LES RENCONTRES DE L'AFROA
« Insectes et collections patrimoniales »*

Compte-rendu de la rencontre du lundi 7 octobre 2013. Auditorium de l'Institut national du patrimoine

Intervenants :
- Monsieur Fabien Fohrer, Technicien de recherche - Ministère de la Culture. Entomologiste et microbiologiste au CICRP (Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine)
- Madame Agnoko-Michèle Gunn, chef du service de conservation-restauration (Centre des monuments nationaux)
- Monsieur Alain Renard, restaurateur spécialisé dans le domaine des infestations et de l'anoxye
- Monsieur Mathieu Sachoux, responsable « matériel », société Abiotec

Thématiques de la rencontre :
- Diagnostic des infestations : approche techniques et méthodologiques
- La lutte contre les insectes par la chaleur
- La lutte contre les insectes par anoxye
- La lutte contre les insectes par piégeage à lumière

Fabien Fohrer
Entomologiste et microbiologiste au CICRP (Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine)

Diagnostic des infestations : approches techniques et méthodologiques

<u>Présentation de la classification des insectes</u>

Les insectes font partie de l'embranchement des arthropodes (littéralement « pattes articulées ».
Ils sont partagés en différents « Ordres », exemple : Diptère (mouches), Coléoptère (carabes, coccinelles, scarabées,…), Lépidoptère (papillons), Etc.

Le régime alimentaire des insectes dangereux pour le patrimoine est très variable :

- Xylophage : qui se nourrit de bois (coléoptère et termites)
- Nécrophage : qui se nourrit de cadavres ou autre substance d'origine animale (coléoptères Dermestidae, mites Tineidae)
- Psichophage : qui se nourrit de miettes (coléoptères Ptinidae)
- Mycophage : qui se nourrit de moisissures (Psoques, blattes et poissons d'argent)
-

Insectes non dangereux pour les œuvres patrimoniales :

- Phytophage : qui se nourrit de végétaux (pucerons, chenilles de papillons, sauterelles,…) :
- Prédateur : qui se nourrit de proies vivantes (libellules, coccinelles, éphémères, certains diptères et punaises …) :
- Hématophage : qui se nourrit de sang (moustiques, certains diptères et punaises,…)
- Etc.

La plupart des insectes se développent de l'œuf au stade adulte appelé imago en passant par plusieurs métamorphoses : stade larvaire (chenille, vers, larves …) et stade nymphal (chrysalide, pupe, nymphe …).

Parmi les 29 ordres existants, les espèces dangereuses se rencontrent dans les ordres suivants :

- Coleoptera : qui compte 96 000 espèces en France, mais dont peu sont néfastes pour le patrimoine (une centaine) et ces dernières représentent 80 % des espèces dangereuses rencontrées.
- Dictyoptera : ou blattes, qui comptent 18 espèces en France dont trois très fréquentes dans les institutions
- Psocoptera : psoques ou poux des livres
- Lepidoptera : mites ou teignes
- Isoptera : termites, 9 espèces françaises
- Thysanoures : poisson d'agent ou lépisme
- Hyrmenoptera : surtout l'abeille charpentière

La dangerosité des insectes pour le patrimoine

Il s'agit avant tout de déterminer la phase la plus dangereuse de leur cycle de développement
Le tableau ci-dessous réunit les principaux insectes dangereux pour le patrimoine* :

	Xylophage *« Qui se nourrit de bois »*	**Nécrophage** *« Qui se nourrit de cadavres et autres substance d'origine animale »*	**Polyphage** *« Qui se nourrit de diverses substances animales et végétales »*	**Indicateur d'humidité** *« Qui ne se développe qu'en présence d'humidité »*
Coléoptère	**Vrillettes** Lyctus Capricornes Charançons Bostryches	Anthrènes Attagène Dermestes Trogodermes Ptinides Etc.	***Stegobium paniceum*** ***Anthrenus verbasci***	
Lépidoptère		**Mites**		
Isoptère	Termite souterrain Termite de bois sec			
Dictyoptère	Blattes (papier)	Blattes	Blattes	Blattes
Psocoptère	Psoques (papier)			Psoques
Thysanoure	Lépismes (papier)			Lépismes

*voir la base de données sur les Insectes du Patrimoine Culturel : http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/insectes-du-patrimoine/?q=fr/page/accueil

Les insectes xylophages :

Les femelles pondent leurs œufs dans des fissures et anfractuosités du bois
Ces larves produisent de la vermoulure (à ne pas confondre avec les sciures), poudre fine qui est le produit de leur digestion et qui coule au travers d'un trou d'émergence lors de la sortie de l'insecte adulte.
Les trous observés dans le bois sont le fait des adultes lors de leur sortie du matériau

Les adultes se rencontrent du printemps à l'automne (pas pendant les périodes froides).

