

**Punaises de lit en
France :
état des lieux et
recommandations**



Citation proposée : Centre national d'Expertise sur les Vecteurs. 2015. Punaises de lit en France : état des lieux et recommandations.

Crédit photo de couverture : Piotr Naskrecki – CDC/PHIL.

Sommaire

Résumé	2
1. Contexte de la mise en place du Groupe de Travail	3
2. Etat de la connaissance de la bio-écologie des punaises de lit et de leur impact en santé humaine.....	5
3. Evaluation critique des moyens et méthodes disponibles pour la lutte	17
4. Aspects réglementaires.....	37
5. Connaissances et pratiques des opérateurs de lutte contre les punaises de lit - Analyse d'un questionnaire.....	41
6. Conclusions et recommandations	50
7. Bibliographie	54
Annexe - Questionnaire national à l'attention des opérateurs de lutte.....	63

Résumé

Un groupe de travail, coordonné par le CNEV (Centre National d'Expertise sur les Vecteurs), a été mis en place pour réaliser une expertise sur les punaises de lit en France.

Le groupe de travail a principalement œuvré selon trois axes :

- 1) l'examen des sources documentaires accessibles (articles publiés, littérature grise, internet) ;
- 2) le questionnement d'opérateurs de la lutte contre les punaises de lit en France (Service Communaux d'Hygiène et de Santé ; Entreprises 3D) afin de connaître leurs attitudes et pratiques ; 122 réponses ont pu être exploitées dont 69 provenant de services communaux et 53 de sociétés privées ;
- 3) l'exploitation de l'expérience propre des experts composant le groupe de travail.

Il apparaît que la connaissance générale de la bio-écologie des punaises de lit est relativement satisfaisante et que le risque de transmission vectorielle est faible. Toutefois une incertitude persiste sur la transmission par punaises de lit de *Trypanosoma cruzi*, agent de la maladie de Chagas ; cette question pourrait constituer un axe de recherche d'importance pour la Guyane française.

La connaissance des niveaux d'infestations en France reste approximative. On estime que les punaises sont présentes dans tous les départements mais les localisations précises et les aspects quantitatifs de l'infestation sont encore méconnus.

L'état de la connaissance de la résistance génétique aux insecticides est lui aussi très perfectible : on dispose d'alarmantes informations concernant la résistance génétique aux pyréthrinoïdes, mais pratiquement rien concernant la résistance physiologique (*i.e.* métabolique).

En matière de lutte contre les punaises de lit, l'objectif est « zéro punaise » ; il n'y a pas de niveau d'infestation tolérable.

Un opérateur doit prévoir d'organiser son action d'élimination complète en 6 étapes :

- 1- Identification de certitude (présence avérée de punaises de lit) ;
- 2- Evaluation de l'infestation (faible et confinée au lit, moyenne et généralement limitée au voisinage du couchage, massive et disséminée dans l'ensemble de l'habitation, voire déjà disséminées à l'ensemble de l'habitat collectif) ;
- 3- Lutte mécanique (aspiration, nettoyage, grattage, traitement par la chaleur ou par le froid) ;
- 4- Lutte chimique avec des insecticides (cette étape est la seule qui peut, une fois la lutte mécanique achevée, ne pas s'avérer obligatoire) ;
- 5- Evaluation de la lutte (examen direct et utilisation de dispositifs ad hoc) ;
- 6- Prévention d'une nouvelle infestation.

Sur le plan réglementaire, les punaises de lit sont considérées en France comme une nuisance ; à ce titre, elles ne sont pas reconnues comme un problème de santé publique et ne relèvent pas des prérogatives de l'état. Ainsi, à ce jour, ce problème semble être principalement de la compétence du maire, au titre de la protection du voisinage, ainsi que des occupants ou propriétaires des bâtiments. Selon les textes en vigueur, il reviendrait ainsi aux occupants du logement de prendre en charge une désinsectisation, sauf si le locataire peut prouver que les punaises de lit étaient déjà présentes avant l'emménagement, auquel cas la désinsectisation serait à la charge du propriétaire.

Des recommandations spécifiques en termes de bonnes pratiques et/ou en termes d'enseignement/formation/recherche ont été émises à l'attention des professionnels de l'hôtellerie, des gestionnaires d'habitat collectif (syndics, offices HLM, EHPAD...), des professionnels de santé, des professionnels du transport en commun (train, avion), des entreprises 3D, des voyageurs, et enfin du grand public.

1. Contexte de la mise en place du Groupe de Travail

1.1. Introduction générale à la problématique punaises de lit en France

Les punaises de lit (*Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus*) avaient quasiment disparu du territoire français dans les années 1950, principalement en raison de l'amélioration de l'hygiène générale de l'habitat et de la large utilisation du DDT. Une recrudescence des infections par punaises de lit est observée depuis le début des années 1990. Cette recrudescence n'est pas propre à la France ; elle est observée dans la plupart des pays développés. Les facteurs expliquant cette recrudescence sont mal connus. L'augmentation des transports internationaux et l'apparition de phénomènes de résistance aux insecticides dans les populations de punaises sont parfois avancées mais la répartition et les niveaux de ces résistances aux différents insecticides utilisables restent très faiblement documentés, en particulier dans les différentes régions françaises.

Dans un site donné, l'infestation se fait en 4 temps : (1) l'introduction initiale des punaises, (2) l'installation de ces punaises introduites (ordinairement au niveau du lit ou du canapé dans lequel on regarde la télévision), (3) la multiplication des punaises, bien visible après quelques semaines, et enfin (4) la propagation à l'ensemble du site, soit dans la totalité de la maison s'il s'agit d'un habitat individuel ou pavillonnaire, soit auprès des voisins mitoyens s'il s'agit d'un habitat collectif (immeuble, hôtel, maison de retraite, prison...). La prise en compte de ce processus d'infestation est essentielle pour la mise en œuvre de mesures de contrôle adaptées.

La présence de punaises dans un logement reste ressentie comme un manque d'hygiène, ce qui n'est pas toujours le cas. La punaise de lit n'est pas un problème spécifique de l'habitat insalubre. L'insalubrité est clairement un facteur associé aux infestations massives, mais une infestation faible ou modérée peut toucher tous les habitats, y compris les mieux tenus.

Il est indispensable que les messages d'information à destination du public prennent en compte cet aspect afin d'obtenir sa participation.

Le public a en effet un rôle important à jouer en matière de surveillance de l'espèce, en particulier de détection précoce des infestations et de signalement. L'information du public, composante importante d'une stratégie globale, permet de sensibiliser sur les moyens de prévenir l'introduction de punaises de lit, leur transport, les moyens de lutte. En parallèle, l'offre de réponse aux infestations doit être structurée et être accompagnée d'une information facilement accessible permettant aux personnes touchées de trouver rapidement une réponse adaptée. Face à la multiplication des informations et des entreprises proposant une vaste gamme de méthodes et de moyens de lutte, il semble souhaitable d'accompagner le public afin de l'orienter vers des solutions ayant prouvé leur efficacité ou vers des professionnels présentant des garanties en termes de formation et de compétence. De plus, ce sujet se distingue par la multiplicité des acteurs et des secteurs concernés. Une sensibilisation et des mesures de gestion adaptées sont par conséquent nécessaires.

Si aucune transmission de pathogènes à l'homme par *Cimex* n'a jusqu'à présent été démontrée, la punaise de lit pose toutefois un problème de santé publique avec un important coût économique, pour lequel il convient de mettre en place des mesures de gestion les mieux adaptées.

C'est dans ce contexte que le CNEV a souhaité mettre en place le groupe de travail qui a œuvré à la rédaction de ce rapport.

1.2. Composition du groupe de travail

Ce groupe de travail est composé de 6 membres :

- **Vincent Robert** (président du groupe de travail), Entomologiste médical, DR1 de l'Institut de Recherche pour le Développement, UMR MIVEGEC, IRD 224-CNRS 5290-UM1-UM2, Centre IRD France-Sud, 911 avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France. Tél: +33 (0)4 67 41 61 27, vincent.roberty@ird.fr
- **Jean-Michel Bérenger**, Entomologiste médical, Unité de Recherche en Maladies Infectieuses Tropicales et Emergentes (URMITE), Faculté de médecine de la Timone, Université Aix Marseille, Marseille, France. jmberenger@free.fr
- **Pascal Delaunay**, Praticien hospitalier, Entomologiste médical, Parasitologie-Mycologie, CHU Nice, France, Tél: +33 (0)4 92 03 62 54, delaunay.p@chu-nice.fr
- **Arezki Izri**, Praticien hospitalier, Entomologiste médical, Unité de parasitologie, CHU Avicenne, 93009 Bobigny, France. Tél : +33 (0)1 48 95 56 51, arezki.izri@avc.aphp.fr
- **Frédéric Jourdain**, Ingénieur du génie sanitaire, Centre National d'Expertise sur les Vecteurs, Centre IRD France-Sud, 911 avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France. Tél: +33 (0)4 67 41 62 49, frederic.jourdain@ird.fr
- **Yvon Perrin**, Entomologiste médical, Centre National d'Expertise sur les Vecteurs, Centre IRD France-Sud, 911 avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France. Tél: +33 (0)4 67 41 64 46, frederic.jourdain@ird.fr

Katia Grucker, Centre National d'Expertise sur les Vecteurs, a réalisé l'enquête téléphonique.

1.3. Contributeurs

- **James Devillers**, Centre de Traitement de l'Information Scientifique,
- **Gérard Duvallet**, UMR CEFE (CNRS – Université de Montpellier),
- **Olivier Plantard**, UMR BIOEPAR, INRA-Oniris.

2. Etat de la connaissance de la bio-écologie des punaises de lit et de leur impact en santé humaine

2.1. Généralités

Les punaises de lit sont des insectes ectoparasites de l'homme, à régime strictement hématophage. De mœurs nocturnes, lucifuges, elles piquent leur hôte dans son sommeil et résident comme leur nom l'indique, au plus proche des lieux de repos (lit, canapé...).

Le terme "punaise de lit" désigne deux espèces : *Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus*. La première sévit plutôt en régions néarctique et paléarctique, *C. hemipterus* étant localisée en région tropicale. Des croisements entre ces deux espèces très proches semblent survenir dans la nature, mais les essais en laboratoire ne donnent pas de descendance viable (Newberry, 1988). L'outil moléculaire (PCR) peut être utilisé pour déterminer les espèces, même sur des fragments d'insectes (Szalanski *et al.*, 2011).

Les punaises de lit sont des paurométaboles. On ne parle pas de "larves" mais de jeunes (ou de juvéniles) qui ressemblent aux adultes mais les organes génitaux ne sont pas encore formés.

Les œufs mesurent environ 1 mm, de couleur blanche et légèrement opaque laissant apercevoir l'œil rouge de l'embryon avant l'éclosion. Le développement pré-imaginal comprend 5 stades immatures avec repas de sang obligatoire pour passer au stade suivant. Les adultes mesurent de 4 à 6 mm. Le corps est plat et large, les ailes vestigiales, les ocelles absents, le nombre de récepteurs antennaires réduit (Chapman, 1982). L'intestin comporte des mycétomes, sortes d'invagination renfermant des endosymbiontes indispensables à la digestion du repas sanguin ; cela pourrait être le signe d'une adaptation ancienne des punaises de lit au parasitisme.

Le mode de reproduction par insémination traumatique est original au sein des insectes et seules quelques familles voisines d'hétéroptères (*Nabidae*, *Anthocoridae*) la pratiquent également.

2.2. Traits d'histoire de vie des punaises de lit

Nocturnes et photophobes, les punaises de lit piquent leur hôte généralement après minuit lors du sommeil le plus profond. La fréquence des repas sanguins dépend de la vitesse de digestion, de la température et de la disponibilité de l'hôte. En laboratoire le repas a lieu tous les 7 jours, dans la nature l'intervalle de temps entre deux repas se situe entre 3 et 15 jours (Reinhardt *et al.*, 2007). Le volume du repas représente entre 130 et 200 % du poids d'un adulte à jeun (Johnson, 1941 ; Wattal *et al.*, 1961). L'espèce hôte générera des repas différents en volume ou en qualité à cause de la concentration variable en protéines et micronutriments comme les minéraux et vitamines (calcium, vit. B) (De Meillon *et al.*, 1947 ; 1951).

2.2.1. Hôtes

L'homme est bien sûr l'hôte privilégié de *C. lectularius* et *C. hemipterus*. Povolny (1957) a recensé les hôtes sur lesquels *C. lectularius* a été trouvée: 8 espèces d'oiseaux, 10 rongeurs et mustélinés, 10 espèces de chauves-souris et homme. L'homme et les chauves souris restent les hôtes principaux et primaires. Les chauves-souris jouent un rôle probable (quoique encore mal quantifié) dans la dispersion des *C. lectularius* adultes (Balvin *et al.*, 2012). De nombreuses autres espèces de *Cimicidae* sont inféodées aux oiseaux, chauves-souris, autres mammifères. Brumpt (1936) pense que les punaises de lit peuvent piquer les mammifères domestiques et les oiseaux. Des cas d'animaux domestiques comme hôtes ont été décrits (Clark *et al.*, 2002). Les punaises de lit peuvent également se nourrir aussi aux dépens d'animaux à sang froid comme les geckos (Chatton *et al.*, 1918).

2.2.2. Constantes biologiques

Les punaises de lit résistent très bien à la sécheresse entre deux repas de sang, ceci leur permettant ainsi d'attendre longtemps un hôte potentiel. En revanche, un fort taux d'humidité peut être cause de surmortalité. La température supérieure limite est comprise entre 40 et 45°C pour tous les stades et les œufs et dans l'autre sens, une congélation même brève (1 heure) à -16/-18°C leur est mortelle ainsi qu'un séjour prolongé proche de 0°C (Benoit, 2009, 2011). Le comportement d'agrégation de ces punaises permet de conserver un bon taux d'humidité (Benoit *et al.*, 2007).

2.2.3. Substances et matières attractives pour les punaises de lit

Trois attractants sont incontournables chez les arthropodes hématophages en général : le CO₂ dégagé par l'hôte et qui est détecté de très loin; l'odeur arrive en deuxième position pour la distance d'attraction et enfin la chaleur. Ces propriétés peuvent être exploitées pour la mise au point de système de surveillance ou de détection. Une étude de Singh *et al.* (2012) montre qu'un mélange de nonanal, 1-octen-3-ol, huile de menthe verte et huile de coriandre manifeste un fort pouvoir attractif ; l'ajout de CO₂ augmente cet effet. L'ajout de chaleur n'améliore pas cet effet. Anderson *et al.* (2009) ont réalisé un piège attractif à base de CO₂, de chaleur et d'un mélange complexe d'acide propionique, acide butyrique, acide valérique, octénol et acide L-lactique. L'importance du CO₂ a ainsi été prouvée puisqu'un piège sans CO₂ capture 10 fois moins de punaises.

Une feuille de papier exposée à une population de *Cimex sp.* pendant 1 mois présente une accumulation de déjections, œufs, mues ; ce papier placé dans un olfactomètre se révèle plus attirant qu'un papier propre (Weeks *et al.*, 2010). L'odeur humaine joue un rôle important comme le révèle une étude récente (Harraca *et al.*, 2012) ; cinq composés de l'odeur humaine provoquent des réponses sur des récepteurs olfactifs de neurones situés sur des sensilles. Il est évident que cette odeur a un effet sur le comportement des *Cimex*, encore plus s'il est couplé à de la chaleur et au CO₂.

Chez les punaises de lit, le facteur le plus important semble être **la chaleur**, la limite supérieure étant de 43°C. Au-delà la chaleur a un effet répulsif (Rivnay, 1930). L'écart de température que peut détecter une punaise est compris entre 1 et 2°C.

La présence de CO₂ excite les punaises. Marx (1955) a montré que les *Cimex* préfèrent rester au fond d'un tube où a été introduit du CO₂ (Weeks *et al.*, 2010).

Les sécrétions sébacées ou sébum sont légèrement attractives mais dans une faible proportion (Rivnay, 1932 ; Aboul-Nasr & Erakey, 1968).

2.2.4. Endosymbiotes

Les endosymbiotes sont des organismes importants pour les insectes, notamment pour la digestion du sang, la reproduction ou le développement. Eliminer ces symbiotes pourrait donc être un moyen de lutte intéressant. Chez les punaises de lit, ces symbiotes sont hébergés dans des invaginations de l'intestin appelées mycétomes, ce qui suggère une adaptation très ancienne à l'hématophagie. A titre de comparaison, chez les *Triatominae*, dont l'hématophagie est récente, les endosymbiotes sont dans la lumière de l'intestin (Schofield, 2000).

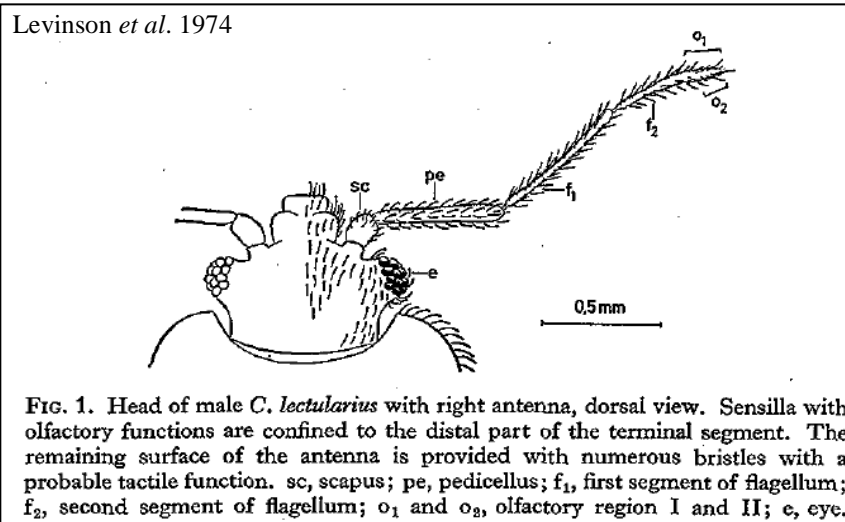
Deux symbiotes ont été identifiés : une *Wolbachia* et une gamma-protéobactérie (Hypsa *et al.*, 1997 ; Rasgon *et al.*, 2004 ; Sakamoto & Rasgon, 2006 ; Sakamoto *et al.*, 2006). La suppression de ces symbiotes par la chaleur (Chang, 1974) ou un traitement antibiotique (Takano-Lee *et al.*, 2003) entraîne une diminution importante du nombre d'œufs pondus.

2.2.5. Pheromones

Les hormones jouent également un rôle important dans les phénomènes d'agrégation et de dispersion des punaises.

Une étude sur les hydrocarbures cuticulaires montre que les extraits de la cuticule jouent un rôle dans le phénomène de grégarisme (Feldlaufer *et al.*, 2011). Les phéromones d'alarme sont captées au niveau du dernier segment antennaire ; privées de cette partie, les punaises ne répondent plus à cette hormone. Les antennes des *Cimex* concentrent toutes les sensilles olfactives : elles jouent donc un rôle sensoriel homologue au "nez" des Mammifères (Weeks *et al.*, 2010).

Le système glandulaire des punaises est développé et joue un rôle important pour la communication entre ces insectes. Ainsi, plus de 10 composés ont été identifiés dans les glandes dorso-abdominales : nonanal, decanal, (E)-2-hexenal, (E)-2-octenal, (2 E, 4 E)-octadienal, benzaldehyde, (+)- et (-)-limonene, sulcatone, benzyl alcool. Ces composés constituent une phéromone d'agrégation qui diffuse dans l'air alors que le mélange (E)-2-hexenal, (E)-2-octenal est une phéromone d'alarme (Siljander *et al.*, 2008).



Cimex hemipterus mâle, schéma de la tête avec détail de l'antenne droite (d'après Levinson *et al.*, 1974).

On retrouve également des phéromones dans les fèces, apparemment cela permet de marquer les refuges où se concentrent les punaises ; ces regroupements sont un moyen d'entretenir une bonne humidité et éviter la déshydratation (Siljander, 2006).

2.2.6. Résistance aux insecticides

Il existe des résistances aux insecticides chez les punaises de lit et principalement aux pyréthrinoïdes : ils agissent sur le système nerveux comme le D.D.T. Les mécanismes de résistance des punaises de lit comprennent des enzymes qui désactivent la molécule de l'insecticide et un système nerveux qui peut résister aux effets toxiques (Armstrong *et al.*, 1962 ; Feroz, 1969 ; Karunaratne *et al.*, 2007 ; Mallis *et al.*, 1964 ; Myamba *et al.*, 2002 ; Romero *et al.*, 2007 ; Yoon *et al.*, 2008 ; Zhu *et al.*, 2010). L'existence de populations résistantes aux insecticides constitue un problème important dans le traitement des habitats sociaux (Durand *et al.*, 2012).

Les mécanismes génétiques de résistance aux insecticides sont multiples et différents au sein d'une même population (Adelman *et al.*, 2011) ; Zhu *et al.* (2013) ont montré l'existence de divers mécanismes (jusqu'à 5) principalement localisés dans la couche épidermique interne du tégument ; ces mécanismes empêchent ou ralentissent la pénétration de la toxine avant qu'elle n'atteigne ses cibles sur les cellules nerveuses. En France, trop peu de données sur les punaises de lit sont disponibles. Une seule étude (Durand *et al.*, 2012) a évalué l'infestation par les punaises de lit dans deux immeubles voisins, situés dans la banlieue de Paris, et déterminé la sensibilité aux pyréthrinoïdes de ces punaises. Les tests *ex vivo* ont montré une résistance aux pyréthrinoïdes (combinaison de neopynamine et de sumithrine chez 37,8 % des punaises testées. Le séquençage de l'ADN a montré que la quasi-totalité des punaises testées étaient homozygotes pour la mutation L925I du gène *kdr*-like. Les niveaux de résistance aux pyréthrinoïdes observés indiquent que ce phénomène est bien installé dans le site et incitent à réévaluer l'usage intensif des pyréthrinoïdes pour contrôler l'infestation par les punaises de lit.

2.2.7. Reproduction

L'exceptionnel mode de reproduction des punaises de lit dans le monde des insectes est décrit dans la thèse de Jacques Carayon (1975). Il s'agit d'une reproduction par insémination extragénitale et traumatique : le mâle transperce le tégument abdominal de la femelle sur sa face ventrale. Le sperme est injecté dans le spermalège (réceptacle qui tient lieu de système génital secondaire). Ceci constitue un système paragénital. La femelle conserve un système génital normal utilisé pour la ponte mais délaissé par le mâle pour l'accouplement. Une femelle peut être fécondée par plusieurs mâles, le sperme étant stocké dans des conceptacles séminaux. Le volume de sperme injecté par le mâle est fonction du nombre d'accouplement effectué antérieurement par la femelle, le volume de sperme injecté diminuant avec le nombre d'accouplement. Pour ce faire, le mâle possède des sensilles sur son phallus modifié en seringue (Siva-Jothy *et al.*, 2002). De plus les mâles sont attirés par tout individu gorgé ; un volume abdominal important déclenche le comportement d'accouplement du mâle. Pour ne pas subir ces accouplements, les autres mâles, les jeunes et parfois les femelles usent de leurs phéromones d'alarme pour stopper les ardeurs des mâles (Ryne, 2009). On ignore les avantages d'un tel système mais ce mode d'insémination traumatique n'est pas sans effet sur la femelle : des agents pathogènes peuvent être introduits dans son organisme et réduire sa longévité et son succès reproductif, voire causer sa mort (Usinger, 1966 ; Stutt *et al.*, 2001, Reinhardt *et al.*, 2003).

