# Analyse chimique et anatomique de fourmis espagnoles du genre *Aphaenogaster* (Hyménoptères, Formicidae)

Mathieu Lihoreau

**Mots clés :** glande postpharyngienne ; hydrocarbures ; Hyménoptères ; *Aphaenogaster senilis* ; *Aphaenogaster iberica*.

: Stage de Maîtrise de Biologie des Populations
et des Ecosystèmes.
I: DESCO (Département des Sciences du Comportement),
Université François Rabelais, Faculté des Sciences et
Techniques, Tours.
: Alain Lenoir, professeur.

Année Universitaire 2003-2004

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement M. Alain Lenoir pour avoir encadré ce travail, ainsi que pour sa grande disponibilité. Je désire également saluer M. Alberto Tinaut, pour son aimable collaboration par correspondance, dans la détermination des fourmis. Enfin, merci à Servane avec qui les débuts de ce stage furent d'agréables moments.

Tours, le 18 mai 2004

## **INTRODUCTION**

La socialité dans le règne animale implique des mécanismes de reconnaissance entre les individus. Cette reconnaissance peut être indirecte, elle repose alors sur des signaux environnementaux. Dans ce cas, le degré de parenté génétique des individus n'est pas le facteur déterminant de leur reconnaissance. Tout individu porteur de ce signal sera considéré comme apparenté, alors qu'un individu non porteur sera considéré comme étranger. C'est par exemple le cas du crapaud fouisseur Scaphios bombifrons dont les têtards pratiquent le cannibalisme sur des individus non apparentés en évitant les zones de la mare où sont rassemblés leur congénères (Pfennig et Sherman 1995). Mais cette reconnaissance est le plus souvent directe ou phénotypique. Le mécanisme est alors basé sur l'utilisation de signaux émis par l'individu à identifier. Ces signaux peuvent être de nature sonores (ex : oiseaux, grenouilles) ou visuels (ex : primates). Cependant les signaux chimiques sont les plus répandus. C'est le cas des insectes sociaux qui ont développé au cours de l'évolution un système de reconnaissance par association ou familiarité, leur permettant d'avoir à la fois des comportements altruistes envers leurs congénères, et de rejeter les intrus : on parle alors de fermeture coloniale. Cette reconnaissance des congénères du même nid, ou nestmate recognition, chez les guêpes et les fourmis est basée sur un signal chimique principalement composé d'hydrocarbures cuticulaires (Lorenzi et al. 1996; Singer 1998; Vander Meer et Morel 1998 ; Lenoir *et al.* 1999). Plus précisément, il a été démontré chez *Cataglyphis niger* et Iridomyrmex purpureus que seuls les hydrocarbures des lipides cuticulaires pouvaient tenir ce rôle de reconnaissance (Lahav et al. 1999; Thomas et al. 1999). Chez les fourmis, ces hydrocarbures sont échangés en permanence entre les membres de la colonie par trophallaxies, allogrooming ou encore d'autres contacts physiques selon les espèces (Lenoir et al. 2001c). Il en résulte une odeur commune à tous les individus de la colonie, appelée la « gestalt » (Crozier et Dix 1979 ; Crozier 1987). Elle reflète avec précision la composition de la colonie à un instant donné, sa nature chimique évolue en permanence. C'est-à-dire que tout changement dans la structure sociale (naissances, disparitions d'individus âgés, adjonction de nouvelles reines, intrusion d'individus myrmécophiles, etc...) est intégré dans la physionomie de ce visa colonial (Dahbi 1998). Ces sécrétions à la bases de la nestmate recognition sont stockés dans la glande postpharyngienne (PPG), glande unique des Formicidae, constituant ainsi « l'organe de gestalt » (Soroker et al. 1994).

L'étude et l'identification de tels produits exocrines chez les insectes, a permis leur utilisation en taxonomie, en classification et parfois même en phylogénie (Dahbi *et al*.1996).

