Université de Mons-Hainaut

Faculté des Sciences

Service de Zoologie

Rapport de recherche

Effectif et choix floraux de *Bombus sylvarum* (Hymenoptera, Apidae) à Eyne et à Llo (France, Pyrénées-Orientales)

par Emilie Delattre, Jean-Claude Verhaeghe & Pierre Rasmont

Promoteur
Prof. Pierre Rasmont

Novembre 2003

E. Delattre, 2003. *Effectif et choix floraux de* Bombus sylvarum *(Hymenoptera, Apidae) à Eyne et à Llo (France, Pyrénées-Orientales)*. Mémoire de Licence en Zoologie, Université de Mons-Hainaut, Mons, 47 pp.

Résumé : L'effectif absolu, la densité et la biomasse d'une espèce de bourdons abondante (*Bombus sylvarum*) ont été évalués dans des prés de fauche des communes d'Eyne et de Llo (France, Pyrénées-Orientales) grâce aux techniques de capture, marquage et recapture.

Des nids de cette espèce ont été prélevés sur l'un des sites étudiés. Ceux-ci ont permis une estimation grossière de l'effectif absolu de toutes les ouvrières (intranidales et butineuses) de l'espèce.

Le marquage a également permis un suivi dans le temps des individus. Alors que beaucoup d'espèces de bourdons utilisent toujours de la même façon leurs ressources florales, l'auteur a constaté que *Bombus sylvarum* se fidélise à un choix restreint mais très différent selon les sites d'observation.

Une extrapolation de l'effectif des espèces qui partagent les caractéristiques écologiques de *Bombus sylvarum* a pu être réalisée.

Mots Clés: *Bombus sylvarum*, effectif, densité, biomasse, choix floraux.

Remerciements

Par ces quelques lignes, je souhaite adresser mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé pour la réalisation de ce travail.

Je tiens particulièrement à remercier le professeur Pierre Rasmont pour l'accueil dont j'ai bénéficié au sein de son service. Je le remercie également de m'avoir proposé le sujet de ce travail et prodigué ses conseils.

Je remercie le professeur Jean-Claude Verhaeghe pour ses conseils judicieux surtout en matière de statistique.

J'exprime ma reconnaissance envers Messieurs Alain Bousquet, Maire d'Eyne, et Michel Baracetti, gestionnaire de la Réserve naturelle, pour leur intérêt et leur soutient logistique.

Mes remerciements s'adressent aussi au professeur Jacques Lambinon pour son aide dans la détermination des plantes présentes sur les sites étudiés.

Je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude aux membres du service: Dr. Michaël Terzo, Yasmina Djegham, Olivia Ponchau, Denis Michez et tout particulièrement Stéphanie Iserbyt pour s'être impliquée constamment dans la réalisation du présent travail.

Que M. Francis Delmarquette soit aussi remercié pour son aide technique et sa constante bonne humeur ainsi que Patrice Coppens, Matthias Gosselin et Gilles Vanhollebeke pour leur soutien et leurs nombreux conseils.

Que toutes les personnes que je n'ai pas citées ici mais qui ont contribué, de près comme de loin, à l'élaboration de ce travail reçoivent également toute ma gratitude.

Table des matières

1. Introduction ... 1
1.1. *Bombus* (*Thoracobombus*) *sylvarum* (L., 1761) ... 2
1.1.1. Distribution ... 2
1.1.2. Altitude ... 2
1.1.3. Habitat ... 3
1.1.4. Phénologie ... 3
1.1.5. Nidification ... 4
1.1.6. Choix floraux ... 4
1.1.7. Groupe d'espèces écologiquement similaires ... 8
1.1.8. Statut de conservation ... 9
1.2. Longévité des ouvrières ... 9
2. Objectifs ... 10
3. Matériel et méthodes ... 10
3.1. Choix de l'espèce ... 10
3.2. Techniques de marquage ... 10
3.3. Sites étudiés ... 11
3.6. Gestion des données ... 15
3.7. Méthodes d'estimation de la population ... 16
3.8. Estimation de la fidélité pour les ressources ... 18
4. Résultats ... 19
4.1. Estimation de l'effectif de population de *Bombus sylvarum* ... 19
4.1.1. Résultats du marquage ... 19
4.1.2. Résultats de l'application des méthodes d'estimation des effectifs de population ... 19
4.1.2.1. Application de la formule de Petersen ou de Lincoln ... 21
4.1.2.2. Application de la méthode de Jolly & Seber ... 21
4.1.2.3. Résultats graphiques des estimations d'effectifs sur chaque site ... 22
4.1.3. Indicateurs de changement de l'effectif de la population ... 23
4.1.4. Comparaison des estimations d'effectifs absolus et calcul de densités ... 24
4.1.5. Extrapolation de la population totale de *Bombus sylvarum* au Col de Rigat ... 24
4.1.6. Estimation de la biomasse de *Bombus sylvarum* sur les sites d'étude ... 25
4.1.7. Evaluation de l'effectif, de la densité et de la biomasse des espèces écologiquement similaires à *Bombus sylvarum* ... 25
4.2. Choix floraux de Bombus sylvarum ... 26
4.2.1. Espèces butinées par *Bombus sylvarum* ... 26
4.2.2. Estimation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour ses ressources ... 27
4.2.2.1 Fidélité des individus de l'espèce ... 27
4.2.2.2. Représentation de la fidélité au moyen d'éthogrammes ... 28
4.3. Durée d'observation des individus marqués ... 34
5. Discussion générale ... 35
5.1. Validité des méthodes ... 35
5.2. Effectifs et densités de population ... 35
5.3. Choix floraux ... 36
5.4. Structure des nids de *Bombus sylvarum* ... 37
5.5. Statut de conservation ... 37
6. Conclusion ... 38
7. Bibliographie ... 39
Annexe I. Choix floraux des individus de *Bombus sylvarum* recapturés plus de 4 fois à la Serra de Llo ... 43
Annexe II. Choix floraux des individus *Bombus sylvarum* recapturés plus de 4 fois au col de Rigat ... 44
Annexe III. Genres butinés par *Bombus sylvarum* au Col de Rigat (Eyne, Pyrénées-Orientales). ... 45
Annexe IV. Familles de plantes butinées par *Bombus sylvarum* au Col de Rigat (Eyne, Pyrénées-Orientales). . 45
Annexe V. Genres butinés par *Bombus sylvarum* à la Serra de Llo (Llo, Pyrénées-Orientales). ... 47
Annexe VI. Familles butinées par *Bombus sylvarum* à la Serra de Llo (Llo, Pyrénées-Orientales). ... 47

1. Introduction

Dans le domaine de la biologie, de nombreuses études actuelles portent sur la génétique, l'écologie, l'éthologie et la systématique des populations animales.

Mayr (1963), définit une population ou dème comme un ensemble d'individus d'un endroit qui partagent un même pool de gènes et qui sont capables de s'accoupler et de produire une descendance. Leur étude passe par la connaissance de l'effectif des individus. De cette notion découle alors celles de densité et de biomasse.

Les espèces de bourdons présentent un grand intérêt économique et scientifique (Teräs, 1983; Duhayon, 1992; Rasmont *et al.*, en préparation). Beaucoup de chercheurs ont étudié tant leur morphologie que leur éthologie ou leur écologie (Alford, 1975; Heinrich, 1976; Rasmont, 1988). Plusieurs ont estimé l'effectif et la densité de leurs populations (Banaszak, 1980, cité par Teräs, 1983; Teräs, 1983; Banaszak & Manole, 1987; Piek, 1990; Duhayon, 1992; Ponchau, 2002). Les populations d'insectes ne peuvent pas être dénombrées par simple comptage. Une estimation doit être réalisée sur base d'un échantillonnage.