2.3. Impact en santé humaine

Les impacts des piqûres de *C. lectularius* sur la santé humaine peuvent être de plusieurs natures :

- les réactions allergiques aux piqûres (salive)
- la transmission de pathogènes
- la spoliation sanguine (anémie ferriprive)
- l'effet psychologique.

2.3.1. Réactions allergiques

Certaines personnes susceptibles peuvent développer des réactions bulleuses aux piqûres de *Cimex*. De type urticaire au début, la réaction évolue rapidement vers une vasculite avec de très nombreux neutrophiles et éosinophiles (de Shazo *et al.*, 2012). Liebold *et al.* (2003) rapportent un cas avec réaction bulleuse, fièvre et malaise général chez un homme de 37 ans. Fletcher *et al.* (2002) rapportent un autre cas de réaction bulleuse chez un homme de 32 ans piqué à de nombreuses reprises par des punaises, ce qui explique ce type de réaction. Goddard *et al.* (2009) donnent une synthèse des cas décrits dans la littérature (Table 1).

Table 1. Bed Bug Infestations and Reported Reactions to Their Bites

Source	Site of Infestation	No. of Participants or Places	Area(s) of Body Affected	Type of Reaction and/or Severity of Infestation
Hwang et al, ⁴ 2005	Homeless shelters	243 Residents	Cutaneous Reactions Skin	9/243 Residents (4%) had a skin condition consistent with bed bug bites
Gbakima et al, ⁵ 2002	Refugee camp	221 Refugees	NR	196/221 Refugees (86%) who were bitten by bed bugs had wheals; others reported irritation, lack of sleep
Bartley and Harlan, ⁶ 1974	Military barracks	39 Soldiers	Arms, legs, trunk/back/chest	14/39 Soldiers (36%) complained of bites; only 2 sought medical aid; bite effects varied from none to elongate, swollen, pruritic reddish wheals
Mouchtouri et al, ⁷ 2008	Ships	21 Ferries	NR	3/21 Ferries (14%) were infested with bed bugs
Hwang et al, ⁴ 2005	Homeless shelters	17 Shelters	NR	15/17 Shelters (88%) had bed bugs in mattresses or bed frames
Ryckman, ⁸ 1985	Experimental feeding	14 Volunteers	Forearm	3/14 Volunteers (21%) had swelling, pruritus, erythema
Masetti and Bruschi, ⁹ 2007	Single-family dwelling	2 Patients	Arms, legs	First patient had erythema, swelling, pruritic maculae, papulae Second patient had bullae
Sansom et al, ¹⁰ 1992	Hotel	2 Patients	Face, trunk/back/chest/legs	First patient developed a delayed reaction and pruritic papular lesions with central puncta 60 h after bite; 4 days later, this developed into a hemorrhagic bullous rash Second patient had no reaction until 9 d later when a papular rash appeared
Tharakaram, ¹¹ 1999	Hostel	1 Person	Trunk/back/chest, legs, arms	Erythematous pruritic rash, central puncta, bullae
Leverkus et al, ¹² 2006	Hotel	1 Person	Arms, legs	First exposure resulted in pruritic macules; subsequent exposure resulted in macules evolving into erythematous nodules with blisters
Goddard and deShazo, ¹³ 2008	Hotel	1 Person	Arms, legs, trunk/back/chest	Local cutaneous reaction with erythema, pruritus, papules, puncta visible
Liebold et al, ¹⁴ 2003	Hotel	1 Person	Arms, trunk/back/chest	First exposure resulted in pruritic papulonodular reaction with bullae that became secondarily infected (impetiginization); subsequent exposure resulted in bullous eruption and fever
Stucki and Ludwig, ¹⁵ 2008	Hotel	1 Person	Arms and breasts	Pruritic papules
Brasch and Schwarz, ¹⁶ 2006	Single-family dwelling	1 Person	Arm, neck	Intensely pruritic papules
Ter Poorten and Prose, ¹⁷ 2005	Single-family dwelling	1 Person	Arms, legs, trunk/back/chest	Erythematous papules; urticarial papules ^a ; macules, intensely pruritic
Mumcuoglu, ¹⁸ 2008	Apartment	1 Person	Hands, legs, neck	Pruritic, erythematous macules
Fletcher et al, ¹⁹ 2002	NR	1 Person	Hands, arms	Widespread, extremely pruritic, bullous eruptions; urticarial papules ^a ; and plaques
Abou Gamra et al, ²⁰ 1991	NR	54 Patients with asthma and 11 controls	Systemic Reactions Skin tests	First Cimex antigen skin test induced pruritic reactions in 37.1% patients with asthma vs 9.1% controls; second Cimex antigen skin test induced 50.1% positive test results in patients with asthma vs 18.2% controls

Abbreviation: NR, not reported.
^aThe term urticarial/papules is used by the authors.

2.3.2. Transmission de pathogènes

Il n'existe à l'heure actuelle aucune preuve de transmission de pathogènes par les punaises de lit, malgré le grand nombre de pathogènes (virus, bactérie, parasites) isolés du corps et des déjections des punaises de lit. Goddard pose la question dans plusieurs articles (Goddard 2003a, 2003b, 2009) mais reconnaît l'absence de preuve, comme le montre le tableau 2 (Goddard, 2009).

Parasites

Concernant les parasites, les premières recherches sur la transmission possible de pathogènes ont porté sur les filaires dans les années 1950-1960. Burton (1963) cite de nombreux articles qui rapportent la présence de filaires dans les punaises, mais qui ne démontrent pas la transmission de ces nématodes.

Le seul pathogène pour lequel des indices de transmission vectorielle sont avancés est *Trypanosoma cruzi*, parasite responsable de la maladie de Chagas. *Trypanosoma cruzi* survit très longtemps dans le tube digestif des *Cimex* (Brumpt, 1936 ; Jorg, 1992). La transmission pourrait donc se faire de la même façon que chez les *Triatominae*, par les fèces. Cependant, le rôle exact de ces punaises dans les zones d'endémie où les *Triatominae* sont également présents n'est pas évalué (Goddard, 2011). Récemment, Salazar *et al.* (2014) ont démontré

au laboratoire une transmission bidirectionnelle de *T. cruzi* entre *C. lectularius* et des souris (*Mus musculus*). La plupart des punaises de lit utilisées dans ces expérimentations se sont ainsi contaminées lors d'un repas de sang sur des souris infectées. De plus, des souris saines ont acquis le parasite aussi bien durant une cohabitation avec des punaises (transmission orale) que par application expérimentale de fèces contaminées sur des lésions cutanées.

Source	Potential Disease Agent	No. of Bed Bugs, Animals, or Individuals	Data/Findings
Studies With Bed Bugs Only			
Nelson, ³¹ 1963	Filariasis	300 Bed bugs	Bed bugs fed on a man with infection (<i>Wuchereria bancrofti</i>); almost all bugs ingested microfilariae but most worms died within 3 d; a few microfilariae survived in bugs 20 d but showed no signs of development to infective third stage
Jupp and Lyons, ³² 1987	HIV	100 Bed bugs	4 In vitro attempts failed to transmit HIV from blood-virus mixture to uninfected blood by interrupted feeding of bed bugs via artificial membranes ^a
Webb et al., ³³ 1989	HIV	115 Bed bugs	No viral replication in bed bugs after feeding on HIV-infected blood; no mechanical transmission in vitro occurred during feeding through artificial membranes
Ogston et al., ³⁴ 1979	HBV	Approximately 100 third and fourth instar nymphs divided into experimental and control groups; 10 samples of several bugs each tested over 9 wk	HBsAg persisted in most bed bugs 4 wk after infected blood meal; 1 bug was HBsAg-positive 6 wk after initial feeding; all control bugs were negative; no evidence of HBV replication in bed bugs
Ogston and London, ³⁵ 1980	HBV	100 Bed bugs in treatment group and 100 in control group	After feeding on infected blood via artificial feeder, HBsAg appeared in bed bug feces collected during second week of experiment and present until eighth week; all bed bugs in control group were HBsAg-negative
Jupp and McElligott, ³⁶ 1979	HBV	136 Adult and 109 nymphal bed bugs	HBsAg persisted in bed bugs for >7 wk after experimental feeding, but no viral replication; all control bugs fed on HBsAg-negative blood were negative
Taylor and Morrison, ³⁷ 1980	HBV	288 Adult bed bugs, 80 third to fifth instar nymphs, and large number of first and second instar nymphs	3/23 HBsAg-positive nymphs in 1 batch were positive after 122 d; persistence of viral antigen and indications of increasing proportion positive at 2-3 mo suggested HBV replication in bed bugs; no transovarial transmission of HBV to bed bug offspring
Blow et al., ³⁸ 2001	HBV	100 Bed bugs fed on HBV-infected blood and 100 bed bugs fed on HBV-negative blood	Detection of HBV nucleic acids by PCR assays in bed bugs and their excrement up to 35 d after feeding on infected blood meal; HBV DNA was detected in bed bugs 21 and 28 d after infectious blood meal
Silverman et al., ³⁹ 2001	HBV	55 Bed bugs fed on HBV-positive human blood; control bed bugs fed on HBV-negative human blood (controls)	HBV DNA was detected by PCR assays in bed bugs and their excrement up to 6 wk after feeding on infected blood; HBV DNA was detected as early as day 1; excrement tested positive within 7 d after feeding
Studies With Bed Bugs and Laboratory Animals			
Jupp et al., ⁴⁰ 1991	HBV	200 Bed bugs and 3 chimpanzees	53%-85% Of bed bugs were HBsAg-positive after feeding on infected blood via artificial membrane; infected bed bugs were placed on 3 chimpanzees, who did not develop HBV infection up to 11 mo; attempt to artificially transmit HBV to chimpanzees failed
Jörg, ⁴¹ 1992	Chagas disease	1 Azara's grass mouse and 30 white laboratory mice	125 Bed bugs acquired infection with <i>Trypanosoma cruzi</i> after feeding on infected Azara's grass mouse and 96.6% of white mice were infected with <i>T. cruzi</i> 15 d after bug bites; infection maintained in bed bugs for 320 d
Studies of Bed Bugs and Disease in Human Settings			
Wills et al., ⁴² 1977	HBV	161 Bed bugs	23/161 Bed bugs (14.2%) collected from bedding in huts in Senegal, West Africa, were HBsAg-positive
Jupp et al., ⁴³ 1978	HBV	1368 Bed bugs from 6 localities	30.6/1000 Bed bugs collected from huts in HBV endemic areas in Africa were HBsAg positive
Hu et al., ⁴⁴ 1984	HBV	401 Bed bugs collected from beds	HBsAg positivity of bed bugs (n = 32) from HBsAg-positive carrier's beds in China was 56.2%; for HBsAg-negative (n = 140 bugs), 33.5%; and for HBsAg unknown status (n = 229 bugs), 24.4%
El-Masry and Kotkat, ⁴⁵ 1990	HBV	276 Soldiers; 1800 bed bugs from army barracks; 300 bed bugs from uninfected colony	10/276 Military recruits (3.6%) were HBsAg-positive; 300/1800 bed bugs (16%) collected from barracks were HBsAg-positive; all controls were negative
Rothberg and Pick, ⁴⁶ 1994	HBV	641 Children divided into treatment (n = 320) and control (n = 321) groups	Treatment group had insecticide sprayed to kill bed bugs in homes over 2 y. At end of intervention, 526 children retested and homes evaluated. No children in sprayed homes had bed bug bites; 69/160 children (28%) in treatment group were HBV-positive and 91/160 (33%) in control group had HBV infection. Bed bug eradication had no effect on HBV infection rates, despite reduction in bed bugs
Abbreviations: HBsAg, hepatitis B surface antigen; HBV, hepatitis B virus; HIV, human immunodeficiency virus; PCR, polymerase chain reaction.			
^a Tightly-stretched Parafilm membrane, a thermoplastic, self-sealing film (Pechiney Plastic Packaging Co, Chicago, Illinois).			

Virus

De nombreuses recherches ont été effectuées avec le virus de l'hépatite B. Si le virus a été détecté plusieurs fois dans des populations différentes de punaises en Afrique (Wills *et al.*, 1977 ; Jupp *et al.*, 1978), il semblerait que la quantité de virus décroisse avec le temps, ne montrant aucune multiplication dans le corps de la punaise (Jupp *et al.*, 1980). En d'autres termes, le risque théorique de transmission du virus de l'hépatite B par les punaises de lit existe mais aucun cas d'infection n'a été rapporté. Pour le HIV, il n'a pas été détecté dans les fèces et aucune réplication du virus dans le corps de l'insecte n'a été trouvé (Webb *et al.*, 1989).

D'autres espèces de *Cimicidae* peuvent transmettre des arbovirus. C'est le cas d'*Oeciacus vicarius*, inféodé aux hirondelles, qui peut transmettre le virus Fort Morgan, un alphavirus proche du virus de l'encéphalite équine de l'Ouest (Rush *et al.*, 1980). Ce virus ne semble pas pathogène pour l'homme.

Idem pour les virus Buggy Creek (Brown *et al.*, 2010) et Stone Lake (Brault *et al.*, 2009). En Thaïlande, les personnes qui pénètrent dans certaines grottes pour la collecte de guano de chauves-souris sont systématiquement infectées par le virus Kaeng Khoi. Les punaises de ces grottes, *Stricticimex parvus* et *Cimex insuetus*, sont agressives et piquent fréquemment les visiteurs. Elles ont été analysées positives au virus Kaeng Khoi avec des prévalences de 0,4 à 0,9 % (Williams *et al.*, 1976). Un article récent met en garde contre la « non transmission de pathogène » qui, selon les auteurs, serait trop rapidement attribuée aux punaises de lit; il existe en effet des arbovirus transmis à des oiseaux ou des chauves-souris qui sont proches d'arbovirus transmis par des moustiques (fig. A et B), si bien qu'un arbovirus "moustique" pourrait à terme muter et passer aux *Cimex* puis aux hommes (Adelman *et al.*, 2013).

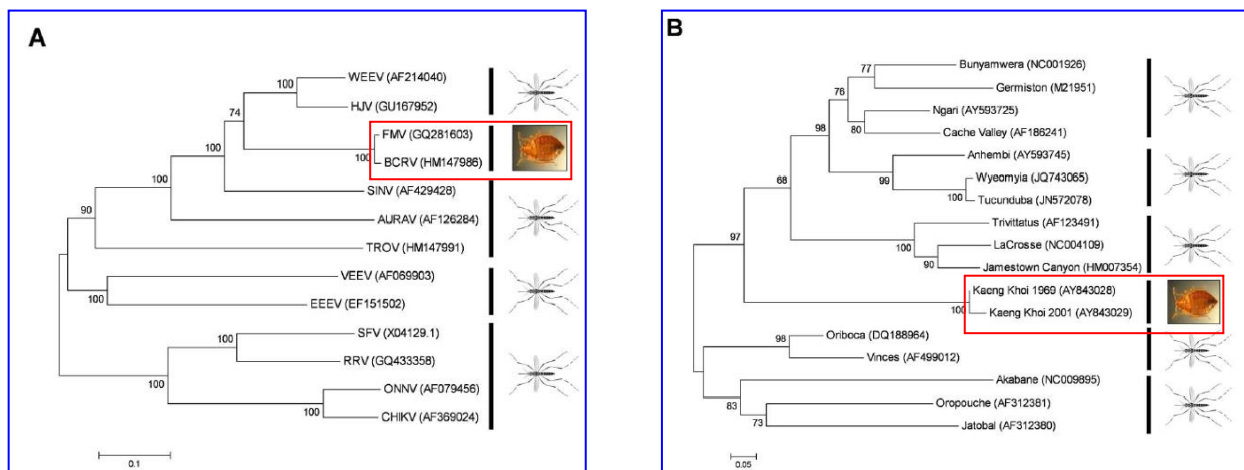


Fig. A : Fort Morgan Virus (*Togaviridae*) ; fig. B : Kaeng Khoi Virus (*Bunyaviridae*)

Bactéries

Les punaises peuvent acquérir *Coxiella burnetii*, bactérie responsable de la fièvre Q en piquant des animaux infectés. Cependant, la transmission par les punaises n'est pas mise en évidence.

Des études récentes montrent un risque avec *Rickettsia* sp. (*R. parkeri* in Goddard, 2012) ou *Bartonella* sp. (*B. quintana* in Angelakis et al., 2013).

Les tableaux ci-dessous sont extraits de la monographie d'Usinger (1966) et de la revue de Delaunay (2011).

DISEASE TRANSMISSION		41	
Table 4-1.—Survival time of various disease organisms in <i>C. lectularius</i> and <i>C. hemipterus</i> (Burton 1963).			
Disease	Disease organism	Location of organism in body	Maximum survival time, days
<i>C. lectularius</i>			
Filariasis	<i>Wuchereria bancrofti</i>	Throughout body	8
Mansonelliasis	<i>Mansonella ozzardi</i>	Gut	14+
Kala-azar	<i>Leishmania donovani</i>	Gut	35
Oriental sore	<i>Leishmania tropica</i>	Gut	35
Espundia	<i>Leishmania braziliensis</i>	Gut	35
Leprosy	<i>Mycobacterium lepro</i>	Head, proboscis, and hemocoel	16
Septicemia	<i>Staphylococcus aureus</i>	Salivary glands	14-15
Anthrax	<i>Bacillus anthracis</i>	Body and feces	4
Pneumonia, type 2	<i>Diplococcus pneumoniae</i>	Gut and malpighian tubules	30-85
Tularemia	<i>Pasteurella tularensis</i>	Feces	250+
Brucellosis	<i>Brucella abortus, melitensis, suis</i>	Gut	90+
Paratyphoid fever	<i>Salmonella paratyphi</i>	Gut and feces	21
Plague	<i>Pasteurella pestis</i>	Gut	147
Rocky Mountain spotted fever	<i>Rickettsia rickettsii</i>	Gut	7-27
Epidemic typhus	<i>Rickettsia prowazekii</i>	Gut	30
Murine typhus	<i>Rickettsia typhi</i>	Gut	6
Q fever	<i>Coxiella burnetii</i>	Feces	285
Relapsing fever	<i>Borrelia recurrentis</i>	Not specified	1+
Relapsing fever	<i>Borrelia duttoni</i>	Not specified	150+
Relapsing fever	<i>Spirochaeta merionesi</i>	Not specified	200
Infectious jaundice of Brazzaville	<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	Not specified	38
Poliomyelitis	Poliomyelitis virus	Not specified	7
Yellow fever	Yellow fever virus	Feces	15
Smallpox	Smallpox virus	Salivary glands and hemolymph	12
Lymphocytic choriomeningitis	Lymphocytic choriomeningitis virus	Feces	85+
<i>C. hemipterus</i>			
Filariasis	<i>Wuchereria bancrofti</i>	Throughout body	1-20+
Oriental sore	<i>Leishmania tropica</i>	Alimentary tract	
Kala-azar	<i>Leishmania donovani</i>	Midgut (after 6 uninfected blood meals)	41
Relapsing fever	<i>Borrelia recurrentis</i>	Gut, coelomic fluid, and legs	28+
Yellow fever	Yellow fever virus	Feces	1-2

Table 1. Classification of Studies on Pathogens Carried by *Cimex lectularius* or *Cimex hemipterus* According to Their Vectorial Competence or Vectorial Capacity

No.	Pathogen	Laboratory investigation: vectorial competence					Studies in the wild: vectorial capacity	
		Acquisition	Maintenance			Transmission to another animal	Inference, deductive reasoning, or conjecture	Found in wild bedbugs
			Replication†	Detection				
	Detection ^a		Saliva	Feces	Transovarian			
Bacteria								
1	<i>Bacillus anthracis</i>	No [7]			Yes and no [7]			
2	<i>Bartonella quintana</i>	No [7]		No [7]				
3	<i>Borrelia recurrentis</i>	Yes [7]					Yes [7]	
4	<i>Borrelia duttoni</i>	No [7]						
5	<i>Brucella melitensis</i>	Yes [7]		Yes [7]				Yes [7]
6	<i>Candidatus Mitsukurina mitochondrii</i>							Yes [36]
7	<i>Coxiella burnetii</i> (Q fever)	Yes [7, 28, 29]	Yes [28, 29]	Yes [28, 29]	Yes [28, 29]	Yes, suspected [28, 29]	Yes [28, 29]	Yes [28, 29]
8	<i>Francisella tularensis</i>	Yes [7]		Yes [7]		Yes, via feces [7]		
9	<i>Leptospira</i> spp	No [7]						
10	<i>Mycobacterium leprae</i>	Yes [7]	No [7]	Yes [7]		No [7]	Yes [7]	
11	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>							Yes [6, 7]
12	<i>Rickettsia africae</i>		No [7]					
13	<i>Rickettsia conorii</i>	Yes [7], injection	No [7]	No, meal; yes, injection [7]				
14	<i>Rickettsia prowazekii</i>		No [7]				Yes [7]	
15	<i>Rickettsia rickettsii</i>	Yes [7], injection	Yes and no [7]	Yes and no, meal; yes, injection [7]		Yes [7]	No, via feces or meal [7]	Yes [7]
16	<i>Rickettsia typhi</i>	Yes [7], injection						
17	<i>Salmonella typhi</i>	Yes [7]		Yes [7]		Yes [7]	Yes [7]	
18	<i>Staphylococcus aureus</i>	Yes [7]		Yes [7]				
19	<i>Streptococcus pneumoniae</i>		No dead bedbugs [7]			Yes [33]		
20	<i>Wolbachia</i> spp	Yes [7]						Yes [32, 33]
21	<i>Yersinia pestis</i>						Yes [7]	
Fungi								
22	<i>Aspergillus flavus</i>							Yes, carried [6, 37]

Table 1. (Continued)

No.	Pathogen	Laboratory investigation: vectorial competence					Studies in the wild: vectorial capacity	
		Acquisition	Maintenance			Transmission to another animal	Inference, deductive reasoning, or conjecture	Found in wild bedbugs
			Replication†	Detection				
	Detection ^a		Saliva	Feces	Transovarian			
23	<i>Penicillium</i> spp							Yes, carried [37]
24	<i>Scopulariopsis</i> spp							Yes, carried [37]
Parasites (filariasis)								
25	<i>Brugia malayi</i>	Yes [7]	No [7]					Yes [7]
26	<i>Wuchereria bancrofti</i>	Yes [7]	No [7]					Yes [7]
27	<i>Mansonella ozzardi</i>	Yes [7]	No [7]					
28	<i>Onchocerca volvulus</i>	No [7]	No [7]					
29	<i>Leishmania braziliensis</i>	Yes [7]		Yes [7]				
30	<i>Leishmania donovani</i>	Yes [7]	No [7]	Yes and no, stomach [7]	Yes [7]	No [7]		No [7]
31	<i>Leishmania tropica</i>	Yes and no [7]		Yes [7]			Yes [7]	
32	<i>Plasmodium</i> spp						Yes [7]	
33	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Yes [6, 7, 39, 40]	Yes [7, 39, 40]	Yes [7, 39, 40]		Yes and no, via feces [7, 39, 40]		Yes [7, 39, 40]
34	<i>Trypanosoma gambiense</i>						Yes [7]	
Viruses								
35	Hepatitis B	Yes [6]	Yes and no [6]	Yes [6]	No [6]	No [6]	Yes [6]	Yes [6]
36	Hepatitis C	No [6]						Yes [6]
37	Hepatitis E							Yes [6]
38	Human immunodeficiency	Yes [6]	No [6]	No [6]		No [6]		
39	Influenza						Yes [7]	
40	O'nyong-nyong							No [46]
41	Polio	Yes and no [7]						
42	Rabies		No [47]					
43	Reovirus							Yes [48]
44	Variola (smallpox)	Yes [7]	Yes [7]	Yes [7]				
45	Yellow fever	Yes and no [7]		Yes [7]				

NOTE. Classification of 45 microbes (bacteria, fungi, parasites, and viruses) in alphabetical order. For each pathogen, studies are classified according to vectorial competence (acquisition, maintenance, and transmission) and vectorial capacity (reasoning and detection in the wild). We intentionally listed a maximum of investigations without considering their quality to compare the process of studies. For each cell, no means negative results or failure, yes means positive results or success, and a blank cell means no published study was found.