On distingue deux types d'insectes xylophages :

Les xylophages de bois secs (7 à 20 % HR) :

- Capricornes des maisons

- Grosses vrillettes
- Petite vrillette
- Vrillettes des bibliothèques
- Vrillettes brunes
- Termites de bois sec
- Termites souterrains.

Les xylophages de bois frais (>20 % HR) :

Ensemble des autres capricornes

Les insectes nécrophages :

Ils sont présents toute l'année sur tous les types de matériaux (œuvres) ainsi que dans leur environnement.
Les adultes sont visibles du printemps à l'automne.
Ils se nourrissent de plumes, de poil, de corne, de soie de cuir, de parchemin.
On les détecte grâce aux trous de larves et aux trous de sortie des adultes, ainsi que par la présence caractéristique d'exuvie, enveloppe (cuticule ou peau), que la larve quitte lors de la mue.
Ces insectes ont également la particularité de pondre sur d'autres insectes morts et notamment ceux présents dans les locaux (mouches et papillons).

- La famille des Dermestidae :

Insectes nécrophages, mais plus largement détritiphages et psichopahges.

Cette famille compte environ 15 espèces d'Anthrènes (corps muni d'écailles colorées), 10 espèces d'Attagènes et 20 espèces de Dermestes (le corps de ces deux genres est pubescent)
Leurs antennes, courtes, sont munies d'une massue.

- La famille des Ptinidae :

- Ils sont consommateur de débris (psichophages)
- Ils peuvent aussi être nécrophages, xylophages ou prédateurs, selon leur environnement
- Ils se rencontrent dans des endroits frais et humides
- Ils indiquent souvent des problèmes d'entretien des locaux
- Ils ne volent pas.

Les insectes indicateurs d'humidité

- L'ordre des Thysanoures : poisson d'argent

- 12 espèces en France
- Indiquent une présence d'humidité
- ils se nourrissent de papiers et des œuvres qui contiennent des sucres, des colles des reliures, de coton, da soie, de poussière et de moisissures.

Le poisson d'argent est un indicateur d'humidité. Il vit 2 à 3 ans et fuit la lumière.

- L'ordre des Psocoptères :

- ils sont aussi appelé « puces ou poux des livres »
- Ils se nourrissent principalement des moisissures présentes sur les objets et sous l'action de leurs mandibules, ils érodent également la surface des matériaux
- Ils affectionnent les colles d'amidon (papier peint) et les colles de reliures
- Ils se reproduisent par parthénogénèse (sans accouplement)
- Leur corps peut absorber l'humidité de l'air. Ils vivent uniquement dans des environnements humides.

Le diagnostic des infestations en milieu patrimonial : approches techniques et méthodologiques

Une fois que l'on a déterminé l'espèce, il s'agit de déterminer le type de matériau susceptible d'être touché et donc le type d'œuvres infesté.

Les causes de l'infestation :

- La mauvaise étanchéité du bâtiment
- Le mauvais entretien des locaux (insectes morts, poussière etc.)
- Les dons et les prêts d'œuvres, qui peuvent être infestées
- La lutte mal maîtrisée des systèmes raticides
- Un nettoyage non adapté (par un apport important d'eau)
- La présence de nourriture(personnels et visiteurs)
- La présence de matériaux non utilisés dans les caves, greniers, débarras.

Quel type de traitement ? Quel type de prévention ?

La présence des insectes nuisibles peut-être détectée par :

- La présence de vermoulures
- Les trous de sorties des adultes du bois
- La présence de larves
- La présence de dépouilles larvaires et de cocons
- La perte de matière sur les œuvres

La détection et le repérage des insectes pourra se réalisé par :

- Une recherche des insectes dans les endroits peu fréquentés
- Une recherche des insectes dans les toiles d'araignées et dans les poussières
- Une recherche des insectes dans l'environnement des œuvres (sources lumineuses, fenêtres et portes).

Le diagnostic

Le matériel de l'inspection :

- Lampes et torches
- Loupe casque à LED

- Loupe éclairante
- Endoscope pour les endroits peu accessibles
- Thermo hygromètre d'ambiance
- Hygromètre pour matériaux
- Appareils photo macro, jumelles.

Que prélever ?

- Les imagos, vivants ou morts (à rechercher dans la poussière par ex)
- Les larves
- Les dépouilles larvaires
- Les vermoulures et débris

Un prélèvement réussi c'est un insecte intact.

