

Nicolas DEPRUGNEY
Julien CARTON
1[°]SA

TPE 1[°]S

Les Phéromones de la Fourmi



Introduction.....p.3

Comment les fourmis communiquent-elles entre elles ?

I. Mise en évidence des phéromones.....p.4

Expérience avec les phéromones de piste

II. Les phéromones : Quelles sont leurs fonctions....p.5

Présentation des types de phéromones les plus courants

III. Comment sont-elles produites et interprétées.....p.9

L'émission, la réception de ces messages-odeurs

Conclusion.....p.11

Bibliographie.....p.12

Introduction :

Les fourmis sont célèbres pour leur "intelligence de groupe": en effet, une fourmi à elle seule ne fait pas preuve d'un raisonnement particulièrement remarquable.

Les fourmis n'existent que par leur appartenance à la fourmilière, un peu à l'image des cellules, qui ne sont pas dissociables de l'organisme auquel elles appartiennent.

C'est ce qui fait leur force ; une fourmi ne craint pas la mort et pense d'abord au groupe. (cf. pp.192-193 du *Livre Secret des Fourmis, Encyclopédie du Savoir Relatif et Absolu*, article "Peur Fourmi" : "[...] Au mieux, elle sera inquiète pour la survie de sa cité et l'ensemble de sa communauté. Jamais il ne lui viendra à l'idée « pourvu que je ne meure pas » [...] ".)

D'une part, la fourmilière tient donc lieu d'organisme, où chaque fourmi serait une cellule ; or, à la manière de l'être humain, la fourmilière a de fortes chances pour que ses "cellules" ne soient pas autonomes...

D'autre part, à première vue, une fourmilière, "ça grouille"... mais c'est un lieu très hiérarchisé : société en castes (reine, reproducteurs, soldats, ouvrières) où chacun tient un rôle très précis.

"Dans les grandes cités fourmis modernes, la répartition des tâches, répétée sur des millions d'années, a généré des mutations génétiques. Ainsi certaines fourmis naissent avec d'énormes mandibules-cisailles pour être soldats, d'autres possèdent des mandibules broyantes pour produire de la farine de céréales, d'autres sont équipées de glandes salivaires surdéveloppées pour mouiller et désinfecter les jeunes larves." (Les Fourmis, Bernard WERBER.)

Si la fourmilière est très organisée, et si les fourmis d'une même cité sont très unies, on peut supposer qu'il existe un moyen de communication entre elles, d'où la problématique du TPE :

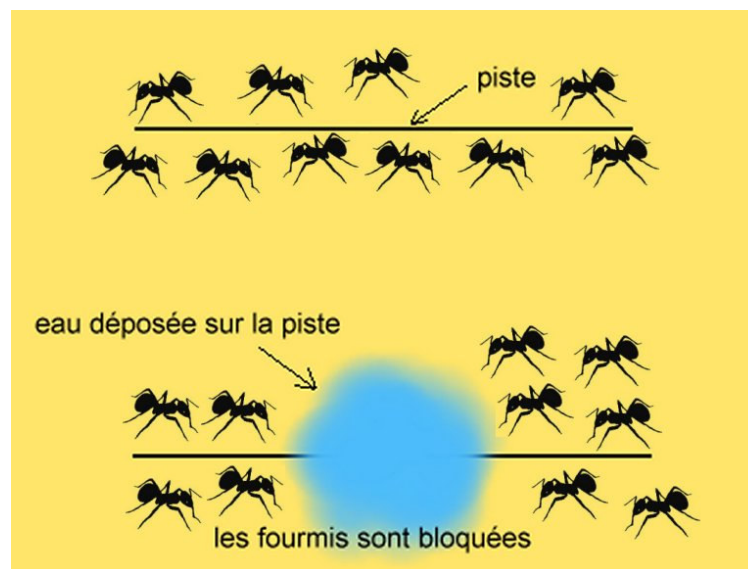
Qu'est-ce qui permet aux fourmis de communiquer entre elles ?

I. Mise en évidence du « langage » des fourmis.

Expérience et observations :

Les fourmis utilisent des pistes pour relier leurs territoires (les lieux connus) à la fourmilière. En forêt il en existe beaucoup, et chaque colonie même peu importante en a au moins une.