^a After a blood meal (meal) or intragut injection (injection).

Malgré la présence de tous ces pathogènes dans le corps des punaises, le mode de contamination le plus souvent évoqué serait celui du contact avec les fèces ou le fait d'écraser la punaise sur la peau.

2.3.3. Anémie

Plusieurs articles font état d'anémie suite à une multiplication répétée de piqûres chez des personnes présentant des infestations massives (Venkatachalam *et al.*, 1962 ; Pritchard *et al.*, 2009 ; Paulke-Korinek *et al.*, 2012, Sabou *et al.*, 2013). En général il s'agit de personnes âgées présentant une santé déjà affaiblie. Des bilans effectués sur des personnes en bonne santé et exposées chaque nuit à de très nombreuses piqûres n'ont pas permis de détecter de signes d'anémie (taux Hb normal, fer normal) mais le taux initial était inconnu. Usinger (1966) a nourri des *Cimex* sur lui pendant 7 ans; son taux initial d'hémoglobine était de 14,5 g/10 ml et a chuté au final à 11,5 g/10 ml. Après arrêt de l'expérimentation, son taux est remonté quelques mois plus tard à 13,5 g/10 ml.

2.3.4. Impact psychologique

Des études basées sur l'interrogation de personnes victimes des punaises de lit, révèlent des troubles du sommeil, cauchemars, des symptômes d'anxiété et des dépressions (Goddard *et al.*, 2012 ; Susser *et al.*, 2012). Un cas de suicide (homme 62 ans) suite à des infestations récurrentes de punaises de lit vient d'être décrit (Burrow *et al.*, 2013).

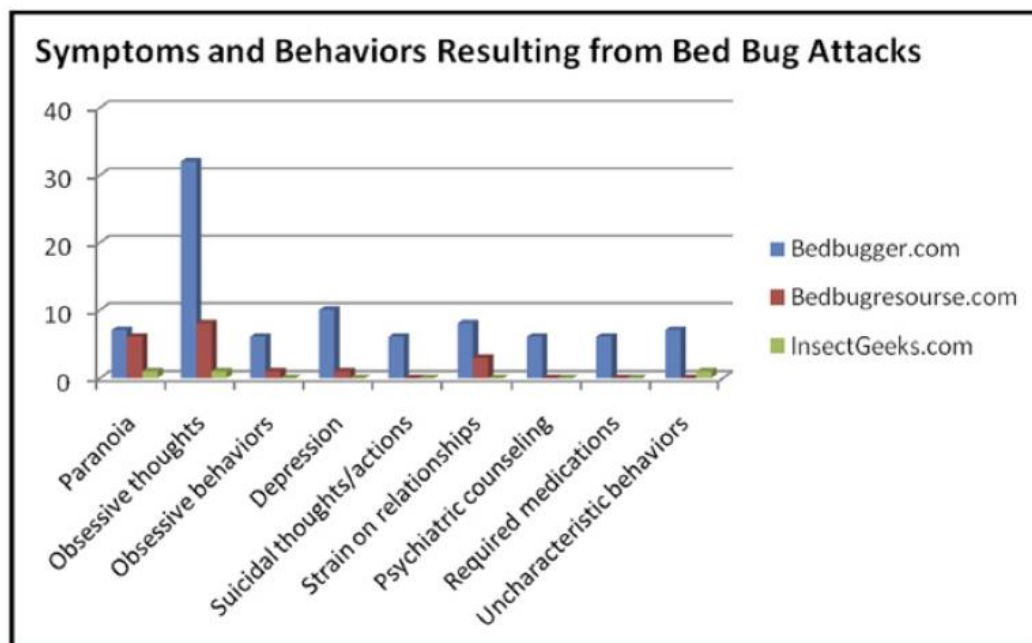


Figure Distribution of symptoms in 135 Internet reports describing effects from bed bug attacks.

(Goddard *et al.*, 2012)

2.3.5. Effets indirects

L'utilisation excessive d'insecticide, généralement des pyréthrinoïdes de synthèse accessibles au grand public, est habituelle. Un rapport du CDC portant sur 7 états américains recense 111 cas d'intoxication par ces produits entre 2003 et 2010.¹

Un cas d'atteinte rénale est signalé chez une patiente de 66 ans victime d'une nécrose tubulaire aigue suite à une exposition excessive à des pyréthrinoïdes (Bashir *et al.*, 2013).

¹ Source : Health Alert Network-November 27, 2012, 21:05 ET (9:05 PM ET)
CDC HAN-0336-2012-11-27-ADV-N -Health concerns about misuse of pesticides for bed bug control.

3. Evaluation critique des moyens et méthodes disponibles pour la lutte

Contrairement à d'autres insectes nuisants ou vecteurs, le seul objectif à atteindre pour les personnes victimes d'infection, et donc le responsable de la lutte, est la suppression totale des punaises sur un site. Il n'existe pas de taux ou de seuil résiduel acceptable. Cet objectif unique est souvent complexe à atteindre et aura toujours un coût non négligeable pour un particulier ou un propriétaire de site. Dans certain cas, il est souhaitable (avant toute lutte) d'évaluer ce coût et de savoir qui en aura la charge afin, parfois, d'ajuster cette lutte en fonction des contraintes budgétaires sans transiger sur l'objectif d'élimination.

Par expérience des experts et lecture de la bibliographie, la lutte contre les punaises de lit se conçoit uniquement dans un cadre de "lutte intégrée" qui se décline en 6 étapes successives (Doggett, 2013).

- 1- Détection de la présence sur le site et identification de punaises de lit (*Cimex lectularius* et/ou *Cimex hemipterus*)
- 2- Evaluation de l'infestation (répartition et quantification)
- 3- Mise en place d'une lutte mécanique
- 4- Mise en place d'une lutte chimique
- 5- Evaluation de la lutte
- 6- Mise en place d'une prévention

3.1. La détection de la présence et l'identification de punaises de lit sur un site

La mise en évidence de la présence de l'espèce, par des preuves directes ou indirectes, est un pré-requis indispensable à la mise en place d'une stratégie de gestion. La mise en évidence d'une infestation par les punaises de lit nécessitera une inspection par un professionnel spécifiquement formé et pourra être optimisé par l'utilisation de dispositifs de suivi.

Plus cette détection sera précoce, plus le programme de lutte aura des chances de succès. Cette détection suit généralement un processus de signalement puis de confirmation du signal. Le signal proviendra le plus souvent de plaintes pour piqûres. Les réactions aux piqûres d'insectes sont souvent non spécifiques, parfois retardées (jusqu'à 11 jours) (Bernardeschi *et al.*, 2013), voir asymptomatiques.

L'identification de l'insecte par la piqûre doit être faite par une personne d'expérience (entomologiste, parasitologiste, médecin ou pharmacien formé à cette discipline). Les piqûres sont généralement localisées aux parties découvertes du corps, parfois regroupées par 3 ou 4 en ligne ou en courbe (Bernardeschi *et al.*, 2013). Cette observation doit être accompagnée d'un interrogatoire du patient pour connaître son mode et lieu de vie.

Cette identification de l'insecte par la piqûre constitue une orientation mais ne sera jamais un diagnostic de certitude.

La confirmation du signal se fera dans une très grande majorité des cas par une identification précise du matériel biologique collecté. Des éléments sont proposés dans ce rapport pour faciliter cette identification.

3.1.1. Inspection humaine visuelle active

Cette inspection, réalisée par un professionnel qualifié, constitue une étape indispensable et ne peut jamais être totalement remplacée par les outils décrits ci-après. Muni obligatoirement d'une loupe et d'une lampe de poche, elle doit se faire sur tous les lieux de vie de la punaise. Elle peut s'avérer fastidieuse, extrêmement chronophage et peu sensible lorsqu'elle s'étend sur de grands ou multiples sites. Cette inspection est indispensable avant toute action de lutte. Elle doit être envisagée de façon active et avec un investissement réel du professionnel (déplacements du mobilier, démontage de plinthes, retournement des matelas, examens des sommiers...).

Cette inspection peut être complétée en utilisant des outils tels que lumière noire², spray insecticide à usage répulsif³, colorant fécal⁴. Ces outils bio-mécaniques facilitent l'inspection humaine visuelle active. Cependant, ils sont un complément à celle-ci et ne sauraient s'y substituer complètement.

² Certaines protéines contenues dans le sang, dans les excréments, dans les exuvies nymphales ou encore dans les œufs ont des propriétés fluorescentes lorsqu'elles sont éclairées par une source lumineuse adaptée. De tels kits commerciaux (torche de lumière noire et lunettes de protection) sont disponibles sur le marché.

³ Un spray insecticide avec un embout fin appliqué 1 ou 2 secondes dans certains recoins permettra de débusquer des punaises par l'effet répulsif du produit.

⁴ Des kits de détection fécale sont également disponibles dans le commerce. Ils sont à déposer sur les taches suspectées être des déjections de punaises et permet de détecter la présence de résidus sanguins (Gürtler *et al.*, 2001).

3.1.2. Détection olfactive canine

La punaise de lit a une odeur caractéristique aisément détectable par un chien spécifiquement dressé. L'efficacité de cette méthode est très dépendante du dressage et du maître-chien : Faux positifs et Faux négatifs existent dans certains cas et le taux de détection ne semble pas forcément lié au niveau d'infestation (Cooper, 2014). Cette méthode a été évaluée à 95 % de sensibilité par certains auteurs (Pfiester *et al.*, 2008) mais d'autres suggèrent une sensibilité de 11 à 83 % (Wang & Cooper, 2011) selon les chiens. Le chien (dressé par un spécialiste) doit détecter la présence de punaises aux stades adultes, larves et œufs et différencier les stades morts des stades vivants. Le maître-chien doit avoir reçu une formation sur les punaises de lit pour bien connaître cet insecte et gérer avec intelligence les attitudes de son chien. L'Association Nationale de la lutte antiparasitaire d'Amérique (NPMA) a récemment défini des normes pour la certification des chiens et de leurs maîtres (NPMA 2011).

3.1.3. Pièges passifs et actifs utilisés pour la détection des punaises de lit

Les pièges passifs sont placés aux endroits où les punaises sont susceptibles de passer lors de leur recherche d'hôte (pieds de lits, en dessous des canapés, à proximité des meubles...). Ce type de piège contient le plus souvent une substance empêchant l'insecte de s'échapper (bande adhésive, lubrifiant, agent mouillant...).

Les pièges actifs utilisent une source de chaleur, un attractif chimique (phéromone, CO₂,...) ou les deux.

La fréquence moyenne des repas de sang des punaises de lit est de 2,5 jours (Reinhardt *et al.*, 2010) mais des observations individuelles montrent que cette durée, selon les punaises de lit, varie de 3 et 15 jours. Aussi, il est conseillé de laisser les dispositifs de piégeage (actifs ou passifs) en place au moins une semaine, voire deux, afin de détecter de faibles infestations.

3.1.4. Piège passifs (substitut d'abris)

Carton gluant

Un groupe de pièges de forme repliée (avec des recoins sombres) sert de zone de repos ; une colle piège l'insecte s'y hasardant⁵.

Placés en des centaines d'endroits dans un bâtiment, ces pièges peuvent être rapidement recueillis et remplacés dans le même temps. Chaque carton recueilli avec ses coordonnées d'emplacement est ensuite examiné en laboratoire.

Ce type de détecteur existe également sous la forme d'une boîte en carton pouvant contenir des plaques de cartons ondulés reproduisant les lieux habituels de cache des punaises de lit⁶. Certains sont spécialement conçus pour être placés sous les pieds du lit⁷.

Ces pièges uniquement "mécaniques" sont peu coûteux et faciles à gérer, cependant ils ont toujours une attractivité moindre que les pièges avec attractifs.

⁵ Exemple de produit commercial : Trapper Monitor Insect Trap TM2600, Suterra Bed Bug Monitoring Trap.

⁶ Exemple de produit commercial : Bedbug Card Monitor, Bed Bug Inn, Catch-master BDS.

⁷ Exemple de produit commercial : Eco-keeper.

Protection des pieds de lit par trempage du pied dans eau savonneuse

L'eau savonneuse (mouillant) empêche les punaises de marcher sur l'eau, et les punaises se noient. Si ce dispositif a pour principale vocation de prévenir l'accès des punaises aux lits, il permet également de certifier leur présence.

Scotch double face sans insecticide

Certains adhésifs double-face sont spécialement mis au point pour capturer les punaises. A contrario, le scotch double face pour moquette est peu efficace car les punaises arrivent à marcher ou faire un pont.

Ce dispositif peut également être couplé à un insecticide en traitant la bande adhésive par une substance active (Wang *et al.*, 2013).

Protection par coupelle (pit-fall) des pieds de lit

Extrêmement utilisés en pays anglo-saxon, ces pièges servent quatre objectifs : (1) la détection, (2) le contrôle des punaises, (3) la prévention des piqûres au niveau des zones de couchages et (4) l'évaluation de l'efficacité des programmes de lutte.

Certains de ces pièges ont une forme en double zone qui différencie les punaises provenant du lit de celles provenant du sol.

Ils peuvent contenir des substances insecticides ou qui les empêchent de s'échapper. Il est par exemple possible d'utiliser du talc qui constitue, selon dires d'experts, un excellent lubrifiant qui empêche les punaises de remonter le long des parois verticales (Wang *et al.*, 2009a). Une étude suggère que ce type de piège peut présenter une meilleure efficacité que l'inspection visuelle et constituer ainsi une option particulièrement intéressante dans les programmes de contrôle des punaises de lit, non seulement pour la détection des punaises, mais également pour l'évaluation de l'efficacité du contrôle de l'infestation (Wang *et al.*, 2009a).

Ces pièges à placer aux pieds du lit nécessitent, pour être efficaces, que le lit soit entièrement décollé du mur et que les draps ne traînent pas au sol⁸.

3.1.5. Pièges actifs

Une étude montre que le CO₂ constitue l'attractif le plus efficace comparativement à la chaleur et aux attractifs chimiques, dans un but de détection (Wang *et al.*, 2009b). Dans une autre étude, il est montré qu'un piège passif (le ClimUp Insect Interceptor) était plus sensible pour détecter les punaises de lit – notamment dans le cas de faibles infestations – que des appareils commerciaux utilisant le CO₂ comme attractif (Wang *et al.*, 2011).

Piège avec attractif thermique

La punaise de lit est naturellement attirée par la chaleur. Certains pièges utilisent soit une "chaufferette" à usage unique soit une résistance chauffante. La punaise attirée est alors collée par une glue ou tuée par un insecticide. Ces pièges perdent de leur efficacité lorsqu'ils sont disposés dans une chambre occupée. Le corps humain étant plus attractif (masse

⁸ Exemple de produit commercial : ClimUp Insect Interceptor, intercepteurs de punaises de lit BED MOAT.

calorique et dégagement de CO₂ important). Des études montrent que le piège à attractif thermique est moins performant que le piège à dégagement de CO₂ (Singh *et al.*, 2013)⁹.

Piège avec attractif CO₂

Des dispositifs commerciaux existent, mais il est également possible de confectionner soi-même des pièges utilisant le CO₂ comme attractif. Une étude a d'ailleurs montré une meilleure efficacité pour un dispositif maison utilisant de la carboglace que pour des dispositifs commerciaux par ailleurs onéreux (voir ci-dessous).

a. Dispositifs commerciaux

L'efficacité du piège est augmentée lorsque du CO₂ est dégagé à un débit compris entre 50 et 400 mL/min (Anderson *et al.*, 2009)¹⁰.

b. Dispositifs "maison"

Production de CO₂ à base de levure

Le CO₂ peut être produit par un mélange de sucre et de levure (Singh *et al.*, 2013). Certains sites internet proposent d'ailleurs des conseils pour élaborer un dispositif basé sur cette source de CO₂¹¹.

Production de CO₂ à base de glace carbonique

Un piège de confection maison qui utilise de la glace carbonique à un taux de 731 à 800 mL/min a permis de recueillir environ trois fois plus de punaises que deux pièges commerciaux produisant 42 et 161 mL/min (Wang *et al.*, 2011).

Piège avec attractif de phéromones ou d'odeurs spécifiques

De nombreux produits commerciaux proposent des pièges utilisant des substances sémiocchimiques. Les études montrant une efficacité pour ce type d'attractif ont utilisé des pièges combinant des kairomones à d'autres attractifs (chaleur ou CO₂) (Anderson *et al.*, 2009, Weeks *et al.*, 2011, Singh *et al.*, 2013). L'utilisation de ces substances sémiocchimiques semble ainsi améliorer des outils de détection passifs ou actifs (utilisant notamment du CO₂)¹².

Un travail récent (Gries *et al.*, 2014) a analysé l'hormone d'agrégation des punaises de lit et a mis en évidence 5 composés volatiles et un composé moins volatil, l'histamine, qui incitent les punaises à rester sur place. Il existe déjà des moniteurs efficaces comme le moniteur Suterra (Boase *et al.*, 2012) et on peut penser que des moniteurs encore plus efficaces vont être prochainement disponibles.

⁹ Exemples de produit commercial : Bed Bug Alert (BB ALERT), Silvatronic Bug Dome Bed Bug Heat Monitor, springstar first response bed bug trap.

¹⁰ Exemples de produit commercial : Bed Bug Beacon by PackTite, NightWatch (ne se fabrique plus), CDC3000, FMC Verifi.

¹¹ <http://www.la-punaise-de-lit.com/piege-efficace-pas-cher-a-faire-soi-meme-pour-detecter-punaises-de-lit>

¹² Exemples de produit commercial utilisant uniquement des substances sémiocchimiques : Springstar first response bed bug trap, First response bed bug monitor, BuggyBeds, Bed Bug Alert.

3.1.6. Détection de l'activité des punaises

Détection du CO₂ émis par les punaises

Certains appareils visent à détecter le dioxyde de carbone produit par les punaises de lit. Aujourd'hui aucune donnée de la littérature ne démontre l'efficacité de cette méthode. Selon dires d'expert, cette méthode n'est pas jugée efficace ni adaptée aux infimes quantités de CO₂ produites par les punaises de lit.

Détection du déplacement des punaises

Tout comme pour les termites, l'activité de déplacement des punaises pourrait être détectée par des capteurs sonores. Mais, là encore, aucun document ne démontre l'efficacité du procédé.

Il est envisageable que des appareils puissent détecter et identifier de manière spécifique le déplacement des punaises de lit à l'aide de détecteurs infrarouge, acoustique ou de vibrations (Mankin *et al.*, 2010). Cette voie de recherche ne constitue pas aujourd'hui une solution opérationnelle.

Détection des phéromones par analyse de l'air

Des études tendent à développer des dispositifs d'analyse d'air capables de détecter les phéromones émises par les punaises. Si les premiers résultats sont encourageants, un tel outil devrait être proposé à un coût raisonnable pour être acceptable d'un point de vue opérationnel. Il pourrait constituer un outil intéressant pour cibler de façon précise les unités infestées dans des bâtiments (immeubles, hôpitaux, prisons...) (Eom *et al.*, 2012).

3.2. Evaluation de l'infestation (répartition et quantification)

L'étape précédente de détection doit permettre de confirmer un signal d'infestation et, idéalement d'obtenir des indications du niveau d'infestation tant en termes de répartition spatiale qu'en termes quantitatifs.

La quantification de l'infestation reste néanmoins subjective et fortement corrélée à l'aménagement et à la configuration du lieu en question. Il n'existe pas de quantification standardisée et les termes "faibles", "moyens" ou "forts", souvent utilisés, ne s'appuient pas sur un nombre de spécimens par pièce ou par meuble. Le questionnement des occupants ne peut pas être fiable car surévalué par la méconnaissance, l'angoisse, la panique ou sous-évalué par la méconnaissance, le tabou, la honte...

Seule une personne d'expérience (entomologiste, professionnel de la désinsectisation...) peut évaluer l'infestation par un travail de recherche visuel ou l'utilisation complémentaire « d'outils de détection » (meuble par meuble, pièce par pièce, appartement par appartement).

Cette évaluation devra partir du site détecté (souvent le lit ou le canapé) et devra être menée de façon centrifuge.

Par cette démarche, les zones infestées et les zones indemnes seront identifiées pour mettre en place un programme intégré de contrôle des punaises.

Une telle approche ne permettra pas de quantifier avec précision le niveau d'infestation mais permettra cependant de disposer d'éléments d'aide à la prise de décision concernant les "zones de traitements".

3.3. Méthode de lutte mécanique

La lutte mécanique (*i.e.* non chimique) est un volet primordial de tout programme de contrôle intégré (Doggett, 2009 ; Doggett, 2013). Ce type d'intervention nécessite très souvent de manipuler le mobilier et de rendre accessible l'ensemble des recoins des différentes pièces affectés.

3.3.1. Rangement-Nettoyage et/ou restauration du site

Aspiration

Passer l'aspirateur réduit toujours significativement le nombre de punaises. Par contre, cette méthode n'est que très partiellement efficace sur les œufs qui restent accrochés à leur support.

Les punaises ne sont pas toujours tuées par cette action même si les aspirateurs "sans sac" ont tendance par centrifugation et choc à fortement altérer voir tuer les punaises. L'aspirateur doit être stocké dans une zone très facilement nettoyable (douche, salle de bain...), son sac doit être jeté dans un sac étanche, son bac nettoyé. Le conduit d'aspiration doit être traité par aspiration d'insecticide en poudre ou de terre de diatomée ou de talc... Il est préférable d'emballer le sac dans un autre sac étanche. L'utilisation de filtre HEPA (filtre à air à très haute efficacité capable de filtrer, en un passage, au moins 99,97 % des particules de diamètre supérieur ou égal à 0,3 µm) permet par ailleurs d'aspirer la plupart des débris et allergènes associés aux punaises de lit. Suite à ce type de traitement, le sac sera détruit ou traité notamment pas des procédés thermiques.

Brossage

Le brossage peut être suggéré, en particulier pour l'élimination des œufs. Mais ce brossage peut être source de dispersion de l'infestation et doit donc être effectué dans une zone éloignée du site (jardin...) ou facilement lavable (salle de bain...) en brossant les supports au dessus d'un récipient contenant une solution d'eau savonneuse ou d'alcool à brûler.

Isolement des matelas et sommiers

Des housses anti-punaises pour matelas et sommiers sont disponibles dans le commerce. Celles-ci permettent de conserver matelas et sommiers au sein desquelles des populations résiduelles sont ou pourraient être présentes en piégeant les punaises entre la housse et le matelas (ou le sommier). Ces housses étanches aux punaises empêchent de nouvelles introductions dans la literie et limitent les possibilités de cache. Enfin, ce type de dispositif constitue une alternative au traitement chimique de la literie, particulièrement problématique du fait de l'exposition des personnes à ces produits (Cooper, 2007).