Comment prélever les insectes ?

Il ne faut surtout pas utiliser ses doigts car il faut garder toutes les pattes et antennes intactes. Elles sont déterminantes pour l'identification des insectes. Il ne faut pas utiliser non plus de pince à épiler ; trop rigide, elle peut écraser ou sectionner l'insecte prélevé.

- Avec un aspirateur (à pile ou à bouche) et un récipient
- A l'aide d'une pince souple (pour les insectes rigides uniquement)
- A l'aide d'un pinceau fin et légèrement humide (eau ou éthanol)
- A l'aide d'une feuille de papier et d'un verre

Il s'agit ensuite de plonger l'insecte, lorsqu'il est vivant, dans de l'éthanol à 96° ou 70° avec un peu de coton pour maintenir en place l'insecte dans le récipient, avec une étiquette donnant les informations suivantes :

- Date complète
- Lieu du prélèvement
- Lieu et objet sur lequel il a été prélevé
- Nom du récolteur.

Si l'insecte est mort il s'agit de le déposer avec la pince sur du coton non pelucheux dans une boite adaptée, sans l'écraser.

Méthode de détection par piégeage

- Les pièges actifs :

- Pièges lumineux
- Pièges à phéromones
- Pièges alimentaires.

➢ Les pièges lumineux :

- Destinés aux insectes volants
- Tube(s) UV 365 nm

- Une plaque de glu, jaune de préférence.

Les pièges à lumière verte sont composés d'un tube « lumière du jour » de 560 nm.

- Piège à phéromones :

- piège spécifique à une espèce ou à un groupe d'espèces
- Il ne fonctionne pas toujours parfaitement
- Il permet de couvrir de 3 à 10 m linéaires
- Il dure 2 à 3 mois
- Il est très efficace contre les lépidoptères.

- Les hormones à confusion sexuelle :

- Il marche dans les espaces clos et restreints (Exosex)

- Les pièges alimentaires :

- Ils sont efficaces contre les blattes et les poissons d'argents

- Les pièges passifs :

Les pièges à glu simple :

- Ils doivent être relevés très régulièrement pour éviter qu'ils ne deviennent un foyer d'infestation
- Ils sont à placer le long des plinthes, de part et d'autre d'une porte, sur les rebords des fenêtres ou le long des étagères
- Il permet de piéger les insectes rampants

Agnoko-Michèle Gunn
Chef du service de conservation-restauration (Centre des monuments nationaux)
La lutte contre les insectes par la chaleur

La désinsectisation par la chaleur
Premières études menées sur ce procédé par l'Institut Canadien de Conservation
(Effets sur la teneur en eau des matériaux et les risques de dommages biologiques)
Des études ont ensuite été menées par :

- La société Thermo Lignum® (sur des objets en bois et en peau)
- Le Muséum d'Histoire naturelle de Londres.

L'intérêt de cette méthode

- Sa rapidité
- Son efficacité

Les procédures
Le traitement par la chaleur consiste à élever la température à cœur des objets à 52°C tout en maintenant leur taux d'humidité constant. En effet une fluctuation répétée du taux d'humidité dans les matériaux peut induire un changement dimensionnel de l'objet traité par la chaleur.
A température donnée, le taux d'humidité des matériaux est fonction de l'humidité relative ambiante. Par exemple la teneur en eau du bois augmente à mesure que l'hygrométrie augmente à une température donné.
Lorsque la température augmente, l'humidité relative diminue, la teneur en eau de l'objet diminue également, aussi faut-il compenser cette diminution

Objectif lors du traitement : maintenir l'hygrométrie originelle de l'objet pendant la procédure.
C'est-à-dire conserver la teneur en eau de l'objet traité constante pendant le traitement.
Afin de conserver la même teneur en eau du bois, on doit augmenter le taux d'humidité en fonction des variations de température.
On peut également limiter les échanges hygrométriques entre l'objet et l'ambiance en réduisant l'espace autour des objets pendant l'opération en emballant l'objet à l'intérieur de l'enceinte.

Traitement par la chaleur au Musée du quai Branly

L'enceinte a été construite par la société Mallet et avait un volume de 11,7 m^3.
Elle était composée entre autres choses:

- d'un ventilateur (chauffage)
- de 3 ventilateurs (homogénéisation de l'air)
- d'une batterie de chauffage.
- Une chaudière pour l'humidification

Le tout étant contrôlé par un ordinateur.

But recherché :
Homogénéiser la température à l'intérieur de l'enceinte.
Une sonde de température plantée dans un échantillon de bois permettait de savoir si la température de 52 °C était atteinte au cœur de l'objet traité. L'objet doit atteindre 52°.

