



**HAL**  
open science

## Utilisation des phéromones dans le domaine phytosanitaire forestier

Louis-Michel Nageleisen, Herve Jactel, Jean Claude Martin

► **To cite this version:**

Louis-Michel Nageleisen, Herve Jactel, Jean Claude Martin. Utilisation des phéromones dans le domaine phytosanitaire forestier. 2. Colloque de la Fondation Pierre Vérots, Oct 2008, Monthieux, France. hal-02754375

**HAL Id: hal-02754375**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02754375>**

Submitted on 3 Jun 2020

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

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

## UTILISATION DES PHEROMONES DANS LE DOMAINE PHYTOSANITAIRE FORESTIER

par **Louis-Michel NAGELEISEN\***, **Jean-Claude MARTIN\*\*** et **Hervé JACTEL\*\*\***

\* Ingénieur de la cellule interministérielle de l'Agriculture et de l'Environnement  
Département de la Santé des Forêts ; Ministère de l'agriculture et de la pêche.  
Centre INRA de Nancy. F-54280 Champenoux

\*\* Ingénieur, Directeur de l'Unité Expérimentale Forestière Méditerranéenne  
INRA Domaine Saint-Paul - Site Agroparc. F-84914 Avignon Cedex 9

\*\*\* Directeur de recherches, animateur de l'équipe d'Entomologie  
UMR1202 Biodiversité, gènes et communautés BIOGECO  
INRA-Univ. Bordeaux I Domaine de l'Hermitage. F-33612 Cestas Cedex

Le comportement des insectes est sous la dépendance de nombreux signaux olfactifs. Ces signaux interviennent dans les relations interspécifiques comme la recherche de la plante hôte par un insecte phytophage, de proie par un prédateur ou d'un hôte par un parasitoïde. Au sein d'une même espèce, la rencontre entre mâle et femelle est souvent facilitée par des émissions olfactives spécifiques. Chez les insectes qui ont développé des comportements sociaux (fourmis, abeilles...), des signaux d'alarme sont émis en cas de danger ; de même l'émission de molécules olfactives permet de signaler la présence de nourriture, le balisage de pistes ou l'appartenance à une société ou une caste donnée.

### Quelques rappels et définitions

Les molécules qui interviennent dans les relations entre différents êtres vivants sont appelées **médiateurs chimiques** ou **écomones**. Elles sont réparties en plusieurs catégories (Streblor, 1989) :

Les **phéromones** affectent le comportement d'individus d'une même espèce comme les phéromones sexuelles des papillons ou les phéromones d'agrégation des scolytes. Les **substances allélochimiques** assurent une communication entre des espèces différentes. Les **allomones** sont bénéfiques pour l'émetteur (ex : substances émises par les arbres pour éloigner les insectes phytophages), les **kairomones** sont favorables au récepteur (ex : substances émises par les arbres qui permettent aux insectes phytophages de reconnaître l'espèce d'arbre hôte) et les **synomones** le sont autant pour le récepteur que pour l'émetteur (ex : substances émises par un arbre qui attirent un insecte phytophage mais aussi le prédateur de ce phytophage).

Les mécanismes de colonisation d'un arbre par les scolytes illustrent de façon remarquable le rôle de ces médiateurs chimiques. Nous prendrons l'exemple du typographe de l'épicéa (*Ips typographus*). Le choix d'un arbre à coloniser est réalisé au départ par des individus pionniers qui détectent les épicéas, leur hôte préféré, même au sein d'un mélange avec d'autres essences forestières, grâce à des terpènes caractéristiques émis par l'arbre (kairomones). A l'intérieur d'un peuplement d'épicéas le profil terpénique (c'est à dire le pourcentage des différents terpènes) varie également en fonction de la vigueur de l'arbre. Les scolytes ne réussissent en général leurs attaques que sur des arbres affaiblis qui présentent des réactions de défense limitées. Aussi, lorsqu'ils ont le choix, ils se portent préférentiellement sur les arbres les moins vigoureux. Ils commencent à forer une galerie de ponte sous l'écorce du tronc. Une réaction de défense de l'hôte, consistant en un écoulement de résine, intervient alors : elle peut aller jusqu'à la mort de l'attaquant par engluement ou plus simplement elle se traduit par

