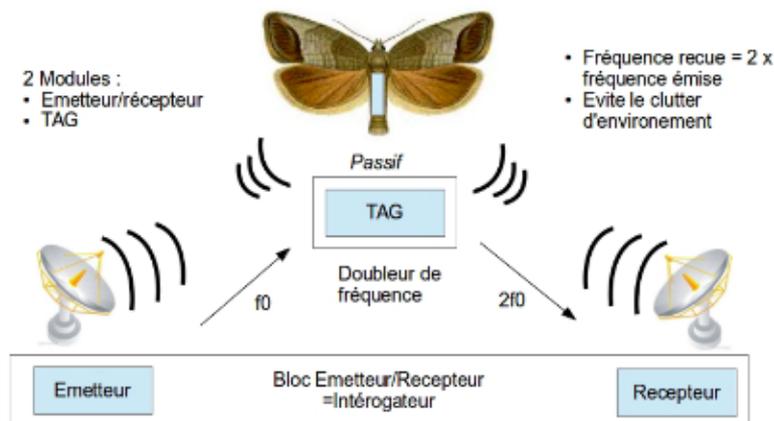


Figure 50 : Principe du radar harmonique (79)

Le radar peut suivre le frelon jusqu'à une distance de 500 mètres. Ce système fonctionne mieux dans les zones plates, cependant sa technologie a été améliorée pour être utilisée dans les zones vallonnées. Cependant, certains obstacles ou une forte végétation peuvent perturber le suivi du transpondeur. En milieu urbain, l'utilisation du radar harmonique est plus difficile car de nombreuses perturbations affectent le fonctionnement du radar. La zone où se trouve le nid est mise en évidence par la convergence de différentes trajectoires vers un même point. Il faut ensuite se rendre sur place pour confirmer la présence du nid. (80) Cette technique précise fonctionne très bien dans un environnement ouvert et plat mais elle est difficile à mettre en place car le matériel est très coûteux et spécialisé. De plus, le matériel est lourd et nécessite une voiture pour être déplacé. La mise en place de ce procédé pourrait coûter plusieurs milliers d'euros, ainsi une gestion collective d'un équipement, à l'échelle d'une commune par exemple, serait un bon compromis. (13)



Figure 51 : Frelon asiatique avec transpondeur (80)

Radio-télémetrie :

Depuis plus de 50 ans, la radio-télémetrie est utilisée pour suivre les vertébrés, cependant chez les insectes volants son utilisation était limitée à cause du poids de la balise émettrice. La plupart des frelons asiatiques arrive à voler et à porter jusqu'à 80% de leurs poids. Ainsi, avec la miniaturisation des balises, la radio-télémetrie peut être utilisée pour suivre les insectes volants. (81) Cette technique permet de repérer un nid de frelons asiatiques jusqu'à 800 m dans un milieu ouvert et jusqu'à 500 m dans un milieu fermé. (Bâtiments...) Le principe est de fixer des émetteurs radios actifs avec batterie (émission de hautes fréquences) sur la partie ventrale des ouvrières de frelons asiatiques. Le frelon est ensuite suivi jusqu'à son nid grâce à une antenne radio réceptrice. L'utilisateur de cette technique porte une antenne autour de lui. Cette antenne détecte un signal et indique la direction dans laquelle se trouve le nid. Cette méthode est néanmoins limitée car les radio-tags portés par le frelon sont assez lourds et leur batterie est faible. Toutefois, elle présente un avantage face au radar harmonique car son utilisation est beaucoup plus facile, les appareils sont moins lourds et moins encombrants à déplacer. Le prix de la radio-télémetrie est encore élevé aujourd'hui, 2000 euros pour le boîtier et 150 euros pour le TAG à l'unité. Mais la concurrence s'ouvre et les prix vont diminuer dans les années à venir. Ainsi, cette méthode deviendra plus accessible et pourra devenir un outil stratégique dans la lutte contre le frelon asiatique. (82)



Figure 52 : Frelon asiatique avec TAG (82)

Drone avec caméra thermique :

L'imagerie thermique est utilisée aussi bien dans le milieu agricole, que dans le milieu médical ou encore en sciences physiques. Cette technique est rapide et non invasive contrairement au radar harmonique et à la radio-télémetrie. Le drone possède une caméra multi-capteurs à image thermique et l'image est traitée ensuite par intelligence artificielle. Les frelons asiatiques sont capables de réguler la température de leur nid, la thermographie peut donc être utilisée pour repérer ces nids. Cette méthode d'imagerie consiste à repérer des ondes infrarouges émises par un objet. L'objet est détecté grâce à la différence de température entre lui-même et l'environnement. Le nid de frelons asiatiques est maintenu à une température entre 28 °C et 30 °C et la température est mieux régulée lorsque la colonie est suffisamment importante. Cette méthode donne de bons résultats lorsqu'elle est utilisée tôt le

matin ou en soirée car les différences de température avec le milieu environnant sont plus marquées. Elle a été testée au Portugal, au Royaume-Uni et en Italie. (13)



Figure 53 : Détection d'un nid de frelons asiatiques par image thermique (83)

Puces RFID :

Les puces qui sont des étiquettes magnétiques sont placées sur les frelons asiatiques. L'insecte est ensuite détecté lors de son passage à proximité d'antennes réceptrices. Le portail de détection doit être placé dans la zone de chasse ou dans la zone autour du nid du frelon asiatique. Cela permet d'observer leurs allers-retours au cours de la journée et de mieux comprendre leurs rayons d'action. Cette technique permet de suivre la trajectoire du frelon asiatique et son comportement mais elle ne localise pas directement le nid. (84)

Ces différentes techniques sont utiles pour détecter les nids de frelons asiatiques et ainsi anticiper et contrôler sa propagation. Ce sont des aides majeures dans la lutte contre le frelon asiatique car les nids sont souvent cachés sous le feuillage en hauteur. Cependant, elles restent encore difficiles à mettre en place à grande échelle car elles sont coûteuses et demandent l'intervention d'experts. Pour utiliser tout le potentiel de ces techniques, il serait intéressant qu'elles soient gérées par les collectivités territoriales, les communes.

III.4. Lutte biologique : Prédateurs et Plantes ornementales

En France, le frelon asiatique a peu de prédateurs, en raison de son introduction accidentelle, peu d'espèces ont co-évolué avec lui. Nous allons voir les différentes espèces capables de s'attaquer au frelon asiatique et de devenir un facteur de régulation possible.

- **Bondrée apivore (*Pernis apivorus*)** : La bondrée apivore est un oiseau capable d'attaquer les nids de frelons asiatiques, en particulier de mi-juin à septembre. En effet, à cette période, la buse a un besoin énergétique important pour nourrir ses oisillons, cela coïncide avec la période où la quantité de larves est la plus importante dans les nids de frelons asiatiques. C'est l'une des seules espèces en Europe à pouvoir réguler les frelons asiatiques. Cependant, son impact est assez faible car la bondrée apivore

ne s'attaque qu'à un nid de frelons par an et a, de plus, un fort caractère migratoire, elle n'est donc pas présente en continue en Europe. Les traitements utilisés pour tuer les nids de frelons représentent un danger pour l'oiseau qui peut s'intoxiquer en ingérant les individus restants dans un nid. D'autres espèces d'oiseaux comme les pies, ou les mésanges peuvent s'attaquer au nid en automne. Cette action n'a toutefois pas d'incidence sur la régulation de l'espèce car celle-ci est déjà en déclin. La pie-grièche écorcheur (*Lanius cornio*) et le guêpier d'Europe (*Merops apiaster*) sont également des prédateurs des nids du frelon d'Europe et de l'abeille domestique, ils sont donc susceptibles de s'attaquer aux nids du frelon asiatique. (46)



Figure 54 : *Pernis apivorus* (46)

La bondrée apivore reste le rapace européen le plus adapté pour détruire les nids actifs de *V. velutina nigrithorax*. (85) Sur l'image ci-dessous, on peut observer l'intérieur d'un nid de bondrée apivore. On remarque la présence de morceaux de nids de frelons asiatiques.



Figure 55 : L'intérieur du nid de la bondrée apivore (85)

➤ **Plantes carnivores :**

Les Sarracénies (*Sarracenia x Evendine*) venant d'Amérique du Nord **ou les Népenthes** (*Nepenthes x ventrata*) venant des Philippines émettent des molécules odorantes qui attirent les frelons. Ces plantes carnivores se nourrissent alors de leur proie. Elles consomment aussi de nombreux insectes diptères.



Figure 56 : *Sarracenia leucophylla* : « *Juthatip soper* » (46)

Une étude réalisée par Wycke et al., 2018 a été réalisée pour déterminer le rôle des plantes carnivores *Sarracenia* dans le contrôle du frelon asiatique. Deux plantes hybrides ont été sélectionnées : *S. juthatip soper* et *S. evendine*. La capture effectuée par ces plantes a été analysée pendant 2 ans. Cela a permis de mettre en évidence que *Sarracenia* piège plus de diptères que de frelons asiatiques, elle n'est donc pas suffisamment sélective pour être utilisée comme piège de masse. Seule une très petite quantité de frelons asiatiques est capturée. En 2015 et 2016, respectivement 4,3 % et 0,7 % de tous les insectes capturés étaient *V. velutina nigrithorax*. De plus, des abeilles domestiques ont été retrouvées dans la capture de ces plantes. Ainsi, l'utilisation des plantes carnivores à proximité des ruchers pour lutter contre le frelon asiatique aurait un effet délétère sur les populations d'abeilles. Cependant, les phéromones produites par *Sarracenia* semblent être de bons appâts pour attirer le frelon asiatique, des études seraient intéressantes. (86)

- **Frelon géant d'Asie** (*Vespa mandarinia*) : Ce frelon est une espèce agressive envers les hyménoptères sociaux (abeilles, frelons, bourdons). Elle attaque en formant un essaim d'ouvrières et peut tuer toute une colonie en quelques heures pour ensuite se nourrir des larves. La reine de ce frelon peut atteindre 5,5 cm de long et les reines mesurent entre 3,5 cm et 3,9 cm. Cependant ce frelon n'est présent pour le moment qu'en Asie (Inde, Birmanie, Thaïlande, Laos, Viêtname, Cambodge, Chine, Corée du

Sud, Japon) et il n'est pas souhaitable qu'il soit présent en France car il est dangereux pour l'homme, son venin possède une toxine nommée la mandaratoxine qui peut provoquer la mort sans lien avec une allergie au venin. Au Japon, il est responsable de 30 à 40 décès par an. Cette espèce permet de réguler *V. velutina nigrithorax* en Asie, mais il n'est pas souhaitable qu'il soit introduit en France, car certes il pourrait réguler la population de frelons asiatiques mais il serait une nouvelle menace pour les abeilles, la santé humaine. (46)



Figure 57 : *Vespa mandarinia* (46)

- **Frelon asiatique mâle diploïde** : La phase de reproduction se déroule de fin août à novembre. Alors que les femelles sont présentes tout au long de l'année, les mâles, quant à eux, ne sont produits que lors de la phase de reproduction. Cependant, en 2013, Darrouzet *et al.*, ont remarqué que des mâles étaient présents dès le mois d'avril. (87) D'après une étude de Darrouzet *et al.*, 2015, 68 % des colonies de frelons asiatiques possèdent des mâles précoces diploïdes. (88) Le système de reproduction du frelon asiatique suit un mécanisme d'haplo-diploïdie. La reine est capable de contrôler le sexe de sa descendance. En effet, elle produit un ovocyte haploïde qui fusionne avec un spermatozoïde haploïde pour obtenir un individu femelle diploïde. Pour produire un mâle, la reine pond un œuf haploïde qui n'est pas fécondé et qui à la suite de son développement produit un individu mâle haploïde. De plus, le sexe est défini par un locus poly-allélique CSD (complementary sex determination). Les individus femelles sont hétérozygotes au locus CSD, elles ont deux copies du gène avec des séquences génétiques différentes. Les mâles sont hémizygotés pour ce locus, ils ne possèdent qu'une seule version allélique. C'est donc le caractère hétérozygote du locus CSD qui est responsable de la formation d'un individu femelle. Dans le cas d'une diminution de la variabilité génétique, on retrouve un phénomène de dépression de consanguinité. Lors de la fécondation entre deux individus (femelle diploïde et mâle haploïde) qui possèdent les mêmes versions alléliques du locus CSD,

un individu diploïde et homozygote peut être obtenu. Cet individu sera un mâle diploïde homozygote. (13)

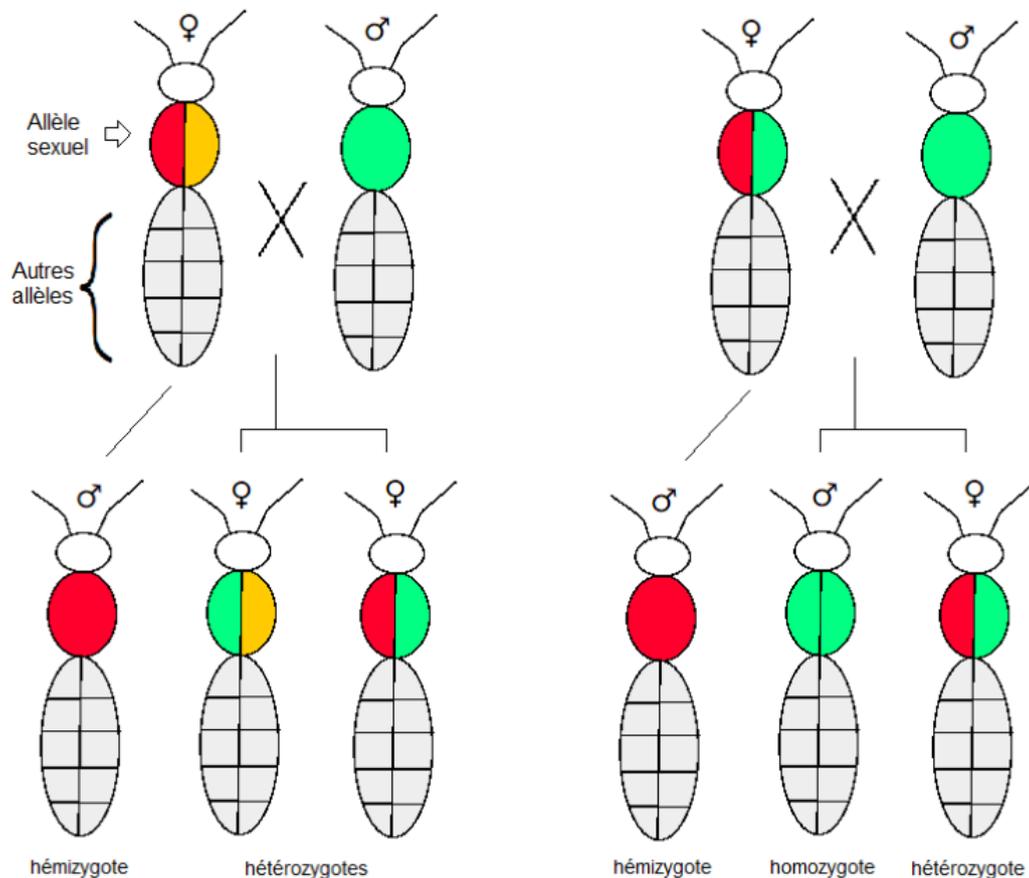


Figure 58 : Différents cas de la reproduction chez le frelon asiatique (13)

Le goulot d'étranglement génétique présent chez *V. velutina nigrithorax* lié à son introduction grâce à une reine fécondée par 4 ou 5 mâles favorise la présence de mâles diploïdes en France. Cette production de mâles diploïdes homozygotes en raison de la perte de diversité allélique au locus CSD déterminant le sexe entraîne une succession de problèmes. En effet, l'organisation de la colonie est perturbée car lors de la fécondation la reine produit d'avantage de mâles diploïdes au détriment de femelles fondatrices ou des ouvrières. Or, si on retrouve moins d'ouvrières dans la colonie, il y a moins d'individus destinés à construire, à protéger le nid et à apporter des ressources alimentaires pour permettre le développement des larves. Les colonies risquent d'être plus petites, et les individus qui la composent seront de plus petite taille. La diminution du nombre d'ouvrières perturbe la dynamique de la colonie et les mâles représentent des individus supplémentaires à nourrir. Ils n'ont aucun intérêt pour la colonie car ils sont soit stériles ou ils produisent des spermatozoïdes diploïdes qui formeront après fécondation des individus triploïdes stériles.

Ce phénomène a été observé dans les populations de bourdons (*Bombus terrestris*) et corrélé avec une baisse de production de la colonie. Dans la lutte contre certains moustiques comme *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* qui sont vecteurs de maladies comme la dengue ou le virus Zika, des mâles stériles sont répandus lors de la période de fécondation pour

diminuer le nombre de moustiques de la nouvelle génération. Cette méthode est efficace chez les moustiques car la femelle ne peut être fécondée que par un mâle alors que le mâle peut féconder plusieurs femelles. (13) Cependant, chez le frelon asiatique, cette méthode est moins efficace car une femelle peut être fécondée par, en moyenne, 4,6 mâles. Une reine frelon augmente ainsi ses chances de se reproduire avec un mâle haploïde. La production naturelle de ces mâles diploïdes devrait réduire le taux de croissance de la population de frelons asiatiques en créant un vortex d'extinction rapide. Mais malgré cet impact négatif, le frelon asiatique a réussi à se propager rapidement dans tout l'Europe. Cette solution semble intéressante mais il faut approfondir les recherches car, pour le moment, l'utilisation de mâles diploïdes n'a pas donné de résultats concluants pour réduire l'expansion du frelon asiatique. (88) L'équipe de Darrouzet *et al.*, 2015 a émis plusieurs hypothèses pour expliquer pourquoi la présence de mâles diploïdes n'a pas eu d'impact significatif sur l'expansion du frelon asiatique. Ils expliquent que parmi ces mâles diploïdes, une petite quantité de mâles haploïdes est produite avant la période de reproduction. (88) Ainsi, les fondatrices vierges qui ont survécu à l'hiver pourraient se reproduire avec ces mâles haploïdes ou alors un mâle haploïde pourrait s'accoupler avec une ouvrière d'une colonie orpheline. Puis, lorsqu'une colonie est abandonnée par une reine, une des ouvrières peut se développer en tant que reine et fonder sa colonie. Ces hypothèses restent à vérifier et grâce à cette étude certains sujets sont à explorer :

- La fonction reproductive des mâles haploïdes produits avant la période de reproduction
 - Le rôle et l'évolution des individus triploïdes
 - Les conséquences des mâles diploïdes sur le frelon asiatique (88)
- **Parasite : Nématode *Pheromermis vesparum*** : Cette espèce de parasite appartenant à la famille des *Mermithidae* est un ennemi naturel de *V. velutina nigrithorax*. Initialement, il parasite les guêpes sociales européennes mais depuis l'introduction du frelon asiatique en France, ce dernier est devenu un nouvel hôte. *Pheromermis vesparum* a été découvert lors de la manipulation d'un frelon asiatique mesurant entre 2,3 cm et 3,5 cm. Chez cet individu, l'abdomen été rompu et à l'intérieur se trouvait un ver entortillé sur lui-même mesurant 8 cm de long.



