

Insectes et communication

par Ludovic ARNAUD¹, Claire DETRAIN², Charles GASPAR¹ & Eric HAUBRUGE¹

¹Unité de Zoologie générale et appliquée – Faculté Universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux

²Laboratoire de Biologie animale et cellulaire – Université Libre de Bruxelles

Lorsqu'un insecte se déplace dans son environnement, il entre en contact avec un ensemble de messagers chimiques susceptibles de modifier son comportement ou sa physiologie. Ces substances sont perçues soit à distance, soit lors du contact entre individus. De plus, des molécules propres à l'insecte participent également à ces modifications. Selon leur rôle et leur source d'émission, plusieurs groupes de médiateurs chimiques se distinguent. En utilisant les insectes comme modèle, nous vous proposons de découvrir ces molécules qui, des insectes aux mammifères, y compris l'homme donc, en passant par les bactéries et les protozoaires, modulent rythmes biologiques et comportements.



FIGURE 4.

THORACOBOMBUS PASCUORUM BUTINANT UNE ASTÉRACÉE. LE PARFUM DÉGAGÉ PAR LES FLEURS ATTIRE CERTAINS INSECTES (HYMÉNOPTÈRES ET LÉPIDOPTÈRES NOTAMMENT) QUI Y TROUVENT DU NECTAR ET DU POLLEN. LA FLEUR BÉNÉFICIERA DU PASSAGE DE L'INSECTE CAR CELUI-CI PARTICIPERA ACTIVEMENT AU PROCESSUS DE POLLINISATION EN VÉHICULANT DU POLLEN DE PLANTES EN PLANTES. LES DEUX PROTAGONISTES TIRENT DONC PROFIT DU PHÉNOMÈNE D'ATTRACTION.

Depuis l'invention du télégraphe à la fin du 18^{ème} siècle, la communication fascine les ingénieurs. Leur centre d'intérêt dans ce domaine se focalise sur l'encodage, la transmission, la détection et le décodage du signal émis. Alors que, chez l'homme, la communication est principalement basée sur le langage et le geste; chez l'insecte, celle-ci repose essentiellement sur l'émission et la perception d'odeurs. Bien que les premiers travaux connus relatifs aux comportements des insectes face aux odeurs remontent également au 18^{ème} siècle (les collectionneurs utilisaient, par exemple, des femelles vierges de papillons pour attirer des mâles), c'est Jean-Henri Fabre (1879) et Auguste Forel (1910) qui réalisent les premières expériences sur le rôle des "odeurs" sur le comportement des insectes. L'absence de "nez" chez les insectes allant à l'encontre du rôle que pourrait jouer d'hypothétiques odeurs, ces auteurs restent toutefois circonspects quant aux messagers responsables des comportements observés. Les hypothèses énoncées se tournent alors vers l'existence d'ondes ou de radiations émises par les

insectes et perçues par leurs antennes. Il faut attendre les travaux de Karl von Frisch en 1919 pour clarifier le rôle des antennes des insectes et admettre l'existence de ces odeurs. Cependant, l'étude proprement dite de la communication chimique a débuté à la fin des 1950 avec l'identification par Adolf Butenandt en 1959 de la première phéromone sexuelle d'insecte, le bombykol, produite par les femelles du ver à soie, Bombyx mori. Une nouvelle discipline scientifique était née, l'écologie chimique. Son principal objectif est de mettre en évidence dans les communications chimiques un des éléments clé du fonctionnement des écosystèmes. Depuis les balbutiements de cette science à nos jours, de nombreuses substances aux rôles très variés ont été caractérisées. Dans cette article, nous nous efforcerons de définir et d'illustrer les plus communes de ces substances par divers exemples.

Les médiateurs chimiques sont des molécules informatives naturelles qui modifient le comportement ou la physiologie d'un organisme vivant. Ces substances, actives entre organismes d'une ou de plusieurs espèces, interviennent dans l'équilibre de communautés animales et végétales en informant les organismes de caractéristiques vitales de leur environnement biologique.

De plus, des molécules spécifiques à l'insecte participent également à ces modifications.

Les médiateurs chimiques se divisent dès lors en trois catégories: les hormones, les sémiachimiques* intra-spécifiques ou phéromones (émetteur et récepteur appartiennent à la même espèce), et les sémiachimiques inter-spécifiques ou allélochimiques (émetteur et récepteur appartiennent à deux espèces différentes).

*Les sémiachimiques sont des médiateurs chimiques faisant intervenir des organes sensoriels externes et favorisant les interactions entre organismes.

I. Hormones

D'origine endocrinienne ou tissulaire, les hormones agissent au sein des individus, sans l'intervention d'organes sensoriels, et se subdivisent en hormones sensu stricto et en allohormones.