Si on passe son doigt mouillé sur une de ces pistes, elles ne savent plus retourner seules à la fourmilière. Elles ne contourneront pas la barrière et seront complètement désorientées ; il leur faudra un certain moment pour reprendre leur activité.



Interprétation :

En fait, les gouttes d'eau pourraient constituer une barrière pour les odeurs ; en effet une brindille ne les gêne pas. On peut donc supposer que les fourmis utilisent les odeurs pour trouver leur chemin. La piste serait alors une piste d'odeurs...

Nous venons de montrer que *les fourmis utilisent les odeurs pour communiquer.*

Ces odeurs sont appelées phéromones. La civilisation myrmécienne a mis au point un *système de communication basé sur les odeurs.*

Les phéromones :

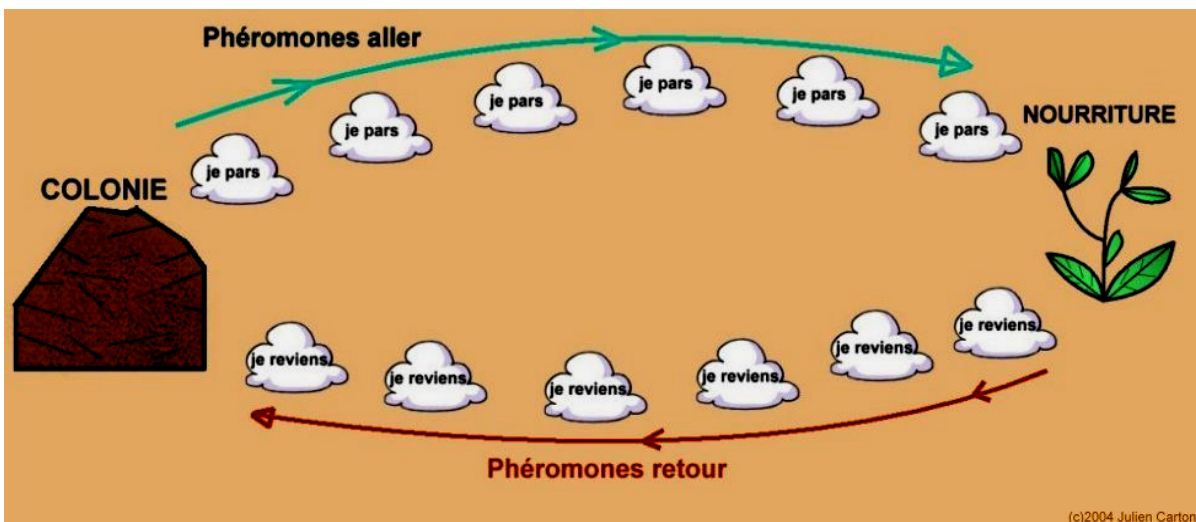
Ces "phéromones" sont en fait des molécules que les fourmis s'échangent.

II. Quelles sont leurs fonctions dans la société des fourmis ?

Les phéromones ont de multiples applications dans la colonie. Nous allons ici présenter les plus fréquentes d'entre elles et, à partir de leurs formules chimiques, tirer des conclusions sur ces molécules.

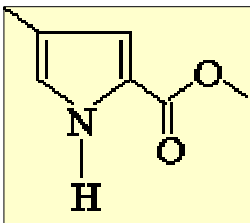
(Les formules chimiques des exemples qui suivent proviennent du site <http://www.pherobase.com>)

A. Les phéromones de piste :



Une ouvrière en quête de nourriture suit les odeurs des phéromones-aller ("je pars"), et une ouvrière qui veut retourner à la fourmilière utilise des phéromones-retour ("je reviens").
(voir Expérience du I : Mise en évidence du « langage » des fourmis)

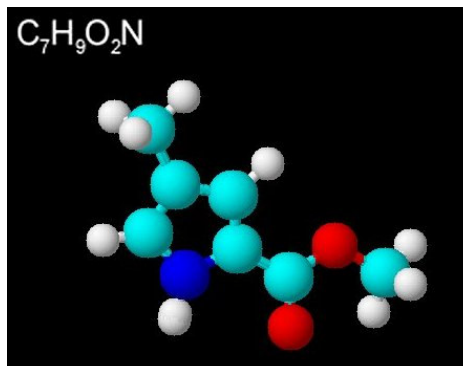
Chez les fourmis coupeuses (*Atta Hexana*) :



La formule chimique de ces phéromones de piste est **C₇H₉O₂N**.

