

UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT

FACULTE DES SCIENCES

LABORATOIRE DE ZOOLOGIE

Systematique et chorologie des  
Anthophorini (Hymenoptera: Apidae)  
de Belgique et du Nord de la France,  
avec une première analyse de leurs  
sécrétions volatiles

Directeur de mémoire  
Prof. Pierre Rasmont

Mémoire de fin d'études  
présenté par **Adrien Chorein**  
en vue de l'obtention du diplôme de  
**Licencié en Sciences Biologiques**

Année académique 2006-2007



**Chorein A., 2007, Systématique et chorologie des Anthophorini (Hymenoptera: Apidae) de Belgique et du Nord de la France, avec une première analyse de leurs sécrétions volatiles.** Mémoire de fin d'études, Université de Mons-Hainaut, Mons, 80p.

**Résumé:** Les Anthophores (Hymenoptera: Apidae: Anthophorini) sont à la fois un groupe très vaste et peu étudié. Leur système de reconnaissance spécifique n'a jamais fait l'objet d'étude détaillée.

Dans ce travail, une clé de détermination, ainsi qu'une actualisation des connaissances chorologiques des Anthophores de Belgique et du Nord de la France sont proposées. La dérive faunique des anthophores de cette région montre qu'*Anthophora furcata*, *A. retusa* et *A. aestivalis* sont en forte régression.

Une analyse chimique par GC/MS des sécrétions volatiles des deux espèces les plus abondantes de la région (*A. plumipes* et *A. quadrimaculata*) permet d'établir leur composition et de les comparer. L'identification et la localisation des différentes molécules permettent d'exclure une sécrétion ou une dispersion par les pattes médianes des mâles. La comparaison interspécifique montre une grande similitude pour les composés majeurs. Les composés caractéristiques des espèces et des sexes sont principalement présents dans le métasome mais en faible concentration relative.

**Mots clés:**

*Anthophora*, biogéographie, dérive faunique, SMRS, sécrétions volatiles

## Remerciements

Je tiens à remercier par ces quelques lignes toutes les personnes qui ont contribué de près comme de loin à l'élaboration du présent travail.

Je remercie tout particulièrement le **Prof. Pierre Rasmont** de m'avoir accueilli dans son service. Ses conseils et ses remarques m'ont toujours été d'une grande utilité. Se lancer dans l'étude des anthophores en si peu de temps n'aurait pas été possible sans son soutien.

Je tiens à remercier le **Prof. Irena Valterova** de l'Institut de Chimie Organique de Prague pour m'avoir permis d'utiliser le GC/MS de son service et pour son aide pour les analyses chimiques.

Je remercie également le **Dr. Michaël Terzo** et **Denis Michez.**, leur expérience et leurs conseils avisés m'ont guidé tout au long de ce travail, ainsi que **Stéphanie Iserbyt** pour sa disponibilité constante et l'aide précieuse qu'elle m'a apporté pour les analyses statistiques.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à **Audrey Coppée, Olivia Ponchau, Anne-Sophie Popeler, Mélanie Gorez, Tiffany Mathy** et **Thibaut Demeulemeester** pour leur aide, leur soutien constant et leur bonne humeur de tous les jours.

Merci à **Laurence** et **David Genoud** de m'avoir accueilli chez eux et soutenu lors de mes tentatives d'expériences de terrain.

Je remercie également les membres du groupe *Apoidea-Gallica* et toutes les personnes qui ont contribué à la collecte de donnée.

## Table des matières

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1. Généralités.....	1
1.2. Histoire naturelle.....	2
1.2.1.1. Cycle de vie.....	2
1.2.1.2. Ecologie.....	2
1.2.1.3. Comportement sexuel.....	2
1.3. Anthophores de Belgique et des régions limitrophes.....	3
1.4. Déclin des Apoides.....	4
1.4. Phéromones sexuelles.....	5
1.4.1.1. Phéromones sexuelles.....	5
1.4.1.1. Concept d'espèce.....	5
<b>2. Objectifs.....</b>	<b>7</b>
2.1. Systématique des Anthophorini de Belgique et des régions limitrophes.....	7
2.2. Chorologie des anthophores de Belgique et régions limitrophes.....	7
2.3. Ecologie chimique.....	8
<b>3. Matériel et méthode.....</b>	<b>9</b>
3.1. Systématique des anthophores de Belgique et des régions limitrophes.....	9
3.2. Dérive faunique.....	12
3.2.1. Origine des données chorologiques.....	12
3.2.2. Gestion des données.....	13
3.2.3. Analyses statistiques.....	13
3.2.3.1. Régression linéaire des rangs.....	13
3.2.3.2. Méthode de Stroot & Depiereux (1989).....	14
3.3. Analyses chimiques.....	14
3.3.1.1. Extraction des molécules volatiles.....	14
3.3.1.2. Identification.....	14
3.3.1.3. Matrice de données.....	15
3.3.2. Localisation des composés chez <i>Anthophora plumipes</i> .....	16
3.3.2.1. Méthode de groupements.....	16
3.3.2.2. Composés indicateurs.....	16
3.3.2.3. Logiciels utilisés.....	16
<b>4. Résultats.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Résultats.....</b>	<b>17</b>
4.1. Systématique des Anthophores de Belgique et régions limitrophes.....	17
4.1.1. Clé des femelles.....	18
4.1.2. Clé des mâles.....	23
4.1.3. Caractéristiques des <i>Anthophora</i> du nord de la Gaule.....	29
4.1.3.1. <i>Anthophora (Anthophora) fulvitaris</i> Brullé, 1832.....	29
4.1.3.2. <i>Anthophora (Anthophora) plumipes</i> (Pallas, 1772).....	30
4.1.3.3. <i>Anthophora (Anthophora) salviae</i> (Panzer, 1804).....	32
4.1.3.4. <i>Anthophora (Anthophora) senescens</i> Lepeletier, 1841.....	33
4.1.3.5. <i>Anthophora (Caranthophora) pubescens</i> (Fabricius, 1781).....	34
4.1.3.6. <i>Anthophora (Clisodon) furcata</i> (Panzer, 1798).....	35
4.1.3.7. <i>Anthophora (Dasymegilla) quadrimaculata</i> (Panzer, 1806).....	37
4.1.3.8. <i>Anthophora (Heliophila) bimaculata</i> (Panzer, 1798).....	38

4.1.3.9. <i>Anthophora (Lophanthophora) mucida</i> Gribodo, 1873 .....	40
4.1.3.10. <i>Anthophora (Melea) plagiata</i> (Illiger, 1806) .....	41
4.1.3.11. <i>Anthophora (Mystacanthophora) borealis</i> Morawitz, 1864 .....	42
4.1.3.12. <i>Anthophora (Paramegilla) femorata</i> (Olivier, 1789).....	43
4.1.3.13. <i>Anthophora (Petalosternon) crassipes</i> Lepeletier, 1841.....	44
4.1.3.14. <i>Anthophora (Pyganthophora) aestivalis</i> (Panzer, 1801).....	45
4.1.3.15. <i>Anthophora (Pyganthophora) retusa</i> (L., 1758) .....	46
4.1.4. Variabilité de la taille et de la phénologie .....	48
4.1.5. Statut spécifique d' <i>Anthophora aestivalis</i> (Panzer, 1801).....	50
4.1.5.1. Caractères distinctifs.....	50
4.1.5.2. Chorologie .....	50
4.1.5.3. Morphologie des gonostyles .....	51
4.2. Dérive faunique des anthophores de Belgique et du Nord de la France .....	52
4.3. Sécrétions volatiles d' <i>Anthophora plumipes</i> .....	55
4.4. Sécrétions d' <i>A. plumipes</i> et <i>A. quadrimaculata</i> .....	59
<b>5. Discussion.....</b>	<b>62</b>
5.1. Systématique .....	62
5.1.1. <i>Anthophora aestivalis</i> et <i>A. retusa</i> .....	62
5.1.2. Faune de France.....	62
5.2. Dérive faunique .....	63
5.2.1. Espèces en limite d'aire de répartition.....	63
5.2.2. Jusque 1982 .....	64
5.2.3. Situation actuelle .....	65
5.2.4. Liens déclin /phénologie et taille .....	65
5.2.5. Statut de protection.....	65
5.3. Pheromones sexuelles.....	66
5.3.1. Ecologie chimique d' <i>A. plumipes</i> .....	66
5.3.2. Comparaison interspécifique .....	67
5.3.3. Observations personnelles sur le comportement sexuel .....	67
<b>6. Perspectives .....</b>	<b>68</b>
6.1. Préservation.....	68
6.2. Etude des phéromones.....	68
<b>7. Bibliographie .....</b>	<b>70</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>75</b>
Annexe I. Auteurs des données biogéographiques .....	76
Annexe II. Bibliographie utilisée dans la banque de données Fauniques de Gembloux et Mons .....	77
Annexe III: Récolteurs des données biogéographiques.....	78

## 1. Introduction

### 1.1. Généralités

Les Anthophores (Hymenoptera: Apidae: Anthophorini) sont à la fois un groupe très vaste et peu étudié. La diversité mondiale de cette tribu est estimée entre 600 et 2000 espèces (Friese, 1896; Brooks, 1988).

Ce sont des abeilles solitaires de grande taille qui nichent dans le sol. Beaucoup d'espèces sont considérées comme polylectiques (Brooks, 1988; Westrich, 1990). Elles sont particulièrement abondantes en milieu méditerranéen (Friese, 1896; Michener, 2000).



**Figure 1. *Anthophora plumipes* (Pallas, 1772) mâle sur *Viola sp.* (France, Landes, St Martin de Seignanx), 10-III-2007 (photo A. Chorein)**

L'espèce la plus abondante en Europe est *Anthophora plumipes* (Pallas, 1772) (Fig.1). Le mâle en est facilement reconnaissable aux « plumes » qu'il porte sur les pattes médianes.

## 1.2. Histoire naturelle

### 1.2.1. *Anthophora plumipes* (Pallas 1772)

#### 1.2.1.1. Cycle de vie

*Anthophora plumipes* est une espèce printanière dont la période de vol s'étend d'avril à mai (Friese, 1896; Iuga, 1958; Westrich, 1990; Bellman, 1999). Les oeufs éclosent 1 à 2 jours après la ponte. La métamorphose a lieu 70 à 80 jours après la ponte et la diapause s'effectue au stade d'imago (Thalman, 1991). Elle est commune dans toute l'Europe, vit dans les milieux ouverts et nidifie souvent dans des talus argileux (Pérez, 1889; Iuga, 1958; Bellman, 1999).

#### 1.2.1.2. Ecologie

*Anthophora plumipes* est un important pollinisateur de début de saison (Batra, 1994; Gosselin, 2004). Son endothermie lui permet de voler à des températures plus basses que la majorité des autres pollinisateurs (Stone, 1993). Sa longue langue la rend particulièrement adaptée à la récolte du nectar sur les fleurs à corolles profondes comme les Labiées et les Légumineuses dont elle est un bon pollinisateur (Michener, 2000; Gosselin, 2004).

#### 1.2.1.3. Comportement sexuel

Les mâles, après avoir fait une recherche matinale de nectar, se mettent à la recherche d'une femelle en effectuant des vols de patrouille sur leur territoire. Ce territoire est essentiellement constitué de zones fleuries où les femelles sont susceptibles de venir butiner (Stone *et al.*, 1995). La femelle qui vient butiner sur ce territoire est suivie en vol par le mâle à 5-10 cm jusqu'à ce qu'elle se stabilise, soit en se posant, soit en faisant du vol stationnaire. Le mâle s'agrippe alors sur son dos pour copuler. Une fois en place, il maintient la femelle avec les pattes antérieures et postérieures, puis agite les pattes médianes (plumeuses) (Stone *et al.*, 1995). Les mâles tentent de copuler avec autant de femelles que possible (Stone, 1995).

Le comportement territorial des mâles est plus marqué en début de saison et diminue lorsque la densité des mâles augmente car la défense des territoires n'est alors plus possible (Stone *et al.*, 1995).



### 1.2.2. Les autres Anthophores

L'éthologie des autres anthophores est très peu connue. Les espèces européennes sont généralement considérées comme étant polylectiques. Seul *A. furcata* est spécialisée sur Lamiaceae et Scrophulariaceae (Müller, 1996). Les anthophores nichent généralement dans les talus et les vieux murs. Les seuls cas particuliers en Europe sont *Anthophora plagiata*, qui construit un monticule d'argile à l'entrée de son nid, et *Anthophora furcata* qui niche dans le vieux bois (Pérez, 1889; Friese, 1896; Westrich, 1990).

### 1.3. Anthophores de Belgique et des régions limitrophes

Quinze espèces d'anthophores sont présentes dans le nord de la Gaule (Pauly, 1982; Rasmont *et al.*, 1995; Rasmont *et al.*, 2002). La figure 2 présente la zone étudiée pour ce travail et le tableau 1 les espèces d'anthophores qui y sont connues (Rasmont *et al.*, 2002).

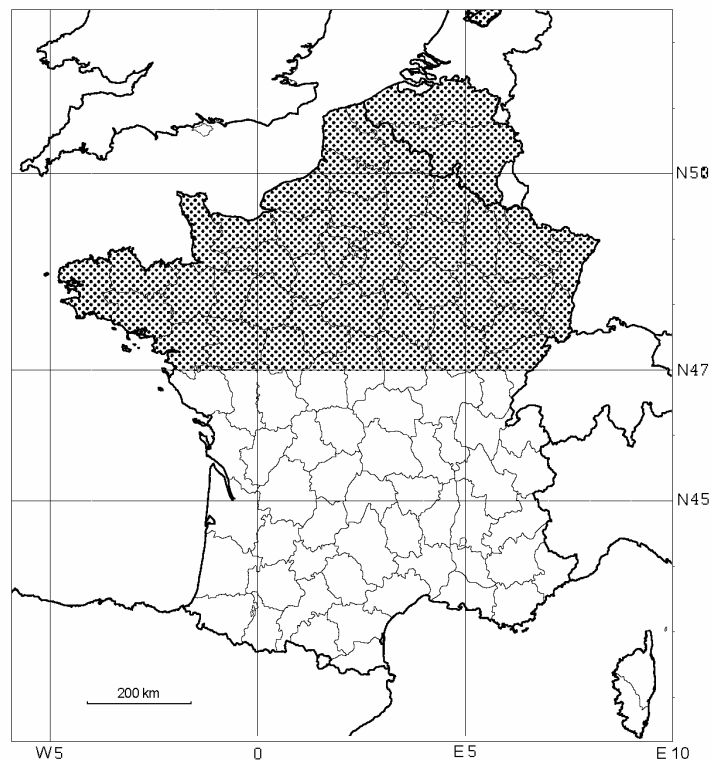


Figure 2. Délimitation de la zone étudiée (Belgique et France au nord du 47<sup>ème</sup> Parallèle).

Tableau 1. *Anthophora* de la Belgique et du nord de la France (au nord du 47ème Parallèle)

genre	sous genre	espèce	Présence dans le nord de la France*	Présence en Belgique**	Protégé en Belgique***
Anthophora	Anthophora	<i>fulvitaris</i> Brullé, 1832	X		
		<i>plumipes</i> (Pallas, 1772)	X	X	
		<i>salviae</i> (Panzer, 1804)	X		
		<i>senescens</i> Lepeletier, 1841	X		
	<i>Caranthophora</i>	<i>pubescens</i> (Fabricius, 1781)	X		
	<i>Clisodon</i>	<i>furcata</i> (Panzer, 1798)	X	X	
	<i>DasyMegilla</i>	<i>quadrimaculata</i> (Panzer, 1806)	X	X	
	<i>Heliophila</i>	<i>bimaculata</i> (Panzer, 1801)	X	X	X
	<i>Lophanthophora</i>	<i>mucida</i> Gribodo, 1873	X		
	<i>Melea</i>	<i>plagiata</i> (Illiger, 1806)	X	X	X
	<i>Mystacanthophora</i>	<i>borealis</i> Morawitz, 1864		X	
	<i>Paramegilla</i>	<i>femorata</i> (Olivier, 1789)	X		
	<i>Petalosternon</i>	<i>crassipes</i> Lepeletier, 1841	X		
	<i>Pygantophora</i>	<i>aestivalis</i> (Panzer, 1801)	X		X
		<i>retusa</i> (L., 1758)	X		X

\*: Anthophores du nord de la France d'après Rasmont *et al.*, 2002. \*\*: Anthophore de Belgique d'après Pauly, 1982; Rasmont *et al.*, 1995 et 2002. \*\*\*: Anthophores protégées en Belgique d'après le Décret du 06/12/2001 relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvages.

## 1.4. Déclin des Apoides

La période d'après-guerre a vu une très forte régression des Apoides au niveau mondial (Ghazoul, 2005). Ce déclin a particulièrement été étudié en Europe (Williams, 1982; Rasmont *et al.*, 1993 et 2005; Biesmeijer *et al.*, 2006) et en Amérique du Nord (Cane & Tepedino, 2001). Ce déclin s'explique principalement par l'évolution des pratiques agricoles qui ont entraîné l'eutrophisation des milieux et leur appauvrissement en ressources florales, la fragmentation du paysage et une raréfaction des sites de nidification (Osborne *et al.*, 1991; Goulson & Darvil, 2004; Goulson *et al.*, 2005; Rasmont *et al.*, 2005; Terzo & Rasmont, 2007)). Selon les mêmes auteurs, les espèces d'abeilles qui souffrent le plus de ce déclin sont les abeilles à langue longue (Apidae et Megachilidae) dont les ressources florales (fleurs à corolles profondes) sont les plus touchées par cette modification des écosystèmes agricoles.

## 1.4. Phéromones sexuelles

La communication chimique est un paramètre important de la régulation du comportement chez les arthropodes (Leroy, 1987). Les abeilles aussi utilisent fréquemment des phéromones pour attirer les individus du sexe opposé et marquer leur territoire (Kullenberg, 1956; Pain, 1971; Ayasse, 2001). La communication chimique des Anthophorini n'a encore jamais été étudiée. Le comportement sexuel d'*A. plumipes* est partiellement connu (Batra, 1994; Stone, 1994, 1995; Stone *et al.*, 1995; Gosselin, 2004). Il est inconnu chez les autres espèces d'anthophores.

### 1.4.1. Définitions

#### 1.4.1.1. Phéromones sexuelles

Une phéromone est une molécule (ou un ensemble de molécules), sécrétée par un organisme vivant et qui provoque chez un autre individu de la même espèce une modification du comportement (ou de la physiologie) (Karlson & Lüscher, 1959).

#### 1.4.1.1. Concept d'espèce

Depuis le début de la systématique, la notion d'espèce a beaucoup été débattue. On peut dégager quatre principaux courants:

- Concept traditionnel

Depuis l'antiquité, on considère intuitivement qu'une espèce regroupe tous les individus qui se ressemblent. Depuis Linné (1758), l'espèce est définie par la référence à un (ou plusieurs) individu représentatif (concept typologique).

- Le non-concept d'espèce

Darwin (1859) dans « l'origine des espèces » considérait la notion d'espèce comme une commodité du langage ne correspondant à aucune réalité biologique. L'ensemble des individus serait donc une continuité évolutive et les limites spécifiques purement arbitraires.

- Concept biologique

Dans ce concept, les biologistes cherchent les limites naturelles des espèces. Mayr en 1963 définit une espèce comme un ensemble d'individus capables d'engendrer une descendance fertile en conditions naturelles. Une espèce est caractérisée par un ensemble de mécanismes d'isolement reproductifs qui séparent biologiquement les espèces les unes des autres.

- Concept de reconnaissance spécifique

Paterson (1985) considère qu'une espèce est caractérisée par un système de reconnaissance spécifique (SMRS: Specific Mating Recognition System). Dans la nature, chaque individu doit être capable de reconnaître un partenaire sexuel potentiel. Il est à noter que le SMRS correspond plus ou moins à ce que Mayr appelle les mécanismes d'isolement pré-copulatoires tandis qu'il exclut les mécanismes post-copulatoire.

Actuellement, pour des raisons purement opérationnelles, les espèces sont toujours définies selon le concept typologique (morphologique) (Wiens & Servedio, 2000; Pesenko & Pauly, 2005). Toutefois, de manière à clarifier les statuts spécifiques de certains taxons, on essaie de plus en plus d'intégrer les notions d'isolement (Dobzhansky, 1970; Yoder, 2002) et de SMRS (Mayr, 1963; De Jonghe & Rasmont, 1983; Tattersall, 1988; Snell, 2004; Terzo *et al.*, 2005; Rasmont *et al.*, 2005).

#### 1.4.2. La reconnaissance spécifique chez les Apoides

Les systèmes de reconnaissance spécifique et les modalités de la communication chimique sont très variés chez les Apoides. Nous pouvons les classer en fonction du site de rendez-vous.

- Rendez-vous lié au site d'émergence: ce type de comportement sexuel est répandu chez les espèces grégaires pour lesquelles il existe d'importants rassemblements de nids (Paxton, 2005). Chez les *Colletes*, Par exemple, ce sont les femelles qui attirent les mâles. Elles sont fécondées au moment de l'émergence (Cane & Tengö, 1981).

- Rendez-vous lié au site de ressources: chez certains *Anthidium*, le mâle est territorial. Il patrouille autour de fleurs qu'il défend de manière agressive. Lorsque un intrus, un mâle ou un autre insecte, se pose sur les fleurs défendues, il le moleste pour le fait fuir. Lorsque une femelle pénètre sur le territoire, il tente de copuler avec elle (Severinghaus *et al.*, 1981).

- Attraction sans site de rendez-vous particulier: chez les bourdons, c'est le mâle qui attire la femelle. Il effectue un marquage phéromonal en des points précis le long d'une route de patrouille déterminée. Ce marquage a pour effet d'attirer et d'arrêter les femelles vierges sur les points marqués. (Bringer, 1973; Kullenberg *et al.*, 1973; Svensson, 1979; O'Neill *et al.*, 1991). Ces phéromones sont sécrétées par les glandes labiales céphaliques (Kullenberg *et al.*, 1973; Ågren *et al.*, 1979; Kindl *et al.*, 1999).

### 1.4.3. La reconnaissance spécifique chez les anthophores

Chez *Anthophora plumipes*, les mâles émergent quelques jours avant les femelles et patrouillent sur des zones fleuries (Batra, 1994; Stone *et al.*, 1995). Le rôle d'éventuelles phéromones est encore inconnu.

Le comportement sexuel des autres anthophores n'a jamais été étudié.

## 2. Objectifs

### 2.1. Systématique des Anthophorini de Belgique et des régions limitrophes

Dans ce travail, seules les anthophores de Belgique et du nord de la France sont prises en compte. Ainsi, la clé de détermination morphologique des espèces d'Anthophorini est valide pour le Nord-ouest de l'Europe (au nord du 47<sup>e</sup>ème parallèle). Cette étude morphologique est aussi l'occasion de clarifier la situation taxonomique d'*Anthophora aestivalis*.

### 2.2. Chorologie des anthophores de Belgique et régions limitrophes

L'encodage de nouvelles données dans la Banque de Données Fauniques de Gembloux et Mons (BDFGM) permet de mettre à jour les connaissances sur la chorologie et la dérive faunique des anthophores de Belgique et du nord de la France.

## 2.3. Ecologie chimique

### 2.3.1. Localisations des sécrétions volatiles chez *Anthophora plumipes*

Le rôle de la communication chimique dans le comportement sexuel des anthophores n'a jamais été étudié. Cette première analyse se concentre donc sur l'espèce la plus abondante de nos régions: *Anthophora plumipes*

L'hypothèse de départ est que les mâles secrètent des sécrétions volatiles pour attirer les femelles à distance. Ces composés pourraient être émis par les brosses des pattes médianes qui sont très différenciées. Ce genre de structure est souvent associé à la sécrétion ou à la diffusion de molécules volatiles (Chapman, 1982).

Pour tester cette hypothèse, la présence de sécrétions volatiles des mâles doit être mise en évidence. Les composés présents sur les différentes parties du corps sont comparés afin d'identifier les zones éventuelles de sécrétion ou de transport de ces composés.

Pour compléter l'analyse, les sécrétions volatiles des femelles sont aussi localisées.

### 2.3.2. Comparaisons interspécifiques

Si les sécrétions volatiles sont impliquées dans le SMRS des anthophores, alors nous devrions trouver des différences qualitatives entre les espèces.

Pour tester cette hypothèse, nous allons comparer les sécrétions volatiles des têtes et des métasomes des deux espèces les plus communes de Belgique: *A. plumipes* et *A. quadrimaculata*. Les statuts spécifiques de ces deux taxons ne souffrent d'aucune ambiguïté.

### **3. Matériel et méthode**

#### **3.1. Systématique des anthophores de Belgique et des régions limitrophes**

##### **3.1.1. Matériel examiné**

Le matériel de référence utilisé ainsi que le matériel déterminé et encodé proviennent principalement des collections du Laboratoire de Zoologie de Mons (UMH), et du service d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux (FSAGX).

Tous les dessins sont originaux sauf la figure 11 G (Scheuchl, 1995) et la figure 15 E (Friese, 1896).

##### **3.1.2. Gestion des données**

Le matériel déterminé est intégré à la Banque de Données Fauniques de Gembloux et Mons à l'aide du logiciel Data Fauna Flora (Barbier *et al.*, 2000).

### 3.1.3. Terminologie

Les figures 3, 4, 5 et 6 illustrent le vocabulaire utilisé pour les descriptions morphologiques

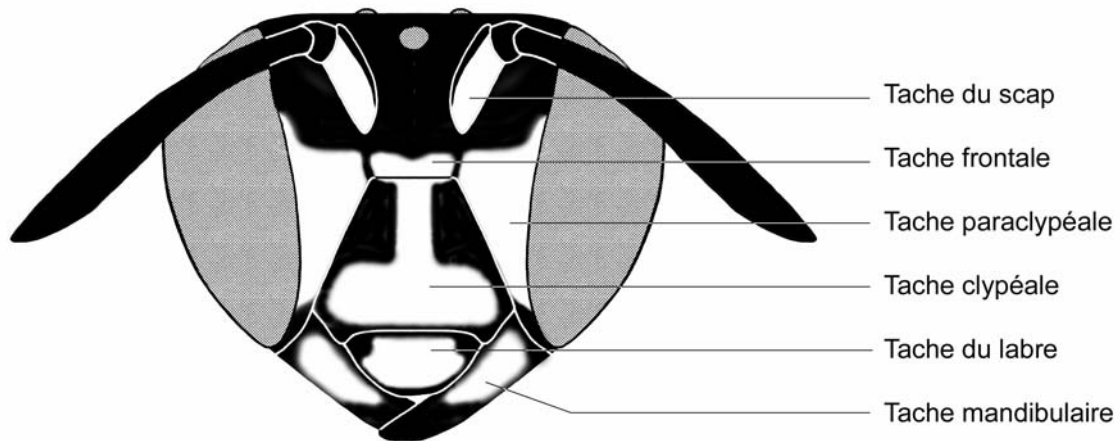


Figure 3. Schéma des taches faciales d'*Anthophora quadrimaculata* mâle

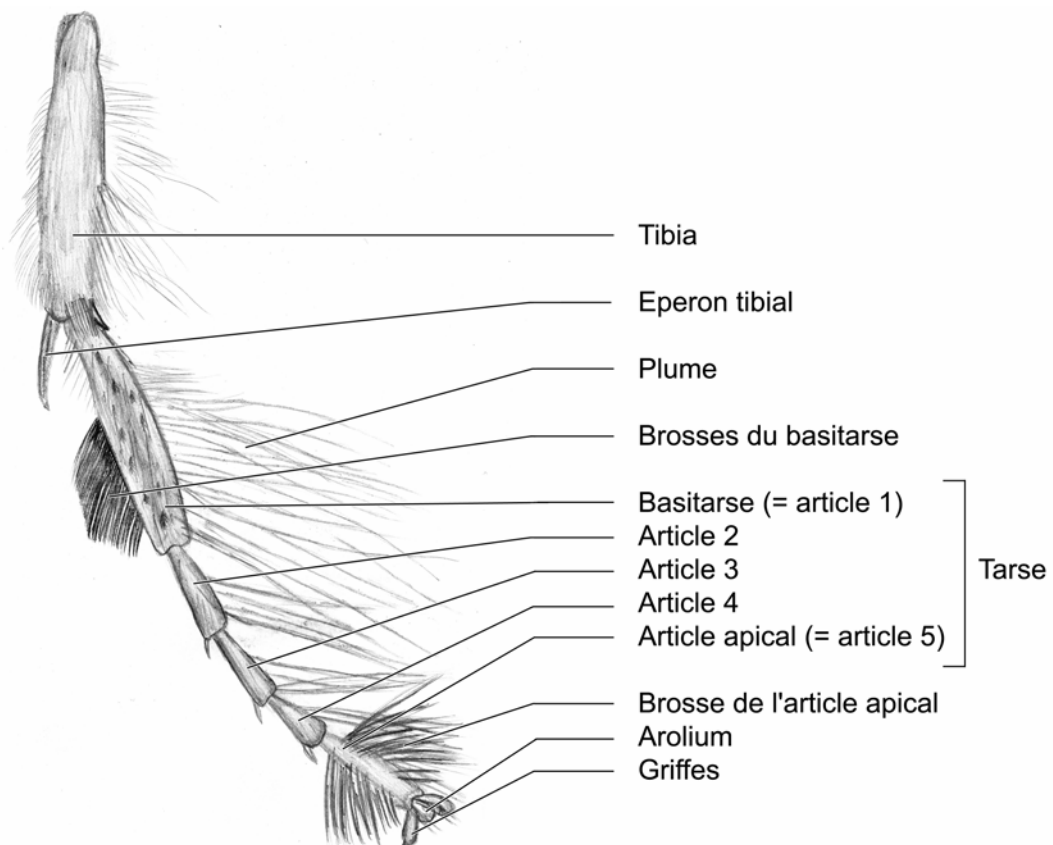


Figure 4. Patte médiane gauche d'*Anthophora plumipes* mâle en vue dorsale



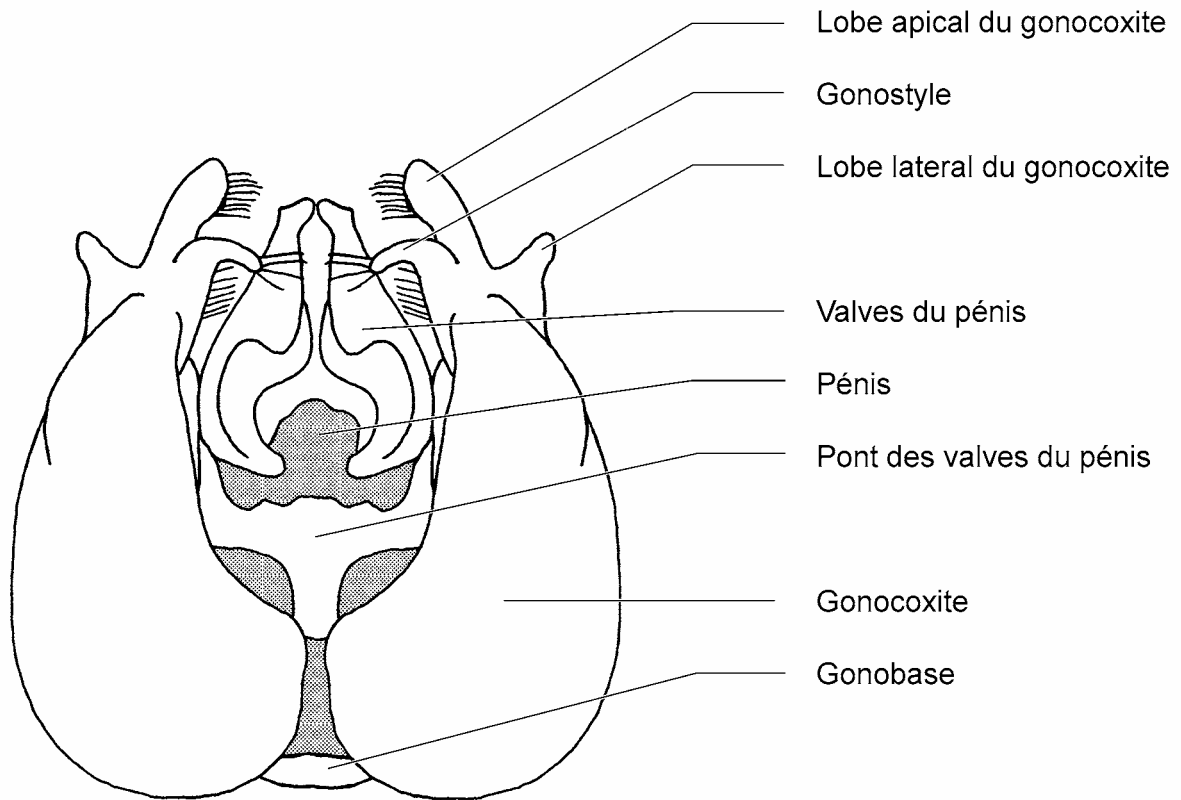


Figure 5. Genitalia mâles d'*Anthophora quadrimaculata* en vue dorsale

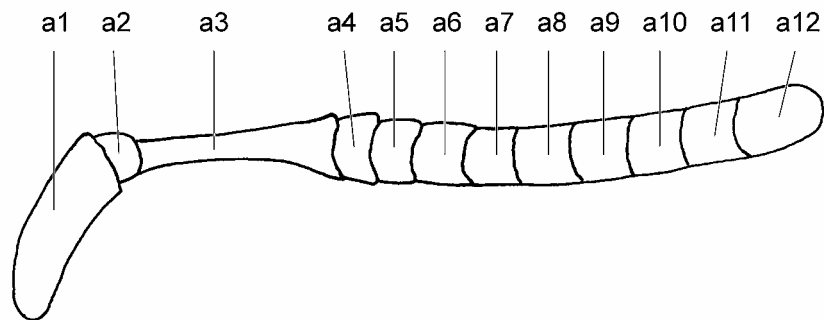


Figure 6. Antenne gauche en vue frontale d'*Anthophora retusa* ♀; articles antennaires 1 à 12( a1 a2 a3 ... a12)

## 3.2. Dérive faunique

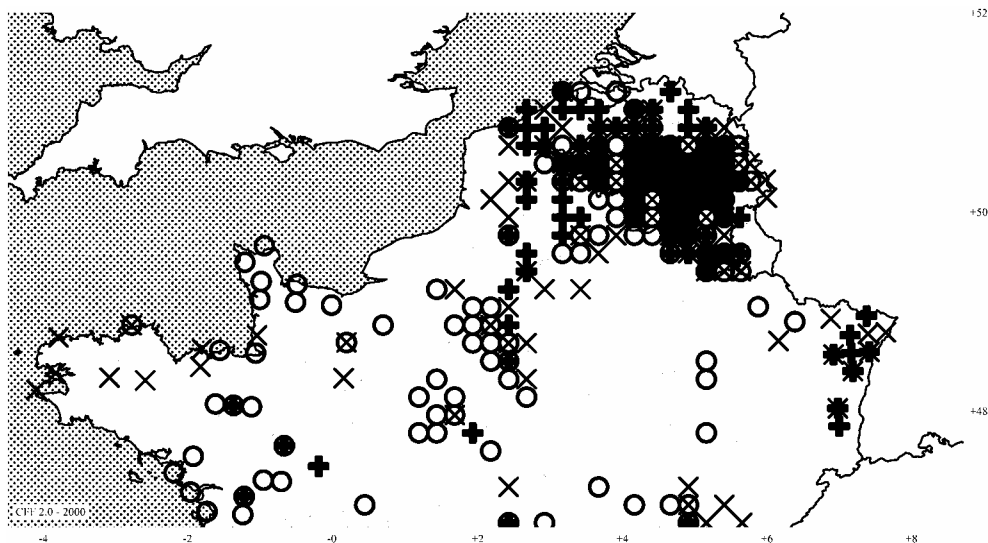
### 3.2.1. Origine des données chorologiques

L'origine des données utilisées pour l'établissement des cartes de distribution, des phénologies et de la dérive faunique est synthétisée dans le tableau 2. Les données proviennent principalement de la Banque de Données Fauniques de Gembloux et Mons (BDFGM). La distribution des données est présentée sur la figure 7.