Figure 59 : *Vespa velutina nigrithorax* et *Pheromermis vesparum* (46)

Le cycle de vie et la biologie de ce nématode est assez complexe. Lorsque l'individu parasité s'approche d'une source d'eau son abdomen explose et le nématode mature est libéré dans l'eau. Il continue son cycle de développement dans l'eau pour atteindre sa taille adulte. Il peut alors s'accoupler et pondre des œufs. Les œufs sont ingérés par des larves d'insectes asiatiques comme les phryganes ou les perles. Ils éclosent dans le tube digestif des larves, libèrent des larves qui traversent l'épithélium digestif pour se loger dans les tissus périphériques. L'hôte se développe simultanément et effectue sa métamorphose en gardant les larves enkystées du nématode. Au moment où l'adulte volant émerge, il sort de l'eau et peut, dans certains cas, être capturé, par des ouvrières de frelons afin de nourrir les larves du nid. Les larves du frelon asiatique ingèrent l'insecte infesté par le nématode et alors, les larves du nématode parasitent les larves du frelon asiatique. Les larves du nématode se nourrissent des tissus non vitaux de l'abdomen des larves de frelons. Le frelon se développe jusqu'à atteindre son stade adulte et parallèlement le ver nématode se développe jusqu'à mesurer 10 cm de long et être mature. Le nématode se sépare de son hôte en provoquant sa mort lorsque le frelon asiatique s'approche d'une source d'eau. Ce parasite n'a pas trop d'impact sur les populations de frelons asiatiques car seulement 0,2 % des phryganes (insectes de l'ordre des trichoptères) font partie de ses proies. Ce n'est pas suffisant pour devenir un facteur de régulation de l'espèce. (46)

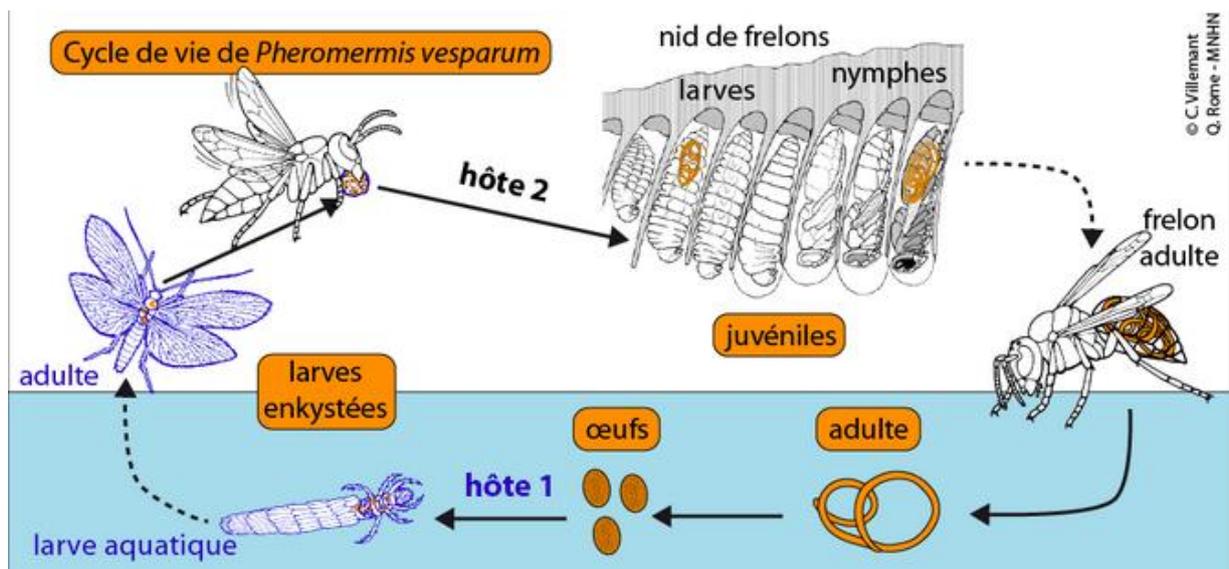


Figure 60 : Cycle biologique du nématode *Pheromermis vesparum* (46)

- ***Conops versicularis*** : Cette mouche parasitoïde appartenant à la famille des *Copinadae* se déplace de mai à septembre en attaquant son hôte. Elle saisit son hôte avec ses pattes et pond ses œufs dans l'abdomen. La larve est hémolymphe, elle grandit dans son hôte jusqu'à atteindre sa taille adulte et provoque sa mort lorsqu'elle le quitte. L'espèce *Conops* peut utiliser les femelles fondatrices de frelons asiatiques comme hôte mais cela n'aura pas un grand impact sur la régulation de l'espèce car à cette période (mai à septembre) il existe déjà une régulation intraspécifique entre les futures femelles fondatrices. De plus, cette espèce s'attaque préférentiellement aux bourdons. (46)

Il est très rare d'observer des infestations de parasites chez le frelon asiatique. De 2005 à 2015, seulement 3 nématodes *Pheromermis* ont été observés chez des frelons collectés. Les mouches parasitaires ou les nématodes peuvent infecter *V. velutina nigrithorax* mais ils ont un impact limité sur la destruction des colonies. Les différentes espèces présentées ne semblent pas suffisantes pour contrôler et réguler la population de frelon asiatique. L'élimination des nids de frelon asiatique reste la solution la plus efficace pour enrayer l'invasion de frelon asiatique en France. Ce constat souligne le fait de mettre en place des programmes de surveillance. (89)

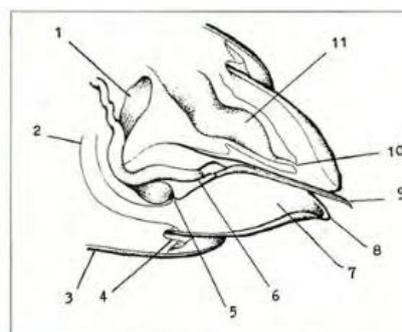
IV. Réactions immunologiques lors de la piqûre chez l'Homme

IV.1. Appareil venimeux et venin

D'après un dicton, 3 piqûres de frelons asiatiques tuent un homme et 7 piqûres de frelons asiatiques tuent un cheval, ce qui est inexact. Il faudrait en réalité 500 piqûres de frelons asiatiques pour que la quantité de toxine atteigne la dose létale mais 50 piqûres entraînent déjà des céphalées. (30) Malgré les dires, le frelon asiatique n'est pas plus dangereux que les autres hyménoptères. En effet, il n'est dangereux que pour les personnes allergiques aux venins d'hyménoptères. Le frelon asiatique n'est pas agressif envers l'homme s'il ne se sent pas menacé. En respectant un périmètre de défense d'environ 5 mètres autour d'un frelon asiatique, il n'y a pas de risque pour l'homme. Si un individu accède à son périmètre de défense, alors, *V. velutina nigrithorax* est plus agressif que *V. crabro* et attaque en groupe. Cependant, les nids étant le plus souvent en hauteur et cachés dans le feuillage ils sont à distance de la population. Ce sont certains cas particuliers de nids cachés dans des buissons, ou lors de l'élagage des arbres, qui représentent un danger pour l'homme. (90)

IV.1.1. Physiologie de l'appareil venimeux :

L'appareil venimeux chez tous les *Vespidae* femelles se trouve à l'extrémité de l'abdomen, entre le rectum et l'utérus. L'aiguillon peut injecter 10 à 15 microgrammes de venin par piqûre. Les *Vespidae* possèdent deux glandes principales : la glande acide et la glande alcaline (ou glande de Dufour). L'observation de l'appareil venimeux de *Vespula germanica* et *Vespa crabro* a permis de montrer que la glande acide débouche dans un réservoir contenant le venin et que la glande alcaline sert de tampon au venin acide. Le réservoir est suivi d'un canal qui débouche à la base de l'aiguillon pour déverser le venin. Les deux glandes déversent leur contenu au point où la gaine de l'aiguillon s'élargit. Le venin est un mélange de ces deux sécrétions. (91)



■ Appareil venimeux de Vespe
(d'après Edwards)
1 : Glande de Dufour - 2 : Vagin - 3 : Sternite 6
4 : Membrane intersegmentaire - 5 : Ouverture
de la glande de Dufour - 6 : Conduit du venin
7 : Chambre de l'aiguillon - 8 : Sternite 7 -
9 : Aiguillon - 10 : Anus - 11 : Rectum.

Figure 61 : Schéma de l'appareil venimeux de *Vespidae* (91)

Les hyménoptères aculéates sont capables de rétracter leur aiguillon auprès de leur abdomen et de le sortir pour piquer. Quand le dard se trouve au repos il est recouvert par 2

structures membraneuses nommées les gonoplaques. (92) L'aiguillon est composé d'un stylet et de deux lancettes. Le stylet est plus fin à la base qu'au sommet. Les lancettes s'enfilent sur le stylet, pour glisser l'une sur l'autre. Des fines barbelures sont présentes sur les stylets permettant aux frelons de piquer plusieurs fois. Les deux lancettes effectuent des mouvements de va-et-vient pour permettre au stylet de pénétrer la peau. Ce processus est permis par la contraction des muscles qui s'insèrent sur les sclérites de l'aiguillon d'un côté et de l'autre côté par les muscles qui se trouvent autour du réservoir qui se contractent pour propulser le venin dans le canal. (69) Contrairement à *A. mellifera* qui ne peut piquer qu'une seule fois le frelon peut piquer à plusieurs reprises. En effet, chez *A. mellifera* les barbelures sont épaisses et nombreuses, le dard reste ancré sur sa victime, l'abeille laisse en s'enfuyant, son aiguillon ses glandes à venins et dans certains cas son estomac ce qui entraîne ensuite sa mort. (91)

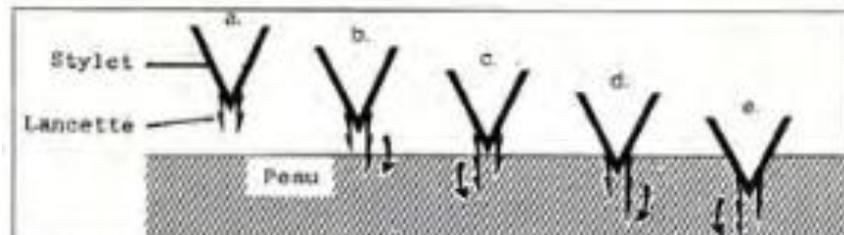


Figure 62 : Processus de l'introduction de l'aiguillon dans la peau (91)

Lorsque le frelon saisit sa proie, il la maintient vigoureusement à l'aide de ses pattes et de ses mandibules. Il insère ensuite son aiguillon dans sa victime et le venin est déversé dans les tissus grâce à un système musculaire composé de muscles protracteurs et rétracteurs insérés sur les sclérites de l'aiguillon. Ces muscles permettent l'aspiration du venin dans la glande et son injection dans les canalicules du stylet. Le venin et le liquide appartenant à la glande alcaline s'écoulent grâce aux muscles autour du réservoir, ils traversent le canal formé par le stylet et les lancettes et la base de l'aiguillon et sont injectés dans les tissus de la victime. L'aiguillon peut piquer à plusieurs reprises et traverser les tenues de protection pour le corps. De plus, en pressant son abdomen, le frelon asiatique crée un jet de venin qui peut être projeté dans les yeux de la victime. Il est important de porter des lunettes de protection car le venin peut entraîner des brûlures douloureuses au niveau des yeux, cependant, ces brûlures sont généralement sans séquelles. (69) Ces modèles ont été observés sur des espèces dont la physiologie est extrêmement proche de celle de *V. velutina nigrithorax* ; cependant il n'existe pas encore d'étude approfondie chez le frelon asiatique.

IV.1.2. Composition chimique :

Le venin des hyménoptères est composé de plus de 88% d'eau et d'un mélange complexe de sucres, de protéines toxiques, d'enzymes, de peptides, d'amines biogènes, d'acides aminés ainsi que d'autres substances allergènes. Ces substances ont des propriétés biochimiques et pharmacologiques. (93) Les venins de *Vespidae* et d'*Apidae* ont des compositions similaires. Les réactions croisées entre ces espèces sont fréquentes car la structure des antigènes est proche. Il n'existe encore que peu de connaissances sur la

composition du venin du frelon asiatique, mais elle doit être similaire à celle du venin des frelons européens. (69)

Composition	Substance
Amines biogènes	Histamine Sérotonine Noradrénaline Adrénaline Acétylcholine
Protéines et peptides toxiques	Kinine Antigène 5 (Ves V5) Mastoparans
Enzymes	Phospholipase A et B Hyaluronidase Phosphatase acide Estérase Glucidase Glycil-proline-aryl-amidase

Tableau 3 : Composition du venin de frelons (94), (95)

Amines biogènes :

Les amines biogènes sont responsables de sensations douloureuses au point d'injection, d'irritations et de rougeur de la peau par augmentation de la perméabilité capillaire, et par la constriction des muscles lisses. L'histamine et les catécholamines sont présentes dans tous les venins. L'histamine est l'une des principales molécules en cause des réactions allergiques. Elle provoque une vasodilatation, une bronchoconstriction, une activation des cellules de l'inflammation, une stimulation des sécrétions gastriques et la libération de norépinéphrine par les récepteurs adrénergiques. (94)

Protéines et peptides toxiques :

Les kinines ont les mêmes propriétés que les amines biogènes. Elles présentent la séquence de la bradykinine. (94) De plus, elles entraînent également une hypotension par vasodilatation et de la douleur. L'antigène ves V5 est un allergène majeur chez les *Vespidae*. Il représente 10 à 15 % du poids sec du venin. Ses propriétés sont à l'heure actuelle peu connues, il semble avoir un pouvoir neurotoxique et immunisant. De nombreuses protéines retrouvées dans la composition du venin ont de fortes propriétés allergènes et

immunomodulatrices pouvant provoquer dès la première piqûre une sensibilisation au venin. (95) Les Mastoparans ont des propriétés histamino-libératrices qui engendrent une augmentation de la perméabilité vasculaire et modifient l'activité de la phospholipase. (94)

Enzymes :

Les enzymes permettent la diffusion du venin. La phospholipase A1 représente 8 à 14 % du poids sec du venin. (95) Elle catalyse la désacylation des phospholipides membranaires libérant des lysophosphoglycérides et des acides gras à longue chaîne et modifiant ainsi la perméabilité membranaire. Elle déstructure les membranes cellulaires ce qui conduit à une lyse cellulaire et à une réaction inflammatoire. De plus, elle provoque des effets toxiques : une hémolyse sévère ainsi que l'activation de l'agrégation plaquettaire pouvant induire une thrombose. (96) L'hyaluronidase est non toxique, cependant elle entraîne une augmentation de la perméabilité des tissus conjonctifs et elle agit comme un facteur de diffusion du venin ce qui majore l'effet des composants du venin. (97) Vesp v5, la hyaluronidase et Vesp v1 nommée phospholipase A1 sont les allergènes majeurs responsables de l'anaphylaxie chez l'homme. Les réactions croisées entre les espèces de la famille des *Vespidae* sont fréquentes. (*Dolichovespula*, *Vespula*, *Vespa*) (95)

Vérotoxines

Dans la littérature scientifique, on ne retrouve pas d'étude spécifique sur le venin de *V. velutina nigrithorax*. Une étude menée par des biochimistes Taïwanais a permis d'extraire 3 vérotoxines : VT-1, VT-2a, VT-2b par chromatographie dans le venin de *Vespa basalis*. VT-2a et VT-2b sont des isotoxines avec une action hémolytique similaire. VT-1, quant à elle, possède une activité hémolytique beaucoup plus réduite. L'activité phospholipase A1 est plus importante pour VT-1 que VT-2a et VT-2b. (98) Les trois toxines à activité phospholipases A1 ressemblent aux phospholipases A1 allergènes retrouvés dans le venin des frelons, des guêpes. Des études plus approfondies permettraient de mettre en évidence dans le venin du frelon asiatique, des composés décrits chez d'autres espèces et ainsi expliquer les allergies croisées. (2)

IV.1.3. Utilisation du venin

Utilisation en dermocosmétique :

Chez le mollusque *Cryptomphalus aspersa*, le venin de *V. velutina nigrithorax* a des propriétés antioxydantes permettant d'induire la prolifération des fibroblastes en favorisant l'ensemble de la matrice extra-cellulaire. Ces propriétés pourraient être appliquées dans la cicatrisation des plaies. L'étude de Nhi Tao *et al.*, 2020 a recherché, dans le venin du frelon asiatique, la présence de molécules antioxydantes permettant de piéger les radicaux libres et de protéger les kératinocytes humains. Ils ont montré qu'il existe bien une fraction moléculaire du venin de *V. velutina nigrithorax* ayant une activité antioxydante. Ils ont également démontré que c'est la sérotonine qui porte cette activité antioxydante et cryoprotectrice. La sérotonine est un neurotransmetteur pro-inflammatoire qui participe à la vasodilatation et à l'apparition d'un œdème. L'usage thérapeutique de la sérotonine extraite du venin de frelon asiatique doit

être expérimenté de façon plus précise pour envisager son utilisation dans la cicatrisation des plaies. (99)

Utilisation en médecine :

La médecine traditionnelle Chinoise et plus particulièrement l'acupuncture, utilise une espèce de frelon nommée *Vespa bicolor* à la place des aiguilles. La méthode consiste à attraper un frelon avec une pince, il est ensuite désinfecté avant d'être utilisé comme aiguille. En fonction de la pathologie, le médecin localise le point d'acupuncture et applique de la glace sur la zone. Il place ensuite le frelon sur le point ciblé et le frelon pique le patient à l'aide de son aiguillon. Le médecin désinfecte la zone et procède à une deuxième piqûre plus longue si le patient supporte bien la douleur. Il est important de noter qu'un frelon est utilisé pour un seul patient afin d'éviter la transmission d'agents pathogènes. L'injection de venin sur la zone douloureuse provoquerait une diminution des douleurs. L'efficacité de cette technique, à court ou long terme, n'est pas connue. Elle présente un risque important si le patient ne connaît pas son statut immunologique vis à vis du venin. L'utilisation du frelon asiatique en acupuncture semble irréalisable en France car elle comporte trop de risques sanitaires et son efficacité n'est pas démontrée. (100)

Pour conclure, il n'existe pas de données suffisamment précises sur la composition du venin de *V. velutina nigrithorax*. Les informations collectées proviennent de l'observation de l'appareil venimeux ainsi que de la composition du venin des *Vespidae* comme le frelon européen car leur taxonomie est proche. Il serait intéressant d'approfondir les recherches sur la composition du venin pour mieux comprendre son mécanisme allergique chez les individus et pour éventuellement l'exploiter dans différentes disciplines.

IV.2. Différentes réactions lors de la piqûre

Lors d'une ou plusieurs piqûres d'hyménoptères, trois types de réactions sont possibles :

- Réaction locale : On observe alors, au niveau du point de piqûre, une zone douloureuse, une petite papule, une rougeur locale, un gonflement (œdème local), une induration pouvant aller jusqu'à 10 cm et un prurit. Cette réaction disparaît en quelques heures. En revanche, chez 20 à 25 % des individus piqués, la réaction locale peut être sévère. La papule atteint alors 10 cm et persiste 24 à 48 heures voire quelques jours. Dans certains cas, l'œdème atteint un membre et s'accompagne d'une lymphadénite locale, d'une altération de l'état général avec malaise, et d'un état fébrile. Ce type de réaction ne nécessite pas d'intervention médicamenteuse spécifique. Cependant si la personne est fortement exposée au frelon asiatique comme les apiculteurs, une désensibilisation peut être proposée mais les résultats sont peu satisfaisants, car il ne s'agit pas, dans ce cas, d'une réaction anaphylactique. Enfin, lorsque la piqûre a lieu dans une zone sensible (visage : paupières, lèvres), l'œdème peut être important et dans des zones comme la bouche et la gorge, il existe un risque de bloquer les voies respiratoires et dans des cas plus graves provoquer la mort. Ces situations nécessitent une prise en charge urgente par un médecin. (101)

- Réaction toxique : Cette réaction a lieu lors d'un grand nombre de piqûres car la quantité de venin injecté est très importante. C'est une réaction dose-dépendante. Ce syndrome comprend :
 - Réaction locale
 - Troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées)
 - Troubles neurologiques : céphalées, hypotension, convulsions, malaise, fièvre
 - Troubles respiratoires

Une rhabdomyolyse ou une hémolyse intravasculaire peuvent également être observées et peuvent par la suite entraîner une insuffisance rénale aiguë (par nécrose tubulaire). Il a été retrouvé chez certains individus des lésions myocardiques, une dysfonction hépatique, des troubles de la coagulation et des œdèmes cérébraux. La réaction toxique est indépendante des IgE. (102) La dangerosité des symptômes de cette réaction explique les recommandations du centre antipoison Belge relayé par AMELI en France. En effet, le centre antipoison Belge préconise une surveillance en milieu hospitalier si le nombre de piqûres simultanées est supérieur à 20 chez l'adulte, et 4 chez l'enfant. Chez l'enfant, une réaction toxique généralisée peut être observée à partir de 4 piqûres. (103)

- Réaction systémique allergique : Cette réaction ne dépend pas de la dose de venin injectée ; elle peut avoir lieu dès la première piqûre. Elle apparaît dans les 24 premières heures après la piqûre mais dans certains cas, elle peut survenir dans les jours suivants. Une réaction importante est alors observée au point d'injection, avec un gonflement supérieur à 10 cm et pouvant atteindre les articulations. (103) Dans un second temps, une réaction générale se met en place avec un angioœdème, une urticaire généralisée, une hypotension, des troubles respiratoires, et un malaise. Dans le cas le plus grave, un choc anaphylactique peut survenir ce qui est une urgence vitale. Le choc anaphylactique est une insuffisance circulatoire aiguë secondaire à une réaction allergique systémique. La chute de la tension artérielle provoque un collapsus cardiovasculaire et une détresse respiratoire pouvant conduire au décès. (104) Ces symptômes ressemblent à ceux de la réaction toxique mais la physiopathologie est dans ce cas dépendante des IgE. (101)

Des facteurs de risque de développer une réaction systémique aux venins d'hyménoptères ont été identifiés :

- L'exposition répétée aux hyménoptères, chez les apiculteurs par exemple.
- La sévérité de la première réaction : plus la primo-réaction est grave, plus le risque de développer une réaction systémique est important. De plus, dans le cas d'une aggravation progressive des réactions locales, il existe un risque d'une réaction systémique lors d'une piqûre ultérieure.
- L'âge : le nombre de cas de réactions graves et le taux de mortalité sont plus importants chez le sujet âgé que chez les jeunes enfants.

- L'intervalle de temps entre deux piqûres : plus cet intervalle est court, plus le risque est élevé.
- La mastocytose : Les patients atteints de mastocytose ont une réaction allergique systémique plus sévère que les personnes non atteintes. (105)
- Les traitements médicamenteux : Il a été relevé que dans de nombreux cas de réactions systémiques graves, les personnes avaient certains traitements médicamenteux. En effet, les β -bloquants bloquent les récepteurs β -adrénergiques et inhibent l'action de l'adrénaline endogène ou exogène. La prise de β -bloquants complique la prise en charge du choc anaphylactique car la dose d'adrénaline nécessaire doit être réévaluée et augmentée. Les traitements par inhibiteur de l'enzyme de conversion sont responsables des réactions anaphylactiques plus sévères du fait de l'augmentation du taux de bradykinine. (101)

IV.3. Cas des réactions allergiques

Les piqûres d'hyménoptères sont l'une des principales causes d'allergies sévères. On estime qu'environ un quart de la population générale est sensibilisé aux venins d'hyménoptères (présence d'IgE) sans manifestation clinique. Trois pour cent des adultes et 0,5 % des enfants ont déclaré une réaction systémique après une piqûre aux venins d'hyménoptères. (95) La prévalence des réactions anaphylactiques après une piqûre par un hyménoptère est estimée entre 0,3 et 7,5 %. (106) Chez des sujets avec une forte exposition aux hyménoptères comme les apiculteurs, ou les familles d'apiculteurs, le taux de réactions systémiques après piqûre peut atteindre 40 %. (95) Durant les 10 ans qui suivent une piqûre d'hyménoptère qui a provoqué une réaction allergique, le risque de réaction systémique augmente avec la sévérité de la réaction initiale. Lors de la seconde piqûre le risque de réaction systémique est de 10 % si la première piqûre était responsable d'une réaction cutanée, 20 % si elle était suivie d'une réaction systémique modérée, 40 % si elle avait occasionné une réaction anaphylactique chez l'enfant et 60 % pour l'adulte. Dans 50 % des cas, la seconde réaction est similaire à la première. Le taux de mortalité à la suite d'une piqûre d'hyménoptère est de 0,03 à 0,48 par million de personnes par an. Cette estimation est probablement sous-estimée car les causes de décès par hyménoptères sont peu déclarées. Des pathologies cardiaques sous-jacente, un arrêt cardiaque, un choc anaphylactique sont à l'origine du décès. De plus, 40 à 85 % de ces personnes n'avaient jamais présenté de réactions systémiques avant. (106)

Il est primordial d'identifier précisément les symptômes des manifestations systémiques anaphylactiques car ils permettent de diagnostiquer la réaction et d'adapter la prise en charge thérapeutique. La réaction apparaît en général dans l'heure qui suit la piqûre. Les réactions systémiques sont classées en fonction de la gravité de la réaction et selon les symptômes identifiés en 4 stades d'après la classification de H.L Müller. Les symptômes caractéristiques de la réaction systémique sont :

- Des signes cutanéomuqueux : Urticaire généralisée, angioœdème
- Des signes respiratoires : Toux, crise d'asthme, bronchospasme, œdème laryngé avec dysphonie, dysphagie
- Des signes cardiovasculaires : Une vasodilatation généralisée qui provoque une hypotension artérielle associée à une tachycardie et dans les cas les plus

graves l'hypotension peut conduire au choc anaphylactique (collapsus cardiovasculaire et détresse respiratoire)

- Des signes digestifs : Nausées, vomissements, diarrhées, douleurs épigastriques
- Des signes neurologiques : Troubles visuels, vertiges, confusions, agitation, céphalées, convulsions, coma (107)

La prévalence en fonction de la classification des différents stades de gravité par H.L Müller est de 10,8 % pour le grade I, 16,5 % pour le grade II, 31 % pour le grade III et 13,1 % pour le grade IV. (106)

Stade	Manifestations cliniques
Stade I	Urticaire généralisée, prurit, malaise, anxiété
Stade II	1 ou plusieurs symptômes du stade I associés à au moins 2 suivants : œdème angioneurotique (angioœdème), oppression thoracique, troubles digestifs : douleurs abdominales, nausées, vomissements, diarrhées, vertiges
Stade III	1 ou plusieurs symptômes du stade I associés à au moins 2 suivants : dyspnée Sifflements respiratoires, stridor, dysphagie, dysphonie, raucité, dysarthrie, confusion
Stade IV	1 ou plusieurs symptômes du stade I associés à au moins 2 suivants : cyanose, hypotension, collapsus, perte de connaissance, syncope, incontinence,

Tableau 4 : Classification des réactions allergiques selon H.L Müller (104)

En 2009, les centres antipoison ont conclu que depuis l'introduction de *V. velutina nigrithorax*, le nombre de cas d'envenimation n'a pas augmenté de manière significative dans les régions colonisées. (108) De 2011 à 2021, 15 cas d'anaphylaxies avérées par frelon asiatique ont été déclarés au réseau d'allergo-vigilance. Ces réactions allergiques étaient de grade III et IV. (109) À l'heure actuelle, il n'y a pas d'étude accessible permettant de faire un bilan sur le nombre de cas d'envenimation aux piqûres de frelons asiatiques, 20 ans après son introduction en France. De plus, le nombre de personnes piquées par le frelon asiatique est difficile à déterminer car cela suppose que la victime ou son entourage ait reconnu l'espèce.