Les sécrétions de défense ont par exemple été utilisées lors d'études phylogénétiques chez la fourmi de feu du genre *Solenopsis* (Brand *et al.* 1973 ; Vander Meer 1986). D'autres auteurs (Jacob 1979, Page *et al.* 1990) ont utilisé les hydrocarbures cuticulaires comme outils de classification des scarabées. Dans la majorité de ce type d'études, la congruence entre les analyses morphologiques et chimiques est importante, ce qui amène à penser que ces composés chimiques sont de bons outils en taxonomie. Cependant, il faut faire attention car cette méthode présente des limites, notamment en ce qui concerne le rôle des sécrétions utilisées. Ainsi les sécrétions de défense sont parfois peu sujettes aux pressions de sélection et donc moins spécifiques à l'espèce que peuvent l'être par exemple des sécrétions de reconnaissance (Dahbi *et al.* 1996). La sélection de la diversité chimique chez les insectes est accentuée dans le cas d'espèces sympatriques phylogénétiquement proches. Dans de telles conditions, les populations évoluent vers la production de composés chimiques bien différenciés, alors que dans les populations de même espèces mais évoluant en allopatrie, le signal ancestral est souvent conservé (Dahbi *et al.* 1996).

La présente étude propose la caractérisation chimique et anatomique de fourmis espagnoles appartenant au genre *Aphaenogaster* (Myrmicine). L'analyse chimique consiste en une détermination du pattern en hydrocarbures de la cuticule et de la PPG chez différentes colonies de fourmis *Aphaenogaster* récoltées sur la péninsule ibérique. Cette approche chimique a ensuite été complétée par une analyse morphologique des individus de chaque colonie.

Une simple étude préalable (basée sur l'observation des fourmis à l'œil nu, la concordance entre le lieu de prélèvement des colonies et l'écologie des fourmis espagnoles) amène à penser que les échantillons de fourmis récoltées appartiennent aux espèces *Aphaenogaster senilis* (Mayr 1853) et *Aphaenogaster iberica* (Emery 1908). Ces deux espèces vivent en sympatrie sur le territoire espagnol (Cagniant et Ledoux 1974). Elles sont très proches morphologiquement et parfois difficiles à différencier (Cagniant et Ledoux 1974). La combinaison de données chimiques et morphologiques peut elle permettre une discrimination fine de l'espèce et des liens phylogénétiques entre chaque colonie?

# **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## Matériel biologique

L'ensemble de l'étude a été basé sur l'utilisation de colonies d'*Aphaenogaster* collectées dans différentes localités espagnoles (fig.1). Ainsi cinq colonies ont été récoltées respectivement

dans le Parc National de Doñana (juin 2003, Andalousie), à Alfaírin près de Saragosse (septembre 2002, Aragon), à Naqueira près de Valence (septembre 2002, Valence), en Sierra Nevada dans la région de Grenade (mai 2002, Andalousie) ainsi qu'à Sanlúcar (Septembre 2003, Andalousie). Ces colonies constituées d'une reine et de quelques ouvrières ont ensuite été maintenues en laboratoire dans des nids artificiels du type chambres plastiques 30 cm  $\times$  30 cm  $\times$  10 cm de haut, avec les parois recouvertes de fluon afin de retenir les insectes dans l'enceinte. Les conditions d'élevage ont été fixées à une température de 24°C  $\pm$  4°C et une alimentation en eau sucrée, quartiers d'oranges et insectes trois fois par semaine (Lenoir *et al.* 2001c).



Figure 1 : Localisation des prélèvements des colonies d'Aphaenogaster sur le territoire espagnol.

## **Analyses chimiques**

Pour effectuer les dissections, des ouvrières de chacune des cinq colonies ont été tuées au congélateur (-20°C). Les PPG de cinq fourmis de chaque échantillon (sauf celui de Sanlúcar) ont été disséquées sous loupe binoculaire dans de l'eau distillée, puis immergées dans 1 ml de pentane au minimum pendant 24 h (Lenoir *et al.* 2001a). Afin d'extraire les hydrocarbures cuticulaires, chaque fourmi privée de son abdomen (cinq par échantillon sauf celui de Sanlúcar où une seule fourmi à été utilisée) a été immergée dans 1 ml de pentane au minimum pendant 5 minutes (Lenoir *et al.* 2001a). La même opération a été effectuée sur une femelle ailée de la colonie récoltée dans la région de Grenade. Par manque de temps, seul un extrait de