**Tableau 2: Origines des données biogéographiques**

Espèces	BDFGM	Chorein	Bibliographie	Total
<i>Anthophora aestivalis</i>	74	1	22	97
<i>Anthophora bimaculata</i>	128	3	19	150
<i>Anthophora borealis</i>	1	0	0	1
<i>Anthophora crassipes</i>	1	0	0	1
<i>Anthophora femorata</i>	1	0	0	1
<i>Anthophora fulvitaris</i>	13	0	0	13
<i>Anthophora furcata</i>	148	2	16	166
<i>Anthophora mucida</i>	1	0	0	1
<i>Anthophora plagiata</i>	35	0	16	51
<i>Anthophora plumipes</i>	1878	774	58	2710
<i>Anthophora pubescens</i>	20	3	0	23
<i>Anthophora quadrimaculata</i>	287	33	57	377
<i>Anthophora retusa</i>	207	16	17	240
<i>Anthophora salviae</i>	1	0	0	1
<i>Anthophora senescens</i>	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>2796</b>	<b>832</b>	<b>205</b>	<b>3833</b>

La bibliographie concerne les données issues des ouvrages listés en annexe II



**Figure 7. Carte de sommation des données chorologiques.**

+, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Principaux auteurs: A. Pauly, P. Rasmont, A. Chorein, J. Leclercq

### 3.2.2. Gestion des données

Les données sont encodées à l'aide du logiciel Data Fauna Flora (DFF) (Barbier *et al.*, 2000).

Les phénologies et les cartes de distribution sont générées à l'aide des logiciels Phenolo-Fauna-Flora (module de DFF) et Carto-Fauna-Flora (CFF) (Barbier & Rasmont, 1995).

Les données originales du mémoire seront, par la suite, intégrées à la BDFGM.

### 3.2.3. Analyses statistiques

Les données sont séparées en trois périodes: les pivots sont 1950 et 1982. Le premier pivot correspond à celui utilisé par Rasmont *et al.* (1992), et le deuxième correspond à la date de parution des cartes de répartition des Anthophores de Pauly (1982). Le choix de ces pivots permet aussi d'équilibrer le nombre de données d'une période à l'autre.

#### 3.2.3.1. Régression linéaire des rangs

La fréquence relative de capture de chaque espèce est transformée en rang pour chacune des trois périodes (jusqu'à 1950, de 1951 à 1981, de 1982 à 2007).

Pour chaque pivot, un graphique représente les espèces par leurs rangs avant (abscisse) et après (ordonnées) le pivot. On effectue une régression linéaire.

Les espèces en expansion s'écartent vers le bas de la droite de régression, alors que les espèces en déclin s'en écartent vers le haut. Les espèces en statu quo restent très proches de la droite. La limite de significativité est calculée à l'aide du programme R v.2.0 (Ithaca & Gentleman, 1996).

### 3.2.3.2. Méthode de Stroot & Depiereux (1989)

La méthode de Stroot & Depiereux (1989) permet d'évaluer la dérive faunique en comparant les nombres de spécimens récoltés par période à un nombre espéré (d'après la période antérieure). Le nombre de spécimens espéré est calculé en tenant compte du nombre de spécimens par espèce, par période et total. La significativité de l'écart est établie par un calcul du  $\chi^2$ .

Les espèces dont le nombre de spécimens est significativement supérieur au nombre espéré sont considérées en expansion (et inversement pour les espèces en déclin). Les espèces dont le nombre de spécimens observé ne sont pas significativement différents sont considérées en statu quo.

## 3.3. Analyses chimiques

### 3.3.1. Constitution de la matrice de données

#### 3.3.1.1. Extraction des molécules volatiles

Les individus récoltés (*A. plumipes*: 6 mâles et 4 femelles *A. quadrimaculata*: 2 mâles et 4 femelles) sont collectés dans la région de Mons (Belgique) et tués par congélation (-20°C). Après dissection, les parties du corps suivantes sont placées dans des flacons distincts: les quatre ailes, les deux pattes antérieures, les deux pattes médianes, les deux pattes postérieures, la tête, le mésosome, le métasome. La tête, le thorax et l'abdomen baignent dans 400 µl d'hexane. Les pattes et les ailes baignent dans 200 µl d'hexane. Pour *A. quadrimaculata*, seul les têtes et les métasomes sont utilisés. Les échantillons sont maintenus 24h à température ambiante puis conservés à -40°C jusqu'à l'analyse.

#### 3.3.1.2. Identification

La composition des extraits est déterminée par GC/MS (chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse). Deux GC/MS ont été utilisés dans ce travail: celui de l'Université de Mons-Hainaut (UMH) et celui de l'Institute of Organic Chemistry and Biochemistry (Praha, Czech Republic)(IOCB). Le spectromètre de masse de l'UMH est de type « ion trap » et de marque Finnigan GCQ, celui de l'IOCB est de type « quadripole » et de marque Fisons MD800. Dans

les deux instituts, les spécifications de la colonne sont identiques: DB-5ms colonne apolaire (phase stationnaire: 5%-phenyl-methylpolysiloxane; longueur de la colonne: 30 m; diamètre interne: 0,25 mm; filme de 0,25  $\mu\text{m}$  d'épaisseur). Programme d'injection: injection de 1 $\mu\text{l}$  d'extrait; la température de l'injecteur est de 220°C; la température initiale de la colonne est maintenue 2 minutes à 70°C puis monte à 320°C à une vitesse constante de 10°C/min et est finalement maintenue à 320 °C durant 13 minutes.

Les spectres de masse sont obtenus par bombardement électronique et détectés dans la gamme de 30 à 600 unités de masse.

Les molécules sont identifiées par analyse de leur spectre de masse et comparaison de leurs temps de rétention. Les positions des doubles liaisons sont déterminées par le docteur Irena Valterova à partir des spectres d'ionisation chimique (Oldham & Svatoš, 1999) à l'aide d'un instrument ion-trap Varian Saturn 2000 avec de l'acétonitrile comme gaz de réaction.

### 3.3.1.3. Matrice de données

Les variables mesurées sont les surfaces relatives des pics de chaque molécule mesurées à partir des chromatogrammes. Les objets sont les échantillons.

La surface des pics de chaque molécule est intégrée par le logiciel Xcalibur selon les spécifications suivantes: *Baseline window*: 60; *Area noise factor*: 3; *Peak noise factor*: 2; *Peak Ht*: 3%; *Tailing Factor*: 5; *Min peak width*: 10; *Multiplet resolution*: 10.

Les résidus de silicone, le « bleeding » de la colonne et les molécules indiscernables du bruit de fond sont écartés des résultats pour aboutir à une matrice qui regroupe les surfaces des pics de molécules pour chaque échantillon.

### **3.3.2. Localisation des composés chez *Anthophora plumipes***

#### 3.3.2.1. Méthode de groupements

La matrice des échantillons subit une transformation logarithmique. Sur base de la matrice transformée, on constitue une matrice de distance euclidienne entre spécimens. Cette dernière permet de présenter un dendrogramme par la méthode du lien complet (Legendre & Legendre, 2004).

#### 3.3.2.2. Composés indicateurs

Des groupes cohérents sont choisis à partir du dendrogramme. Pour chacun d'entre eux, les composés indicateurs au seuil de signification  $p < 0,001$  sont déterminés par la méthode IndVal (Dufrêne & Legendre, 1997).

#### 3.3.2.3. Logiciels utilisés

Le groupement est effectué à l'aide du logiciel NTSYS v.1.8 (Rohlf, 1993). La détermination des composés indicateurs des groupes est effectuée à l'aide du logiciel IndVal v.2.0 (Dufrêne & Legendre, 1997).

### **3.3.3. Comparaison interspécifique des sécrétions volatiles**

Dans cette partie du travail, les matrices d'*A. plumipes* et d'*A. quadrimaculata* sont fusionnées. Les surfaces moyennes des pics des différentes molécules sont synthétisées dans un tableau.

## 4. Résultats

### 4.1. Systématique des Anthophores de Belgique et régions limitrophes

#### 4.1.2. Clé de détermination des *Anthophora* de Belgique et régions limitrophes

- 12 articles antennaires (fig.8 A); 6 tergites visibles; pattes postérieures avec scopa (fig.9 A); face avec ou sans taches claires (fig.10); pattes médianes sans brosse sur le tarse. .... Femelle
- 13 articles antennaires (fig.8 B); 7 tergites visibles; pattes postérieures sans scopa (fig.9 B); face toujours avec des taches jaunes ou blanches (fig.18); pattes médianes avec ou sans brosse sur le tarse. .... Mâle

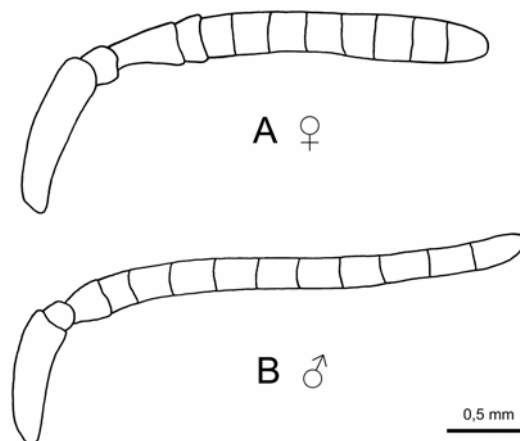


Figure 8. Antennes gauche d'*Anthophora bimaculata* femelle (A) et mâle (B) en vue frontale

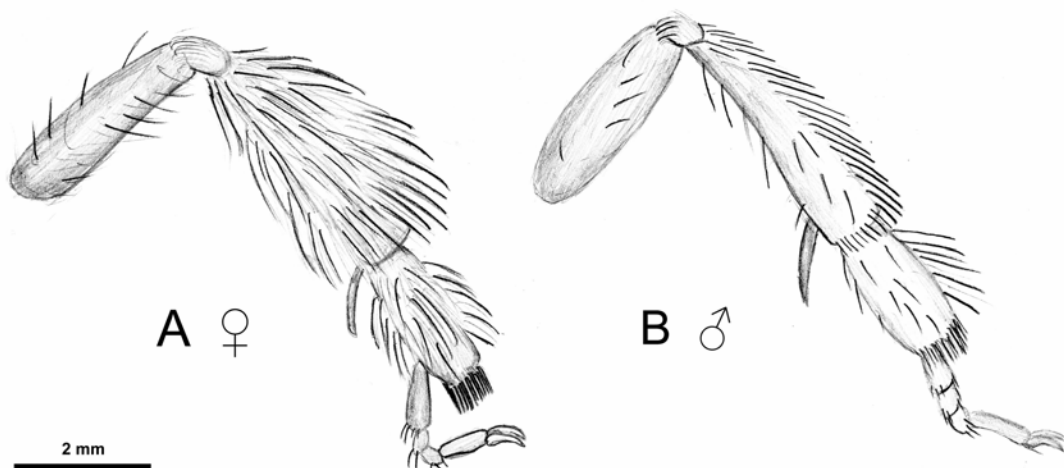


Figure 9. Pattes postérieures gauche d'*Anthophora plumipes* femelle (A) et mâle (B) en vue frontale

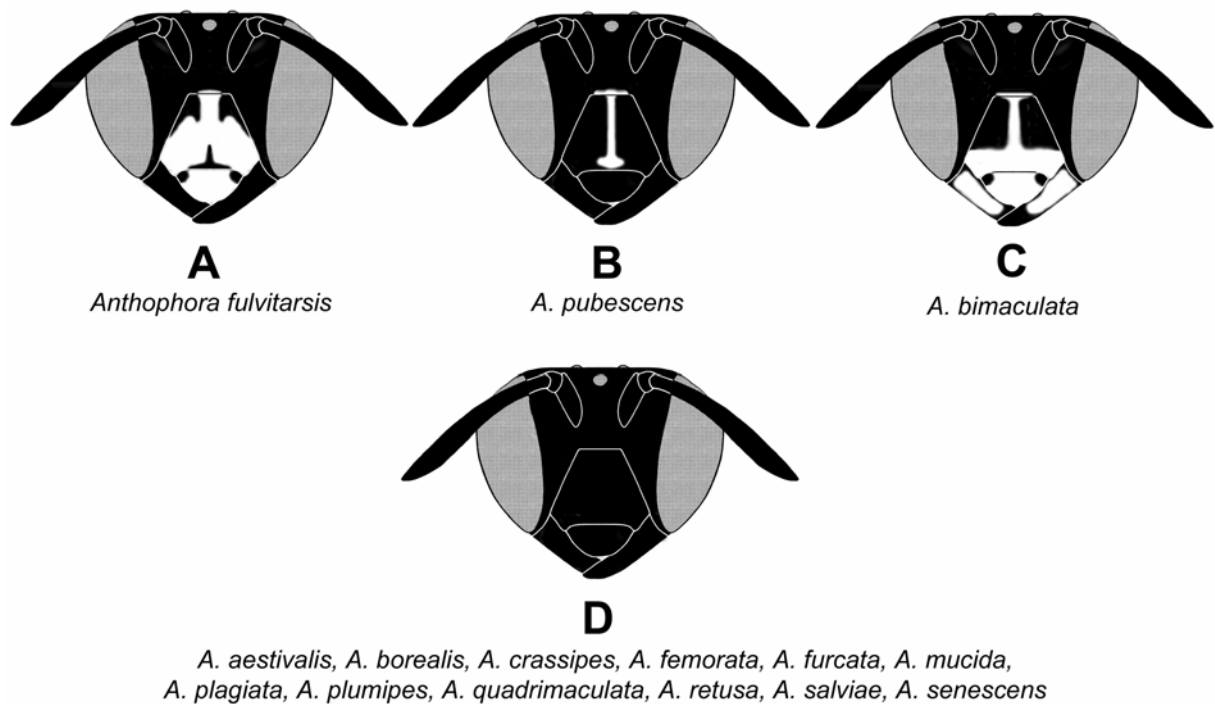
#### 4.1.1. Clé des femelles

1. Face avec des taches claires (fig.10 A B C) ..... 2  
 - Face avec la cuticule entièrement noire (fig.10 D) ..... 4
- 2(1). Tache clypéale très développé (fig 10 A); 3ème article antennaire plus long que les quatre suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ ) (fig.11 A); corps de 16 à 18mm de long...  
 ..... *Anthophora fulvitaris* Brullé, 1832  
 - Tache clypéale réduite (fig 10 B, C); 3ème article antennaire plus court que les quatre suivants réunis ( $a_3 < a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ ) (fig.11 B, C); corps de moins de 11mm de long ..... 3
- 3(2). 3ème article antennaire aussi long que les 3 suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 B); tache clypéale étroite (fig.10 B); tergites 2 et 3 avec une pilosité rase et blanche sur toute leur surface; corps de 9 à 10mm de long.....  
 ..... *A. pubescens* (Fabricius, 1781)  
 - 3ème article antennaire aussi long que les 2 suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5$ ) (fig.11 C); tache clypéale large (fig.10 C); tergites 2 et 3 avec une pilosité rase limitée aux extrémités; corps de 8 à 10 mm de long..... *A. bimaculata* (Panzer, 1798)
- 4(1). Dernier tergite avec une pilosité rousse; clypéus avec une pilosité sombre à reflets roux; corps de 11 à 12mm de long ..... *A. furcata* (Panzer, 1798)  
 - Dernier tergite avec une pilosité noir et/ou grisâtre; clypéus avec une pilosité claire sans reflets roux..... 5
- 5(4). Corps de moins de 12,5mm de long; tibia postérieur avec des éperons généralement crochus (fig.12 A) ..... 6  
 - Corps de plus de 12,5mm de long; tibia postérieur avec des éperons généralement arqués (fig.12 B) ..... 9
- 6(5). Tergite 5 a pilosité noire ..... 7  
 - Tergite 5 a pilosité brune ..... 8



- 7(6).** 3ème article antennaire plus long que les trois suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 D); tergites 1 à 4 avec un duvet blanc entre les soies plus longues et noires; clypéus avec un pelage doré serré et régulier; zone para-ocellaire réduite (fig.13 A); corps de 11 à 12mm de long .....*A. crassipes* Lepeletier, 1841
- 3ème article antennaire aussi long que les trois suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 E); tergites 1 à 4 avec une pilosité brune et blanche sans duvet; clypéus a pelage gris et couché; zone para-ocellaire étendue (fig.13 B); corps de 10 à 11,5 mm de long ....  
.....*A. quadrimaculata* (Panzer, 1806)
- 8(6).** 3ème article antennaire plus long que les trois suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 F); carène clypéale marquée; corps de 11 à 12,5 mm de long .....  
.....*A. salviae* (Panzer, 1804)
- 3ème article antennaire plus court que les trois suivants réunis ( $a_3 < a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 G); carène clypéale absente; corps de 10 à 12 mm de long .....  
.....*A. borealis* Morawitz, 1864
- 9(5).** Thorax à pilosité entièrement sombre et unie ..... 10
- Thorax à pilosité blanche à rousse mélangée à quelques soies sombres ..... 12
- 10(9).** 3ème article antennaire aussi long que les trois suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5 + a_6$ ) (fig.11 H); scopa sombre; corps de 13 à 15mm de long .....  
.....*A. plagiata plagiata* (Illiger, 1806)
- 3ème article antennaire aussi long que les quatre suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ ) (fig.11 I); scopa claire ..... 11
- 11(10).** Clypéus très proéminent (fig.14 A); carène clypéale marquée (fig.14 A); cuticule des tergites 3 et 4 avec la marge apicale translucide; tibias postérieurs avec des éperons souvent plus sombre que la scopa; pelage long et hirsute; corps de 12,5 à 16 mm de long.....  
.....*A. plumipes niger* (Friese, 1896)
- Clypéus peu proéminent (fig.14 B); carène clypéale absente (fig.14 B); cuticule des tergites 3 et 4 avec la marge apicale opaque; tibias postérieurs avec des éperons souvent clairs (même couleur que la scopa); pelage court et régulier; corps de 13 à 15 mm de long .....  
.....*A. retusa* (L., 1758)
- 12(9).** Tergites 2, 3 et 4 avec les bandes de pilosité blanches apicales nettes et discontinues; scopa blanchâtre; corps de 13 à 15 mm de long .....*A. aestivalis* (Panzer, 1801)
- Tergites 2, 3 et 4 avec les bandes de pilosité blanches apicales continues ou absentes; scopa blanchâtre à orangé ..... 13
- 13(12).** Corps de plus de 16mm de long; pelage ras et régulier ..... 14
- Corps de moins de 16mm de long; pelage long ..... 15

- 14(13).** Tergites 4, 5, 6 avec un pelage entièrement noir; corps de 16 à 18mm de long .....  
 .....*A. mucida* Gribodo, 1873
- Tergites 4, 5, 6 avec les bandes de pilosité blanches apicales; corps de 16 à 18 mm de long .....  
 ..... *A. femorata* (Olivier, 1789)
- 15(13).** Tergites 3 et 4 avec la cuticule de la marge apicale opaque; tergites avec un pelage de couleur unie; corps de 13 à 15mm de long.....  
 .....*A. plagiata fulvocinerea* (Dours, 1869)
- Tergites 3 et 4 avec la cuticule de la marge apicale translucide; tergites avec des bandes de pilosité claire apicales ..... 16
- 16(15).** Carène clypéale bien marquée; scopa orangée; corps de 12,5 à 16mm de long .....  
 .....*A. plumipes plumipes* (Pallas, 1772)
- Carène clypéale peu marquée; scopa jaune; corps de 13 à 14,5mm de long .....  
 .....*A. senescens* Lepeletier, 1841



**Figure 10.** Schéma des dessins faciaux des femelles: *Anthophora fulvitaris* (A), *A. pubescens* (B), *A. bimaculata* (C) et les autres espèces du nord de la France (D)

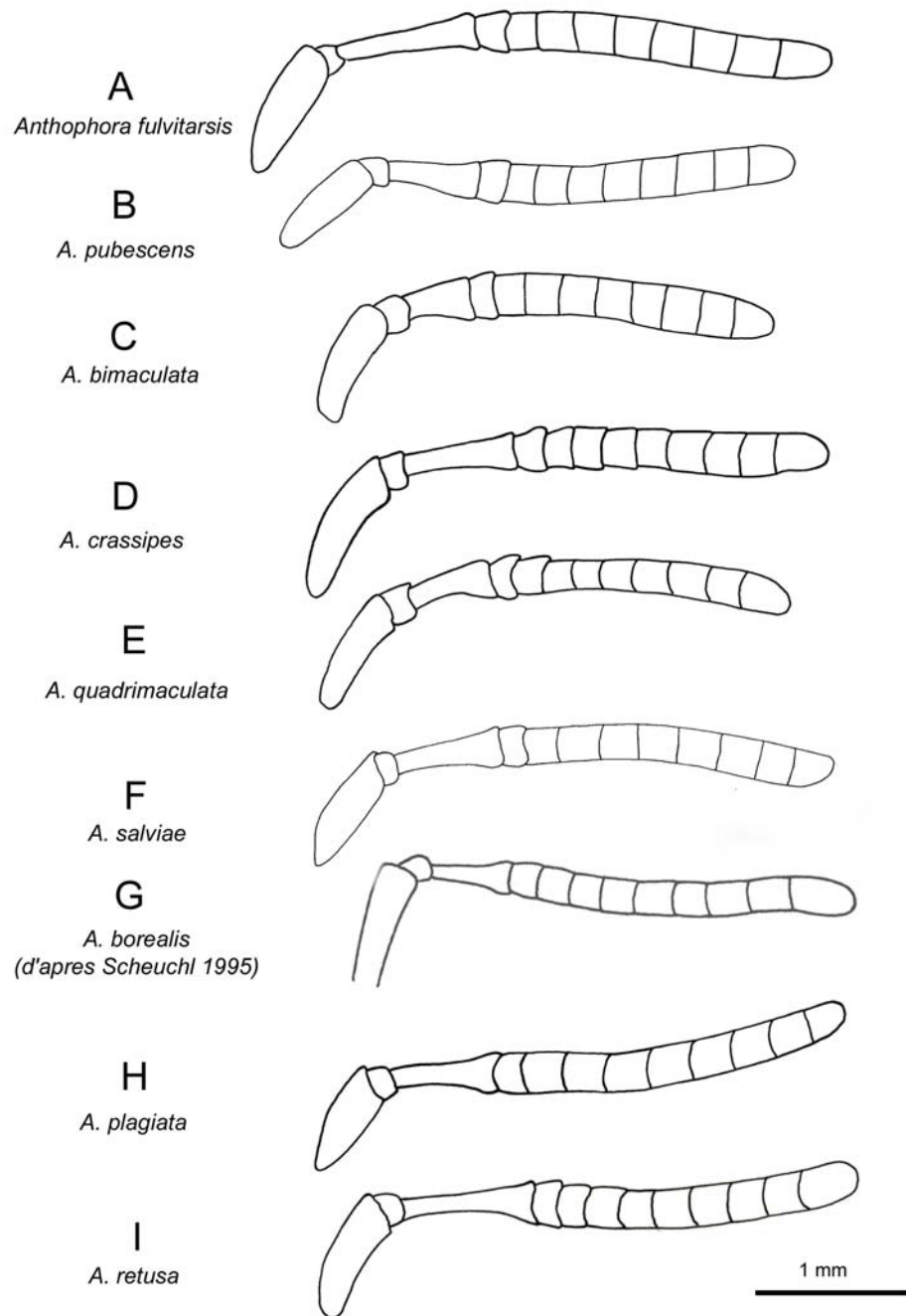


Figure 11. Antenne gauche en vue frontale des femelles d'*Anthophora fulvitaris* (A), *A. pubescens* (B), *A. bimaculata* (C), *A. crassipes* (D), *A. quadrimaculata* (E), *A. salviae* (F), *A. borealis* (G), *A. plagiata* (H), et *A. retusa* (I).

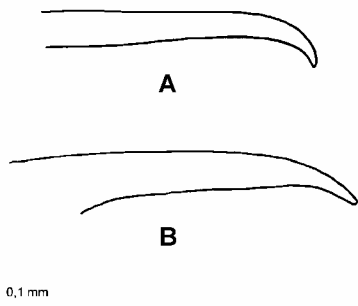


Figure 12. Eperons tibiaux postérieurs des femelles d'*A. quadrimaculata* (A) et d'*Anthophora plumipes* (B)

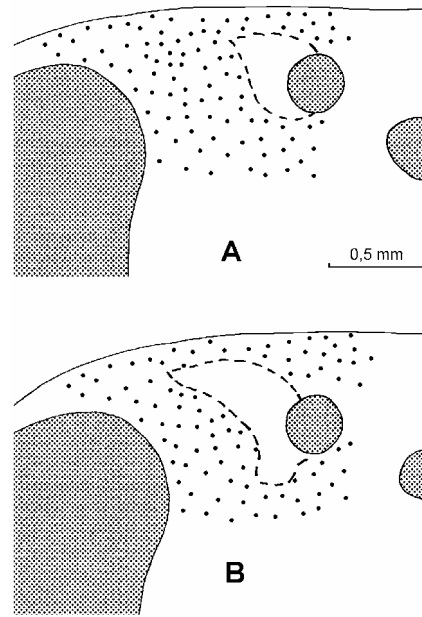


Figure 13. Zone paraocelaire droite en vue frontale haute des femelles d'*Anthophora crassipes* (A) et *A. quadrimaculata* (B)

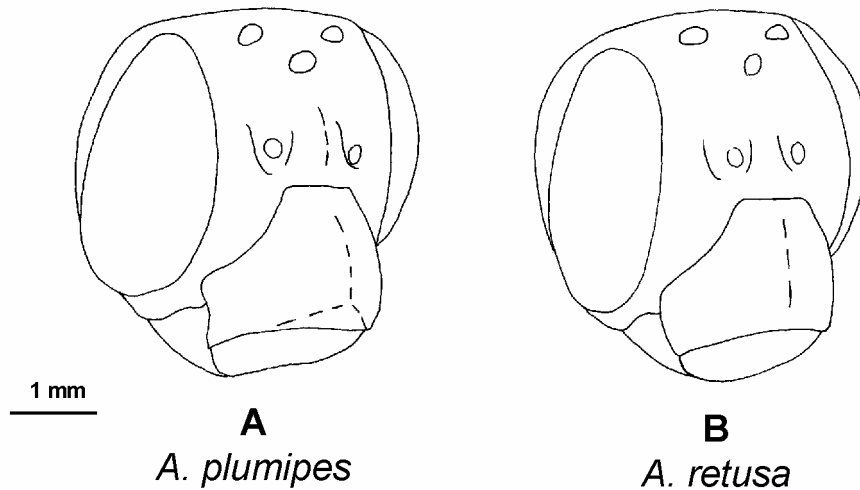


Figure 14. Face (3/4 profil droit) des femelles d'*Anthophora plumipes* (A) et d'*A. retusa* (B)

#### 4.1.2. Clé des mâles

1. Patte médiane avec sur chaque article du tarse de la de longues soies qui s'étend jusqu'à l'article apical formant une « plume » en arrière de la patte (fig.15 A); gonocoxite avec le lobe latéral très développé, aplati latéralement et coudé (fig.16 A) corps de 12 à 16 mm de long .....*A. plumipes* (Pallas, 1772)
- Patte médiane avec des soies courtes ou ne formant pas de « plume », parfois réunies en brosses (fig.15); gonocoxite avec le lobe latéral réduit ou différents (fig.16 B à E) ..... 2
  
- 2(1). Plateau pygidial présent (fig.17 A) ..... 3
- Plateau pygidial absent (fig.17 B) ..... 6
  
- 3(2). Patte médiane sans brosse sur le basitarse; corps de plus de 15 mm de long ..... 4
- Patte médiane avec une brosse sur le basitarse; corps de moins de 15 mm de long .... 5
  
- 4(3). Patte postérieure avec un fémur et un tibia épais (fig.20 A); métabasitarse avec un éperon; valves du pénis pointues à l'apex; Gonocoxite large (Fig. 16 B); taches mandibulaire et paraclypéale développées; tache clypéale réduite à la marge apicale du clypéus (Fig. 18 A); corps de 15 à 17 mm ..... *A. femorata* (Olivier, 1789)
- Patte postérieurs avec un fémur et un tibia normaux; métabasitarse sans éperon; valves du pénis arrondies à l'apex; Gonocoxite étroite (Fig. 16 C); mandibule entièrement noire; tache paraclypéale réduite à un liseré le long de l'œil; tache clypéale remonte jusque à la marge basale du clypéus (Fig. 18 B); corps de 15 à 16 mm de long.....*A. mucida* Gribodo, 1873
  
- 5(3). Patte médiane avec une brosse sur l'article apical du tarse (fig.15 B); gonocoxite avec le lobe latéral développé (fig.16 D); tache clypéale présente et bien développée depuis la suture frontale du clypéus (fig.18 C) ; corps de 12,5 à 15mm de long .....  
.....*A. aestivalis* (Panzer, 1801)
- Patte médiane sans brosse sur l'article apical du tarse (fig.15 C); gonocoxite avec le lobe latéral réduit (fig.16 E, F); tache clypéale étroite (ou réduite) sur la moitié basale (fig.18 D); corps de 13 à 15mm de long .....*A. retusa* (L., 1758)
  
- 6(2). Patte médiane avec une brosse sur le basitarse ..... 7
- Patte médiane sans brosse sur le basitarse ..... 10