Les confusions au sein des hyménoptères sont fréquentes. Il est plus facile de quantifier les réactions à la suite des piqûres par hyménoptères que celles par frelon asiatique.

IV.4. Mécanisme allergique

Les hyménoptères comme les guêpes *Vespula*, *Polistes*, *Vespa* et *Apis mellifera* sont le plus souvent responsables de réactions allergiques. (110) L'allergie provient d'un dérèglement du système immunitaire se traduisant par une perte de tolérance face à des substances normalement inoffensives. C'est une réaction d'hypersensibilité provoquée par des mécanismes immunologiques. Cette réaction est une réponse anormale et excessive face à l'allergène. Les allergènes sont des antigènes, qui n'ont pas de rôle pathogène propre. (111) L'allergie aux venins d'hyménoptères provient en général d'une allergie IgE-dépendante aussi nommée hypersensibilité de type 1 qui se divise en deux phases :

La première étape de ce mécanisme allergique est **la phase de sensibilisation**. Lors de ce premier contact, l'allergène (le venin de frelon asiatique) pénètre par voie cutanée dans l'hypoderme. L'allergène est alors au contact des nombreuses cellules du système immunitaire. Le mécanisme de sensibilisation est complexe. Sous une forme immature, les cellules dendritiques se trouvent dans les tissus périphériques et capturent les antigènes qui s'y introduisent. L'allergène est internalisé par la cellule dendritique par différents procédés : phagocytose, pinocytose, endocytose. Il est ensuite découpé en peptides et associé au CMH de classe 2. Ce complexe est exporté à la surface de la cellule dendritique. La cellule dendritique ainsi activée subit un processus de maturation. Après différentes modifications morphologiques, elle devient une cellule présentatrice d'antigènes (CPA). Elle présente ensuite le complexe CMH-II/Antigène au lymphocyte T de type CD4 dans les ganglions lymphatiques. Les lymphocytes T CD4 se différencient en lymphocytes capables de déclencher une réponse immunitaire de type Th2 grâce à la sécrétion d'IL-4. Parallèlement, au mécanisme ci-dessus, l'antigène est présenté par une autre voie aux lymphocytes B, qui le reconnaissent grâce à leurs récepteurs spécifiques (BCR). Les lymphocytes Th2 produisent des interleukines : IL-4, IL-10, IL-13 qui induisent la production d'IgE spécifiques de l'allergène par les lymphocytes B. Les interleukines sont des protéines permettant de transmettre des signaux entre les cellules du système immunitaire. Les lymphocytes B se différencient en plasmocytes sécrétant des IgE grâce à la sécrétion d'IL-4. À partir de leur fragment constant, les IgE se fixent aux mastocytes et aux polynucléaires basophiles grâce à des récepteurs de haute affinité aux IgE, ainsi qu'aux macrophages, aux polynucléaires éosinophiles, aux lymphocytes B et aux plaquettes par leurs récepteurs de basse affinité aux IgE. Lors de la phase de sensibilisation, des lymphocytes Th2 mémoires ont été produits et au retour de l'allergène, ils deviennent rapidement actifs. Cette phase de sensibilisation n'entraîne pas de manifestation clinique mais les IgE se fixent sur les mastocytes et basophiles. (112)

Sensibilisation

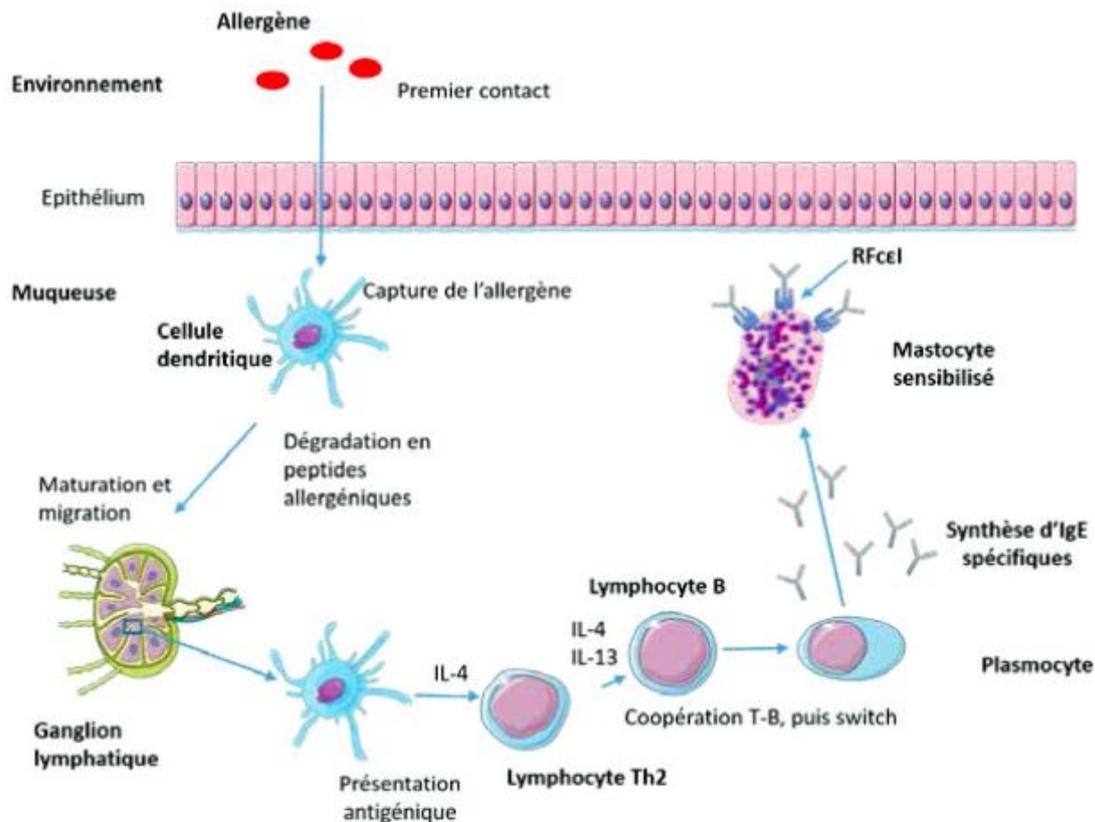


Figure 63 : Mécanisme de la phase de sensibilisation de l'allergie IgE dépendante (112)

Lors d'une deuxième phase nommée **phase de déclenchement**, l'individu sensibilisé est en contact pour la deuxième fois avec l'allergène. Cette étape est responsable de l'apparition des symptômes en moins d'une heure. L'allergène traverse la barrière cutanée et entre en contact avec les cellules dendritiques et les mastocytes sensibilisés, c'est-à-dire porteurs d'IgE spécifiques de l'allergène. Si l'allergène est présent au niveau sanguin, les polynucléaires basophiles sensibilisés le reconnaissent. Le rapprochement de plusieurs IgE spécifiques crée un phénomène de pontage induisant une signalisation cellulaire intense. Les cellules portant des IgE fixent l'allergène et libèrent des médiateurs de l'inflammation et de la réponse immunitaire. Ce pontage déclenche la dégranulation des mastocytes ou des polynucléaires basophiles par exocytose. La dégranulation provoque la libération de médiateurs préformés : histamine, héparine, cytokines, enzymes protéolytiques comme la tryptase qui est un biomarqueur recherché dans les réactions anaphylactiques. L'histamine est responsable d'une hypersécrétion de mucus, de bronchoconstriction, de vasodilatation, d'œdèmes, d'augmentation de la perméabilité vasculaire. L'activation des mastocytes et des polynucléaires basophiles déclenche la synthèse de nouveaux médiateurs libérés 1 heure après le contact et durant les 4 premières heures de la réaction. Ces médiateurs sont des dérivés de l'acide arachidonique : les leucotriènes et les prostaglandines. Ils possèdent les mêmes effets que l'histamine mais leurs effets sont durables contrairement à ceux de l'histamine. Ils ont également des propriétés chimiotactiques qui attirent les cellules de l'inflammation et provoquent une phase tardive de la réaction allergique. (112)

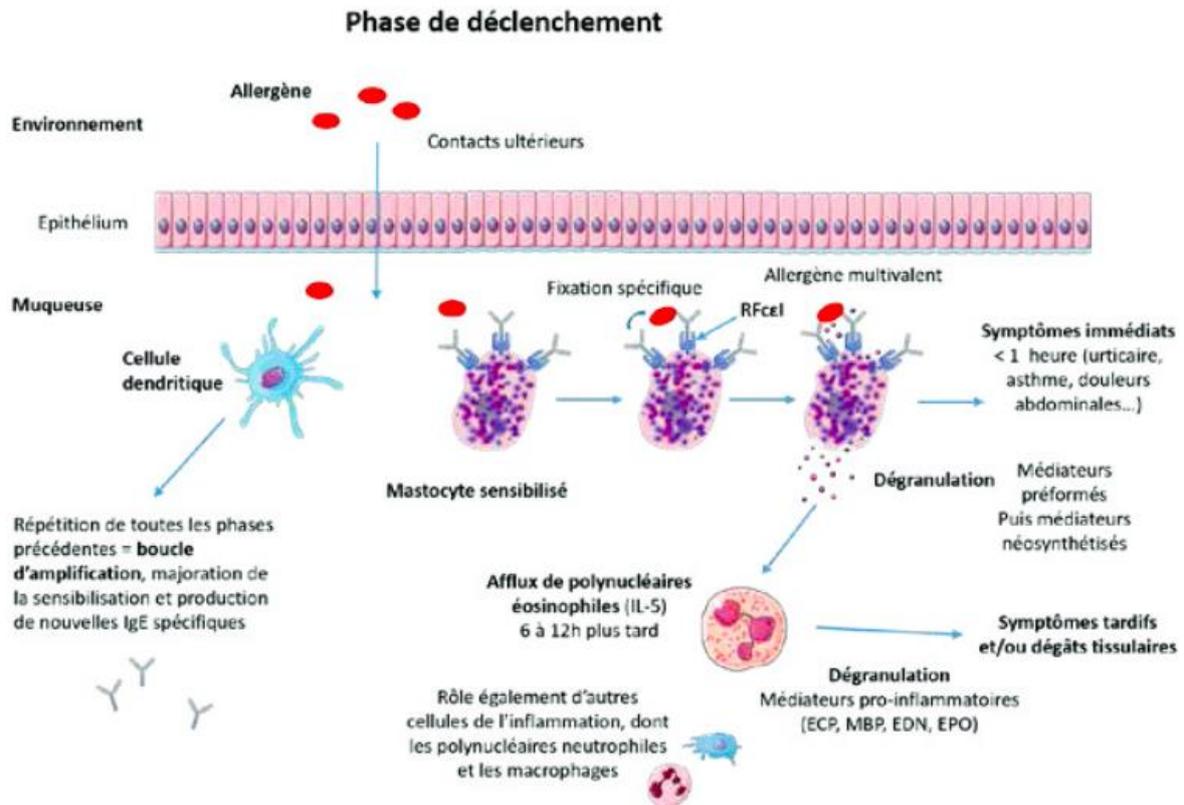


Figure 64 : Seconde phase dans l'allergie IgE dépendante (112)

Six à 12 heures après le contact avec l'allergène, les facteurs chimiotactiques libérés attirent les cellules de l'inflammation dans les tissus périphériques. Les macrophages, les monocytes, les polynucléaires neutrophiles et les polynucléaires éosinophiles (PNE) interviennent à cette étape du mécanisme. Les polynucléaires éosinophiles sont attirés par l'IL-5 sécrétée par les lymphocytes Th2. Le complexe immun IgE spécifique/allergène active le PNE et déclenche sa dégranulation. De nombreux médiateurs pro-inflammatoires sont libérés lors de cette dégranulation et sont responsable de lésions tissulaires :

- MBP (Protéine basique majeure)
- ECP (Protéine cationique des éosinophiles)
- EDN (Neurotoxine des éosinophiles)
- EPO (Peroxydase des éosinophiles)

De plus, les cellules dendritiques sont stimulées simultanément ce qui conduit à une nouvelle production de lymphocytes Th2. Cette activation des cellules dendritiques participe à l'emballement de la réaction immunitaire. (112)

IV.5. Désensibilisation et traitement

L'immunothérapie spécifique aussi appelée désensibilisation est une forme de traitement ayant pour but d'acquérir une tolérance aux allergènes. Cette méthode consiste à injecter l'allergène à des doses croissantes et régulières pour entraîner une tolérance clinique et immunologique. La mise en place de ce traitement implique qu'un diagnostic certain ait été posé. (113)

IV.5.1. Diagnostic de la sensibilisation

Plusieurs étapes sont à prendre en compte dans le diagnostic de l'allergie aux venins d'hyménoptères. Depuis 2005, les connaissances sur l'ITS (immunothérapie spécifique aussi nommée ITA : immunothérapie allergénique) ont évolué et les recommandations n'ont pas été actualisées. L'article publié par Patural *et al.*, 2014 dans la revue française d'allergologie émet des propositions afin d'actualiser les recommandations du bilan de diagnostic dans le but d'améliorer et de standardiser la pratique de l'ITS. Ces recommandations sont fondées sur l'analyse des recommandations de l'Académie européenne d'allergologie et d'immunologie clinique après la validation du groupe de travail de la Société française d'allergologie. (110)

L'instauration de l'ITA n'est pas sans risque, son initiation doit respecter des indications précises. L'ITA est indiqué seulement après avoir prouvé que le mécanisme est dépendant des IgE, déterminé le venin en cause et estimé le risque pronostique. La désensibilisation est indiquée chez les personnes ayant eu une réaction systémique de stade III ou IV selon la classification de Müller avec des signes cardiovasculaires et respiratoires. Chez les sujets ayant une réaction systémique de stade I ou II ou une forte réaction locale avec des facteurs de risques comme une exposition répétée (apiculteur), un âge avancé, une pathologie cardiovasculaire, la désensibilisation peut se discuter au cas par cas. Dans la situation d'une réaction locale étendue, une ITA peut être proposée si le risque d'exposition est important et si ces réactions s'aggravent lors des piqûres successives. En revanche, dans certains cas comme chez les enfants ou lors de piqûres sur des localisations sensibles : visage, muqueuses, intravasculaire, la réaction peut être surestimée et ne pas avoir d'origine allergique. La démarche diagnostique ne se limite qu'aux réactions sévères, cependant certaines situations nécessitent un bilan d'allergologie et selon le résultat, la mise en place de la désensibilisation. Il serait pertinent de réactualiser les indications du bilan diagnostique face à une piqûre d'hyménoptères. (110)

Le bilan d'allergologie doit être effectué entre 4 semaines et 2 ans après la piqûre d'hyménoptère ; en effet, après une réaction, les examens immunologiques risquent d'être faussement positifs. Le diagnostic de l'allergie aux venins d'hyménoptères repose sur l'identification des symptômes, l'identification de l'insecte piqueur de préférence, un test cutané et le dosage des IgE pour confirmer le mécanisme immuno-allergique et pour évaluer le risque de récurrence. (110)

Un interrogatoire précis et systématique doit être conduit pour contextualiser la réaction à la piqûre d'hyménoptères. Il comprend :

- Le nombre de piqûres pour différencier une réaction allergique d'une réaction toxique
- Le siège (réaction locale ou systémique)
- La présence ou non du dard

- L'identification de l'insecte piqueur (planches photos, contexte géographique, circonstance des piqûres, description des nids, saison)
- Le délai d'apparition des symptômes
- Le type de symptômes
- La prise en charge
- La présence de facteurs de risque
- La tryptasémie dosée au moment de la réaction. Lors d'une réaction sévère, le dosage de la tryptase basale peut être intéressant pour éliminer une mastocytose.

L'anamnèse détermine le stade de la réaction et l'insecte piqueur. Lorsque l'insecte piqueur n'est pas connu, il est possible de présenter des planches de photos au patient et de s'aider de la zone géographique, des circonstances de la piqûre, de la description du nid et de la saison. Cet interrogatoire est primordial, il permet de décrire les symptômes et d'évaluer leur sévérité. Lors d'une clinique évocatrice, les tests cutanés et le dosage de IgE spécifiques sont réalisés pour confirmer le mécanisme immuno-allergique. (114)

Test cutané :

Le test cutané (IDR ou intradermoréaction) est indispensable au diagnostic car il permet d'objectiver une réaction allergique IgE dépendante, de déterminer l'insecte piqueur, de quantifier la sensibilisation, et de savoir si le patient a un risque de réactions croisées. Le test cutané joue un rôle important pour confirmer et affiner le choix de l'ITA. Il doit être réalisé à distance de la réaction, au moins 4 semaines après la réaction car les effecteurs de la réaction allergique ont été consommés ce qui peut être responsable d'une perte de sensibilité aux tests cutanés. Il est réalisé en ambulatoire pour que le patient soit sous surveillance et pour avoir du matériel de réanimation en cas de réaction systémique. La réactivité cutanée est testée, au préalable, avec des tests témoins nommés test négatif (à base du diluant de l'allergène) et test positif (chlorhydrate d'histamine ou phosphate de codéine). L'IDR (intradermoréaction) consiste à injecter en intradermique 0,02 à 0,05 mL de solution de venin diluée dans la face interne de l'avant-bras à des concentrations croissantes afin de trouver la concentration la plus basse à laquelle le patient réagit. La solution de venin injectée est une dilution de venins d'hyménoptères : abeille, guêpe (*Vespula*), guêpe (*Poliste*) disponibles en France. Actuellement, un seul laboratoire produit ces extraits de venins aqueux en France ce qui peut provoquer des difficultés de production et de distribution. Il n'existe pas d'extraits de venins de frelons en France, cependant une parenté allergénique existe entre la guêpe *Vespula* et le frelon. Lorsqu'on souhaite tester la sensibilité au frelon asiatique, on effectue le test cutané à partir du venin dilué de *Vespula*. (114) Les injections sont réalisées de la concentration la plus faible (0,001 µg/mL) à la plus forte (1 µg/mL), le test s'arrête dès l'apparition d'une réaction significative. Les résultats des tests sont lus après 20 minutes. Le test est lu positif lorsque le diamètre de la papule autour du point d'injection est supérieur d'au moins 3 mm à celui de l'injection initiale et lorsqu'un érythème périphérique est observé. En pratique, si le risque de réaction anaphylactique est faible, la première concentration injectée est de 0,01 µg/mL et, au contraire, si le risque est élevé, la dilution est plus importante soit 0,0001 µg/mL. Le test est considéré négatif si aucune réaction n'est observée après l'injection de 1 µg/mL de venin. Le test peut être répété 1 à 2 mois après le bilan lors d'une discordance entre l'histoire clinique et le résultat des tests. (110) Le test cutané est réalisé après l'arrêt du

traitement antihistaminique car ce dernier diminue la réactivité cutanée. On conseille un arrêt de 3 à 4 jours avant le test cutané. Les β -bloquants et les IEC (inhibiteurs de l'enzyme de conversion) doivent être aussi interrompus pendant 24 à 48h si cet arrêt n'entraîne pas de conséquences graves pour les patients. Si la prise de β -bloquants ne peut pas être suspendu, une vigilance accrue est requise car ils compliquent la prise en charge d'un choc anaphylactique. (114)



Figure 65 : Résultats après la réalisation du test cutané (115)

Les tests cutanés ont une bonne sensibilité (90%) mais leur spécificité est limitée car après une piqûre sans réaction allergique ou avec une simple réaction locale, le test cutané peut rester positif plusieurs mois. Si les symptômes cliniques sont confirmés par le test cutané, le dosage des IgE n'est pas nécessaire. Cependant, le dosage reste intéressant pour affiner le diagnostic et aider au suivi de la désensibilisation. En effet, le dosage des IgE permet de confirmer le mécanisme IgE dépendant et l'insecte piqueur. Sans symptôme évocateur et sans test cutané positif, les IgE présents ne sont que le signe d'une sensibilisation au venin d'hyménoptères. D'ailleurs, 20 à 30% des personnes piquées par un hyménoptère ont des tests cutanés positifs quelques mois après même s'ils n'ont pas eu de réaction allergique. De même pour le dosage des IgE spécifiques dirigés contre le venin d'hyménoptères, 30% des personnes ont un résultat positif même s'ils n'ont pas eu de symptômes cliniques. (101)