l'arrêt de l'attaque de l'insecte qui doit partir pour rechercher un autre hôte plus convenable. Si la réaction de l'arbre hôte n'est pas suffisante, le scolyte atteint le cambium et consomme de la matière ligneuse dont certains composés (alpha-pinène par exemple) vont se modifier, au cours du transit intestinal dans l'insecte, en molécules volatiles qui seront rejetées à l'extérieur avec les déjections (vermoulure). Ces molécules constituent alors un signal chimique pour les autres scolytes de la même espèce indiquant que l'arbre hôte constitue une ressource de bonne qualité. Les scolytes arrivent alors en masse, attirés par ces phéromones d'agrégation. Plus tard, à partir d'un certain seuil de densité de colonisation, la concentration élevée en phéromone d'agrégation mais aussi l'émission de molécules spécifiques (verbénone par exemple) revêtent un caractère répulsif et évitent la surpopulation sur l'arbre hôte, assurant une meilleure survie aux œufs déjà pondus.

Depuis leur découverte dans les années 1970, ces diverses substances phéromonales ont été largement étudiées. Leur grande volatilité, la capacité des insectes à les détecter à des dosages très faibles (chimiorécepteurs au niveau des antennes en général) et leur très grande spécificité, permettent d'attirer un grand nombre d'individus d'une espèce ciblée dans des sites particuliers (pièges par exemple). Ces caractéristiques n'ont pas échappé aux entomologistes forestiers qui les utilisent soit de façon empirique (piège attractif pour les inventaires, arbre-piège...), soit de manière plus systématique notamment dans le cas d'insectes ravageurs économiquement importants (suivi de population, piégeage de masse, confusion sexuelle...).

### Détection d'espèces

L'observation directe des insectes pour réaliser des inventaires n'est pas aisée dans le milieu forestier, composé d'arbres de grande dimension et d'espèces d'insectes qui colonisent toutes les niches disponibles dont de nombreuses sont difficilement accessibles (canopée, intérieur du tronc, cavités dans les arbres...). Le piégeage est donc pratiqué depuis très longtemps, notamment pour des groupes comme les insectes saproxylophages pour lesquels divers pièges attractifs ont été mis au point empiriquement en utilisant différentes substances attractives (pièges à vin ou à bières par exemple). Ces substances sont typiquement à base de kairomones (éthanol) pour ce groupe d'insectes.

Dans le cas d'espèces rares ou pour vérifier l'absence d'espèces nuisibles, l'utilisation de phéromones sexuelles (papillons) ou d'agrégations (scolytes) est tout à fait pertinente. Cette méthode est mise en œuvre pour la surveillance de certains parasites de quarantaine comme les scolytes dans les zones d'importation de matériel ligneux (grumes, palettes,...) de plusieurs pays. Ainsi, de 1985 à 2000 aux USA, 6825 introductions de scolytes appartenant à 49 genres ont été répertoriées en provenance de 117 pays (Haack, 2001). Un piégeage par phéromone permet également de suivre avec précision l'extension d'aire de certains parasites comme la cochenille du pin maritime en Corse (Jactel et al, 1996) ou de détecter précocement un début de gradation de *Bombyx disparate* (Martin et al, 2007b). Dans le cas du dendroctone de l'épicéa pour lequel aucune phéromone n'a été jusqu'à présent mise en évidence, c'est celle de son prédateur spécifique *Rhizophagus grandis*, qui est utilisée pour vérifier sa présence dans la zone de progression (Meurisse et al, 2008). On peut encore citer l'utilisation de femelles vierges issues d'élevage pour localiser dans les Hautes-Alpes la présence de l'Isabelle (*Graellsia isabellae*), espèce très rare et protégée, dans l'attente de la mise au point de la phéromone de synthèse (OPIE, 1995).

### Dénombrement pour le suivi des populations

La simplicité du dénombrement d'individus dans un piège par rapport aux techniques classiques d'évaluation des populations d'insectes dans l'écosystème forestier (comptage de