Des essais ont montré que la méthode consistant à emballer des matelas infestés dans du plastic noir et à les placer au soleil était inefficace. Une exposition pendant 9 h à une température extérieure de 36,5°C (Australie) n'était ainsi pas suffisante pour tuer les punaises de lit (Doggett *et al.*, 2006).

Lavage a l'eau ou appareil haute pression

Cette méthode peut rarement être mise en application. Dans certains contextes particuliers où le mobilier a pu être supprimé ou est résistant à ce type d'intervention, le lavage total avec récupération ou évacuation des eaux usées peut être proposé (salle de bain, maison de détention...).

3.3.2. Suppression des éléments infestés

Cette méthode est malheureusement la plus souvent utilisée avant même l'évaluation de l'infestation et/ou le recueil de conseils auprès d'un spécialiste ou d'un désinsectiseur.

Cette méthode peut être source de contamination d'autres sites par récupération des éléments jetés. Pour être efficace elle doit être associée à une lutte intégrée, ce qui est rarement le cas. Elle peut dans la majorité des cas être évitée par souci d'économie car l'objet peut souvent être traité. Elle est indispensable dans les sites encombrés. A noter qu'une punaise n'a pas la possibilité de trouser ou percer une surface de tissu ou autre. Un matelas en bon état n'a donc pas de raison d'être infesté "à l'intérieur", il ne nécessite donc pas d'être jeté. Dans le doute on peut mettre une housse adaptée (cf. supra) ou plus simplement, du film alimentaire (Pascal Delaunay, non publié) ; on emballe bien tout le matelas et si il reste des punaises on les voit mortes sous le plastique peu après. Ce plastique peut être utilisé aussi avant de jeter un matelas ou canapé, de façon à passer dans les couloirs sans semer des punaises lors de ce transport.

La suppression d'un objet doit se faire dans les conditions suivantes :

- Emballer de façon étanche l'élément à jeter et le rendre inutilisable par destruction (déchirement, éviscération, désarticulation, marquage...).
- Pour les éléments très encombrants (lit, meuble...) procéder comme ci-dessus et prévenir les services de la municipalité chargés du retrait des encombrants en spécifiant que cet élément doit être évacué rapidement car il est infesté par des punaises.

3.3.3. Chaleur

L'objectif de la lutte par la chaleur est de faire monter la température de l'insecte (œuf-larve-adulte) au-delà de 55-60°C. Une température de 48°C pendant au moins une heure a été proposée pour atteindre 100 % de mortalité des punaises de lit au laboratoire (Benoit *et al.*, 2009a).



Photo montrant un matelas éventré portant également une inscription "Bed bugs". Crédits bitchcakes @ Flickr

Appareil à vapeur humide ou sèche (steamer)

Plus la température émise par l'appareil est élevée, plus la probabilité d'élever la température de la punaise et de ses œufs au-delà de 55-60°C augmente (et plus la durée d'exposition nécessaire diminue). Ce type de traitement est très efficace lorsqu'il est effectué directement sur les punaises ou leurs lieux de repos. Par contre, en conditions réelles, il sera toujours délicat de cibler tous les lieux de repos des insectes, notamment dans le cas de structures complexes. Aussi, ce type de traitement doit être considéré comme une composante d'une approche intégrée pour le contrôle des punaises de lit (Puckett *et al.*, 2013).

Les appareils les plus simples et les moins coûteux émettent une vapeur à 110°C. Les appareils les plus sophistiqués émettent une vapeur à 180°C. La chaleur sèche est par ailleurs plus performante que la vapeur humide. L'appareil doit avoir un faible souffle afin de ne pas expulser les insectes lors de l'application lors de la lutte. Certains appareils s'estiment "spécial punaises de lit", car ils émettent une chaleur sèche à 180°C avec un souffle faible associé à une solution hydro-alcoolique nettoyante.

Machine à laver le linge

Un lavage à 60 °C est efficace contre tous les stades de développement de la punaise de lit (Naylor & Boase, 2010). Il est souhaitable dans l'organisation de la lutte, de préparer son linge dans des sacs hydrosolubles qui pourront être directement mis dans la machine à laver. Attention de ne pas surcharger la machine à laver ce qui empêcherait une bonne diffusion de la température. Une fois le linge sec, il est important de l'emballer dans des sacs étanches (sac poubelle ou sac anti-punaise) dans une zone sans punaises.

Sèche-linge

A toujours conseiller après le lavage, le sèche-linge peut être utilisé directement sans lavage, au moins 30 mn, ainsi la température de séchage sera toujours supérieure à 60°C. En effet, la température en sèche-linge dépasse 60°C et l'assèchement augmente la létalité de la punaise. Une fois le linge sec, suivre les recommandations de rangement ci-dessus.

Lavage à sec

Le lavage à sec semble être létal pour les punaises, probablement par l'action des solvants utilisés. Il peut être utilisé ponctuellement pour des tissus délicats. Attention de bien apporter le linge emballé à la laverie. Informer le professionnel de cette infestation afin qu'il ouvre le sac dans l'appareil de lavage à sec.

Chauffage total des meubles ou de l'habitation

Cette méthode professionnelle est déconseillée pour les particuliers. Elle a été à l'origine d'incendie. Souvent coûteuse, elle doit être rigoureuse et associée à des procédés professionnels de ventilations et de calfeutrage pour bien diffuser la température tout en empêchant la fuite des punaises vers des lieux plus frais non contaminés (conduites électriques, d'aération, passage sous les murs...). La SNCF décontamine ses voitures (pour le transport des voyageurs) par cette méthode.

Une étude s'est focalisée sur les conditions opératoires de cette méthode pour la désinsectisation de mobilier. La cinétique de la mortalité des punaises par la chaleur y est détaillée pour le chauffage du mobilier à des températures comprises entre 41 et 49°C (Pereira *et al.*, 2009).

3.3.4. Froid

-20°C

Les températures inférieures à -17°C sont mortelles pour les punaises de lit lorsque celles-ci sont exposées pendant au moins 2 h (Benoit *et al.*, 2009a, Naylor & Boase, 2010). Ainsi de nombreux éléments infestés peuvent être placés dans le congélateur d'un particulier (lingerie fine, téléphone, livres...). Il faut s'assurer que l'objet, dans sa totalité, est bien à -20°C. Pour cela, congeler 24 h, voire 48 h, est souvent conseillé.

Dans certaines configurations (logements sociaux par exemple), ce procédé présente des avantages logistiques : le linge est emporté dans des sacs scellés et rendus dans les mêmes sacs tout en évitant la détérioration des fibres fragiles, contrairement au lavage.

-180°C ou -80°C

La lutte par azote liquide (-180°C) ou CarboGlace a été il y a quelques années beaucoup utilisée. Malheureusement, les appareils de congélation "flash", sous haute pression, peuvent projeter les punaises non mortes au loin ou encore des exuvies au sein desquelles se trouvent des stades juvéniles. Une telle dispersion a déjà été mise en évidence par courants d'air (Feldaufer & Loudon, 2011) et est bien entendu indésirable. De plus par expérience d'expert, après décongélation, certaines punaises n'avaient pas été tuées par cette méthode. Cette méthode n'est donc pas recommandée.

3.3.5. Vide, anoxie, fumigation

Le vide d'air engendré par un aspirateur dans des sacs spéciaux pour rangement n'est pas assez anoxiant pour les larves, les adultes et encore moins pour les œufs. Un sac étanche, une fois vidé de son air ne suffit pas. L'utilisation complémentaire d'absorbants d'oxygène est indispensable pour supprimer totalement l'oxygène de l'air.

Saturer l'atmosphère de CO₂ peut être une autre méthode d'anoxie (Wang *et al.*, 2012). La saturation doit être d'environ 80 à 90 % pour les stades larves et adultes et proche de 100 % pour le stade œuf. Le CO₂ est efficace sur tous les stades de développement (dans certaines conditions de concentration et temps de contact). Cette méthode, non destructive, peut être utilisée pour traiter des biens sensibles ou fragiles en alternative aux traitements thermiques. Toutefois, cette technique présente certains risques pour les personnes et doit être restreinte à des configurations très particulières comme par exemple le traitement de conteneurs de marchandises.

Des dispositifs commerciaux font appel au même principe en transformant l'oxygène de l'air en ozone. (zontecozone : <http://www.zontecozone.com/>).

La désinsectisation par dioxyde de chlore a également été proposée pour des structures entières ou sur des petites zones extrêmement confinées (Gibbs *et al.*, 2012). L'intérêt de cette méthode est de pénétrer dans tous les interstices. Extrêmement réglementée en Europe, coûteuse et imposant une mise en place complexe, elle est interdite pour des particuliers ou des zones alimentaires.

3.3.6. Feuilles de haricots

Des feuilles de haricots ont été traditionnellement utilisées – en particulier dans les Balkans – pour se protéger des punaises de lit. En effet, certaines feuilles de haricots ont la particularité d'avoir des micro-poils dont l'extrémité est recourbée en crochet (trichomes) jouant un rôle d'hameçon perforant au niveau des tarsi des punaises. Ces feuilles doivent être fraîches ; une fois coupées, elles perdent rapidement leur efficacité. La mise au point de support synthétique construit de la sorte est en cours d'élaboration mais non encore performant (Szyndler *et al.*, 2013).

3.3.7. Procédés acoustiques – Ultrasons

Certains appareils à ultrasons revendiquent des effets répulsifs sur les punaises de lit. Une étude menée sur 4 appareils différents utilisant des fréquences sonores différentes ne met en aucun cas en évidence l'efficacité de cette méthode (Yturalde & Hofstetter, 2012).

3.3.8. Calfeutrage ou étanchéisation

Certains recoins des punaises sont totalement inaccessibles à la désinsectisation mécanique ou chimique. Dans ce cas, l'emprisonnement des punaises, par siliconage ou masticage peut constituer une solution simple et efficace pour les plinthes, les gaines électriques, les têtes de lit....

3.3.9. Abandon temporaire du site

L'abandon d'un site pour affamer les punaises de lit est théoriquement envisageable. En pratique cette procédure est rarement, voire jamais proposée et est seulement mentionnée ici dans un souci d'exhaustivité. D'un point de vue logistique pour l'habitant, il est en effet difficilement envisageable pendant la période requise. A des températures "fraîches", 18°C ou moindres, les punaises de lit ont une espérance de vie pouvant atteindre ou même dépasser 1 an. On sait qu'une fois nourries, les punaises peuvent survivre jusqu'à 277 jours à 18°C et jusqu'à 135 jours à 22°C.

Cette méthode pourrait être évoquée dans des environnements très particuliers où les températures peuvent être supérieures à 40°C ou inférieures à -15°C (gîtes de montagne par exemple). Ces températures extrêmes associées à l'abandon du site (période hors tourisme) peuvent être utilisées en méthode de lutte mais nécessiteraient une évaluation stricte en début de saison touristique.

3.4. Méthodes de lutte chimique ou utilisant la terre de diatomée

L'objectif de cette description des méthodes chimiques n'est pas de dresser une liste exhaustive des produits insecticides commerciaux disponibles sur le marché.

Quelques principes sont indispensables pour favoriser la mise en place de bonnes pratiques de lutte.

La phase chimique devrait toujours être considérée comme la dernière option de contrôle envisageable pour la gestion d'une infestation. En pratique, force est de constater qu'elle constitue bien souvent la stratégie de première intention, ce qui est source d'échec du traitement et de résistance aux insecticides. Pour de faibles infestations, la phase chimique peut être évitée. Certaines études ont par ailleurs montré qu'une stratégie de contrôle uniquement basée sur une lutte chimique ne permettait pas un contrôle pérenne des infestations en particulier dans le cas d'infestations de logements collectifs (Moore & Miller, 2009).

La désinsectisation à l'aide de sprays à usage domestique n'est pas recommandée car peu efficace (Jones & Bryant, 2012). Parmi les explications de cette inefficacité figurent notamment l'inadéquation des pyréthriinoïdes pour de faibles temps de contact ainsi que la difficulté de pénétration du brouillard d'insecticide dans les lieux de repos des punaises tels que lattes de lit, replis de moquette, gaines électriques...

La désinsectisation doit se faire par aspersion (réservoir liquide sous pression) dans les lieux de repos théoriques ou réels mis en évidence lors des étapes précédentes.

Une désinsectisation chimique doit toujours être pratiquée au moins 2 fois, voire 3, avec 15 jours d'intervalle entre deux traitements, pour tuer les jeunes issus des œufs ou les jeunes et adultes non débusqués précédemment. Cette opération doit être réalisée par un professionnel dûment formé.

3.4.1. Les insecticides chimiques

Les principaux groupes d'insecticides utilisés dans le monde comprennent les pyréthrynoïdes, les silicates (cf. supra), les régulateurs de croissance (IGR), les carbamates, les organophosphorés, les organochlorés, les néonicotinoïdes, les phénylpyrazoles et les pyrroles (How & Lee, 2011 ; Tawatsin *et al.*, 2011 ; Doggett *et al.*, 2012).

Aujourd'hui, les insecticides les plus utilisés sont les pyréthriinoïdes, les IGR et les silicates. Les pyréthriinoïdes de type II (cyfluthrine, lambda-cyhalothrine, cis-cyperméthrine et deltaméthrine) présentent une meilleure efficacité que les pyréthriinoïdes de type I (Anderson & Cowles, 2012).

Le mélange de différentes substances actives appartenant à la famille des pyréthriinoïdes est d'une certaine efficacité vis-à-vis de populations résistantes (Tawatsin *et al.*, 2011). L'ajout d'un synergisant, comme le pipéronylbutoxyde (PBO) peut augmenter la mortalité et compenser la résistance (Romero *et al.*, 2009 ; How & Lee, 2011). Cet ajout de PBO a cependant un impact très fluctuant, variable selon les populations de punaises et selon l'importance des mécanismes de résistance de type métabolique (Romero *et al.*, 2009).

Toutefois, à faible dose, ce synergisant peut présenter un effet répulsif, risquant de compliquer la lutte (Doggett, 2012). Ces faibles doses sont souvent appliquées par certains particuliers ou disposées sur les supports imprégnés vendus comme anti-punaises (matelas, couvertures, peintures...). Ces supports n'ont pas d'efficacité prouvée, la punaise trouvant toujours le moyen de contourner le support imprégné pour s'installer ailleurs, se multiplier et piquer (P. Delaunay, non publié).

Le tableau ci-dessous présente les différents produits les plus couramment utilisés contre les punaises de lit.

Nom commercial	Famille chimique	Substance(s) active(s)	Action et traitement	Conditionnement
Permax 250 Combi EC	Pyréthroïdes	250 g/l Perméthrine 20 g/l Esbiothrine 150 g/l Pipéronyl butoxide	Insecticide de contact à action de choc et rémanente	Liquide
Permax D	Pyréthroïdes	0,75 % Perméthrine 25/75 cis-trans	Insecticide prêt à l'emploi, longue rémanence	Poudre
FOR BUG Liquide	Naturel - Terre de diatomée	Dioxyde de silicium amorphe	Action mécanique sur la cuticule puis dessiccation	Liquide
FICAM WP	Carbamates	Bendiocarb	Action choc sur large spectre d'insecte	Poudre hydrosoluble
K-OTHRINE WG 250	Pyrethroïdes	Deltaméthrine 25 %	Large spectre d'efficacité et bonne rémanence	Granulés hydro-dispersibles
DOBOL	Néonicotinoïde et pyrèthroïdes	Acétamipride 10 g/kg Perméthrine 2 g/kg	L'acétamipride agit par ingestion et par contact, bonne persistance car résistant aux UV. La perméthrine donne une action choc et bonne persistance	Gel filmogène de contact
MYTHIC 10 SC	Pyrrroles	Chlorfénapyr	S'active après ingestion et provoque la paralysie et la mort des insectes en empêchant leurs cellules de générer de l'énergie. Il agit par découplage de la phosphorylation oxydative, empêchant la transformation de l'adénosine diphosphate (ADP) en adénosine triphosphate (ATP).	Liquide
BIOPREN BFS 6 EC	Régulateur de croissance et Pyrèthroïdes	6,74 % (60 g/l) S-méthoprène 4,81 % (27 g/l) Pyrèthrine 10,17 % (91 g/l) Piperonyl Butoxide 16,07 % (143 g/l) MGK 264	Le S-méthoprène est un analogue d'hormone juvénile d'insecte qui cause des désordres dans le cycle de vie en les empêchant d'atteindre la maturité. L'effet n'est pas direct d'où la nécessité d'un pyrèthroïdes pour action choc.	Liquide

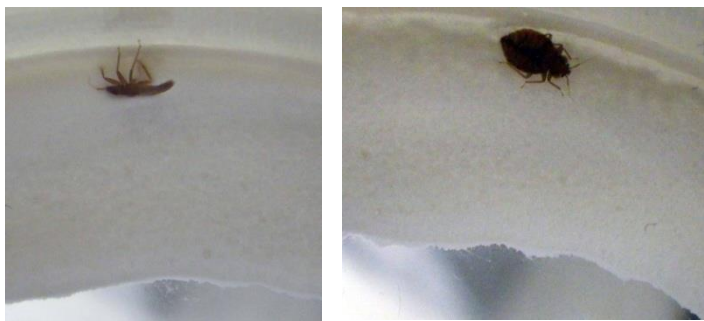
3.4.2. La terre de diatomée

La terre de diatomée (également appelée diatomite) est un produit naturel fabriqué à partir d'algues microscopiques fossilisées. Ces algues unicellulaires (les diatomées) ont la particularité de posséder un squelette naturellement siliceux et la roche - poreuse - est donc un silicate. Cette roche est finement broyée. Il en résulte une poudre blanchâtre semblable au talc : "la terre de diatomée" aux propriétés abrasives.

L'effet insecticide n'est pas chimique mais physique/mécanique car les particules tranchantes agissent comme des rasoirs microscopiques. Disposée sur le passage des insectes, la terre de diatomée va se fixer sur la cuticule des punaises et entraînera des

lésions conduisant à la mort de l'insecte par déshydratation. Des particules de silice seront également absorbées par l'insecte et endommageront le tractus digestif. La terre de diatomée non calcinée ne serait pas toxique par ingestion pour les êtres vivants. Elle est proposée en Vermifuge naturel digestif ou cutané pour le bétail ou les animaux domestiques. Cependant, la terre diatomée contient en moyenne 1 % de diatomite cristalline. Il est donc conseillé de la manier avec précautions en évitant d'inhalier sa poussière (port d'un masque). Ce type de poudre, du fait de son action mécanique et de son importante activité résiduelle, présente une meilleure efficacité que les pulvérisations à base de pyréthrinoïdes (Anderson & Cowles, 2012). De plus, la terre de diatomée peut être transportée et autodisséminée par les punaises et avoir ainsi un effet jusque dans leurs repaires et gîtes de repos (Akhtar & Isman, 2013). Enfin, cette efficacité peut être améliorée par l'addition d'un mélange de phéromones d'alarme, qui a un effet excitant sur les punaises et augmente ainsi leur contact avec la diatomite (Benoit *et al.*, 2009b).

Dans le souci de limiter les risques d'inhalation, des produits commerciaux proposent de la terre de diatomée associée à une matrice qui la fixe (peintures, gels). A l'avenir, il est possible que ce type de produits soit à privilégier aux formulations en poudre. A titre d'exemple, le "for bugs" qui a la consistance de la crème fraîche liquide, est composé de dioxyde de silicium amorphe (équivalent terre de Diatomée) et est utilisé aussi comme additif alimentaire. Ce produit met longtemps à sécher et toute punaise qui s'en enduit meurt rapidement (photo gauche). Lorsqu'il est sec, la punaise met environ 24 h pour mourir (photo droite), (J.M. Bérenger, non publié).



Les performances de la terre de diatomée semblent être bonnes, tuant les juvéniles plus rapidement que les adultes. La rapidité d'action est dépendante de la dose utilisée ; de fortes doses tuent en 5 jours, de faibles doses en 15 jours. Cette lenteur d'action peut être un élément favorable à la dispersion de cet insecticide et donc à l'efficacité de la lutte (Doggett *et al.*, 2012).

3.4.3. Ivermectine

Cet antiparasitaire présente une activité insecticide contre les punaises, par ingestion lors de leur repas sanguin (Sheele *et al.*, 2013). Sans protocole défini, sa mise en place, ne peut pas à l'heure actuelle être envisagée dans le cadre d'une lutte contre les punaises. Il est possible qu'à l'avenir l'ivermectine soit recommandable comme insecticide, dans des situations précises et éventuellement encadrées par des médecins.

3.5. Evaluation de la lutte

L'évaluation est une étape cruciale et doit être menée en continu à partir des premières actions de lutte entreprises, tenant compte de plusieurs considérations. Certaines de ces dernières relèvent du bon sens ; d'autres, moins intuitives, découlent de la prise en compte de la biologie des punaises de lit :

- Une lutte contre les punaises de lit s'étend toujours sur plusieurs semaines.
- La mise en évidence de punaises après la mise en place d'une ou plusieurs actions de lutte ne doit pas être considérée comme un échec mais doit permettre de réorienter la stratégie. Ceci est important à expliquer à l'occupant ou au propriétaire qui ne doivent pas perdre espoir et qui doivent garder toute leur rigueur dans leur organisation de lutte.
Ce concept est également important pour le désinsectiseur qui doit toujours intervenir au moins 2 fois sur un site, voire plus si nécessaire.
- Aucune lutte ne peut assurer 100 % d'efficacité.
- Aucune méthode d'évaluation ne peut affirmer après quelques jours que la lutte a été efficace à 100 %. L'évaluation la plus simple se fait par l'absence de piqûres généralement au bout de 1 ou 2 mois.

Ces 2 derniers points sont particulièrement difficiles à admettre pour les occupants, les propriétaires et même pour les professionnels de la désinsectisation.

Les différents outils de détections décrits précédemment peuvent utilement être utilisés à des fins d'évaluation du contrôle d'une infestation (Wang *et al.*, 2009b ; Wang *et al.*, 2011).

3.6. Mise en place d'une stratégie de prévention

La prévention contre les punaises de lit repose essentiellement sur la connaissance des traits d'histoires de vie des punaises de lit. Elle doit être adaptée au type de demande. On distingue en particulier les publics cibles suivants :

- 1) hébergeur
- 2) voyageur
- 3) particulier

3.6.1. Un hébergeur

Dans un lieu très fréquenté destiné à l'hébergement et sur une période de plusieurs années, il s'avèrera presque impossible d'empêcher une infestation par punaises de lit.

L'objectif d'une prévention pour un hébergeur sera de minimiser le risque par une mise en place d'une détection précoce et par la mise en place d'un environnement autant que possible hostile aux punaises. Ces deux facteurs amélioreront l'efficacité de la lutte entreprise et diminueront la propagation de l'infestation, le coût des actions, le temps d'action de lutte. Enfin, – et les professionnels de l'hébergement y sont très sensibles – ces mesures limiteront la dégradation de la réputation de l'établissement.

Une infestation du site se fait en 4 temps :

-i- L'introduction des punaises

Pour certains hébergeurs (gîtes de montagne ou de grande randonnée) il est possible de sensibiliser le marcheur et de prendre en charge ses vêtements s'il reconnaît être infesté. Pour la majorité des autres hébergeurs, le portage de punaises est peu détectable. Certains grands hôtels ont des chiens détecteurs qui reniflent tous les bagages sans exception.