- 7(6).** Corps de taille inférieure à 13 mm; 3ème article antennaire plus court que les trois suivants réunis ..... 8
- Corps de taille supérieur à 13 mm; 3ème article antennaire plus long que les trois suivants réunis ..... 9
- 8(7).** 3ème article antennaire plus court que les deux suivants réunis; tibia médian avec des soies courtes; valves du pénis fines; lobe latéral du gonocoxite réduit (fig.16 F); taches faciales de couleur blanchâtre; corps de 8,5 à 10mm de long .....  
.....*A. pubescens* (Fabricius, 1781)
- 3ème article antennaire aussi long que les deux suivants réunis; tibia médian avec des soies longues (fig. 15 D); valves du pénis épaisses dans le sens de la hauteur; lobe latéral du gonocoxite très développé (fig.16 G); taches faciales de couleur jaune; corps de 10 à 12,5 mm de long .....*A. salviae* (Panzer, 1804)
- 9(7).** Labre avec la marge apicale convexe (fig.19 A); clypéus nettement proéminent; gonocoxite avec les lobes latéral et apical divergents (fig.16 H); éperons tibiaux claires; corps de 16 à 18 mm de long .....*A. fulvitaris* Brullé, 1832
- Labre avec la marge apicale droite (fig.19 B); clypéus peu proéminent; gonocoxite avec les lobes latéral et apical presque parallèles (fig.16 I); éperons tibiaux noirs; corps de 13 à 15mm de long.....*A. senescens* Lepeletier, 1841
- 10(6).** Patte médiane avec une brosse sur l'article apical du tarse (fig.15 E) ; corps de 10 à 11mm de long .....*A. borealis* Morawitz, 1864
- Patte médiane sans brosse sur l'article apical du tarse (fig.15 E, F)..... 11
- 11(10).** Pilosité des tergites 5, 6 et 7 sans bande de pilosité blanche apicale; tache paraclypéale réduite à un liseré le long de la base du clypéus (fig.18 F); gonocoxite avec le lobe latéral forment un plateau en vue dorsale (Fig 16 J); corps de 13 à 15mm de long.....*A. plagiata* (Illiger, 1806)
- Tache paraclypéale large de la suture basale du clypéus jusqu'à l'œil; pilosité des tergites 5 avec des bandes apicale de pilosité blanches; gonocoxite avec le lobe arrondi ou absent (fig. 16 K à N) ..... 12
- 12(11).** Fémur postérieur élargi (fig.20 B, C); tache clypéale et paraclypéale souvent séparées par une bande noire (fig.18 G, H, I) ..... 13
- Fémur postérieur étroit (fig.20 D); tache clypéale et paraclypéale très largement en contact (fig.18 J, K) ..... 14

- 13** (12). Tibia postérieur avec des éperons apicaux fins, pointus et blancs (fig.20 B); fémur médian (fig.15 F) plus large que le fémur postérieur (fig.20 A); lobe latéral du gonocoxite développé (fig.16 K); tache clypéale large (fig.18 G, H); corps de 10 à 12 mm de long .....*A. quadrimaculata* (Panzer, 1806)
- Tibia postérieur avec des éperons apicaux épais, aplatis et arrondis à l'apex (fig.20 C); fémur postérieur (fig.20 B) plus large que le fémur médian (fig.15 G); lobe latéral du gonocoxite réduit (fig.16 L); tache clypéale étroite (fig.18 I) ; corps de 11 à 13mm de long .....*A. crassipes* Lepeletier, 1841
- 14**(12). 3ème article antennaire plus court que les deux suivants réunis ( $a_3 < a_4 + a_5$ ) (fig.21 A); gonocoxite avec un lobe apicale développé et un lobe latéral réduit (fig.16 M); scape avec une tache ventrale jaune unie et bien développée (fig.18 J); tache frontale généralement en contact avec les taches paraclypéales (fig.18 J); corps de 9 à 11 mm de long .....*A. bimaculata* (Panzer, 1798)
- 3ème article antennaire plus long que les deux suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5$ ) (fig.21 B); gonocoxite avec un lobe apicale réduit et un lobe latéral développé (fig.16 N); scape avec la tache ventrale généralement réduite (fig.18 K); tache frontale généralement séparée de la tache paraclypéale (fig.18 K); corps de 10,5 à 12mm de long .....  
.....*A. furcata* (Panzer, 1798)

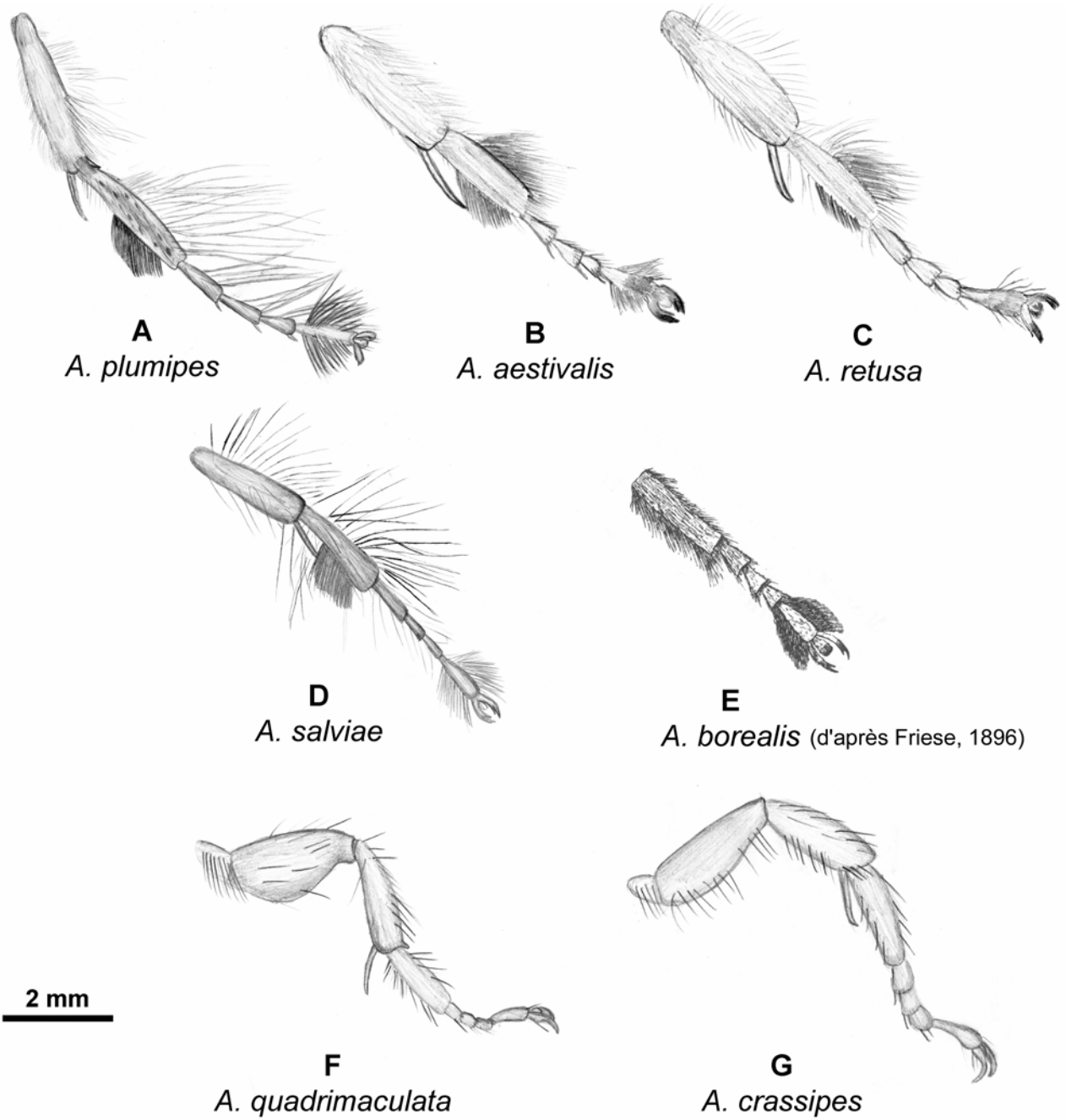


Figure 15. Pattes médianes gauche en vue frontale des mâles d'*Anthophora plumipes* (A), *A. aestivalis* (B), *A. retusa* (C), *A. salviae* (D), *A. borealis* (E), *A. quadrimaculata* (F), *A. crassipes* (G)

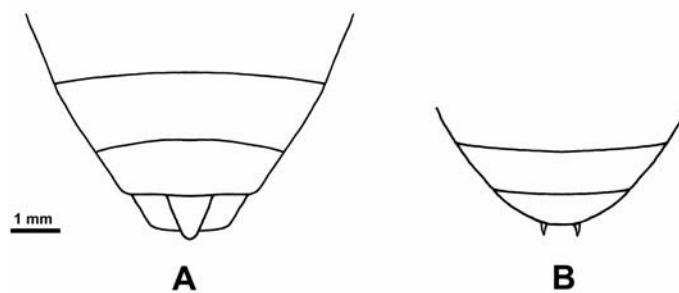


Figure 17. Pygidium de mâles en vue dorsale d'*Anthophora aestivalis* (A) et d'*A. senescens* (B)



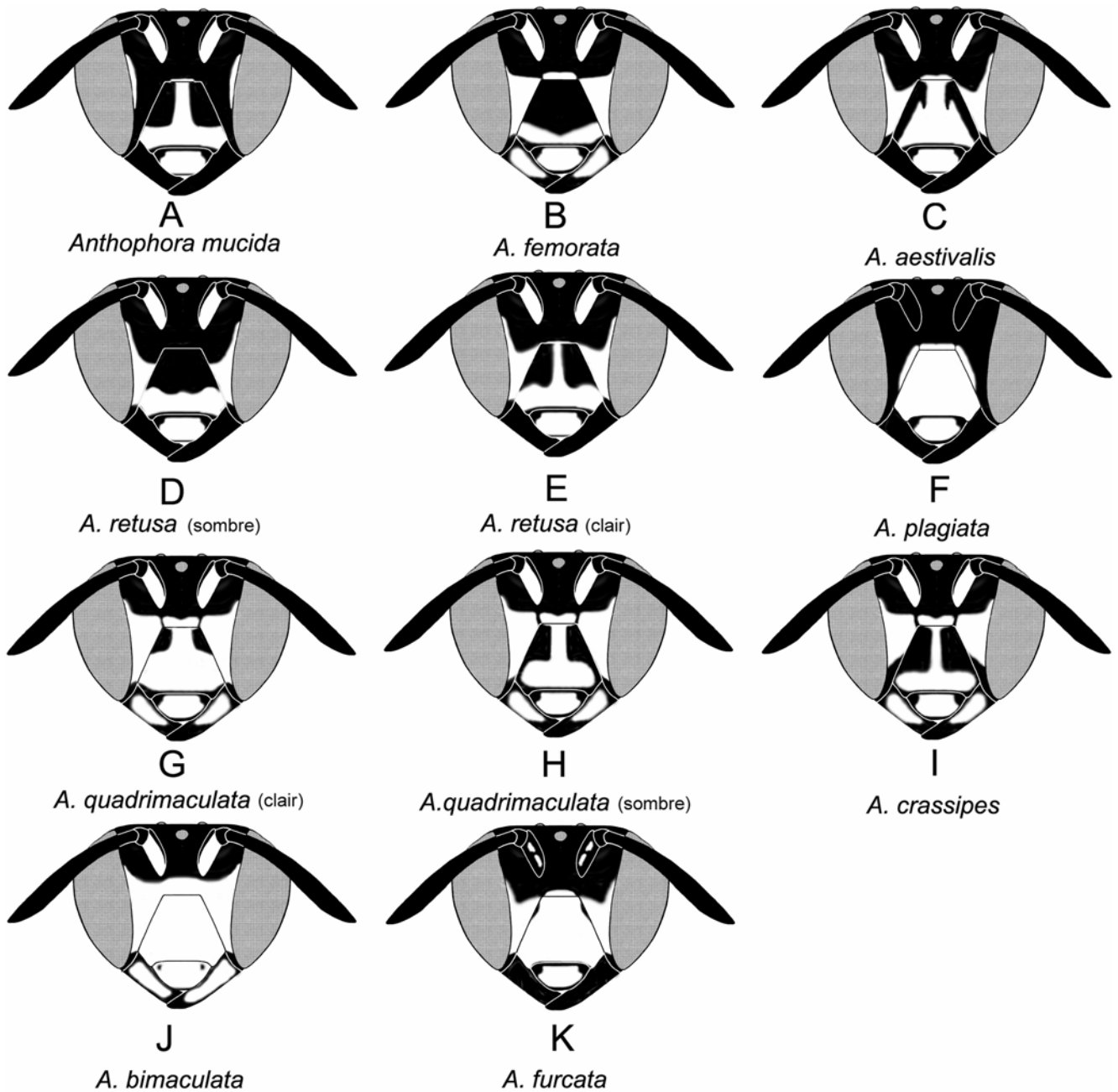


Figure 18. Schémas des taches faciales des mâles d'*Anthophora mucida* (A), *A.femorata* (B), *A. aestivalis* (C), *A. retusa* (D et E), *A. plagiata* (F), *A. quadrimaculata* (G et H), *A. crassipes* (I), *A. bimaculata* (J), *A. furcata* (K)

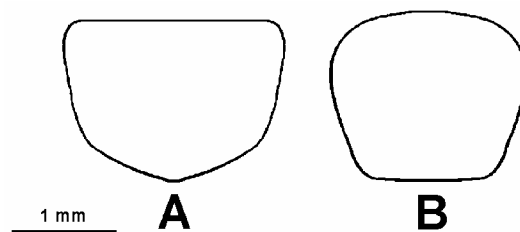


Figure 19: Forme du labres des mâles d'*Anthophora fulvitaris* (A) et d'*A. senescens* (B)

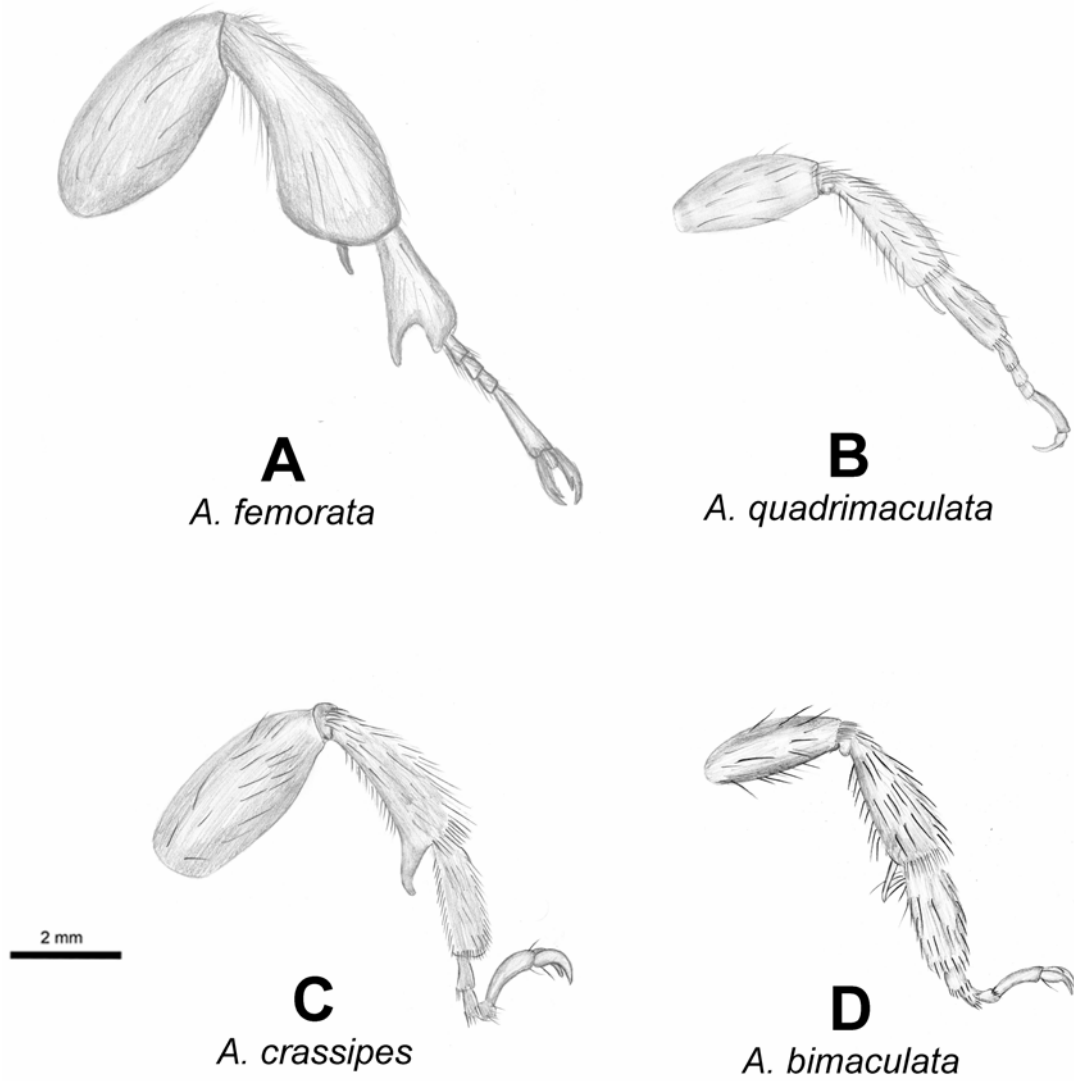


Figure 20. pattes postérieures gauches en vue frontale des mâles d'*A. femorata* (A), *A. quadrimaculata* (B), *A. crassipes* (C), *A. bimaculata* (D)

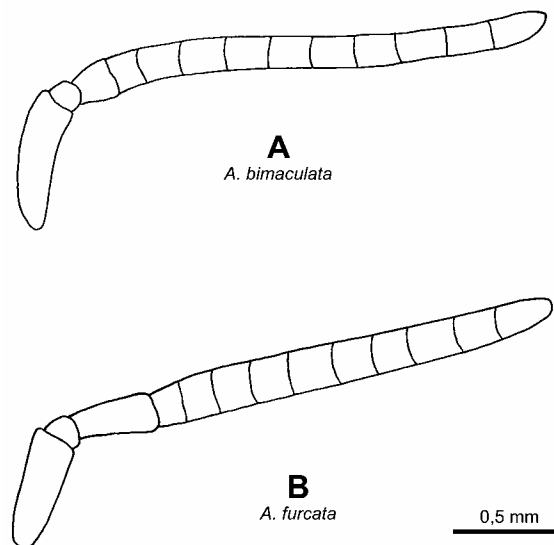


Figure 21. Antenne gauche en vue frontale des mâles d'*Anthophora bimaculata* (A), *A. furcata* (B)

### 4.1.3. Caractéristiques des *Anthophora* du nord de la Gaule

#### 4.1.3.1. *Anthophora (Anthophora) fulvitaris* Brullé, 1832

#### Morphologie

##### Femelles

Corps de 16 à 18 mm de long; 3ème article antennaire plus long que les quatre suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5 + a_6 + a_7$ ); arolium présent; taches faciales claires sur le clypéus.

##### Mâles

Corps de 16 à 18 mm de long; labre avec la marge apicale convexe; plateau pygidial absent; valves du pénis épaisses; gonocoxite avec le lobe latéral développé; gonocoxite avec les lobes latéral et apical divergents; médiobasitarse avec une brosse.

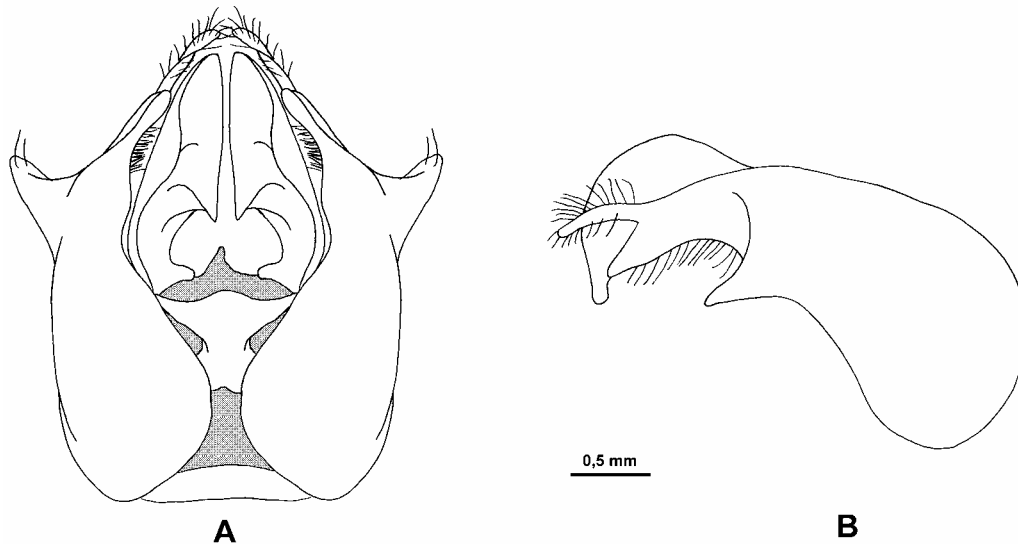


Figure 22. Genitalia mâles d' *Anthophora fulvitaris* Brullé, 1832 vue dorsale (A) et latérale (B)

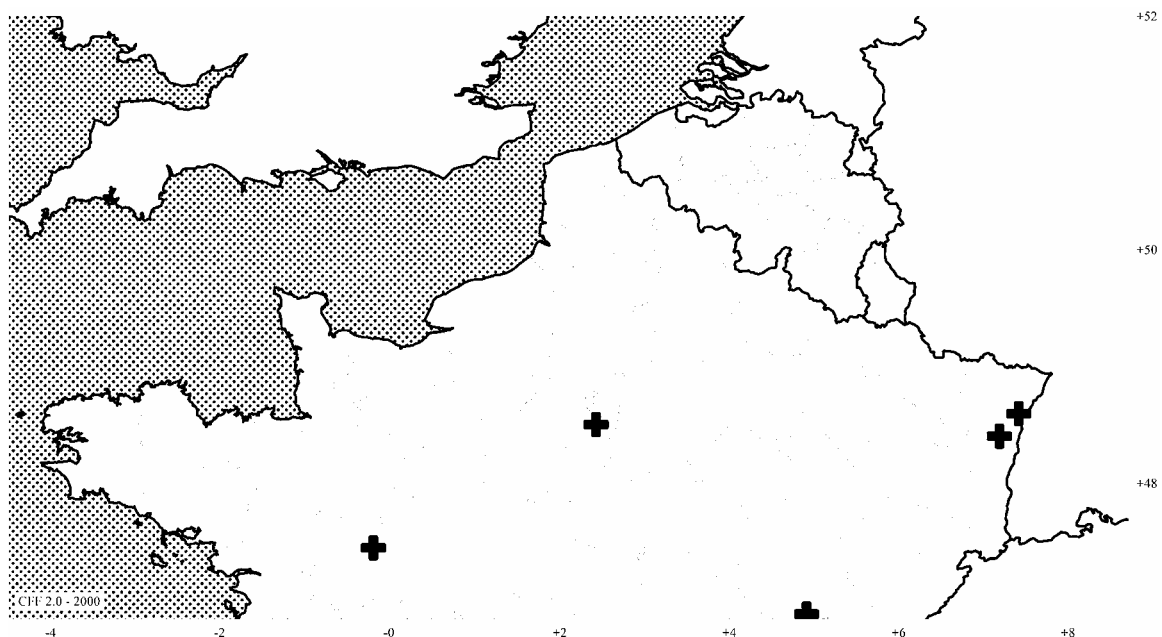


Figure 23. Carte de répartition d' *Anthophora fulvitaris* Brullé, 1832 (13 données)  
+, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: P. Rasmont

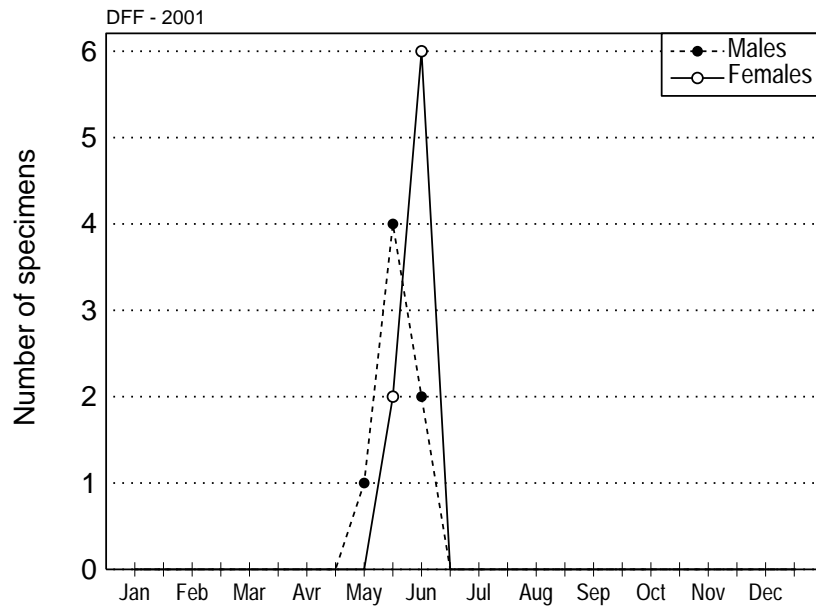


Figure 24 phénologie d'*Anthophora fulvitaris* Brullé, 1832 (7 mâles, 8 femelles)

#### 4.1.3.2. *Anthophora (Anthophora) plumipes* (Pallas, 1772)

= *acervorum* auct. nec L., 1758

= *pilipes* Fabricius, 1775

#### Morphologie

##### Femelles

Corps de 12,5 à 16 mm de long; clypéus très proéminent; carène clypéale marquée; cuticule de la face entièrement noire; tergites 3 et 4 avec la cuticule des marges apicales translucide; pelage long; tergites avec un pelage entièrement noir ou clair avec des bandes apicales plus claires.

*A. plumipes plumipes* (Pallas, 1772)

Pelage gris à roux

*A. plumipes niger* (Friese, 1896)

Pelage entièrement noir

##### Mâles

Corps de 12 à 16 mm de long; patte médiane avec, sur chaque article du tarse, de longues soies qui s'étendent jusqu'à l'article apical; valves du pénis épaisses; gonocoxite avec le lobe latéral très développé et aplati latéralement.

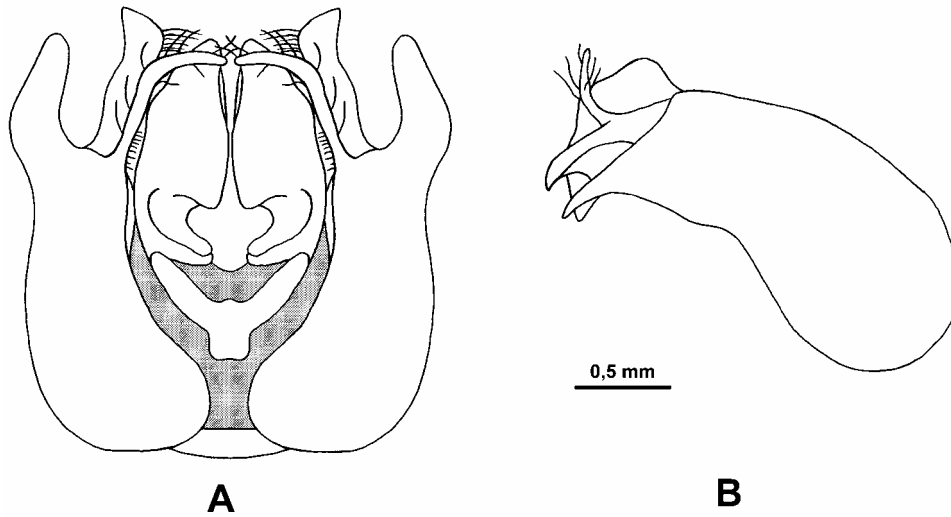


Figure 25. Genitalia mâles d' *Anthophora plumipes* Pallas, 1772 vue dorsale (A) et latérale (B)

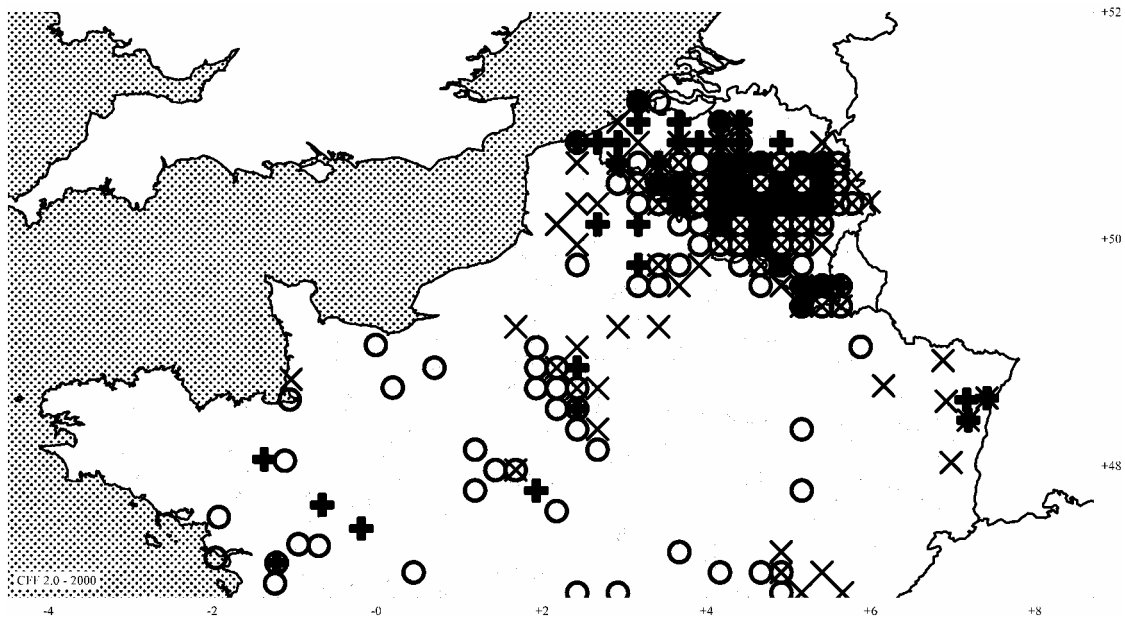


Figure 26. Carte de répartition d' *Anthophora plumipes* (Pallas, 1772) (2710 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Principaux auteurs: A. Chorein, A. Pauly, P. Rasmont, J. Leclercq

DDF - 2001

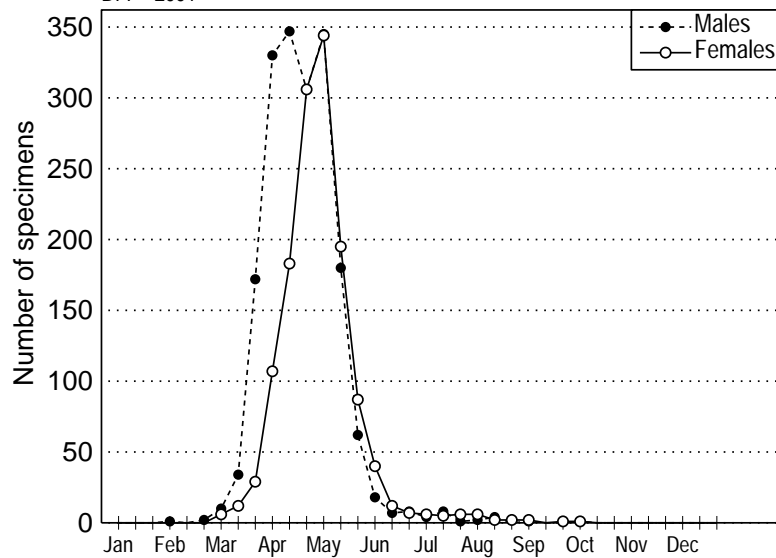


Figure 27. Phenologie d' *Anthophora plumipes* (Pallas, 1778) (1843 mâles, 1359 femelles)

4.1.3.3. *Anthophora (Anthophora) salviae* (Panzer, 1804)

= *crinipes* Smith, 1854

Femelles

Corps de 11 à 12,5 mm de long; carène clypéale marquée; cuticule de la face entièrement noire; 3ème article antennaire plus long que les trois suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5 + a_6$ ); cuticule des tergites 3 et 4 avec la marge apicale translucide; tergites avec des bandes apicales de pilosité claires; tergite 5 à pilosité brune.

Mâles

Corps de 10 à 12,5 mm de long; labre avec marge apicale droite; plateau pygidial absent; gonocoxite avec le lobe latéral très développé et presque parallèle au lobe apical; médiobasitarse avec une brosse; tarse médian avec des soies longues.