Les bourdons sont des insectes sociaux. Une part non négligeable des ouvrières ne quitte jamais le nid. Ceci rend l'estimation de leur effectif total encore plus approximative. Le comptage des nids présents sur les sites d'étude pourrait être une solution. Cependant, la configuration souterraine des nids de beaucoup d'espèces rend cette initiative impossible (Teräs, 1983; Duhayon, 1992). Teräs (1983) recommande l'utilisation des méthodes de marquage-capture-recapture dans l'estimation de l'effectif des populations de bourdons.

Duhayon (1992) évalue la densité des populations des grands Apoïdes dans le sud de la France. Il en déduit que leur biomasse est comparable à celle des mammifères herbivores. Pour l'espèce *Bombus terrestris*, il parvient à une densité maximale de 19,05 individus/m^2. Ponchau (2002) estime l'effectif absolu d'une espèce rare et oligolectique de bourdons (*B. gerstaeckeri*) dans la vallée d'Eyne (France, Pyrénées–Orientales). L'étude aboutit à un résultat compris entre 40 et 100 individus pour l'ensemble de la vallée.

Dans cette étude nous allons tenter d'estimer l'effectif, la densité et la biomasse d'une espèce de bourdon abondante dans les Pyrénées-Orientales: *Bombus sylvarum*.

1.1. *Bombus* (*Thoracobombus*) *sylvarum* (L., 1761)

1.1.1. Distribution

Bombus sylvarum est une espèce à distribution eurosibérienne, largement répandue dans la région ouest paléarctique. Elle regroupe cinq sous-espèces.La sous-espèce nominale se distribue dans la plus grande partie de l'Europe continentale (Fig.1) (Rasmont *et al.*, en préparation).

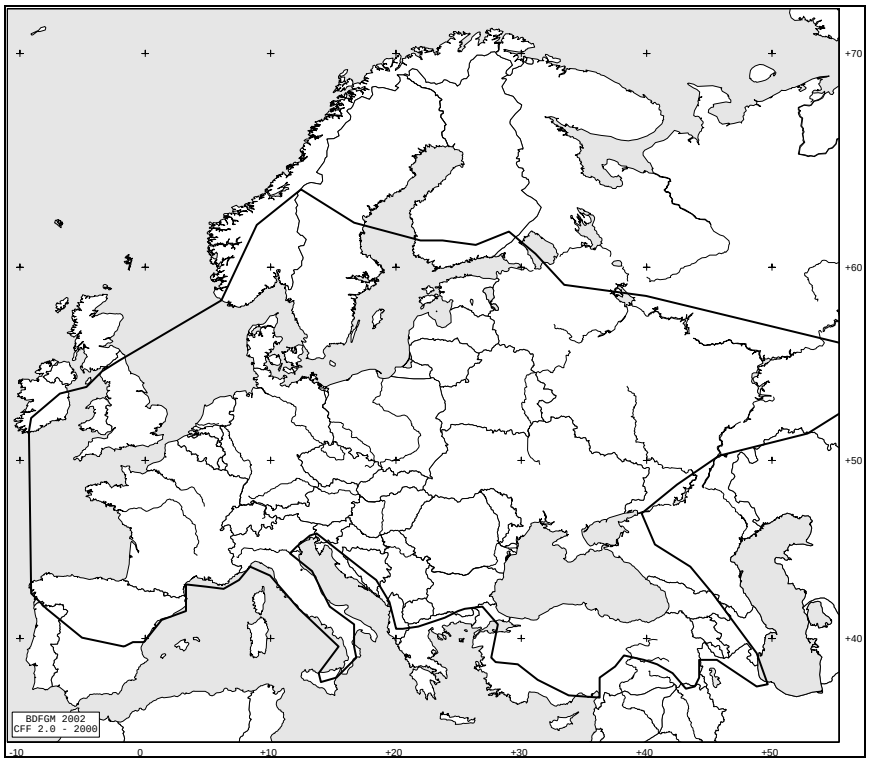

Figure 1. Distribution de *Bombus sylvarum* L. (d'après Rasmont *et al.*, en préparation). Le trait épais délimite la distribution de l'espèce.

1.1.2. Altitude

A Eyne, on rencontre *Bombus sylvarum* entre 1480 et 1740m, 80% des individus butinant entre 1580 et 1622m (Iserbyt, 2000). Dans le Languedoc-Roussilon, *B. sylvarum* a été observé entre 150 et 2200m avec 80% des individus compris entre 260 et 1200m (Rasmont 1988). En Espagne, Ornosa Gallego (1984) donne comme gamme d'altitude de 1000m à 1600m.

1.1.3. Habitat

Le tableau 1 reprend la classification écologique de *Bombus sylvarum* selon les différents auteurs.

Tableau 1. Classification écologique de *Bombus sylvarum*

	Terrain ouvert	Lisière	Forêt
Dylewska (1957)	*		
Löken (1973)	*		
Iserbyt(2000)	*		
Ranta & Tiainen (1982)	*		*
Reinig (1972)		*	
Teräs (1985)		*	
Rasmont (1988)		*	
Pekkarinen (1984)			*

1.1.4. Phénologie

L'espèce est assez tardive. En Belgique et dans le nord de la France, elle apparaît seulement en avril et s'éteint début octobre (Rasmont *et al.*, en préparation; Alford, 1975). Le pic d'ouvrières se situe fin août-début septembre ce qui correspond également au pic des mâles (Fig.2).

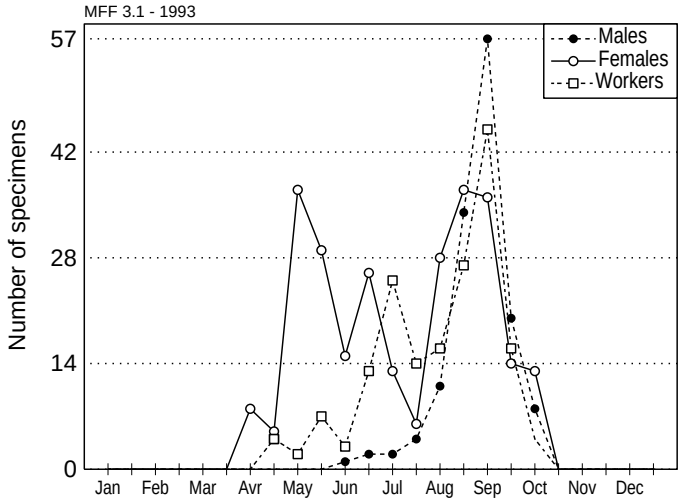

Figure 2. Phénologie de *Bombus sylvarum* (L.) en.Belgique et dans le nord de la France (d'après Rasmont *et al.,* en préparation).

1.1.5. Nidification

Selon Sladen (1912), les nids sont le plus souvent épigés mais ils peuvent aussi être souterrains (Bellman, 1999; Benton, 2000; Rasmont *et al.*, en préparation). Sladen (1912) range *B. sylvarum* dans les "carder-bees", c'est-à-dire les bourdons qui nichent le plus souvent en surface et qui collectent l'herbe sèche environnante en la façonnant pour l'inclure au nid. En Angleterre, il semble que, même lorsque la colonie atteint le pic d'effectif, le nombre d'ouvrières ne dépasse pas la centaine (Alford, 1975; Benton, 2000). En Autriche, Hoffer (1883) considère que *B. sylvarum* se distingue par des nids particulièrement populeux, il compte jusqu'à 600 cellules et indique que le nombre usuel est de 200 à 300 cellules (cité par Rasmont *et al.*, en préparation).