-ii- Leur installation

A ce stade la détection visuelle est improbable. Un ménage quotidien et performant peut permettre d'éviter son installation. D'où l'intérêt de sensibiliser et former les personnels assurant le ménage des chambres.

-iii- Leur multiplication, visible en quelques semaines

A ce stade sa détection visuelle est simple. Une sensibilisation de l'ensemble du personnel à la problématique posée par les punaises de lit est à privilégier, en particulier pour le personnel du ménage afin de reconnaître cet insecte pour le signaler. La mise en place en amont d'outils de détection – régulièrement vérifiés par ce personnel – est souhaitable.

-iv- Leur propagation à l'ensemble de l'établissement

On s'oppose à la propagation par la mise en place d'un environnement hostile à la punaise : sol en carrelage, plinthes+têtes de lits+prises électrique+plomberie parfaitement ajustées au mur, décoration minimaliste, matelas+sommier+draps blancs...

3.6.2. Un voyageur durant le voyage et dès son retour

Le voyageur, et plus généralement toute personne itinérante (y compris sans domicile fixe), multiplie la probabilité de rencontre avec les punaises de lit. Il doit prendre en compte ce facteur de vulnérabilité en étant attentif aux piqûres nocturnes, en examinant le lieu de couchage, et en posant des questions sur une éventuelle infestation détectée précédemment, notamment auprès d'autres voyageurs.

Des personnes piquées dans un hôtel ont cru à tort être piquées par des moustiques. Elles ne se sont pas méfiées et ont ramené à leur domicile des punaises. En quelques semaines, l'infestation du domicile était évidente (Delaunay, 2012).

Les voyageurs doivent être sensibilisés à ce type de risque. En cas de doute quant à une exposition aux punaises de lit, un traitement mécanique de l'ensemble des affaires (sac y compris) pourra être réalisé (machine à laver à 60°C et sèche linge par exemple, en veillant à bien séparer le linge ainsi traité du reste ; ou bien congélation $\leq -18^{\circ}\text{C}$ pendant 72h).

3.6.3. Un particulier

Le particulier doit prendre en compte le risque de ramener à son domicile tout objet d'occasion, de récupération, de vide-greniers... Les mobiliers particulièrement à risque sont avant tout les sommiers, matelas, canapés (à proscrire). Les meubles en bois doivent être inspectés avec soin et correctement nettoyés à grandes eaux. Les vêtements, textiles et autres petits objets pourront être traités thermiquement (machine à laver à 60°C pendant un cycle complet, sèche-linge ou congélateur $\leq -18^{\circ}\text{C}$ pendant 72h). Dans le cas où ce n'est pas possible, l'objet (un livre d'occasion, par exemple) doit être examiné, nettoyé et/ou mis au congélateur pendant 72 h (cf. lutte mécanique).

L'amélioration de l'habitat en rendant le plus inhospitalier possible l'environnement (suppression des différents interstices, tapisserie en bon état...) est évidemment favorable, tant pour limiter les infestations que pour faciliter la détection de l'introduction de punaises.

Ce qu'il faut retenir pour une lutte efficace

-A- Prévoir de s'organiser en 6 étapes

Même si certaines étapes peuvent s'avérer extrêmement rapides ou ont déjà été réalisées, il convient de garder en mémoire ce schéma :

- 1- Identification de certitude
- 2- Evaluation de l'infestation
- 3- Lutte mécanique
- 4- Lutte chimique (cette étape est la seule qui peut s'avérer superflue)
- 5- Evaluation de la lutte
- 6- Prévention

-B- Savoir s'organiser en fonction de l'infestation, des conditions et des moyens

La méthode universelle de lutte n'existe pas. Aucune méthode unique ne peut s'adapter à toutes les situations. C'est ce qui fait la difficulté de la lutte contre les punaises de lit. La collaboration occupant-propriétaire-désinsectiseur est indispensable.

Le lit (sommier, lattes, pieds, matelas, tête de lit) et le canapé "du téléviseur" sont à examiner en premier. A proximité de ces 2 sites, il faudra ensuite examiner les rideaux (ourlais supérieur, tringles du plafond), les plinthes et les prises électriques. Le reste de l'inspection se fera de façon centrifuge à partir de ces 2 sites.

-C- Réaliser obligatoirement une lutte mécanique

Les préalables pour mettre en œuvre la lutte mécanique sont : (1) une personne en bonne santé capable de déplacer, soulever et laver les meubles, (2) l'accès à un aspirateur, un appareil à vapeur, une machine à laver le linge, un congélateur -18°C.

La lutte mécanique peut suffire à elle seule si l'infestation est faible ou moyenne, si les locaux sont quasi vides. Cette lutte mécanique peut également s'envisager seule si l'occupant a très peu de moyens financiers mais est organisé et non angoissé.

Cette lutte peut/doit être renouvelée autant de fois que nécessaire, d'autant qu'il n'y a pas de risque d'instauration d'une résistance des punaises à la lutte mécanique.

-D- Effectuer au moins deux traitements du site, à 15 jours d'intervalle

La quasi impossibilité d'éliminer tous les œufs de punaise impose à l'opérateur professionnel un minimum de deux visites du site infesté avec un intervalle de deux semaines entre les visites. Le professionnel doit redoubler d'attention aux endroits utilisés par les punaises de lit comme lieux de repos.

On rappelle que la fumigation générale sans déplacer les meubles n'est pas efficace.

-E- Gérer la fin d'infestation

Une fin d'infestation est toujours une phase délicate à gérer car il n'est pas possible d'objectiver une suppression totale de punaises. L'occupant doit donc gérer psychologiquement une période de 1,5 mois en attendant d'éventuelles nouvelles piqûres. Deux situations sont alors fréquentes.

- Il n'y a plus de punaises mais l'occupant trouve des éléments qu'il affirme être des punaises. Dans ce cas, il convient de rassurer la personne en identifiant ces éléments et en tentant autant que possible de lui faire admettre l'absence de punaise. Ne pas mettre en place de lutte complémentaire.

- Des punaises sont à nouveau identifiées. Ordinairement en petit nombre, ces punaises ont échappées au traitement et ont pu rejoindre le lit ou le canapé. Dans ce cas une lutte uniquement au niveau de ces deux sites suffit.

4. Aspects réglementaires

Une prise en compte globale des punaises de lit oblige à considérer les outils et enjeux réglementaires.

Ces aspects sont d'importance car, selon les textes en vigueur, la responsabilité des états, des régions, des départements, des communes, etc. sera engagée ou non. En dernier recours, les particuliers sont-ils tenus de réagir ? Si oui, une question qui intéresse tout le monde est de savoir qui, du propriétaire ou du locataire d'une habitation infestée, doit prendre en charge le coût de la désinsectisation ? La problématique "punaise de lit" relève-t-elle de la santé publique ou de la simple nuisance ?

Toutes ces questions n'ont pas de réponses évidentes et il faut s'attendre à trouver un large éventail de réponse selon les pays.

A cet effet, une recherche a été effectuée sur les dispositions existantes en France et sur celles mises en œuvre dans des pays étrangers.

Force est de constater que très peu de pays sont dotés d'une réglementation spécifique aux punaises de lit, à l'exception des Etats-Unis et, dans une moindre mesure, du Canada.

Au niveau de l'Union Européenne, ce sujet n'est pas traité spécifiquement, mais certaines réglementations communautaires ont un impact en la matière et en particulier la réglementation relative aux produits biocides.

4.1. Etats-Unis : réglementations fédérales

Vingt-deux Etats ont élaboré des dispositions réglementaires visant les punaises de lit. Ces dispositions visent plus particulièrement les immeubles locatifs (Arizona, Californie, Florida, Nebraska), les hôtels (Alabama, Californie, Kansas, Minnesota, Nevada, Ohio, South Dakota, West Virginia), les établissements publics (Michigan, Minnesota, Nebraska, Wisconsin), les écoles (New York, Utah), les trains (Illinois) et les foyers de travailleurs migrants (Iowa, Nevada, Pennsylvanie) (*National Conference of State Legislatures, 2013*). Plusieurs Etats (Arizona, Kansas, Texas par exemple) considèrent les punaises de lit comme un problème de santé publique.

La déclaration des épisodes d'infestations a ainsi été rendue obligatoire dans certains Etats. La location d'appartements où la présence de punaises de lit est avérée est interdite dans certains Etats (Arizona par exemple).

Certains états ont également encadré réglementairement l'élimination de certains déchets, comme les matelas et les sommiers.

Ces réglementations permettent en particulier de déterminer les responsabilités financières en cas d'infestation ou de remplacement des biens, de protéger les intérêts économiques de certaines activités (hôtellerie en particulier), de définir des obligations en termes de traitements ainsi que d'information.

Peu d'Etats se sont risqués à se positionner dans le face-à-face propriétaire-locataire. Il y a des exceptions. Dans les Etats du Maine et du Massachusetts, la loi impose aux propriétaires d'assumer les frais de désinsectisation et de prendre les mesures nécessaires dans des délais fixés (5 jours pour établir un diagnostic et 10 jours pour un traitement en cas de diagnostic

positif) même si l'introduction des punaises est le fait des locataires. Cependant, les locataires peuvent être financièrement responsables des coûts de traitement s'ils ne parviennent pas à fournir un accès raisonnable à leur logement ou s'ils refusent de se conformer aux prescriptions liées au traitement (déplacement de meubles, lavage de vêtements). En Arizona, "l'Arizona House Bill" prévoit que locataire et propriétaire signent un accord pour une conduite mutuelle d'actions et une prise en charge conjointe des coûts de contrôle dès lors que la responsabilité de l'infestation ne peut être imputée à l'une ou l'autre des parties. Dans le Maine et en Arizona, la loi interdit aux propriétaires de louer leur appartement s'ils savent ou soupçonnent la présence de punaises de lit. La loi de l'Etat de New York impose aux propriétaires d'informer les nouveaux locataires ou des acheteurs potentiels si la présence de punaises (même contrôlée) a été observée au cours de l'année précédente.

En Arizona, la réglementation impose aux propriétaires de fournir du matériel pédagogique et en particulier de l'information aux locataires sur les punaises de lit ainsi que sur les moyens de prévention et de gestion en cas d'infestation. La réglementation stipule que ce matériel pédagogique doit comprendre : (i) une description des mesures visant à prévenir et à contrôler les punaises de lit, (ii) une information relative aux punaises de lit comprenant leur description et leur biologie, (iii) une description des comportements à risques et (iv) les documents élaborés à ce sujet par les agences sanitaires et notamment le CDC.

S'agissant plus particulièrement des hôtels, plusieurs Etats disposent d'une législation qui interdit de louer des chambres où la présence de punaises est avérée ou suspectée et qui impose de traiter dans les meilleurs délais.

La vente de mobilier infesté peut également constituer une violation de la réglementation relative à la protection des consommateurs.

Une déclaration commune du CDC et de l'EPA appelle à une prise en compte intégrée des punaises de lit, impliquant l'ensemble des autorités tant pour le contrôle des infestations que pour leur prévention (CDC & US EPA, 2010).

4.2. Canada : une compétence des municipalités

Au Canada, le propriétaire a la responsabilité de délivrer un bien permettant au locataire d'en jouir paisiblement pendant toute la durée du bail (au Québec par exemple, cette obligation est énoncée dans le quatrième chapitre du Code civil du Québec). La lutte contre les punaises de lit s'intègre dans la réglementation relative à la salubrité, qui est une compétence dévolue aux communes. Chaque municipalité définit en particulier ce qui constitue un critère d'insalubrité ou une nuisance. La promulgation d'un tel règlement permet aux communes de faire supprimer les sources de nuisance en s'adressant au locataire ou au propriétaire. Le partage des responsabilités entre ces deux protagonistes varie en fonction des provinces.

Dans certaines provinces (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Ecosse par exemple) la responsabilité incombe au propriétaire si le locataire peut prouver que les punaises de lit étaient présentes avant son entrée dans l'appartement. Plusieurs Etats (ayant une réglementation spécifique ou non) estiment que les infestations doivent être gérées par le propriétaire étant donné que celui-ci doit fournir un logement salubre (Colombie-Britannique, Alberta, Manitoba).

A Montréal, un "Plan d'action régional de lutte contre les punaises de lit" a été mis en place en 2011. La stratégie repose principalement sur une concertation entre les différents acteurs : municipalités du "grand Montréal", autorités sanitaires, services sociaux, gestionnaire des habitations à loyer modique ainsi que les associations représentatives des propriétaires, des locataires et des sociétés de désinsectisation. S'agissant du traitement des infestations au niveau des immeubles locatifs, le locataire a la responsabilité d'informer le propriétaire de toute infestation, alors que le propriétaire a la responsabilité de remédier au problème en faisant appel à une société de désinsectisation professionnelle. Enfin, le désinsectiseur (également appelé "exterminateur" au Québec) doit réaliser une évaluation complète de l'immeuble, traiter l'ensemble des logements infestés ainsi que les logements adjacents.

La réglementation municipale à Montréal impose la déclaration obligatoire des interventions des sociétés de désinsectisation (Règlement 03-096 sur la salubrité, l'entretien et la sécurité des logements, Ville de Montréal, 2012). Ceci a permis la mise en œuvre d'une base de données dédiée au phénomène et ainsi de mieux documenter l'intensité, la répartition géographique et l'évolution des infestations de punaises de lit dans les bâtiments résidentiels de la ville.

La réglementation montréalaise impose par ailleurs une visite de contrôle de la société entre le 15^{ème} et le 30^{ème} jour après la première intervention. La gestion de certains déchets (matelas, déchets infestés par des punaises de lit) est également réglementée (obligation de rendre matelas et autres gros objets inutilisables, obligation d'emballer l'objet dans un sac de plastique étanche...).

4.3. Australie : la promotion d'un cadre de bonnes pratiques

En Australie, le "Code of Practice for the Control of Bed Bug Infestations in Australia", document dont l'esprit et le contenu font références en matière de promotion des bonnes pratiques de lutte contre les punaises de lit, a notamment été élaboré pour pallier l'absence de normes professionnelles qui auraient pu garantir un certain contrôle qualité (Doggett *et al.*, 2013). De telles normes permettent d'une part de promouvoir les bonnes pratiques auprès des professionnels de la désinsectisation et d'autre part de fournir un cadre sur lequel la réglementation peut s'appuyer.

4.4. Grande-Bretagne

Une obligation réglementaire intéressante identifiée en Grande-Bretagne ne concerne pas spécifiquement les punaises de lit mais plus largement les interventions des professionnels de la désinsectisation. Ceux-ci sont en effet dans l'obligation d'identifier précisément l'espèce responsable de la nuisance avant la mise en œuvre de tout traitement (Protection of Animals Act 1911, Amendment 1927).

4.5. France

En France, il n'existe pas de réglementation spécifique au contrôle des punaises de lit. Ce sont par conséquent les outils réglementaires ayant trait à l'hygiène et la salubrité qui font référence pour gérer les situations d'infestation.

4.6. Remarques conclusives sur les aspects réglementaires

Il ressort de cette analyse que les points critiques de la réglementation portent sur la définition des clauses préventives (existence d'un devoir d'information), le partage clair des responsabilités entre propriétaires et locataires, ainsi que sur la description des voies de recours disponibles pour les deux parties.

Il convient de souligner aussi le cas des immeubles collectifs nécessitant une action globale et impliquant de fait plusieurs résidents (qui peuvent être locataires ou propriétaires).

Par conséquent, le groupe de travail estime que toute évolution réglementaire, dans un souci d'efficacité, devrait identifier :

1. les différents acteurs concernés et par conséquent intéressés par l'adoption d'une solution efficace,
2. les administrations en charge de la protection des intérêts de ces acteurs,
3. et les outils juridiques les mieux adaptés.

5. Connaissances et pratiques des opérateurs de lutte contre les punaises de lit - Analyse d'un questionnaire

Un questionnaire (Annexe 1) concernant la situation relative à la présence des punaises de lit en France a été adressé (i) aux communes disposant d'un service communal d'hygiène et de santé et (ii) aux professionnels de la désinsectisation (entreprises 3D).

122 réponses ont pu être exploitées dont 69 services communaux et 53 sociétés privées. L'analyse du questionnaire différencie par la suite ces deux types d'acteurs.

Le nombre de réponses ne permet pas une analyse géographique de la problématique en termes de répartition sur le territoire. Néanmoins, au moins un épisode d'infestation est rapporté dans chaque département de France métropolitaine et auprès de plus de 86 % des Services communaux d'hygiène et de santé ayant répondu à l'enquête, laissant entendre qu'il n'existe pas de département en France métropolitaine qui soit indemne de punaises de lit. Cette question concerne la totalité du territoire, sans exception.

5.1. Services communaux

Selon une source du Ministère de la Santé, il existe en France 208 Services communaux d'hygiène et de santé (SCHS). Nous leur avons tous demandé par courriels de remplir notre questionnaire sur les punaises de lit en France.

Les résultats ci-dessous proviennent des 69 questionnaires exploitables, en tout ou parties (taux de réponse 33 %).

86,6% des SCHS ont déjà été sollicités pour des punaises de lit. Cette activité reste cependant minoritaire pour ce service puisqu'elle représente moins de 20 % de leur volume total d'activité pour 95 % d'entre eux.

S'agissant de la perception relative à la variation du nombre de sollicitations pour des situations d'infestations par des punaises de lit, 65,4 % des SCHS répondants estiment que le nombre de sollicitations a augmenté, 19,2 % que celui-ci est resté stable et 3,8 % qu'il a diminué (Figure 1).

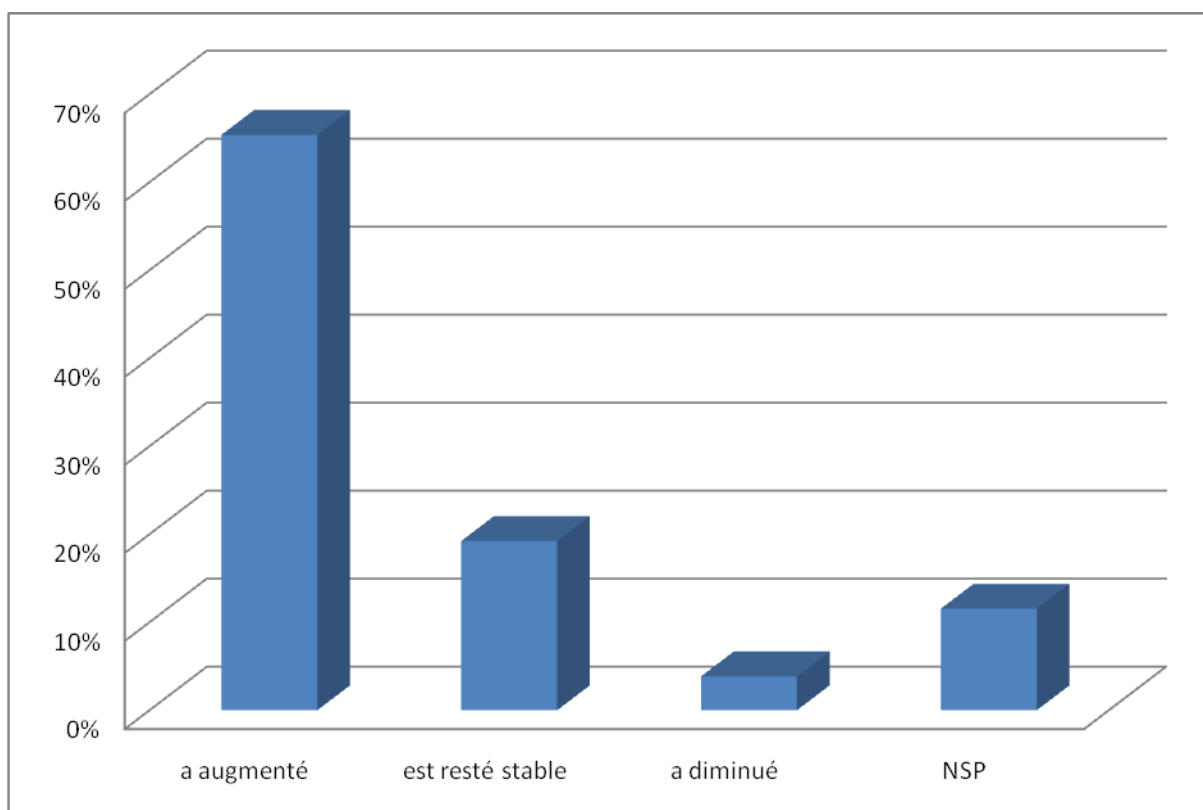


Figure 1. Perception des SCHS quant à la variation du nombre de sollicitations pour punaises de lit (n=52).

Parmi les SCHS répondants à la question relative aux critères suffisants pour statuer sur l'infestation par des punaises de lit (n=61):

- 73,8 % estiment que l'observation directe de punaises ou de traces (déjections de punaises, tâches de sang...) permet de conclure quant à une présence de punaises ;
- 16,4 % se basent uniquement sur les dires des plaignants ;
- La plainte associée aux piqûres est un critère suffisant pour 6,6 % ;
- La notion de piqûres est suffisante pour 3,3 % d'entre eux.

S'agissant des méthodes permettant la confirmation d'une situation d'infestation, 66.6 % des répondants mentionnent l'importance d'une inspection visuelle. 18,7 % mentionnent uniquement la nécessité d'un entretien détaillé avec le plaignant.

La durée nécessaire à un diagnostic est comprise entre 0 minute et une heure, la moyenne étant de 25 minutes et la médiane de 20 minutes. Une distribution de cette durée nécessaire au diagnostic selon les répondants est proposée en Figure 2.

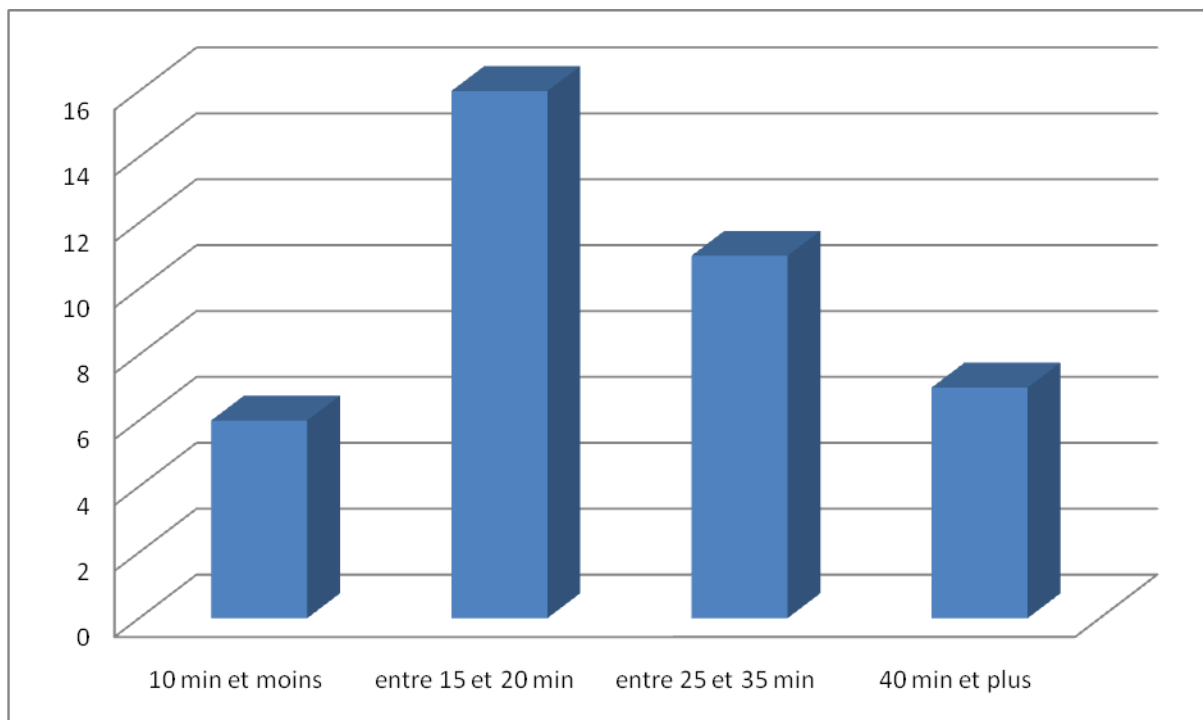


Figure 2. Durée nécessaire aux SCCHS pour établir un diagnostic de présence de punaises de lit (n=40).