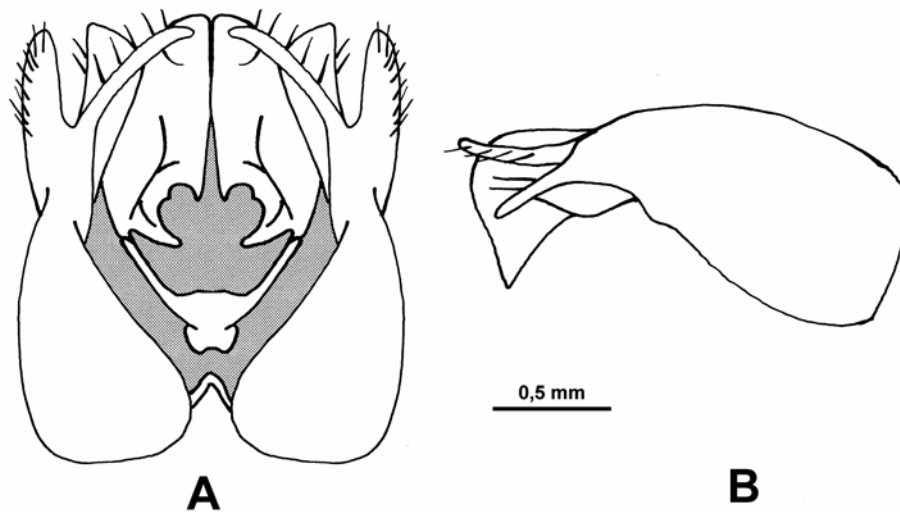


Figure 28. Genitalia mâles d' *Anthophora salviae* (Panzer, 1804) vue dorsale (A) et latérale (B)

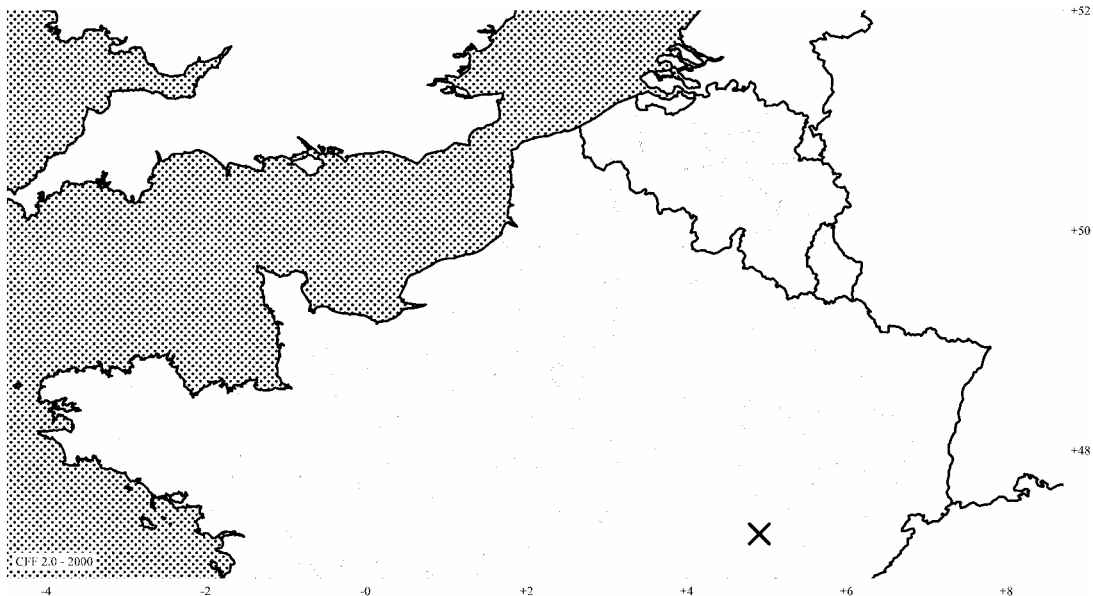


Figure 29. Carte de répartition d' *Anthophora salviae* (Panzer, 1804)

(1 donnée) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: P. Rasmont

Une seule donnée dans la zone étudiée:

France, Côte d'Or, Dijon, 31 T FN5442, 07-VII-1974, sur *Nepeta grandiflora*, 1 femelle, det. P. Rasmont, coll. Fonfria

4.1.3.4. *Anthophora (Anthophora) senescens* Lepeletier, 1841

**Morphologie**

Femelles

Corps de 13 à 14,5 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; cuticule des tergites 3 et 4 avec la marge apicale translucide; pelage long; tergites avec des bandes apicales de pilosité claires; scopa jaune.

Mâles

Corps de 13 à 15 mm de long; labre avec marge apicale droite; plateau pygidial absent; gonocoxite avec le lobe latéral très développé et presque parallèle au lobe apical; médiobasitarse avec une brosse; tarse médian avec des soies courtes.

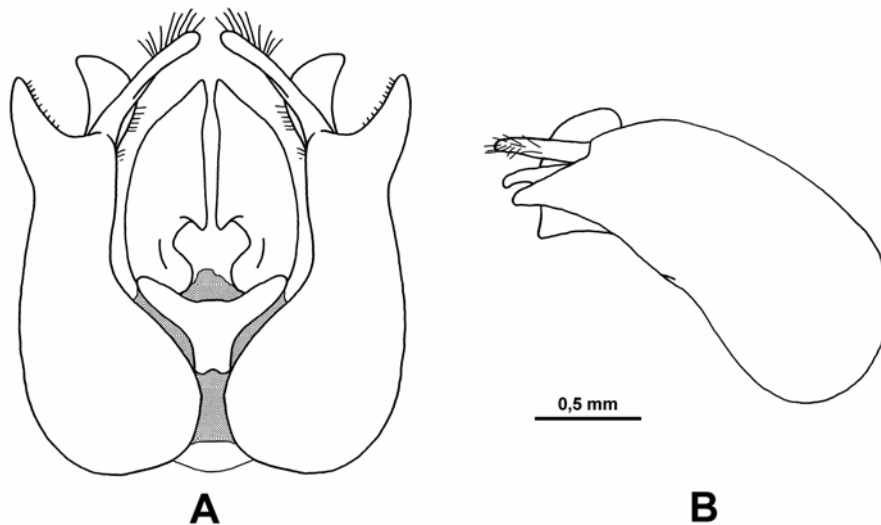


Figure 30. Genitalia mâles d' *Anthophora senescens* Lepeletier, 1841; vue dorsale (A) et latérale (B)

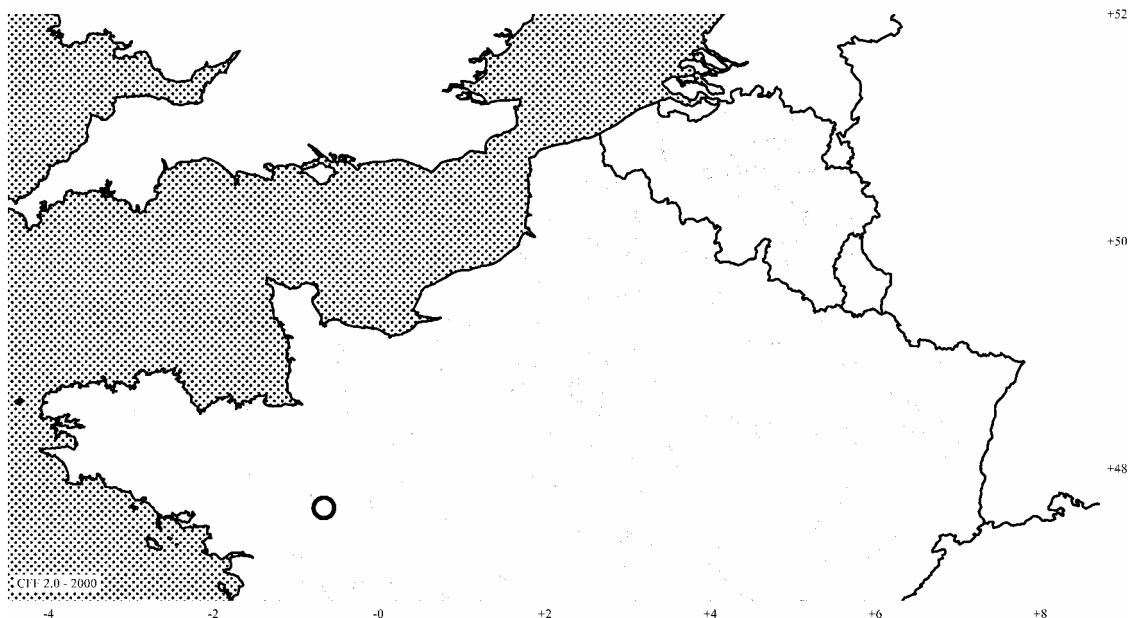


Figure 31. Carte de répartition d' *Anthophora senescens* Lepeletier, 1841 (1 donnée.) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007  
Auteur: P. Rasmont

Une seule donnée dans la zone étudiée:

France, Maine-et-Loire (49), Nyoiseau, 8-IV-2001, 1 femelle, rec. et coll. L. Baliteau, det., P. Rasmont

4.1.3.5. *Anthophora (Caranthophora) pubescens* (Fabricius, 1781)

**Morphologie**

Femelles

Corps de 9 à 10 mm de long; 3ème article antennaire aussi long que les trois suivants réunis ( $a_3=a_4+a_5+a_6$ ); clypéus avec une tache claire étroite; tergites 2 et 3 avec une pilosité rase et blanche sur toute leur surface.

Mâles

Corps de 8,5 à 10 mm de long; plateau pygidial absent; valves du pénis fines; lobe latéral du gonocoxite réduit; médiobasitarse avec une brosse; taches faciales de couleur blanchâtre.

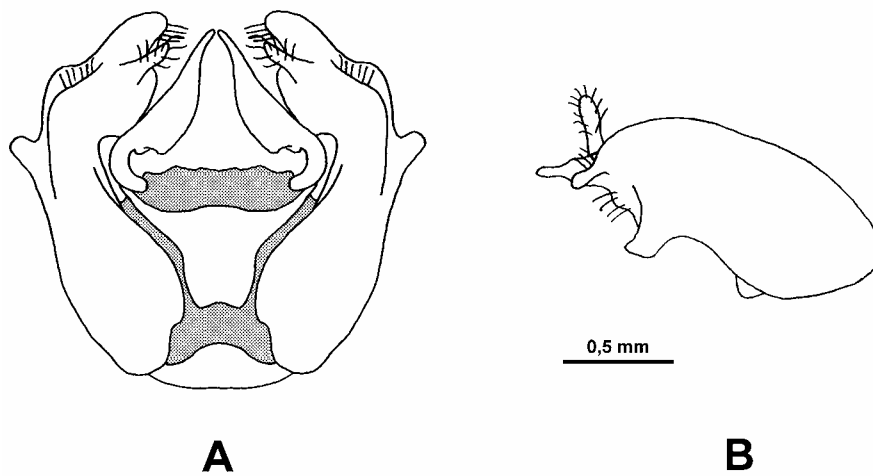


Figure 32. Genitalia mâles d' *Anthophora pubescens* (Fabricius, 1781); vue dorsale (A) et latérale (B)

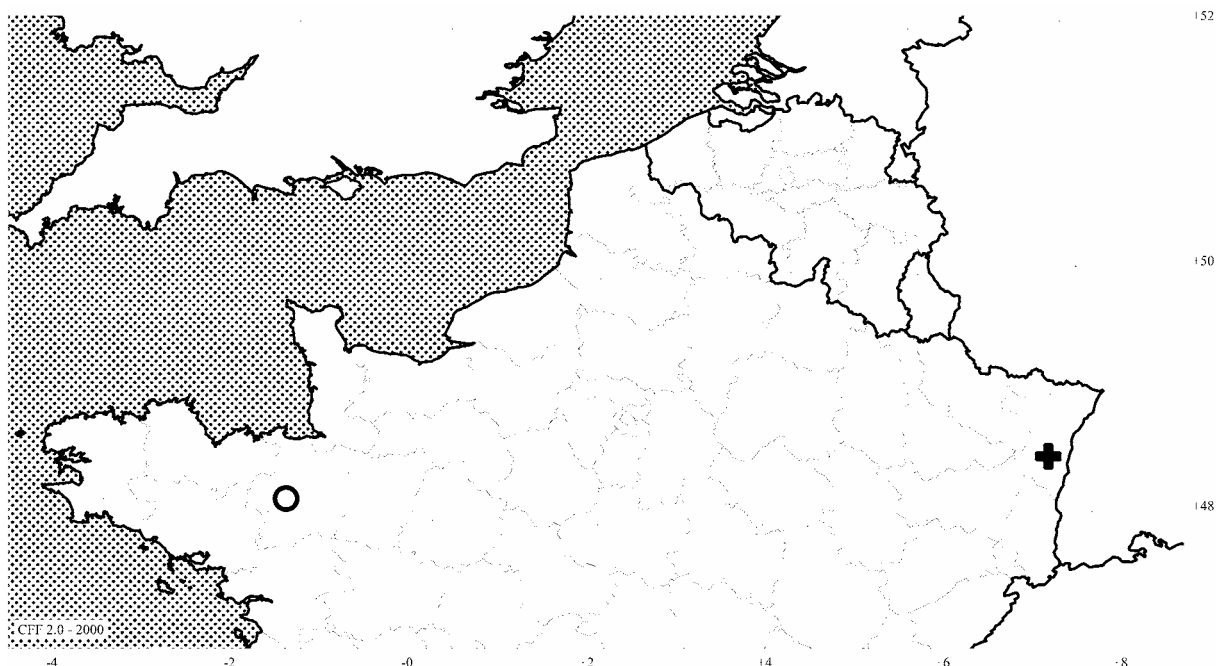


Figure 33. Carte de répartition d' *Anthophora pubescens* (Fabricius, 1781) (21 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteurs: P. Rasmont, A. Chorein



*A. pubescens*, qui n'avait plus été observé depuis 1938 dans le nord de la France, a été récolté cet été (2007) à Rennes.

France, Ile-et-Vilaine (35), Rennes, Thabor, jardin botanique, wgs84 N48°06'52,20" W01°39'59,55", alt. 35m, 03-VIII-2007, rec. det. et coll. Adrien Chorein

*Anthophora pubescens* (Fabricius, 1781):

- une femelle sur *Melissa officinalis* (L.)
- un mâle sur *Nepeta cataria* L.
- une femelle sur *Nepeta cataria* L.

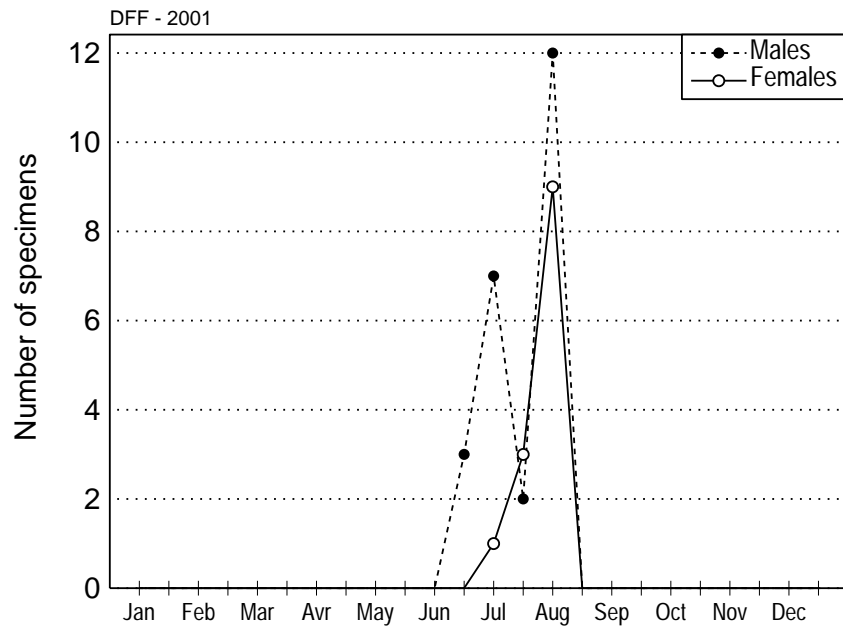


Figure 34. Phenologie d'*Anthophora pubescens* (Fabricius, 1781) (24 mâles, 13 femelles)

#### 4.1.3.6. *Anthophora (Clisodon) furcata* (Panzer, 1798)

### Morphologie

#### Femelles

Corps de 11 à 12 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; dernier tergite à pilosité rousse

#### Mâles

Corps de 10,5 à 12 mm de long; 3ème article antennaire plus long que les deux suivants réunis ( $a_3 > a_4 + a_5$ ); fémurs postérieurs étroits; arolium présent; gonostyle développé; gonocoxite avec le lobe apical réduit et le lobe latéral développé; tarse médian sans brosse; taches faciales claires très développées

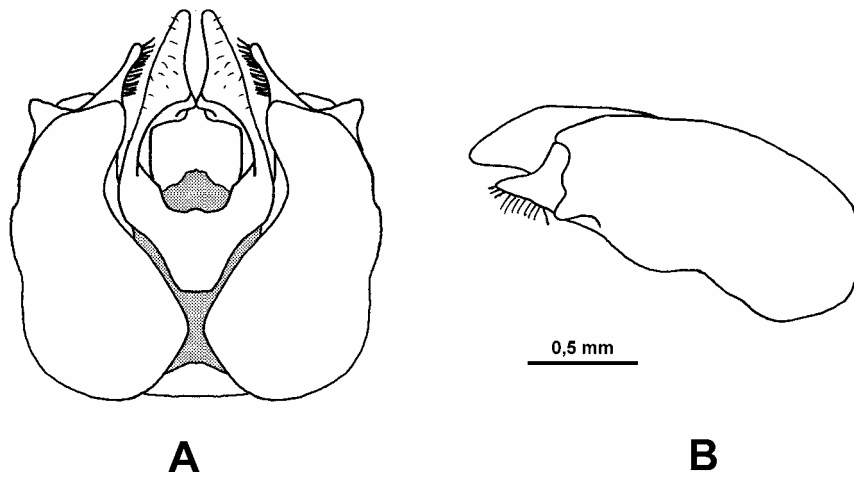


Figure 35. Genitalia mâles d'*Anthophora furcata* (Panzer, 1798); vue dorsale (A) et latérale (B)

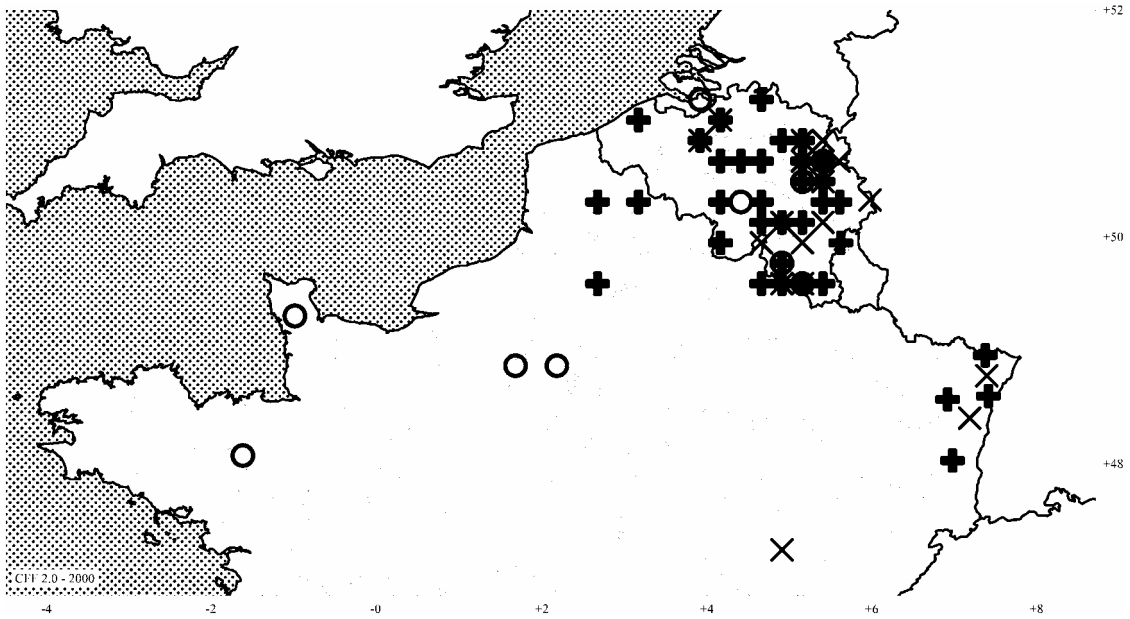


Fig. 36 Carte de répartition d'*Anthophora furcata* (Panzer, 1798) (162 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007  
Principaux auteurs: A. Pauly, J. Leclercq, P. Rasmont

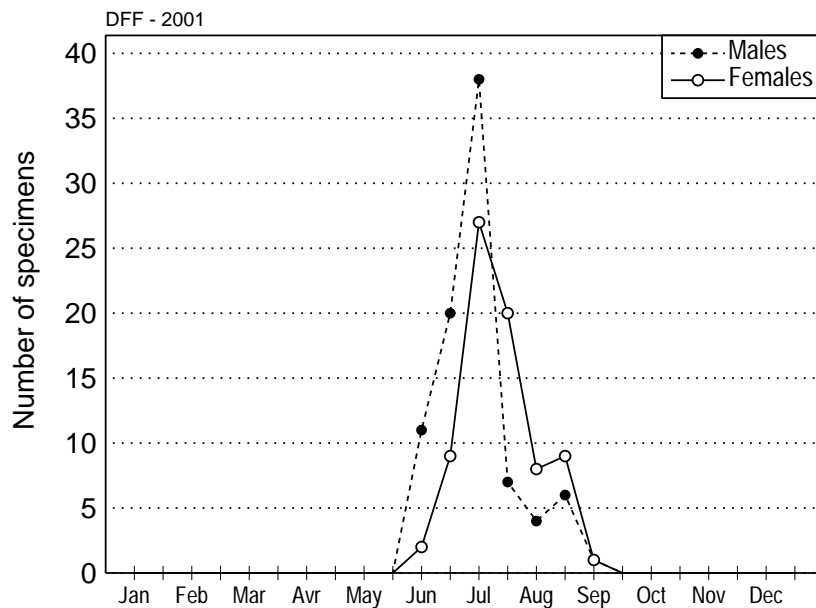


Figure 37. Phenologie d'*Anthophora furcata* (Panzer, 1798) (87 mâles, 76 femelles)

4.1.3.7. *Anthophora (Dasymegilla) quadrimaculata* (Panzer, 1806)

= *vulpina* Panzer, 1798

**Morphologie**

Femelles

Corps de 10 à 11,5 mm de long; 3ème article antennaire aussi long que les trois suivants réunis ( $a_3=a_4+a_5+a_6$ ); cuticule de la face entièrement noire; tergites 1 à 4 sans duvet blanc; dernier tergite à pilosité noire et blanche; clypéus avec un pelage gris, clairsemé et couché

Mâles

Corps de 10 à 12 mm de long; tache faciales claires développées; fémurs postérieurs élargis; tibia postérieur avec des éperons apicaux allongés et blancs translucide; gonocoxite avec le lobe latéral développé; tarse médian sans brosse

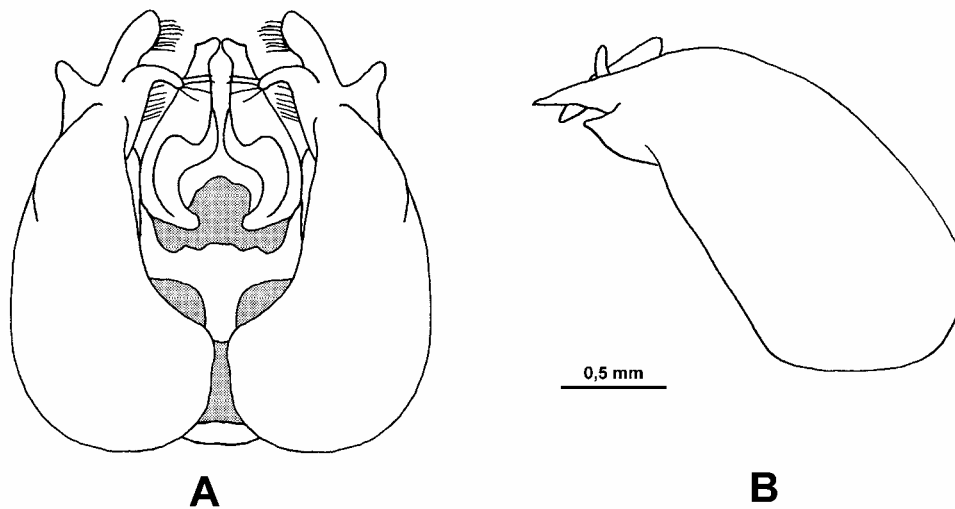


Figure 38. Genitalia mâles d' *Anthophora quadrimaculata* (Panzer, 1806); vue dorsale (A) et latérale (B)

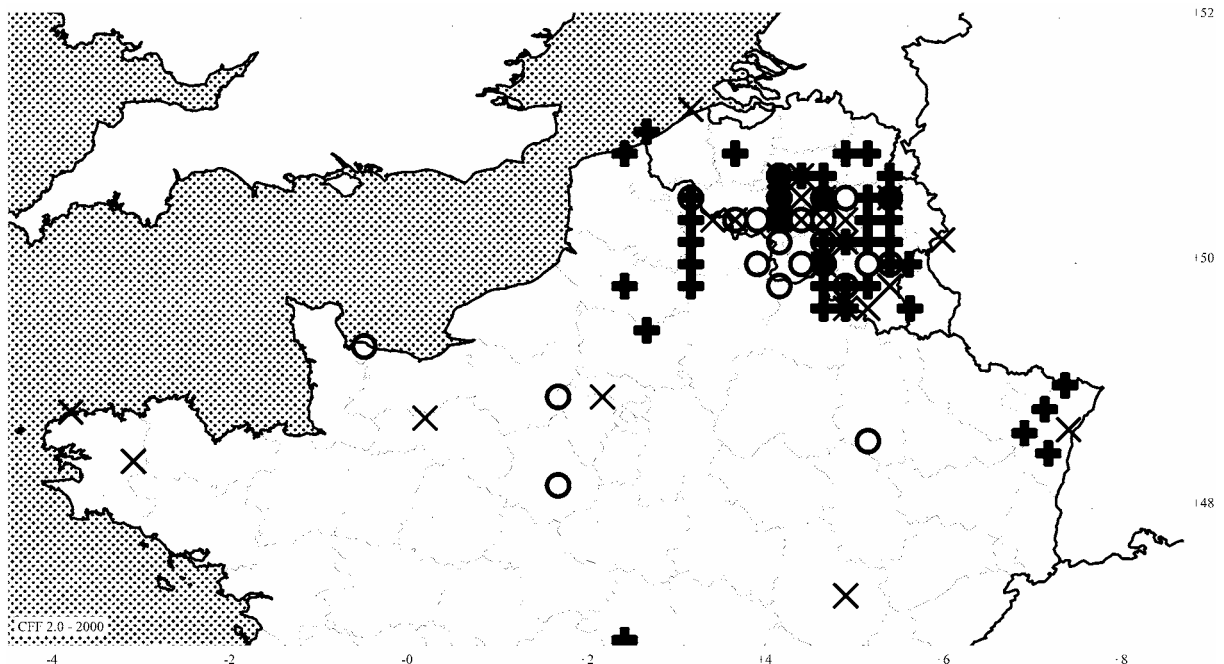


Figure 39. Carte de répartition d' *Anthophora quadrimaculata* (Panzer 1806) (377 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Principaux auteurs: A. Pauly, J. Leclercq, P. Rasmont, A. Chorein

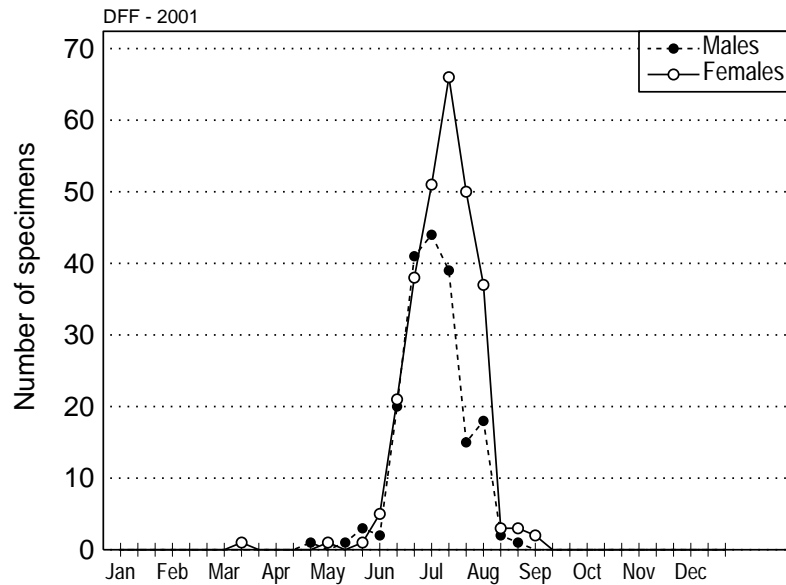


Figure 40. Phénologie d'*Anthophora quadrimaculata* (Panzer 1806)(187 mâles, 279 femelles)

#### 4.1.3.8. *Anthophora (Heliophila) bimaculata* (Panzer, 1798)

### Morphologie

#### Femelles

Corps de 8 à 10 mm de long; tache claire sur le clypéus; 3ème article antennaire plus long que les 2 suivants réunis ( $a_3 = a_4 + a_5$ )

#### Mâles

Corps de 9 à 11 mm de long; 3ème article antennaire plus court que les deux suivants réunis ( $a_3 < a_4 + a_5$ ); gonostyle développé; gonocoxite avec le lobe apical développé et le lobe latéral réduit; taches faciales claires très développées; tarse médian sans brosse

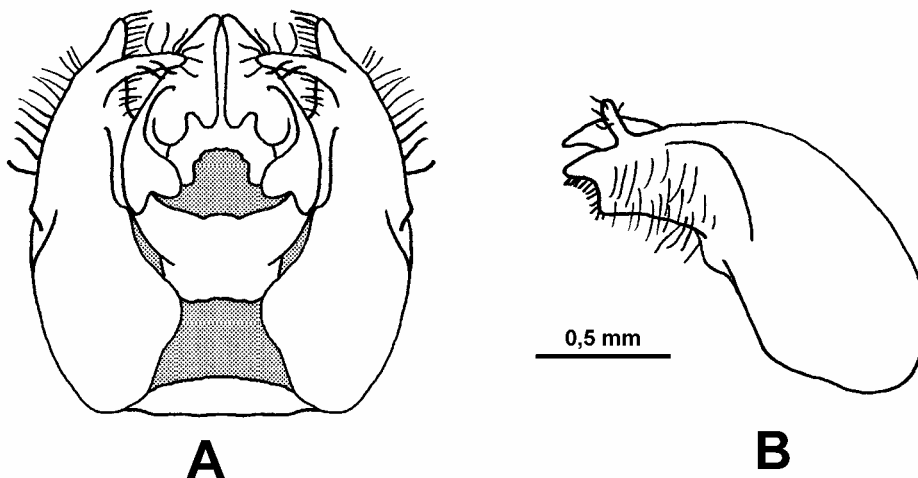


Figure 41. Genitalia mâles d'*Anthophora bimaculata* (Panzer, 1798); vue dorsale (A) et latérale (B)

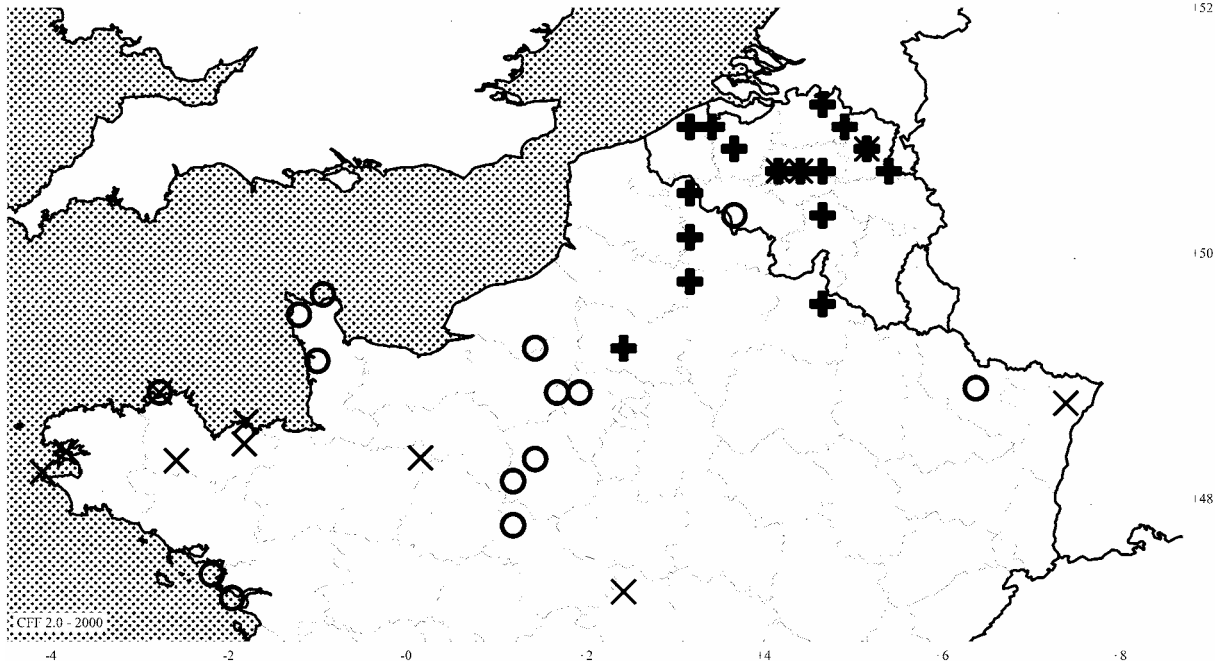


Figure 42. Carte de répartition d'*Anthophora bimaculata* (Panzer, 1798) (147 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007  
Principaux auteurs: P. Rasmont, A. Pauly, R. Barone, Y. Barbier