Dosage des IgE :

Le dosage d'IgE spécifiques de venin ne peut pas être interprété sans renseignement clinique et sans le résultat du test cutané. Il confirme le mécanisme IgE dépendant et l'identification de l'insecte piqueur mais est moins sensible que le test cutané. Il est effectué par une technique immunofluoroenzymatique. Les allergènes sont fixés sur une matrice et le sérum du patient est mis en contact avec l'allergène. La présence d'IgE est repérée grâce à un antisérum spécifique des IgE couplé à une enzyme (β -galactosidase). Cette enzyme est capable de dégrader un substrat réactionnel et ainsi de produire de la fluorescence. Le résultat est exprimé en kUa/L. Un résultat $< 0,10$ kUa/L est négatif, de plus l'élévation du taux n'est pas corrélée à la gravité clinique. La prise en charge du dosage des IgE, en France, est limitée

à 5 dosages des IgE spécifiques de venins, au prix de 13 euros le test. Cette analyse peut être réalisée à partir de venins naturels d'hyménoptères ou à partir de composants allergéniques spécifiques du venin (des allergènes naturels préparés par purification ou des allergènes recombinants préparés par génie génétique). Dans certains cas, le dosage d'IgE sur les allergènes moléculaires est très utile pour diagnostiquer une sensibilisation non détectée par le test sur l'extrait de venin complet. (114)

En première intention, le test est effectué sur le venin d'abeille, de guêpe *Poliste* et de guêpe *Vespula*. Actuellement en France, il n'existe pas de dosage d'IgE spécifiques du venin de frelon asiatique ou de frelon européen. En seconde intention, la recherche d'IgE spécifiques des composants allergéniques et des CCD (Cross-reactive carbohydrate determinants) est demandée pour orienter le diagnostic dans le cas d'une double positivité. Les CCD sont des résidus glycosylés présents sur certaines molécules composant le venin des hyménoptères. Des IgE anti-CCD peuvent être synthétisés in vivo mais ces anticorps ne déclenchent pas de réaction allergique. Ils n'ont pas de pertinence clinique pour le bilan diagnostique. Les CCD peuvent donc être responsables de faux-positifs. En effet, un patient peut avoir un test cutané positif et/ou un dosage d'IgE spécifiques au venin de plusieurs hyménoptères. Dans le cas où le patient n'a pas reconnu l'insecte piqueur, ce test doublement positif complique le choix du venin injecté pour la désensibilisation. Il existe différents cas de doubles positifs :

- Vraie sensibilité à différents allergènes
- Réaction croisée entre des épitopes proches de chacun des venins
- Sensibilité aux carbohydrates (CCD) qui n'a pas d'impact clinique

Lorsque la recherche des IgE est positive à plusieurs venins ou composés, un test d'inhibition des IgE peut être proposé. Cet examen permet de distinguer une réaction croisée liée à une forte homologie moléculaire d'une sensibilisation à deux allergènes distincts. Le principe de ce test est de mettre en contact les IgE avec un deuxième allergène soluble qui entre en compétition avec l'allergène fixé sur le support réactionnel. Lors d'une réaction croisée, les IgE se fixent en partie sur l'allergène soluble, ce qui diminue la quantité d'IgE fixés sur le support, le dosage des IgE est abaissé. Lors d'une double sensibilisation, les anticorps spécifiques de l'antigène soluble se fixent sur ce dernier, mais les anticorps spécifiques de l'antigène fixé restent disponibles. Le dosage des IgE ne sera pas abaissé. Ce test n'est pas pris en charge et il reste encore très peu développé. Il est important de noter qu'un test cutané ou des IgE positifs, ne sont pas une preuve d'allergie mais révèlent une sensibilisation. En revanche une réaction générale immédiate associée à un test cutané positif et/ou dosage sanguin spécifique signe une allergie et est une indication à la désensibilisation. (114)

TAB= Test d'activation des basophiles :

Le principe de ce test est de provoquer une dégranulation ex vivo des basophiles en présence de l'allergène. Les basophiles sensibilisés par les IgE spécifiques s'activent lorsqu'ils sont en contact avec l'allergène. La dégranulation provoque une libération d'histamine, de leucotriènes et une augmentation de l'expression des marqueurs (CD203c et CD63). (114) Ces composés sont mesurés par cytométrie en flux. Cette technique est effectuée sur un prélèvement sanguin. Les basophiles sont mis en contact avec des doses croissantes d'allergènes afin d'éviter une réaction toxique à de fortes concentrations. Il est mis en place

avec le venin d'abeilles, de guêpes *Vespa* et de *Poliste*. Le test doit être réalisé rapidement après le prélèvement car les basophiles sont fragiles. Les tests d'activation des basophiles sont préférés aux tests de libération d'histamine car ils sont plus sensibles et plus spécifiques. Lors de résultats discordants ou de double positivité, le résultat des TAB complète les tests cutanés et le dosage des IgE. La sensibilité du TAB est de 90 %. D'après une enquête sur les procédures de diagnostic et d'immunothérapie des allergies aux venins d'hyménoptères en France par Dzviga *et al.*, 2014, 10 % des prescripteurs prescrivent ce test. Il n'est pas pris en charge par la sécurité sociale. (110)

Dosage des tryptases :

Le dosage de la tryptase est indiqué lors du diagnostic étiologique des réactions systémiques. La tryptase est une protéase retrouvée dans les granules des mastocytes. Au moment de la réaction allergique, la dégranulation des mastocytes libère de la tryptase et de l'histamine dans la circulation sanguine. Ainsi, une concentration élevée de ces deux éléments signe une réaction allergique. La tryptase est un marqueur spécifique de la dégranulation des mastocytes indiquant une réaction anaphylactique dépendante des IgE. Ce marqueur est un témoin d'une réaction allergique sévère. Cependant, seuls 44 % des prescripteurs demandent son dosage actuellement. En pratique, le dosage de la tryptase basale doit être réalisé 30 minutes après la réaction allergique naturelle ou iatrogène, 3 heures après et 24 heures après. (110) La tryptasémie normale se situe entre 0 et 11,4 µg/L. Une tryptasémie importante, à distance d'une réaction allergique, est un facteur de risque de réaction anaphylactique sévère. C'est un argument qui permet de choisir l'ITA (immunothérapie allergénique) la plus adaptée au patient. D'ailleurs, lors d'une tryptasémie supérieure à 20 µg/L, l'ITA est indiqué à vie. Il faut être vigilant car dans certains cas la tryptasémie basale peut être augmentée et évoquer une pathologie sous-jacente : mastocytose, syndrome d'activation mastocytaire, α -tryptasémie héréditaire et de façon plus modérée : insuffisance rénale chronique en phase terminale, infection parasitaire, hémopathies malignes et anévrisme aortique abdominal. Une tryptasémie supérieure à 25 µg/L dans le cas d'une piqûre non suivie d'une réaction sévère est évocateur d'une mastocytose. Le dosage de la tryptase est recommandé dans tous les bilans de diagnostic d'allergies aux hyménoptères car il permet de confirmer le mécanisme IgE dépendant de l'anaphylaxie et de choisir le protocole de l'ITA le plus adapté au patient. Il est important de bien prendre en compte le contexte du dosage pour une meilleure interprétation. De plus, ce dosage est pris en charge par la sécurité sociale. (114)

IV.5.2. Bilan de la démarche clinique pour le diagnostic de l'allergie aux hyménoptères

Pour résumer, la démarche diagnostique face à une piqûre d'hyménoptère varie selon le type de réaction initiale. Lors d'une simple réaction locale, aucun bilan ne sera proposé. Dans le cas d'une réaction loco-régionale aucun bilan de diagnostic sera mis en place, en revanche ce bilan peut être évalué au cas par cas si le patient a des facteurs de risques de réactions graves. Ces facteurs de risques sont la gravité des réactions, l'âge du sujet, une mastocytose, un dosage de tryptase élevé, une exposition fréquente aux hyménoptères comme pour les apiculteurs. Lors d'une réaction systémique de grade I à IV, le bilan de diagnostic est effectué. En première intention sont réalisés, 4 semaines après la piqûre, un test cutané et le dosage des IgE spécifiques du venin entier. De plus, le dosage de la tryptase est mesuré simultanément. Lors de résultats en faveur de plusieurs insectes piqueurs, des

recherches complémentaires sont nécessaires pour identifier l'insecte en cause. Le dosage des IgE spécifiques sera recherché sur les composants allergéniques du venin ainsi que la recherche d'IgE spécifiques des CCD. Le test d'activation des basophiles est effectué dans le cas d'une double positivité ou de résultats discordants. Lors de résultats négatifs, le bilan de diagnostic est répété. Cette démarche actualisée permet d'uniformiser les pratiques des médecins et d'entreprendre un diagnostic précis et simplifié pour adapter au mieux le protocole de désensibilisation. (110)

M. Patural et al. / *Revue française d'allergologie* 54 (2014) 469–476

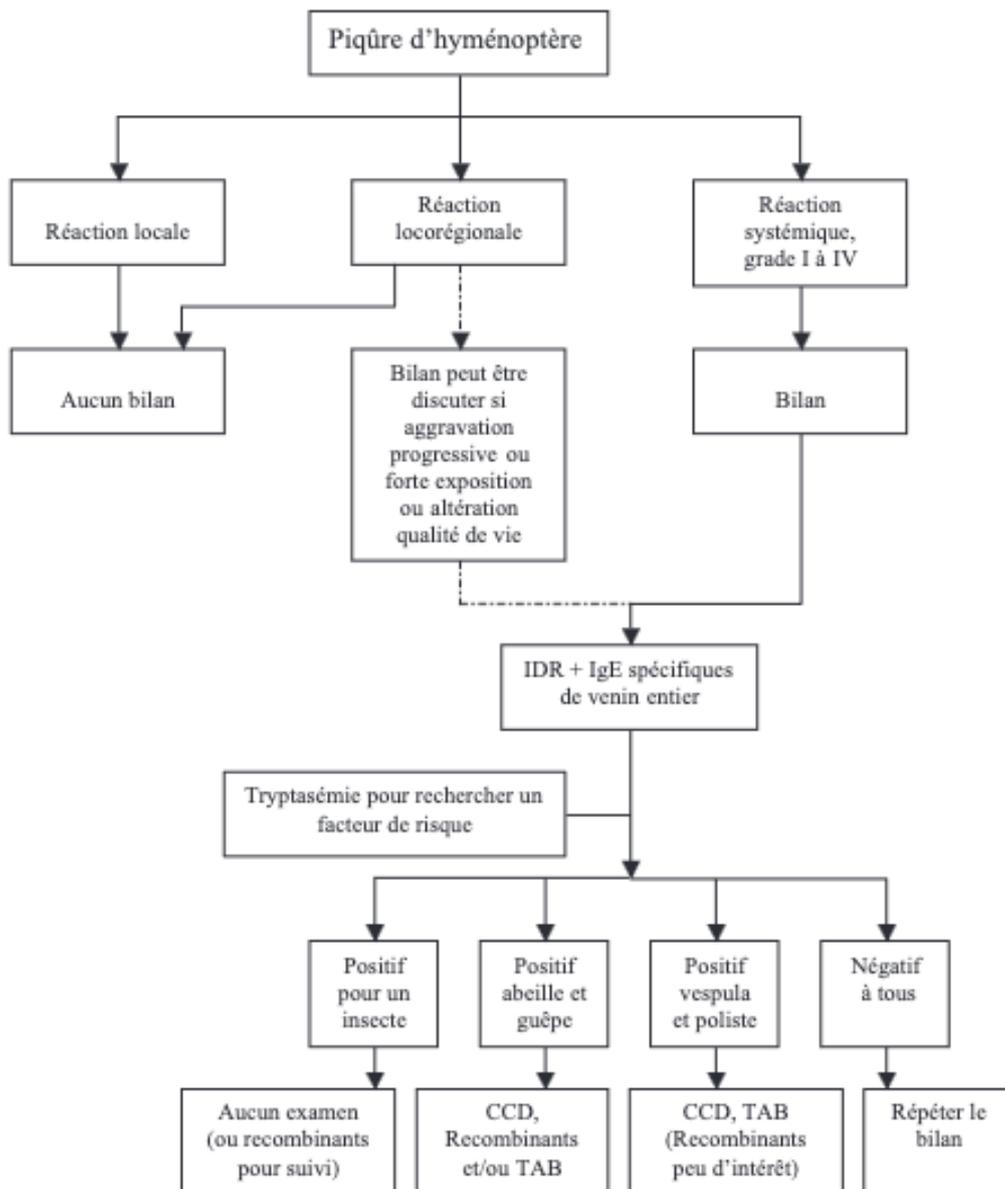


Figure 66 : Démarche de diagnostic de l'allergie aux hyménoptères (110)

IV.5.3. Désensibilisation et protocole de l'ITA (Immunothérapie allergénique)

L'ITA est le seul traitement curatif contre l'allergie sévère aux venins d'hyménoptères. Elle améliore la tolérance aux allergènes du venin. Ce traitement permet d'améliorer la qualité de vie chez plus de 90% des patients désensibilisés de façon durable dans le temps. En effet, on reporte significativement plus de dépression et d'anxiété chez les individus allergiques aux hyménoptères possédant seulement un traitement d'urgence que chez les individus désensibilisés. (116)

Choix du venin pour l'ITA :

En France, les extraits de venins proviennent du laboratoire JHS aux USA et sont distribués par Stallergènes Greer. Il existe 3 extraits de venins à 2 dosages différents :

- Extrait de venin d'abeille : *Apis mellifera*
- Extrait de venin de guêpe : *Vespula*
- Extrait de venin de guêpe : *Poliste*

Ces extraits existent à un dosage de 550 µg mais il est réservé à l'usage hospitalier. Les formes à 120 µg sont autorisées en rétrocession hospitalière. Ces produits sont sujets aux tensions d'approvisionnement. Lors d'une désensibilisation au venin de frelon asiatique ou européen, le venin de guêpe *Vespula* est utilisé en raison d'une forte homologie de structures entre les venins de ces deux *Vespidae*. En effet, une réactivité croisée de 67,4% a été trouvée entre l'antigène 5 de *Vespa crabro* et celui des autres *Vespidae*. (116) Différentes situations peuvent se présenter concernant le choix du venin utilisé lors de la désensibilisation :

1. L'hyménoptère est identifié, les tests cutanés et/ou recherche d'IgE sont positifs au même venin, la désensibilisation aura lieu sur le venin identifié.
2. L'hyménoptère est non identifié, les tests cutanés et /ou recherche d'IgE sont positifs à plusieurs venins, la désensibilisation aura donc lieu avec un mélange comprenant les venins pour lesquels une réaction a été détectée biologiquement.
3. Dans le cas où l'hyménoptère identifié est un frelon et les tests cutanés et/ ou recherche d'IgE sont positifs, il n'existe pas de désensibilisation spécifique au venin de frelon, le venin choisi sera celui de *Vespula* car les réactions croisées entre les deux espèces sont très fréquentes. (116)

Protocole de l'ITA :

Différents protocoles existent : protocoles lents sur plusieurs jours, protocoles rushs sur quelques jours et les protocoles ultra rushs sur quelques heures. Les protocoles ultra rushs sont de plus en plus utilisés car ils sont rapides et ils n'entraînent pas, pour autant, plus d'effets indésirables que les autres protocoles. Voici un exemple de protocole :

- À J1 : Injection d'une dose totale de 101,1 µg de venin en 6 injections en 3h30
- À J15 : Injection de 100 µg en 2 injections
- À J45 : Injection de 100 µg en une unique injection
- Dose d'entretien mensuel : 100 µg (105)

	Temps	Venin injecté (µg)
Jour 1 :	0 h	0,1
	0 h 30	1
	1 h	10
	1 h 30	20
	2 h 30	30
	3 h 30	40
Jour 15 :	0 h	50
	0 h 30	50
Jour 45 :	une injection de 100 µg	
Mensuel :	une injection de 100 µg	

Figure 67 : Protocole de désensibilisation ultra-rush (116)

L'ITA est réalisé en hôpital de jour chez un patient à jeun avec une voie veineuse périphérique. Ses constantes hémodynamiques sont évaluées avant chaque injection. La dose initiale injectée varie entre 0,001 µg et 0,1 µg selon la réaction initiale à la suite de la piqûre d'hyménoptère et selon les comorbidités du patient. Le patient reste quelques heures sous surveillance après l'injection. (116)

La première dose de rappel est faite en milieu hospitalier mais ensuite elles peuvent être réalisées en libéral par un allergologue. Après chaque injection, le patient reste sous surveillance pendant 30 minutes. On vérifie sa tension, la réaction au point d'injection et si des symptômes apparaissent. De plus, on recommande la prise d'un antihistaminique per os 24 à 48 heures avant la désensibilisation et 2 à 3 jours après. La dose injectée lors de l'entretien est de 100 µg ce qui correspond à 1 à 2 piqûres d'abeilles et à 5 à 15 piqûres de guêpes. La dose est augmentée à 200 µg dans les cas suivants :

- Réaction systémique pendant l'ITS
- Test cutané encore très positif à la fin du traitement
- Apiculteurs
- Personne piquée par un hyménoptère pendant le traitement
- Patients atteints d'anomalies de la lignée mastocytaire

Les doses d'entretien de la désensibilisation sont ensuite administrées tous les mois pendant la première année. Après 2 ans, elles peuvent être espacées de 6 semaines et à partir de la 3ème année les doses de rappel peuvent être effectuées toutes les 8 semaines. À partir de 5 ans de traitement, si l'ITA doit être prolongée, une dose de rappel est recommandée tous les 3 mois. (117) Des effets indésirables peuvent parfois survenir lors de la désensibilisation. On enregistre une fréquence de 8 à 20 % d'effets indésirables systémiques lors de l'ITA. Dans le cas d'une réaction locale au point d'injection, aucune interruption du traitement n'est nécessaire, cependant si la réaction est très inflammatoire, le fractionnement de la dose en deux injections ou un changement du site d'injection est préférable. Néanmoins, une réaction secondaire systémique provoque la mise en place d'un protocole plus adapté. Il est recommandé de recommencer les injections à partir de la dernière ou de l'avant dernière injection bien tolérée par le patient et d'augmenter progressivement la quantité de venin injectée. La prise d'antihistaminiques permet d'améliorer la tolérance à la désensibilisation.

Dans quelques rares cas, les réactions systémiques persistent et pour continuer la désensibilisation, un traitement préventif est proposé par Omalizumab. L'Omalizumab est un traitement anti-IgE qui fixe les IgE circulantes et induit une rétro-régulation des récepteurs des basophiles, éosinophiles et mastocytes. Ce protocole permet de diminuer le mécanisme allergique. Ce traitement est proposé aux patients qui ne tolèrent pas l'ITA et qui sont sujet à de fortes réactions anaphylactiques. Cette utilisation est hors AMM. Le dosage est choisi selon le taux d'IgE totales et le poids du patient. Ce traitement commence 1 à 2 mois avant l'instauration de la désensibilisation à la fréquence d'une injection toutes les 2 à 4 semaines. Lorsque la désensibilisation débute, l'injection d'Omalizumab a lieu 1 à 2 jours ou 1 heure avant la séance. Ce choix de traitement doit être décidé au cas par cas pour améliorer la tolérance de l'ITA chez certains patients. (116)

Certaines **situations particulières** sont à prendre en compte pour le traitement de désensibilisation :

La **grossesse** est une contre-indication à toute immunothérapie cependant si l'ITA est en cours au moment de la découverte de la grossesse et bien supportée par la patiente, elle sera poursuivie.

De nombreux patients allergiques aux venins d'hyménoptères sont atteints de **mastocytose** et présentent des réactions allergiques sévères. L'immunothérapie est fortement recommandée pour ces patients avec de bons résultats, en revanche les effets indésirables sont plus nombreux et la durée de la désensibilisation est adaptée en fonction de la tryptasémie basale et de la gravité de la réaction allergique. Pour ces patients, des doses de rappel doivent être administrées à vie. Elles peuvent être mal tolérées et entraîner des réactions secondaires systémiques graves nécessitant l'arrêt de la thérapie.

Chez les **apiculteurs**, la dose d'entretien pour la désensibilisation est de 200 µg. La désensibilisation peut être envisagée pendant plus de 5 ans.

Les traitements par **β-bloquants** rendent plus difficile la prise en charge du choc anaphylactique et la prise d'un **inhibiteur de l'enzyme de conversion** augmente le taux de bradykinine favorisant les réactions anaphylactiques sévères. Il est recommandé, si possible, de changer de classe thérapeutique pour ces deux médicaments. Si l'arrêt des β-bloquants n'est pas envisageable, l'immunothérapie est poursuivie malgré le traitement. L'indication de l'immunothérapie peut être réévaluée si l'exposition aux hyménoptères est faible. Enfin, dans le cas des IEC, il est recommandé d'interrompre le traitement la veille et le jour de l'immunothérapie. (101)

Contre-indications à l'ITA :

- Sensibilisation IgE médiée à un hyménoptère retrouvée lors du bilan de diagnostic sans symptôme clinique après une piqure d'hyménoptères
- Réaction toxique au venin d'hyménoptères avec un mécanisme d'action non dépendant des IgE ou dû à un syndrome de Guillain-Barré, une myasthénie, un purpura thrombocytopenique, une vascularite, une rhabdomyolyse, une hémorragie alvéolaire, une insuffisance rénale aiguë
- Maladie auto-immune si non stabilisée car les immunosuppresseurs peuvent diminuer l'efficacité de la désensibilisation

- Grossesse
- SIDA
- Cancer évolutif
- Avant 5 ans
- Asthme sévère mal contrôlé (113)

Les résultats de l'immunothérapie sont très satisfaisants, 80 % des personnes ayant suivi un traitement spécifique complet sont désensibilisés sur le long terme. Le risque de récurrence concerne des patients ayant eu une réaction initiale anaphylactique sévère. L'arrêt de l'ITA est décidé selon la clinique du patient et selon l'évaluation des risques de rechute. On conseille un suivi régulier des patients après l'arrêt de l'ITA. L'étude de Dzvinga *et al.*, 2014 relève le suivi des allergologues après l'arrêt de l'ITA : 54,3 % d'allergologues proposent un suivi tous les ans, 39,1 % suivent leurs patients tous les 2 ans et 4 % réalisent un suivi tous les 3 ans. (110)

V. Rôle du pharmacien : Conseils à l'officine

Le pharmacien d'officine est le professionnel de santé le plus rapidement accessible, il doit avoir connaissance des gestes adaptés face aux piqûres d'hyménoptères. L'allergie aux venins d'hyménoptères est une des causes les plus importantes d'anaphylaxie. Il est donc important de connaître les mesures prophylactiques et les conduites à tenir lors d'une piqûre. Quinze pour cent des hospitalisations à la suite d'un accident impliquant des hyménoptères sont dues aux frelons. Ce chiffre ne distingue pas les hospitalisations dues au frelon européen de celles dues au frelon asiatique. (118) Le taux de mortalité des piqûres d'hyménoptères est de 0,03 à 0,48 décès par million de personnes par an. (106)

V.1. Mesures prophylactiques : Comment éviter de se faire piquer ?