En cas de présomption non confirmée de présence de punaises de lit, les actions mises en œuvre varient en fonction des répondants (n=37) et sont proposées en Figure 3.

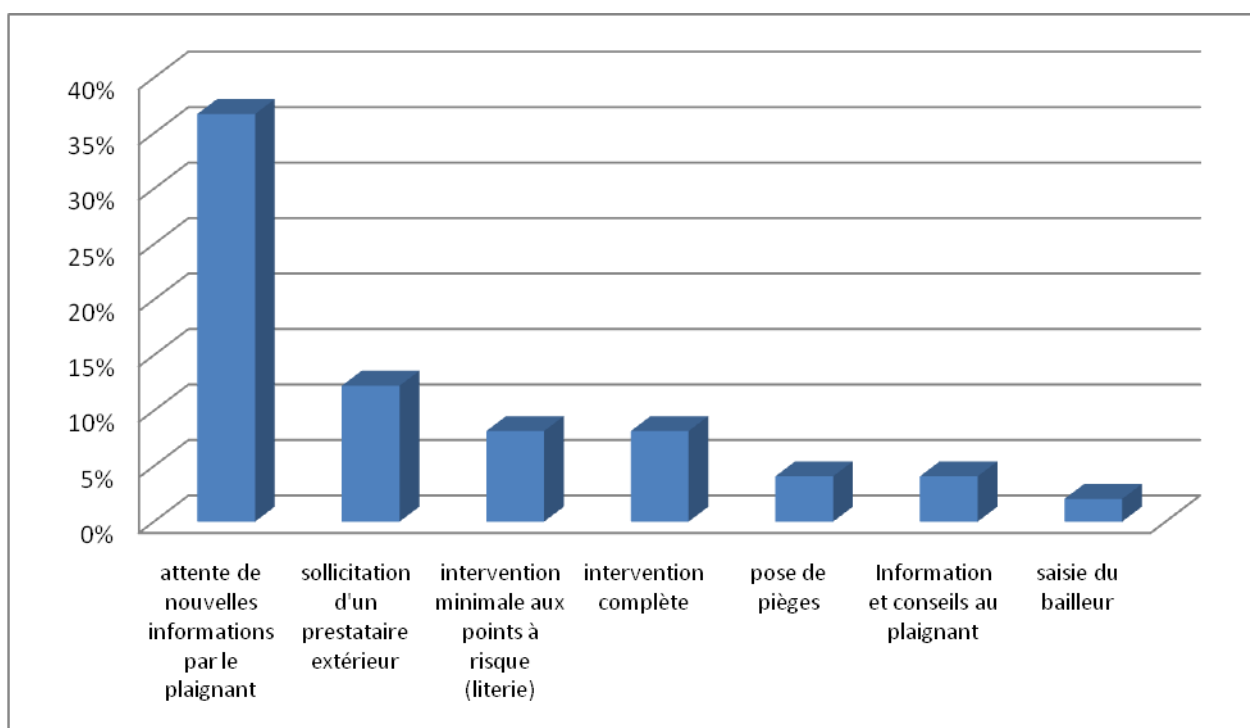


Figure 3. Actions mises en œuvre par les SCCHS en cas de présence non confirmée de punaises de lit (n=37).

En cas d'intervention, une majorité des répondants (58,6 %) préconisent la mise en œuvre de deux traitements. Une proportion non négligeable (29,3 %) recommandent un traitement unique (Figure 4).

Très peu de réponses ont été obtenues à la réponse relative à la durée devant séparer deux traitements (5 réponses) et ne permettent pas l'exploitation de cet item.

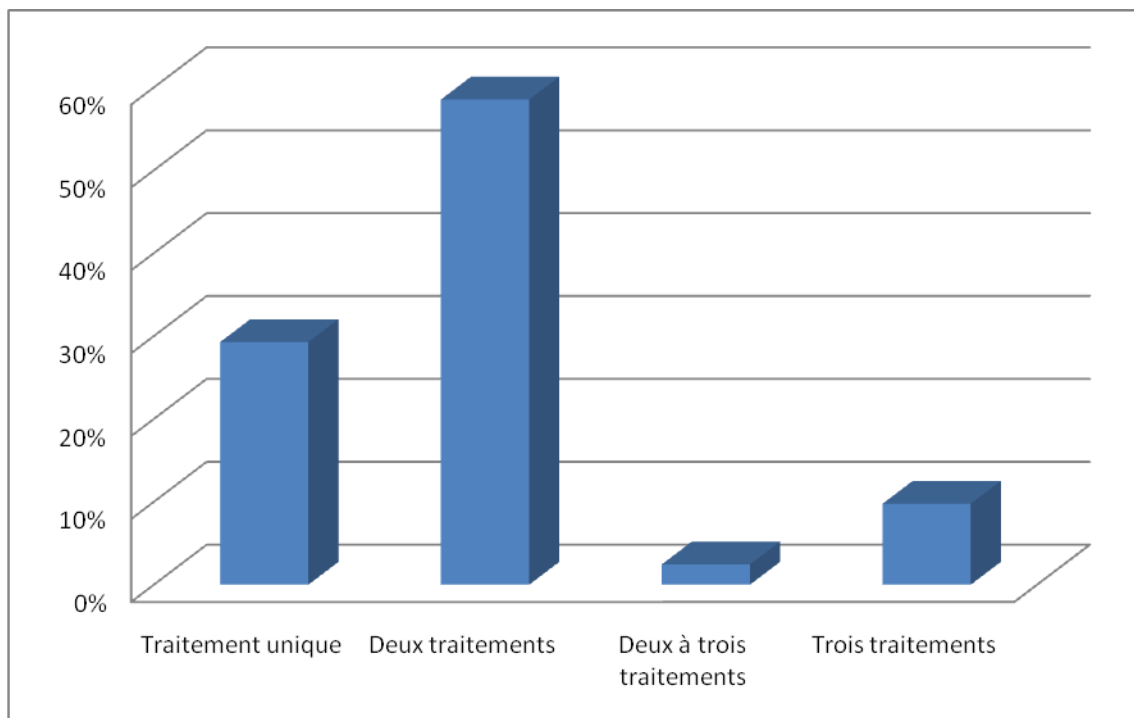


Figure 4. Nombre de traitements mis en œuvre par les SCHS en cas d'intervention (n=41).

Une large majorité des interventions (70,5 %) associent des méthodes chimiques et mécaniques, 26,2 % sont uniquement basées sur des procédés chimiques, et 3 % sur des procédés mécaniques

14 répondants mentionnent la réalisation d'une visite post-traitement. Pour 64,3 % des répondants, cette visite post-traitement a lieu moins de deux semaines après l'intervention, pour 21,4 % des répondants, celle-ci a lieu environ 15 jours après et pour 14,3 % un mois après.

Le nombre de visites nécessaires à la résolution d'une situation d'infestation par des punaises de lit est compris entre deux et trois interventions pour 68,6 % des répondants alors que 14,3 % estiment que plus de trois interventions sont nécessaires en général.

Sur 55 réponses fournies par les SCHS :

- 43,6 % estiment ne pas être suffisamment informés sur la problématique des punaises de lit, les bonnes pratiques de détection, les traitements,
- 61,8 % seraient demandeurs d'une formation spécifique,
- 65,5 % pensent que le grand public n'est pas mieux informé et sensibilisé aux punaises de lit qu'il y a 5 ans.

Parmi les commentaires libres, figurent fréquemment l'importance de la sensibilisation d'un grand nombre d'acteurs (public, agences de voyage, centres de vaccination internationaux, hôpitaux, cinémas, bailleurs...) et la très grande difficulté – également d'un point de vue financier – à intervenir dans le logement collectif.

5.2. Sociétés privées (entreprises 3D)

Les.

Dans un premier temps, le questionnaire a été adressé aux entreprises 3D par (i) une annonce dans la presse spécialisée (revue NPI – *Nuisibles et Parasites Information*¹³) et (ii) courriels (fin 2013 avec rappel en mars 2014) grâce à une liste de diffusion du magazine (3200 entrées). Seulement 9 réponses ont été reçues. Nous avons donc décidé de procéder autrement, en téléphonant aux entreprises 3D affiliées à la Chambre Syndicale Désinfection Désinsectisation Dératisation, dont le nombre est de 179 (<http://www.cs3d.info/liste-des-adherents/>) (entre mai et novembre 2014) pour solliciter de façon plus insistante leur réponse au questionnaire.

Sans vouloir être exhaustif envers ces entreprises, nous avons cherché à raisonnablement couvrir le territoire français. Par département métropolitain, en fonction du nombre d'entreprises 3D adhérentes à la Chambre Syndicale 3D, nous en avons contacté au moins la moitié.

Au total, des contacts téléphoniques ont été réalisés pour 108 entreprises 3D inscrites sur le site de la Chambre syndicale 3D. Ces appels ont permis l'obtention de 44 réponses aux questionnaires. Les non-répondants (108-44=64) se répartissent en : 53 non-réponses pour cause inconnue, 5 entreprises couvrant le seul champ de la dératisation (et pas celui de la désinsectisation), 3 entreprises distributrices de produits pour les 3D (mais non-opérateur de traitements), 2 établissements de formation/enseignement (également non-opérateur de traitements), et 1 contact inexact ou périmé (N° de téléphone et adresse mail).

Les résultats ci-dessous proviennent des 53 questionnaires (taux de réponse 53/177=30 %), en tout ou parties exploitables. Pour chaque question, prise une à une, le nombre de réponses exploitables est quelque peu inférieur à 53 (voir ci-dessous).

Tous ont déjà été sollicités pour une intervention contre les punaises de lit dans le cadre de leur activité. Ce type d'intervention représente un volume variable mais quasi-systématiquement minoritaire. En effet, les interventions pour punaises de lit représentent moins de 20 % de l'activité totale pour 78,4 % des répondants et de 20 à 40 % de l'activité totale pour 19,6 % des répondants. Ce volume d'activité peut également être évoqué en termes de nombre d'interventions comme illustré par la figure 5 parmi ces répondants.

¹³ Le C.N.E.V. et les punaises des lits. Nuisibles & Parasites Information, mars/avril 2014, 2 p .

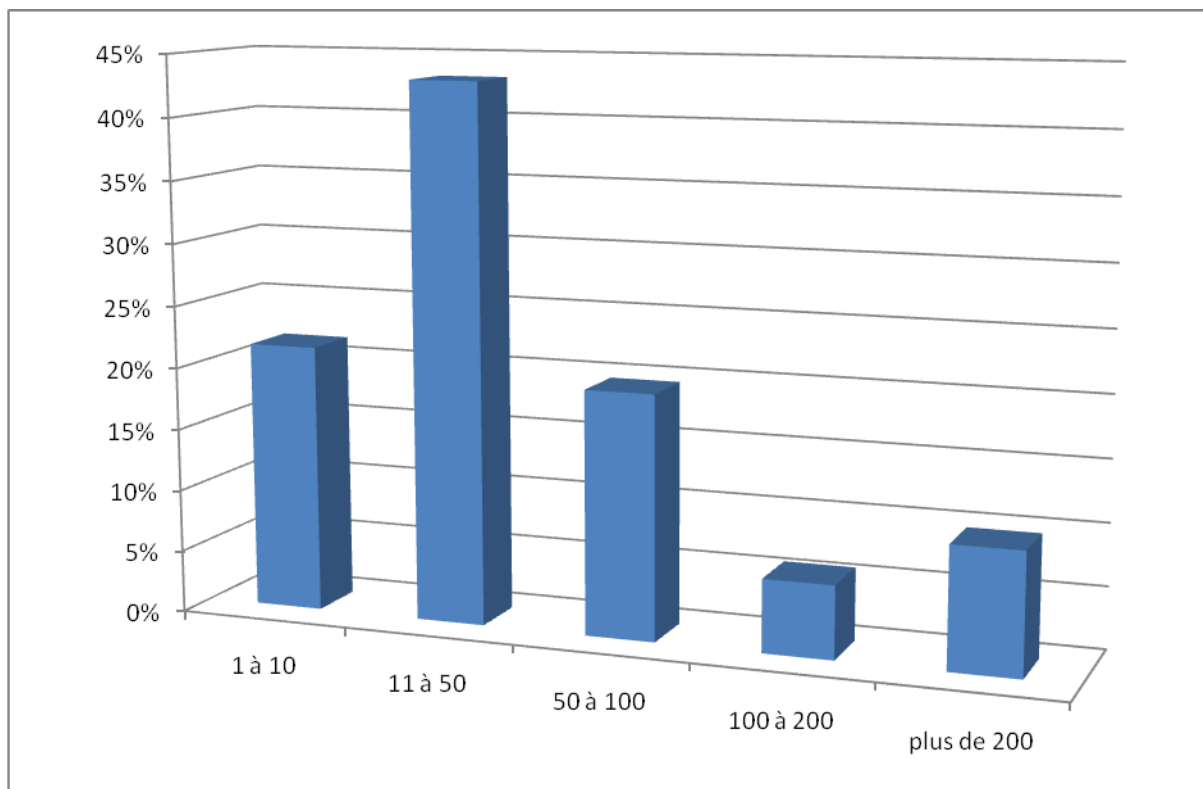


Figure 5. Nombre d'interventions par an pour punaises de lit parmi les entreprises 3D répondantes (n=51).

S'agissant de la perception de ces sociétés spécialisées dans la lutte contre les nuisibles, 80,8 % des répondants estiment qu'au cours des 5 dernières années, le nombre d'interventions contre les punaises de lit a augmenté. Pour 17,3 % des répondants, ce nombre est resté stable. Et 2 % ne se prononcent pas.

S'agissant des pratiques de ces entreprises 3D, les critères suffisants pour statuer sur l'infestation par des punaises de lit (n=52) sont les suivants :

- 86,54 % estiment que l'observation directe de punaises ou de traces (déjections de punaises, tâches de sang...) permet de conclure quant à une présence de punaises ;
- 13,46 % se basent uniquement sur les dires de leur client.

Les méthodes utilisées pour diagnostiquer la présence de punaises sont diverses. 94,2 % ont recours à une inspection visuelle détaillée. 26,9 % des répondants ont recours à des pièges, quasi-systématiquement en complément d'une inspection visuelle. L'utilisation d'un chien est mentionnée par 7,7 % des répondants, là-aussi systématiquement en complément d'une inspection visuelle.

La durée nécessaire à un diagnostic est comprise en 0 minute et 2 heures, la moyenne étant de 27 minutes et la médiane de 25 minutes. Une distribution de cette durée nécessaire au diagnostic selon les répondants est proposée en Figure 6.

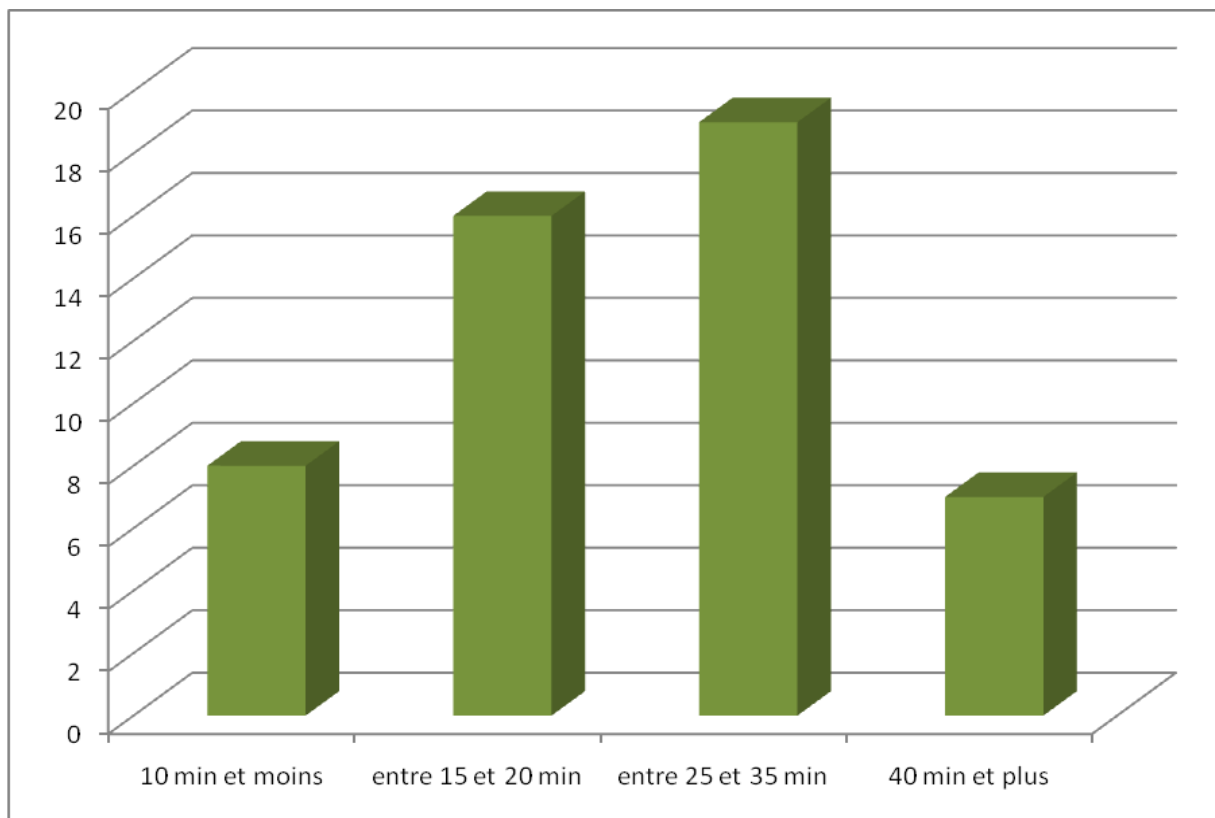


Figure 6. Durée nécessaire aux entreprises 3D pour établir un diagnostic de présence de punaises de lit (n=50).

En cas de présomption non confirmée de présence de punaises de lit, les actions mises en œuvre varient en fonction des répondants (n=49) et sont proposées en Figure 7.

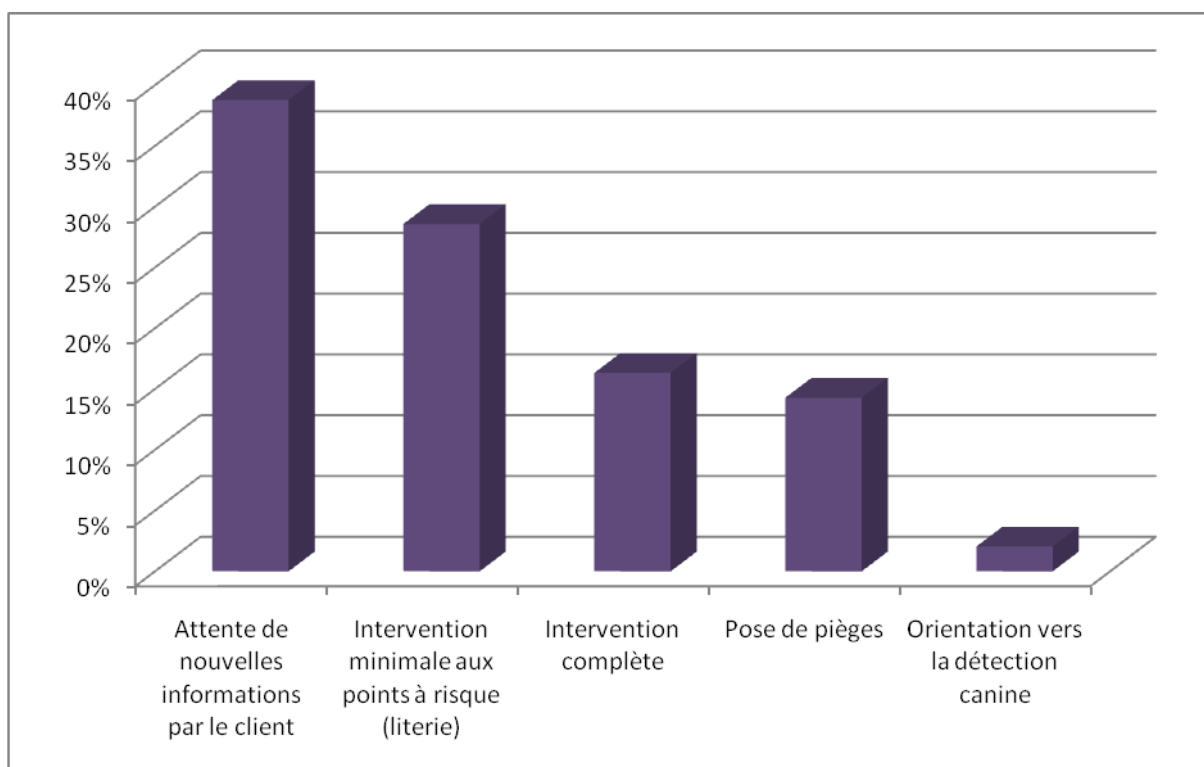


Figure 7. Actions mises en œuvre en cas de présomption non confirmée de présence de punaises de lit (n=49).

En cas de mise en œuvre de traitements, parmi 52 répondants, une grande majorité effectue deux traitements, alors qu'un peu moins de 10 % effectuent un traitement unique (Figure 8).