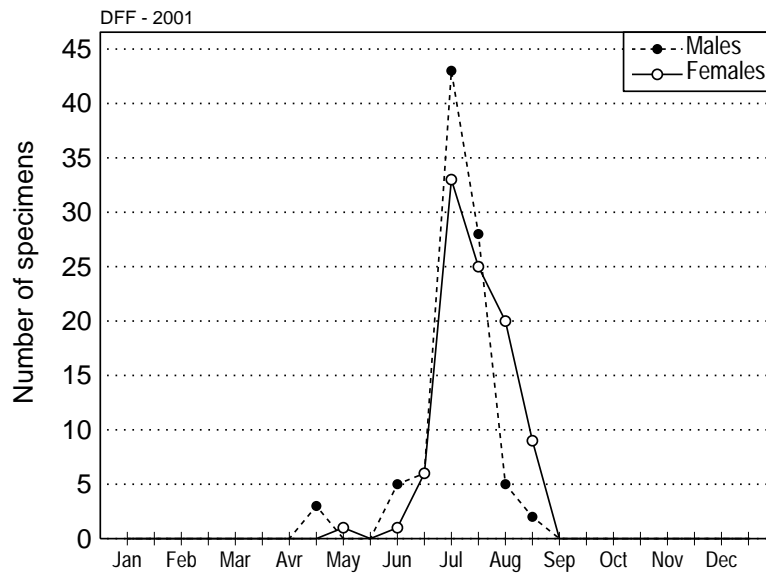


Figure 43. Phénologie d'*Anthophora bimaculata* (Panzer, 1798) (92 mâles, 95 femelles)

4.1.3.9. *Anthophora (Lophanthophora) mucida* Gribodo, 1873

**Morphologie**

**Femelles**

Corps de 16 à 18 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; transition brusque entre le pelage clair des tergites 1, 2 et 3 et le pelage noir des tergites 4, 5 et 6; scopa jaune à orange

**Mâles**

Corps de 15 à 16 mm de long; plateau pygidial présent; valves du pénis épaisses; gonocoxite avec une dépression à la place du lobe latéral; tache paraclypéale réduite à un liseré le long de l'oeil; tarse médian sans brosse

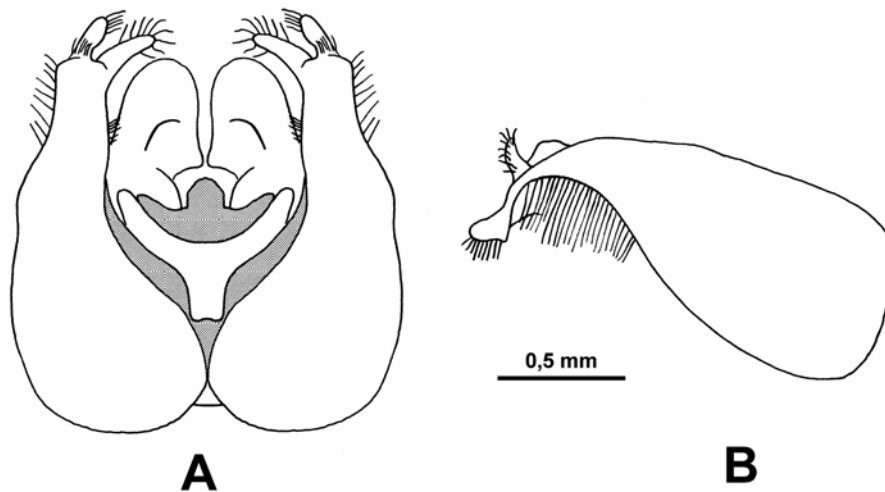


Figure 44. Genitalia mâles d' *Anthophora mucida* Gribodo, 1873; vue dorsale (A) et latérale (B)

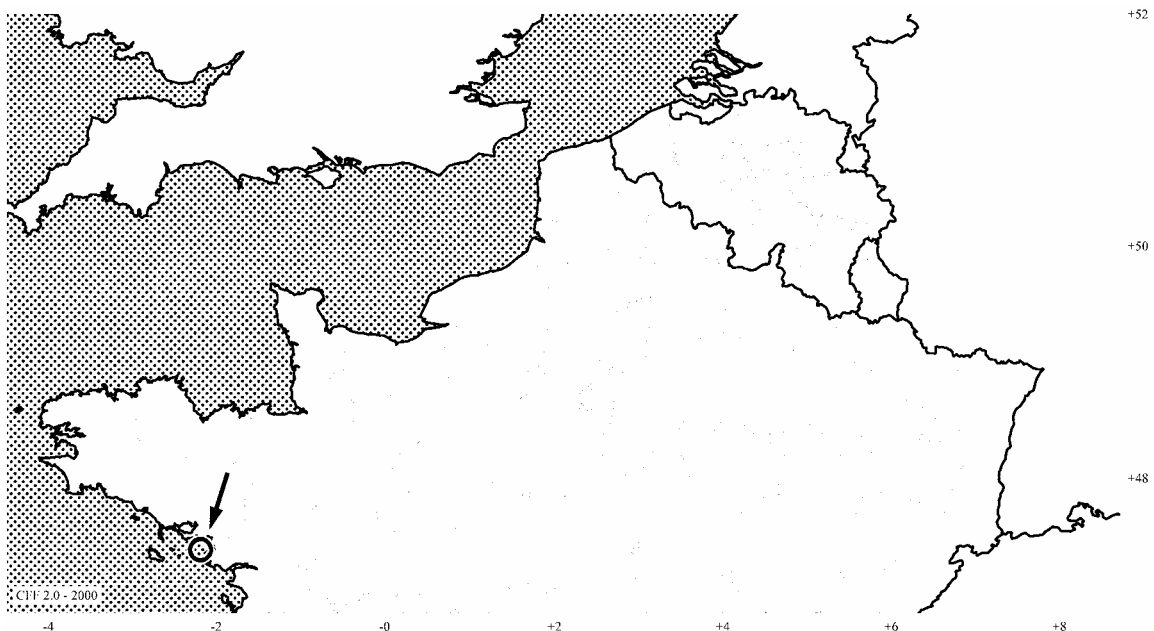


Figure 45. Carte de répartition d' *Anthophora mucida* Gribodo, 1873  
(1 donnée.) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: P. Rasmont

Une seule donnée dans la zone étudiée:

France, Loire-Atlantique (44), La Turballe, Belmont, UTM WGS84 30 0536560-5245420  
28-IV-2000 (rec., det. et coll. G. Mahe) (confirmation P. Rasmont) 2 mâles

4.1.3.10. *Anthophora (Melea) plagiata* (Illiger, 1806)

= *parietina* (Fabricius, 1793)

**Morphologie**

Femelles

Corps de 13 à 15 mm de long; 3ème article antennaire plus court que les quatre suivants réunis ( $a_3=a_4+a_5+a_6$ ); cuticule de la face entièrement noire; tergites 3 et 4 avec la cuticule des marges apicales opaque; tergites avec une bande apicale de pilosité sombre

*A. plagiata plagiata* (Illiger, 1806)

Thorax à pelage noir

*A. plagiata fulvocinerea* (Dours, 1869)

Thorax à pelage clair

Mâles

Corps de 13 à 15 mm de long; plateau pygidial absent; valves du pénis fines; gonocoxite avec un lobe latéral; tache paraclypéale réduite à un liseré le long du clypéus; scape antennaire noir; tarse médian sans brosse

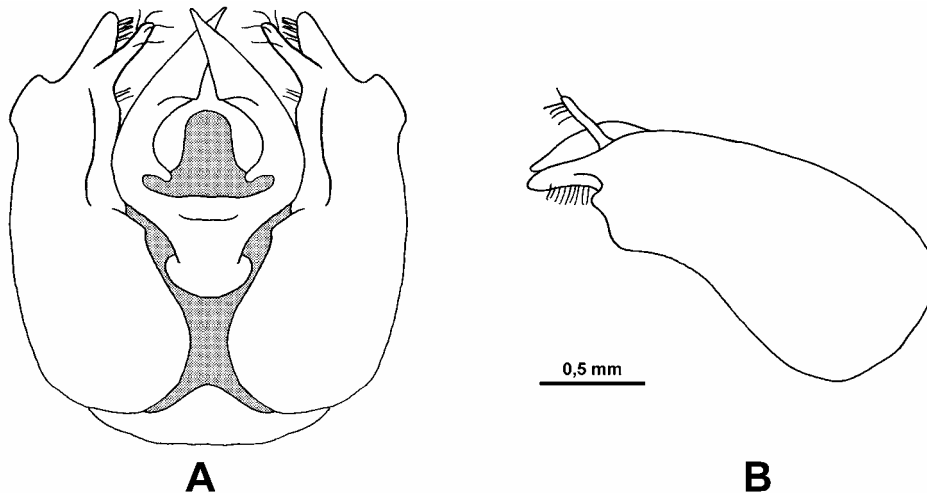


Figure 46. Genitalia mâles d' *Anthophora plagiata* (Illiger, 1806); vue dorsale (A) et latérale (B)

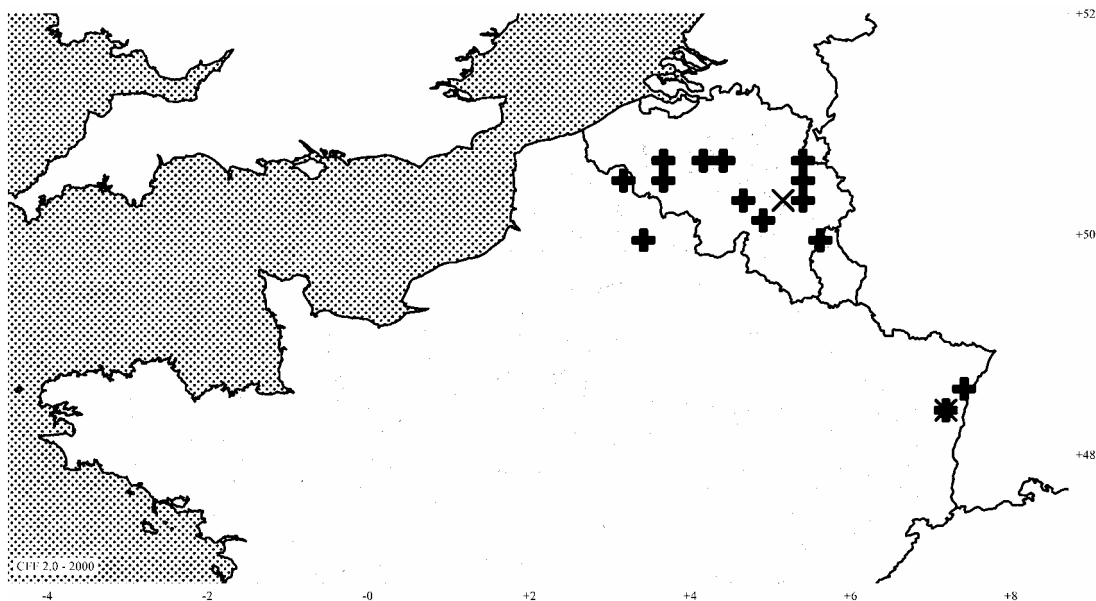


Figure 47. Carte de répartition d' *Anthophora plagiata* (Illiger, 1806)  
(51 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007  
Principaux auteurs: P. Rasmont, A. Pauly

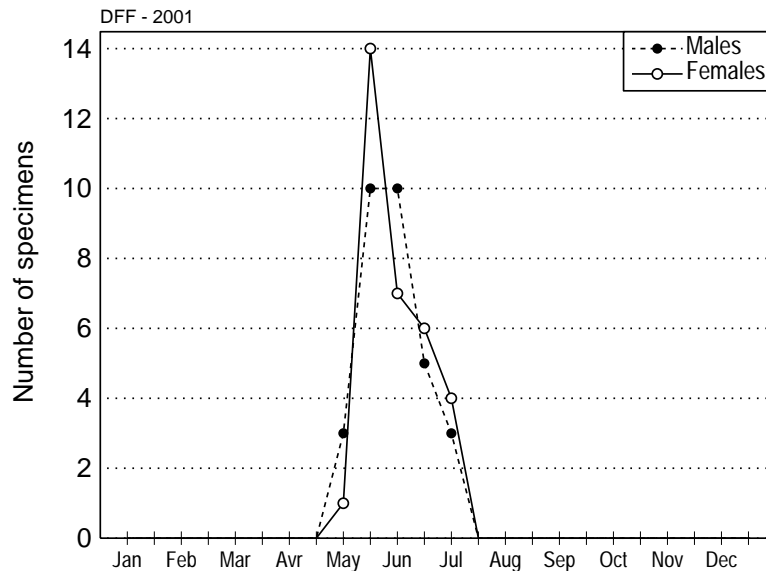


Figure 48. Pénologie d’*Anthophora plagiata* (Illiger, 1806) (31 mâles, 32 femelles)

4.1.3.11. *Anthophora (Mystacanthophora) borealis* Morawitz, 1864

Femelles

Corps de 10 à 12 mm de long; 3ème article antennaire plus court que les trois suivants réunis ( $a_3 < a_4 + a_5 + a_6$ ); cuticule de la face entièrement noire; carène clypéale absente; dernier tergite a pilosité brune

Mâles

Corps de 10 à 11 mm de long; plateau pygidial absent; patte médiane avec une brosse sur le l'article apical mais pas sur le basitarse

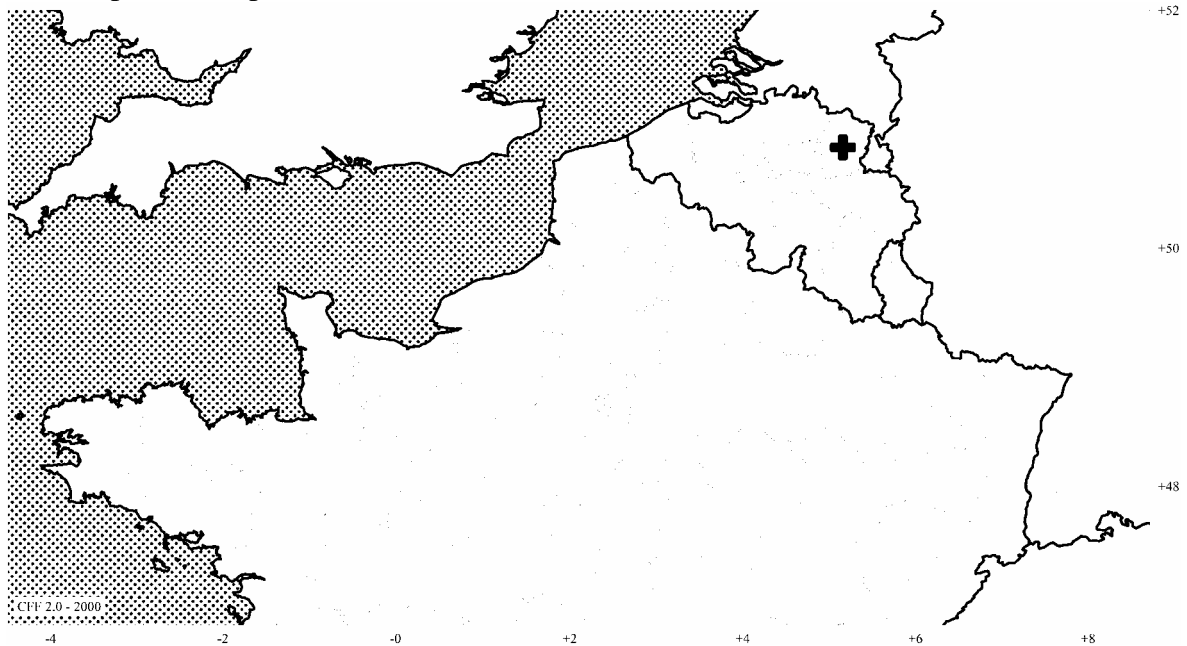


Fig. 49. Carte de répartition d’*Anthophora borealis* Morawitz, 1864 (5 spec.) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: A. Pauly

Une seule donnée dans la zone étudiée:

Belgique, Limburg, Genk, 10-VII-1897, det. A. Pauly, coll. IRSNB, 5 femelles



4.1.3.12. *Anthophora (Paramegilla) femorata* (Olivier, 1789)

Femelles

Corps de 16 à 18 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; tergites 2, 3 et 4 avec une bande de pilosité blanche apicale, tergites 3 et 4 avec la cuticule de la marge apicale opaque, pelage ras, scopa blanchâtres

Mâles

Corps de 15 à 17 mm de long; plateau pygidial absent; tarse médian sans brosse, fémur postérieurs très élargis, lobe latéral du gonocoxite absent, gonostyle large, barge basale du clypéus noire

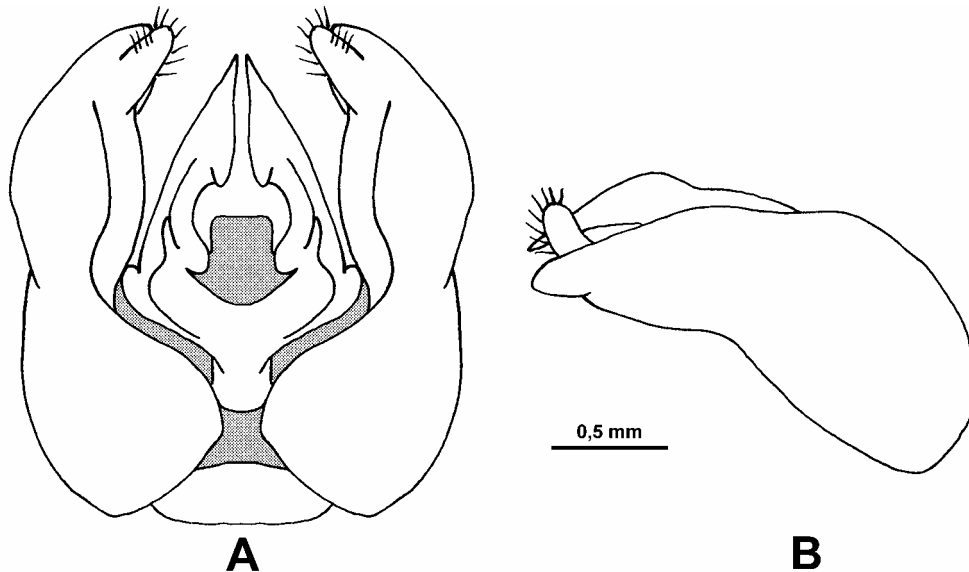


Figure 50. Genitalia mâles d' *Anthophora femorata* (Olivier, 1789); vue dorsale (A) et latérale (B)

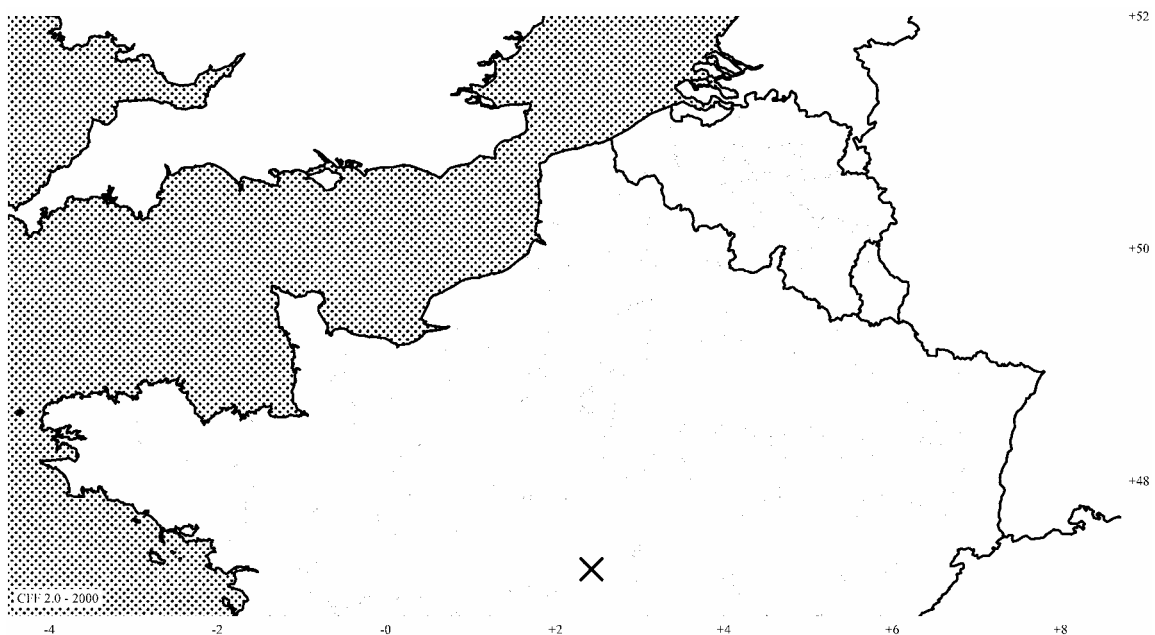


Figure 51. Carte de répartition d' *Anthophora femorata* (Olivier, 1789) (1 donnée.) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: P. Rasmont

Une seule donnée dans la zone étudiée:

France, Cher (18), Presly, 24-VI-1978, 1 mâle, det. P. Rasmont, coll. FSAGX

4.1.3.13. *Anthophora (Petalosternon) crassipes* Lepeletier, 1841

**Morphologie**

Femelles

Corps de 11 à 12 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; clypéus avec un pelage doré; tergites 1 à 4 avec un duvet blanc entre les soies plus longues

Mâles

Corps de 11 à 13 mm de long; fémurs postérieurs élargis; tibia postérieur avec des épérons apicaux larges, aplatis et arrondis; gonocoxite avec le lobe latéral réduit; tache clypéale étroite ; tarse médian sans brosse

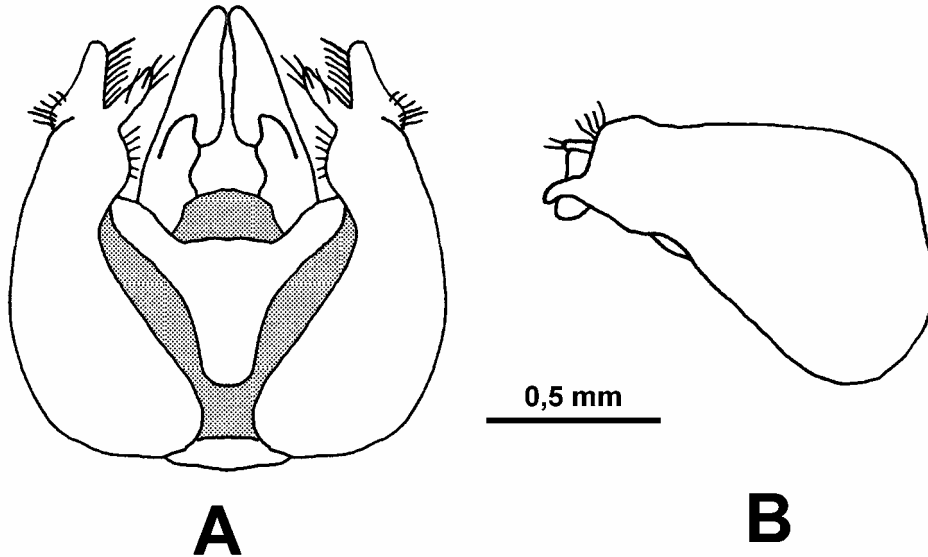


Figure 52. Genitalia mâles d' *Anthophora crassipes* Lepeletier, 1841; vue dorsale (A) et latérale (B)

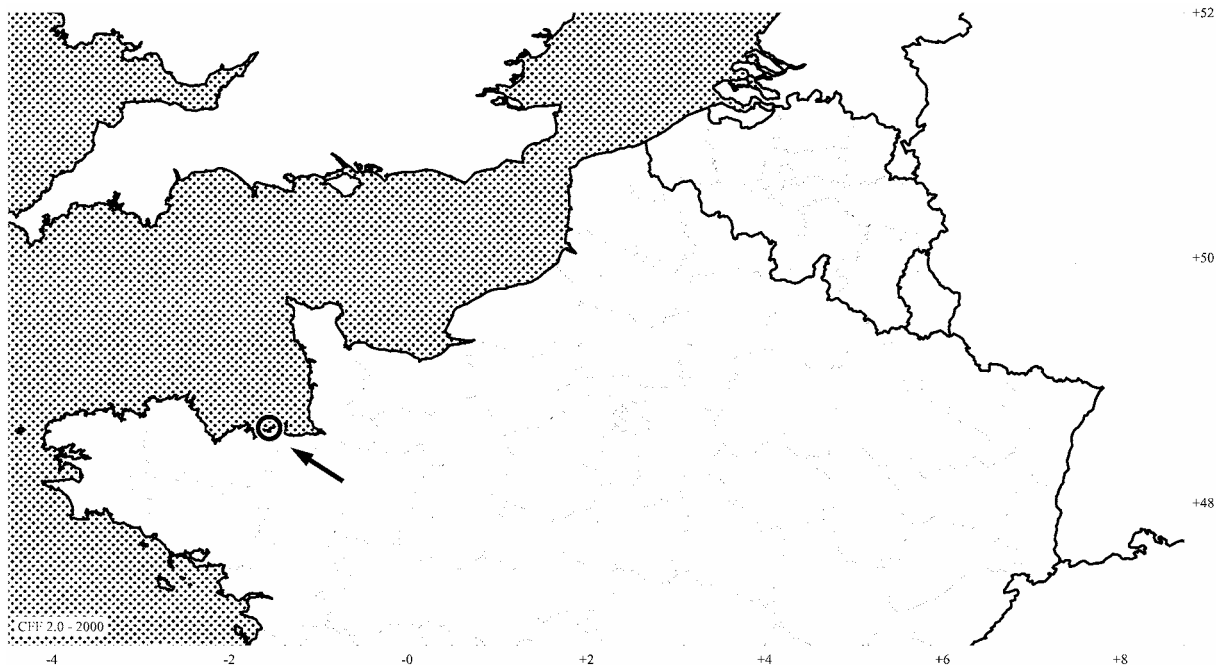


Figure 53. Carte de répartition d' *Anthophora crassipes* Lepeletier, 1841 (1 donnée) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Auteur: P. Rasmont

Une seule donnée dans la zone étudiée:

France, Ille-et-Vilaine (35), Dinard, 04-VII-1987, det. P. Rasmont, coll. FSAGX,

1 mâle

4.1.3.14. *Anthophora (Pyganthophora) aestivalis* (Panzer, 1801)

**Morphologie**

Femelles

Corps de 13 à 15 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; tergites 2, 3 et 4 avec des bandes apicales de pilosité blanches et discontinues; scopa blanchâtre

Mâles

Corps de 12,5 à 15 mm de long; plateau pygidial présent; gonocoxite avec le lobe latéral développé; tarse médian avec une brosse sur les articles basal et apical

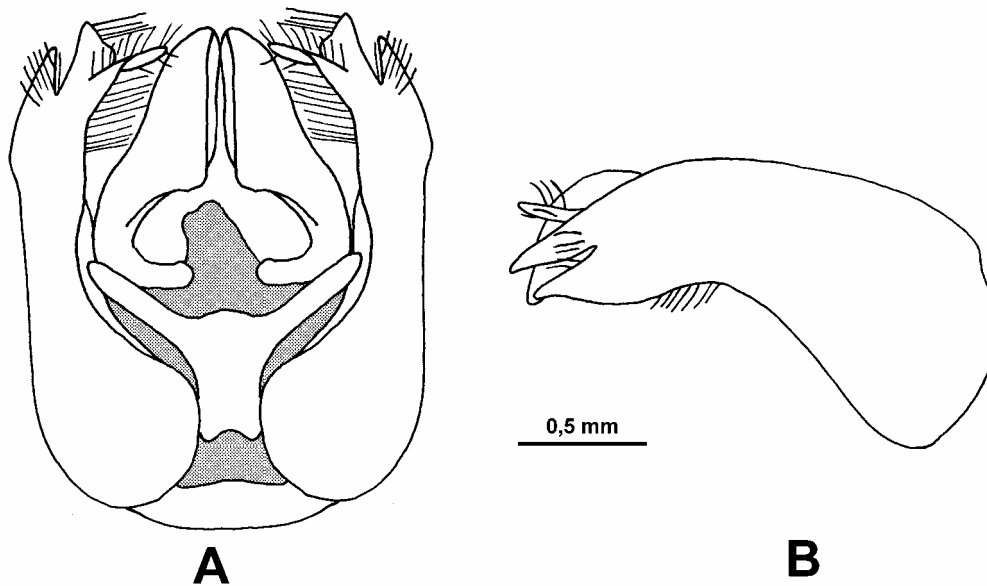


Figure 54. Genitalia mâles d' *Anthophora aestivalis* (Panzer, 1801); vue dorsale (A) et latérale (B)

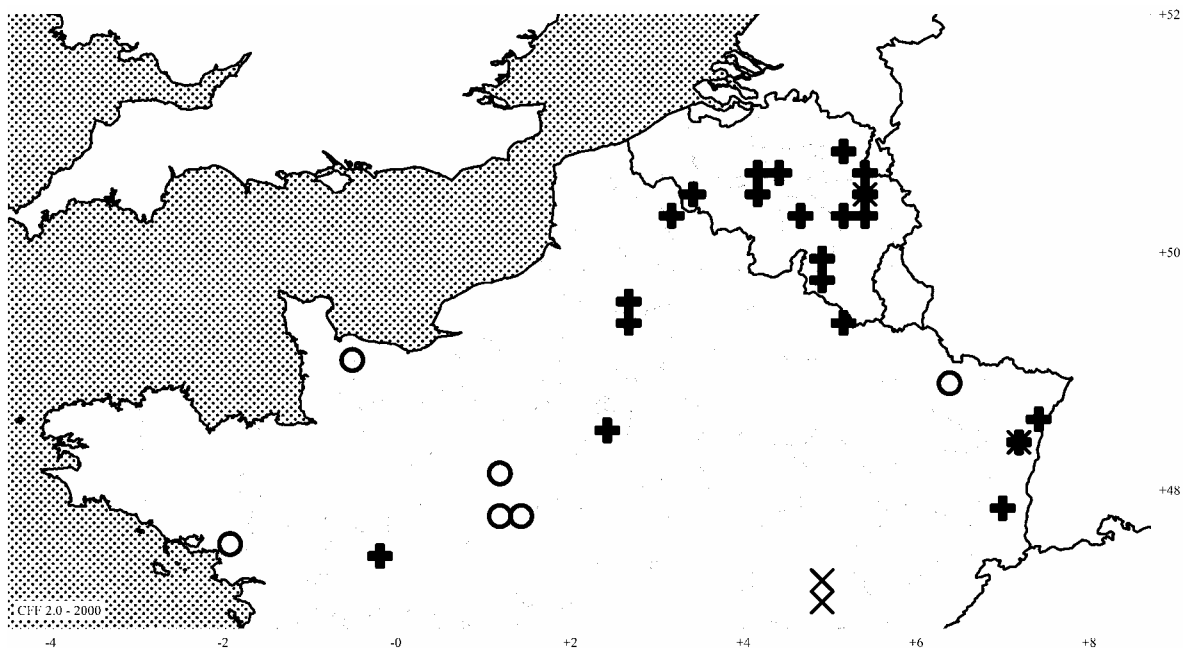


Figure 55. Carte de répartition d' *Anthophora aestivalis* (Panzer, 1801) (97 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007

Principaux auteurs: A. Pauly, P. Rasmont, J. Leclercq

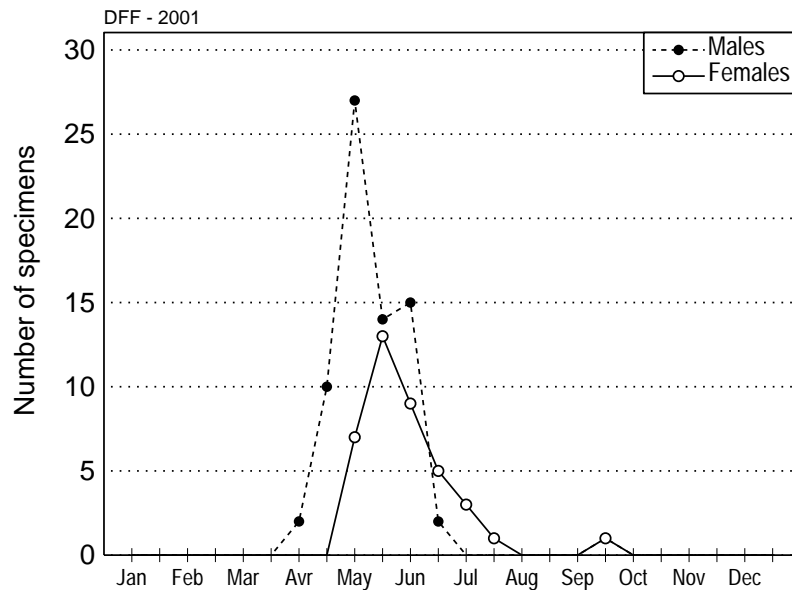


Figure 56. Phénologie d'*Anthophora aestivalis* (Panzer, 1801) (71 mâles, 39 femelles)

#### 4.1.3.15. *Anthophora* (*Pyganthophora*) *retusa* (L., 1758)

### Morphologie

#### Femelles

Corps de 13 à 15 mm de long; cuticule de la face entièrement noire; tergites 3 et 4 avec les cuticules des marges apicales opaques; carène clypéale peu marquée; scopa orange

#### *A. retusa retusa* (L., 1758)

Pelage entièrement noir

#### *A. retusa meridionalis* Perez, 1879

Tergites 2, 3 et 4 avec des bandes apicales de pilosité blanches et discontinues

#### Mâles

Corps de 13 à 15 mm de long; plateau pygidial présent; lobe latéral du gonocoxite réduit; tarse médian avec une brosse sur l'article basal mais pas sur l'article apical