I.1 Les hormones sensu stricto agissent au sein de l'individu qui les produit. Les mues et les métamorphoses des insectes sont régulées par un rapport quantitatif entre deux hormones, l'ecdysone et l'hormone juvénile, sécrétées respectivement par la glande prothoracique et les corpora allata.

I.2 Les allohormones sont, quant à elles, transmises entre individus d'une espèce lors du nourrissage des larves ou de l'accouplement. Elles sont émises à l'extérieur du corps, mais elles agissent directement sur l'organe cible, sans l'intervention des organes chimiosensoriels du récepteur (Figure 1).

II. Sémiochimiques intra-spécifiques : les phéromones.

Les phéromones favorisent les interactions entre individus d'une espèce et sont perçues grâce aux organes sensoriels externes des insectes, les sensilles olfactives (Figure 2), qui sont situées sur leurs antennes, leurs pattes, et/ou leurs palpes. L'émetteur et le récepteur tirent généralement un bénéfice des phéromones (Tableau 1). Selon leur rôle, plusieurs catégories de phéromones sont établies.

- Les phéromones sexuelles agissent sur le comportement sexuel des individus. Chez les Lépidoptères c'est généralement la femelle qui produit, à l'aide de glandes abdominales, l'attractif sexuel qui agit à longues distances. Les mâles de certains papillons possèdent de véritables "radars" à phéromones comparés aux femelles (Figure 3).

- Les phéromones d'agrégation sont produites par la femelle ou par le mâle mais, contrairement aux phéromones sexuelles, elles attirent indifféremment les individus des deux sexes.

- Les phéromones d'espacement (phéromones épидéictiques, d'anti-agrégation, de dispersion ou d'anti-oviposition) permettent de contrôler la dynamique des populations. Afin d'éviter une surpopulation dans l'arbre attaqué, les scolytes émettent une substance répulsive pour leurs congénères lorsque leur population devient trop importante. Pour empêcher que l'ensemble des femelles pondent au même endroit, certains insectes déposent sur leurs oeufs ou à leur proximité une phéromone qui signale que le site est occupé.

Les effets agrégatif et dispersif des phéromones peuvent résulter d'une simple modification de la concentration de la même substance.

FIGURE 1. EFFET D'UNE ALLOHORMONE SUR LE COMPORTEMENT SEXUEL DES INSECTES.

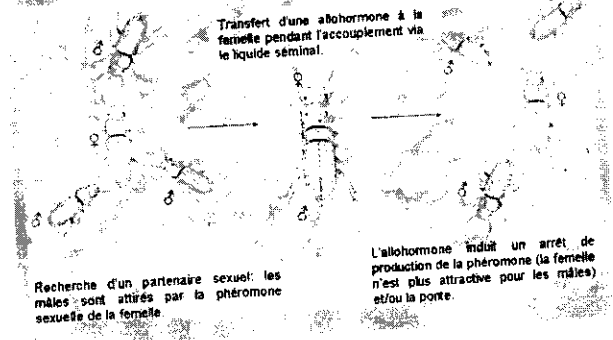


FIGURE 2. ANTENNE EN LÉGÈRE MASSUE D'UN ADULTE DE TRIBOLIUM CASTANEUM VUE EN MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE.

A. ASPECT GÉNÉRAL DE L'ANTENNE (A: ANTENNE, O: ŒIL COMPOSÉ, T: TÊTE).

B ET C. VUES AGRANDIES DES ARTICLES ANTENNAIRES ET DES SENSILLES OLFACTIVES (S). LES MOLECULES ODORANTES PÉNÈTRENT DANS L'INSECTE PAR LES PORES OLFACTIFS DES SENSILLES. LES ODEURS INTERAGISSENT ALORS AVEC DES RÉCEPTEURS PARTICULIERS DES NEURONES SENSORIELS QUI TRANSMETTENT L'INFORMATION AU CERVEAU VIA L'INFLUX NERVEUX ENGENDRÉ.

En effet, les fourmis esclavagistes sont capables de pratiquer un véritable mimétisme chimique en adoptant un profil chimique identique à celui des fourmis des colonies qu'elles envahissent. Chez certains insectes, les phéromones de contact jouent un rôle dans la reconnaissance et l'acceptation du partenaire sexuel lorsque le mâle et la femelle entrent en contact après l'attraction par la phéromone sexuelle émise par l'un des protagonistes.

Le mimétisme chimique n'est pas l'apanage des insectes, ainsi les fleurs de nombreuses orchidées possèdent non seulement un labelle dont la forme, la couleur et la taille sont identiques à celles d'une abeille femelle, mais elles produisent également des molécules très voisines de celles qui entrent dans la composition de la phéromone sexuelle de ces insectes. Ce phénomène donne lieu à des pseudo-copulations de mâles sur les fleurs. Les orchidées bénéficient de ces "accouplements" car les mâles participent au transport du pollen et facilitent la fécondation croisée.