ponde, dénombrement de larves ou nymphes, évaluation des dommages induits...) a séduit les entomologistes en charge de la gestion des espèces qui causent des dommages. L'Inra suit ainsi avec une bonne précision la dynamique des populations de bombyx disparate en Corse (Martin et al, 2007b) à l'aide de pièges à phéromone. Le contrôle des estimations est effectué par comptage de pontes. De même pour la processionnaire du pin une bonne corrélation a été obtenue dans les Landes entre les niveaux de capture de papillons par piégeage phéromonal et le nombre de nids (Jactel et al, 2006). A une échelle plus opérationnelle, le Département de la Santé des Forêts avait installé en 1989 un réseau de piégeage de tordeuses vertes du chêne dans la moitié nord de la France (120 placettes). Cependant, ce dispositif a été abandonné car il n'a pas permis de suivre la dynamique de population de l'insecte qui a parfois pullulé sans que les pièges n'aient « capté » ces fluctuations. En fait, plusieurs facteurs expliquent la difficulté à interpréter les niveaux de piégeages. En cas de pullulation, la phéromone naturelle émise par les femelles par exemple rentre directement en compétition avec la phéromone artificielle du piège. Ainsi plus les émissions de phéromone "naturelle" sont fortes moins les pièges à phéromone de synthèse peuvent attirer les insectes. La relation entre capture dans le piège et niveau de population n'est donc significativement positive qu'en cas de populations faibles. Le parasitisme, la prédation, la mortalité naturelle, les migrations sont autant de facteurs qui viennent aussi limiter l'intérêt de pièges à phéromone pour prédire les niveaux d'infestation futurs. Enfin, l'efficacité des pièges dépend souvent de leur emplacement. Pour permettre un suivi quantitatif à long terme, un piégeage phéromonal nécessite donc une rigueur dans la mise en place, avec une position identique de chaque piège année après année et un nombre suffisant de répétitions, contraintes qui dépassent souvent les capacités d'un service opérationnel. Cet ensemble de facteurs réserve encore à des dispositifs de recherche le piégeage phéromonal pour des suivis de populations de papillons.

Dans le cas des scolytes, de nombreux travaux ont été menés au cours des années 1980 sur la prévision de risques à l'aide de phéromones d'agrégation (Abgrall, 1987). Là encore le Département de la santé des forêts a déployé un réseau national de piégeage du scolyte typographe dès 1989. Il est alors apparu que les niveaux de capture étaient très différents entre massifs montagneux (captures moyennes dans les Alpes 4 fois plus importantes que dans les Vosges pour des dommages moindres dans les Alpes). L'interprétation des courbes de vol qui aurait pu permettre d'évaluer l'importance de la première génération par rapport à la deuxième et par suite d'évaluer la dynamique de population (augmentation, stabilité, régression) s'est révélée d'une grande complexité du fait de l'existence de générations sœurs (la même femelle peut effectuer plusieurs pontes successives) et de l'importance des facteurs climatiques sur les périodes d'essaimage (les typographes volent dès que la température est suffisante et qu'il ne pleut pas !). Enfin, dans la plupart des massifs forestiers où étaient effectués les piégeages, il est apparu clairement que les résultats de piégeage ne faisaient que confirmer simultanément voire *a posteriori* le constat des attaques dans les peuplements, ce qui est à l'inverse du souhait d'une prévision de risque. Devant l'intérêt limité de ce dispositif, son coût relativement élevé (achat du piège, 3 sachets de phéromones par an, relevés tous les 15 jours), il a été abandonné (Boutte, 1994).

### **Piégeage de masse pour lutter contre les insectes ravageurs**

Attirer des insectes ravageurs dans un lieu précis pour les détruire est une technique très ancienne. Les forestiers du 19<sup>ème</sup> siècle avaient déjà compris qu'un arbre affaibli attirait les scolytes en masse après les premières colonisations et avaient mis au point la technique de l'arbre piège. Un arbre vert est abattu en fin d'hiver. Les émissions de résine et la perte de vigueur liées à l'abattage attirent des scolytes en sortie d'hivernation et permettent leur installation sur le tronc (première phase d'installation liée aux kairomones). La colonisation massive par les congénères attirés par les phéromones d'agrégation vient ensuite. Le suivi de

cette colonisation, l'écorçage et l'incinération avant l'essaimage de la génération suivante détruit un grand nombre d'insectes (proportionnellement à la dimension de l'arbre piège, environ 30 000 par m<sup>3</sup> dans le cas du typographe). Cette méthode a été améliorée avec l'utilisation des insecticides. L'abattage d'un arbre sain en fin d'hiver est identique. Seulement afin de ne pas avoir à surveiller l'arbre, il est traité à l'aide d'un insecticide pour empêcher le développement des populations. L'agrafage d'un sachet de phéromone leurre les scolytes en provoquant artificiellement la phase d'agrégation. Mais les insectes meurent par contact avec l'insecticide au fur et à mesure de leur arrivée sur l'écorce de l'arbre piège. Le renouvellement du traitement et de la phéromone permet d'avoir un même arbre piège efficace tout au long de la saison de végétation sur toutes les générations du scolyte. L'efficacité d'un tel piège est donc encore plus forte que celle de l'arbre piège traditionnel.