L'augmentation de la température doit être faite très lentement.
Lorsque les 52°C sont obtenus à cœur de l'objet traité : on maintient cette température 1h, puis on fait redescendre lentement la température à 20°.
Il ne doit pas y avoir plus de 7°C d'écart entre la température de l'objet et celle de l'enceinte.

Validation
Afin de valider l'efficacité de cette installation des expérimentations préalables sur des capricornes avec la méthode proposée par la société Mallet (La société propose notamment une courbe de température distinguant la température de l'enceinte et de l'objet dans le temps ainsi que le taux d'hygrométrie).

Dans toutes les expérimentations le résultat est de 100 pour cent de mortalité des œufs et des larves de capricorne des maisons (par dessiccation, due à une hyperventilation) avec cette méthode.

La procédure est donc validée.

L'installation de la Société Mallet a montré son efficacité.

Une expérimentation a d'abord été menée sur divers objets non patrimoniaux, avant l'application aux collections. Des tapis des collections du musée ont pu être ainsi traités.

Conclusion
La durée moyenne du procédé est de 1 semaine (en comptant la dépose, l'inspection, l'emballage et la repose des objets), contre 1 mois avec le procédé de désinfestation par anoxye.
= procédé rapide et efficace.
Bien que largement répandue au Canada et au Royaume-Uni, la désinsectisation des objets patrimoniaux par la chaleur demeure encore assez peu utilisée en France : la présentation des protocoles de cette méthode de son application au musée du quai Branly permet d'en mesurer les apports en matière de désinfestation : rapidité et efficacité. Elle est très pratique dans le cadre d'institution à la politique de prêt intense. Permet un traitement rapide des œuvres et donc un roulement continu.

Ce traitement mériterait d'être mieux connu en France, mais ne peut cependant pas être généralisé, ni constituer un traitement systématique comme avec la méthode de l'anoxye. On ne peut traiter des tiroirs entiers des collections à la chaine, ce que permet l'anoxye dynamique.
Le traitement par la chaleur ne peut raisonnablement pas être intégré de façon systématique dans une chaîne de traitement lors d'un chantier des collections à flux tendu pour tout type de collections.

Alain Renard
Restaurateur spécialisé dans le domaine des infestations et de l'anoxye
La lutte contre les insectes par anoxye

Technique de l'anoxye : privation d'oxygène.

4 paramètres à prendre en compte lors du traitement d'anoxye :
- La concentration en oxygène dans l'enceinte pour viser 100% de mortalité
- La température et l'humidité relative
- Le temps de traitement
- Atteindre 0.1% d'oxygène résiduel, soit 1000 PPM.

La température doit être située entre 22° et 25° à l'intérieur de l'enceinte.
L'hygrométrie doit rester stable dans l'enceinte pour ne pas endommager les objets.
Il faut compter environ 21 jours de traitement dès que l'on atteint les 1000 PPM.
On a atteint jusqu'à 15 jours.
L'azote est utilisé, car c'est le gaz meilleur marché.

Il existe plusieurs types d'anoxye :
- l'anoxye statique
- l'anoxye dynamique
- l'anoxye semi-dynamique.

L'anoxye statique comporte de nombreux désavantages :
- Un contrôle difficile de la part des personnels du musée des procédures
- … et par conséquent un résultat non assuré.

Le matériel :
- oxymètre
- capteurs précis de température
- capteurs précis d'hygrométrie.

L'anoxye statique est intéressante à utiliser dans des lieux contaminés, pour des objets de petite taille.
Elle s'appuie sur la réaction chimique entre des absorbeurs d'oxygène qui sont des complexes de fer de l'oxygène de l'air. Une solution chimique piège les molécules d'oxygène dans la poche et crée une réaction hydrométrique (une augmentation de la chaleur) et une réaction hygrométrique (augmentation de l'humidité). Cette réaction hygrométrique est obligatoire, toutefois elle doit être contrôlée le plus rapidement possible. Il faut faire en sorte que l'humidité redescende (normalité = 45-60%).
Pour cela on utilise des absorbeurs d'humidité.
Contrairement aux idées reçues cette technique demande une mise en œuvre délicate. Comme toute réaction chimique, la réaction des absorbeurs avec l'oxygène ne peut se faire que dans des conditions bien spécifiques de concentration et de température.
Echec de 10% assuré si ce travail est réalisé à la chaine.