1.1.6. Choix floraux

Rasmont (1988) place *Bombus sylvarum* parmi les bourdons mésolectiques. Ce groupe comprend les espèces de bourdons qui sont fidèles à certaines familles ou espèces florales mais qui, occasionnellement, butinent sur quelques autres.

Le tableau 2 reprend les données issues de la littérature concernant les plantes préférées par *Bombus sylvarum*.

Il semble que *Bombus sylvarum* butine surtout les familles suivantes par ordre d'importance: les Fabacées, les Composées, les Boraginacées, les Rosacées, les Labiatées et les Dipsacacées.

Tableau 2. Choix floraux de *Bombus sylvarum*

	Ruszkowski 1970	Alford 1975	Steffny *et al.* 1984	Teräs 1985	Rasmont 1988	Godeau 1995	Edwards 1998	Durieux 2000	Rasmont *et al.* (en préparation)
Apiaceae					0,6%				0,2%
Eryngium maritimum L.							X		
Boraginaceae			8,6%		15,0%				27,4%
Alkanna sp. Tausch									5,8%
Anchusa ssp.L.									19,3%
Echium italicum L.									1,6%
Echium spp.L.					12,8%				
Echium vulgare L.			8,6%			15,5%	X		
Campanulaceae					0,3%				
Cistaceae									0,2%
Helianthemum nummularium (L.) Miller								0,9%	
Compositae			6,2%		15,6%	28,7%		55%	22,4%
Carduus carlinoides Gouan								0,9%	
Carduus nigrescens Vill.						1,0%			
Carduus nutans L.							X	14,0%	
Carduus spp. L.					15,6%				10,7%
Carlina vulgaris L.							X		
Carthamus lanatus L.									0,8%
Centaurea jacea L.			6,2%			6,3%			
Centaurea nigra L.						16,5%	X		
Centaurea scabiosa L.						1,0%	X		
Centaurea spp. L.		X				1,9%		37,4%	4,4%
Cirsium arvense (L.) Scop.							X		
Cirsium eriophorum (L.) Scop.								0,9%	
Cirsium palustre (L.) Scop.						1,0%			
Cirsium sp. Miller						1,0%			
Cirsium vulgare (Savi) Ten.							X		
Echinops ritro L.									3,5%
Leontodon sp. L.							X		
Serratula tinctoria L.								1,8%	

(suite)	Ruszkowski 1970	Alford 1975	Steffny *et al.* 1984	Teräs 1985	Rasmont 1988	Godeau 1995	Edwards 1998	Durieux 2000	Rasmont *et al.* (en préparation)
Dipsacaceae					2,5%	1%		14%	20,1%
Cephalaria cf. *procera*									20,1%
Dipsacus fullonum L.							X		
Knautia arvensis (L.) Coulter								13,1%	
Knautia spp. L.		X				0,5%		0,9%	
Scabiosa columbaria L.						0,5%		0,9%	
Grossulariaceae					1,3%				
Hypericaceae						1,4%			
Hypericum perforatum L.						1,4%			
Labiatae			3,7%		20,4%	16,9%		10,3%	13,4%
Ballota nigra L.						2,4%			
Clinopodium vulgare L.							X		
Galeopsis sp. L.								10,3%	
Lamium album L.		X			6,1%				
Lavendula x intermedia					4,5%				
Mentha sp. L.						1,0%			
Phlomis ssp. L.									0,5%
Prunella grandiflora (L.) Scholler						1,4%			
Prunella vulgaris L.			3,7%			0,5%	X		1,6%
Salvia spp. L.									6,8%
Stachys germanica L.						2,4%			
Stachys officinalis (L.) Trésvisan						9,2%			
Stachys spp. L.		X							4,1%
Fabaceae			69,2%	62%	34,8%	8,3%		8,4%	11,3%
Anthyllis vulneraria L.			10,5%						
Astragalus spp. L.									1,1%
Caragana arborescens Lam.				12%					
Lathyus pratensis L.			12,2%			0,5%		0,9%	
Lotus corniculatus L.			5,4%				X	0,9%	
Lotus pedunculatus Cav.						0,5%			
Medicago x-varia T. Martyn	X								
Medicago sativa L.						0,5%	X		0,8%
Onobrychis spp. Miller									4,4%
Onobrychis viciifolia Scop.					5,7%	2,9%			

(suite)	Ruszkowski 1970	Alford 1975	Steffny *et al.* 1984	Teräs 1985	Rasmont 1988	Godeau 1995	Edwards 1998	Durieux 2000	Rasmont *et al.* (en préparation)
Ononis spinosa L. subsp. *Procurrens*							X		
Ononis spinosa L.									0,6%
Trifolium arvense L.							X		
Trifolium incarnatum L.					4,8%				
Trifolium montanum L.								0,9%	
Trifolium pratense L.	X		16,4%	38%	7,9%	3,9%	X	0,9%	
Trifolium repens L.							X		
Trifolium spp. L.								0,9%	1,4%
Vicia cracca L.	X		24,7%	12%					
Vicia faba L.	X								
Vicia cracca subsp. *incana* Rouy								1,1%	
Vicia sepium L.								2,8%	
Vicia spp. L.									1,1%
Vivia villosa Roth	X								
Lythraceae					0,6%				2,9%
Lythrum salicaria L.									2,9%
Malvaceae						1,9%			0,2%
Malva moschata L.						1,9%			
Onagraceae				16%	0,3%	1,9%		0,9%	0,2%
Epilobium angustifolium L.				16%		1,9%		0,9%	
Scrophulariaceae									1,8%
Melampyrum arvense L.									1,6%
Odontites vernus (Bellardi) Dumort.		X					X		
Ranunculaceae					0,3%				
Rosaceae					1,3%	24,3%			
Rubus caesius L.							X		
Rubus idaeus L.						0,5%			
Rubus sp.L.						23,8%			

D'après les données de Ruszkowski (1970) (cité par Rasmont *et al.*, en préparation), Alford *et al.* (1975), Steffny *et al.* (1984) dans la réserve naturelle du Batten-Württemberg (Allemagne) (cité par Rasmont *et al.*, en préparation), Teräs (1985) dans le sud de la Finlande, Rasmont (1988) dans le sud de la France (Languedoc-Roussillon), Godeau (1995) dans l'Aubrac (Aveyron et Lozère), Edwards (1998) dans les îles britanniques (cité par Rasmont *et al.*, en préparation), Durieux (2000) à Eyne (France, Pyrénées-Orientales) et Rasmont *et al.*(en préparation) en Anatolie (Turquie).

1.1.7. Groupe d'espèces écologiquement similaires

Les auteurs cités dans le tableau 3 regroupent les espèces de bourdons de différentes régions sur base de caractéristiques écologiques au moyen de méthodes statistiques.

Tableau 3. Espèces classées dans le groupe écologique de *Bombus sylvarum*

	Rasmont (1988)	**Patiny (1995)**	**Iserbyt (2000)**
B. confusus			*
B. hortorum	*	*	
B. humilis	*	*	*
B. lapidarius	*	*	*
B. lucorum	(*)		
B. pascuorum	*	*	
B. pomorum		*	
B. pratorum	(*)	(*)	
B. ruderarius	(*)	*	
B. ruderatus			*
B. subterraneus	(*)	*	*
B. sylvarum	(*)	*	*

Voir la légende dans le texte.