Parallèlement à cette technique de l'arbre piège, de nombreux types de pièges ont été mis sur le marché à la suite des tempêtes qui ont parcouru l'Europe au cours des 30 dernières années de façon à éviter les pullulations de scolytes à la suite des chablis. Faciles à installer, ils ont cependant une efficacité limitée, là encore en raison de la compétition avec les phéromones d'agrégation naturelles émises par les insectes. Dans le cas du typographe de l'épicéa, les pièges plus performants capturent environ 10 000 insectes sur l'ensemble de la saison de végétation. Or un épicéa de 2 m<sup>3</sup> (volume d'un arbre de 50 cm de diamètre pour une hauteur de fût de 20 m) colonisé par les scolytes « produit » plus de 60 000 typographes en une génération ; il faudrait donc plus de 6 pièges (ou un arbre-piège de même dimension) par arbre attaqué pour capturer la population émergente... ce qui est bien sûr économiquement irréaliste. De ce fait, en matière de lutte contre les scolytes en France, l'utilisation des phéromones n'est plus préconisée. Des expérimentations sont actuellement en cours pour tester l'efficacité du piégeage de masse contre la processionnaire du pin (Projet ANR – Urticlim) et le bombyx disparate (Martin, 2007a).

### **Perspectives : la confusion sexuelle**

Le principe de la confusion sexuelle est simple. Chez les espèces qui possèdent des phéromones sexuelles l'attraction d'un partenaire pour l'accouplement est liée à l'émission phéromonale par l'autre partenaire. C'est le cas des femelles de beaucoup d'espèces de papillons qui émettent des phéromones à l'aide d'une glande située à l'extrémité abdominale pour attirer les mâles dont les antennes captent ces molécules odorantes, même à très faible dose dans l'atmosphère. L'utilisation à forte concentration de la phéromone sexuelle de synthèse permet alors de saturer l'écosystème avec cette phéromone ce qui rend les mâles incapables de localiser les femelles pour s'accoupler et assurer ainsi la survie de la population. Utilisé en agronomie par exemple contre la sémasie du maïs, ou le carpocapse des pommes, la confusion sexuelle est encore peu pratiquée pour les espèces forestières en Europe. Aux USA plusieurs millions d'ha ont été traités depuis 20 ans contre le bombyx disparate, espèce invasive qui fait de grands dommages depuis 150 ans. Des tests sont actuellement en cours dans le sud-est de la France contre cette espèce ainsi que contre la processionnaire du pin. Pour cette dernière espèce une réduction de 20 % des pontes écloses et de 21 % des nids dans les parcelles traitées par rapport au témoin a été observée (Martin et Frérot, 2005).

### **Perspectives : les allomones de répulsion**

Comme nous l'avons évoqué plus haut en décrivant les phases de colonisation d'un arbre par les scolytes, certaines phéromones comme la verbénone ont un caractère anti-agrégatif. Des expérimentations sont actuellement en cours pour tester l'efficacité de ces molécules pour protéger par exemple des bois exploités ou limiter l'extension d'un foyer dans un peuplement. Une combinaison de méthodes classiques (abattage de bois scolytés) et de traitement des

arbres vivants à la verbénone en périphérie de foyers de *Dendroctonus frontalis* en Amérique du Nord a permis de réduire de 86 % la mortalité (Clarke et al, 1999).

Parallèlement à ces études sur les phéromones anti-agrégatives, a été mis en évidence le caractère répulsif contre certains scolytes de résineux de composés volatiles issus d'essences feuillues comme le bouleau. Ainsi ces substances olfactives permettent de réduire notablement le nombre d'attaque de sténographe (*Ips sexdentatus*) sur des rondins de pin (Jactel et al, 2001).

Ces résultats confortent le constat désormais avéré que les dommages de parasites sont moins importants dans les forêts mélangées que dans les forêts pures (Jactel et al, 2003, Jactel et al, 2008). De plus en plus, face aux menaces des changements globaux (réchauffement climatique, mondialisation des échanges et risques d'introduction de nouvelles espèces de parasites,...), une sylviculture de peuplements mélangés semble une réponse appropriée pour obtenir une forêt plus résiliente.

## Conclusion

Les perspectives des premières études sur les phéromones dans les années 1980 donnaient des espoirs en matière de contrôle de parasites forestiers (suivi des populations, piégeage de masse) qui ne se sont pas toujours concrétisés.

Les kairomones et les phéromones restent cependant un outil performant pour optimiser les inventaires d'insectes en forêt, détecter des espèces rares et surveiller les espèces allochtones qui pourraient étendre leur aire naturellement ou à la suite d'introduction par l'homme.