cuticule provenant de l'échantillon de Sanlúcar a pu être préparé. L'ensemble des 43 extraits a ensuite été stocké à -20°c en attendant les analyses. Celles-ci ont été faites par chromatographie à phase gazeuse. Les échantillons ont d'abord été évaporés puis re-dissous dans 50 µl de pentane. Ils ont ensuite été traités en chromatographie à phase gazeuse dans une colonne capillaire de silice CPSil-5 (programme de température : 80°C à 180°C pour 180°C à 280°C pour 5°C/min, 10 min à 280°C) (Lenoir et al. 2001a). Les 10°C/min, différents composés de chaque extraits ont été identifiés en comparant les temps de rétention obtenus sur chaque chromatogramme, aux valeurs références chez Aphaenogaster senilis publiées par Lenoir (2001a). Cet auteur a discriminé par spectrométrie de masse, 37 pics (fig.2) correspondants à 45 hydrocarbures cuticulaires et de PPG identifiables (6 alkanes, 1 alkene, 21 monomethylalkanes, 17 dimethylalkanes et 2 trimethylalkanes). Pour chaque chromatogramme, 45 pics ont été utilisés (dont les 35 premiers des 37 pics identifiés par Lenoir (2001a); les deux derniers étant souvent absents ou peu exprimés). Le fait que la nature de 10 de ces 45 pics n'ait pas été identifiée n'influx en rien les résultats car il s'agit ici d'une étude quantitative et non qualitative.



**Figure 2 :** Pattern chimique d'une chromatographie gazeuse de glande postpharyngienne d'*A.senilis*, d'après Lenoir (2001a).

## **Analyses statistiques**

Les profils chimiques des différents individus ont été reconstitués en normalisant les chromatogrammes. C'est-à-dire que les surfaces des pics pour chaque fourmi ont été ramenées en pourcentage, de sorte que pour un individu, le poids relatif de chaque composé chimique soit déterminé. Puis, les deux lots de données (le premier étant constitué des 22 chromatographies d'extraits de cuticules ; le second des 21 chromatographies d'extraits de PPG) ont permis de construire deux matrices de covariances ; matrices au sein desquelles les valeurs ont toutes le même poids relatif (Phillipau 1986). A partir de ces deux séries de données, deux analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées, en excluant les variables de variance nulle (ex : pic 16 pour les chromatographies des cuticules). A noter que la normalité de chaque variable a préalablement été testée à l'aide de tests de Kolomogorov-Smirnov et de Lilliefors, afin de pouvoir réaliser les ACP (Phillipau 1986).

## **Analyses morphologiques**

La description anatomique des espèces d'*Aphaenogaster* est délicate sur les femelles contrairement à beaucoup d'autre genres : ce sont les mâles et les ouvrières qui permettent de séparer les espèces (Cagniant et Ledoux 1974). Par manque d'individus sexués en nombre suffisant, l'étude morphologique a donc reposé sur l'observation des ouvrières. Ainsi, l'anatomie d'une dizaine d'ouvrières de chaque colonie a été observée sous loupe binoculaire, en fonction de critères morphologiques utilisés dans la détermination des fourmis *Aphaenogaster* (Cagniant et Ledoux 1974 ; Tinaut 1981), à savoir : la striation du gastre, le profil des épines médiaires, le nombre d'articles composant la massue antennaire, le ratio longueur/largeur ainsi que la région occipitale de la tête.

# RÉSULTATS

#### **Analyses chimiques**

Malgré une grande variabilité, les profils des chromatogrammes sont souvent comparables au sein d'une même colonie, ce qui permet de définir un pattern chimique type, propre à chaque colonie (fig.3). Cependant, les chromatogrammes de cuticules des échantillons de Doñana et de Sanlúcar ont été regroupés et représentés par un seul profil car ils sont très proches et difficiles à discriminer graphiquement (fig.3). On peut aussi remarquer, en se basant sur l'observation de certains pics majeurs, une certaine homologie entre les chromatogrammes de cuticule et de PPG pour une même colonie (fig.3).