- Les phéromones modificatrices comprennent des molécules qui modifient la physiologie des individus qui les perçoivent. Le comportement du récepteur est influencé par ces modifications physiologiques. Il s'agit principalement des phéromones qui interviennent dans la différenciation des castes chez les insectes sociaux. La reine d'abeilles, par exemple, sécrète une phéromone qui inhibe le développement des ovaires des ouvrières ainsi que la construction des cellules royales. Notons que la séparation entre les catégories de phéromones n'est pas toujours rigide et que, selon les auteurs, certaines phéromones sont groupées dans la même catégorie alors que d'autres les séparent. La principale difficulté réside dans la classification des phéromones qui régissent la dynamique des populations (phéromones d'espacement, épидécitiques, d'anti-agrégation, de dispersion et d'anti-oviposition).

TABLEAU 1

IMPACT DES SÉMIOCHIMIQUES SUR LES ORGANISMES INTERVENANT DANS LA COMMUNICATION CHIMIQUE.

SÉMIOCHIMIQUES	ÉMETTEUR	RECEVEUR	AUTRES
PHÉROMONES	+/0	+	
ALLOMONES	+	0/-	
KAIROMONES	-	+	
SYNOMONES	+	+	

+: POSITIF, -: NÉGATIF, 0: NEUTRE.

Phéromones et allélochimiques sont rarement composés d'une seule substance et de nombreux médiateurs chimiques sont des mélanges complexes de molécules dont les quantités relatives en déterminent l'effet. De plus, si une molécule possède plusieurs isomères, la composition isomérique du mélange déterminera également son degré d'activité. La chiralité de la molécule peut également influencer son effet, seul un isomère particulier pouvant présenter une activité.

Bien que les phéromones s'adressent aux individus d'une espèce, leur degré de spécificité peut varier selon la phéromone considérée. Ainsi, les phéromones sexuelles et les phéromones de piste sont très spécifiques, les phéromones d'alarme le sont beaucoup moins. De plus, une phéromone peut être utilisée par un prédateur pour repérer sa proie, la substance en question possède alors un rôle d'allélochimique.

Espace actif phéromonal: l'espace actif correspond à la distance sur laquelle une phéromone présente une activité significative. Ainsi, une phéromone sexuelle sera très volatile, aura un espace actif très large et sera détectée par le récepteur à des concentrations très faibles. Son comportement sera influencé dès qu'il perçoit la phéromone et il se dirigera alors vers l'individu émetteur en suivant un gradient de concentration. Au contraire, le seuil de déclenchement d'une phéromone d'alarme est 107 à 1010 fois plus élevé que celui d'une phéromone sexuelle. Son espace actif sera donc plus restreint. De cette manière, l'information ne perdure pas dans l'environnement lorsque le danger est écarté. Enfin, une phéromone de balisage aura un espace actif encore plus restreint, mais son seuil de déclenchement sera très faible afin que l'information ait un effet rapide et immédiat. La sensibilité de la fourmi *Atta texana* à sa phéromone de piste est telle que 0,33mg de phéromone suffiraient à tracer une piste chimique autour de la terre. Cette notion d'espace actif s'applique également aux allélochimiques.

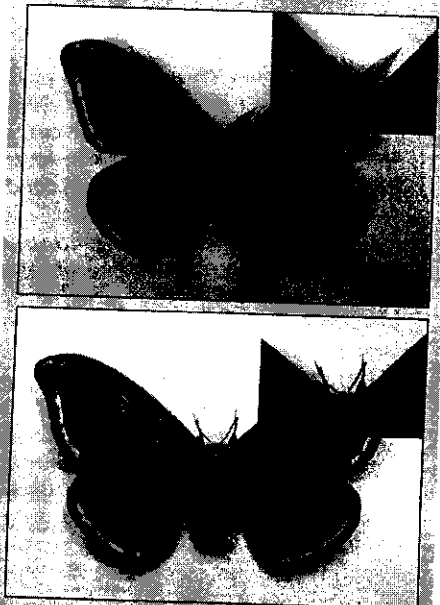


FIGURE 3.

ANTENNES DU MÂLE (A) ET DE LA FEMELLE (B) DU GRAND PAON DE NUIT, SATURNIA PYRA. LES ANTENNES ÉCARTÉMENT PECTINÉES DU MÂLE PORTENT DES MILLIERS DE RÉCEPTEURS SPÉCIALISÉS DANS LA PERCEPTION DE LA PHÉROMONE SEXUELLE DE LA FEMELLE. LES ANTENNES DES FEMELLES NE PRÉSENTENT PAS DE TELLES PARTICULARITÉS ANATOMIQUES.