Avec le logiciel ChemSketch de ACD Labs, nous avons pu réaliser cette visualisation 3D :

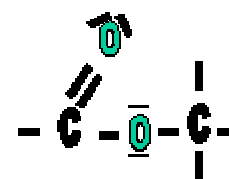
Les boules blanches représentent les atomes d'hydrogène, les bleu clair, de carbone, et les rouges, l'oxygène. La boule bleu foncé est un atome d'azote.



Dans la molécule étudiée, on peut reconnaître le groupement suivant :
C'est donc une ester.

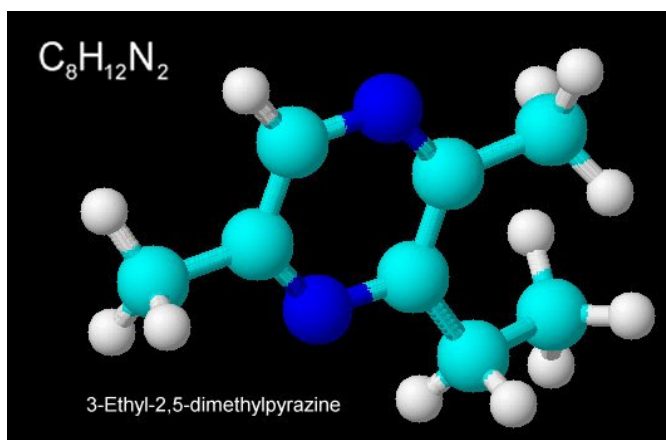
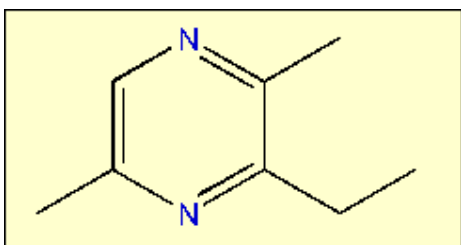
Les esters ont la particularité de dégager des arômes puissants (fruits, dissolvant notamment), et donc repérables de loin, ce qui rend la molécule particulièrement apte à servir de phéromone de piste.

De plus, il est possible de les synthétiser à partir d'un alcool et d'un acide, ce qui est compatible avec les conditions du vivant : pas besoin de températures ou de pressions élevées, etc.



Chez la fourmi rouge (*Myrmica rubra*) :

La formule chimique de ces phéromones de piste est **C₈H₁₂N₂**.