Ces mesures de prévention ont pour objectif de réduire le risque de piqûres par hyménoptères dans la population. Lors d'un pique-nique, il est recommandé de :

- Choisir un lieu à distance de ruchers d'abeilles, de vergers et de nids de frelons asiatiques car ce sont des zones où le frelon asiatique et d'autres hyménoptères sont retrouvés en grande quantité.
- Vérifier l'absence de frelons dans les boissons et dans la nourriture avant de les porter à la bouche car ils sont attirés par le sucre de ces produits dont ils se nourrissent.
- Ne pas marcher pieds nus sur l'herbe ou près d'un point d'eau car les hyménoptères peuvent butiner des fleurs ou se cacher dans des fruits qu'ils consomment.
- Éviter de ramasser sans gant et vêtement couvrant les fruits pourris qui peuvent contenir des frelons, guêpes, abeilles.

Lors d'activités extérieures, par exemple, le jardinage, le motocyclisme :

- Porter une tenue bien couvrante permet de se protéger du risque de piqûres.

Pour l'apiculture :

- Se couvrir avec une tenue très protectrice, avec des gants et une visière car le risque de piqûres est encore plus important.
- Éviter de rester statique près de ruches, d'essaims. (102)
- Éviter les couleurs vives et sombres, les vêtements amples, le parfum, le déodorant, les crèmes et huiles parfumées. Ces odeurs sucrées attirent fortement les guêpes et frelons.
- Les sujets avec un terrain allergique doivent toujours avoir une trousse d'urgence complète sur eux, elle sera détaillée ci-dessous. (119)

En présence d'hyménoptères, éviter tout mouvement brusque et bruit afin de limiter le risque d'agression. En effet, le frelon asiatique risque de se sentir en danger et de se défendre en alertant d'autres membres de sa colonie, en libérant des phéromones d'alarme et en piquant. Dans cette situation, il convient de rejoindre un abri le plus calmement possible et de placer ses mains sur son visage pour se protéger. (103) En présence d'un nid chez des patients, le pharmacien peut les orienter vers des structures spécialisées dans le retrait de nid et rappeler l'importance de signaler le nid aux collectivités. L'individu ne doit surtout pas

décider de détruire lui-même le nid car il s'expose à de nombreuses piqûres. L'identification du nid permet de comptabiliser la présence de *V. velutina nigrithorax* sur le territoire français.

V.2. Piqûre : Conduite à tenir

Lors d'une piqûre d'hyménoptère, les points suivants sont importants à prendre en compte pour une prise en charge adaptée.

V.2.1. Détermination de l'insecte

Le pharmacien doit savoir identifier l'insecte piqueur parmi les hyménoptères. L'annexe 2 est un outil qui présente les confusions possibles face à un frelon asiatique. La demande de reconnaissance de l'insecte piqueur par le pharmacien peut être d'une grande aide pour les patients, surtout en période estivale. Si le dard est retrouvé, il y a de fortes chances que ce soit une abeille qui ait piqué car son dard est dentelé, il s'implante plus fermement dans la peau. Lorsque l'abeille tente de retirer son dard, une pression est exercée et le dard reste ancré dans la peau avec ses tissus abdominaux. Cette identification est essentielle pour le choix du venin lors du traitement de désensibilisation. (118)

V.2.2. État de la piqûre

À la suite d'une piqûre les conditions suivantes nécessitent un appel aux secours d'urgence :

- Réaction allergique intense
- Piqûre située au niveau de la bouche ou de la gorge
- Réaction toxique importante (> 20 piqûres chez l'adulte et > 4 piqûres chez l'enfant)

Les secours indiquent les gestes à réaliser. On place la personne en position latérale de sécurité en cas de perte de connaissance et de vomissements, cela permet de maintenir la pression homogène. On surélève les jambes pour avoir un afflux sanguin plus important. Au moindre doute, il faut appeler les secours pour être guidé. La piqûre du frelon asiatique est parfois très douloureuse car le dard est long mais elle n'est pas plus dangereuse que les piqûres d'autres hyménoptères, notamment car la composition du venin reste assez proche parmi les hyménoptères. Les soins à appliquer dépendent de la gravité des symptômes, de l'étendue de la pique et de sa localisation. Les traitements présentés ci-dessous sont à adapter au cas par cas. Lorsque la piqûre est au niveau des mains, il est nécessaire de retirer les bijoux (bagues), qui en cas d'œdème, peuvent gêner la circulation sanguine. Il est nécessaire d'interroger le patient concernant son statut vaccinal afin de déterminer s'il est à jour de sa vaccination contre le tétanos, car la piqûre peut causer une blessure cutanée qui constitue une voie d'entrée potentielle pour la bactérie responsable du tétanos. (103)

V.3. Traitement :

Sur internet, divers conseils plus ou moins hasardeux existent pour soulager des piqûres d'hyménoptères. Certains conseils s'inspirent de médecine douce ou de recettes de grand-mère. Cependant, la validité, l'efficacité et l'innocuité de ces conseils n'ont pas été testées et validées. Dans cette partie, nous aborderons les conseils les mieux adaptés aux piqûres d'hyménoptères afin de garantir la sécurité des patients. (120)

Encadré 1 : Quelques conseils trouvés sur le web pour soulager les piqûres d'hyménoptères. Attention aucun n'a été validé par l'EBM c'est-à-dire (à notre connaissance) par une méta-analyse [4,5] (modifié).

1. Enlever le dard.
2. Aspirer le venin.
3. Inactiver le venin (chaleur).
4. Lutter contre l'inflammation (froid).
5. Mettre de la boue sur le point de piqûre.
6. Éplucher un oignon et frotter le point de piqûre pendant 10 à 15 minutes.
7. Appliquer un mouchoir imbibé d'urine a (aurait ?) un effet immédiat. . .
8. Appliquer du miel sur le point de piqûre
9. Appliquer du dentifrice sur le point de piqûre aurait un effet immédiat. . .
10. L'aloès fait « ressortir » le venin. . .
11. Dans un bocal faire macérer 15 jours des fleurs de calendula (soucis) dans de l'alcool à 70°, puis frictionner la piqûre avec quelques gouttes de cette lotion filtrée (se conserve longtemps).
12. Le persil pilé et le plantain agissent également très bien « et si on est dans la nature, il suffit d'écraser un coquelicot sur la piqûre après avoir enlevé le dard. »
13. Mettre le petit doigt dans son oreille et passer sur la piqûre le suc qui s'y trouve : ça calme vraiment.
14. Entourer le point de piqûre avec un stylo à bille.
15. Appliquer une pièce de monnaie sur le point de piqûre.

Figure 68 : Méthodes non conventionnelles trouvées sur internet pour soulager des piqûres d'hyménoptères (120)

V.3.1. Conseils à l'officine

L'Aspivenin® est un dispositif médical sous forme de pompe permettant une aspiration dix fois plus importante qu'une succion buccale. Il permet de diminuer la quantité de venin dans les tissus et ainsi limiter les symptômes dus à la piqûre. Il est utile s'il est utilisé dans les 3 minutes suivant la piqûre et pour les piqûres d'hyménoptères, il faut maintenir l'aspiration

pendant une durée de 1 à 3 minutes. De plus, pour les piqûres d'abeilles l'extraction du venin est plus efficace si le dard n'est pas retiré. Il peut être appliqué sur toutes les parties du corps hormis les muqueuses, paupières et tympans. En revanche, si l'Aspivenin® diminue la quantité de venin, il ne prévient pas la survenue d'une réaction allergique. L'Aspivenin® ne doit pas se substituer à une consultation médicale ou au port de la trousse d'urgence chez une personne allergique. (121) L'efficacité de l'Aspivenin® reste controversée. En effet, selon les meilleures circonstances, l'Aspivenin® ne serait en mesure d'extraire que jusqu'à 30 % du venin, et ce, uniquement lorsqu'il est utilisé dans les 3 minutes suivant la piqûre. De plus, l'aspiration du venin pourrait accélérer sa diffusion en raison de la réaction inflammatoire qu'elle induit. (122)

ASPIVENIN® en 4 étapes



Placez sans forcer l'embout le mieux adapté au type et à l'emplacement de la piqûre ou morsure puis armez la pompe en tirant le piston à fond (à moitié pour un enfant).



Placez la pompe ASPIVENIN® muni de son embout sur la blessure en le tenant d'une seule main.



Enfoncez le piston bien à fond et en fin de course vous ressentirez une aspiration puissante.

Vous laissez alors la pompe ASPIVENIN® agir pendant 20 secondes à 3 minutes (adapter le temps d'aspiration selon les piqûres ou morsures, se reporter à la notice d'utilisation). Cette durée peut-être prolongée ou renouvelée sans inconvénient surtout dans les cas graves.



Soulevez ensuite le bouton du piston de la pointe du pouce pour retirer la pompe ASPIVENIN®. Nous vous conseillons de manipuler votre pompe anti-venin avant d'en avoir l'utilité en consultant la notice. Nous vous conseillons également de la conserver à portée de main si vous vous trouvez dans un environnement à risque.

Figure 69 : Protocole d'utilisation de l'Aspivenin® (121)

Le venin est thermolabile, il est sensible aux changements de température et peut être altéré par la chaleur. Il est donc conseillé d'utiliser une source chaude pour dénaturer le venin. Il faut retirer rapidement le dard lorsque c'est une abeille en cause de la piqûre, elle perd son dard et meurt alors que les autres hyménoptères peuvent piquer plusieurs fois. Ainsi, les abeilles ne piquent qu'une seule fois car leur dard est dentelé, il reste dans la peau, le venin se déverse plus longtemps. Le dard est retiré en veillant à ne pas percer le sac à venin au risque de majorer l'inflammation. Ainsi, les pinces à épiler sont à proscrire car elles compriment le dard et libèrent le venin contenu dans le sac. Une carte bancaire ou un couteau propre sont de bons outils pour retirer le dard. (103)

Les premiers soins à la suite d'une piqûre sont :

- Bien se laver les mains avant d'effectuer les soins
- Désinfecter la piqûre avec de l'eau et du savon

- Appliquer un antiseptique comme de la Biseptine® (DCI=Alcool benzylique + Benzalkonium chlorure + chlorhexidine gluconate), du Dakin® (DCI= Chlore) ou de la chlorhexidine. (Sans alcool afin d'éviter les sensations de piqures)
- **En cas d'œdèmes** : Appliquer de la glace emballée pour dégonfler l'œdème et soulager la douleur de l'inflammation. Ne pas appliquer la glace plus de 15 à 20 minutes. Si l'œdème est très important, appliquer une compresse imprégnée d'alcool modifié pour son action anti-œdémateuse. La glace doit être appliquée quelques heures après la piqûre, car le venin est thermolabile. Appliquer de la glace directement après la piqûre pourrait potentiellement augmenter la durée d'action du venin.
- **En cas de douleurs** : Conseiller le paracétamol comme antalgique à la posologie de 1 g par prise maximum 4 g par jour en respectant un intervalle de 4 à 6 heures entre les prises chez l'adulte. La posologie est de 60 mg/kg/jour à répartir en 4 ou 6 prises dans la journée pour l'enfant.
- Si la zone piquée reste **rouge, enflée** ou **douloureuse** au-delà de 24 heures, consulter un médecin, car cela peut révéler une infection au niveau du point de la piqûre. (103)
- **En cas de prurit et d'inflammation modérée** : proposer une crème sans ordonnance en application locale à base :
 - **D'antihistaminiques** :

Le tableau ci-dessous répertorie plusieurs crèmes à base d'antihistaminiques disponibles sur le marché. Ces crèmes permettent de diminuer les démangeaisons en diminuant l'action de l'histamine, médiateur impliqué dans les réactions allergiques.

Spécialité	DCI	Dosage pour 100 g de crème	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Apaisyl gel® Sedermyl®	Chlorhydrate d'isothipendyl	0,75 g Chlorhydrate d'isothipendyl	A+E > 2 ans 1 application 2 à 3 x/j pendant 5 j	Allergie aux antihistaminiques	Pas de données
				Lésions infectées ou suintantes	Privilégier une crème à base d' hydrocortisone
Onctose®	Chlorhydrate de lidocaïne + Methylsulfate de méfénidramium	2 g Methylsulfate de méfénidramium +1 g Chlorhydrate de lidocaïne	Dès 30 mois : 1 application 2 à 3 x/j pendant 8 j max	Allergie aux antihistaminiques ou anesthésiques locaux Lésion suintante, infectée, irritée	Pas de données suffisantes
Phénergan®	Prométhazine	2 g prométhazine	A+E > 2 ans 1 application 2 à 3 x/j pendant 4 j	Allergie à la prométhazine, lanoline	Pas de données
				Lésions suintantes et infectées de la peau	Privilégier une crème à base d'antihistaminiques H1 non sédatifs (Attention propriétés atropiniques et sédatives)
				Eczéma	

Tableau 5 : Présentation des crèmes à base d'antihistaminiques

(Source : Vidal, Base de données publiques et le CRAT (123), (124), (125))

- De **dermocorticoïdes** à faible activité comme anti-inflammatoire :

Les dermocorticoïdes agissent en réduisant l'inflammation, ce qui permet de soulager les symptômes locaux tels que la rougeur, l'œdème et les démangeaisons. Les corticoïdes agissent localement en inhibant la libération de substances inflammatoires au niveau cutané. Cependant, il est important de prendre des précautions lors de l'utilisation de médicaments à base de cortisone car une utilisation prolongée sur de larges zones de la peau peut entraîner une absorption cutanée accrue et des effets indésirables systémiques. Il est important de bien se laver les mains avant et après l'utilisation de ces médicaments ainsi que d'éviter l'exposition des zones traitées au soleil car il y a un risque de réactions cutanées par sensibilisation aux rayons ultra-violet.

Spécialité	DCI	Dosage pour 100 g de crème	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Cortisédermyl® Cortapaisyl®	Hydrocortisone	500 mg d'hydrocortisone	A+E > 6 ans : 1 application 2 x/j pendant max 3 j	Lésions ulcères, plaies	Utilisation autorisée sauf au niveau du mamelon car le nouveau-né peut ingérer la substance
Demofenac® (+Lanoline)				Acné, rosacée	
				Bouton de fièvre, infection cutanée	
Onctose® hydcortisone	Chlorhydrate de lidocaïne (anesthésiant local) + Methylsulfate de méfénidramium (antihistaminique)+ Hydrocortisone	0,25 g d'hydrocortisone + 2 g methylsulfate de méfénidramium + 1 g chlorhydrate de lidocaïne	A+E > 3 ans : 2 à 3 applications/j pendant 3 j max	Allergie aux anesthésiques locaux	
	(Dermocorticoïde)			Infection et parasitose non traitées de la peau	
				Lésion suintante	
				Lésions ulcères Acné, rosacée	

Tableau 6 : Présentation des crèmes à base de dermocorticoïdes faibles

(Source : Vidal, base de données publiques et le CRAT, (123), (124), (125))

- **Autres antiprurigineux locaux**

Les produits suivants sont moins utilisés. Ils permettent de diminuer le prurit. Le Quotane® est un anesthésique local et l'Eurax® agit en inhibant la libération de médiateurs inflammatoires et en bloquant les récepteurs nerveux impliqués dans la transmission des sensations de démangeaisons.

Précaution d'emploi du Quotane ® 0,5% : Il n'est pas conseillé de l'utiliser chez l'enfant car il contient, parmi ses excipients, des dérivés terpéniques présentant un risque de convulsions chez les nouveau-nés et les enfants ainsi qu'un risque de confusion et d'agitation chez le sujet âgé. En raison de la présence de composés terpéniques, son utilisation n'est pas conseillée chez les individus ayant des antécédents d'épilepsie.

Spécialité	DCI	Dosage pour 100 g de crème	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Eurax®10 %	Crotamiton	10 g de crotamiton	Dès 3 ans : 1x/j Dès 6 ans : 2 à 3 x/j	Lésions suintantes	Pas de connaissances suffisantes
Quotane®0,5 %	Quinisocaïne chlorhydrate	0,5 g de chlorhydrate de quinisocaïne	1 application 2 ou 3 x / j	Dermatoses infectées	Contre-indiqué
19/04/2023 : Arrêt de commercialisation				Lésions suintantes	

Tableau 7 : Présentation des crèmes antiprurigineuses

(Source : Vidal, base de données publiques et le CRAT, (123), (124), (125))

- En cas de réactions cutanées plus importantes : **Antihistaminique** par voie orale (Sans ordonnance). Les spécialités suivantes sont les antihistaminiques les plus répandus en accès libre.

Spécialité	DCI	Dosage	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Zyrtec®	Cétirizine	10 mg de cétirizine	Adulte et enfant > 12 ans : 1/jour Enfant de 6 à 12 ans : ½ / jour (Adaptation posologique*)	Insuffisance rénale sévère avec une clairance de la créatinine < 10ml/min	Utilisation autorisée
Clarytine®	Loratadine	10 mg de loratadine	Adulte et enfants > 12 ans > 30 kg : 1 comprimé/ jour (Adaptation posologique*)	Pas de contre-indication	

Tableau 8 : Présentation des antihistaminiques sans ordonnance

(Source : Vidal, base de données publiques et le CRAT, (123), (124), (125))

* **Zyrtec®** (DCI : Cétirizine)

La posologie doit être adaptée chez les sujets insuffisants rénaux. Dans ce contexte, il est préférable de consulter un médecin pour obtenir un avis médical.

Groupe	Clairance de la créatinine (ml/min)	Dose et fréquence d'administration
Fonction rénale normale	≥ 80	10 mg une fois par jour
Insuffisance rénale légère	50 - 79	10 mg une fois par jour
Insuffisance rénale modérée	30 - 49	5 mg une fois par jour
Insuffisance rénale sévère	< 30	5 mg une fois tous les 2 jours
Insuffisance rénale en stade terminal et patients dialysés	< 10	Contre-indiqué

Figure 70 : Adaptation posologique chez les patients atteints d'insuffisance rénale

(Source : ANSM 2020, Base de données publique des médicaments, (123))

Précaution d'emploi :

Sujet épileptique ou à risque de convulsions

Sujet atteint d'adénome prostatique : la cétirizine est un antagoniste sélectif des récepteurs H1 périphériques et majore le risque de rétention aiguë d'urine.

* **Clarytine®** (DCI : Loratadine)

Si insuffisance hépatique : 1 comprimé tous les 2 jours mais dans ce contexte il est préférable de consulter un médecin pour obtenir un avis médical.

(123), (124), (125)

V.3.2. Médicaments à prescription médicale

Certains médicaments nécessitent une **prescription médicale** :

- Dermocorticoïdes à **activité modérée** et à **forte activité** :

Classe thérapeutique	Spécialité	DCI	Dosage	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Dermocorticoïdes à activité modérée :	Locapred®	Désonide	100 mg de désonide	1 à 2 app/j	Infection et parasitose non traitées de la peau	Utilisation autorisée sauf au niveau du mamelon
	Locoïd®	Hydrocortisone 17-butyrate	100 mg d'hydrocortisone 17-butyrate	1 à 2 app/j	Lésions ulcères	
	Tridesonit®	Désonide	50 mg de désonide		Acné, rosacée	
Dermocorticoïdes à forte activité :	Bétaméthasone	Bétaméthasone	50mg de bétaméthasone		1 à 2 app/j	
	Betneval®	Bétaméthasone	100 mg	Dermite péri-orale		
	Efficort®	Hydrocortisone	127 mg			
	Epitopic®	Difluprednate	50 mg			
	Flixovate®	Fluticasone	100 mg			
	Locatop®	Désonide	100 mg			
Nérisone®	Diflucortolone					

Tableau 9 : Présentation des crèmes à base de corticoïdes sur ordonnance

(Source : Vidal, base de données publiques et le CRAT, (123), (124), (125))

- **Antihistaminiques** per os sur **ordonnance** :

Lors de démangeaisons importantes et d'une consultation médicale, on privilégie les antihistaminiques de deuxième génération qui ont moins d'effets indésirables que ceux de première génération.