Le groupe définit par Rasmont (1988) a été établi sur base de données provenant du Languedoc-Roussillon. Il s'agit des espèces appartenant au "groupe collinaire". Les parenthèses signalent que, selon la méthode d'analyse utilisée, l'espèce était parfois retrouvée dans un autre groupe.

Les données de Patiny (1995) proviennent du Massif Central (France), dans les départements de la Lozère et de l'Aveyron. Il classe *Bombus sylvarum* dans le groupe des espèces ubiquistes. Les parenthèses indiquent que l'espèce était parfois retrouvée dans un autre groupe selon la méthode d'analyse utilisée.

Iserbyt (2000) place *Bombus sylvarum* dans le groupe des espèces qui se distinguent par les facteurs suivants: prés de fauche, mesobromion (code 343261 de la typologie CORINE) et *Centaurea*. Les données proviennent de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales).

La liste des effectifs issus des récoltes ou des observations des auteurs cités ci-dessus figure dans le tableau 4.

Tableau 4. Effectifs relatifs des espèces appartenant au groupe écologique de *Bombus sylvarum*

	Rasmont (1988)		Patiny (1995)		Iserbyt (2000)	
B. confusus	-	-	53	1,2%	8	0,3%
B. hortorum	177	7,5%	202	4,7%	259	10,9%
B. humilis	167	7,0%	268	6,2%	66	2,8%
B. lapidarius	381	16,1%	1301	30,3%	73	3,1%
B. lucorum	398	16,8%	204	4,7%	936	39,3%
B. pascuorum	521	22,0%	507	11,8%	80	3,3%
B. pomorum	13	0,5%	448	10,4%	-	-
B. pratorum	270	11,4%	120	2,8%	147	6,2%
B. ruderarius	186	7,8%	250	5,8%	612	25,7%
B. ruderatus	78	3,3%	281	6,5%	5	0,2%
B. subterraneus	39	1,6%	170	4,0%	49	2,0%
B. sylvarum	139	5,9%	482	11,2%	149	6,2%
Totaux	**2369**	**100,0%**	**4286**	**100,0%**	**2384**	**100,0%**

D'après les données de Rasmont (1988) dans le Languedoc-Roussillon, Patiny (1995) dans l'Aubrac (Lozère et Aveyron.), Iserbyt (2000) à Eyne (France, Pyrénées-Orientales).

1.1.8. Statut de conservation

Rasmont (1988) constate que *Bombus sylvarum* est en régression en Belgique comme toutes les espèces de terrains ouverts et la plupart des espèces inféodées aux Légumineuses et aux Composées. Cette régression de *B. sylvarum* est également constatée dans le Nord de la France (Rasmont & Mersch, 1988), en Angleterre (Williams, 1982), aux Pays-bas (Peeters *et al.*, 1999) et dans la région de Moscou (Berezin *et al.*, 1995) (cité par Rasmont *et al.*, en préparation).

1.2. Longévité des ouvrières

D'après Silva-Matos & Garofalo (2000), la longévité des ouvrières des espèces tempérées s'étend respectivement de 13,2 jours à 34,1 jours pour *Bombus terricola* (Rodd *et al.*, 1980) et *Bombus fervidus* (Golbalt et Fell, 1987). *Bombus morio*, une espèce tropicale, a une durée de vie moyenne de 41,3 jours (Garofalo, 1976, cité par Silva Matos & Garofalo, 2000). Brian donne une longévité moyenne de 25 jours pour les ouvrières de *Bombus humilis* (Goldblatt et Fell, 1987), une espèce écologiquement et éthologiquement proche de *Bombus sylvarum*.

Plusieurs facteurs induisent des variations intraspécifiques de l'espérance de vie des ouvrières. En effet, Garofalo (1978) montre que le type d'activité réalisée au sein de la colonie influence la longévité d'une ouvrière. Golblat et Fell (1987) ont montré que la disponibilité des récoltes et la phase de développement de la colonie jouaient aussi un rôle important dans la durée de vie des ouvrières. Katayama (1996) démontre que la présence ou l'absence de la reine dans une colonie marque une différence quant à la survie des ouvrières. Contrairement à ce qu'on observe chez les abeilles domestiques (Rockstein, 1950 et Sakagami & Fukuda,1968; cités par Rodd *et al.*, 1980), la sénescence ne semble pas jouer un rôle important dans le taux de mortalité des ouvrières. En effet, dans les colonies élevées en laboratoire, les ouvrières vivent généralement durant plusieurs mois. (Rodd *et al.*, 1980).

2. Objectifs

Le but de ce travail est, pour un petit nombre de stations choisies:

-d'estimer l'ordre de grandeur de l'effectif, la densité et la biomasse de *Bombus sylvarum*

-d'établir une liste de ses choix floraux;

-d'évaluer sa fidélité pour les ressources.

3. Matériel et méthodes

3.1. Choix de l'espèce

Les études effectuées précédemment dans la commune d'Eyne (Durieux, 2000; Iserbyt, 2000), révèlent que *Bombus* (*Thoracobombus*) *sylvarum* (L., 1761) abonde au sein des prés de fauche. En outre, il est difficile de confondre cette espèce grâce à son pattern facilement reconnaissable (Delmas, 1976; Bellman, 1999; Rasmont *et al.*, en préparation) et son bourdonnement caractéristique (Delmas, 1976). Ces deux raisons justifient le choix de cette espèce pour le présent travail.

3.2. Techniques de marquage

Sur le terrain, les bourdons sont capturés au filet et marqués d'une pastille numérotée et colorée. Ce qui leur assure une identification propre. L'animal est immobilisé dans un tube de contention de marquage.

A l'aide de brucelles, on lui applique la pastille sur le thorax entre les tegulae. La colle utilisée est une colle cyano-acrylique visqueuse en gel.

Lors de la capture ou de la recapture, on note les indications suivantes:

-la date;
-la couverture nuageuse;
-l'heure de récolte;
-la plante butinée par l'insecte;
-le numéro et la couleur de la pastille.

3.3. Sites étudiés

La collecte des données provient des communes d'Eyne et de Llo dans les Pyrénées-Orientales (Fig.3), une région connue pour être particulièrement riche en espèces de bourdons (Kruseman, 1958; Rasmont *et al.*, 2000; Rousseau, 1994; Durieux, 2000; Iserbyt, 2000). Sur les 46 espèces de bourdons présentes en France, on en retrouve 32 dans la commune d'Eyne (Rasmont *et al.*, 2000; Durieux, 2000; Iserbyt, 2000; Iserbyt *et al.*, 2002).