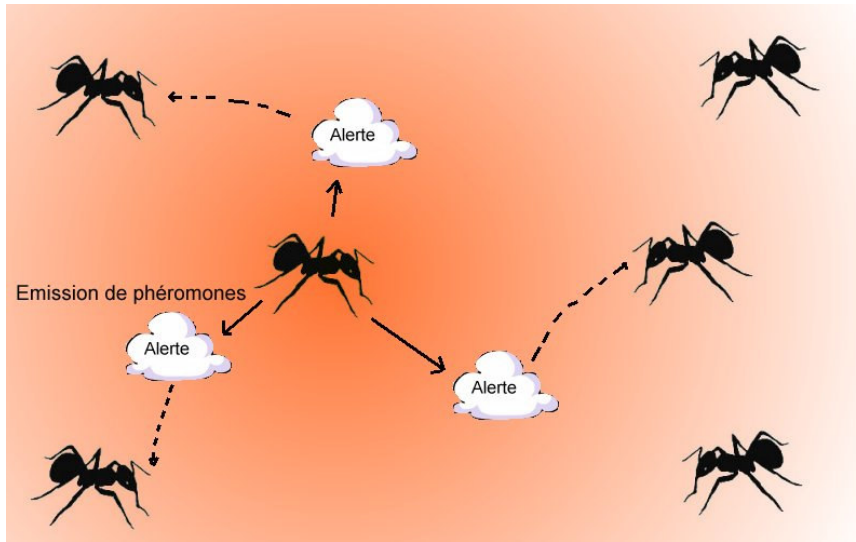


Visualisation 3D à l'aide du logiciel ChemSketch

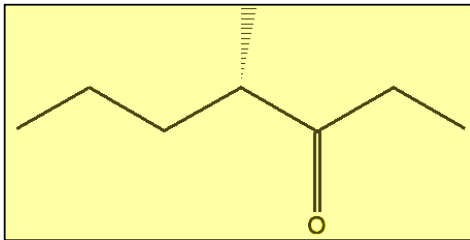
Cette molécule serait un amine ? A confirmer.

B. Les phéromones d'alerte :

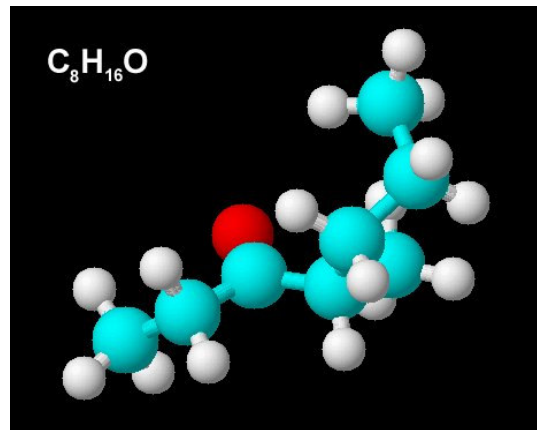
En cas de danger, les fourmis peuvent sécréter des phéromones d'alerte qui ont pour but d'avertir les autres fourmis. Les individus alertés produiront à leur tour ces mêmes phéromones ; la colonie entière est ainsi prévenue en très peu de temps, et peut se défendre contre l'ennemi.



Chez les fourmis coupeuses :



Chez les fourmis coupeuses à nouveau, les phéromones d'alerte sont des molécules de formule chimique $C_8H_{16}O$.



Dans cette molécule, on peut reconnaître la fonction carbonyle (ci-contre) c'est donc un cétone. Les cétones, à l'instar des esters, ont la propriété de dégager des parfums, et sont donc adaptés à la communication par les odeurs.



C. Les phéromones passeport :

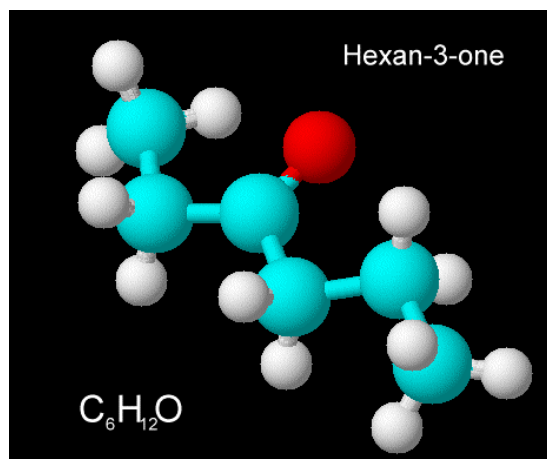
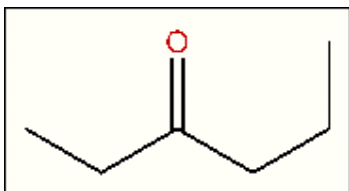
Les phéromones passeport permettent aux fourmis de se reconnaître. Chaque fourmi a son odeur, qui permet aux autres individus de la reconnaître très rapidement : son espèce, sa cité mère, sa reine, son statut dans la cité (ouvrière, soldate, sexuée...), etc.

Malheureusement, sur le site <http://www.pherobase.com> nous n'avons pas trouvé de formules chimiques pour ce type de phéromone chez les fourmis.

D. Les phéromones sexuelles :

Les phéromones sexuelles, sans qui la reproduction chez les fourmis serait très difficile, permettent la rencontre entre mâles et femelles, et la reconnaissance du sexe d'un individu.

Chez les fourmis rouges (*Myrmica rubra*), la formule de ces phéromones sexuelles est $C_6H_{12}O$.