Figure 3 : Chromatogrammes des extraits de cuticules et de PPG obtenus par chromatographie à phase gazeuse.En abscisse figure le temps de rétention des composés et en ordonnée la réponse en mV. Sur cette figure ne sontreprésentés que les profils chimiques type de chaque colonie, à la fois pour les cuticules et les PPG. A noter queles chromatogrammes de cuticules de Doñana et de Sanlúcar ont été regroupés car ils présentent une importantesimilarité.1 : Grenade3 : Alfaírin

2 : Naqueira 4 : Doñana / Sanlúcar

Une observation de ces huit profils chimiques (fig.3) met donc en évidence des différences entre les colonies, et permet de constituer quatre profils chimiques : Grenade ; Naqueira; Alfaírin et Doñana / Sanlúcar.

## ACP cuticules

Les variables utilisées pour l'ACP suivent toutes un distribution normale (pour chaque variable Kolomogorov-Smirnov : p<0.05; Lilliefors : p<0.05). Les deux premières composantes principales expliquent à elles deux 73.91 % de la variance du jeu de données (fig.4). Le facteur 1 rend compte de 39.52% de l'inertie totale. Cette première composante principale est un axe auquel les pics 4 (7MeC25), 9c (nature indéterminée) et 20 (3,7+3,9DiMeC27) (fig.2) sont fortement corrélés. Le facteur 2 explique 23.44% de la variance des variables de la matrice. Il est corrélé aux pics 3 (11+13MeC25), 5 (7,9DiMeC25), 6b (nature indéterminée), 7b (nature indéterminée), 16 (9,11+9,17DiMeC27), 21 (10MeC28), 23/24 (4MeC28+8,12DiMeC28), 26 (4,8DiMeC28), 29 (11MeC29) (fig.2).



**Figure 4** : ACP sur les cuticules. Les lettres font référence aux lieux de prélèvement des fourmis (D : Doñana, G : Grenade, N : Naqueira, A : Alfaírin et S : Sanlúcar), les numéros sont les identifiants de chaque fourmis. GF représente la femelle ailée de l'échantillon prélevé dans la région de Grenade. On peut déterminer quatre groupes d'individus (cercles rouges). Contribution à l'inertie : axe 1=38.14% ; axe 2=35.23% ; axe 3 (non représenté) =13.82% ; axe 4 (non représenté) =5.17% ; axe 5 (non représenté) =4.33%.

Les trois autres facteurs de valeur propre supérieure à 1 (fig.4) n'ont pas été jugés comme instructifs des différences majeures entre les patterns chimiques des individus, de ce fait ils n'ont pas été conservés pour l'interprétation. Cette représentation graphique (fig.4) permet de

distinguer quatre groupes d'individus distincts: les individus N (Naqueira) ; A (Alfaírin) ; G (Grenade) ; D et S (Doñana et Sanlúcar).

## ACP PPG

Les variables utilisées pour l'ACP suivent toutes un distribution normale (pour chaque variable Kolomogorov-Smirnov : p<0.05; Lilliefors : p<0.05). Les deux premières composantes principales expliquent à elles deux 82.22 % de la variance du jeux de données (fig.5). Le facteur 1 explique 58.78% de l'inertie totale. Cette première composante principale est un axe auquel les pics 4 (7MeC25), 9c (nature indéterminée) et 20 (3,7+3,9DiMeC27) (fig.2) sont fortement corrélés. Le facteur 2 explique 23.44% de la variance des variables de la matrice. Il est fortement corrélé aux pics 3 (11+13MeC25), 5 (7,9DiMeC25), 6b (nature indéterminée), 7b (nature indéterminée), 16 (9,11+9,17DiMeC27), 21 (10MeC28), 23/24 (4MeC28+8,12DiMeC28), 26 (4,8DiMeC28), 29 (11MeC29) (fig.2).



**Figure 5** : ACP sur les PPG. Les lettres font référence aux lieux de prélèvement des fourmis (D : Doñana, G : Grenade, N : Naqueira et A : Alfaírin), les numéros sont les identifiants de chaque fourmis. GF représente la femelle ailée de l'échantillon prélevé dans la région de Grenade. On peut déterminer quatre groupes d'individus (cercles rouges). Contribution à l'inertie : axe 1=58.78% ; axe 2=23.44% ; axe 3 (non représenté) =6.12% ; axe 4 (non représenté)=5.36% ; axe 5 (non représenté) =4.09%.