Des recherches sont encore en cours sur l'utilisation des phéromones en confusion sexuelle ou sur celles des allomones de répulsion. Les premiers résultats sont prometteurs. Ils ouvrent des perspectives intéressantes en matière d'alternative à l'emploi des insecticides contre certains insectes parasites des forêts.

## Références bibliographiques

Abgrall J.-F., Schvester D. Observations sur le piégeage de *Ips typographus* L. après chablis. R.F.F. 4- 1987 , pp. 359-377.

Boutte B. Réseau expérimental de surveillance du typographe: bilan de 5 années de piégeage (1989-1993). La santé des forêts (France) en 1993. Ministère de l'agriculture et de la pêche (DERF-Département de la santé des forêts) 1994, pp. 15-16.

Clarke, S.R., Salom, S.M., Billings, R.F., Berisford, C.W., Upton, W.W., McClellan, Q.C. and Dalusky, M.D. (1999) A scentsible approach to controlling southern pine beetles. *J. For.* **97**, 26–31

Haack R. A. Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports of entry: 1985–2000. *Integrated Pest Management Reviews* **6**: 253–282, 2001. © 2003 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*

Jactel H., Van Halder I., Menassieu P., Zhang Q.H. & Schlyter F.. Non-host volatiles disrupt the response of the stenographer bark beetle, *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Scolytidae), to pheromone-baited traps and maritime pine logs. *Integrated Pest Management Reviews* **6**: 197–207, 2001.© 2003 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*

Jactel, H. Brockerhoff, E. Duelli, P. (2003) A test of the biodiversity-stability theory: Metaanalysis of tree species diversity effects on insect pest infestations, and re-examination of responsible factors. In *The functional significance of forest diversity* (M. Scherer- Lorenzen, C. Körner, E.D. Schulze, editors)

Jactel, H; Menassieu, P; Burbani, C (1996) Detection of the maritime pine bast scale, *Matsucoccus feytaudi* Duc (Homoptera: Margarodidae), in Corsica. *ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES*, **53** (1): 145-152

Jactel H., Menassieu P., Vétillard F., Barthélémy B., Piou D., Frérot B., Rousselet J., Goussard F., Branco M., Battisti A. Population monitoring of the pine processionary moth (Lepidoptera: Thaumetopocidae) with pheromone-baited traps. *Forest Ecology and Management* 235 (2006) 96–106

Jactel H. - Brockerhoff E. - Piou D. Le risque sanitaire dans les forêts mélangées. *Rev. For. Fr.* LX - 2-2008, 168-180.

Meurisse N., Couillien D., Grégoire J.-C. Kairomone traps: a tool for monitoring the invasive spruce bark beetle *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytinae) and its specific predator, *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Monotomidae). *Journal of Applied Ecology* 2008, **45**, 537–548.