A nouveau, on retrouve la fonction carbonyle (double liaison entre un oxygène et un carbone) : c'est aussi un cétone, qui est particulièrement adapté à la communication par les odeurs, et tout particulièrement les phéromones sexuelles qui servent à attirer les membres du sexe opposé, étant donné qu'elles se repèrent de loin car elles ont un fort pouvoir odorant.

Il existe bien sûr d'autres types de phéromones (les allomones, qui seraient chargées d'éloigner des indésirables ; les phéromones de recrutement, qui rassemblent les fourmis d'une cité ; etc.)

Mais leur grande diversité ne nous permet pas de toutes les étudier. De plus, chez certaines espèces, les phéromones sexuelles des femelles jouent aussi le rôle d'allomones,...

Nous allons cependant tirer des conclusions à partir des informations réunies sur les exemples de phéromones d'alerte et de piste.

Bilan :

A partir des formules chimiques des trois exemples étudiés précédemment, il apparaît que les phéromones sont des **molécules organiques** – car elles sont constituées des éléments C, H, O, N – qui sont adaptées à la communication par les odeurs. Les esters et cétones vus en A et B dégagent en effet des odeurs puissantes, qui peuvent être repérées de loin. Enfin, les molécules concernées sont compatibles avec les conditions du vivant : pas besoin de températures élevées, etc. pour synthétiser les phéromones.

Nous allons maintenant voir comment la fourmi synthétise et interprète ces messages-odeurs.

III. Comment sont-elles produites et interprétées ?

A. L'anatomie de la fourmi :

On peut distinguer chez la fourmi (et chez tous les insectes) trois parties ; dans l'ordre, la tête, le thorax et l'abdomen. Les pattes (et éventuellement les ailes) se situent au niveau du thorax, les antennes se situent sur la tête.

En fait, la fourmi dispose de nombreuses glandes qui sont réparties sur son corps. (*voir schéma ci-dessous*)

Fourmi ouvrière :

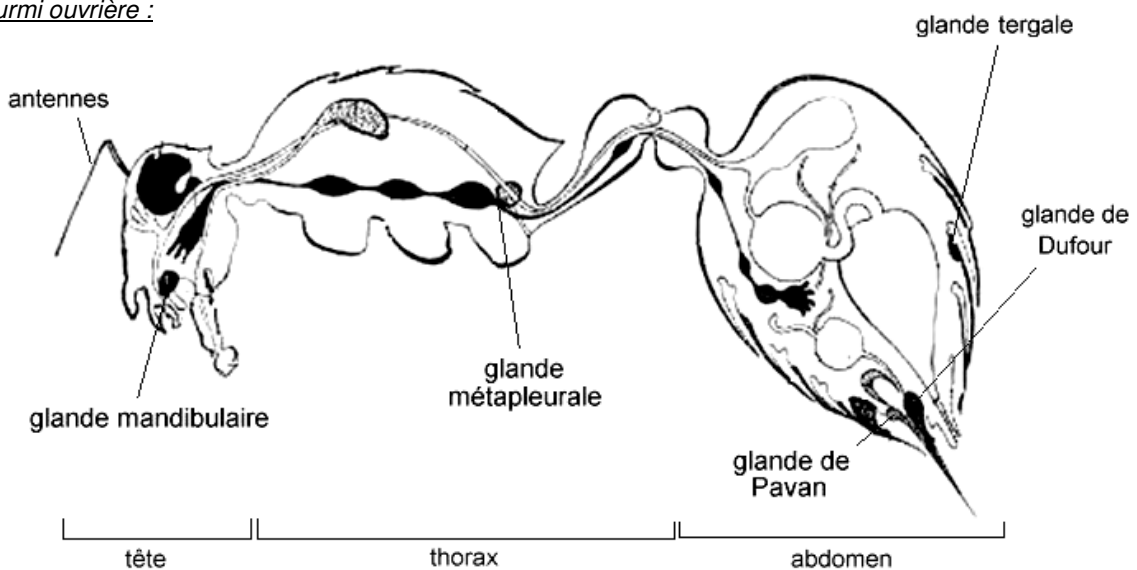


Image d'origine : aramel.free.fr/INSECTES14ter-5.shtml modifiée pour y faire apparaître les glandes

B. Emission des phéromones :

Les phéromones sont produites par les glandes des fourmis. La glande d'émission dépend du message transmis. Globalement : (ce n'est pas valable pour toutes les espèces)

Les glandes de **Dufour** et de **Pavan** servent principalement à émettre les phéromones de piste et de recrutement.