Les trois autres facteurs de valeur propre supérieure à 1 (fig.5) n'ont pas été jugés comme instructifs des différences majeures entre les patterns chimiques des individus, de ce fait ils n'ont pas été conservés pour l'interprétation. Cette représentation graphique (fig.5) permet de

faire une distinction nette de quatre groupes d'individus : les individus N (Naqueira) ; A (Alfaírin) ; G (Grenade) ; D (Doñana).

# **Analyses morphologiques**

Les cinq caractères morphologiques utilisés dans cette approche anatomique (Tab.1) ont permis de déterminer distinctement deux groupes d'individus :

- les individus des colonies de Doñana et de Sanlúcar présentent des épines médiaires fines, courtes et droites (fig.6); une striation horizontale à la base du gastre (fig.6); une massue antennaire composée de cinq articles sombres (fig.6); un ratio longueur/largeur de la tête inférieur à 1,5 (fig.6); une région occipitale de la tête arrondie (fig.6).
- les individus des colonies de Grenade, Naqueira et Alfaírin possèdent des épines médiaires larges, longues et incurvées (fig.6); une striation verticale à la base du gastre (fig.6); une massue antennaire composée de quatre articles rougeâtres ; un ratio longueur/largeur de la tête supérieur à 1,5 (fig.6); une région occipitale de la tête rétrécie (fig.6).

	COLONIES				
CARACTERES	Doñana	Sanlúcar	Grenade	Naqueira	Alfaírin
MORPHOLOGIQUES					
Epines fines, courtes et droites	1	1	0	0	0
Epines larges, longues et incurvées	0	0	1	1	1
Base du gastre striée horizontalement	1	1	0	0	0
Base du gastre striée verticalement	0	0	1	1	1
Massue de quatre articles rougeâtre	0	0	1	1	1
Massue de cinq articles sombres	1	1	0	0	0
Longueur/Largeur tête < 1,5	1	1	0	0	0
Longueur/Largeur tête > 1,5	0	0	1	1	1
Région occipitale de la tête rétrécie	0	0	1	1	1
Région occipitale de la tête arrondie	1	1	0	0	0

**Tableau 1 :** Détermination de la présence (1) et de l'absence (0) de caractères morphologiques chez les ouvrières des cinq colonies.



**Figure 6 :** Observations des critères morphologiques utilisés pour la détermination des espèces. A : profil du thorax et épines médiaires d'ouvrière de type Doñana/Sanlúcar ; B : profil du thorax et épines médiaires d'ouvrière de type Grenade/Naqueira/Alfaírin ; C : massue antennaire d'ouvrière de type Doñana/Sanlúcar ; D : massue antennaire d'ouvrière de type Grenade/Naqueira/Alfaírin ; E : tête d'ouvrière de type Doñana/Sanlúcar ; F : tête d'ouvrière de type Grenade/Naqueira/Alfaírin ; G : gastre d'ouvrière de type Doñana/Sanlúcar ; H : gastre d'ouvrière de type Grenade/Naqueira/Alfaírin.

L'ouvrière d'*A.senilis* (Mayr 1853) se caractérise par la disposition horizontale des stries à la base du gastre (fig.7) et par les épines médiaires fines et normalement développées (Cagniant et Ledoux 1974) (fig.7). La massue antennaire est composée de cinq articles sombres (Tinaut 1981). La tête (fig.7) est un peu moins d'une fois et demie plus longue que large (Cagniant et Ledoux 1974); c'est-à-dire que le ratio longueur/largeur de la tête est inférieur à 1,5. La région occipitale de la tête (fig.7) est large et arrondie (Tinaut 1981). Il s'agit d'une espèce présentant une faible variabilité morphologique (Tinaut 1981).