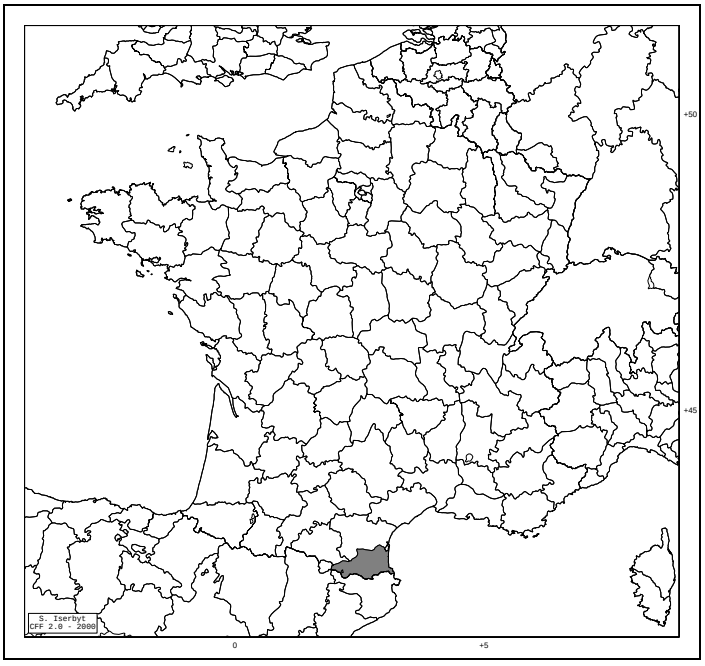

Figure 3. Localisation du département des Pyrénées-Orientales (en grisé).

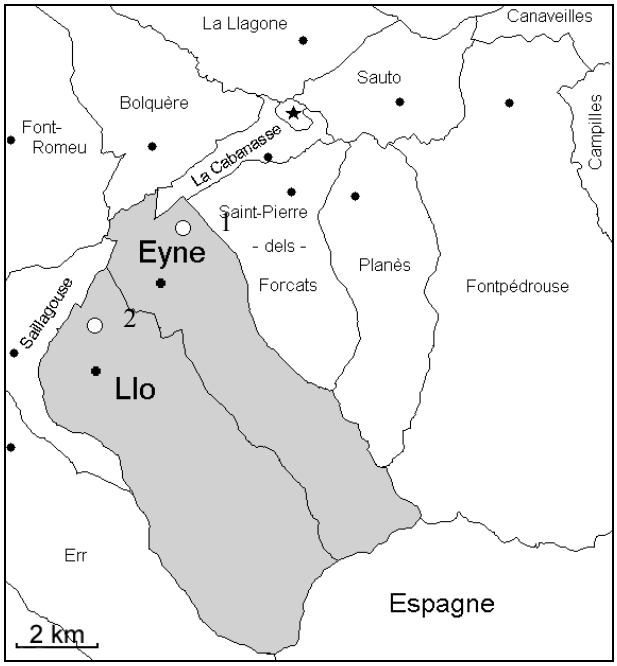

Figure 4. Localisation de la commune d'Eyne. En grisé, les communes considérées dans ce travail. Les points blancs, les sites étudiés. 1: Site de la Serra de Llo. 2: Site du Col de Rigat.

On divise la vallée d'Eyne en 5 zones de végétation. La plus riche, celle des prés de fauche avec 27 espèces de bourdons, se situe au bas de la vallée à une altitude comprise entre 1450 et 1800m (Iserbyt, 2000). Ces prés de fauche sont caractérisés par une importante diversité en espèces florales (Vandenbergh, 2002).

Du 24 juillet au 15 août, la collecte des données a été réalisée sur les deux sites d'étude: au Col de Rigat (Eyne) et à la Serra de Llo (Llo); respectivement une friche rudérale et un pré de fauche (fig.4). Les contours des deux sites sont repris dans les figures 5 et 6.

Les relevés phytosociologiques des deux sites ont été réalisés par le Prof. P. Rasmont et moi-même, les plantes inconnues ont été herborisées puis identifiées grâce à la Flore de Coste (Coste, 1990) (tab. 5a et b). Une vérification de la détermination des plantes a été effectuée par le Prof. J. Lambinon.

Lors de ces relevés, un coefficient d'abondance selon la méthode de Braun-Blanquet a été attribué à chacune des plantes (tab. 6).

Tableau 5a. Relevé phytosociologique de la station Serra de Llo (Llo)

Localisation: France, Pyrénées orientales, Llo, Serra de Llo
ED50 42°27'57,4''N 02°03'48,8''E
Alt.: 1599m

Dates de récoltes: 14.VII.2002, 26.VII.2002, 28.VII.2002, 06.VIII.2002, 07.VIII.2002, 08.VIII.2002, 09.VIII.2002, 11.VIII.2002, 13.VIII.2002, 15.VIII.2002, 16.VIII.2002, 17.VIII.2002, 18.VIII.2002, 19.VIII2002, 20.VIII.2002, 21.VIII.2002, 22.VIII.2002

Physionomie générale: Pelouse sèche à *Trifolium montanum*, graminées, *Rhinanthus pumilus*; piquetée de Ju*niperus communis* et *Cytisus oromediterraneus*.

Surface relevée:1,33 ha

Strate arborescente:/

Strate arbustive:

Cytisus oromediterraneus Rivas Martinez, Diaz, Fernandez Prieto, Loidi & Penas	1	*Rosa cf canina* L.	1
Juniperus communis L.	1	*Rosa pimpinellifolia* L.	1

Strate herbacée:

Achillea millefolium L.	3	*Armeria maritima* Willd.	+
Euphrasia salisburgensis Funck	3	*Bupleurum ranunculoides* L. subsp. *caricinum* (DC.) Arcang.	+
Trifolium montanum L.	3	*Campanula glomerata* L.	+
Dactylis glomerata L.	2	*Campanula rotundifolia* L.	+
Festuca Lemanii Bast.	2	*Carlina acanthifolia* All.	+
Galium verum L.	2	*Centaurea jacea* L.	+
Rhinanthus pumilus (Sterneck) Soldano	2	*Clinopodium* sp. L.	+
Scabiosa columbaria L.	2	*Conopodium pyrenaum* (Loisel.) Miégevillle	+
Trifolium pratense L.	2	*Dianthus hyssopifolius* L.	+
Agrostis capillaris L.	1	*Genista hispanica* L.	+
Apera spica-venti (L.) P. Beauv.	1	*Gentiana lutea* L.	+
Avenula cf versicolor (Vill.) Lainz	1	*Geranium pratense* L.	+
Briza media L.	1	*Hypericum perfoliatum* L.	+
Genista sagittalis L.	1	*Hypochoeris maculata* L.	+
Cirsium acaule Scop	1	*Leotodon autumnalis* L.	+
Cuscuta sp. L.	1	*Orobanche sp.* L.	+
Dianthus carthusianorum L.	1	*Rumex cf acetosa* L.	+
Eryngium bourgatii Gouan.	1	*Sedum ochroleucum* Chaix	+
Euphorbia cyparissias L.	1	*Senecio adonidifolius* Loisel.	+
Festuca sp. L.	1	*Silene vulgaris* (Moench) Garcke	+
Helianthemum nummularium (L.) Miller	1	*Stachys officinalis* (L.) Trévisan	+
Lotus alpinus (DC.) Schleicher ex Ramond	1	*Tanacetum vulgare* L.	+
Ononis spinosa L.	1	*Tragopogon pratensis* L.	+
Phleum pratense L.	1	*Trifolium badium* Schreber	+
Plantago lanceolata L.	1	*Trifolium repens* L.	+
Thymus serpyllum L.	1	*Turritis glabra* L.	+
Trifolium ochroleucon Hudson	1	*Vicia cracca* L.	+
Trisetum flavescens (L.) P. Beauv.	1		
Allium cf schoenoprasum L.	+		

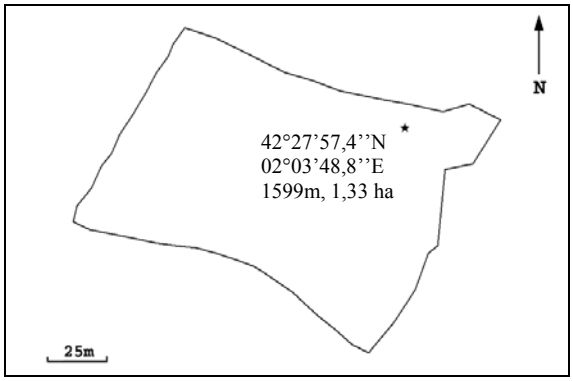

Figure 5. Délimitation de la station Serra de Llo (Pyrénées-Orientales, Llo). En grisé le périmètre du site.