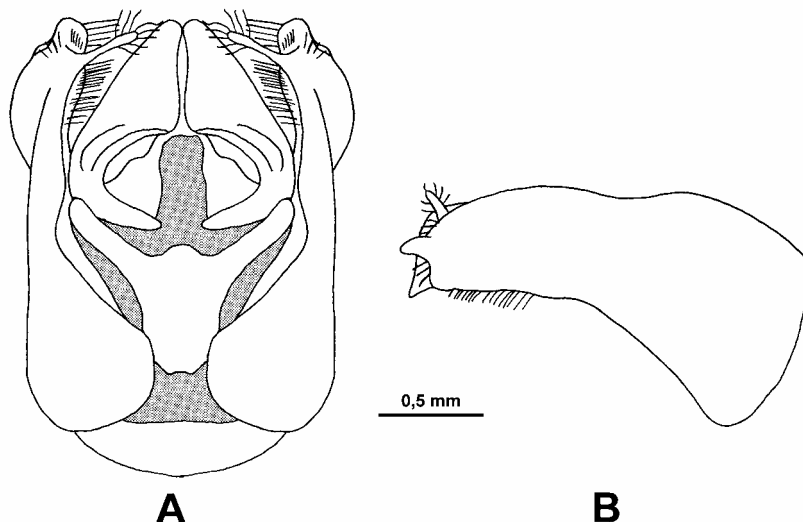


Figure 57. Genitalia mâles d'*Anthophora retusa* (L., 1758); vue dorsale (A) et latérale (B)

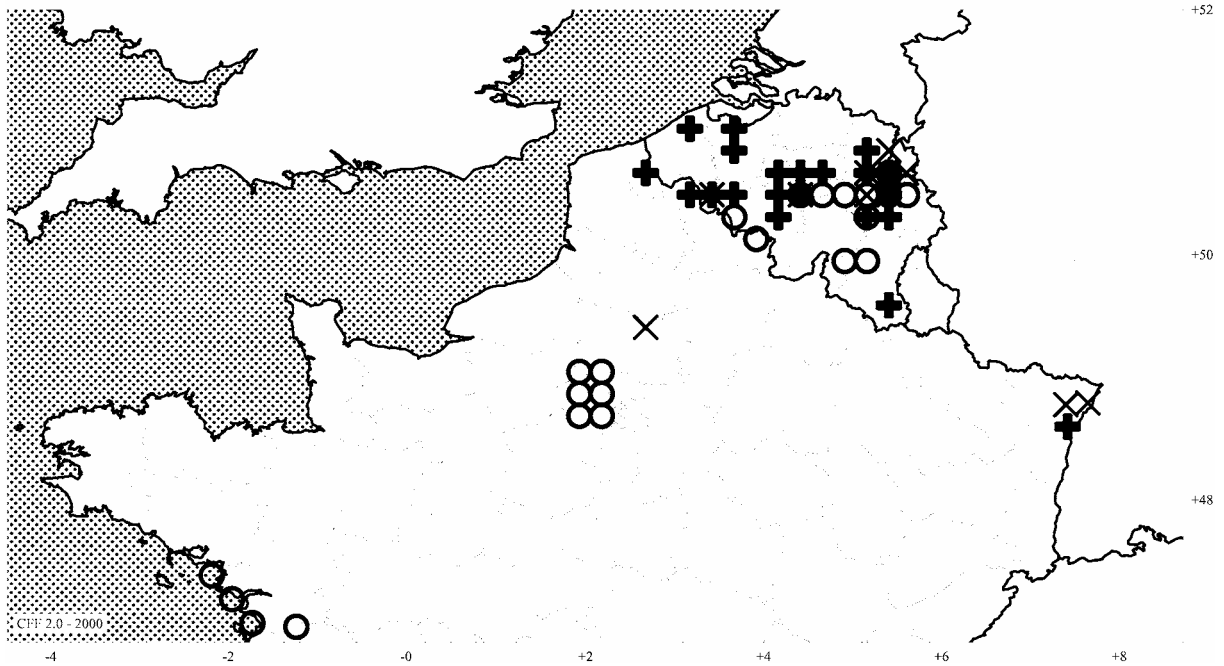


Figure 58. Carte de répartition d'*Anthophora retusa* (L., 1758) (239 données) +, jusque 1950; x de 1951 à 1981; o, de 1982 à 2007  
Principaux auteurs: A. Pauly, J. Leclercq, P. Rasmont, V. Lefeber, A. Chorein

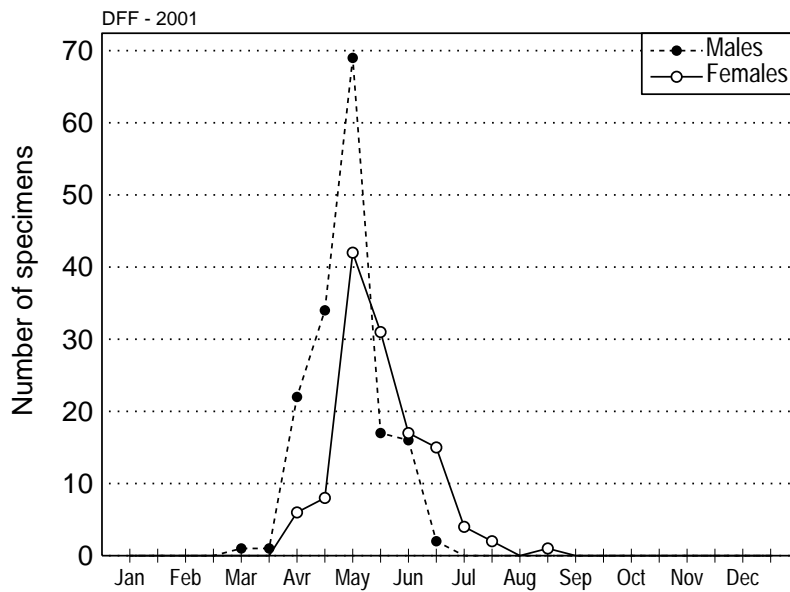


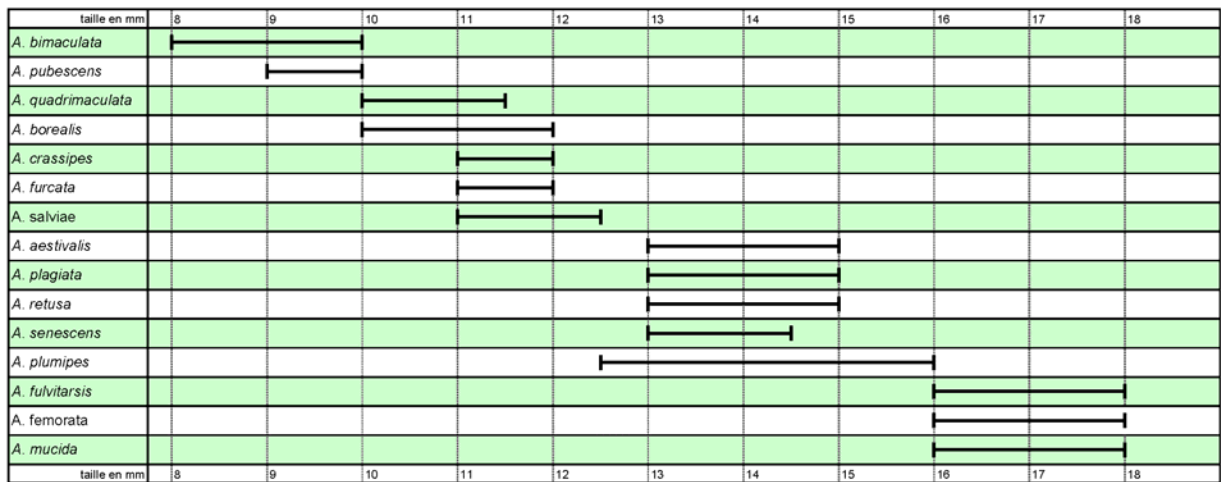
Figure 59. Phénologie d'*Anthophora retusa* (L., 1758) (87 mâles, 76 femelles)

#### 4.1.4. Variabilité de la taille et de la phénologie

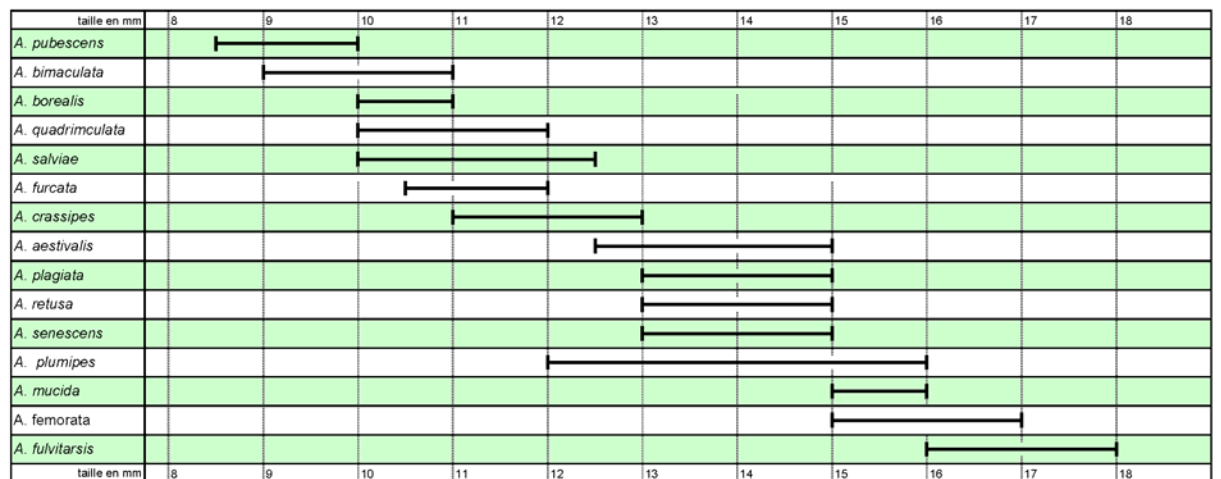
Le tableau 3 présente la gamme de taille des différentes espèces d’anthophores de Belgique et du Nord de la France. On observe qu’il n’y a pas de recouvrement entre les femelles de plus et de moins de 12.5mm (tab. 3a). Les espèces précoces sont plus grandes que les tardives (tab. 3 et 4)

**Tableau 3. Dispersion de la taille chez les Anthophores de Belgique et du nord de la France**

##### a. Femelles



##### b. Mâles





#### 4.1.5. Statut spécifique d'*Anthophora aestivalis* (Panzer, 1801)

##### 4.1.5.1. Caractères distinctifs

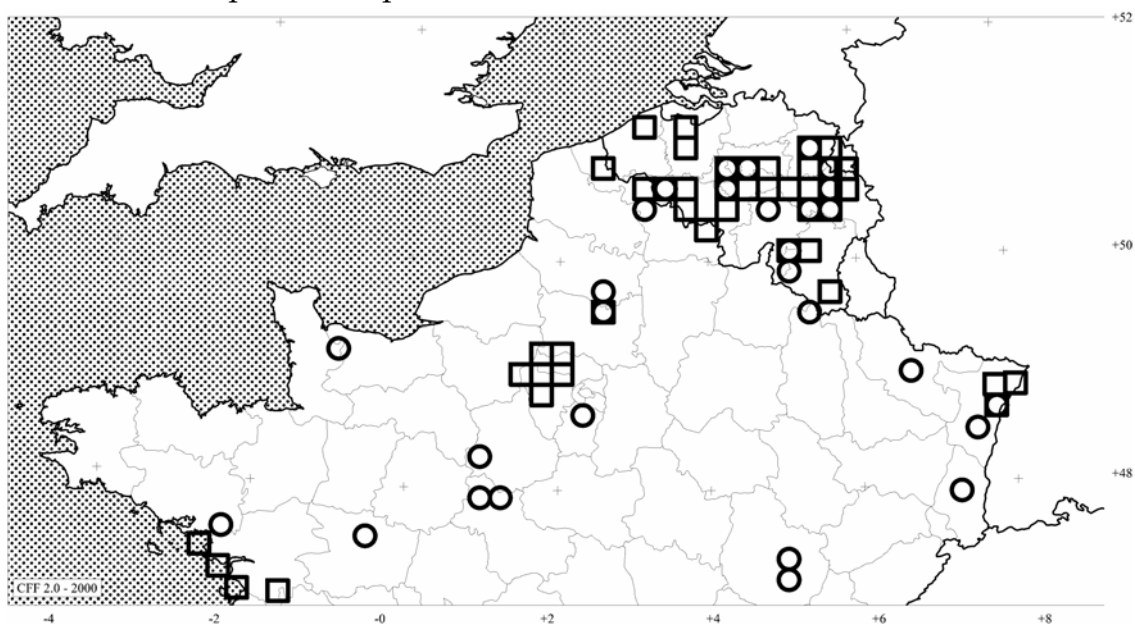
Le tableau 5 présente les principaux caractères permettant de distinguer *Anthophora aestivalis* d'*A. retusa*

**Tableau 5. Comparaison morphologique d'*Anthophora aestivalis* et *A. retusa***

		<i>A. aestivalis</i>	<i>A. retusa</i>
Mâles	Taches faciales	Toujours développé sur la partie basale	Généralement très réduite (ou absente) sur la partie basale
	Pattes médianes	Tarse médian avec des brosses sur les segments basal et apical	Tarse médian avec des brosses sur le segment basal mais pas sur le segment apical
	Genitalia	Lobe latéral du gonocoxite développé	Lobe latéral du gonocoxite réduit
Femelles	Clypéus	Pelage blanc	Pelage noir
	Scopa	Blanche	Orange
	Eperons tibiaux	Généralement sombres	Généralement clairs
	Abdomen	Tergite avec des bande de pelage apical blanchâtre et interrompues en leur milieu	Pelage noir uni

##### 4.1.5.2. Chorologie

La figure 60 montre la superposition des distributions d'*A. aestivalis* et d'*A. retusa*. Ces deux espèces sont présentes dans toute la zone étudiée.



**Figure 60: Carte de répartition de *Anthophora retusa* (□) et *A. aestivalis* (○) (336 spec.)  
Principaux auteurs: A. Pauly, P. Rasmont, J. Leclercq, V. Lefebvre**



#### 4.1.5.3. Morphologie des gonostyles

On différencie les males d'*Anthophora aestivalis* et d'*A. retusa* principalement par la proéminence du lobe latéral du gonostyle (plus développé chez *A. aestivalis* que chez *A. retusa*). La figure 61 montre la variabilité individuelle de ce caractère.

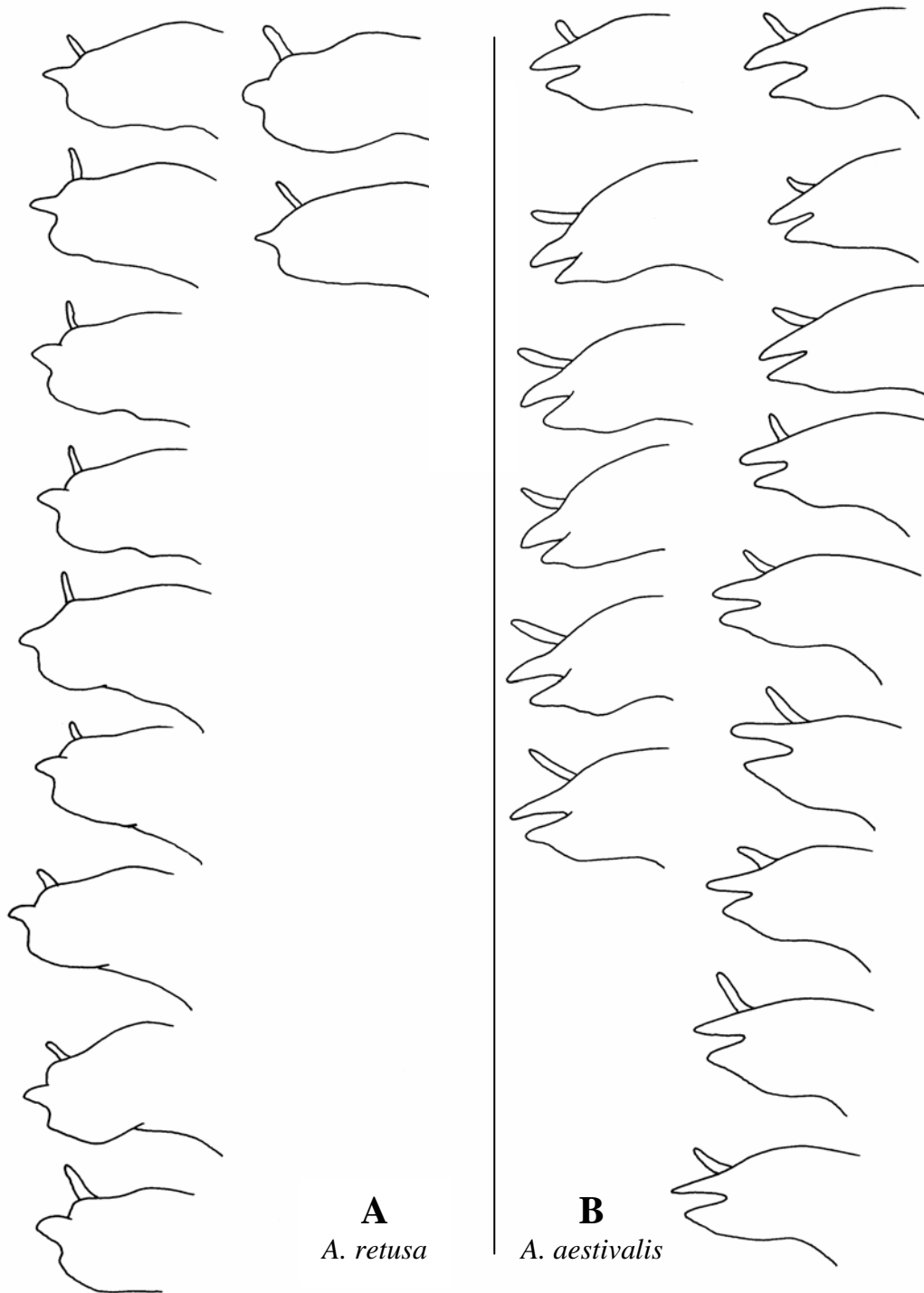


Figure 61. Vue latéral de la moitié apicale des gonocoxites d'*Anthophora retusa* (A) et d'*A. aestivalis* (B)

## 4.2. Dérive faunique des anthophores de Belgique et du Nord de la France

Les tableaux 6 et 7 montrent les fréquences relatives de récolte des différentes espèces d'anthophores dans la zone étudiée.

**Tableau 6. Fréquences relatives de récolte des Anthophores de Belgique et du Nord de la France**

Espèces	< 1951	1951-1981	> 1981
<i>A. plumipes</i>	37,7	78,4	83,3
<i>A. quadrimaculata</i>	19,8	8,1	7,1
<i>A. bimaculata</i>	5,7	2,7	4,1
<i>A. retusa</i>	10,3	6,4	3,5
<i>A. furcata</i>	9,2	3,5	1,0
<i>A. aestivalis</i>	7,6	0,4	0,6
<i>A. pubescens</i>	2,7		0,2
<i>A. mucida</i>			0,1
<i>A. crassipes</i>			0,1
<i>A. senescens</i>			0,1
<i>A. borealis</i>	0,4		
<i>A. femorata</i>		0,1	
<i>A. fulvitaris</i>	2,1		
<i>A. plagiata</i>	4,5	0,3	
<i>A. salviae</i>		0,1	
nombre de spécimens	1256	1767	1808

**Tableau 7. Fréquences relatives de récolte des Anthophores de Belgique et du Nord de la France par groupes phénologiques**

Espèces printanières	< 1951	1951-1981	> 1981
<i>A. plumipes</i>	60,6	91,6	95,1
<i>A. retusa</i>	16,5	7,5	4,0
<i>A. aestivalis</i>	12,3	0,5	0,6
<i>A. mucida</i>			0,1
<i>A. senescens</i>			0,1
<i>A. plagiata</i>	7,3	0,4	
<i>A. femorata</i>		0,1	
<i>A. fulvitaris</i>	3,3		
nombre de spécimens	782	1513	1583

Espèces estivales	< 1951	1951-1981	> 1981
<i>A. quadrimaculata</i>	52,5	56,7	57,3
<i>A. bimaculata</i>	15,0	18,5	32,9
<i>A. furcata</i>	24,3	24,4	8,0
<i>A. pubescens</i>	7,2		1,3
<i>A. crassipes</i>			0,4
<i>A. salviae</i>		0,4	
<i>A. borealis</i>	1,1		
nombre de spécimens	474	254	225

Les figures 62 et 63 montre l'évolution des rangs et une estimation de la dérive des espèces. Seul *A. aestivalis* semble être en régression relative avant 1982. *A. bimaculata* semble être en expansion relative sur toute la période étudiée

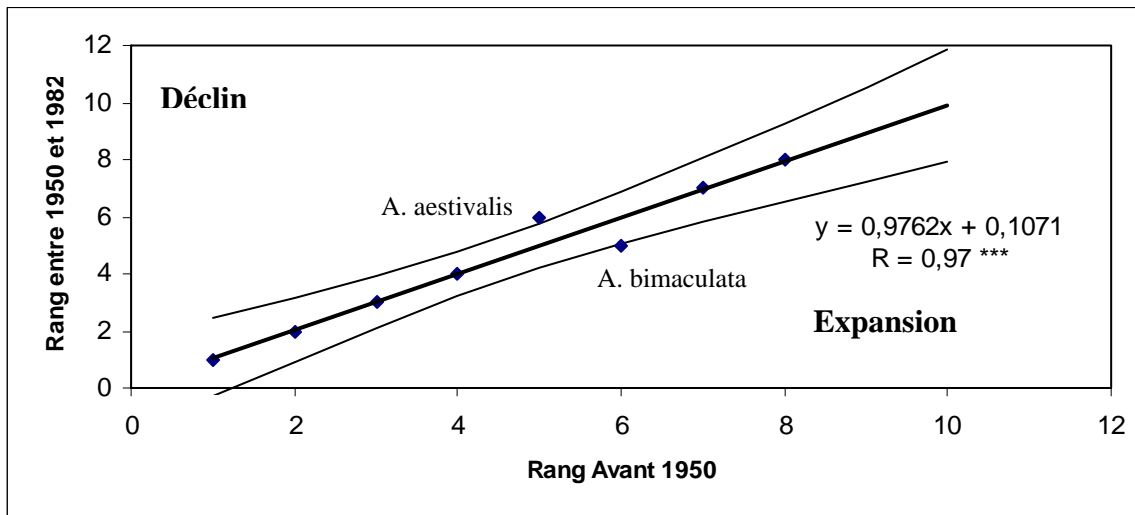


Figure 62. Evolution des rangs d'abondance relative en Belgique et dans le nord de la France

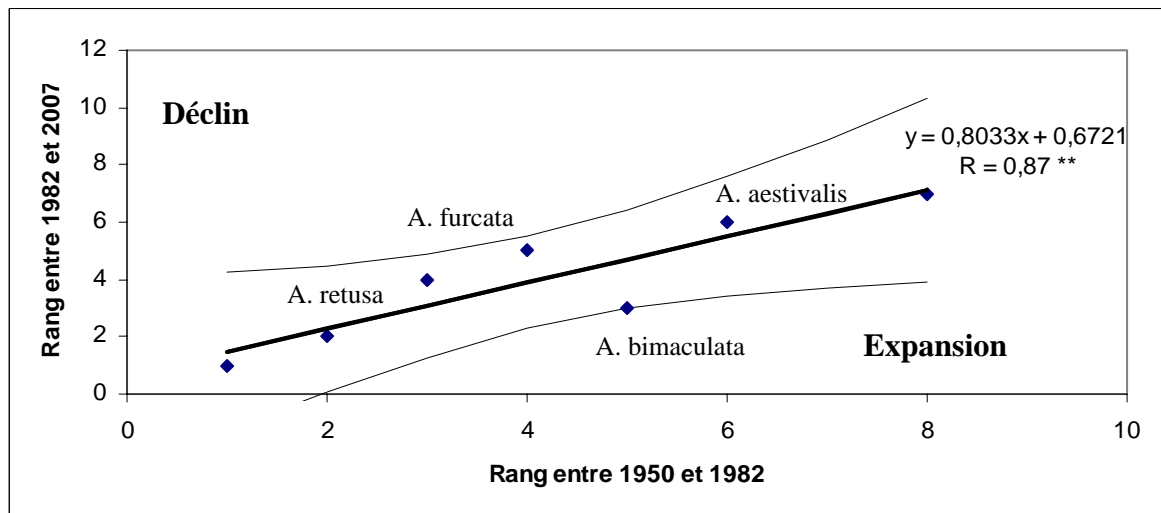


Figure 63. Evolution des rangs d'abondance relative en Belgique et dans le nord de la France

Tableau 8. Estimation de la dérive faunique des anthophores de Belgique et du nord de la France avec a méthode de Stroot & Depiereux (1989)

a. Pivot 1950

espèce	observé			attendu		chi <sup>2</sup>	dérive
	< 1951	1951-1981	total	< 1951	1951-1981		
<i>A. plumipes</i>	474	1386	1860	772,8	1087,2	197,64	*** +
<i>A. quadrimaculata</i>	249	144	393	163,3	229,7	76,98	*** -
<i>A. bimaculata</i>	71	47	118	49,0	69,0	16,85	*** -
<i>A. retusa</i>	129	113	242	100,5	141,5	13,78	*** -
<i>A. furcata</i>	115	62	177	73,5	103,5	39,99	*** -
<i>A. aestivalis</i>	96	7	103	42,8	60,2	113,17	*** -
<i>A. pubescens</i>	34		34	14,1	19,9	47,83	*** -
<i>A. mucida</i>						NC	
<i>A. crassipes</i>						NC	
<i>A. senescens</i>						NC	
<i>A. borealis</i>	5		5	2,1	2,9	7,03	** -
<i>A. femorata</i>		1	1	0,4	0,6	0,71	NS
<i>A. fulvitaris</i>	26		26	10,8	15,2	36,58	*** -
<i>A. plagiata</i>	57	6	63	26,2	36,8	62,10	*** -
<i>A. salviae</i>		1	1	0,4	0,6	0,71	NS
nombre de spécimens	1256	1767	3023	1256	1767		

b. Pivot 1982

1951-1981	observé		attendu		chi <sup>2</sup>	dérive
	> 1981	total	1951-1981	> 1981		
1386	1506	2892	1429,4	1462,6	2,607525	NS
144	129	273	134,9	138,1	1,204297	NS
47	74	121	59,8	61,2	5,422121	* +
113	64	177	87,5	89,5	14,7141	*** -
62	18	80	39,5	40,5	25,22307	*** -
7	10	17	8,4	8,6	0,462897	NS
	3	3	1,5	1,5	2,931969	NS
	2	2	1,0	1,0	1,954646	NS
	1	1	0,5	0,5	0,977323	NS
	1	1	0,5	0,5	0,977323	NS
					NC	
1		1	0,5	0,5	1,023203	NS
					NC	
6		6	3,0	3,0	6,139219	** -
1		1	0,5	0,5	1,023203	NS
1767	1808	3575	1767	1808		

Après 1950 toutes les espèces qui étaient présentes avant 1950 étaient en déclin sauf *Anthophora plumipes* (tab. 8a). Après 1982, on observe une stabilisation de la fréquence de capture des deux espèces les plus communes (*A. plumipes* et *A. quadrimaculata*) (tab. 8b).

Malgré une disparition apparente d'*A. aestivalis* de Belgique (dernier relevé en 1953), l'espèce semble se maintenir en faible effectif ici et là dans le nord de la France. *A. retusa* et *A. furcata*, qui étaient déjà en forte régression depuis le début du siècle continuent à régresser (tab. 8).

Pour la zone étudiée, aucun spécimen n'est présent dans la banque de donnée après 1897 pour *A. borealis* et 1948 pour *A. fulvitaris*.

### 4.3. Sécrétions volatiles d'*Anthophora plumipes*

#### 4.3.1. Molécules détectées

Les molécules détectées au GC/MS pour les mâles et les femelles sont repris dans les tableaux 9 et 10

**Tableau 9. Molécules détectées par le GC/MS et localisation dans les différentes parties du corps des mâles.** Les abondances relatives sont indiquées en pourcentage de surface total des pics. PM, poids moléculaire; TR, temps de rétention (en minutes décimales); Meso, mésosome; Meta, métasome; P1, pattes antérieures; P2, pattes médianes; P3, pattes postérieures

Code	Composés	PM	TR	Mâles						
				Tête	Meso	Meta	P 1	P 2	P 3	Ailes
M17	acide hexadéc-9-énoïque	254	17,16		0,44	2,73				
M18	acide octadéc-9-énoïque	282	18,98	15,42	50,60	43,56		1,23	3,65	
M20a	tricos-9-ène	322	20,09	8,25	2,21	7,36	1,89	2,56	2,31	
M20b	tricosane	324	20,31	0,75	0,47	0,48	0,68	0,79	0,69	
M21a	dodécanal	324	21,43			0,17	0,99	0,94	1,39	
M21b	pentacos-9-ène	350	21,79	0,25	0,07	0,30				
M21c	pentacos-7-ène	350	21,84	0,22	0,05	0,20				
M21d	pentacosane	352	21,99	4,53	2,78	2,89	3,21	7,03	3,35	
M22a	9-méthylpentacosane	366	22,25			0,17				
M22b	5-méthylpentacosane	366	22,38			0,24				
M22c	hexacosane	366	22,78	0,78	0,54	0,44	3,77	1,13	0,86	10,99
M23a	tétracosanal	352	23,05			0,36	0,70	1,32	1,80	
M23b										
M23c										
M23d										
M23e	heptacosane	380	23,55	4,64	4,65	3,22	6,94	9,10	6,73	17,30
M24a	nonacos-9-ène	406	24,83	1,08	0,57	0,54				
M24b	nonacos-7-ène	406	24,89	1,02	0,62	0,45				
M24c										
M24d	nonacosane	408	24,99	1,16	1,29	0,95	6,93	2,57	2,14	9,47
M26a	hentriacontadiène	432	26,1	9,52	5,14	5,93	9,08	10,67	9,23	
M26b	hentriacont-9-ène	434	26,22	19,70	10,95	9,61	23,15	19,39	26,59	46,48
M27a	stérol indéterminé	398	27,25	4,48	1,66	1,90		2,28	2,15	9,79
M27b	tritriacontadiène	460	27,38	19,70	13,62	14,49	25,36	30,82	27,14	
M27c	tritriacont-7-ène	462	27,53	8,50	4,33	4,04	17,31	10,17	11,97	

**Tableau 10. Molécules détectées par le GC/MS et localisation dans les différentes parties du corps des femelles.** Les abondances relatives sont indiquées en pourcentage de surface total des pics. PM, poids moléculaire; TR, temps de rétention (en minutes décimales); Meso, mésosome; Meta, métasome; P1, pattes antérieures; P2, pattes médianes; P3, pattes postérieures

Code	Composés	PM	TR	Femelles						
				Tete	Meso	Meta	P 1	P 2	P 3	Ailes
M17	acide hexadéc-9-énoïque	254	17,16	3,76	0,21					
M18	acide octadec-9-énoïque	282	18,98	68,88	61,80	18,26		4,59	3,27	
M20a	tricos-9-ène	322	20,09	0,27	0,16	0,77				
M20b	tricosane	324	20,31	0,69	0,68	2,34	1,43	2,54	3,76	
M21a	dodécanal	324	21,43						0,24	
M21b	pentacos-9-ène	350	21,79	0,57	0,38	2,85				
M21c	pentacos-7-ène	350	21,84	0,23	0,12	0,97				
M21d	pentacosane	352	21,99	4,05	6,19	12,67	22,09	28,35	37,32	100
M22a	9-méthylpentacosane	366	22,25							
M22b	5-méthylpentacosane	366	22,38							
M22c	hexacosane	366	22,78					1,11	1,03	
M23a	tétracosanal	352	23,05							
M23b				0,24	0,24	0,87				
M23c				0,27	0,37	1,50				
M23d				0,43	0,43	2,07				
M23e	heptacosane	380	23,55	1,12	2,94	3,21	8,61	11,47	11,86	
M24a	nonacos-9-ène	406	24,83	0,84	0,95	3,58			1,23	
M24b	nonacos-7-ène	406	24,89	0,79	0,90	3,31			1,50	
M24c				0,90	0,96	4,14			2,22	
M24d	nonacosane	408	24,99	0,42	1,20	0,92	4,31	4,81	4,02	
M26a	hentriacontadiène	432	26,1	2,51	4,66	7,64		5,90	6,55	
M26b	hentriacont-9-ène	434	26,22	1,51	2,20	4,62		3,80	4,05	
M27a	stérol indéterminé	398	27,25	6,15	6,18	15,96	29,34	16,65	8,63	
M27b	tritriacontadiène	460	27,38	6,36	9,43	14,31	34,21	20,77	14,30	
M27c	tritriacont-7-ène	462	27,53							

La figure 64 présente la distance entre les différents échantillons d'*A. plumipes*. A partir de ce dendrogramme, sept groupes sont identifiés: abdomen des mâles, tête+thorax des mâles, tête+thorax+abdomen des femelles, pattes des mâles, deux groupes de pattes de femelles, ailes. Les molécules indicatrices de ces groupes sont reportées sur la figure 7.