III. Sémiochimiques inter-spécifiques : les allélochimiques.

Comme les phéromones, les *allélochimiques* sont perçus grâce aux organes sensoriels externes des insectes. Selon l'effet bénéfique, négatif ou neutre induit sur l'émetteur et le receveur, les allélochimiques se divisent en trois groupes (Tableau 1).

- III.1 Les *allomones* agissent comme répulsifs ou anti-appétants et sont émises lors des relations de compétition entre espèces. Elles comprennent les métabolites secondaires de plantes qui empêchent la ponte ou induisent un arrêt du nourrissage des insectes phytophages. Les substances répulsives émises par certains insectes (phasmes, punaises, forficules,...) pour éloigner leurs prédateurs rentrent également dans cette catégorie.

- III.2 Les *kairomones* bénéficient à l'espèce qui reçoit le signal. Les odeurs des plantes sont attractives pour leurs ravageurs. L'odeur du miellat de pucerons attire la femelle du chrysope aphidiphage, *Chrysoperla plorabunda*.

La femelle peut ainsi localiser les colonies de pucerons et y pondre ces œufs. Les conifères dont l'état physiologique est déficient émettent de l'éthanol qui attire les scolytes.

Les médiateurs chimiques provoquent des modifications du comportement ou de la physiologie de l'individu. Selon leur effet, ces substances sont qualifiées de modificatrices, incitatrices ou informatives. Les substances modificatrices (ou d'induction, en anglais "primers") modifient la physiologie ou le développement d'un individu de telle manière que son comportement futur soit altéré. L'effet des substances modificatrices est ressenti durant de longues périodes et est peu ou pas réversible lorsque la phéromone n'est plus présente dans l'environnement.

Les substances incitatrices (ou de déclenchement, en anglais "releasers") sont perçues rapidement par l'organisme grâce à ses organes sensoriels externes et entraînent une modification de comportement quasi immédiate et réversible.

Les substances informatives (en anglais "informers") donne une information aux individus sans provoquer chez ceux-ci de modifications directes de leur comportement. L'individu peut "stocker" l'information et un effet sur son comportement peut se manifester après un certain temps. Les phéromones de dispersion de certains insectes ne sont actives que quand elles sont présentes dans l'environnement à une certaine concentration.

- III.3 Les *synomones* sont utilisées au bénéfice de l'émetteur et du receveur (Figure 4), mais parfois au détriment d'une troisième espèce. Lorsqu'un plant de betterave est attaqué par la chenille du papillon *Spodoptera exigua*, des molécules attractives pour un micro-hyménoptère parasite de cette chenille (*Cotesia marginiventris*) sont émises.

Ces molécules résultent d'une réaction chimique entre la salive de la chenille et des produits constitutifs de la plante.

D'un point de vue agronomique, cette diversité de médiateurs chimiques ouvre de grandes possibilités quant au développement de méthodes de contrôle des insectes ravageurs des cultures et des

récoltes plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine et animale. La mise au point de telles méthodes requiert néanmoins une connaissance approfondie de l'effet des messagers chimiques sur la biologie des insectes et sur les interactions que ces substances ont les unes avec les autres.

Merci à J. Bortels, P. Colignon et J.C. Gilson pour la réalisation des dessins et photos. L. Arnaud et C. Detrain sont respectivement chargé de recherches et chercheur qualifié du Fonds National de la Recherche Scientifique.

Pour plus d'informations:

1. Brossut R (1996). Phéromones: la communication chimique chez les animaux. Editions Belin-CNRS, Croisée des Sciences, Paris.
2. Picimbon J-F (2002). Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. Médecine & Sciences, 18: 1089-1094.
3. Bagnères A-G, Ohresser M, Lenoir A & Errard C. (2002). La communication chimique. Pour la Science, 34: 26-32.
4. Wyatt T D (2003). Pheromones and animal behaviour: communication by smell and taste. Cambridge University Press.

L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE N'EST PAS SEULEMENT UN ENJEU DE PERFORMANCE POUR LES ENTREPRISES. C'EST AUSSI UN ENJEU POUR LA PROSPERITE DE LA WALLONIE

Pour aider les entreprises qui ont le goût d'innover et de la performance, vous pouvez compter sur la D.G.T.R.E.

Avec vous, nous examinons vos démarches d'innovation en vous proposant des conseils et des aides adaptés à votre projet.



Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie (Ministère de la Région wallonne)
Division des Aides aux Entreprises

Avenue Prince de Liège, 7 • 5100 Jambes
Téléphones : 081 / 33. 56.48 • 081 / 33.55. 80
mrw.wallonie.be /dgtr