Tableau 5b. Relevé phytosociologique de la station Col de Rigat (Eyne)

Localisation: France, Pyrénées-orientales, Eyne, Col de Rigat
ED50 42°29'09,9''N 02°05'11,8''E
Alt.: 1345m

Dates de récolte: 25.VII.2002, 27.VII.2002, 29.VII.2002, 31.VII.2002, 03.VIII.2002, 04.VIII.2002, 05.VIII.2002, 07.VIII.2002, 08.VIII.2002, 10.VIII.2002, 12.VIII.2002, 14.VIII.2002, 16.VIII.2002, 17.VIII.2002, 18.VIII.2002, 19.VIII.2002, 20.VIII.2002, 21.VIII.2002, 22.VIII.2002

Physionomie générale: Friche riche en *Tanacetum vulgare*, *Ononis spinosa*, *Centaurea spp* et *Vicia cracca*

Surface relevée: 1,42 ha

Strate arborescente: /

Strate arbustive:

Rosa canina L.	+	*Pinus uncinata* Miller ex Mirbel	+
Rosa rubiginosa L.	+		

Strate herbacée:

Genista hispanica L.	2 à 3	*Eryngium bourgatii* gouan	+
Ononis spinosa L.	2	*Galeopsis* sp. L.	+
Artemisia vulgaris L.	1 à 2	*Genista tinctoria* L.	+
Achillea ptarmica L. subsp. *Pyrenaica* (Gordon) Heimerl	1	*Geranium pratense* L.	+
Artemisia absinthium L.	1	*Geranium pyrenaicum* Burnh. Fil.	+
Calluna vulgaris (L.) Hull	1	*Hypericum perforatum* L.	+
Euphorbia cyparissias L.	1	*Hypochoeris maculata* L.	+
Euphrasia sp. L.	1	*Jasione laevis* Lamk.	+
Hieracium pilosella L.	1	*Juncus effusus* L.	+
Knautia cf *arvensis* (L.) Coulter	1	*Lamium album* L.	+
Origanum vulgare L.	1	*Laserpitium latifolium* L.	+
Prunella grandiflora (L.) Scholler	1	*Lathyrus pratensis* L.	+
Rhinanthus pumilus (Sterneck) Soldano	1	*Lotus corniculatus* L.	+
Trifolium campestre Schreber	1	*Lupinus* sp. L.	+
Trifolium ochroleucon Hudson	1	*Malva moschata* L.	+
Tanacetum vulgare L.	+ à 4	*Melilotus albus* Medic.	+
Galium verum L.	+ à 2	*Myosotis scorpioides* L.	+
Achillea millefolium L.	+ à 1	*Orobanche* sp. L.	+
Armeria arenaria (Pers.) Schultes subsp. *arenaria*	+ à 1	*Plantago holosteum* Scop.	+
Campanula cf *pusilla* Haenke	+ à 1	*Plantago lanceolata* L.	+
Centaurea jacea L.	+ à 1	*Plantago major* L.	+
Centaurea scabiosa L.	+ à 1	*Plantago sempervirens* Crantz	+
Helianthemum nummularium (L.) Miller	+ à 1	*Rubus* sp. L.	+
Scabiosa columbaria L.	+ à 1	*Rumex crispus* L.	+
Vicia cracca L.	+ à 1	*Sanguisorba minor* Scop.	+
Aconitum napellus L.	+	*Sedum album* L.	+
Allium schoenoprasum L.	+	*Silene latifoila* Poiret	+
Anthyllis vulneraria L.	+	*Silene vulgaris* (Moench.) Garcke	+
Arctium minus Bernh.	+	*Stachys officinalis* (L.) Trévisan	+
Bupleurum ranunculoides L.	+	*Taraxacum* sp. Weber	+
Cirsium acaule Scop.	+	*Thymus pulegioides* L.	+
Cirsium erioforum (L.) Scop.	+	*Tragopogon pratensis* L.	+
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	+	*Trifolium pratense* L.	+
Dianthus hyssopifolius L.	+	*Trifolium repens* L.	+
Echinops ritro L.	+	*Tussilago* sp.L.	+
Echium vulgare L.	+	*Urtica dioica* L.	+
Epilobium angustifolium L.	+	*Verbascum lychnitis* L.	+
Epilobium hirstum L.	+		

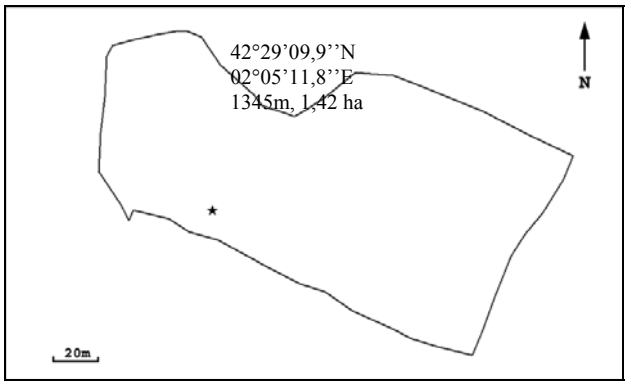

Figure 6. Délimitation de la station Col de Rigat (Pyrénées-Orientales, Eyne). En grisé le périmètre du site.

Tableau 6. Coefficients d'abondance (méthode de Braun-Blanquet)

Coefficient d'abondance - dominance	Recouvrement de la plante
+	Un seul individu ou individus très peu nombreux avec un recouvrement insignifiant.
1	Individus peu nombreux avec un recouvrement inférieur à 5% de la surface.
2	Individus nombreux ou recouvrant au moins 5% de la surface.
3	Nombre d'individus quelconque, recouvrant 25 à 50% de la surface.
4	Nombre d'individus quelconque, recouvrant 50 à 75% de la surface.
5	Nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 75% de la surface.

3.6. Gestion des données

Sur le terrain les points ont été localisés grâce à un positionneur GPS Garmin GPS III+. Ce type de positionneur permet actuellement la localisation d'un point avec une précision allant de 3 à 10m.

Les données ont été encodées et gérées à l'aide du logiciel Data-Fauna-Flora 2.0 (Barbier *et al.*, 2002).

Les cartes ont été réalisées au moyen des logiciels Mapinfo professional version 5.5 (1999) et Carto-Fauna-Flora version 2.0 (Barbier et Rasmont, 2000).

3.7. Méthodes d'estimation de la population

A. Méthode de Petersen ou de Lincoln

Cette méthode utilise les résultats concernant deux jours d'études. Elle est applicable pour calculer des effectifs de populations fermées (population qui ne varie pas en taille au cours de la période d'étude, l'effet des naissances, morts et déplacements étant négligeable) (Krebs, 1989).

$$N=CM/R$$

N est l'effectif estimé;

C le nombre total d'individus capturés le jour j+1;

M le nombre d'individus marqués le jour j;

R le nombre d'individus qui étaient marqués lors de l'échantillonnage du jour j+1.