On peut noter que les échantillons se séparent en deux grands groupes: d'un côté, les têtes, thoraxs et abdomens des sexes confondus, de l'autre, les pattes et les ailes des sexes confondus.

Les abdomens des mâles forment un groupe particulièrement homogène.

Les pattes ne sont pas discernables les unes des autres sur base de leurs sécrétions volatiles, que ce soit chez les femelles ou chez les mâles.

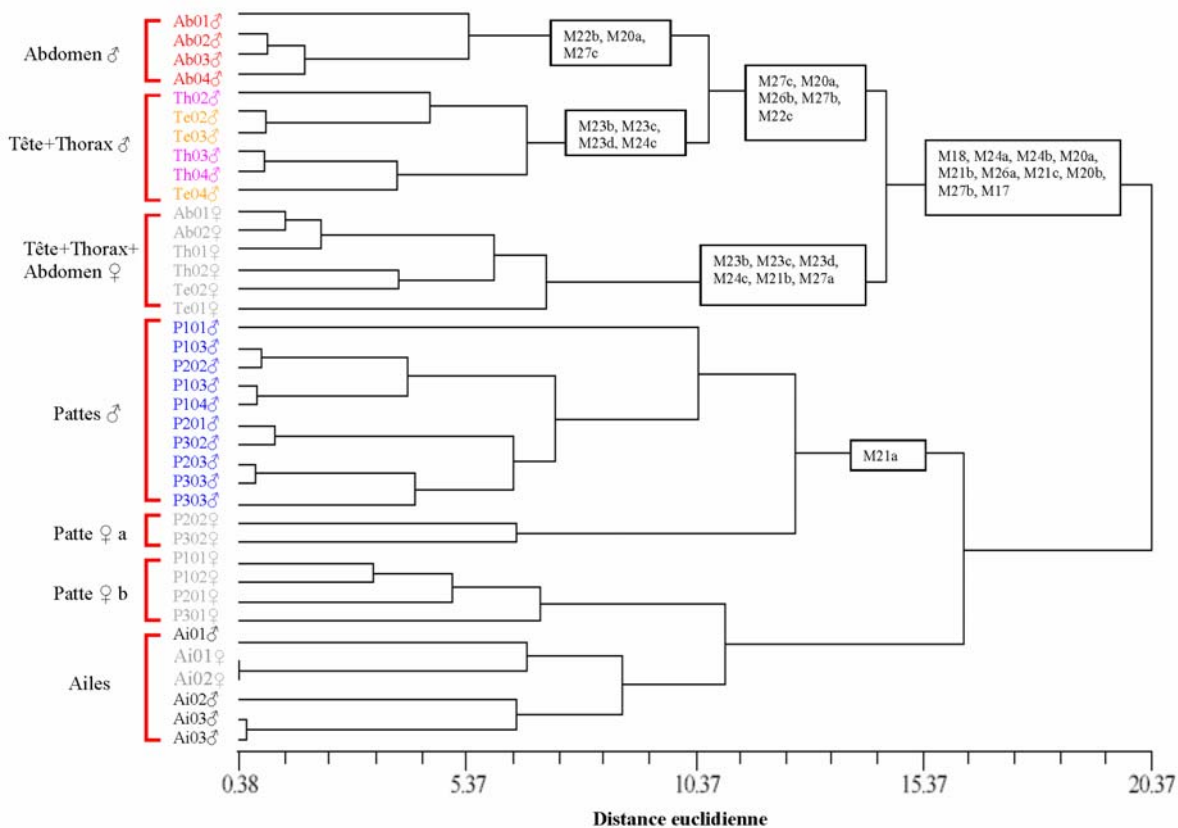


Figure 64. Dendrogramme des échantillons mâles et femelles d'*Anthophora plumipes* (Pallas) d'après leurs sécrétions volatiles. Les composés indicateurs ( $p < 0,001$ ) figurent sur les groupes qu'ils caractérisent.



#### 4.4. Sécrétions d'*A. plumipes* et *A. quadrimaculata*

Le tableau 11 présente les molécules détectées chez *Anthophora quadrimaculata*. Le tableau 12 présente les molécules détectées chez les métasomes de femelles d'*A. plumipes* et d'*A. quadrimaculata*. Les chromatogrammes sont présentés dans les figures 65 et 66.

**Tableau 11: Molécules détectées par le GC/MS chez *Anthophora quadrimaculata* pour les tête et métasomes des deux sexes.** Les abondances relatives sont indiquées en pourcentage de surface total des pics. PM, poids moléculaire; TR, temps de rétention (en minutes décimales)

	TR	males				femelles		
		métasomes		têtes		métasomes		tête
		01	02	01	02	01	02	02
acide dodecanoïque	13,02	-	-	-	-	0,1	-	-
dihydrofarnesal	13,67	0,1	36,1	-	-	-	-	-
acide tetradecanoïque	15,28	1,1	-	-	-	1,1	-	-
terpene	15,32	-	4,7	-	-	-	-	-
acide hexadecanoïque	17,02	0,4	0,6	0,8	-	2,3	0,5	1,2
acide hexadecanoïque	17,47	18,2	3,0	2,7	-	22,4	1,9	3,4
geranylcitronellal	18,47	-	3,0	-	-	-	0,1	-
acide octadecanoïque	19,25	55,5	21,5	29,2	13,1	57,7	17,6	28,4
acide octadecanoïque	19,37	3,7	1,4		-	2,7	0,5	0,8
geranylgeranial	19,73	0,0	1,7	-	-	-	-	-
icosanol1	20,28	0,0	3,3	0,8	-	0,2	0,3	2,2
icosanol2	20,35	0,8	0,2	-	-	0,3	-	-
tricosane	20,50	0,2	0,3	0,5	1,9	0,2	0,7	0,4
tetracosane	21,33	0,1	-	-	-	0,1	0,4	0,1
pentacosene	21,95	0,8	0,4	0,8	2,8	0,1	0,3	0,4
pentacosane	22,15	4,0	5,9	8,9	8,0	3,8	19,2	7,1
hexacosane	22,94	0,3	0,3	0,4	1,0	0,3	1,0	0,6
heptacosene	23,52	0,1	-	-	18,8	-	0,2	0,4
heptacosane	23,70	2,7	3,2	5,6	5,8	2,6	10,9	5,3
octacosene	24,29	-	-	-	2,7	-	-	-
nonacosene	24,99	0,3	0,3	1,0	0,2	0,1	0,7	0,6
nonacosene	25,04	0,3	0,2	1,0	3,3	0,1	1,0	0,6
nonacosane	25,14	0,6	0,6	1,5	20,7	0,5	2,0	1,3
terpene?	25,19	-	0,8	-	6,1	-	-	-
X	25,67	-	0,2	0,9	1,9	-	-	-
hentriacontene	26,25	3,3	2,3	13,1	6,8	2,2	11,2	7,3
hentriacontene	26,37	3,7	4,7	17,8	6,7	0,3	12,7	15,0
hentriacontane	26,5	1,2	2,1	3,5	-	0,7	3,4	3,2
X	26,90	-	-	-	-	-	0,6	0,6
tritriacontene	27,57	2,3	2,2	9,5	-	1,6	12,9	16,4

**Tableau 12. Molécules détectées par le GC/MS chez *Anthophora plumipes* et *A. quadrimaculata* pour les tête et métasomes des deux sexes. Les abondances relatives sont indiquées en pourcentage moyen des surfaces totales des pics. PM, poids moléculaire; TR, temps de rétention (en minutes décimales)**

Code	Composés	PM	TR	Métasomes				Têtes				
				Femelles		Mâles		Femelles		Mâles		
				<i>A. plumipes</i> n=2	<i>A. quadrimaculata</i> n=2	<i>A. plumipes</i> n=4	<i>A. quadrimaculata</i> n=2	<i>A. plumipes</i> n=2	<i>A. quadrimaculata</i> n=2	<i>A. plumipes</i> n=3	<i>A. quadrimaculata</i> n=2	
	acide dodecanoïque	200	13.02									
	dihydrofarnésal	222	13.67		0.04		18,34 *					
	acide tétradécanoïque	228	15.28		0.56		0.53					
	terpene		15.32				2,36					
	acide hexadécénoïque	252	17.18		1.37		0.51		1.23			0.40
M17	acide hexadécanoïque	254	17.16	3,66	12,27	2,64	10,67		3,03			1.37
	geranylcitronellal	290	18.47		0.04		1.51					
M18	acide octadécénoïque	282	18.98	68,98	38,00	44,76	38,74	17,00	26,69	15,87		21,64
	acide octadécanoïque	284	19.37		1.64		2.55		0.83			
	geranylgeranial	288	19.73				0.84					
	icosanol1	296	20.28		0.24		1.66		1.13			0.39
	icosanol2	296	20.35		0.14		0.53					
M20a	tricosène	322	20.09	0.26		7,11		0.77		8,07		
M20b	tricosane	324	20.31	0.70	0.47	0.46	0.26	2.36	0.56	0.70		1.23
	tétracosane	338	21.33		0.22		0.04		0.12			
M21a	dodécanal	324	21.43			0.17						
M21b	pentacosène	350	21.79	0.61	0.23	0.30	0.63	3,14	0.58	0.23		1.84
M21c	pentacosène	350	21.84	0.27		0.18		1.25		0.20		
M21d	pentacosane	352	21.99	3,97	11,68	2.83	5,00	12,22	11,01	4,36		8,66
M22a	9-méthylpentacosane	366	22.25			0.17						
M22b	5-méthylpentacosane	366	22.38			0.24						
M22c	hexacosane	366	22.78		0.65	0.44	0.34		0.77	0.78		0.74
M23a	tétracosanal	352	23.05			0.36						
M23b	X		23.24	0.26				1.03				
M23c	X		23.3	0.28				1.57				
M23d	X		23.35	0.48				2.40				
	heptacosène	378	23.52		0.12		0.07		0.21			9,60
M23e	heptacosane	380	23.55	1.13	6,84	3,16	2,95	3,11	7,05	4,49		5,85
	octacosène	392	24.83									1.37
	nonacosadiène		24.9				0.04					1.58
M24a	nonacosène	406	24.89	0.89	0.45	0.53	0.26	3,87	0.64	1.06		0.62
M24b	nonacosène	406	24.77	0.80	0.57	0.43	0.25	3,45	0.65	0.96		2.23
M24c	X		24.82	1.01				4,72				
M24d	nonacosane	408	24.99	0.43	1.27	0.94	0.62	0.75	1.29	1.15		11,33
	terpene		25.19				0.40					3,09
	X		25.67									
M26a	hentriacontadiène	432	26.1	2.40		5,71		7,44		9,39		
M26b	hentriacontène	434	26.22	1.40	6,83	9,54	2.81	4,43	8,60	19,59		10,21
	hentriacontène	434	26.37		6,61		4,24		14,76			12,55
	hentriacontane	436	26.5		2.06		1.62		3,24			1.81
	X		26.9		0.30				0.61			
M27a	stérol indéterminé	398	27.25	6,60		1.94		16,35		4,54		
M27b	tritriacontadiène	460	27.38	5,87	7,41	14,11	2.29	14,14	16,99	19,90		4,88
M27c	tritriacont-7-ène	462	27.53			3,99				8,71		

les TR sont principalement issus d'un métasome de male d'*A. plumipes*, les autres molécules peuvent présenter un léger décalage  
\* moyenne de 0.13 et 36.5%

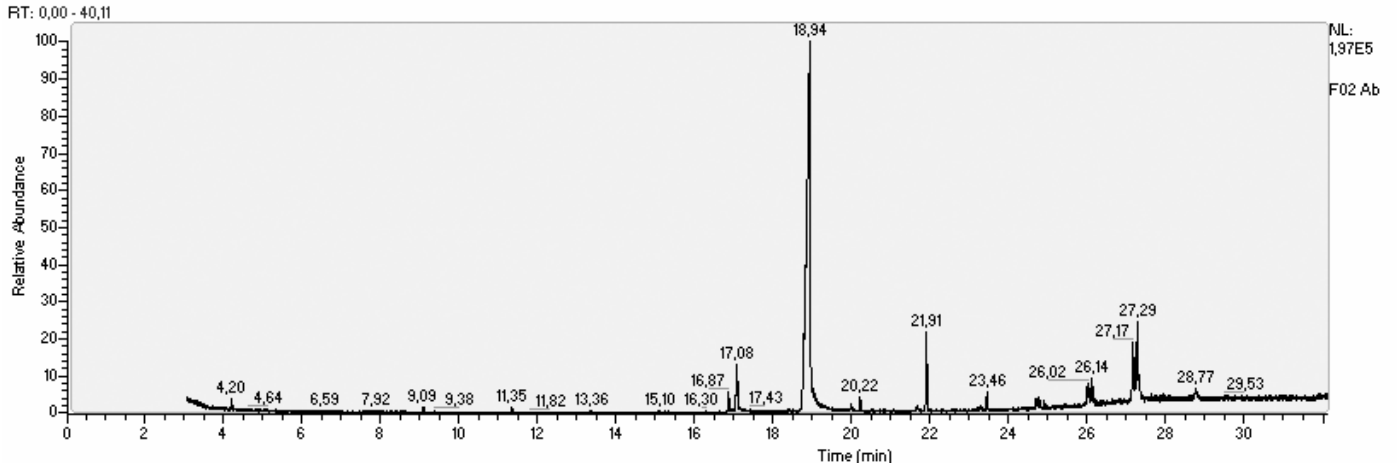


Figure 65 chromatogramme d'un abdomen d'*Anthophora plumipes* femelle

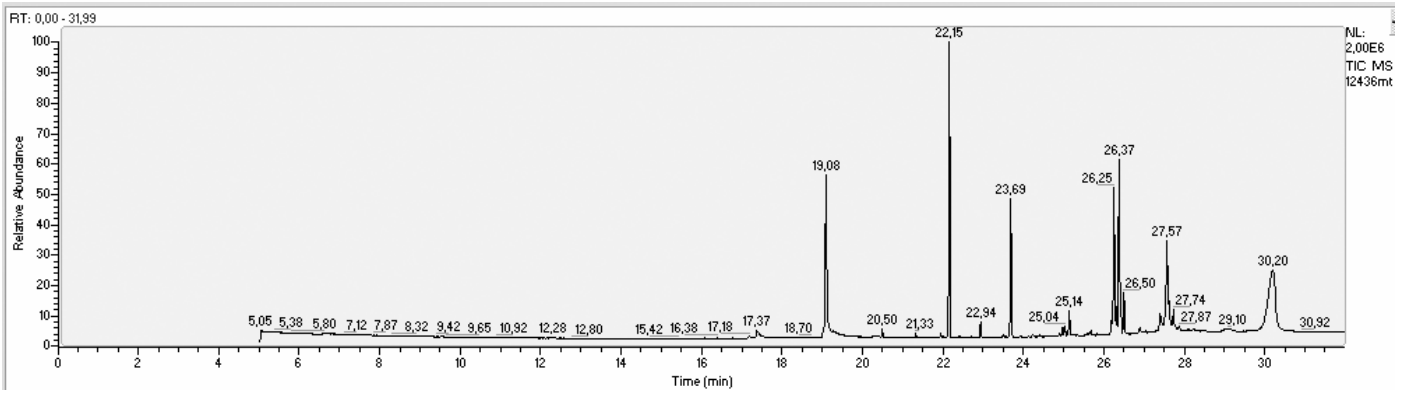


Figure 66 chromatogramme d'un abdomen d'*Anthophora quadrimaculata* femelle

## 5. Discussion

### 5.1. Systématique

#### 5.1.1. *Anthophora aestivalis* et *A. retusa*

Contrairement à ce qu'indique Brooks (1988), tous les auteurs depuis Alfken (1926) considèrent *A. aestivalis* comme une espèce distincte d'*A. retusa*. La comparaison des séries de genitalia (fig. 61) conforte cette position. De plus, la comparaison des chorologies (Fig. 60) montre une très large sympatrie.

Pour ce qui est des critères morphologiques qui permettent de différencier ces deux espèces, seule la forme des taches faciales des mâles semble présenter un léger recouvrement. On peut tout de même noter que la forme sombre d'*A. retusa* ( fig. 18 D) semble être propre à cette espèce.

#### 5.1.2. Faune de France

Les travaux de systématique sur la faune française et belge des anthophores sont rares. Jusqu'à présent la détermination des anthophores du nord de la France ne pouvait se faire qu'à l'aide des clés allemandes de Friese (1897) (sur la faune d'Europe), ou de Scheuchl (1995) (sur la faune d'Europe Centrale).

La clé présentée ici ne comporte que 15 des 31 espèces d'*Anthophora* de Gaule (Rasmont *et al.* 1995). Pour tenter des identifications de spécimens provenant du sud de la France, il faut donc se référer à d'autres travaux tels que Friese (1897) (anthophores d'Europe) ou Rasmont (1995) (révision du sous-genre *Lophanthophora* de France).

## 5.2. Dérive faunique

### 5.2.1. Espèces en limite d'aire de répartition

#### *Anthophora borealis*:

Cette espèce a une distribution eurosibérienne (Friese, 1896, Iuga, 1958). Les stations actuelles les plus à l'Ouest sont en Allemagne de l'Est (Westrich, 1990, Dathe *et al.*, 2001).

Le seul relevé dans la zone étudiée est situé au nord de la Belgique et date de 1897.

La limite de répartition d'*A. borealis* a pu être déplacée jusqu'en Belgique au 19ème siècle à la suite du «petit âge glaciaire ». On peut raisonnablement la rayer de la liste des espèces présentes en Belgique et en France. En effet, les conditions écologiques et climatiques ne sont pas favorables à un retour de cette espèce.

#### **Les espèces méridionales:**

*Anthophora mucida*, *A. femorata*, *A. salviae* et *A. senescens* n'ont qu'un relevé chacune dans la zone étudiée. Ces relevés sont situés très au sud et ces espèces sont beaucoup plus abondantes dans le sud de la France (Friese, 1896; Rasmont *et al.*, 2002).

Même si ces espèces restent très rares au nord de la Loire, il est à noter que leur présence reste ponctuellement possible.

### 5.2.2. Jusque 1982

La base de données utilisée ici pour étudier cette période reprend en grande partie celles utilisées par Rasmont *et al.* (1993). Le tableau 13 montre que les résultats sur la période avant 1982 sont identiques malgré le décalage des périodes et des zones étudiées.

**Tableau. 13. Estimation de la dérive des anthophores de Belgique et du nord de la France.** Méthode de Stroot & Depiereux (1989), comparaison des résultats de Rasmont *et al.* (1993) et du présent travail. +, expansion ; -, régression

	Rasmont <i>et al.</i> 1993	Présente étude
	<1950<1992	<1950<1982
<i>Anthophora aestivalis</i>	- ***	- ***
<i>A. bimaculata</i>	- ***	- ***
<i>A. furcata</i>	- ***	- ***
<i>A. plagiata</i>	- **	- ***
<i>A. plumipes</i>	+ ***	+ ***
<i>A. quadrimaculata</i>	- ***	- ***
<i>A. retusa</i>	- ***	- ***

Comme le reste des Apoides de Belgique, les anthophores ont subi une forte régression au cours du 20<sup>ème</sup> siècle (Rasmont *et al.*, 1993; Rasmont & Merch, 1988; Rasmont *et al.* ; 2004).

*A. furcata* présente la régression la plus spectaculaire (tab. 6, 7 et 8). Cette espèce est la plus spécialisée des anthophores de Belgique (sur Labiateae et Scrophulariaceae (Müller, 1996). Sa difficulté à changer de ressources alimentaire peut expliquer son déclin plus important que chez les autres espèces. On peut noter que c'est également la seule anthophore à nicher dans le bois (Pérez, 1889; Friese, 1897; Westrich, 1990)

*A. plumipes* qui est la plus généraliste est la seule à être en forte expansion relative.

L'expansion montré de *bimaculata* pour la période 1951-1981 peut être interprétée comme une régression plus faible que celle des autres espèces.

### 5.2.3. Situation actuelle

Depuis les années '80 le déclin général semble être moins important. Cependant, la situation d'*A. retusa*, et d'*A. furcata* est particulièrement préoccupante. Leur déclin est important et ne semble pas freiner au point que *A. furcata* a presque disparu de Belgique.

L'expansion d'*A. bimaculata* durant la fin de 20ème siècle et le début du 21ème semble être valable pour le nord de la France mais cette espèce reste très rare en Belgique (fig. 42). La mode récente des parterres de lavande pourrait avoir été favorable à l'espèce.

Les populations d'*A. pubescens* observées à Bischenberg de 1927 à 1937 (rec. M. Klein, det. P. Rasmont) et à Rennes en 2007 (rec. et det. A. Chorein) laissent penser que cette espèce reste présente dans le nord de la France malgré qu'elle n'ait plus été observée durant longtemps.

### 5.2.4. Liens déclin /phénologie et taille

Chez les anthophores, les espèces printanières sont de grande taille alors que les estivales sont plus petites (tab. 3 et 4) on ne peut donc pas dissocier ces deux facteurs.

Les espèces estivales sont généralement plus menacées que les espèces printanières (Goulson *et al.*, 2005). Ce lien ne semble pas exister chez les anthophores. En effet, les espèces en forte régression sont aussi bien des espèces estivales (*A. furcata* et *A. bimaculata*) que printanières (*A. aestivalis* et *A. retusa*).

### 5.2.5. Statut de protection

En France, aucun Hyménoptère n'est protégé (Rasmont 1996 ; *Journal officiel*, Arrêté du 23 IV 2007). Comme ce travail se concentre sur la faune au nord de la Loire, il n'est pas possible de tirer de conclusion pour l'ensemble du territoire national.

*A. retusa*, *A. aestivalis* et *A. bimaculata* sont présentes sur la liste des espèces protégées en Wallonie (*Moniteur Belge*, Décret du 06 XII 2001). Ces trois espèces restent rares en Belgique et le déclin d'*A. retusa* est particulièrement important.

*A. plagiata*, qui est protégé en Wallonie (*Moniteur Belge*, Décret du 06 XII 2001), semble avoir disparu de Belgique et du nord de la France.

*A. furcata* n'est pas protégé en Wallonie (*Moniteur Belge*, Décret du 06 XII 2001), cependant les résultats présentés ici montrent que son statut est préoccupant et nécessiterait une attention particulière.

## 5.3. Phéromones sexuelles

### 5.3.1. Ecologie chimique d'*A. plumipes*

La pauvreté des pattes médianes des mâles en sécrétions volatiles permet de rejeter l'hypothèse d'une sécrétion ou une dispersion de phéromones par cette partie du corps.

Les concentrations relatives des composés détectés chez les seuls mâles ne sont pas suffisamment importantes pour envisager une attraction chimique à grande distance des femelles. De plus, les molécules identifiées sont peu volatiles. La présence de femelles sur les territoires des mâles s'explique donc probablement par le fait que ces territoires sont riches en ressources florales.

A l'opposé, les territoires de mâles de bourdons, qui attirent chimiquement les femelles, effectuent leur marquage territorial en dehors des zones de ressources florales (Svensson, 1979).

Les femelles ne présentent pas de composés plus volatils que les mâles. Elles ne peuvent donc pas attirer les mâles à grande distance. Dans la nature, on observe que les mâles patrouillent, généralement sur des massifs de fleurs (Stone *et al.* 1995). Ces patrouilles ont lieu également lorsqu'il n'y a aucune femelle sur la zone. Les mâles « attendent » donc les femelles.

Stone (1995) a montré que les accouplements à répétition constituent une perte d'énergie non négligeable pour les femelles. Les rencontres de mâles sur les sites de ressources sont plus fréquentes que ce dont la femelle a besoin pour se reproduire. Il n'est donc pas indispensable pour les femelles d'être attirées par les odeurs des mâles.



### 5.3.2. Comparaison interspécifique

Le fait que les principaux pics soient communs aux deux espèces étudiées semble confirmer les conclusions précédentes sur l'absence d'attraction spécifique à longue distance. Les différences interspécifiques étant limitées aux composés mineurs, la reconnaissance spécifique s'effectue probablement à distance courte ou moyenne.

La moyenne élevée de dihydrofarnesal pour les métasomes mâles d'*A. quadrimaculata* n'est pas interprétable car les 18,3% du tableau de synthèse sont en fait la moyenne de 0,13 et 36,5%. Cette molécule est très volatile et est connue pour entrer dans la composition des phéromones de certains bourdons (Bergström *et al.*, 1981; Terzo *et al.*, 2003) mais elle pourrait aussi provenir du tube digestif en fonction de ce que l'individu a ingurgité avant d'être capturé (ce spécimen présentait également de grandes quantités de triglycérides). Le faible nombre de répétitions ne permet pas de trancher. Il est donc important de vérifier s'il s'agit ou non d'un artefact en augmentant le nombre de répétition.

Les résultats chimiques présentés ici ne sont que des analyses préliminaires. Et ne permettent pas de conclure sur la composition des bouquets phéromonaux des anthophores. Cependant, cette première liste des composés volatils des deux anthophores les plus communes permet de supposer que les composés impliqués dans le SMRS feraient partie des composés mineurs du métasome de femelles. Les mâles reconnaissent les femelles à courte ou moyenne distance lorsque celles-ci viennent butiner près d'eux (Stone *et al.* 1995).

### 5.3.3. Observations personnelles sur le comportement sexuel

Les observations de terrains, effectuées lors de ce travail, laissent penser que le SMRS est composé, dans un premier temps, d'un signal visuel. En effet les mâles d'*Anthophora plumipes* s'approchent de tout insecte (de taille raisonnable) qui butine près de lui. C'est à ce moment qu'intervient probablement une reconnaissance chimique à courte distance.

Au cours des collectes sur le terrain, lorsqu'on garde vivante une femelle d'anthophore (par exemple *A. quadrimaculata*) dans le fillet ou dans un récipient aéré, on observe des mâles qui s'approchent de la captive. P. Rasmont (com. pers.) rapporte la même observation au sujet d'*Amegilla quadrifaciata* (Villers, 1790) (Anthophorini). Il est donc probable qu'il existe également une phéromone des femelles attractive à moyenne distance et qui favorise les rencontres.

## 6. Perspectives

### 6.1. Préservation

Les Apoïdes sont des pollinisateurs majeurs, ils sont donc d'une importance écologique et agronomique cruciale (McGregor, 1976). Il est donc important de continuer à surveiller l'évolution des populations d'anthophores et d'apoïdes en général car leur déclin pourrait avoir un impact catastrophique sur l'écologie mais aussi sur l'économie (Cunningham, 2000).

Des études récentes montre que les mesures agro-environnementales (MAE) mises en place au niveau européen et en particulier la mesure 9 (bandes de parcelles aménagées) permettent de favoriser les populations d'apoïdes (Albrecht *et al.*, 2007, Terzo & Rasmont, 2007).

La lutte contre le fauchage excessif des bords de route (qui fait aussi partie des MAE) est aussi un enjeu important pour la conservation des Anthophores et des apoïdes à langue longue.

Il semblerait également que la mode des massifs de lavandes dans les jardins soit très favorable aux anthophores estivales (Rasmont com. pers.).

### 6.2. Etude des phéromones

Les résultats chimiques présentés ici ne sont que préliminaires. Ils présentent une première liste des sécrétions volatiles chez les anthophores et pourront ainsi servir de point de départ à de futures études.

Le principal problème rencontré lors de cette étude est la difficulté de capturer des femelles vierges dans la nature. Analyser les sécrétions des femelles vierge est indispensable à la poursuite des études sur les phéromones d'anthophores car chez la grande majorité des abeilles solitaires les phéromones sexuelles sont sécrété par les femelles vierges.

Les différentes tentatives de mise au point de protocoles éthologiques ont échoué. Les sécrétions utilisées pour attirer les mâles se sont avérées, a posteriori, provenir de femelles fécondées et la faible densité des populations naturelles limite les possibilités de répétitions.

La poursuite des études sur les phéromones des anthophores nécessiterait de développer un élevage d'espèces communes. L'élevage d'*Anthophora plumipes* et *A. quadrimaculata* permettrait de minimiser les risques d'échec. Cette mise en élevage faciliterait l'échantillonnage des femelles vierges et l'expérimentation. Thalman (1991) a montré que l'élevage d'*Anthophora plumipes* ne présente aucune difficulté majeure. Cela risque cependant d'être problématique pour des espèces moins abondantes.

## 7. Bibliographie

- Ågren L., Cederberg B. & Svensson B.G., 1979, Changes with age in ultrastructure and pheromone content of male labial glands in some bumble bee species (Hymenoptera, Apidae). *Zoon* 7: 1-14.
- Albrecht M., Duelli P., Möler C., Kleijn D. & Schmid B., 2007, The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology*, 44(4): 813-822.
- Arrêté du 23 avril 2007, fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. *Journal Officiel de la République Française*
- Alfken J.D., 1926, Zur Unterscheidung von *Anthophora retusa* L. und *A. aestivalis* Pz. (Hym. Apid.). *Deutsche entomologische Zeitschrift*.
- Ayasse M., Paxton R. J. & Tengo J., 2001, Mating behavior and chemical communication in the order Hymenoptera. *Annual reviews Entomology*. 46: 31-78.
- Barbier Y., Rasmont P., Dufrière M. & Sibert J.-M., 2000, *Data Fauna-Flora 1.0. Guide d'utilisation*. Université de Mons-Hainaut, Mons, Belgique. 106 p.
- Barbier Y. & Rasmont P., 1995, *Carto Fauna-Flora. Cartographie des données biologiques. Cartography of biological data*. Université de Mons-Hainaut, Mons, Belgique. IX+93+36 p.
- Batra S.W.T., 1994, *Anthophoa pilipes villosula* Sm. (Hymenoptera: Anthophoridae), a manageable japanese bee that visits blueberries and apples during cool, rainy, spring weather. *Proceeding of Entomological Society of Washinton*, 96: 98-119.
- Bellman H., 1999, *Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, Paris, 336 p.
- Bergström G., Svensson B.G., Appelgren M. & Groth I., 1981, Complexity of bumble bee marking pheromones: biochemical, ecological and systematical interpretations. p. 175-183 in: Howse P.E., Clement J.L., *Biosystematics of social insects*, Academic Press, London & New York.
- Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M, Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D., Settele J. & Kunin W.E., 2006, Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- Bringer B., 1973, Territorial flight of Bumble-bee males in coniferous forest on the northernmost part of the Öland. *Zoon suppl.*, 1: 15-22.
- Brooks R. W., 1988, Systematics and phylogeny of the Anthophorine bees (Hymenoptera Anthophoridae; Anthophorini). *The University of Kansas Bulletin*, 53(9): 436-575.
- Cane J. H. & Tengö J. O., 1981, Pheromonal cues direct mate-seeking behavior of male *Colletes cunicularius* (Hymenoptera: Colletidae). *Journal of Chemical Ecology*, 7 (2): 427-436.

- Cunningham S.A., 2000**, Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceeding of the Royal Society of London, Biology*, 267: 1149-1152.
- Chapman R. F., 1982**, *The insects, structure and function (third edition)*. Edward Arnold, London, Melbourne, Auckland
- Darwin C., 1859**, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray. London
- Dathe H., Taeger A. & Blank S., 2001**, Entomofauna Germanica, Band 4: Verzeichnis der Hautflügler Deutschlands. *Entomologische Nachrichten Berichte* 7: 143-155. Dresden.
- Décret du 06/12/01** relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Annexe IIb. Mammifères, amphibiens, reptiles, poissons et invertébrés strictement protégés. *Moniteur belge du 22 janvier 2002*, 2017 - 2070.
- De Jonghe R. & Rasmont P., 1983**, Kreuzungsexperiment mit Hummeln des Genus *Bombus* Latreille sensu stricto. (Hymenoptera, Apidae). *Phegea, Antwerpen*, 11: 7-10.
- Dobzhansky T., 1970**, *Reproductive isolation as a product of genetic divergence and natural selection*. *Evolution*. Oxford Readers, Oxford University Press.
- Dufrêne M. & Legendre P., 1997**, Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Eroy Y., 1987**, *L'univers odorant de l'animal, Les stimulations chimiques dans les communications et les comportements animaux*. Boubée, Paris
- Friese H., 1896**, *Die Bienen Europas (Apidae Europaeae)*. Genus *Podalirius*. Friedländer & Sohn, Berlin, 316p
- Gosselin M. 2004**, *Comparaison des stratégies de butinage d'Anthophora plumipes et de Bombus pascorum sur Lamium Album*. Mémoire de fin d'études, Université de Mons-Hainaut, 48 p.
- Goulson D. & Darvill B., 2004**, Niche overlap and diet breadth in bumblebees: are rare species more specialized in their choice of flowers ? *Apidologie* 35: 55-63.
- Goulson D., Hanley M.E., Darvill B., Ellis J.S. & Knight M.E., 2005**, Causes of rarity in bumblebees. *Biological conservation*, 122: 1-8.
- Ihaka R. & Gentleman R., 1996**, A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5: 299-314.
- Iuga V. G., 1958**. *Fauna Republicii populare Romîne. Insecta Volumul IX Fascicula 3. Hymenoptera Apoidea Fam. Apidae Subfam. Anthophorinae*. Academiei Republicii Populare Romîne, Bucuresti, 270p.
- Karlson P. & Lüscher M., 1959**, "Pheromones": a new Term for a class of Biologically Active Sustances. *Nature* 183: 55-56.
- Kindl J., Hovorka K. & Valterova I., 1999**, Scent marking in male pre mating behavior of *Bombus confusus*. *Journal of Chemical Ecology*. 25: 1489-1500
- Kullenberg B., 1956**, Field experiment with chemical sexual attractants on aculeate hymenoptera males 1. *Zoologiska Bidrag fran Uppsala*, 31: 253-353.