L'ouvrière d'*A.iberica* (Emery 1908) présente un gastre sans stries transversales à la base (Cagniant et Ledoux 1974), les stries longitudinales débutent à l'articulation avec le post pétiole (fig.7). Les épines médiaires sont larges et incurvées (fig.7). La massue antennaire est composée de quatre articles rougeâtres (Tinaut 1981). Enfin, la tête (fig.7) est plus allongée et rétrécie en arrière que chez *A.senilis* (Cagniant et Ledoux 1974), le ratio longueur/largeur de la tête est supérieur à 1,5. La région occipitale de la tête (fig.7) est rétrécie et non arrondie (Tinaut 1981). *A.iberica* est une espèce qui présente une importante variabilité morphologique (Tinaut 1981) (fig.7), si bien que l'espèce *A.angusta* (Santschi 1925), très proche morphologiquement, est souvent considérée comme une forme de *A.iberica* (Emery 1908) (Tinaut 1981; Cagniant et Ledoux 1974).

La confrontation des données bibliographiques (Cagniant et Ledoux 1974 ; Tinaut 1981) et des observations anatomiques (Tab.1 et fig.6) permet d'assimiler les individus des colonies de Doñana et de Sanlúcar à des *A.senilis* (Mayr 1853), alors que les individus des colonies de Grenade, Naqueira et Alfaírin présentent les caractéristiques d'*A.iberica* (Emery 1908).



**Figure 7 :** Critères morphologiques utilisés pour la détermination des espèces. A : striation du gastre de l'ouvrière *A.senilis*, d'après Cagniant et Ledoux (1974) ; B : striation du gastre de l'ouvrière *A.iberica*, d'après Cagniant et Ledoux (1974) ; C et D : variabilité de forme des épines médiaires de l'ouvrière *A.iberica*. A noter qu'elles sont toujours larges et légèrement incurvées, d'après Tinaut (1981) ; E : profil du thorax et épines médiaires de l'ouvrière *A.senilis*, d'après Tinaut (1981) ; F : Tête de l'ouvrière de *A.iberica*, d'après Tinaut (1981) ; G : Tête de l'ouvrière de *A.senilis*, modifiée d'après Tinaut (1981).

## DISCUSSION

D'après les résultats de l'analyse chimique, il se dessine quatre phénotypes chimiques différents (fig. 3,4 et 5) : Grenade ; Naqueira ; Alfaírin ; Doñana / Sanlúcar. Ces groupes plus ou moins homogènes sont les mêmes à l'issue de l'analyse des hydrocarbures cuticulaires et de la PPG : c'est-à-dire qu'il y a une congruence qualitative entre la composition de la cuticule et de la PPG ; ce qui va dans le sens des travaux de Lenoir (2001a) chez *A.senilis*, mais aussi sur de nombreuses autres espèces (Bagnères et Morgan 1991 ; Soroker *et al.* 1995 ; Soroker *et al.* 1998). Les groupes formés à partir des données des PPG sont nettement plus homogènes que ceux formés à partir des données de cuticules (fig.4 et 5). Ceci pourrait être dû au fait que la cuticule est sujette à des influences externes et que sa composition varie avec l'âge de la fourmi (Lenoir *et al.* 2001b). En particulier, elle s'enrichit en hydrocarbures saturés non branchés, probablement pour lutter contre la dessiccation quand les fourmis deviennent fourrageuses. Sous cette hypothèse, la PPG présenterait un outil plus puissant que la cuticule pour les analyses de chémosystématique.

Les quatre phénotypes chimiques semblent correspondre à l'odeur (ou gestalt) de chaque colonie. Cependant, on remarque que le profil en hydrocarbures cuticulaires de l'individu prélevé à Sanlúcar est assimilable à celui des individus de Doñana. Il se pourrait alors que ce profil soit spécifique non seulement des individus d'une même colonie, mais aussi de la même espèce.

Dans un second temps, l'approche anatomique a permis d'identifier clairement et de définir cette fois-ci deux phénotypes morphologiques. Les individus issus des colonies de Grenade, Alfaírin et Naqueira présentent des caractères en commun qui les différencient des individus de Doñana et de Sanlúcar (Tab.1 et fig.6). Ces ouvrières possèdent les traits morphologiques caractéristiques de *A.iberica* (Emery 1908) alors que les ouvrières de Doñana et de Sanlúcar sont assimilables à *A.senilis* (Mayr 1853).