Les glandes **mandibulaires** produisent les phéromones d'alarme.

Les glandes **métapleurales** sont impliquées dans la production des phéromones passeport.

Enfin, les glandes **tergales** libèrent les phéromones sexuelles.

C. Réception des phéromones :

A l'heure actuelle, on pense également que les **antennes** jouent un rôle important dans cette communication puisque c'est grâce à elles que les fourmis interprèteraient les messages : on parle de sens olfactif **stéréochimique** (c'est-à-dire apte à reconnaître la forme de la molécule dans l'espace) permettant l'orientation lointaine en retrouvant la piste d'odeurs.

Avec ce sens stéréochimique, la fourmi peut bien sûr reconnaître deux molécules isotopes de constitution. Mais elle peut surtout différencier deux molécules possédant le même enchaînement d'atomes mais où les atomes n'auraient pas les mêmes angles entre eux...

Ces différences – même minimales – peuvent entraîner des changements dans les propriétés des molécules (exemple : la vanilline, qui sent la vanille, a un tel isotope qui, lui, ne dégage aucune odeur).

Avec cette variable supplémentaire dans une molécule, on peut accumuler de très nombreuses combinaisons (que la fourmi sait reconnaître).

On peut donc facilement imaginer la complexité du langage des fourmis... les formules chimiques des phéromones varient d'ailleurs suivant les espèces et même la fourmilière ! On a bien vu en II que pour une même phéromone, deux espèces n'utilisaient pas la même molécule (la fourmi rouge et la fourmi coupeuse n'ont pas la même phéromone de piste).

Conclusion :

Les fourmis (ainsi que d'autres insectes : termites, guêpes, abeilles...) ont mis au point un système de communication très complexe, qui fonctionne avec des "mots" et des "phrases" odeurs. Constitués de molécules organiques qui sont très odorantes même en petite quantité (esters, cétones...), ces messages ont des fonctions très diverses dans la société des fourmis : ils peuvent aussi bien donner l'alerte que signaler un chemin. La fourmi les produit dans des glandes spécifiques à chaque message, et les interprète par un sens olfactif stéréochimique très développé.

La recherche concernant les phéromones a un enjeu important. Elle permettrait en effet de développer un insecticide naturel en utilisant des phéromones de synthèse (même si beaucoup d'insectes sont indispensables au fonctionnement de l'écosystème). Par exemple, il serait envisageable d'utiliser des phéromones de piste pour éloigner les envahisseurs ou des phéromones sexuelles pour séparer les mâles des femelles et empêcher la reproduction.

Cette forme de lutte biologique a un avantage non négligeable : comme les insectes sont très sensibles aux phéromones, une faible quantité de produit suffit pour un résultat concluant, tout en n'étant nuisible ni à l'Homme ni à l'environnement.

Bibliographie :

Bernard Werber

Les Fourmis, 1991

Le Jour des Fourmis, 1992

Le Livre Secret des Fourmis, (*Encyclopédie de Savoir Relatif et Absolu*), 1993

Bert Hölldobler et Edward O. Wilson

Voyage chez les Fourmis, une exploration scientifique, 1994

(Seuil / coll. Science ouverte)

Sites Internet :

Nous avons utilisé les moteurs de recherche :

Google surtout (<http://www.google.fr>)

Altavista pour les images (<http://www.altavista.fr>)

Les formules chimiques des phéromones présentées proviennent principalement de <http://www.pherobase.com>.

Les informations concernant la chimie organique (fonctions dans la chimie organique : esters, cétones, amines... et leurs propriétés) ont été trouvées sur <http://chimie.organique.free.fr>.

Enfin, nous avons trouvé les informations sur les glandes sur le site <http://aramel.free.fr/INSECTES14ter-5.shtml>