L'anoxye dynamique consiste en un balayage des enceintes par un gaz inerte, généralement de l'azote, du dioxyde de carbone et quelquefois, de l'hélium
Il en résulte une atmosphère modifiée par dilution successive du taux d'oxygène jusqu'à obtention de l'anoxye.
Le système s'affranchit des absorbeurs par l'utilisation de sources puissantes d'un des gaz inertes très purs cités précédemment, c'est-à-dire soit du gaz liquéfié à très basse température, soit du gaz sous haute pression (200 bars), ou encore du gaz fourni en continu par un générateur.
Cette méthode nécessite des régulateurs pour amener de l'humidité.

Pour l'anoxye semi-dynamique, un balayage de la poche est effectué avec un gaz inerte puis celle-ci est scellée avec ou sans absorbeur.
Le chauffage et l'humidificateur sont placés à l'extérieur de la poche, poreuse, qui absorbe.

NB :

- Demander à voir les affichages concernant l'humidité, l'oxygène et tout autre paramètre surtout dans le cas de l'anoxye statique
- Déballer les œuvres traitées ou non, mais ne pas laisser les matières types papier à bulles ou plastiques
- Le prestataire doit assurer la protection pendant le traitement et durant le stockage des œuvres
- Demander le certificat d'étalonnage
- Spécifier le type d'anoxye souhaitée dans l'appel d'offre.

Mathieu Sachoux
Responsable « matériel »,
Société Abiotec
La lutte contre les insectes par le piégeage par la lumière

La société Abiotec est spécialiste de la technologie UV :
- dans le domaine du traitement des eaux
- dans le domaine de la désinsectisation (insectes volants uniquement)

La société existe depuis 1985 et compte 13 personnes partagée en 2 équipes réparties sur ces deux domaines.
Abiotec, traite notamment les eaux et alimentent toute la banlieue nord-ouest de Paris.

Les points communs entre les traitements de l'eau et des insectes :
- utilisation de machines en inox
- utilisation de la technique UV.

Plaque adhésive ou grille à haute tension ?

La grille à haute tension est une solution inefficace car :
- Les insectes sont détruits et il n'est plus possible alors de les identifier
- Risques d'incendie
- Risques de court-circuit
- Pas de maintenance assez fréquente de la part des utilisateurs ce qui augmente ces risques.

La glue :
Elle est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire, de la boisson, laitière, sucrière, de l'emballage, pharmaceutique, chimique, dans l'hôtellerie, la restauration, et aujourd'hui de plus en plus dans les musées et le patrimoine.

Lampe verte :
- Détection et suivi des infestations possible
- Piège non sélectif et non destructif
- Mitigation (neutralisation d'un certain nombre d'individu)
- Vérification d'efficacité et optimisation des traitements possibles.

- Permet de choisir les bons pièges à phéromones après identification des insectes piégés
- Permet de dresser un historique des infestations.

Où installer les pièges à lampes vertes ?
Il faut mettre l'appareil dans un endroit accessible pour faire un suivi facile et fréquent.
Il faut définir des points stratégiques, quadriller les zones.
Machines (lampes vertes) différentes en fonction du type de lieu (lieu accessible ou non au public).
Au dessus de 4m, il devient inutile de placer une machine car aucune activité des insectes.
Eviter de mettre un piège dans un courant d'air.
Ne pas placer les machines dace à un accès ouvert.

Les appareils

- I-TRAP 35 : discret. Pour les salles d'exposition par ex
- FLEX TRAP 45 : Moins discret. A placer dans les endroits d'accès au public mais dans des endroits non visibles
- GAMME INSECTRON : A placer dans les zones non accessibles au public. Dans les réserves par exemple. Machine plus imposante mais aussi très efficace.

Les lampes vertes. Explication
Les insectes en vol sont plus sensibles aux lampes UV bleues (365nm).
Toutefois, les insectes posés sont plus sensibles aux lampes vertes (560nm), qui les poussent à s'envoler.
La lampe verte ne comporte pas d'UV, mais leur efficacité est comparable.
Dans la lampe verte :

- Une plaque adhésive

Avec de la glue sèche à base de caoutchouc
Durée de vie : 6 mois
On peut la stocker pendant 2 ans avec son film protecteur.

Si l'on souhaite faire sortir des données sur les insectes :

- Remplacer les plaques adhésives pour les envoyer à l'identification tous les mois
- Remplacer les lampes toutes les 9000 heures, sans quoi, elle baisse en qualité.

Suivi des captures des insectes
On peut, grâce à des relevés des plaques adhésives identifier et compter les insectes.
Si l'on quadrille bien l'espace et que l'on relève régulièrement les plaques, il est possible de connaître leurs déplacements.