L'absence de congruence entre les approches chimique et morphologique ne permet pas de déterminer un phénotype chimique propre à *A.iberica*, mais plutôt une grande variabilité des signaux de reconnaissance chez cette espèce, comme ceci a été publié par Tinaut (1981) en ce qui concerne la variabilité morphologique. On peut alors penser que *A.iberica* est une espèce ou supraspecies au sein de laquelle on retrouve une importante variabilité de morphotypes et de chemotypes.

Au contraire, nous observons une correspondance entre les résultats des analyses chimique et morphologique à partir des ouvrières des colonies de Doñana et Sanlúcar. En effet, l'étude de ces deux colonies semble aboutir au fait qu'il s'agit de deux échantillons de *A.senilis*, dont le signal chimique de reconnaissance est très proche (fig.3 et 4), voire identique. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il s'agisse de colonies de même habitat : Doñana et Sanlúcar sont des localités voisines, simplement séparées par le Guadalquivir (fig.1). Il s'agirait donc de deux colonies phylogénétiquement proches pour lesquelles l'odeur coloniale ancestrale, commune, aurait peu évolué. On peut aussi émettre l'hypothèse selon laquelle *A.senilis* est une espèce dont le signal chimique est peu variable. Ceci va dans le sens des travaux de Tinaut (1981) qui décrit cette espèce comme présentant une faible variabilité morphologique. De plus Lenoir (2001a) met en évidence une faible spécificité de colonie contrairement à de nombreuses autres espèces sociales de fourmis et de guêpes (Lorenzi *et al.* 1996 ; Singer 1998 ; Vander Meer et Morel 1998). Il y aurait alors chez *A.senilis* une odeur coloniale type. Pour tester cette hypothèse, il faudrait effectuer une analyse chimique complémentaire à partir de colonies provenant de régions différentes.

Il serait donc intéressant de poursuivre l'étude sur un nombre plus conséquent de colonies et d'individus. En effet, l'utilisation de plus de colonies, pourrait peut être permettre de définir des phénotypes chimiques communs à plusieurs colonies de *A.iberica*, ou de vérifier l'hypothèse selon laquelle il existerait une importante variation des phénotypes chimique chez cette espèce selon les localités géographiques. L'incorporation d'un plus grand nombre d'individus par colonie, augmenterait très certainement la robustesse de l'analyse statistique (ACP), ainsi que la pertinence des hypothèses émises. En effet, et ceci par manque de temps, les effectifs utilisés pour les ACP dans cette étude sont relativement faibles, ce qui donne peu de crédit aux résultats. Il aurait nécessité, dans un temps de travail plus long, 10 à 20 fois plus d'individus que de variables (Phillipau 1986), soit 10 à 20 fois plus de fourmis que de pics de chromatogramme.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- **Bagnères A.G. et Morgan E.D.**; 1991; The postpharyngeal glands and the cuticle of Formicidae contain the same characteristic hydrocarbons; Experientia 47:106-111.
- Brand J.M., Blum M.S. et Ross H.H.; 1973; Biochemical evolution in fire ant venoms; Insect Biochem. 3:45-51.
- **Cagniant H. et Ledoux A.**; 1974 ; Nouvelle description d'*Aphaenogaster senilis* sur des exemplaires de la région de Banyuls sur mer (P.-O.), France ; Vie Milieu 14:97-110.
- **Crozier R.H.**; 1987; Genetic aspects of kin recognition: concepts, models and synthesis; Dans: *Kin recognition in Animals* (D.J.C. Fletcher and C.D. Michener, Eds); John Wiley; New York; pp.55-73.
- **Crozier R.H. et Dix M.W.**; 1979; Analysis of two genetic models for the innate components of colony odor in social Hymenoptera; Behav. Ecol. Sociobiol. 4:217-224.
- **Dahbi A., Jaisson P., Lenoir A. et Hefetz A.**; 1998 ; Comment les fourmis partagent leur odeur ; La Recherche 314:32-34.
- **Dahbi A., Lenoir A., Tinaut A., Taghizadeh T., Francke W. et Hefetz A.**; 1996; Chemistryof the postpharyngeal gland and its implication for the phylogeny of Iberian *Cataglyphis* species (Hymenoptera: Formicidae); Chemoecology 7:163-171.
- Jacob J.; 1979; Chemotaxonomic investigations of the cuticular lipids from the beetles; Biochem. Syst. Ecol. 7:141-145.
- Lahav S., Soroker V., Hefetz A. et Vander Meer R.K.; 1999; Direct behavioral evidence for hydrocarbons as ant recognition discriminators; Naturwissen. 86:246-249.
- Lenoir A., Cuisset D. et Hefetz A.; 2001a; Effects of social isolation on hydrocarbon pattern and nestmate recognition in the ant *Aphaenogaster senilis* (Hymenoptera, Formicidae); Insectes Sociaux 48:101-109.
- Lenoir A., D'Ettorre P., Errard C et Hefetz A.; 2001b; Chemical ecology and social parasitism in ants; Annu. Rev. Entomol. 46:573-99.
- Lenoir A., Fresneau D., Errard C. et Hefetz A.; 1999; Individuality and colonial identity in ants: The emergence of the social representation concept; Dans: *Information Processing in Social Insects* (Detrain C., Deneubourg J.-L. et Pasteels J.-M., Eds) Birkhäuser Verlag; Berlin; pp. 219–237.
- Lenoir A., Hefetz A., Simon T. et Soroker V.; 2001c; Comparative dynamics of gestalt odour formation in two ant species *Camponotus fellah* and *Aphaenogaster senilis* (Hymenoptera: Formicidae); Physiol. Entomol. 26:275-283.
- Lorenzi M.C., Bagnères A.-G. et Clément J.-L.; 1996; The role of cuticular hydrocarbons in social insects: is it the same in paper wasps?; Dans: *Natural History and Evolution of Paper Wasps* (Tirillazzi S. et West-Eberhard, Eds); Oxford University Press; Oxford; pp.178-189.
- Page M.P., Nelson L.J., Haverty M.I. et Blomquist G.J.; 1990; Cuticular hydrocarbons as chemotaxonomic characters for bark beetles: *Dendroctonus ponderosae*, *D.jeffreyi*, *D.brivicomis*, and *D.frontalis* (Coleoptera: Scolytidae); Ann. Entomol. Soc. Am. 83:892-901.
- Pfenning D. et Scherman P.; 1995 ; La reconnaissance parentale ; Pour la Science 40-46.