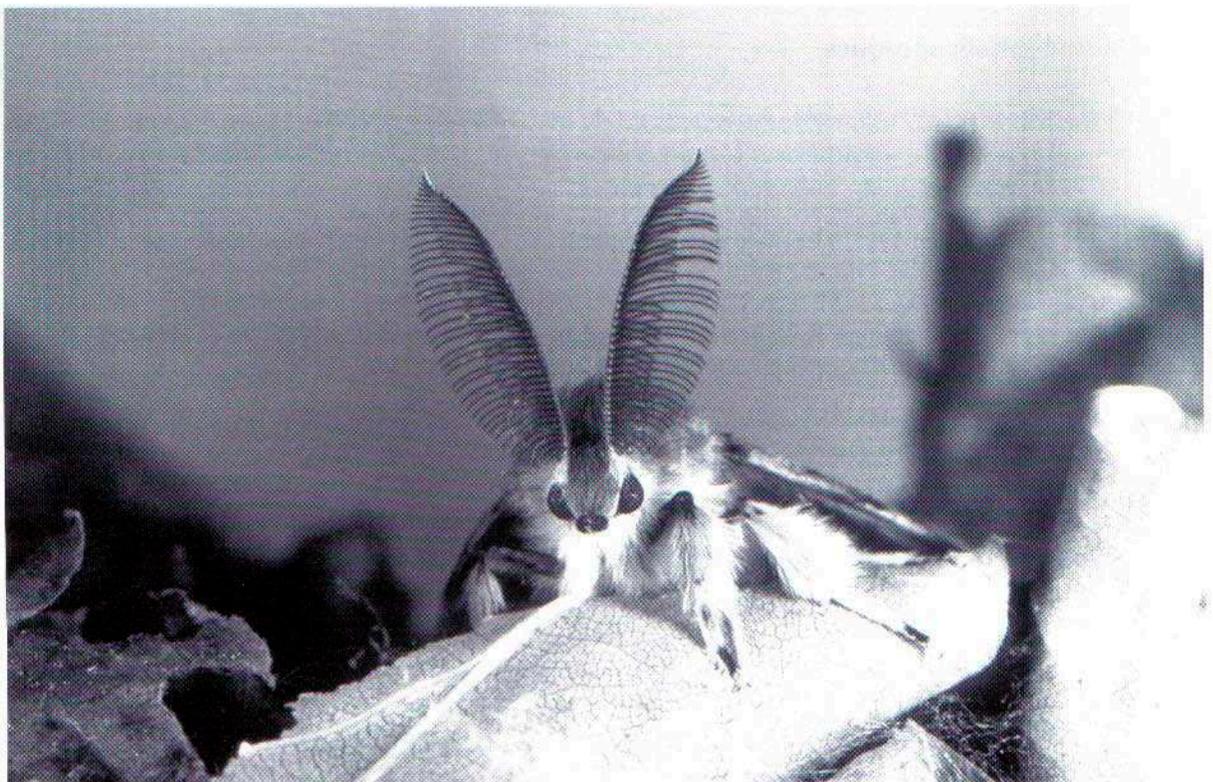
Martin J.C., Bonnet C., Mazet R., Thévenet J., 2007a. Données techniques sur le piégeage par phéromone du bombyx disparate, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae). Meeting OILB, Groupe de travail Protection intégrée des forêts à Quercus sp., 2007/10/22-25, Tlemcen (DZA). 4 p.

Martin J.C., Villemant C., Bonnet C., Jean F., Mazet R., Andreï Ruiz M.C., 2007b. Suivi en Corse du sud des populations du bombyx disparate en phase de latence (années 2003-2007). Meeting OILB, Groupe de travail Protection intégrée des forêts à Quercus sp., 2007/10/22-25, Tlemcen (DZA). 6 p.

Martin J.-C., Frérot B. Evolution de la lutte contre la processionnaire du pin : vers l'utilisation de la phéromone de synthèse. (La santé des forêts [France] en 2004) Min. Agri. et Pêche.(DGFAR), Paris, France, 4p.

OPIE (COLLECTIF), 1995.- Rapport final concernant le programme de recherche sur le lépidoptère Attacidae, *Graellsia isabellae galliaegloria*, Oberthur. OPIE, Guyancourt, 22 p. + annexes

Streblor G. Les médiateurs chimiques : leur incidence sur la bioécologie des animaux. Ed. Lavoisier, Tec & Doc, 1989, 246 p.



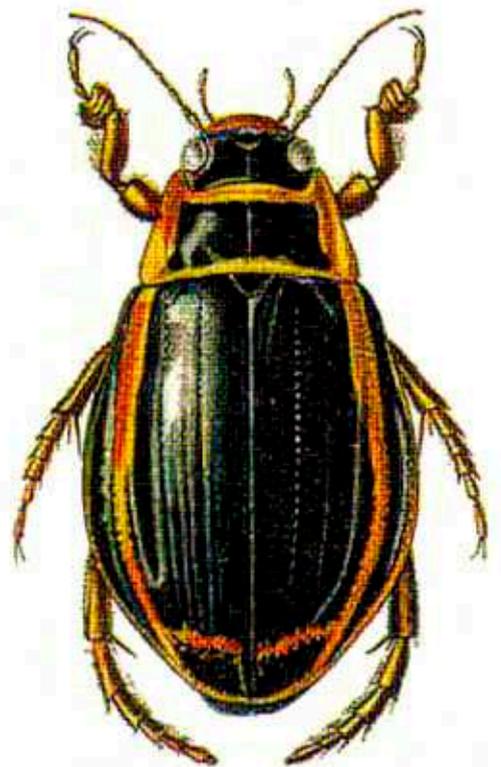
**mâle de bombyx disparate** : les antennes pectinées permettent de détecter et rejoindre une femelle qui émet des phéromones sexuelles.

FONDATION  
PIERRE  
VÉROTS



Actes du 2ème colloque

*Les Insectes*  
*en*  
*zones humides*  
*continentales*



---

9-10 octobre 2008

Monthieux  
(Dombes, Ain)