Spécialité	DCI	Dosage	Posologie	Contre-indications	Grossesse Allaitement
Zyrtec®	Cétirizine	10 mg	Enfants 6 à 12 ans : ½ cp/j Adulte et enfant > 12 ans : 1 cp/j Adaptation posologique chez l'IR	Insuffisance rénale sévère avec une clairance de la créatinine < 10 ml/min	Utilisation possible
Xyzall®	Lévocétirizine	5 mg	Adultes et enfants > 6 ans : 1 cp/j (Adaptation posologique chez l'IR*)	Insuffisance rénale de stade terminal avec DFG (Débit de filtration glomérulaire) < 15 mL/min	Utilisation possible
Telfast®	Fexofénadine	180 mg	Adultes et enfants > 12 ans : 1 cp/j avant les repas		
Clarityne®	Loratadine	15 mg	Adultes et enfants > 12 ans et > 30 kg : 1 cp/j		
Mizollen®	Mizolastine	10 mg	Adultes et enfants > 12 ans : 1 cp/j	Traitements par des antibiotiques macrolides ou antifongiques de type imidazolés Altérations de la fonction hépatique Cardiopathie Allongement de l'intervalle QT ou hypokaliémie Bradycardie Prise d'un médicament qui allonge le QT	Contre-indiqué Remplacer par un antihistaminique H1 comme la cétirizine
Aerius®	Desloratadine	5 mg	Adulte et enfants > 12 ans : 1 cp/j Sirop 0,5 mg/ml : Enfant de 1 à 5 ans : 2,5 mL /j Enfant de 6 à 11 ans : 5mL/j		Utilisation possible
Bilaska®	Bilastine	20 mg	Adulte et enfant > 12 ans : 1 cp/j 1h avant les repas ou 2h après		Contre-indiqué
Wystamm®	Rupatadine	10 mg	Adulte et enfant > 12 ans : 1 cp/j		Remplacer par un antihistaminique H1 comme la cétirizine
Kestin®	Ébastine	10 mg	Adulte : 1 cp /j		

Tableau 10 : Présentation des antihistaminiques per os sur ordonnance

(Source : Vidal, base de données publiques et le CRAT, (123), (124), (125))

***Xyzall®** (DCI : Lévocétirizne)

Groupe	DFG (ml/min)	Dose et fréquence d'administration
Fonction rénale normale	≥ 90	1 comprimé une fois par jour
Fonction rénale légèrement diminuée	60 - < 90	1 comprimé une fois par jour
Fonction rénale modérément diminuée	30 - 60	1 comprimé tous les 2 jours
Fonction rénale sévèrement diminuée	15 - < 30 (ne nécessitant pas de traitement par dialyse)	1 comprimé tous les 3 jours
Insuffisance rénale en stade terminal (IRCT)	< 15 (nécessitant un traitement par dialyse)	Contre-indiqué

Figure 71 : Adaptation posologique chez les patients atteints d'insuffisance rénale

(Source : ANSM 2020, Base de données publique des médicaments, (123))

V.3.3. Homéopathie

Les symptômes des piqûres d'hyménoptères peuvent être apaisés par l'administration de remèdes homéopathiques.

- **Dapis®** gel : composition : extrait de *Ledum palustre* et d'*A.mellifica*
Posologie : Adulte, enfants dès 1 an : 1 application plusieurs fois par jour selon besoins

- **Cicaderma®** pommade : *Calendula officinalis*, *Hypericum perforatum*, *Achillea millefolium* sommités fleuries digérées en Vaseline soit 97 g pour 100 g, 1,5 g de teinture mère de *Ledum palustre* pour 100 g.
 Cette spécialité est indiquée dans les petites plaies, les brûlures de faible étendue et les piqûres d'insectes.
Posologie : À appliquer 2 à 3 fois par jour. Ne pas dépasser plus d'une semaine d'utilisation.
Grossesse et allaitement : Autorisé
Précaution : Protéger la zone traitée du soleil car cette pommade est photo sensibilisante.

- Teinture mère de **Calendula officinalis** : Indiquée pour le traitement des plaies superficielles, des crevasses, gerçures et des piqûres d'insectes.
Posologie : Enfant > 6 ans : Appliquer 1 à 4 fois sur la zone piquée à l'aide d'une compresse.
Grossesse et allaitement : Déconseillé (126)

Lorsque la piqûre provoque un œdème très inflammatoire, une douleur brûlante et piquante (comme la piqûre de l'abeille) qui semble être amélioré par le froid, on propose :

- **Apis mellifica** 30 CH : 1 dose toute suite après la piqûre
- **Apis mellifica** 15 CH : 5 granules toutes les demi-heures

Ces souches homéopathiques sont contre-indiquées en cas d'allergie aux hyménoptères.

- **Belladonna** 9 CH : 5 granules toutes les heures pour les symptômes : rougeur, sensation de chaleur

En cas de douleurs lancinantes, persistantes :

- ***Hypericum perforatum*** 15 CH : 5 granules 3 fois par jour

Si la piqûre provoque une inflammation locale importante :

- ***Vespa crabo*** 5 CH : 5 granules toutes les trente minutes ou toutes les heures (127)

Pour éviter les risques de surinfection :

- ***Echinacea angustifolia*** 5 CH : 5 granules 3 fois par jour (128)

Le traitement homéopathique doit être initié dès les premiers symptômes pour améliorer son efficacité. Les traitements homéopathiques doivent être administrés à distance des repas et du brossage des dents pour améliorer leur absorption. Les prises sont à espacées avec l'amélioration des symptômes. (126)

V.3.4. Aromathérapie

L'aromathérapie offre des solutions naturelles pour soulager les symptômes des piqûres d'hyménoptères grâce à l'utilisation d'huiles essentielles.

- **Lavande aspic** (*Lavendula spica*) :

Cette huile essentielle a des propriétés antalgiques, anesthésiantes, anti-inflammatoires, cicatrisantes, antibactériennes et antifongiques. Elle permet d'apaiser les démangeaisons. Elle peut s'utiliser en usage pur ou dilué. Pour obtenir une dilution à 10 %, il est recommandé de mélanger une quantité d'huile essentielle avec une proportion plus importante d'huile végétale. Pour 1 mL d'huile essentielle, on ajoute 9 mL d'huile végétale.

Posologie :

Pour un usage pur : 1 à 2 gouttes au niveau de la piqûre

Pour un usage dilué :

À partir de 7 ans : 1 à 5 gouttes, 3 à 4 fois par jour

À partir de 15 ans : 1 à 10 gouttes 3 à 4 fois par jour diluées dans une huile végétale d'amande douce par exemple.

Grossesse et allaitement : **Contre-indiqué**

Contre-indications :

Antécédents d'épilepsie ou de convulsions

Enfant < 7 ans (129),(130)

- **Hélichryse** (*Hélichrysum italicum*) :

L'application cutanée de cette huile essentielle permet d'apaiser l'œdème.

Posologie :

À partir de 7 ans : 1 à 2 gouttes, 2 fois par jour diluées dans une huile végétale.

À partir de 12 ans : 2 gouttes 3 fois par jour pures ou diluées dans une huile végétale.

Adulte : 3 gouttes 3 fois par jour pures ou diluées dans une huile végétale.

Grossesse et allaitement : **Contre-indiqué**

Contre-indications :

Peau non irritée ou infectée

Sujet âgé polymédicamenté et/ou atteint d'un trouble de la coagulation

Épilepsie

Ne pas utiliser chez l'enfant de moins de 7 ans (129),(130)

- **Matricaire** (*Chamomilla recutita*) :

Cette huile essentielle est utilisée pour ses propriétés anti-inflammatoires, antalgiques, antiallergiques, cicatrisantes et antiseptiques.

Posologie :

À partir de 7 ans : 1 goutte 1 fois par jour diluée dans une huile végétale.

Adulte : 1 goutte 3 fois par jour diluée dans une huile végétale.

Grossesse et allaitement : **Contre-indiqué** (129),(130)

- **Géranium rosat** (*Pelargonium graveolens*) :

Le géranium a des propriétés anti-infectieuses, anti-mycosiques, anti-inflammatoires et répulsives.

Posologie :

Adulte par voie locale : 2 gouttes 3 fois par jour diluées dans une huile végétale ou pures à appliquer sur la zone piquée.

Enfant > 12 ans : 2 gouttes 3 fois par jour diluées dans une huile végétale.

Pour les piqûres d'insectes, il est recommandé d'appliquer 1 goutte d'huile essentielle sur la piqûre 3 fois par jour.

Grossesse et allaitement : **Contre-indiqué**

Contre-indications :

Enfant < 7 ans

Épilepsie

Mélange d'huiles essentielles :

Ce mélange est recommandé pour apaiser les réactions cutanées à la suite des piqûres d'hyménoptères.

- **Lavande aspic** : 120 gouttes
- **Lemongrass** : 60 gouttes
- **Menthe poivrée** : 30 gouttes
- Huile végétale de Calophylle : qsp 50 ml

Posologie : À appliquer 3 à 6 fois par jour pendant 2 à 3 jours

Ce mélange est contre-indiqué chez la femme enceinte ou allaitante, l'enfant de moins de 6 ans et le sujet épileptique. (129),(130)

Précautions d'emplois avec les huiles essentielles :

Avant toute application cutanée, il convient de s'assurer que l'huile essentielle peut être utilisée pure. Il est également important de tester l'huile essentielle sur une petite zone de peau (pli du coude) pour vérifier la tolérance cutanée. En effet, certaines huiles sont irritantes et sensibilisantes. Les huiles essentielles peuvent également être utilisées diluées, dans ce cas, on choisit comme diluant une huile végétale ou du gel d'aloé vera. Le gel d'aloé vera a des propriétés adoucissantes, apaisantes, cicatrisantes et antiprurigineuses complémentaires aux huiles essentielles citées ci-dessus. L'utilisation d'huile essentielle chez la femme enceinte, allaitante, les patients épileptiques ou asthmatiques, et chez les patientes atteintes de cancer hormono-dépendant est fortement déconseillée. (129),(130)

V.3.5. Adrénaline

Des réactions plus importantes peuvent être observées après une piqûre, elles correspondent à une réaction anaphylactique et sont divisées en quatre stades selon la classification de Müller citée précédemment. La réaction anaphylactique survient généralement dans l'heure qui suit la piqûre mais son apparition peut être retardée jusqu'à 24 h après la piqûre. Le premier stade peut être résolu avec la prise d'antihistaminiques. Cependant à partir du stade 2, et l'apparition d'angioœdème, la prise en charge relève de l'urgence vitale. La situation la plus dramatique est le choc anaphylactique qui nécessite une prise en charge thérapeutique immédiate par adrénaline. Il se caractérise par une réaction allergique généralisée immédiate avec une hypotension, un malaise, une crise d'asthme, un œdème de Quincke, des symptômes digestifs et une altération cardiaque avec des signes de syncopes. (131) C'est en raison de la gravité du choc anaphylactique que les patients allergiques aux piqûres d'hyménoptères doivent avoir à disposition une trousse d'urgence.

Les trois stylos d'adrénaline les plus commercialisés sont : Anapen® 150 µg ou 300 µg, Jext® 150 µg, Epipen® 150 ou 300 µg. La posologie efficace est de 0,005 à 0,01 mg/kg. La posologie est adaptée selon le poids corporel, par exemple l'Anapen® 300 µg est réservée aux enfants et adolescents de plus de 30 kg. L'utilisation d'une dose de 150 µg n'est pas recommandée chez les enfants de moins de 15 kg et une dose inférieure à 150 µg ne peut pas être délivrée précisément par le dispositif. Il est recommandé d'administrer une dose de 300 µg chez les patients dont le poids est inférieur à 60 kg. Pour les patients pesant plus de 60 kg, une dose entre 300 et 500 µg est recommandée. L'injection doit être effectuée en intramusculaire dans le vaste latéral du quadriceps par exemple. L'adrénaline (catécholamine de synthèse) active les récepteurs β-adrénergiques et α-adrénergiques et agit sur le système nerveux sympathique. L'activation des récepteurs α-adrénergiques est responsable d'une vasoconstriction des vaisseaux et d'une augmentation de la fréquence cardiaque, et de la tension artérielle. L'activation des récepteurs β-adrénergiques, déclenche une bronchodilatation des voies respiratoires. L'adrénaline a l'avantage d'agir rapidement et d'avoir une courte demi-vie, ses métabolites sont rapidement éliminés. Une seconde injection peut être administrée 15 à 20 minutes après la première si aucune amélioration clinique n'est observée. À la suite d'une injection d'adrénaline, les patients sont hospitalisés afin d'être sous surveillance médicale. Un retour à domicile est envisagé après disparition de la totalité des symptômes et retour à une tension et fréquence cardiaque normales. (123)

Description d'un protocole d'utilisation du stylo d'adrénaline Anapen® (Annexe 4) :

Il est important que les patients et leur entourage soient formés à ce geste. La personne sujette aux allergies doit toujours avoir sa trousse d'urgence avec l'adrénaline sur elle. L'Anapen® est à usage unique. Il se conserve à température ambiante (25 °C) et à l'abri de la lumière.

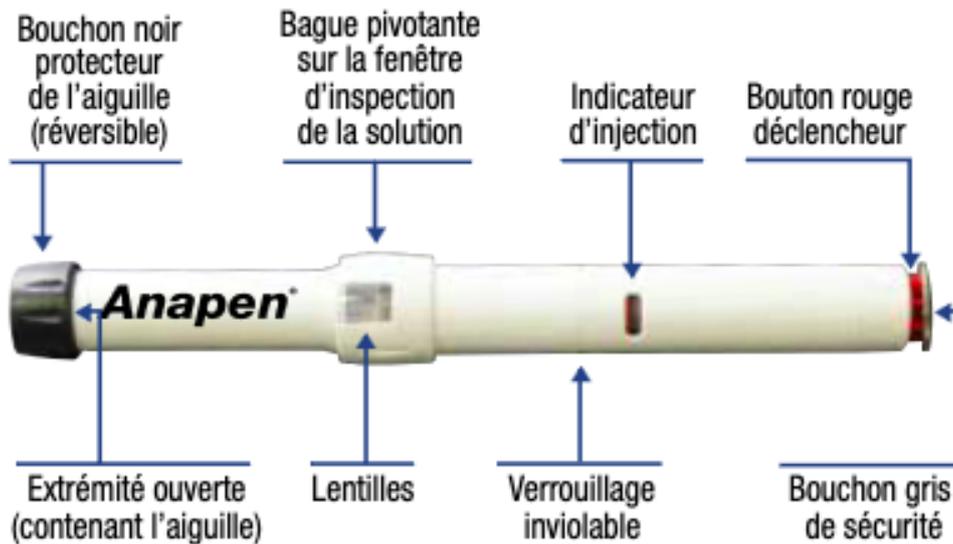


Figure 72 : Présentation d'un stylo Anapen® (132)

Initialement, il est important de vérifier la conformité du stylo :

- Faire pivoter la bague jusqu'à ce que les lentilles soient alignées avec la fenêtre d'inspection de la solution.
- Contrôler que la solution soit limpide et incolore grâce à la fenêtre d'inspection. Si la solution est trouble, l'Anapen® n'est pas utilisable.
- Lorsque l'indicateur d'injection est rouge, cela signifie que le produit a déjà été déclenché.
- Tourner la bague pivotante pour refermer la fenêtre d'inspection.

En cas de choc anaphylactique, la procédure pour utiliser l'Anapen® :

- Retirer fermement le bouchon noir protecteur de l'aiguille pour éliminer la gaine grise qui protège l'aiguille.
- « Enlever le bouchon gris de sécurité du bouton rouge déclencheur en tirant »
- Exeracer une pression ferme sur le dispositif contre la face externe de la cuisse, puis appuyer sur le déclencheur jusqu'à entendre un "clic". Le stylo peut être injecté à travers les vêtements.
- Maintenir en position pendant 10 secondes.
- Retirer lentement l'Anapen® et massez la zone injectée.
- Remettre le capuchon noir sur l'aiguille.

Dans le cas où les symptômes ne présentent pas d'amélioration ou s'aggravent entre 5 et 15 minutes après l'administration de la première injection, il est nécessaire de procéder à une seconde injection d'Anapen®. Il est préférable d'avoir toujours deux stylos sur soi. Il est essentiel de maîtriser l'utilisation de l'Anapen® car il s'agit d'un traitement d'urgence. (132)

V.3.6. Trousse d'urgence

Lors d'allergie connue aux hyménoptères chez l'adulte et l'enfant, une trousse d'urgence doit être systématiquement à portée de main. Cette trousse est composée d'un antihistaminique, de cortisone et d'une injection d'adrénaline. En cas de contact avec l'allergène, 1 à 2 comprimés de desloratadine ou d'un autre antihistaminique sont administrés immédiatement. La trousse d'urgence permet l'administration rapide d'adrénaline selon un protocole établi. L'adrénaline est préparée et on surveille l'apparition de symptômes précurseurs d'un choc anaphylactique qui apparaissent normalement entre 1 minute et 1 heure. Dans ce cas, on effectue l'injection d'adrénaline à travers les vêtements ou non dans la cuisse. Il est important de consulter rapidement un médecin et en cas de doute dès que la piqûre d'hyménoptère est constatée, il est recommandé de prévenir les services d'urgence. Dans un endroit isolé ou pour prévenir une réaction retardée, par mesure de précaution, 1 à 2 comprimés de prednisone ou prednisolone 50 mg sont administrés. La cortisone n'est pas à utiliser en première intention car elle a un délai d'action de 2 h après la prise mais elle a un rôle protecteur pour éviter les réactions allergiques retardées pendant 24 h. (104), (133) Pour les enfants de moins de 6 ans, l'antihistaminique et les corticoïdes existent sous forme de sirop ou de comprimés orodispersibles. (69)

Les jours suivants, il est important de surveiller que les lésions ne s'infectent pas, sinon il faudra consulter le médecin pour envisager une antibiothérapie. Si la réaction allergique est très importante ou localisée au niveau du visage, un médecin doit être consulté rapidement pour qu'il prescrive un antihistaminique par voie orale et/ou un corticoïde. Chez les enfants en bas âge, il est préférable d'avoir une consultation médicale car il existe des crèmes adaptées mais ils sont plus à risque de faire une réaction allergique. De plus, il est important d'orienter le patient vers un bilan de diagnostic afin d'initier un traitement de désensibilisation, qui représente actuellement le seul traitement préventif capable de diminuer les risques de récurrences allergiques. Par ailleurs, l'éducation thérapeutique est davantage mise en pratique dans les allergies alimentaires, pourtant elle peut s'avérer tout aussi utile dans les allergies aux hyménoptères, car de nombreux patients ne maîtrisent pas l'utilisation de leur trousse d'urgence. Cela offre l'occasion de revoir la reconnaissance des symptômes, l'utilisation appropriée de la trousse d'urgence, la compréhension des mesures préventives, telles que l'évitement des piqûres, ainsi que la gestion des réactions allergiques aiguës et de sensibiliser l'entourage susceptible de devoir faire face à ce type de situation. (134)

V.4. Traitement vétérinaire

Les animaux domestiques comme les chiens ou les chats sont sujets aux piqûres d'hyménoptères car ils sont souvent à leur contact dans le jardin. Comme chez l'homme, la gravité dépend de la zone piquée (pattes, truffe, intérieur de la cavité buccale, paupières), du nombre de piqûres et du statut sérologique de l'animal. Par exemple 20 piqûres de guêpes sont fatales pour un chien de 5 kg.

➤ **Animal non allergique :**

Lors d'une piqûre sur une zone peu sensible (patte), les symptômes se restreignent à une douleur modérée, à une gêne et un œdème local. Si l'animal est calme, le venin peut être dénaturé avec une source de chaleur. Il est conseillé de désinfecter la piqûre et d'appliquer une poche de glace pour atténuer l'œdème et l'inflammation. L'évolution

des symptômes doit être surveillée régulièrement et en cas de dégradation de son état, un avis doit être pris auprès d'un vétérinaire.

Les piqûres au niveau de la truffe ou des paupières sont plus douloureuses et gênantes. En revanche, si la piqûre se situe à l'intérieur de la cavité buccale, elle provoque un gonflement plus ou moins marqué qui peut entraîner une obstruction des voies respiratoires et la mort par asphyxie de l'animal. Enfin, en cas de piqûres multiples, des symptômes retardés peuvent être observés liés à la toxicité du venin. Il est recommandé de prévenir son vétérinaire ou d'amener rapidement l'animal à une consultation vétérinaire d'urgence.

➤ **Animal allergique :**

Chez les animaux, la réaction allergique se manifeste par un œdème local marqué, un œdème de Quincke, une urticaire et dans le cas le plus grave un choc anaphylactique. En cas d'apparition des premiers symptômes, il est primordial de consulter immédiatement un vétérinaire, qui pourra administrer en urgence le traitement adapté. (135) Le vétérinaire administre alors des antihistaminiques et des corticoïdes adaptés à l'animal en fonction de son poids et de ses symptômes. Dans les cas les plus graves, l'animal est placé sous perfusion et reste sous surveillance à la clinique vétérinaire.

Des bonnes pratiques permettent de prévenir les piqûres d'hyménoptères chez les animaux domestiques :

- Ne pas nourrir son animal à l'extérieur car la nourriture attire les hyménoptères qui peuvent alors piquer dans la cavité buccale.
- Appeler un organisme adapté pour prendre en charge la destruction des nids.

Malgré tout, Il est compliqué de prévenir ces piqûres car les animaux entrent facilement en contact avec les insectes, surtout lors des beaux jours. (136)

Conclusion

Ce travail n'est pas exhaustif cependant il a essayé de dresser un bilan de l'ensemble des connaissances actuelles sur le frelon asiatique depuis son invasion en France. Nous avons pu appréhender les conséquences de l'introduction de cette espèce exotique envahissante qui est l'objet de divers enjeux.

En chassant les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) pour se nourrir, le frelon asiatique décime des colonies entières en peu de temps, aggravant ainsi le déclin déjà observé dans ces populations. Toutefois, d'ici quelques années, grâce à la coévolution des deux espèces en France, de meilleures techniques de défense seront observées, pour permettre aux abeilles domestiques d'être plus résistantes face aux attaques du frelon asiatique. Ainsi, la prédation du frelon asiatique impacte non seulement la population d'abeilles domestiques mais aussi la pollinisation et par conséquent l'agriculture.

Au cours de ces 20 dernières années, des décisions réglementaires ont été prises pour lutter et contrôler son expansion ainsi que pour protéger l'entomofaune. Au niveau national, il est classé dans la catégorie des dangers sanitaires non catégorisés et au niveau européen, il est classé en tant qu'espèce invasive exotique. Ces classifications distinctes limitent une approche coordonnée du statut réglementaire pour optimiser la lutte contre cette espèce. Étant une espèce invasive, le frelon asiatique a peu de prédateurs en France et la régulation naturelle n'est pas suffisante. Effectivement, la solution la plus efficace pour limiter sa propagation est le piège. Cependant, il est important de suivre les recommandations du ministère de l'Agriculture dans le choix du piège pour qu'il soit le plus sélectif possible et qu'il ne perturbe pas l'écosystème. Des actions de recherche subventionnées par l'État sont en cours pour valider des méthodes de lutte spécifiques et inoffensives pour l'environnement.