La formule de Petersen est applicable si:

-la population est fermée et donc l'effectif est constant;

-tous les individus ont la même probabilité d'être capturé dans le premier échantillonnage;

-le marquage des individus n'influence pas leur recapture;

-les individus ne perdent pas leur marque entre deux périodes d'échantillonnage;

-tous les individus marqués sont susceptibles d'être recapturés lors du deuxième échantillonnage.

Cette formule donne une estimation biaisée de la population, elle tend à surestimer l'effectif. Seber propose une formule permettant d'éviter cette erreur (Krebs, 1989):

$$N=(M+1)(C+1)/R+1$$

B. Méthode de Jolly & Seber

Il s'agit d'une méthode de *triple catch* c'est-à-dire, utilisant les résultats obtenus sur trois jours de travail.

Elle est applicable pour estimer l'effectif de populations ouvertes: leur taille varie au cours de la période d'étude du fait des déplacements d'individus qui quittent le site ou y arrivent (Blower *et al.*, 1981).

$$P2 = [B/a1\ ]\ [(Ba2/(b1+ab))+a1]$$

P2, est l'estimation de l'effectif de la population au 2ème jour d'échantillonnage (jour i+1);

B, est le nombre de bourdons capturés le jour i+1

a1, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés le jour i+1

a2, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés le jour i+2

b1, le nombre de bourdons marqués le jour i+1 et recapturés le jour i+2

ab, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés les jours i+1 et i+2

C. Méthode de Bailey

Elle s'utilise dans les mêmes conditions que la méthode de Jolly & Seber (Blower *et al.*, 1981).

$$P2 = [a2\ (B-a1)B]\ /\ [a1b1]$$

P2, est l'estimation de l'effectif de la population au 2ème jour d'échantillonnage (jour i+1);

B, est le nombre de bourdons capturés le jour i+1

a1, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés le jour i+1

a2, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés le jour i+2

b1, le nombre de bourdons marqués le jour i+1 et recapturés le jour i+2

ab, le nombre de bourdons marqués le jour i et recapturés les jours i+1 et i+2

S'il n'existe aucune bête marquée le premier jour, absente de l'échantillonnage le deuxième et recapturée le troisième, la formule s'annule. Avec notre jeu de données, ce cas se présente souvent; cette méthode n'a donc pas été retenue ici.

D. Indicateurs de changement de l'effectif de la population

On marque une population pendant trois jours: les individus sont marqués en rouge le premier jour et en bleu le second.

Si la population gagne des individus entre le jour i et le jour i+2, le nombre de marqués rouges reste constant mais leur dilution augmente. Ainsi, la proportion d'individus capturés porteurs d'une marque rouge sur le total des captures est plus petite le jour i+2 que le jour i+1.

Si la population perd des individus, le nombre de marques rouges dans la population diminue. Les marqués rouges ayant la même probabilité de mourir que les autres, la proportion de leur capture sur le total des individus capturés reste constante entre le jour i+1 et le jour i+2.

Soit λ^+ la proportion (a1/B)/(a2/C)

La réciproque de cette proportion est le taux de survie positive qui vaut S^+ = a1C/Ba2, plus il est proche de zéro et plus la population augmente.

Soit λ^- la proportion b1/a2

La réciproque S^- = a2/b1 est le taux de survie négative, plus il est proche de zéro et plus la population décroît.

3.8. Estimation de la fidélité pour les ressources

Pour rendre compte de la fidélité de *Bombus sylvarum* aux plantes qu'il butine, nous avons utilisé la technique des *flow-diagrams*.

Sur les schémas, la taille des cercles est proportionnelle au nombre d'observations réalisées sur la plante qu'ils représentent. Les flèches sont proportionnelles à la probabilité qu'a une ouvrière qui butine cette plante d'être recapturée sur le taxon désigné par la flèche lors de la recapture suivante.

Les données utilisées pour cette représentation ne concernent que les bourdons recapturés au moins quatre fois.

4. Résultats

4.1. Estimation de l'effectif de population de *Bombus sylvarum*

4.1.1. Résultats du marquage

Le nombre total d'individus marqués et le nombre total de recapturés par caste et par site sont indiqués dans le tableau 7.

Tableau 7. Nombre d'individus observés et marqués au sein des deux sites étudiés

	Col de Rigat		**Serra de Llo**	
	Marquage	Recapture*	Marquage	Recapture*
Ouvrières	387	125	553	115
Femelles	8	0	3	0
Mâles	5	1	9	0
Total	400	126	565	115

*concerne les individus marqués qui sont recapturés au moins une fois.

On constate que le nombre total d'individus marqués à la Serra de Llo est 1,4 fois supérieure à celui du Col de Rigat. Le nombre de recapture est quasi similaire. Le taux de recapture (nombre de recapture/nombre total de capture) au Col de Rigat (31%) est nettement supérieur à celui observé à la Serra de Llo (20%). Il semble donc que l'effectif espéré à la Serra de Llo soit nettement supérieur à celui attendu au Col de Rigat.

4.1.2. Résultats de l'application des méthodes d'estimation des effectifs de population

Les méthode d'estimation des effectifs de population nécessitent un effort de récolte constant durant au moins 2 ou 3 jours consécutifs (au moins deux jours pour appliquer la formule de Petersen et 3 pour le *triple catch*). Toutes les observations ne peuvent donc pas être utilisées pour les estimations.

Dans le tableau 8 sont répertoriés, pour chaque site d'étude, les dates des récoltes et le nombre de récolteurs

Tableau 8. Dates et effort de récoltes

Date	Col de Rigat		Serra de Llo	
	Temps de travail	Nombre de récolteurs	Temps de travail	Nombre de récolteurs
24 juillet			4H	3
25 juillet	3H30	2		
26 juillet			4H	3
27 juillet	4H	3		
28 juillet			3H20	1
29 juillet	4H	1		
31 juillet	2H	1		
03 août	3H	1		
04 août	3H	1		
05 août	3H	1		
06 août			2H	1
07 août	2H	1	2H	1
08 août	2H	1	2H	1
09 août			2H	1
10août	6H	1		
11août			6H	1
12 août	5H	1		
13 août			6H	1
14 août	6H	1		
15 août			6H	1
16 août	2H	1		
17 août	2H	2	2H	2
18 août	2H	2	2H	2
19 août	2H	2	2H	2
20 août	2H	2	2H	2
21 août	2H	2	2H	2
22 août	1H	2		

4.1.2.1. Application de la formule de Petersen ou de Lincoln

Le tableau 9 reprend les résultats de l'application de la formule de Petersen ou de Lincoln.

Tableau 9. Estimation de l'effectif par la méthode de Petersen ou de Lincoln

Dates	Serra de Llo	Col de Rigat
3 août	*	54
4 août	*	46
6 août	391	*
7 août	231	36
8 août	180	*
10 août	*	306
11 août	231	*
12 août	*	196
17 août	460	209
18 août	555	220
19 août	320	233
20 août	283	207
21 août	*	189

*: absence d'observation sur le site concerné ou impossibilité d'estimation, due à des différences dans l'effort de récolte.

L'utilisation de la formule de Petersen (valable en population fermée), donne une estimation de l'effectif de la population comprise entre 180 et 550 individus à la Serra de Llo et entre 35 et 300 individus au Col de Rigat.

4.1.2.2. Application de la méthode de Jolly & Seber

Le tableau 10 reprend les résultats de l'application de la méthode de Jolly & Seber.