- **Phillipau G.**; 1986; Comment interpréter les résultats d'une analyse en composante principale?; publication de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) pp. 1-63.
- Singer T.L.; 1998; Roles of hydrocarbons in the recognition systems of insects; Amer. Zool 38:394-405.
- Soroker V., Fresneau D. et Hefetz A.; 1998; Formation of colony odor in the ponerine ant *Pachycondyla apicalis*; J. Chem. Ecol. 24:1077-1090.
- Soroker V., Vienne C. et Hefetz A; 1995; Hydrocarbon dynamics within and between nestmates in *Cataglyphis niger* (Hymenoptera, Formicidae); J. Chem. Ecol. 21:365-378.
- Soroker V., Vienne C., Hefetz A. et Nowbahari E.; 1994; The post-pharyngeal gland as a "gestalt" organ for nestmate recognition in the ant *Cataglyphis niger*; Naturwissen. 81:510-513.
- **Tinaut A.**; 1981; Estudios de los Formicidos de Sierra Nevada; Thèse de doctorat; Université de Grenade; pp. 71-83.
- **Thomas M.L., Parry L.P., Allan R.A. et Elgar M.E.**; 1999; Geographic affinity, cuticular hydrocarbons and colony recognition in the Australian meat ant *Iridomyrmex purpureus*; Naturwissen. 86:87-92.
- Vander Meer R.K.; 1986; Chemical taxonomy as a tool for separating Solenopsis spp; Dans: Fire Ants and Leaf Cutting Ants: Biology and Management (Löfgren C.S. Vander Meer R.K., Eds); Boulder/CO; Westview Press.
- Vander Meer R. K. et Morel L.; 1998; Nestmate recognition in ants; Dans: Pheromone Communication in Social Insects (Vander Meer R., Breed M., Winston M. et Espelie K, Eds); Boulder/CO; Westview Press.