Le pharmacien d'officine en tant que professionnel de santé en contact direct avec les patients joue un rôle important dans la prise en charge des réactions après piqûre ainsi qu'auprès des patients allergiques aux hyménoptères dans leur gestion de l'allergie. Pour l'allergie aux hyménoptères, l'éducation thérapeutique reste encore peu répandue, alors que de nombreux patients présentent un manque de connaissances concernant l'utilisation de la trousse d'urgence. Le pharmacien est un interlocuteur idéal pour initier l'éducation thérapeutique. L'éducation thérapeutique permet de transmettre des informations sur leur allergie, les facteurs déclenchants, les symptômes et les mesures préventives pour contribuer à renforcer la compréhension de leur pathologie et d'éviter la réaction allergique. De plus, en fournissant des conseils sur l'utilisation appropriée des dispositifs d'auto-injection d'adrénaline et de leur trousse d'urgence, le pharmacien contribue à renforcer leur confiance dans la gestion de leur allergie au quotidien. En collaborant avec d'autres professionnels de santé, il joue un rôle central dans l'amélioration de la qualité de vie des patients allergiques et dans la réduction des risques de complications graves associées aux piqûres d'hyménoptères. Par ailleurs, de nombreuses connaissances existent sur le venin d'hyménoptères, le venin du frelon asiatique est encore largement méconnu et peu exploité dans les bilans de diagnostic et les protocoles de désensibilisation des allergies. Des recherches approfondies sur le venin du frelon asiatique pourraient ouvrir la voie à une prise en charge plus ciblée des réactions allergiques et à une meilleure compréhension des réactions croisées.

Finally, the complete eradication of the Asian hornet proves impossible, but by adopting a collaborative and proactive approach, involving local authorities, health professionals and the population, we can better understand the current challenges of the Asian hornet.

Références bibliographiques

1. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires [Internet]. 2022 [cité 17 avr 2024]. Espèces exotiques envahissantes. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/especes-exotiques-envahissantes>
2. Chardonnerau E. Les frelons (Hyménoptères *Vespoidea* du genre *Vespa*), ennemis potentiels de l'abeille domestique (*Apis mellifera*). Cas du frelon asiatique (*Vespa velutina*) en France [Thèse d'exercice : Médecine vétérinaire]. [Créteil] : École Nationale Vétérinaire d'Alfort ; 2014.
3. Museum national d'Histoire naturelle. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2024 [cité 29 avr 2024]. *Vespa velutina* Lepeletier, 1836 - Frelon à pattes jaunes, Frelon asiatique, *Vespa veloutée*. Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/433589
4. Gaumont R. Encyclopædia Universalis [Internet]. 2023 [cité 31 janv 2023]. Hyménoptères. Disponible sur : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/hymenopteres/>
5. Mitroiu MD, Noyes J, Cetkovic A, Nonveiller G, Radchenko A, Polaszek A, et al. Fauna Europaea : *Hymenoptera – Apocrita (excl. Ichneumonoidea)*. Biodivers Data J. 2015; e4186.
6. Villemant C, Streito JC, Haxaire J. Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France (*Hymenoptera, Vespidae*). Bull Société Entomol Fr. 2006;111:535-538.
7. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2024 [cité 11 juill 2022]. Le Frelon asiatique : *Vespa velutina*. Identification. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/identification/>
8. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2024 [cité 8 juin 2022]. Le Frelon asiatique : *Vespa velutina*. Biologie. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/biologie/>
9. Villemant C, Muller F, Haubois S, Perrard A, Darrouzet E. Saco21 Le Syndicat Apicole de la Côte d'Or [Internet]. 2011 [cité 16 oct 2023]. Bilan des travaux (MNHN et IRBI) sur l'invasion en France de *Vespa velutina*, le frelon asiatique prédateur d'abeilles. Disponible sur : <https://www.saco21.fr/images/stories/pdf/2011%2002%2011%20Bilan%20Invasion%20vespa%20velutina%20JSA.pdf>
10. Rome Q, Villemant C. Surveillance du frelon asiatique, *Vespa velutina nigrithorax* (*Hymenoptera : Vespidae*). Bull Épidémiologique Santé Anim - Aliment. 2017;1-4.
11. INPN Espèces [Internet]. 2021 [cité 3 mars 2024]. Suivi de l'invasion des Frelons exotiques. Disponible sur : <https://determinobs.fr/#/quetes/36854>
12. Robinet C, Suppo C, Darrouzet E. Rapid spread of the invasive yellow-legged hornet in France: the role of human-mediated dispersal and the effects of control measures. Diekötter T, éditeur. J Appl Ecol. 2017;54:205-215.
13. Blanc B. Prévention et lutte contre le frelon asiatique, *Vespa velutina nigrithorax*, en France [Thèse d'exercice : Médecine vétérinaire]. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort ; 2022.
14. Rome Q, Muller F, Villemant C. Expansion en 2011 de *Vespa velutina* Lepeletier en Europe (*Hym., Vespidae*). Bull Société Entomol Fr. 2012;117:114-114.

15. Rome Q, Sourdeau C, Muller F, Villemant C. Muséum national d'Histoire naturelle [Internet]. 2013 [cité 30 juin 2023]. Le piégeage du frelon asiatique *Vespa velutina nigrithorax*. Intérêts et dangers. Disponible sur : https://frelonasiatique.mnhn.fr/wp-content/uploads/sites/10/2015/07/Rome_et_al_2013_JNGTV.pdf
16. Guédon G, Martin C, Bornier J, Chauvire D, Gastinel F, Perrotin F, *et al.* Dynamique de population du frelon asiatique *Vespa velutina nigrithorax* en région pays de la Loire. In AFPP Colloque ravageurs et insectes invasifs et émergents Montpellier ; 2014.
17. Nadolski J. Structure of Nests and Colony Sizes of the European Hornet (*Vespa crabro*) and Saxon wasp (*Dolichovespula saxonica*) (*Hymenoptera: Vespinae*) in Urban Conditions. *Sociobiology*. 2012;59:1075-1120.
18. Rome Q, Dambrine L, Onate C, Muller F, Villemant C, García-Pérez A, *et al.* Spread of the invasive hornet *Vespa velutina* Lepeletier, 1836, in Europe in 2012 (*Hym.*, *Vespidae*). *Bull Société Entomol Fr*. 2013;118:21-22.
19. Robinet C, Darrouzet E, Suppo C. Spread modelling: a suitable tool to explore the role of human-mediated dispersal in the range expansion of the yellow-legged hornet in Europe. *Int J Pest Manag*. 2019;65:258-267.
20. Arca M, Mougél F, Guillemaud T, Dupas S, Rome Q, Perrard A, *et al.* Reconstructing the invasion and the demographic history of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Europe. *Biol Invasions*. 2015;17:2357-2371.
21. Fournier A, Barbet-Massin M, Rome Q, Courchamp F. Predicting species distribution combining multi-scale drivers. *Glob Ecol Conserv*. 2017;12:215-226.
22. Barbet-Massin M, Rome Q, Muller F, Perrard A, Villemant C, Jiguet F. Climate change increases the risk of invasion by the Yellow-legged hornet. *Biol Conserv*. 2013;157:4-10.
23. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 3 févr 2023]. Frelon d'Europe, Frelon, Guichard (Français) *Vespa crabro* Linnaeus, 1758. Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/52886
24. Rome Q, Gayral I. Une nouvelle espèce exotique de frelon détectée en France, le frelon oriental. *Santé Abeille*. 2021:552-560.
25. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 24 mars 2023]. Guêpe des buissons (Français) *Dolichovespula media* (Retzius, 1783). Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/52889
26. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 24 mars 2023]. Scolie des jardins (Français) *Megascolia maculata* (Drury, 1773). Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/231728
27. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 24 mars 2023]. Grand Sirex, Sirex géant, Guêpe du bois (Français) *Urocerus gigas* (Linnaeus, 1758). Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/231844
28. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 24 mars 2023]. Abeille charpentière, Xylocope violette (Français) *Xylocopa violacea* (Linnaeus, 1758). Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/53198
29. Darrouzet E. Dossier frelon asiatique : un état des lieux des connaissances. *Abeille Fr*. 2019:12-15.

30. Bilan des connaissances sur l'invasion du frelon asiatique [Internet]. 2018 [cité 27 juill 2022]. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=iMmbpPzqUXo>
31. Pollinis [Internet]. 2016 [cité 11 déc 2023]. Le frelon asiatique, un fléau redoutable pour les abeilles. Disponible sur : <https://www.pollinis.org/admin/wp-content/uploads/2016/02/pollinis-frelona-3.pdf>
32. Darrouzet E. Un nouveau frelon en France. *Microscop*. 2009;6-9.
33. Mollet T, De La Torre C. Fiche technique apicole. *Vespa velutina* – frelon asiatique. *Bull Tech Apic OPIDA*. 2006;33:203-208.
34. Le Frelon. [Internet]. [Cité 29 avr 2024]. La biologie et cycle de vie du Frelon Asiatique : La vie d'une colonie. Disponible sur : <https://lefrelon.com/biologie-du-frelon-asiatique>
35. ARS Normandie [Internet]. 2023 [cité 2 mai 2024]. Frelon asiatique : Reconnaissance - Biologie. Disponible sur : <https://www.normandie.ars.sante.fr/media/37326/download?inline>
36. Union Nationale de l'Apiculture Française [Internet]. 2024 [cité 11 févr 2024]. Frelon asiatique : comment agir à l'échelle de ma collectivité ? Disponible sur : https://www.unaf-apiculture.info/IMG/pdf/unaf-guide_pratique_frelon2021.pdf
37. Bordes M. Le frelon asiatique (*Vespa velutina nigrithorax*) : impacts écologiques et socio-économiques d'une espèce invasive en France [Mémoire : Sciences et Gestion de l'Environnement]. Université Libre de Bruxelles ; 2014.
38. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. [Cité 5 mars 2024]. *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 - Abeille domestique, Abeille européenne, Abeille mellifère, Mouche à miel. Disponible sur : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/239523
39. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. [Cité 5 mars 2023]. L'abeille domestique n'est pas la seule proie du frelon asiatique. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/labeille-domestique-nest-pas-la-seule-proie-du-frelon-asiatique>, <https://frelonasiatique.mnhn.fr/labeille-domestique-nest-pas-la-seule-proie-du-frelon-asiatique/>
40. Thiery D, Monceau K. Frelon à pattes jaunes : un prédateur d'abeilles introduit en Europe par l'homme. *Biofutur*. 2015;48-55.
41. Blot J. Fiche technique apicole *Vespa velutina* – frelon asiatique. *Bull Tech Apic OPIDA*. 2007; 34:205-210.
42. Villemant C, Haxaire J, Streito JC. La découverte du Frelon asiatique *Vespa velutina*, en France. *Insectes*. 2006;4:3-7.
43. Couto A, Monceau K, Bonnard O, Thiéry D, Sandoz JC. Olfactory Attraction of the Hornet *Vespa velutina* to Honeybee Colony Odors and Pheromones. *PLOS ONE*. 2014;9:e115943.
44. Monceau K, Arca M, Leprêtre L, Mougél F, Bonnard O, Silvain JF, *et al*. Native Prey and Invasive Predator Patterns of Foraging Activity: The Case of the Yellow-Legged Hornet Predation at European Honeybee Hives. *PLOS ONE*. 2013;8(6): e66492.
45. Tan K, Li H, Yang MX, Hepburn HR, Radloff SE. Wasp hawking induces endothermic heat production in guard bees. *Journal of Insect Science*. 2010;10:1-6.

46. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 14 juin 2023]. Frelon Asiatique : Lutte Recommandations – 46. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [cité 14 juin 2023]. Frelon Asiatique : Lutte Recommandations – Prédateurs – Parasites – Stratégie de défense des abeilles. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/lutte>, <https://frelonasiatique.mnhn.fr/lutte/>
47. Villemant C. *Apis cerana* se défend contre *Vespa velutina* : observations dans le massif forestier du Bi Doup, Vietnam (*Hym.*). Bull Société Entomol Fr. 2008;113:312-312.
48. Tassart AS. Sciences et Avenir [Internet]. 2019 [cité 29 avr 2024]. Ces abeilles font la « ola » pour se défendre contre les prédateurs. Disponible sur : https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/arthropodes/video-ces-abeilles-font-la-ola-pour-se-defendre_130933
49. Arca M, Papachristoforou A, Mougél F, Rortais A, Monceau K, Bonnard O, *et al.* Defensive behaviour of *Apis mellifera* against *Vespa velutina* in France: Testing whether European honeybees can develop an effective collective defence against a new predator. Behav Processes. 2014;106:122-129.
50. Tan K, Radloff SE, Li JJ, Hepburn HR, Yang MX, Zhang LJ, *et al.* Bee-hawking by the wasp, *Vespa velutina*, on the honeybees *Apis cerana* and *Apis mellifera*. Naturwissenschaften. 2007;94:469-472.
51. Requier F, Rome Q, Chiron G, Decante D, Marion S, Menard M, *et al.* Predation of the invasive Asian hornet affects foraging activity and survival probability of honeybees in Western Europe. J Pest Sci. 2019;92:567-578.
52. Leza M, Herrera C, Marques A, Roca P, Sastre-Serra J, Pons DG. The impact of the invasive species *Vespa velutina* on honeybees: A new approach based on oxidative stress. Sci Total Environ. 2019;689:709-715.
53. Aufauvre J. Impact de la microsporidie *Nosema ceranae* et d'insecticides neurotoxiques sur la santé de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) [Thèse de doctorat : Santé, Agronomie, Environnement]. Université Blaise Pascal (Clermont Ferrand 2); 2013.
54. Requier F, Fournier A, Pointeau S, Rome Q, Courchamp F. Economic costs of the invasive Yellow-legged hornet on honeybees. Sci Total Environ. 2023;898:165576.
55. Muséum national d'Histoire naturelle [Internet]. [Cité 10 janv 2024]. Le déclin des insectes pollinisateurs. Disponible sur : <https://www.mnhn.fr/fr/le-declin-des-insectes-pollinisateurs>
56. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires [Internet]. 2024 [cité 10 janv 2024]. Rapport d'évaluation sur les pollinisateurs, la pollinisation et la production alimentaire. Disponible sur : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/rapport_evaluation_pollinisateurs-IPBES.pdf
57. Pfiffner L, Müller A. FiBL [Internet]. 2016 [cité 12 juin 2023]. Abeilles sauvages et pollinisation. Disponible sur : <https://www.fibl.org/fr/boutique/1646-abeilles-sauvages>
58. Rhodes CJ. Pollinator Decline – An Ecological Calamity in the Making? Sci Prog. 2018;101:121-160.
59. Darrouzet E. Youtube [Internet]. 2023 [cité 10 déc 2023]. Conférence frelon asiatique ADA Grand Est. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=jwPjmr_V_5A

60. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire [Internet]. [Cité 13 juin 2023]. Le frelon asiatique : quelle réglementation ? Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/le-frelon-asiatique-quelle-reglementation>
61. Légifrance [Internet]. 2024 [Cité 14 mars 2024]. Note de service DGAL/SDSPA/N2013-8082 Date : 10 mai 2013. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/circulaire/id/37010>
62. Wendling S. Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. 2021 [Cité 22 avr 2024]. Impacts de la Loi de santé animale sur la filière apicole. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/impacts-de-la-loi-de-sant%C3%A9-animale-sur-la-fili%C3%A8re-apicole>
63. Assemblée nationale [Internet]. 2024 [Cité 18 janv 2024]. Proposition de loi n°1155 visant à lutter contre le frelon asiatique. Disponible sur : https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/l16b1155_proposition-loi
64. Jourdain D. Les services de l'État en Gironde [Internet]. 2012 [Cité 16 janv 2024]. Le frelon asiatique en Gironde. Ce qu'il faut savoir avant de détruire un nid. Disponible sur: <https://www.gironde.gouv.fr/index.php/Actions-de-l-Etat/Securite/Securite-sanitaire/Les-especes-invasives-en-Gironde/Le-frelon-asiatique-en-Gironde>
65. Les services de l'État dans la Vienne [Internet]. 2024 [Cité 17 janv 2024]. Le frelon asiatique. Disponible sur : <https://www.vienne.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite/Defense-et-protection-civile/Le-frelon-asiatique>
66. Les services de l'État dans les Pyrénées-Atlantiques [Internet]. [Cité 18 mars 2024]. Destruction des nids. Disponible sur : <https://www.pyrenees-atlantiques.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite/Protection-civile/Le-frelon-asiatique-generalites/Destruction-des-nids>
67. ITSAP [Internet]. 2016 [Cité 18 janv 2024]. La destruction des nids de frelon asiatiques. Disponible sur : <https://www.itsap.asso.fr/articles/la-destruction-des-nids-de-frelon-asiatiques>
68. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire [Internet]. [Cité 17 janv 2024]. Lutte contre le frelon asiatique : autorisation temporaire pour le recours au dioxyde de soufre. Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/lutte-contre-le-frelon-asiatique-autorisation-temporaire-pour-le-recours-au-dioxyde-de-soufre>
69. Pontoizeau S. Le frelon asiatique *Vespa velutina* Lepelletier, 1836 : un nouvel envahisseur introduit en France [Thèse d'exercice : Pharmacie]. Nantes Université. Pôle Santé. UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques ; 2013.
70. Hautier L. CRA-W Centre wallon de Recherches agronomiques [Internet]. [Cité 1 mai 2024]. Le CRA-W forme les professionnels à la neutralisation des nids de frelons asiatiques. Disponible sur : <https://www.cra.wallonie.be/fr/formations-professionnelles-neutralisation-frelons-asiatiques>
71. Barbet-Massin M, Salles JM, Courchamp F. The economic cost of control of the invasive yellow-legged Asian hornet. *NeoBiota*. 2020;55:11-25.
72. Rome Q. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. 2023 [Cité 18 mars 2024]. Frelon Asiatique : Piégeage de printemps 2023. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/piegeage-de-printemps-2023>

73. UNAF [Internet]. [Cité 20 avr 2024]. Frelon asiatique. Disponible sur : <https://www.unaf-apiculture.info/nos-actions/frelon-asiatique.html>
74. Tout pour les nuisibles [Internet]. [Cité 1 mai 2024]. Raquette destructeur d'insecte électrique. Disponible sur : https://toutpourlesnuisibles.com/tpln/article/raquette_destructeur_d_insectes_electrique.htm
75. API PROTECTION [Internet]. [Cité 1 mai 2024]. Harpe électrique anti-frelon asiatique O'TILT 20 Watts Apirotection. Disponible sur : <https://apiprotection.fr/accueil/37-harpe-otilt-complete.html>
76. Jabeprode [Internet]. 2024 [cité 11 févr 2024]. Fiche technique Le bac de capture préventif et autonome (BCPA) Jabeprode. Disponible sur : <https://d397xw3titc834.cloudfront.net/doc/d/7b/d7b97352ed1627d5f0e4ca06f0adbf27.pdf>
77. Jabeprode [Internet]. [Cité 11 févr 2024]. Le piège. Disponible sur : <https://www.jabeprode.fr/fr/Le-piege>
78. Vrancker T. Frelons Asiatiques Signalez en Auvergne Rhône-Alpes [Internet]. 2023 [Cité 11 févr 2023]. Méthode de localisation des nids de frelons asiatique. Disponible sur : <https://www.frelonsasiatiques.fr/documents-utiles/categorie/2/liste>
79. Daout F, Schmitt F, Delattre T. Satie [Internet]. 2015 [Cité 11 févr 2024]. Conception d'un Radar harmonique pour étudier la dispersion du Carpocapse des pommes. Disponible sur : <https://satie.ens-paris-saclay.fr/fr/publications/conception-dun-radar-harmonique-pour-etudier-la-dispersion-du-carpocapse-des-pommes>
80. Lioy S, Laurino D, Maggiora R, Milanese D, Sacconi M, Mazzoglio PJ, *et al.* Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar. *Sci Rep.* 2021;11:12143.
81. Daniel Kissling W, Pattemore DE, Hagen M. Challenges and prospects in the telemetry of insects. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2014;89:511-530.
82. Kennedy PJ, Ford SM, Poidatz J, Thiéry D, Osborne JL. Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry. *Commun Biol.* 2018;1:88.
83. Rabe L. NeozOne [Internet]. 2022 [cité 2 mai 2024]. Ces entreprises utilisent des drones « thermographiques » pour détecter les nids de frelons asiatiques. Disponible sur : <https://www.neozone.org/innovation/ces-entreprises-utilisent-des-drones-thermographiques-pour-detecter-les-nids-de-frelons-asiatiques/>
84. Poidatz J. De la biologie des reproducteurs au comportement d'approvisionnement du nid, vers des pistes de biocontrôle du frelon asiatique *Vespa velutina* en France [Thèse de doctorat : Écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés]. Université de Bordeaux ; 2017.
85. Macià FX, Menchetti M, Corbella C, Grajera J, Vila R. Exploitation of the invasive Asian Hornet *Vespa velutina* by the European Honey Buzzard *Pernis apivorus*. *Bird Study.* 2019;66:425-429.
86. Wycke MA, Perrocheau R, Darrouzet E. *Sarracenia carnivorous* plants cannot serve as efficient biological control of the invasive hornet *Vespa velutina nigrithorax* in Europe. *Rethink Ecol.* 2018;3:41-50.