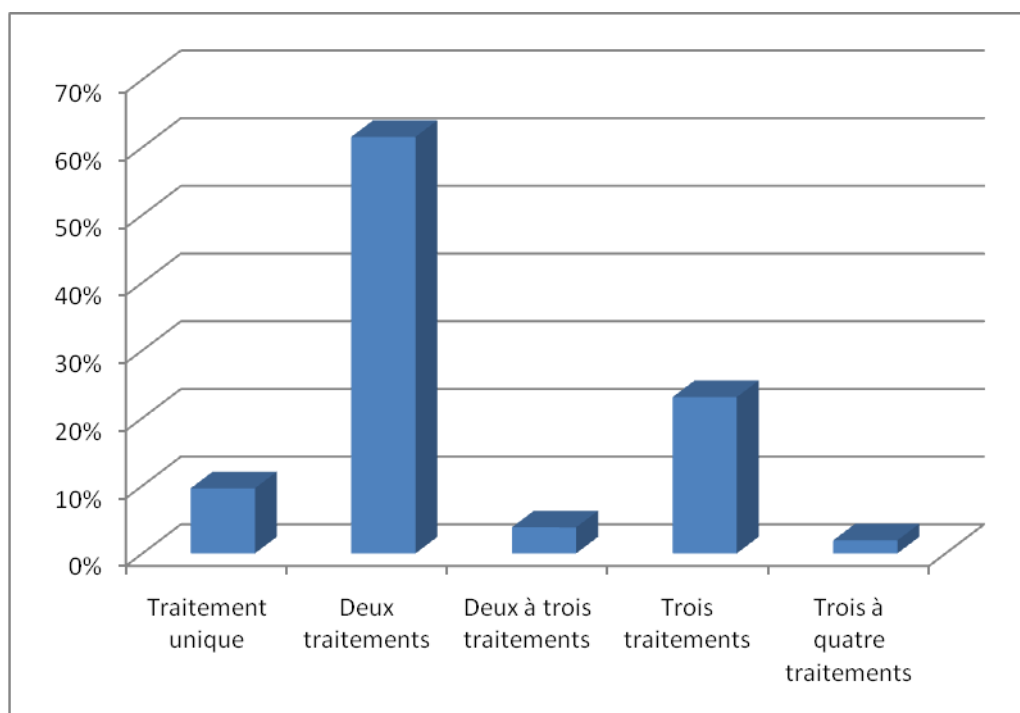


Figure 8. Nombre de traitements conseillés ou mis en œuvre en cas d'intervention d'une entreprise 3D (n=41).

S'agissant de la durée entre les traitements, il est intéressant de mentionner le faible taux de réponse (n=7). Parmi celles-ci, 5 sont inférieures à deux semaines.

Dans 67,3 % des cas les interventions associent une lutte mécanique à la lutte chimique ; alors que dans 30,8 % des cas, les traitements mis en œuvre sont exclusivement chimiques.

19 répondants mentionnent la réalisation d'une visite post-traitement qui a lieu, pour 58 % d'entre eux, entre deux et trois semaines après le traitement.

Pour 82 % des répondants (n=50), deux à trois visites sont nécessaires pour la résolution d'une situation impliquant des punaises de lit.

S'agissant des sociétés spécialisées, 79,6 % d'entre elles considèrent être assez bien informées sur la problématique des punaises de lit ainsi que sur les bonnes pratiques de détection et de traitement. Néanmoins, 55 % seraient intéressées par une formation spécifique.

67,5 % des répondants estiment que le grand public n'est pas mieux informé et sensibilisé aux punaises de lit qu'il y a 5 ans.

Plusieurs commentaires libres méritent d'être mentionnés, notamment :

- l'importance de la sensibilisation des clients sur les bonnes pratiques pouvant être mises en œuvre avant et après les interventions ;
- l'importance du facteur humain dans le cadre de leurs interventions ;

- plusieurs opérateurs optent pour une rotation de familles de produits insecticide de manière systématique ;
- les formations existantes sont considérées comme inadaptées par plusieurs répondants et les formations spécifiques devraient systématiquement proposer des aspects pour la communication envers le grand public ;
- une demande d'évolution du cadre réglementaire, jugé inadapté en particulier pour les logements collectifs ;
- une mise sur le marché de produits inefficaces ;
- un manque d'information des offices HLM ;
- une désinformation du public par certains prestataires et par le biais d'internet.

5.3. Conclusion générale de l'enquête par questionnaire

Le taux de réponse à ce questionnaire, notamment par les entreprises 3D, ne permet pas d'appréhender parfaitement les connaissances et pratiques de ce secteur d'activité. Néanmoins, cette enquête démontre que des pistes d'amélioration existent. En particulier concernant :

- L'amélioration des pratiques, par la promotion de bonnes pratiques de diagnostic, de traitement et d'évaluation,
- L'amélioration des pratiques, par la mise en place d'une formation spécifique adaptée à cette problématique et aux situations de terrain,
- Un effort d'information et de sensibilisation du grand public,
- Une adaptation du contexte réglementaire.

6. Conclusions et recommandations

Biologie

Notre connaissance sur la biologie de la punaise de lit (*Cimex lectularius*) est riche tant par des études anciennes que récentes. La biologie de *Cimex hemipterus*, l'espèce "tropicale", est plus restreinte et souvent basée sur des publications anciennes. La connaissance sur la production de phéromones ou autres sources odorantes est en pleine croissance. C'est vraisemblablement un axe majeur pour la mise au point d'attractifs ou de répulsifs qui amélioreront les méthodes de détection et de lutte contre cet insecte.

Distribution nationale

La connaissance de la distribution des punaises de lit en France métropolitaine est très parcellaire, et l'est encore plus dans les départements d'outremer. Le recueil des données entomologiques est nettement insuffisant tant au niveau qualitatif (présence/absence) que quantitatif. Seuls quelques experts nationaux et une enquête téléphonique réalisée par notre groupe de travail donnent quelques indications quant au nombre de punaises dans certaines localités.

Sensibilité aux insecticides

Les tests de sensibilité aux insecticides proviennent le plus généralement des Etats-Unis d'Amérique ou d'Australie. Leurs travaux démontrent des taux de résistance importants aux pyréthrinoïdes, insecticides majeurs de la lutte contre les punaises de lit. En France, une étude partielle a été mise en place sur 2 immeubles en 2012 (Durant *et al.*, 2012). Les données sont donc quasi inexistantes.

Moyens de lutte contre les punaises de lit

La lutte doit être organisée en étapes successives et rigoureuses car cet insecte est difficile à mettre en évidence. Toute lutte doit impérativement commencer par la confirmation de la présence de punaise et l'estimation du taux de contamination du site. En France métropolitaine, quelques sociétés proposent la détection par "recherche canine" ; elles peuvent être d'un important apport notamment pour les grandes structures d'hébergement. La lutte proprement dite doit d'abord être mécanique ; cette lutte mécanique fonctionne efficacement mais est fastidieuse et chronophage, et de fait peu utilisée par les professionnels. La lutte chimique (avec insecticide) n'est pas forcément obligatoire ; les actions mécaniques suffisent ordinairement. La lutte doit se faire en 2 étapes minimum, espacées de 15 jours. Les chambres syndicales des désinsectiseurs recommandent justement ces démarches. Quelques sociétés de désinsectisation valorisent la lutte mécanique mais ces sociétés sont encore minoritaires.

Impacts sanitaires

La punaise est un ectoparasite non vecteur qui peut avoir des conséquences très importantes sur la santé personnelle et publique. Pour les personnes infestées, être victime de piqûres incessantes toutes les nuits entraîne rapidement un dérèglement total de l'humeur et du comportement avec un risque de surinfection bactérienne majeur (par lésions de grattage). La santé mentale se délabre en quelques jours. Un état de nervosité, voire dépressif, se met en place. Ceci impacte la vie sociale des personnes infestées qui s'isolent, incapables d'agir pour mettre en place une action de lutte, elles-mêmes ou via un désinsectiseur. De telles situations entraînent alors des taux de punaises extrêmes sur un site. Les punaises vont alors contaminer les logements adjacents. Le port des vêtements fortement infestés va infester d'autres sites non-adjacents : transport public, cinéma, hôtels, lieux professionnels...

Dans ces situations où l'infestation concerne plusieurs logements, les textes réglementaires ne permettent pas de savoir qui doit mettre en place une lutte ordinairement onéreuse : service d'hygiène municipal, propriétaires ou locataires des lieux, syndicats...

Le rôle vecteur de cet insecte n'est toujours pas démontré. Une publication récente expose un possible rôle de transmission du parasite *Trypanosoma cruzi* responsable de la maladie de Chagas en Amérique latine (Guyane Française incluse) (Salazar *et al.*, 2015).

En tout état de cause, dans nos sociétés industrielles la punaise de lit a une affinité majeure pour l'Homme et doit être considéré comme "ectoparasite humain" non vecteur mais entraînant d'importantes conséquences sur la santé physique et psychologique des personnes infestées.

Impact économique

Un appel à un désinsectiseur qui respecte les recommandations sera facturé à un particulier quelque 250€ à 800€. Cette somme est excessive pour une partie de la population française. La lutte mécanique, plus envisageable par soi-même, doit être encore plus valorisée dans ces situations. Cependant soulever un lit, un matelas ou un canapé n'est pas de l'ordre du possible pour des personnes âgées ou handicapées.

Pour une structure privée ou publique, les sommes dépensées sont inconnues. Néanmoins, l'impact économique de la présence de punaises de lit sur le secteur touristiques et en particulier les activités hôtelières peut parfois être important, en particulier face à des introductions répétées comme c'est parfois le cas le long de certains chemins de grande randonnée. Cependant, aucune donnée ne permet à ce jour d'évaluer cet impact.

Prévention

La prévention est à l'heure actuelle, le meilleur outil de lutte contre cet insecte. Une difficulté est que la punaise de lit reste un tabou ; le manque d'hygiène y est (à tort) associé. Rappelons que la primo-infestation d'un site par les punaises de lit n'est jamais corrélée à l'hygiène. Tous les types de sites ont été infestés : palaces, hôtels délabrés, quartiers aisés, quartiers pauvres, HLM, villas, lieux publics, ...

L'absence de réactivité dans la mise en place de cette lutte entraîne de fortes infestations. Dans certains cas, cette absence de réactivité peut-être liée à un milieu social défavorisé. La prévention est quasi nulle en milieu hôtelier.

De plus en plus d'ARS mettent en place une documentation accessible en ligne.

Enseignement – Formation - Aide à la lutte

En premier lieu, la diffusion de bonnes pratiques pourrait être soutenue à l'échelle nationale. Ainsi, l'élaboration d'un "Guide des bonnes pratiques" en fonction des niveaux d'infestation permettrait d'encourager les bonnes pratiques pour les particuliers comme pour les entreprises de lutte contre les punaises. Par exemple, pour les entreprises, il pourrait être obligatoire de disposer et conserver la trace d'une preuve d'infestation (spécimen ou photo) pour déclencher une intervention.

Ensuite, les exigences en termes de formation des professionnels de la désinsectisation devraient être renforcées et adaptées à ce type d'intervention, qui présente des risques pour la santé de la population générale (interventions à l'aide de différentes familles de produits insecticides dans des lieux de vie où l'exposition des personnes peut être importante). Il est clair qu'à l'heure actuelle, la certification CERTIBIOCIDE ne permet pas de répondre pleinement à ces enjeux.

La communication et le partenariat entre les acteurs doivent être renforcés. Pour cela, il est nécessaire de développer des outils d'information, d'éducation et de communication adaptés aux spécificités des différents acteurs mentionnés précédemment :

- Professionnels de l'hôtellerie (et Ministère du tourisme),
- Gestionnaires d'habitat collectif (syndics, offices HLM, EHPAD...),
- Professionnels de santé (et Ministère de la santé),
- Services municipaux en charge de l'hygiène et de la salubrité,
- Professionnels du transport en commun (train, avion),
- Services sociaux, afin d'intégrer cette problématique dans les activités sociales de la lutte contre l'habitat insalubre,
- Entreprises 3D,
- Voyageurs,
- Grand public (incluant les scolaires).

Enfin, un système d'aide humaine et/ou financier pour les personnes les plus démunies pourrait être identifié afin de limiter l'infestation du logement de ces personnes et d'éviter la dissémination des insectes aux logements contigus.

Actions à soutenir en matière de développement des connaissances

Face aux données actuellement disponibles en France, il apparaît nécessaire de mettre en place au niveau national un système de recueil des situations d'infestation par les punaises de lit, afin d'en apprécier plus précisément la distribution, l'impact économique pour les différents acteurs concernés (particuliers, services d'hygiène, municipalités, professionnels du tourisme...) ainsi que l'impact social voire psychologique de certaines situations d'infestation.

En termes de recherche, les domaines suivants pourraient être encouragés :

- Estimation du flux génétique des punaises à différentes échelles (entre différents logements d'un même immeuble, entre différents quartiers d'une même ville et entre différentes villes). Ce type de travaux a déjà été initié en Grande-Bretagne (Fountain *et al.*, 2014).

- Evaluation de la sensibilité des punaises aux insecticides.
- Dans le domaine de la lutte antivectorielle, les différentes méthodes et outils de lutte proposés non seulement aux professionnels mais également aux particuliers devraient être systématiquement évalués en situation réelle.
- Réaliser la surveillance du risque vectoriel.

7. Bibliographie

Aboul-Nasr, A.E., Erakey, M.A.S., 1967. On the behaviour and sensory physiology of the bed bugs : 1. Temperature reactions (Hemiptera: Cimicidae). Bull. Soc. Entomol. d’Egypte 51: 43-54.

Aboul-Nasr, A.E., Erakey, M.A.S., 1968. The effect of contact and gravity reactions upon the bed bug, *Cimex lectularius* L. Bull. Soc. Entomol. d’Egypte 52: 363-370.

Adelman, Z.N., Berdjane, Z., Bruel, C., Haouchine D., Delaunay, P., Izri, A., 2011. Deep sequencing of Pyrethroid-Resistant bed bugs reveals multiple mechanisms of resistance within a single population. PLOS one 6 (10).

Adelman, Z.N., Miller, D.M., Myles, K.M., 2013. Bed bugs and infectious disease : a case for the arboviruses. PLOS Pathogens, 9 (8): e1003462.

Akhtar, Y., Isman, M.B., 2013. Horizontal transfer of diatomaceous earth and botanical insecticides in the common bed bug, *Cimex lectularius* L.; hemiptera: cimicidae. PLoS One, 8:e75626.

Anderson, J.F., Cowles, R.S., 2012. Susceptibility of *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) to pyrethroid insecticides and to insecticidal dusts with or without pyrethroid insecticides. J. Econ. Entomol., 105: 1789-1795.

Anderson, J.F., Ferrandino, F.J., Micknight, S., Nolen, J., Miller, J., 2009. A carbon dioxide, heat and chemical lure trap for the bedbug, *Cimex lectularius*. Med. Vet. Entomol. 23: 99-105.

Armstrong, J.A., W.R. Bransby-Williams, and J.A. Huddleston, 1962. Resistance to dieldrin of *Cimex hemipterus* (Fabricius). Nature, 193:499-501.

Angelakis, E., Socolovschi, C., Raoult, D., 2013. Short report: *Bartonella quintana* in *Cimex hemipterus*, Rwanda. Am. J. Trop. Med. Hyg., 89(5):986-987.

Araujo, R.N., Costa, F.S., Gontijo, N.F., Goncalves, T.C.M., Pereira, M.H., 2009. The feeding process of *Cimex lectularius* (Linnaeus 1758) and *Cimex hemipterus* (Fabricius 1803) on different bloodmeal sources. Journal of Insect Physiology, 55, 1151–1157.

Balvin, O., Sevcik, M., Jahelkova, H., Bartonicka, T., Orlova, M., Vilimova, J., 2012. Transport of bugs of the genus *Cimex* (Hemiptera: Cimicidae) by bats in western Palearctic. Vespertilio, 16: 43-54.

Bashir, B., Sharma, S.G., Stein, H.D., Sirota, R.A., D’Agati, V.D., 2013. Acute kidney injury secondary to exposure to insecticides used for bedbug (*Cimex lectularius*) control. American Journal of Kidney diseases, 62(5): 974-977.

Benoit, J.B., 2011. Stress tolerance of bed bugs: A review of factors that cause trauma to *Cimex lectularius* and *C. hemipterus*. Insects, 2: 151-172.

Benoit, J.B., Del Grosso, N.A., Yoder, J.A., Denlinger, D.L., 2007. Resistance to dehydration between bouts of blood feeding in the bed bug, *Cimex lectularius*, is enhanced by water conservation, aggregation, and quiescence. Am. J. Trop. Med. Hyg., 76: 987-993.

- Benoit, J.B., Lopez-Martinez, G., Teets, N.M., Phillips, S.A., Denlinger, D.L., 2009a. Responses of the bed bug, *Cimex lectularius*, to temperature extremes and dehydration: levels of tolerance, rapid cold hardening and expression of heat shock proteins. *Med. Vet. Ent.*, 23: 418-425.
- Benoit, J.B., Phillips, S.A., Croxall, T.J., Christensen, B.S., Yoder, J.A., Denlinger, D.L., 2009b. Addition of alarm pheromone components improves the effectiveness of desiccant dusts against *Cimex lectularius*. *J. Med. Entomol.*, 46: 572-579.
- Berenger, J.M., Delaunay, P., Pagès, F., 2008. Les punaises de lit (Heteroptera, Cimicidae) : : une actualité "envahissante". *Med Trop (Mars)*, 68(6):563-567.
- Bernardeschi, C., Le Cleach, L., Delaunay, P., Chosidow, O., 2013. Bed bug infestation. *BMJ*, 346: f138.
- Boase, C., Naylor R., Phillips, C., 2012. Laboratory and field evaluation of Suterra's new bed bug monitor. www.international-pest-control.com, July:August 2012: 208-210.
- Brault, A.C., Armijos, M.V., Wheeler, S., Wright, S., Fang, Y., Langevin, S., Reisen, W.K., 2009. Stone Lake virus (Family Togaviridae, genus Alphavirus), a variant of Fort Morgan virus isolated from swallow bugs (Hemiptera: Cimicidae) west of the Continental Divide. *J. Med. Entomol.* 46: 1203-1209
- Brown, CR, Moore, AT, Young, GR, Komar, N. 2010. Persistence of Buggy Creek virus (Togaviridae, Alphavirus) for two years in unfed swallow bugs (Hemiptera: Cimicidae: *Oeciacus vicarius*). *J. Med. Entomol.*, 47: 436-441.
- Brumpt, E., 1936. Précis de parasitologie. Vol. I et II. Masson & Cie, 2139 pp.
- Burrow, S., Perron, S., Susser, S., 2013. Suicide following an infestation of bed bugs. *American Journal of Case Report*, 29, (14): 176-178.
- Carayon, J. 1975. Insémination extragénitale traumatique et système paragénitale chez les Hémiptères Cimicoidea. *Sc., Univ. Paris*, 2, 17 -678.
- CDC & US EPA. 2010. Joint Statement on Bed Bug Control in the United States from the U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
- Chapman, R.F., 1982. Chemoreception: the significance of receptor numbers. *Adv. Insect Physiol.*, 16: 247-356.
- Chatton, E., Blanc, G., 1918. Large éclectisme parasitaire de la punaise des lits. Son entretien aux dépens des reptiles. *Bull Soc Path Exot*, 11 (5): 382-391.
- Clark, S., Gilleard, J.S., McGoldrick, J., 2002. Human bedbug infestation of a domestic cat. *Vet. Rec.*, 151: 336.
- Cohnstaedt, L.W., Rochon, K., Duehl, A.J., Anderson, J.F., Barrera, R., Su, N.Y., Gerry, A.C., Obenauer, P.J., Campbell, J.F., Lysyk, T.J., Allan, S.A., 2012. Arthropod surveillance programs: basic components, strategies, and analysis. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 105: 135-149.
- Cooper, R., 2007. Just encase: mattress and box-spring encasements can serve as an essential tool in effective bed bug management. *Pest Control*, 75: 64-75.

- Cooper, R., Wang, C., Singh, N., 2014. Accuracy of trained canines for detecting bed bugs (Hemiptera: Cimicidae). *J. Econom. Entomol.*, 107: 2171-2181.
- Delaunay, P., 2012. Human travel and traveling bedbugs. *J Travel Med*, 19(6): 373-379.
- Delaunay, P., Blanc, V., Dandine, M., Del Giudice, P., Franc, M., Pomares-Estran, C., Marty, P., Chosidow, O., 2009. Bedbugs and healthcare-associated dermatitis, France. *Emerg Infect Dis*, 15(6): 989-990.
- Delaunay, P., Blanc, V., Del Giudice, P., Levy-Bencheton, A., Chosidow, O., Marty, P., Brouqui, P., 2011. Bedbugs and infectious diseases. *Clin Infect Dis*, 52(2): 200-210.
- De Meillon, B., Goldberg, J.L., 1947. Preliminary studies on the nutritional requirements of the bedbug (*Cimex lectularius* L.) and the tick *Ornithodoros moubata* Murray. *J. Exp. Biol.*, 24: 41-63.
- De Meillon, B., Hardy, F., 1951. Fate of *Cimex lectularius* on adult and on baby mice. *Nature*, 187: 151-152.
- DeShazo, R.D., Feldlaufer, M.F., Mihm, M.C., Goddard, J., 2012. Bullous reactions to bedbug bites reflect cutaneous vasculitis. *The American Journal of Medicine*, 125: 688-694.
- Doggett, S.L., 2013. A code of practice for the control of bed bug infestations in Australia. 4th edition. Australian Environmental Pest Managers Association, 92 p.
- Doggett, S.L., Dwyer, D.E., Peñas, P.F., Russell, R.C., 2012. Bed bugs: clinical relevance and control options. *Clin Microbiol Rev*, 25(1):164-192.
- Doggett, S.L., Geary, M.J., Russell, R.C., 2006. Encasing mattresses in black plastic will not provide thermal control of bed bugs, *Cimex* spp. (Hemiptera: Cimicidae). *J. Econ. Entomol.*, 99: 2132-2135.
- Durand, R., Cannet, A., Berdjane, Z., Bruel, C., Haouchine, D., Delaunay, P., Izri, A., 2012. Infestation by pyrethroids resistant bed bugs in the suburb of Paris, France. *Parasite*, 19: 381-387.
- Eom, I. Y., Risticvic, S., Pawliszyn, J., 2012. Simultaneous sampling and analysis of indoor air infested with *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae) by solid phase microextraction, thin film microextraction and needle trap device. *Anal. Chim. Acta*, 716: 2-10.
- Feldlaufer, M.F., Blomquist, G.J., 2011. Cuticular hydrocarbons from bed bugs *Cimex lectularius* L. *Biochemical systematics and ecology*, 39: 283-285.
- Feldlaufer M.F., Domingue, M.J., Chauhan, K.R., Aldrich, J.R., 2010. 4-oxo-aldehydes from the dorsal abdominal glands of the bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med. Entomol.*, 47: 140-143.
- Feldlaufer M.F., Loudon, C., 2011. Undesirable dispersal of eggs and early-stage nymphs of the bed bug (Hemiptera: Cimicidae) by static electricity and air currents. *J. Entomol. Sci.*, 46: 169-170.
- Feroz, M. 1969. Toxicological and genetic studies of organophosphorus-resistance in *Cimex lectularius* L. *Bull. Entomol. Res.* 59: 377-382.
- Fletcher, C.L., Arden-Jones, M.R. 2002. Widespread bullous eruption due to multiple bed bug bites. *Clinical and Experimental Dermatology*, 27: 74-75.