- Kullenberg B., Bergstom G., Bringer B., Carlberg B. & Cederberg B., 1973**, Observation on scent marking by *Bombus latr.* And *Psithyrus* Lep males (Hym., Apidae and localisation of site of production of the secretion. *Zoon suppl.*, **1**: 23-33.
- Legendre L. & Legendre P., 2004**, *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20*. Elsevier scientific Publishing Company, Amsterdam, 853 p.
- Linné C., 1758**, *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis*. Olmiae
- Mayr E., 1963**, *Animal Species and Evolution*, Harvard University Press, Cambridge
- McGregor S.E., 1976**, *Insect pollination of cultivated crop plants*. US Department of Agriculture; Handbook n° 496, 411 p.
- Michener C. D., 2000**, *The Bees of the World*. John Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Müller A., 1996**, Convergent evolution of morphological specializations in central European bee and honey wasp species as an adaptation to the uptake of pollen from nototribic flowers (Hymenoptera, Apidae and Masaridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, **57**: 235-252
- Oldham N.J. & Svatoš A., 1999**, Determination of the double bond position in functionalized monoenes by chemical ionization ion-trap mass spectrometry using acetonitrile as a reagent gas. *Mass Spectrometry* **13**: 331-336.
- O'Neill K. M., Evans H. E. & Bjostad L. B., 1991**, Territorial behaviour in males of three north American species of bumblebees (Hymenoptera: Apidae, *Bombus*). *Canadian Journal of Zoology*, **69**: 604-613.
- Osborne J.L., Williams I.H. & Corbet S.A., 1991**, Bees, pollination and habitat change in the European Community. *Bee World*, **72**: 99-116.
- Pain J., 1971**, Phéromones et comportement chez quelques Hyménoptères. *Apidologie*, **2**(4): 319-334.
- Paterson H.E.H., 1985**, The recognition concept of species. *Transvaal Museum Monograph* **4**: 21-29.
- Pauly A., 1982**, cartes 1749 -1782, Hymenoptera Apoidea Anthophora, Osmia, Halictidae suppl. in: **Leclercq J., Gaspar C. & Verstraeten C., Atlas provisoire des insectes de Belgique (et des régions limitrophes)**, Faculté des sciences agronomiques de l'état, Gembloux.
- Paxton R. J., 2005**, Male mating behaviour and mating systems of bees: an overview. *Apidologie* **36**: 145-156
- Pesenko Y.A. & Pauly A., 2005**, Monograph of the bees of the subfamily Nomioiinae (Hymenoptera: Halictidae) of Africa (excluding Madagascar). *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.), **41** (2): 129-236
- Pérez J., 1889**, *Les Abeilles*. Bibliothèque des merveilles, Paris, 348 p.
- Rasmont P. & Mersch P., 1988**, Première estimation de la dérive faunique chez les Bourdons de la Belgique (Hymenoptera, Apidae). *Annales de la Société royale de Zoologie de Belgique*, **118**(2): 141-147.

- Rasmont P., Leclercq J., Jacob-Remacle A., Pauly A. & Gaspar C., 1993**, The faunistic drift of Apoidea in Belgium. pp.65-87 in E. Burneau, *Bees for pollination. Commission of the European Communities*, Brussels, 237 p.
- Rasmont P., Ebmer P. A., Banaszak J. & Van Der Zanden G., 1995**, Hymenoptera Apoidea Gallica, Liste taxonomique des abeilles de France, de Belgique, de Suisse et du Grand-Duché de Luxembourg. *Bulletin de la société entomologique de France*, **100** (hors série): 1-98.
- Rasmont P., 1995**, Les Anthophores de France du sous-genre *Lophanthophora* Brooks avec la redescription de trois espèces au statut confus (Hymenoptera: Apoidea: Anthophorinae) . *Annales de la Société Entomologique de France* (N.S.) **31** (1): 3-20
- Rasmont P., 1996**. Pour une conservation des abeilles sauvages de France et de Belgique: protection ou surveillance ? (Hymenoptera, Apoidea). p.71-83 in *La protection des espaces naturels et de l'entomofaune. Actes de la réunion de la Société Entomologique de France organisée à Grenoble par le Club Entomologique Dauphinois "Rosalia"*, les 1 et 2 octobre 1994. Museum d'Histoire Naturelle de Grenoble
- Rasmont P., Terzo M., Aytakin M.A., Hines H., Urbanova K., Cahlikova L. & Valterova I., 2005**. Pheromone analysis of the bumble bee subgenus *Sibiricobombus* Vogt suggests *Bombus niveatus* Kriechbaumer and *Bombus vorticosus* Gerstaecker are conspecific (Hymenoptera, Apoidea, Bombus). *Apidologie*, **36**: 571-584.
- Rasmont P., Pauly A., Terzo M., Patiny S., Michez D., Iserbyt S., Barbier Y. & Haubruge E., 2005**. *The survey of wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Belgium and France*. FAO, Roma, 18p
- Rasmont P., Pauly A. & Leclercq J., 2002**, Atlas Hymenoptera, Anthophora. <http://www.zoologie.umh.ac.be/hymenoptera/Anthophora.htm>
- Rohlf F.J., 1993**. *NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System version 1.80*. Applied Biostatistics Inc., New York, 241.
- Scheuchl E., 1995**, *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs. Band I: Anthophoridae*. Preisinger KG, Landshut. 158 p.
- Severinghaus L.L., Kurtak B.H. & Eickwort G.C., 1981**, The reproductive Behavior of *Anthidium manicatum* (Hymenoptera: Megachilidae) and the Significance of Size for Territorial Males. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **9**: 51-58.
- Snell T.W., 2004**, Systematics, reproductive isolation and species boundaries in monogonont rotifers. *Hydrobiologia*, **186**: 299-310
- Stroot P. & Depiereux E., 1989**, Proposition d'une Méthodologie pour établir des Listes Rouges d'Invertébrés Menacés. *Biological Conservation*, **48**: 163-179
- Stone G.N., 1995**, Female foraging responses to sexual harassment in solitary bee *Anthophora plumipes*. *Animal Behaviour*, **50**: 405-412.
- Stone G.N., 1994**, Activity patterns of females of solitary bee *Anthophora plumipes* in relation to temperature, nectar supplies and body size. *Ecological entomology*, **19**: 177-189.

- Stone G.N., 1993**, Endothermy in solitary bee *Anthophora plumipes*: independent measures of thermoregulatory ability, costs of warm-up and the role of body size. *Ecological Entomology*, **20** (2): 169-183.
- Stone G.N., Loder P.M.J. & Blackburn T.M., 1995**, Foraging and courtship behaviour in males of solitary bee *Anthophora plumipes* (Hymenoptera: Anthophoridae): thermal physiology and the roles of body size. *Ecological Entomology* **20** (2): 169-183.
- Svensson B.G., 1979**, Patrolling behaviour of bumble bee males (Hymenoptera, Apidae) in subalpine/Alpine area, Swedish Lapland. *Zoon*, **7**: 67-94.
- Tattersall I., 1988**, The roles of ecological and behavioral observation in species recognition among primates. *Human Evolution* **4** (2-3): 117-124
- Terzo M., Valterova I., Urbanova K. & Rasmont P. 2003**, De la nécessité de redécrire les phéromones sexuelles des mâles de bourdons [Hymenoptera: Apidae, Bombini] publiées avant 1996 pour leur utilisation en analyse phylogénétique. *Phytoprotection*, **84**: 39-49.
- Terzo M., Urbanova K., Valterova I. & Rasmont P., 2005**. Intra and interspecific variability of the cephalic labial glands' secretions in male bumblebees: the case of *Bombus (Thoracobombus) ruderarius* (Müller) and *B. (Thoracobombus) sylvarum* (L.) [Hymenoptera, Apidae]. *Apidologie*, **36**: 85-96.
- Terzo M. & Rasmont P., 2007**, *Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs*. Les livrets de l'Agriculture 14, Direction générale de l'Agriculture (Région Wallonne), Namur, 56p
- Thalman U., 1991**, *Ausgewählte Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie der Solitärbiene-Arten Anthophora acervorum (Linné, 1758) und Osmia rufa (Linné, 1758)*. Ph.D. Dissertation. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, 121 p.
- Westrich P., 1990**, *Die Wildbienen Baden-Württembergs II*. Ulmer, Stuttgart, 172 p.
- Wiens J.J. & Servedio M. R., 2000**, Species delimitation in systematics: inferring diagnostic differences between species. *Proceedings of the Royal Society of London. Ser. B*, **267**: 631-636
- Williams P., 1982**, The distribution and decline of British bumble bees (*Bombus* Latr.). *Journal of Apicultural Research* **21**: 236-245
- Yoder A.D., Burns M.M. & Génin F., 2002**, Molecular Evidence of Reproductive Isolation in Sympatric Sibling Species of Mouse Lemurs. *International Journal of Primatology* **26** (6): 1335-1343



# **Annexes**

## Annexe I. Auteurs des données biogéographiques

Espèce	Auteur	nb de donnée	% cumulé
<i>Anthophora aestivalis</i>	<b>PAULY A</b>	46	47,4
	<b>RASMONT P</b>	34	82,5
	<b>LECLERCQ J</b>	16	99,0
	CHOREIN A	1	100,0
	<b>total</b>	97	
<i>A. bimaculata</i>	<b>RASMONT P</b>	65	44,2
	<b>PAULY A</b>	45	74,8
	<b>BARONE R</b>	22	89,8
	<b>BARBIER Y</b>	5	93,2
	LECLERCQ J	4	95,9
	CHOREIN A	3	98,0
	TERZO M	1	98,6
	LEFEBER V	1	99,3
	PETIT J	1	100,0
	<b>total</b>	147	
<i>A. borealis</i>	<b>PAULY A</b>	1	
<i>A. crassipes</i>	<b>RASMONT P</b>	1	
<i>A. femorata</i>	<b>RASMONT P</b>	1	
<i>A. fulvitaris</i>	<b>RASMONT P</b>	13	
<i>A. furcata</i>	<b>PAULY A</b>	94	58,0
	<b>LECLERCQ J</b>	32	77,8
	<b>RASMONT P</b>	21	90,7
	LEFEBER V	14	99,4
	JANSSENS K	1	100,0
	<b>total</b>	162	
<i>A. mucida</i>	<b>RASMONT P</b>	1	
<i>A. plagiata</i>	<b>PAULY A</b>	23	45,1
	<b>RASMONT P</b>	23	90,2
	LECLERCQ J	4	98,0
	PETIT J	1	100,0
	<b>total</b>	51	
<i>A. plumipes</i>	<b>CHOREIN A</b>	773	28,5
	<b>PAULY A</b>	756	56,4
	<b>RASMONT P</b>	583	77,9
	<b>LECLERCQ J</b>	393	92,4
	REMACLE A	88	95,7
	DURANT A	36	97,0
	LEFEBER V	26	98,0
	JANSSENS K	21	98,7
	CLAESSEN C	12	99,2
	GADOUM S	9	99,5
	THIRION C	7	99,8
	FONFRIA R	2	99,9
	ISERBYT S	1	99,9
	VERLIND LC	1	99,9
	BARONE R	1	100,0
	PETIT J	1	100,0
<b>total</b>	2710		
<i>A. pubescens</i>	<b>RASMONT P</b>	18	85,7
	<b>CHOREIN A</b>	3	100,0
	<b>total</b>	21	
<i>A. quadrimaculata</i>	<b>PAULY A</b>	159	42,2
	<b>LECLERCQ J</b>	102	69,2
	<b>RASMONT P</b>	61	85,4
	<b>CHOREIN A</b>	33	94,2
	CLAESSEN C	18	98,9
	BARBIER Y	2	99,5
	BARONE R	2	100,0
<b>total</b>	377		
<i>A. retusa</i>	<b>PAULY A</b>	125	52,3
	<b>LECLERCQ J</b>	41	69,5
	<b>RASMONT P</b>	24	79,5
	<b>LEFEBER V</b>	20	87,9
	<b>CHOREIN A</b>	16	94,6
	GADOUM S	12	99,6
	BARONE R	1	100,0
<b>total</b>	239		
<i>A. salviae</i>	<b>RASMONT P</b>	1	
<i>A. senescens</i>	<b>RASMONT P</b>	1	

## Annexe II. Bibliographie utilisée dans la banque de données Fauniques de Gembloux et Mons

- Barbier Y., 1989**, *Entomofaune comparée des terrils d'Hensies et St-Antoine (Hainaut), Application à l'aménagement écologique d'un terril*. Mémoire de fin d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 98p
- Cavro E., 1950**, Catalogue des Hyménoptères du département du Nord et des régions limitrophes. I. Aculéates. *Bulletin de la Société entomologique du Nord de la France*, **52**, suppl. 86 pp.
- Claessens H., 1992**. *Rapport technique concernant le bois d'Ellinchamps*. Centre de Recherche et de Promotion forestière, Gembloux, 4 pp.
- Crevecoeur A. & Marechal P., 1927**, Liste d'Hyménoptères intéressants capturés en 1926. *Bulletin & Annales de la Société entomologique de Belgique*, **67**: 138-141.
- Crevecoeur A. & Marechal P., 1931**, Matériaux pour servir à l'établissement d'un nouveau catalogue des Hyménoptères de Belgique. I. *Bulletin & Annales de la Société entomologique de Belgique*, **71**: 101-116.
- Crevecoeur A. & Marechal P., 1935**, Matériaux pour servir à l'établissement d'un nouveau catalogue des Hyménoptères de Belgique. V. *Bulletin & Annales de la Société entomologique de Belgique*, **75**: 395-412.
- Crevecoeur A. & Marechal P., 1937**, Matériaux pour servir à l'établissement d'un nouveau catalogue des Hyménoptères de Belgique. VII. *Bulletin & Annales de la Société entomologique de Belgique*, **77**: 445-456.
- De Hennin G. & Anciaux F., 1948**, Catalogue des Hyménoptères de la zone calcaireuse de l'Entre Sambre et Meuse. *Bulletin & Annales de la Société entomologique de Belgique*, **84**: 71-86
- Dervin A., 1961**, Notes de chasse. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle des Ardennes*, **50**: 61-67.
- Dubois E., 1920**, Communication. *Bulletin de la Société entomologique de Belgique*, **2**(6): 64.
- Jacobs J.C., 1904**, Catalogue des Apides de Belgique. *Annales de la Société entomologique de Belgique*, **48**: 190-203.
- Janssens K., 1971**, Hymenoptera Aculeata ex Coll. Raymond Enckels. *Schakel, Antwerpen*, **9**: 10-17.
- Janssens K., 1972**, Interessante waarnemingen over Hymenoptera Aculeata. *Schakel, Antwerpen*, **10**: 31-32.
- Janssen K., 1981**, Enkele notities over Hymenoptera uit de Gaume en aangrenzend gebied. *Phegea*, **9**: 1-8.
- Leonard V., 1987**, *Faunistique des Hyménoptères de la réserve de Rognac et analyse comparée des variations du climat*. Mémoire de fin d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 90p
- Mac Leod J., 1894**, Over de bevruchting der bloemen in het Kempisch gedeelte van Vlanderen. 2e gedeelte, *Ibid.*, **6**: 119-511,
- Marechal P., & Petit J., 1957**, Insectes intéressants récoltés par le « Cercle des Entomologistes liégeois ». *Lambillionnea*, **57**: 55-63.
- Marechal P., 1924**, Hyménoptères capturés en 1923, principalement aux environs de Liège. *Revue de la Société entomologique namuroise*, **1924**: 5-7.
- Marechal P., 1958**, Parc naturel de la Lesse et Lomme. Botanique - Entomologie. *Parcs Nationaux*, **13**: 133-141.
- Petit J., 1969**, Note sur quelques Hyménoptères rares capturés en Haute Belgique. *Lambillionnea*,
- Petit J., 1977**, Hyménoptères Aculéates intéressants pour la faune de Belgique et des régions limitrophes (3). *Lambillionnea*, **77**
- Plateau F., 1899**, Nouvelles recherches sur les rapports entre les insectes et les fleurs. Deuxième partie. Le choix des couleurs par les insectes. *Mémoires de la Société zoologique de France*, **12**: 336-370.
- Van Schepdael J., 1955**, Contribution à la faunistique entomologique du Pays Gaumais. Ethologie de quelques insectes rares. *Gand, Hoste*

## Annexe III: Récolteurs des données biogéographiques (avec nombre de spécimens récoltés)

263	RASMONT	2	DEHERVE L	2	VERCAMER C	1	BOUSARD A
220	KLEIN M	2	DEMEULENAERE S	2	VRANCKEN C	1	BOUXIN A
190	REMACLE A	2	DEPIEREUX A	2	WENGLER C	1	BRACKE C
54	DURANT A	2	DJEGHAM Y	2	WERBROUCK	1	BRION JC
49	CHOREIN A	2	DOCHY B	1	ABRAS S	1	BRISY
47	GRAUVOGEL	2	DOREIMONT L	1	ABRASSAT G	1	BRUGER J
45	GADOUM S	2	DRUART E	1	ADAMSKI	1	BRULET P
44	CLAESSENS C	2	DUFOURNY S	1	ADRIAENS T	1	BRULEY H
28	BARONE R	2	DURAND O	1	ALEXANDRE M	1	BRUYR AS
20	BARBIER Y	2	DURIEUX E A	1	ALIGNY G	1	BURTON V
14	MAHE G	2	EVARD E	1	AMANT	1	CARBIERE B
11	HAMON J	2	FALMAGNE N	1	AMBLLOT P	1	CARITAT H
11	TERZO M	2	FLEVEZ L	1	AMOR MEHREZ	1	CARLIER S
10	HENSEN R	2	FOX S	1	AMOR MEHREZ B	1	CARNEZ G
7	TOUBEAU	2	FRAIPONT	1	ANDRE M	1	CASTAINGNE M
6	LAIR X	2	GERARD S	1	ANSSEAU F	1	CASTELAIN JJ
5	GOVAL JJ	2	GODEAU JF	1	ATARHOUCY Y	1	CAVION J
5	SPINOIT T	2	GOSSELIN P	1	AUDAGE C	1	CETINER E
5	STAGGELLER P	2	HIMPENS B	1	AULOTTE	1	CHARLET O
5	TOUBEAU B	2	HOUBEN G	1	AWONO S	1	CHASSEUR I
4	CORNILLE R	2	JACQUES L	1	BAAKIL L	1	CHEBHANNE B
4	CUS JF	2	JANAS S	1	BABAR J	1	CHIBHANNE
4	JOLY E	2	JANSEN L	1	BACHELART F	1	CHOMY O
4	LESENFANTS	2	JEAN T	1	BAILLEZ A	1	CHRISTIAENS J
4	MUTOMBOR	2	LARDINOIS C	1	BAILLY P	1	CLAES V
4	ROUELLES S	2	LARIVIERE A	1	BALLARINI D	1	CLAUD J
3	BELLAIRE	2	LAURENT P	1	BARBIER J	1	CLAUDINE
3	DARDENNE G	2	LEBRAS G	1	BAREUX D	1	CLISSEN V
3	DE REYMAEKER	2	LECLERCQ A	1	BARNICH JF	1	COCU P
3	DECUYPERE A	2	LEJEUNE S	1	BARON E	1	COLARD F
3	DEGOUVS V	2	LEMAIGRE S	1	BARRY M M	1	COLBANT N
3	DELCARTE	2	LEONARD V	1	BARRY MM	1	COLETTE S
3	DEMOL P	2	LONGO	1	BARTEL	1	COLIGNON
3	DOGUET M	2	MASSART B	1	BASTOGNE	1	COLIGNON P
3	DOYE L	2	MINANTUASILA	1	BAU B	1	COLLIN C
3	DUBART	2	MOREAU B	1	BAUDESSON T	1	CONSTANT
3	DUFRENE E	2	NDONGO	1	BAUDOIN JG	1	COPIN G
3	FERTON	2	NICOLAS	1	BAUDUIN A	1	COPPEE A
3	GERARD	2	ORSTON	1	BAULAIN	1	CORMAN C
3	GRIGNARD JC	2	PARISI O	1	BAYOT	1	CORNELIS PY
3	HIERNAUX C	2	PERREIN C	1	BELAIRE E	1	CORNEZ S
3	MURA M	2	PILETTE F	1	BELLELLAMME	1	CRASSET R
3	SCALLIET C	2	PIRON A	1	BERGERARD J	1	CROQUET C
3	SCHWEUD	2	PLUQUET E	1	BERTEL X	1	CRUSPIN F
3	SUNNAERT D	2	QUIEVRY S	1	BESNESBA	1	CSUTTI I
3	TOURNEUR D	2	QUIN S	1	BHYS L	1	CUS JF
2	ABRAS M	2	RAHMAN M	1	BIENFAIT P	1	DAGUET C
2	BALITEAU L	2	RAMPANIELLI P	1	BISTER C	1	DAMBRAIN
2	BARBIER E	2	RENARD Q	1	BLOND J	1	DANDROIS S
2	BOURGUIGNON V	2	RIGO E	1	BOCQUILLET G	1	DANGOXHE
2	BOXUS M	2	ROBEYNS D	1	BOHY J	1	DANIEL F
2	CAMPO M	2	ROUSSEAU C	1	BOITO D	1	DANIS
2	CHEBMANNE B	2	SMETS D	1	BOLAND A	1	DANLOY A
2	CORS R	2	SPIES D	1	BONA C	1	DANNAU A
2	CURNIS F	2	TOURNEUR D	1	BOREUX	1	D'ANS S
2	DAOUST S	2	TRIFFAUT C	1	BOREUX M	1	DAOUST M
2	DE MARNEFFE H	2	VALLET M	1	BOUCHAT O	1	DARDENNE L
2	DE VOS J	2	VANDOMME	1	BOURDEAU Q	1	DARON D
2	DE WASSEIGE C	2	VANTYGHEM P	1	BOURGUIGNON	1	DATH J

1	DE BIECARL	1	DUCHESNE A	1	HANOT P	1	LEFEBVRE L
1	DE BOCK T	1	DUCROCQ J	1	HANQUET B	1	LEFEVRE L
1	DE FOY G	1	DUFRASNE M	1	HANSEN JY	1	LEFRANCOIS
1	DE MEULDER A	1	DUMORTIER D	1	HARVENST L	1	LEFRANCOIS D
1	DE MUNCK M	1	DUPUIS V	1	HAUTOT	1	LEGAST M
1	DE REYMAEKER G	1	DURDU MH	1	HAVINE A	1	LEGRAIN M
1	DE SCHAETZEN T	1	DURDU R	1	HAYOT B	1	LEGRAND A
1	DE SCHUTTER T	1	DUSSART D	1	HENNO B	1	LEGROS
1	DE VALENSART	1	DUTRIFOY JB	1	HENREAUX	1	LEJEUNE C
1	DE WASEIGE	1	DUVAL M	1	HENRIET C	1	LELANGUE D
1	DEBAILLE F	1	DUVINIER N	1	HENRY F	1	LEMAIRE JL
1	DECOCKE C	1	DUVIVIER L	1	HENSENS JF	1	LEMOIRE S
1	DECRUYENAERE V	1	EKKERS	1	HERION A	1	LERICHE L
1	DECUYNER C	1	ENDIAYE N'DEYE	1	HERMAN D	1	LEROT B
1	DEFOUR P A	1	ERWENNE	1	HEUSKIN S	1	LEROY G
1	DEFOUR PA	1	EVERAERT V	1	HOC F	1	LETEINTURIER
1	DEHAN L	1	EVRARD M	1	HOLLEVOET	1	LEVY
1	DEKEIRSSCHIETER	1	FABIAN D	1	HOLOGNE F	1	LHEUREUX L
1	DEKLERK V	1	FANCHAMPS	1	HOLVOET	1	LHOST O
1	DELAIEUX A	1	FEREMANS N	1	HOMEZ G	1	LIEGEOIS P
1	DELALIEUX A	1	FIEVET J	1	HOUBEN F	1	LIETARD O
1	DELANDE M	1	FIVET	1	HOUGARDY G	1	LINDEBRINGS A
1	DELCOUR A	1	FLOQUET E	1	HUBAUT D	1	LINEARD
1	DELESCAILLE D	1	FLORAM I	1	HUCHETTE J	1	LINSMEAU R
1	DELEU M	1	FOUCART S	1	HULPIAU A	1	LMARCHAL J
1	DELHAYE	1	FRAIKIN L	1	HURET	1	LOGNAY P
1	DELHAYE S	1	FRAMANT D	1	ISTAS N	1	LONGO F
1	DELMAS R	1	FRANC J	1	JACQUES	1	LONNOY V
1	DELMOTTE T	1	FRANCIS F	1	JAMART B	1	LOSCINTO
1	DELPART S	1	FRENOIS D	1	JASON D	1	LOSSEAU C
1	DEMASY H	1	FRIERE	1	JAUNARD D	1	LOTHER
1	DEMBY WILKES D	1	FRISCHKORN T	1	JAYMBERT	1	LOTHER O
1	DEMEULDER	1	FUARO R	1	JEMMY	1	LOUPPE H
1	DEMONTY B	1	GABBE E	1	JODDGNE F	1	LOVERIE S
1	DEMORTIER G	1	GABORY O	1	JOHN A	1	LUIDINANT
1	DEN DONCKER S	1	GAFFIN	1	JONETTE	1	MACQ C
1	DENANCINI F	1	GALLANT JB	1	JOUVE F	1	MAERTENS G
1	DENET F	1	GARDIN	1	JULIEN A	1	MAES N
1	DENEUBOURG M	1	GAVAL JJ	1	JUPRELLE A	1	MAGUIN C
1	DENEVE C	1	GERKENS P	1	KAYOMO	1	MAICHE H
1	DERZELLE J	1	GHESQUIERE B	1	KESTEMONT MH	1	MALDAGUE G
1	DESCAMP M	1	GHYSEL	1	KEVIN T	1	MALLERS V
1	DESIMPELAERE	1	GILLET J	1	KINARD S	1	MALLIEN
1	DESMONS H	1	GILLET JP	1	KLEYNEN	1	MALMDY N
1	DESSART V	1	GILLOT	1	KOCKELMANN V	1	MANIL M
1	DETHIER B	1	GLORIEUX G	1	KOUACHE M	1	MARCHAND
1	DEVILLERS	1	GODEAUX D	1	KUMERT	1	MARCHOUL B
1	DEVILLERS N	1	GOFFIN D	1	LABAR G	1	MARECHAL
1	DEVOS E	1	GOLBERT W	1	LABE A	1	MARI N
1	DEWANNAIN S	1	GONCETTE	1	LABIERE	1	MARLIER
1	DEWULF S	1	GOOSSENS A	1	LACOUR	1	MARQUET P
1	DEZWAENE F	1	GOUBET	1	LACOUR AF	1	MASQUELIER E
1	DI TANNA S	1	GOULET	1	LADRIERE L	1	MASSET S
1	DIDEREN I	1	GRASSER	1	LAMBART C	1	MATERA
1	DIDY	1	GREVISSE T	1	LAMBERT M	1	MATERA J
1	DOMBRET L	1	GRUSELLE MC	1	LANBA	1	MATHIAS M
1	DONEA M	1	GUELTON O	1	LANTERBRCQ D	1	MATTART T
1	DOUMRO M	1	GUERIN A	1	LASSEAU C	1	MAUGNARD B
1	DRAMAIX L	1	GUILLAUME	1	LATOUR F	1	MAUREAU A
1	DROEVEN E	1	GUILLAUME B	1	LAURENT L	1	MELI S
1	DRUGMANT F	1	GUILLAUME M	1	LAVOIX C	1	MERCENIER B
1	DUBOIS	1	GUION H	1	LEBEGUE C	1	MERCIER J
1	DUBOIS M	1	GULINO I	1	LEBLON J	1	MERTENS G
1	DUCCEUR P	1	HALEBARDIER JF	1	LECLERCQ	1	MESSIAEN
1	DUCHENE B	1	HAMELS A	1	LECLERCQ J	1	MHAMOI O
1	DUCHENE E	1	HANDEREK D	1	LECOQ R	1	MHAMOT

A. Chorein – Anthophores de Belgique: systématique, chorologie, et écologie chimique -80-

1	MICHAUX	1	PHILIPPE	1	SCAUT B	1	TURBANG JN
1	MICHELS F	1	PHILIPPE G	1	SCHAETZEN T	1	TURBANG TN
1	MICHIELS F	1	PIERLOT	1	SCHERPEREEL	1	URBAS E
1	MICHOT B	1	PIERROT JC	1	SCHERPERSEL E	1	VALEPYNES
1	MINNE	1	PIERROT JC	1	SCHIETTECATTE B	1	VALTIN R
1	MINSO	1	PIETTE	1	SCHINS H	1	VAN DER LINDEN
1	MOENS L	1	PINEUX N	1	SCHMIT A	1	VAN DRIESCH L
1	MOEREMANS B	1	PIRARD	1	SCHMITZ R	1	VAN KRIEKING
1	MOERMAN L	1	PIRENNE	1	SCHOEMANS P	1	VAN RENTERGEN
1	MONDRY	1	PIRENNE F	1	SCHOLLAERT C	1	VAN ROOS
1	MONSEU T	1	PISSARD A	1	SCHRAEPEN N	1	VANACKERER S
1	MOONS	1	PLOQUET E	1	SCHRYNEMEKERS	1	VANDENBOSCH
1	MOUREAUX C	1	POELAERT C	1	SHIETTECATTE	1	VANDEBEMDEN
1	MULLER	1	POLAR A	1	SIMON M	1	VANDERLINDEN
1	MUSSELLE	1	POLEGATO F	1	SIMONON G	1	VERBIST J
1	NABUSA NK	1	POLET F	1	SIRJACOBS D	1	VERCAEMER F
1	NACHTERGAELE X	1	PONCELET G	1	SLEGTEN R	1	VERCAMER
1	NAGY C	1	PONCIN O	1	SLEGTEN V	1	VERMEULEN C
1	NEGRINATTI T	1	PREAT L	1	SMARGIASSI M	1	VERREKT M
1	NEUMANS	1	PRGHOW C	1	SNEESSENS	1	VERSTRAETE
1	NEVE C	1	PRIGNON	1	SOETE A	1	VIGNERON B
1	N'GOY K	1	PUISSANT T	1	SOHIER C	1	VILRET A
1	NICKMANS	1	QUANIERS	1	SOUMY M	1	VLEESCHOUWER
1	NOEL L	1	QUEDRAOGO M	1	SPIES J	1	VRACKEN C
1	NOEL O	1	QUETTIER	1	SPINOWINE B	1	VRANCKEN
1	NOLET D	1	QUETTIER C	1	SPINOIT T	1	VRANCKEN B
1	NOTT K	1	QUEVY S	1	SQUERENS N	1	VRANCK X O
1	NOUTCHOUIN	1	QUIEVY S	1	STAQUET D	1	VRREKT M
1	NTIPOUNO	1	QUIVY V	1	STAQUET R	1	WABRY F
1	NZOKERANTEVYE	1	RADOUX I	1	STEENACKERS X	1	WAEMAELS G;
1	OILLET N	1	RASELLE T	1	STENIER	1	WALRY
1	OUVERTUS A	1	RASHIDI S	1	STEVENS C	1	WANSART A
1	OZ	1	RASSE D	1	STRUIVAY	1	WASTERLAIN
1	PAL C	1	RENARD S	1	SUBOMANA G	1	WATHELET Y
1	PALARD A	1	RENARD T	1	SULON JP	1	WEGIFASSE B
1	PANIS A	1	REUMONT A	1	SYLVESTIER D	1	WELSCHEN S
1	PAQUE JF	1	REVERSE D	1	TASSIGNON A	1	WERGIFASSE B
1	PARKER	1	ROBERT B	1	TASSIGNON C	1	WERY P
1	PARKER M	1	ROBETTE	1	TEERLINCK M	1	WILLETTE O
1	PASKIN	1	ROEX S	1	TEMMERMAN M		
1	PATIN G	1	ROLIN E	1	TERLINCK M		
1	PEETERS JP	1	RONGY A	1	THIRIFAYT F		
1	PEIFFER JF	1	ROSE P	1	THIRIONET B		
1	PERSOON S	1	ROUSSEL V	1	THOMAS B		
1	PETINOT J	1	SABATINO U	1	THOMAS JP		
1	PETIT C	1	SALIMAN I	1	TOINT S		
1	PETIT G	1	SAMAR Y	1	TOMASZKIEWICZ		
1	PETIT L	1	SAMOY D	1	TONGLET J		
1	PETIT-JEAN H	1	SAUVAGE L	1	TOURNAY L		
1	PHILIPART C	1	SAVERYS	1	TROMME B		
1	PHILIPPART J	1	SCAILQUIN X	1	TSHITEYA		