87. Darrouzet E. La mort programmée du frelon asiatique par consanguinité ? [Internet]. 2020 [cité 17 mars 2024]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=V8W8BfJs0KI>
88. Darrouzet E, Gévar J, Guignard Q, Aron S. Production of Early Diploid Males by European Colonies of the Invasive Hornet *Vespa velutina nigrithorax*. PLOS ONE. 2015;10:e0136680.
89. Villemant C, Zuccon D, Rome Q, Muller F, Poinar Jr GO, Justine JL. Can parasites halt the invader? Mermithid nematodes parasitizing the yellow-legged Asian hornet in France. PeerJ. 2015;3:e947.
90. Villemant C. Une deuxième espèce de frelon pour la faune de France. Ann Société D'Horticulture D'Histoire Nat L'Hérault. 2008;148:53-56.
91. Pouvreau A. Les Vespides et l'Homme. Insectes et Santé. 1993;7-10.
92. Couderc AC. Envenimations des carnivores domestiques par les hyménoptères, analyse des données du CAPAE-OUEST [Thèse d'exercice : Médecine vétérinaire]. Université de Nantes ; 2022.
93. Le TN, Da Silva D, Colas C, Darrouzet E, Baril P, Leseurre L, *et al.* Development of an LC-MS multivariate nontargeted methodology for differential analysis of the peptide profile of Asian hornet venom (*Vespa velutina nigrithorax*): application to the investigation of the impact of collection period variation. Anal Bioanal Chem. 2020;412:1419-1430.
94. Pecault F. L'envenimation par les hyménoptères [Thèse d'exercice : Médecine vétérinaire]. École nationale vétérinaire de Toulouse ; 2002.
95. Birnbaum J, Lavaud F, Van der Brempt X. AllergoLyon [Internet]. [Cité 12 févr 2024]. Allergie aux insectes: Hyménoptères, moustiques et taons. Disponible sur : https://allergolyon.fr/wp-content/uploads/2020/07/2012-04-19_Livre_Allergie_aux_insectes.pdf
96. Perez-Riverol A, Lasa AM, dos Santos-Pinto JRA, Palma MS. Insect venom phospholipases A1 and A2: Roles in the envenoming process and allergy. Insect Biochem Mol Biol. 2019;105:10-24.
97. Goyffon M, Chippaux JP. Animaux venimeux terrestres. EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement. 1990;19078A10:1-14.
98. Courtioux B. Le frelon asiatique, un danger pour l'être humain et l'environnement. Actual Pharm. 2021;60:41-43.
99. Le TN, Da Silva D, Colas C, Darrouzet E, Baril P, Leseurre L, *et al.* Asian hornet *Vespa velutina nigrithorax* venom: Evaluation and identification of the bioactive compound responsible for human keratinocyte protection against oxidative stress. Toxicon Off J Int Soc Toxinology. 2020;176:1-9.
100. Acupuncture avec des frelons [Internet]. 2020 [Cité 10 févr 2024]. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=V9GJ64AI_PU
101. Comte D, Petitpierre S, Bart PA, Leimgruber A, Spertini F. Allergie aux venins d'hyménoptères : nouveautés diagnostiques et prise en charge. Revue Médicale Suisse. 2011;7:844-849.

102. Hausmann O, Jandus P, Haeberli G, Müller U, Helbling A. Allergie aux venins d'insectes : les piqûres de guêpes et d'abeilles en sont les principaux déclencheurs [Internet]. 2010 [Cité 12 févr 2024]. Disponible sur : <https://smf.swisshealthweb.ch/fr/article/doi/fms.2010.07310>
103. Ameli [Internet]. 2024 [Cité 24 mars 2024]. Piqûres de guêpes, abeilles, frelons et bourdons. Disponible sur : <https://www.ameli.fr/haute-vienne/assure/sante/urgence/morsures-griffures-piqures/piques-guepes-abeilles-frelons-bourdons>
104. Dupont P. Allergie au venin d'hyménoptères : prescrire une trousse d'urgence ! Rev Prat - Médecine Générale. 2002;16:1055-1059.
105. Birnbaum J. Allergie aux venins d'hyménoptères. Qui, comment et combien de temps désensibiliser ? Rev Fr Allergol Immunol Clin. 2005;45:489-492.
106. Dzviga C, Sullerot I. Epidemiology of *Hymenoptera* venom allergy. Rev Fr Allergol. 2022;62:32-37.
107. Bourrain JL, Bouvier M, Lefèvre S. Manifestations cliniques de l'allergie aux venins d'hyménoptères. Rev Fr Allergol. 2022;62:38-43.
108. Les services de l'État en Gironde [Internet]. 2023 [Cité 29 mars 2024]. Conséquences sanitaires de l'installation du frelon asiatique *Vespa velutina* en France, expérience des centres anti-poisons français. Disponible sur : http://www.frelon-asiatique-lefilm.fr/pdf/rapport_toxicovigilance.pdf
109. Van der Brempt X. Les anaphylaxies aux piqûres de frelons asiatiques (*Vespa velutina*) : cas déclarés au Réseau d'Allergo-Vigilance® (RAV) de 2011 à 2021 et conduite à tenir. Rev Fr Allergol. 2022;62:166-170.
110. Patural M, Lambert C, Dzviga C. Diagnostic des allergies aux hyménoptères. Pour une mise à jour des recommandations de bonnes pratiques. Rev Fr Allergol. 2014;54:469-476.
111. Ameli [Internet]. 2023 [cité 29 mars 2024]. Reconnaître une allergie. Disponible sur : <https://www.ameli.fr/aude/assure/sante/themes/allergie/comprendre-allergies>
112. Evrard B. Physiopathologie de l'allergie IgE-dépendante. Rev Francoph Lab. 2020;2020:20-31.
113. Ameli [Internet]. 2023 [Cité 29 févr 2024]. Le traitement de l'allergie. Disponible sur : <https://www.ameli.fr/aude/assure/sante/themes/allergie/traitement-allergie>
114. Popin E, Jacquier JP, Lambert C. Diagnostic de l'allergie aux venins d'hyménoptères. Rev Fr Allergol. 2022;62:44-51.
115. Rhinite et Allergies L'info scientifique [Internet]. 2021 [cité 1 mai 2024]. Comment tester une allergie ? Le test cutané pour détecter les allergies, le prick-test. Disponible sur : <https://rhiniteallergique.be/l-info-scientifique/le-test-cutane-pour-detecter-les-allergies-le-prick-test>
116. Roussel C, Birnbaum J, Van der Brempt X, Neukirch C. Traitement de l'allergie aux venins d'hyménoptères et autres insectes. Revue Française d'Allergologie. 2022;62:62-76.

117. Schwartz C. Immunothérapie allergénique aux venins d'hyménoptères : doses et espacement des rappels – quelle conduite à tenir à long terme ? Rev Fr Allergol. 2019;59:102-105.
118. Pédrono G, Lasbeur L, Thélot B. Accidents dus aux hyménoptères : recours aux urgences 2004–2012 et mortalité 2000–2010, France métropolitaine. Rev D'Épidémiologie Santé Publique. 2014;62:S253.
119. Birnbaum J. Allergie aux venins d'hyménoptères. Médecine Thérapeutique Pédiatrie. 2007;10:44-53.
120. Dutau G. Traitements immédiats non conventionnels des piqûres d'insectes. Rev Fr Allergol. 2016;56:143-145.
121. ASPIVENIN [Internet]. 2022 [Cité 2 avr 2022]. Comment fonctionne la pompe ASPIVENIN®. Disponible sur : <https://www.aspivenin.com/aspivenin/comment-fonctionne-aspivenin/>
122. Roche M. Prévention et prise en charge des piqûres d'hyménoptères en France métropolitaine : rôle du pharmacien d'officine [Thèse d'exercice : Pharmacie]. Université d'Angers ; 2014.
123. Base de données publique des médicaments [Internet]. 2024 [Cité 21 avr 2024]. Accueil - Base de données publique des médicaments. Disponible sur : <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/>
124. Centre de références sur les agents tératogènes. Le CRAT [Internet]. [Cité 21 avr 2024]. Disponible sur : <https://www.lecrat.fr/>
125. VIDAL [Internet]. 2023 [Cité 21 avr 2024]. Le traitement des piqûres d'animaux. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/maladies/peau-cheveux-ongles/piqûre-insectes-animaux/traitements.html>
126. Boiron [Internet]. 2024 [Cité 28 mars 2024]. Comment soulager son enfant des piqûres d'insecte ? Disponible sur : <https://www.boiron.fr/nos-conseils-sante/comment-soulager-son-enfant-des-piqures-dinsecte>
127. Clere N. Prévenir et soulager les piqûres d'insectes. Actual Pharm. 2014;53:33-36.
128. Clere N. Bientôt le retour des insectes et des piqûres. Actual Pharm. 2008;47:29-30.
129. Couic Marinier F, Touboul A. Le guide Terre vivante des huiles essentielles. Mens, France: Terre vivante; 2020. 477 p.
130. Goëb P, Pesoni D. Huiles essentielles : guide d'utilisation. Issy-les-Moulineaux : Éditions Ravintsara; 2010.127 p.
131. Khalil MA, Damak H, Décosterd D. Anaphylaxie et état de choc anaphylactique. Revue Médicale Suisse. 2014;10:1511-1515.
132. ANSM [Internet]. 2024 [Cité 1 févr 2024]. Comment utiliser l'Auto-injecteur d'adrénaline Anapen®. Disponible sur : <https://ansm.sante.fr/uploads/2022/02/16/20220216-marr-anapen-brochure-patients-v1-2021-11.pdf>
133. Service d'immunologie et allergie département de médecine CHUV [Internet]. 2023 [cité 10 févr 2024]. Conduite à tenir en cas d'allergie aux hyménoptères (abeille, guêpe ou

frelon) chez l'adulte et l'enfant dès 12 ans. Disponible sur: <https://www.chuv.ch/fileadmin/sites/ial/documents/ial-trousse-urgence-hymenoptere.pdf>

134. Longeaud S, Hoarau C, Nouar D. Mise en place d'outils d'éducation thérapeutique pour l'optimisation de la prise en charge des patients allergiques aux venins d'hyménoptères, au sein du centre hospitalo-universitaire de Tours. *Rev Fr Allergol*. 2019;59:256.
135. Clément Thékan [Internet]. [Cité 21 mars 2024]. Les piqûres d'hyménoptères chez le chien (guêpes, frelons, abeilles...). Disponible sur : <https://www.clement-thekan.fr/conseil/28788/>
136. Mennecier I. Clinique Vétérinaire des Quais de la Loire [Internet]. 2021 [Cité 21 mars 2024]. L'envenimation des chiens et chats (par des serpents, crapauds, hyménoptères). Disponible sur : <https://www.veterinaire-tours.fr/fr/article/l-envenimation-des-chiens-et-chats-par-des-serpents-crapauds-hymenopteres>
137. Inventaire National du Patrimoine Naturel [Internet]. [Cité 23 avr 2024]. Le Frelon asiatique : *Vespa velutina*. Signaler – informations. Disponible sur : <https://frelonasiatique.mnhn.fr/signaler-informations>

Annexes

Annexe 1. Fiche de signalement de nids de frelon asiatique (137)	128
Annexe 2. Les confusions avec le frelon asiatique	129
Annexe 3. Confusions	130
Annexe 4. Protocole d'administration de l'adrénaline (Anapen®) (132)	132

Annexe 1. Fiche de signalement de nids de frelon asiatique (137)

FICHE DE SIGNALEMENT D'INDIVIDUS OU DE NIDS DU FRELON ASIATIQUE (*Vespa velutina* Lepeletier)

À envoyer par e-mail à : vespa@mnhn.fr
ou par courrier à :
Quentin Rome, Muséum National d'Histoire Naturelle, CP50, 45 rue Buffon, 75005 Paris
Si vous le pouvez, merci d'utiliser le formulaire internet :
<http://frelonasiatique.mnhn.fr/signaler-informations/>



Informations sur *Vespa velutina* (fiche descriptive et confusions avec d'autres espèces à éviter), sur le site de l'INPN : <http://frelonasiatique.mnhn.fr>

Comment remplir cette fiche : Prière de renseigner au maximum les cases du tableau.
Si vous ne connaissez pas le point GPS (latitude et longitude) du lieu, merci de donner l'adresse exacte (rue, lieu-dit etc.) et de joindre si possible l'emplacement du nid sur une carte géographique ou un plan détaillé (indispensable pour bien localiser les nids et ne pas les comptabiliser plusieurs fois).

Si le nid est situé à moins de 10 m du sol, le signalement doit être obligatoirement accompagné d'une photo (même prise avec un téléphone portable) ou de l'envoi par courrier d'un insecte sec au MNHN, sinon il ne sera pas pris en compte dans la cartographie du site INPN.

*Les renseignements suivis de * sont indispensables*

LOCALISATION DU NID*		
Date* :	Commune* :	Département* :
Adresse (emplacement nid)* :		
Lieu dit* :	Latitude :	Longitude :
OBSERVATEUR*		
Nom de l'observateur* :	Profession :	Téléphone et / ou adresse e-mail* :
TYPE D'OBSERVATION*		
Frelons	Nombre :	
Nid	Diamètre du nid (en cm) :	Hauteur sur le support (en m) :
	Support (espèce d'arbre, mur, toit, bâtiment, dans le sol...) :	
Remarques (attaque d'abeilles, comportements divers...)		

Cette collecte d'informations, qui est faite dans un but scientifique, permettra de cartographier la répartition de *Vespa velutina* et de suivre l'expansion de cette espèce récemment introduite en France.
Merci de votre contribution



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



Annexe 2. Les confusions avec le frelon asiatique

Nom	Description	Taille	Nid	Image
Frelon asiatique (<i>Vespa velutina</i>)	-Tête orange - Abdomen noir avec bande orange sur le dernier segment - Pattes jaunes	Reine : 28-32mm Ouvrières : 17-26mm	Hauteur > 10m Piriforme Entrée petite/latérale (60-80cm)	
Frelon européen (<i>Vespa cembra</i>)	-Tête jaune et rouge dessus -Abdomen jaune avec bandes noires -Pattes brunes	Reine : 25-35mm Ouvrières : 18-23mm	Caché, cavité Cylindrique Entrée large vers le bas (30-60cm)	
Frelon oriental (<i>Vespa orientalis</i>)	-Tête jaune - Abdomen roux avec bande jaune - Pattes rousses	Reine : 27-35mm Ouvrières : 20-25mm	Caché, cavité Si aérien → sans enveloppe	
Guêpe des buissons (<i>Dolichovespula media</i>)	- Tête jaune -Abdomen noir avec fines bandes jaunes -Pattes jaunes	15- 20 cm	Buissons, bâtiments (1-2m) Sphérique Entrée basale	
Scolie des jardins (<i>Megascolia maculata</i>)	-Tête noire ou jaune -Abdomen noir avec 4 zones jaunes - Poils +++ -Pattes noires	20-45 mm	Parasite de larves de cléoptères	
Abeille charpentière (<i>Xylocopa violacea</i>)	- Noir avec des reflets bleu violacé - Poils++	20-30mm	Bois mort, charpentes	
Sirex géant (<i>Urocerus gigas</i>)	-Antennes -Ailes caractéristiques - Tarrière	Femelle = peut aller jusqu'à 45 mm	Pond ses larves dans su bois	
Mouches	- Yeux globuleux -1 paire d'ailes	Variable	Cavité	

(Source : (23), (24), (25), (26), (27), (28), (7))

Annexe 3. Confusions



Fiche d'aide à l'identification Les confusions possibles parmi les autres insectes



Si vous imprimez cette page sur une feuille A4, les insectes seront en taille réelle.
Plus d'informations et une fiche de signalement sur internet
<http://frelonasiatique.mnhn.fr>

Le **frelon asiatique** à pattes jaunes, *Vespa velutina*, est à dominante noire, avec une large bande orange sur l'abdomen et un liseré jaune sur le premier segment. Sa tête vue de face est orange, et les pattes sont jaunes aux extrémités. Il mesure entre 17 et 32mm.



Frelon asiatique à pattes jaunes, *Vespa velutina*

Le **frelon d'Europe**, *Vespa crabro*, a l'abdomen à dominante jaune clair, avec des bandes noires. Sa tête est jaune de face et rouge au dessus. Son thorax et ses pattes sont noirs et brun-rouges. Les ouvrières mesurent entre 18 et 23mm et les reines entre 25 et 35.



Frelon d'Europe, *Vespa crabro*

Le **Frelon oriental**, *Vespa orientalis*, est de la même taille que le Frelon d'Europe. Il est entièrement roux, seulement la face antérieure de sa tête et une bande de son abdomen sont jaunes. Il est naturellement présent dans le Sud-Est de l'Europe (sud de l'Italie, Malte, Albanie, Grèce, Chypre, Roumanie, Bulgarie), mais a été introduit en Espagne et dans le nord de l'Italie.



Frelon oriental, *Vespa orientalis*

Les **guêpes** sont plus petites que les frelons. Les ouvrières mesurent environ 15mm en fin d'été. Attention, une reine de guêpe peut dépasser légèrement 20mm, c'est-à-dire la taille du frelon asiatique représenté ici sans la tête. Au printemps les guêpes peuvent donc être plus grande que les premières ouvrières de frelon.



Guêpe des buissons, *Dolichovespula media*

Guêpe germanique, *Vespula germanica*

Guêpe poliste, *Polistes biglumis*

La **Scolie des jardins**, *Megascolia maculata*, fait partie des plus imposantes "guêpes" européennes. Sa pilosité est très épaisse. Son corps est noir brillant, sa tête est jaune sur le dessus et elle possède 4 zones jaunes et glabres sur l'abdomen. C'est un parasite de larves de gros Coléoptères.



Scolie des jardins, *Megascolia maculata*

Le **sirex géant** est un Hyménoptère dont la larve se nourrit de bois. La femelle peut atteindre 4,5 cm, a une coloration proche du frelon asiatique, mais s'en distingue facilement par des antennes longues entièrement jaunes ainsi que par la présence d'une longue tarière lui permettant de pondre dans le bois. Cet insecte est inoffensif.



Sirex géant, *Urocerus gigas*

L'**abeille charpentière** mesure entre 2 et 3 cm. C'est l'une des plus grandes abeilles européennes. Elle est entièrement noire avec des reflets bleu violacés. Elle construit son nid dans le bois mort et nourrit ses larves de pollen.



Abeille charpentière, *Xylocopa violacea*

De nombreuses **mouches** (Diptères) peuvent ressembler à des guêpes ou des frelons. Mais à la différence de ceux-ci elles ne possèdent qu'une seule paire d'ailes au lieu de deux. Leurs yeux sont généralement beaucoup plus globuleux et leurs antennes plus courtes.



Volucelle zonée, *Volucella zonaria*



Milésie faux-frelon, *Milesia crabroniformis*

© Quantin Roméo & Claire Villarmont - JMS Petit Nat CFB-CVPS-MNH-AUS-FEB-UMR7205 - Muséum national d'Histoire naturelle - Paris, France - vespa@mnhn.fr

Vérification du dispositif

Vous devez **régulièrement** contrôler le dispositif en procédant comme suit :



1- Tourner la bague pivotante pour aligner les lentilles sur la fenêtre 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 remplacé.

4- Retourner la bague pivotante pour recouvrir la fenêtre d'inspection. Puis remettre le dispositif dans sa boîte pour qu'il soit à l'abri de la lumière.

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 ». L'injection peut être pratiquée à travers des vêtements légers ou un jean.

En cas d'injection accidentelle dans les mains ou les doigts, consulter immédiatement le service des urgences de l'hôpital le plus proche pour recevoir un traitement.



D- Maintenir en position pendant **10 secondes**. Retirer lentement l'auto-injecteur puis masser doucement le site d'injection.

Après l'injection d'Anapen®



E- Vérifier que l'auto-injecteur est passé au rouge : cela signifie que l'injection est terminée.

Si l'indicateur n'est pas rouge, recommencer avec un autre injecteur.



F- Après l'injection, l'aiguille dépasse du dispositif. Pour la recouvrir, replacer la partie large du bouchon noir protecteur de l'aiguille en l'enclenchant sur l'extrémité ouverte (contenant l'aiguille).

Immédiatement après avoir utilisé Anapen® appelez le 15 ou le 112, demandez une ambulance, dites que vous faites un choc anaphylactique et que vous avez reçu une injection intramusculaire d'adrénaline.

G- Si les symptômes ne s'améliorent pas ou s'aggravent dans les 5 à 15 minutes qui suivent la première injection, vous ou la personne à proximité devez procéder à une seconde injection, avec un autre auto-injecteur Anapen® d'où la nécessité de toujours disposer de deux auto-injecteurs sur vous.

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.

Frelon asiatique : Un état des lieux des enjeux français, vingt ans après son invasion

Depuis son introduction dans le Lot-et-Garonne en 2004, *Vespa velutina nigrithorax* communément appelé frelon asiatique, s'est rapidement répandu à travers la France, connaissant une croissance exponentielle sur tout le territoire. Originaire d'Asie, il est fréquemment confondu avec le frelon européen *Vespa crabro*, mais constitue aujourd'hui un enjeu majeur pour la biodiversité, l'économie et la santé humaine. En tant que prédateur des abeilles domestiques et d'autres insectes pollinisateurs, le frelon asiatique exerce une forte pression sur l'entomofaune et l'environnement, ainsi que sur les récoltes apicoles, engendrant ainsi des dommages économiques et écologiques considérables. Afin de limiter sa propagation et ses dégâts, des décisions réglementaires et des stratégies de lutte ont été instaurées. De plus, à l'approche de la saison estivale, les piqûres d'insectes notamment celles des hyménoptères comme le frelon asiatique sont fréquentes. Ces piqûres sont parmi les principales causes d'anaphylaxie, nécessitant souvent la mise en place de la désensibilisation. Le diagnostic de l'allergie requiert l'utilisation de plusieurs méthodes et représente un processus complexe mais indispensable pour garantir une désensibilisation efficace. Dans ce contexte, le pharmacien d'officine est amené à dispenser des conseils de prévention, de traitement et de gestion d'urgence pour les patients allergiques. L'objectif de cette thèse est de dresser un bilan des connaissances actuelles, vingt ans après l'introduction du frelon asiatique en France.

Mots-clés : Frelon asiatique, biodiversité, économie, lutte, hyménoptères, allergie, désensibilisation

Asian hornet: A status report on French challenges, twenty years after its invasion

Since its introduction in Lot-et-Garonne in 2004, *Vespa velutina nigrithorax*, commonly known as the Asian hornet, has rapidly spread throughout France, experiencing exponential growth across the entire territory. Originating from Asia, it is frequently mistaken for the European hornet *Vespa crabro*, but now poses a major challenge to biodiversity, the economy, and human health. As a predator of domestic bees and other pollinating insects, the Asian hornet exerts significant pressure on entomofauna and the environment, as well as on apicultural harvests, resulting in considerable economic and ecological damage. In order to limit its spread and damage, regulatory decisions and control strategies have been implemented. Furthermore, with the approach of the summer season, insect stings, especially those of hymenoptera such as the Asian hornet, are frequent. These stings are among the leading causes of anaphylaxis, often requiring desensitization therapy. The diagnosis of allergy requires the use of several methods and represents a complex but indispensable process to ensure effective desensitization. In this context, community pharmacists are required to provide advice on prevention, treatment, and emergency management for allergic patients. The objective of this thesis is to provide an overview of current knowledge, twenty years after the introduction of the Asian hornet in France.

Keywords: Asian hornet, biodiversity, economy, control, hymenoptera, allergy, desensitization