- Fountain, T., Duvaux, L., Horsburgh, G., Reinhardt, K., Butlin, R.K., 2014. Human-facilitated metapopulation dynamics in an emerging pest species, *Cimex lectularius*. *Mol. Ecol.*, 23(5): 1071-1084
- Gibbs, S.G., Lowe, J.J., Smith, P.W., Hewlett, A.L., 2012. Gaseous chlorine dioxide as an alternative for bedbug control. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.*, 33: 495-499.
- Goddard, J. 2003a. Do bed bugs carry human diseases? A controversy. *Pest Control Technol.* 31: 38-40.
- Goddard, J. 2003b. Bed bugs bounce back – but do they transmit disease? *Infect. Med.* 20: 473-474.
- Goddard, J., 2009. Bed bugs: vectors of human disease. *Pest Control Technol.* 37: 44-45, 48, 50-52, 54-55.
- Goddard, J., 2011. Bed bugs and transmission of *Trypanosoma cruzi*. *Clin. Infect. Dis.*, 53: 210.
- Goddard, J., Varela-Stokes, A., Smith, W., Edwards, K.T., 2012. Artificial infection of the bed bug with *Rickettsia parkeri*. *J. Med. Entomol.*, 49(4): 922-926.
- Goddard, J., DeShazo, R., 2009. Bed bugs (*Cimex lectularius*) and clinical consequences of their bites. *Journal of American Medical Association*, 301 (13): 1358-1366.
- Gries, R., Britton, R., Holmes, M., Zhai, H., Draper, J., Gries, G., 2014. Bed bug aggregation pheromone finally identified. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53: 1-5.
- Harraca, V., Ryne, C., Birgersson, G., Ignell, R., 2012. Smelling your way to food: can bed bugs use our odour? *The Journal of Experimental Biology*, 215: 623-629.
- Harraca, V., Ryne, C., Ignell, R., 2010. Nymphs of the common bed bug (*Cimex lectularius*) produce anti-aphrodisiac defence against conspecific males. *BMC Biol.*, 8: 121.
- How, Y.F., Lee, C.Y., 2011. Surface contact toxicity and synergism of several insecticides against different stages of the tropical bed bug, *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Manag. Sci.*, 67: 734-740.
- Hypsa, V., Aksoy, S., 1997. Phylogenetic characterization of two transovarially transmitted endosymbionts of the bedbugs *Cimex lectularius* (Heteroptera: Cimicidae). *Insect Mol. Biol.*, 6: 301-304.
- Johnson, C.G., 1941. The ecology of the bed-bug, *Cimex lectularius* L., in Britain. *J. Hyg.* 41: 345-461.
- Jones, S.C., Bryant, J.L., 2012. Ineffectiveness of over-the-counter total-release foggers against the bed bug (Heteroptera: Cimicidae). *J. Econ. Entomol.*, 105: 957-963.
- Jorg, M.E., 1992. *Cimex lectularius* L. (the common bed-bug), the vector of *Trypanosoma cruzi*. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 25 (4): 277-278.
- Jupp, P.G., Prozesky, O.W., McElligot, S.E., van Wyk, L.A.S., 1978. Infection of the common bedbug (*Cimex lectularius* L.) with hepatitis B virus in South Africa. *S. Afr. Med. J.*, 53: 598-600.

- Jupp, P.G., Prozesky, O.W., McElligot, S.E., 1980. Absence of biological multiplication of hepatitis B virus in the common bedbug. *S. Afr. Med. J.*, 57: 36.
- Karunaratne, S.H.P.P., Damayanthi, B.T., Fareena, M.H.J., Imbuldeniya, V., Hemingway, J., 2007. Insecticide resistance in the tropical bedbug *Cimex hemipterus*. *Pest. Biochem. Physiol.* 88: 102-107.
- Leulmi H., Bérenger J-M., Lepidi H., Rolain J-M., Bitam I., Almeras L., Raoult D., Parola P., 2015. Competence of *Cimex lectularius* bed bugs for the transmission of *Bartonella quintana*, the agent of trench fever. *PLOS Neglected Tropical Diseases (In press)*.
- Levinson, H.Z., Bar Ilan, A.R., 1971. Assembling and alerting scents produced by the bedbug *Cimex lectularius* L. *Experientia*, 27: 102-103.
- Levinson, H.Z., Levinson, A.R., Müller, B., Steinbrecht, R.A., 1974. Structure of sensilla, olfactory perception, and behaviour of the bedbugs, *Cimex lectularius*, in response to its alarm pheromone. *J. Insect Physiol.*, 20: 1231-1248.
- Liebold, K., Schliemann-Willers, S., Wollina, U., 2003. Disseminated bullous eruption with systemic reaction caused by *Cimex lectularius*. *Journal of European Academy of Dermatology and Venerology*, 17: 461-463.
- Liedtke, H.C., Åbjörnsson, K., Harraca, V., Knudsen, J.T., Wallin, E.A., Hedenström, E., Ryne, C., 2011. Alarm pheromones and chemical communication in nymphs of the tropical bed bug *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae). *PLoS One*, 6: e18156.
- Lowe, C.F., Romney, M.G., 2011. Bedbugs as vectors for drug-resistant bacteria. *Emerging infectious disease*, 17(6):1132-1134.
- Mallis, A., Miller, A.C., 1964. Prolonged resistance in the house fly and bed bug. *J. Econ. Entomol.* 57: 608-609.
- Mankin, R.W., Hodges, R.D., Nagle, H.T., Schal, C., Pereira, R.M., Koehler, P.G., 2010. Acoustic indicators for targeted detection of stored product and urban insect pests by inexpensive infrared, acoustic, and vibrational detection of movement. *J. Econ. Entomol.* 103: 1636-1646.
- Marx, R., 1955. Oberdie Wirtsfindung und die Bedeutung des artspezifischen Duftstoffes bei *Cimex lectularius* Linne. *Z für Parasitenkunde* 17:41-72.
- Moore, D. J., Miller, D.M., 2009. Field evaluations of insecticide treatment regimens for control of the common bed bug, *Cimex lectularius* (L.). *Pest Manag. Sci.*, 65: 332-338.
- Myamba, J., Maxwell, C.A., Asidi, A., Curtis, C.F., 2002. Pyrethroid resistance in tropical bedbugs, *Cimex hemipterus*, associated with use of treated bednets. *Med. Vet. Entomol.* 16: 448-451.
- National Conference of State Legislatures, 2013. Accessible au lien suivant : <http://www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/state-bedbug-laws.aspx>. Consulté le 23 mars 2015.
- Naylor, R.A., Boase, C.J., 2010. Practical solutions for treating laundry infested with *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *J. Econ. Entomol.*, 103: 136-139.

- Newberry, K., 1988. Production of a hybrid between the bedbugs *Cimex hemipterus* and *Cimex lectularius*. *Med. Vet. Ent.*, 2: 297 – 300.
- Pereira, R.M., Koehler, P.G., Pfiester, M., Walker, W., 2009. Lethal effects of heat and use of localized heat treatment for control of bed bug infestations. *J. Econ. Entomol.*, 102: 1182-1188.
- Paulke-Korinek, M., Szell, M., Laferl, H., Auer, H., Wenisch, C., 2012. Bed bugs can cause severe anaemia in adults. *Parasitol. Res.*, 110: 2577-2579.
- Pfiester, M., Koehler, P.G., Pereira, R.M., 2008. Ability of bed bug-detecting canines to locate live bed bugs and viable bed bug eggs. *J. Econ. Entomol.*, 101: 1389-1396.
- Povolny, D., 1957. Kritická studie o štěnicovitých (Het. Cimicidae) v Československu [A critical study on bugs (Heteroptera, Cimicidae) in Czechoslovakia]. *Zoologické Listy*, 6: 59–80.
- Pritchard, M.J., Hwang, S.W., 2009. Severe anemia from bedbugs. *Canadian Medical Association Journal*, 181(5): 287-288.
- Puckett, R.T., McDonald, D.L., Gold, R.E., 2013. Comparison of multiple steam treatment durations for control of bed bugs (*Cimex lectularius* L.). *Pest Manag. Sci.*, 69: 1061-1065.
- Rasgon, J.L., Scott, T.W., 2004. Phylogenetic characterization of *Wolbachia* symbionts infecting *Cimex lectularius* L. and *Oeciacus vicarius* Horvath (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med. Entomol.* 41: 1175-1178.
- Reinhardt, K., Isaac, D., Naylor, R., 2010. Estimating the feeding rate of the bedbug *Cimex lectularius* in an infested room: an inexpensive method and a case study. *Med. Vet. Entomol.*, 24: 46-54.
- Reinhardt, K., Naylor, R., Siva-Jothy, M.T. 2003. Reducing a cost of traumatic insemination: female bedbugs evolve a unique organ. *Proc. Biol. Sci.*, 270(1531): 2371-2375.
- Rivnay, E., 1932. Studies in tropisms of the bed bug *Cimex lectularius* L. *Parasitology*, 24: 121-136.
- Romero, A., Potter, M.F., Haynes, K.F., 2009. Evaluation of piperonyl butoxide as a deltamethrin synergist for pyrethroid-resistant bed bugs. *J. Econ. Entomol.*, 102: 2310-2315.
- Romero, A., M. F. Potter, D. A. Potter, and K. F. Haynes. 2007. Insecticide resistance in the bed bug: A factor in the pest's sudden resurgence? *J. Med. Entomol.* 44: 175-178.
- Ryne, C., 2009. Homosexual interactions in bed bugs: alarm pheromones as male recognition signals. *Animal behaviour*, 78: 1471-1475.
- Rush, W.A., Francy, D. B., Smith, G.C., Cropp, C.B., 1980. Transmission of an arbovirus by a member of the family Cimicidae. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 73: 315-318.
- Sabou, M., Imperiale, D.G., Andrès, E., Abou-Bacar, A., Foeglé, J., Lavigne, T., Kaqltenbach, G., Candolfi, E., 2013. Bed bugs reproductive life cycle in the clothes of a patient suffering from Alzheimer's disease results in iron deficiency anemia. *Parasite*, 20, 16.
- Sakamoto, J.M., Rasgon, J.L., 2006. Endosymbiotic bacteria of bed bugs: evolution, ecology and genetics. *Am. Entomol.*, 52 (2): 119-122.

- Sakamoto, J.M., Feinstein, J., Rasgon, J.L., 2006. Wolbachia infections in the Cimicidae: museum specimens as an untapped resource for endosymbiont surveys. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72: 3161-3167.
- Salazar, R., Castillo-Neyra, R., Tustin, A.W., Borrini-Mayorí, K., Náquira, C., Levy M,Z., 2015. Bed Bugs (*Cimex lectularius*) as Vectors of *Trypanosoma cruzi*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 92 (2): 331-335.
- Schaafsma, E.J., Hapke, S.D., Banfield, M.G., 2012. Bed bug (*Cimex lectularius* L.) population composition as determined by baited traps. *Insects* 3: 442-452.
- Schofield, C.J., 2000. *Trypanosoma cruzi* – The vector-parasite paradox. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 95(4): 535-544.
- Sheele, J.M., Anderson, J.F., Tran, T.D., Teng, Y.A., Byers, P.A., Ravi, B.S., Sonenshine, D.E., 2013. Ivermectin causes *Cimex lectularius* (bedbug) morbidity and mortality. *J. Emerg. Med.*, 45: 433-440.
- Siljander, E., 2006. Foraging and communication ecology of bed bugs, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Am. Entomol.* 52 (2): 116-117.
- Siljander, E., Gries, R., Khaskin, G., Gries, G., 2008. Identification of the airborne aggregation pheromone of the common bed bug, *Cimex lectularius*. *J. Chem. Ecol.*, 34(6): 708-718.
- Siljander, E., Penman, D., Harlan, H., Gries, G., 2007. Evidence for male- and juvenile-specific contact pheromones of the common bed bug *Cimex lectularius*. *Entomol. Exp. Appl.*, 125: 215-219.
- Siljander, E.D., Takacs, S., Gries, R., Gries, G., 2011. Controlling bedbugs with synthetic pheromones and/or infrared radiation. U.S. Patent No. 7,892,528 B2. 22 February 2011.
- Singh, N., Wang, C., Cooper, R., 2013. Effect of trap design, chemical lure, carbon dioxide release rate, and source of carbon dioxide on efficacy of bed bug monitors. *J. Econ. Entomol.*, 106: 1802-1811.
- Singh, N., Wang, C., Cooper, R., Liu, C., 2012. Interactions among Carbon dioxide, heat and chemical lure in attracting the Bed bug, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae). *Psyche*, 2012, 9 pp.
- Siva-Jothy, M., Stutt, A.D. 2002. A matter of taste: direct detection of female mating status in the bedbug. *Proc. Biol. Sci.*, 270(1515):649-652.
- Stutt, A.D., Siva-Jothy, M.T. 2001. Traumatic insemination and sexual conflict in the bed bug *Cimex lectularius*. *PNAS*, 98 (10): 5683-5687.
- Susser, R. S., Perron, S., Founier, M., Jacques, L., Denis, G., Tessier, F., Roberge, P. 2012. Mental health effects from urban bed bug infestation (*Cimex lectularius* L.): a cross-sectional study. *BMJ open* 2012, 2.
- Szalanski, A.L., Tripodi, A.D., Austin, J.W., 2011. Multiplex polymerase chain reaction diagnostics of bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med; Entomol.*, 48 (4): 937-940.
- Szyndler, M.W., Haynes, K.F., Potter, M.F., Corn, R.M., Loudon, C., 2013. Entrapment of bed bugs by leaf trichomes inspires microfabrication of biomimetic surfaces. *J. R. Soc. Interface* 10: 20130174.

- Tawatsin, A., Thavara, U., Chompoosri, J., Phusup, Y., Jonjang, N., Khumsawads, C., Bhakdeenuan, P., Sawanpanyalert, P., Asavadachanukorn, P., Mulla, M.S., Siriyasatien, P., Debboun, M., 2011. Insecticide resistance in bedbugs in Thailand and laboratory evaluation of insecticides for the control of *Cimex hemipterus* and *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med. Entomol.*, 48: 1023-1030.
- Takano-lee, M., Velten, R.K., Edman, J.D., Mullens, B.A., Clark, J.M., 2003. An automated feeding apparatus for in vitro maintenance of the human head louse, *Pediculus capitis* (Anoploura: Pediculidae). *J. Med. Entomol.* 40 (6): 795-799.
- Vaidyanathan, R., Feldlaufer. M.F., 2013. Bed bug detection: current technologies and future directions. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 88: 619-625.
- Venkatachalam, P., Belavady, B., 1962. Loss of haemoglobin iron due to excessive biting by bed bugs. A possible aetiological factor in the iron deficiency anaemia of infants and children. *Trans. R Soc. Trop. Med Hyg*, 56 : 218-221.
- Wang, C., Gibb, T., Bennett G.W., Mc Knight, S., 2009a. Bed bug (Heteroptera: Cimicidae) attraction to pitfall traps baited with carbon dioxide, heat, and chemical lure. *J. Econ. Entomol.*, 102(4): 1580-1585.
- Wang, C., Gibb, T., Bennett, G.W., McKnight, S., 2009b. Bed bug (Heteroptera: Cimicidae) attraction to pitfall traps baited with carbon dioxide, heat, and chemical lure. *J. Econ. Entomol.*, 102: 1580-1585.
- Wang, C., Lü, L., Xu, M., 2012. Carbon dioxide fumigation for controlling bed bugs. *J. Med. Entomol.*, 49: 1076-1083.
- Wang, C., Singh, N., Cooper, R., Liu, C., Buczkowski, G., 2013. Evaluation of an insecticide dust band treatment method for controlling bed bugs. *J. Econ. Entomol.*, 106: 347-352.
- Wang, C., Tsai, W.T., Cooper, R., White, J., 2011. Effectiveness of bed bug monitors for detecting and trapping bed bugs in apartments. *J. Econ. Entomol.*, 104: 274–278.
- Wattal, B.L., Kalra, N.L., 1961. New methods for the maintenance of a laboratory colony of the bed-bug, *Cimex hemipterus* F., with observations on its biology. *Indian J. Malariology*, 15: 157-171.
- Webb, P.A., Happ, C.M., Maupin, G.O., Johnson, B.J., Ou, C.Y., Monath, T.P., 1989. Potential for insect transmission of HIV: experimental exposure of *Cimex hemipterus* and *Toxorhynchites amboinensis* to human immunodeficiency virus. *J. Inf. Dis.*, 160(6): 970-977.
- Weeks, E.N.I., Birkett, M.A., Cameron, M. M., Pickett, J.A., Logan, J.C., 2011. Semiochemicals of the common bed bugs, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae), and their potential for use in monitoring and control. *Pest Manag. Sci.*, 67: 10-20.
- Weeks, E.N.I., Logan, J.C., Gezan, S.A., Woodcock, C.M., Birkett, M.A., Pickett, J.A., Cameron, M. M., 2010. A bioassay for studying behavioural responses of the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) to bed bug-derived volatiles. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 1-8.
- Williams, J.E., Imlarp, S., Top, F.H., Cavanaugh, D.C., Russell, P.K., 1976. Kaeng Khoi virus from naturally infected bedbugs (Cimicidae) and immature free-tailed bats. *Bull. World Health Organ.*, 53: 365-369.

Wills, W., Larouze, B., London, W.T., Millman, I., Werner, B., Ogston, W., Pourtaghava, M., Diallo, S., Blumberg, B.S., 1977. Hepatitis-B virus in bedbugs (*Cimex hemipterus*) from Senegal. *Lancet* ii: 217-219.

Yoon, K.S., D. H. Kwon, J.P. Strycharz, C.S. Hollingsworth, Lee, S.H., Clark, J.M., 2008. Biochemical and molecular analysis of deltamethrin resistance in the common bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med. Entomol.*, 45: 1092-1101.

Yturralde, K.M., Hofstetter, R.W., 2012. Efficacy of commercially available ultrasonic pest repellent devices to affect behavior of bed bugs (Hemiptera: Cimicidae). *J. Econ. Entomol.*, 105: 2107-2114.

Zhu, F., Wigginton, J., Romero, A., Moore, A., Ferguson, K., Palli, R., Potter, M.F., Haynes, K.F., Palli, S.R., 2010. Widespread distribution of knockdown resistance mutations in the bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), populations in the United States. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 73: 245-257.

Zhu, F., Gujar, H., Gordon, J.R., Haynes K.F., Potter, M.F., Palli, S.R., 2013. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. *Scientific reports*, 3 : 1456.

Annexe - Questionnaire national à l'attention des opérateurs de lutte

Introduction à l'enquête

Les punaises de lit (*Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus*) avaient quasiment disparu du territoire français métropolitain depuis les années 1950, en lien avec l'amélioration de l'hygiène de l'habitat et peut-être aussi en lien avec l'utilisation domestique du DDT.

Une recrudescence de ces punaises semble être observée depuis le début des années 1990 dans la plupart des pays développés, sans qu'aucun élément tangible ne vienne appuyer cette hypothèse. Aucune transmission de pathogènes à l'homme par *Cimex* n'a jusqu'à présent été démontrée. Cette espèce pose un problème de santé publique, avec des implications économiques, qu'il convient dans un premier temps d'évaluer, afin de mettre en place les mesures de gestion les mieux adaptées.

Afin de réaliser un état des lieux, un groupe de travail du [CNEV](#) (Centre National d'Expertise sur les Vecteurs) a établi un questionnaire visant à apprécier la distribution des punaises de lit en France. Ce questionnaire s'adresse aux professionnels de la désinsectisation, qui, en contact direct avec le terrain, sont les mieux placés pour fournir des éléments permettant de caractériser la situation. Il est conçu pour être rempli en 10 minutes environ.

VOUS

1. Personne répondant au questionnaire

Nom/Prénom

Organisme/Société/Institution

Adresse

Mail

Téléphone

2. Votre entreprise

- Année de création :
- Nombre de personnes employées :
- Nombre d'interventions annuelles (tous insectes confondus) :
 - <10
 - 10-50
 - 50-100
 - 100-200
 - >200

- Zone d'intervention : Mentionner les départements

VOS INTERVENTIONS « PUNAISES »

3. Vos activités concernant les punaises de lit

3.1. Avez-vous été sollicités pour des interventions avec un plaignant mentionnant les punaises de lit ?

- Oui
- Non

3.2. Avez-vous réalisé des interventions contre punaises ?

- Oui
- Non

3.3. Si oui, depuis combien d'années environ ?

3.4. Quelle proportion d'interventions cela représente-t-il environ au sein de votre activité ?

- Moins de 20%
- De 20 à 40 %
- De 40 à 60 %
- De 60 à 80 %
- Plus de 80 %

3.5. Combien d'interventions contre les punaises de lit réalisez-vous chaque année (une intervention est ici considérée comme une ou plusieurs interventions au sein d'un même immeuble ou hôtel) ?

- Aucune
- 1 à 10
- 11 à 50
- 50 à 100
- 100 à 200
- Plus de 200

3.6. Si vous disposez d'une base de données relative à vos interventions punaises, accepteriez-vous de nous communiquer le nombre d'interventions par commune (afin de mieux apprécier l'étendue de ce problème au niveau du territoire) ?

- Nous n'avons pas de base de données
- Nous acceptons de communiquer ces informations
- Nous ne souhaitons pas communiquer ces informations

3.7. En cas de réponse négative à la précédente question, pourriez-vous a minima nous indiquer dans quelles zones géographiques (départements ou communes) vous avez, au moins une fois, observé des punaises de lit ?

3.8. Au cours des 5 dernières années, le nombre de vos interventions contre les punaises de lit :

- A augmenté
- A diminué
- Est resté stable

VOS PRATIQUES

4. Diagnostic

4.1 Parmi les critères suivants, lesquels vous semblent suffisants pour statuer sur l'infestation par des punaises de lit?

- Demande du client
- Entretien détaillé avec le client : o/n
- Observation directe de punaises : o/n
- Observation de traces (déjections de punaises, tâches de sang...) : o/n
- Observation de traces de piqûres caractéristiques sur la peau : o/n
- Autre (précisez)

4.2 Quelle méthode utilisez-vous pour diagnostiquer la présence de punaises de lit dans un logement (plusieurs choix possibles) ?

- Aucune, j'interviens suite à une demande client
- Inspection visuelle
- Chien détecteur
- Pièges (passifs ou actifs)
- Piqûres du client
- Autres (préciser)

4.3 Quelle est la durée moyenne de votre visite pour établir un diagnostic pour un logement ?

4.4

4.5 En cas de présomption non confirmée de présence de punaises de lit, quelle(s) suite(s) donnez-vous ?

- Attente de nouvelles informations par le client
- Intervention minimale aux points à risque (literie)
- Intervention complète
- Autre (précisez)

5. Contrôle

5.1 Quelle(s) méthode(s) de lutte utilisez-vous ou recommandez-vous contre les punaises de lit ?

- Lutte chimique
- Lutte mécanique
- Les deux

5.2 En cas de traitement insecticide, vous effectuez généralement :

- Un traitement unique: o/n
- Deux traitements (si oui à combien de jours d'intervalle) : o/n
- Autres : précisez

5.3 En cas de traitement insecticide, quel(s) produit(s) biocide(s) (appellation commerciale) utilisez-vous régulièrement : Précisez

5.4 Comment évaluez-vous a posteriori l'efficacité des opérations de lutte ?

- Nouvelle visite post-traitement (si oui, combien de temps après) : o/n
- Pose de pièges attractifs (moniteurs) (si oui, combien) : o/n
- Pièges passifs: o/n
- Attente d'informations par le client: o/n
- Chien détecteur: o/n
- Autre

5.5 En moyenne, combien de visites sont nécessaires, depuis le diagnostic jusqu'à la résolution du problème ?

FORMATIONS ET INFORMATIONS

6. Questions diverses

6.1 Estimez-vous être assez informé sur la problématique des punaises de lits, les bonnes pratiques de détection, et les traitements ?

- Oui
 Non
 Ne sais pas

6.2 Seriez-vous intéressés par une formation spécifique sur ces sujets ?

- Oui
 Non
 Ne sais pas

6.3 Estimez-vous que le grand public est mieux informé et sensibilisé aux punaises de lits qu'il y a 5 ans ?

- Oui
 Non
 Ne sais pas

6.4 Champ libre pour des commentaires