Tableau 10. Estimation de l'effectif par la méthode Jolly & Seber

Dates	Serra de Llo	Col de Rigat
4 août	*	16
12 août	*	625
18 août	367	313
19 août	772	202
20 août	188	196S
21 août	*	233

*: absence d'observation sur le site concerné ou impossibilité d'estimation, due à des différences dans l'effort de récolte.

L'utilisation de la formule de Jolly-Seber (valable en population ouverte), donne une estimation de l'effectif de la population comprise entre 190 et 770 individus à la Serra de Llo et entre 15 et 625 individus au Col de Rigat.

4.1.2.3. Résultats graphiques des estimations d'effectifs sur chaque site

Les résultats obtenus lors de l'estimation de l'effectif de population sur les 2 sites sont portés sur les graphiques des figures 7 et 8 en fonction des dates.

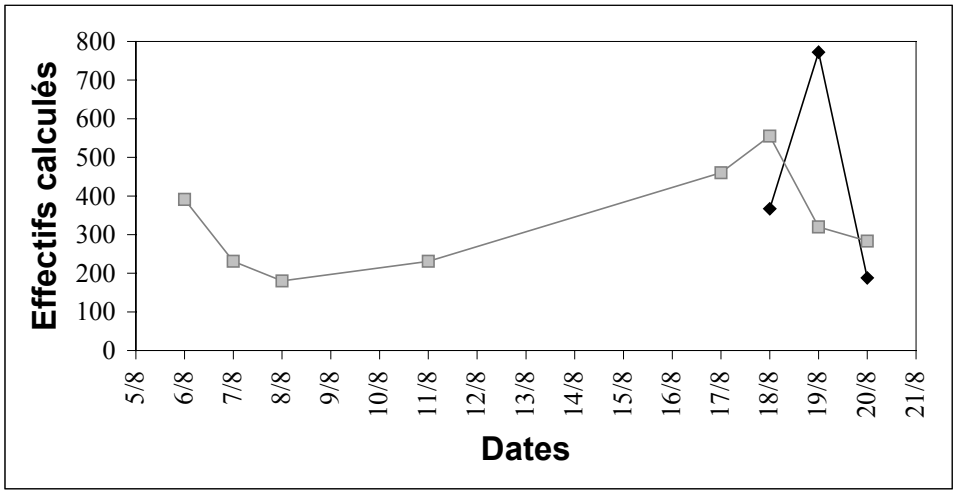

Figure 7. Estimations de l'effectif de *Bombus sylvarum* pour la Serra de Llo. En noir par la méthode de Jolly & Seber, en gris par celle de Petersen.

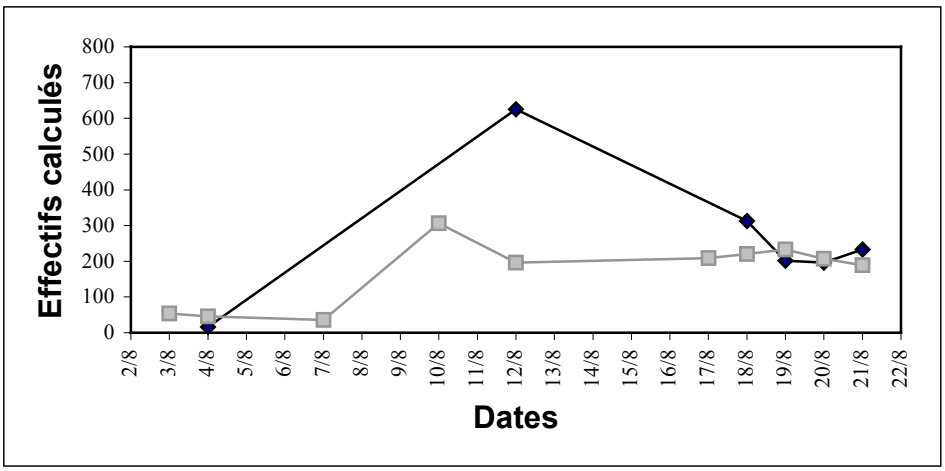

Figure 8. Estimations de l'effectif de *Bombus sylvarum* pour le Col de Rigat. En noir par la méthode de Jolly & Seber, en gris par celle de Petersen.

On remarque que les estimations obtenues avec la méthode de Jolly & Seber sont supérieures à celles obtenues avec la méthode de Petersen aussi bien pour la Serra de Llo que pour le Col de Rigat.

Le pic des effectifs estimés se situe entre le 18 et le 19 août à la Serra de Llo et entre le 09 et le 13 août au Col de Rigat.

4.1.3. Indicateurs de changement de l'effectif de la population

Une estimation de l'accroissement ou de la diminution de l'effectif de la population peut être estimée sur un intervalle de 3 jours. Les résultats sont consignés dans les tableaux 11 et 12.

Tableau 11. Variation de la taille de la population à la Serra de Llo

Date	Indice pour la Serra de Llo
7, 8 et 9 août	$S^+ = 0,76$
18, 19, 20 août	$S^- = 0,80$

Où S^+ et S^- sont respectivement des taux de survie positifs et négatifs de la population.

On remarque qu'entre le 7 et le 9 août, la population de *Bombus sylvarum* à la Serra de Llo est en expansion; elle décroît entre le 18 et le 19.

Tableau 12. Variation de la taille de la population au Col de Rigat

Date	Indices pour le Col de Rigat
10, 12 et 14 août	$S^- = 0,62$
18, 19 et 20 août	$S^+=0,96$
20,21 et 22 août	$S^+=0,9$

Où S^+ et S^- sont respectivement des taux de survie positifs et négatifs de la population.

Par analogie à ce qui se passe à Llo, on remarque que la population de *Bombus sylvarum* au Col de Rigat diminue entre le 10 et le 12 août et augmente très légèrement entre le 18 et le 20 ainsi qu'entre le 20 et le 21 août.

4.1.4. Comparaison des estimations d'effectifs absolus et calcul de densités

Les résultats du marquage indiquent que l'effectif de la population de la Serra de Llo est environ 1,5 fois supérieure à celui du Col de Rigat. De même, qu'on utilise la formule de Petersen ou celle de Jolly & Seber, on constate toujours un effectif plus important à la Serra de Llo. Les surfaces de sites étant comparables, les gammes de densité sont également supérieures à la Serra de Llo. A la Serra de Llo, la densité estimée de *B. sylavrum* est comprise entre 135 et 579 individus par hectare. Au Col de Rigat, on obtient une densité estimée entre 10 et 439 individus par hectare. Iserbyt (2000) signale que 80% de l'effectif relatif de *Bombus sylvarum* observé à Eyne en 1999 (130 spécimens) butine entre 1580m et 1622m. La station du Col de Rigat est en dessous de cette gamme d'altitude (1345m) mais l'altitude de la Serra de Llo (1599m) est incluse dans cet intervalle. L'effectif moindre observé à Eyne pourrait s'expliquer par l'altitude de cette station.

4.1.5. Extrapolation de la population totale de *Bombus sylvarum* au Col de Rigat

Au Col de Rigat 5 nids de *Bombus sylvarum* ont été localisés au moyen d'un positionneur GPS (Fig 9.); 2 ont été prélevés. Le premier, en surface, était en forme de dôme facilement accessible. Il a été récolté le 14 août et contenait une vingtaine d'ouvrières, dont une seule marquée et la reine fondatrice. Le second nid a été excavé le 20 août, il était souterrain à une profondeur d'environ 20 cm et disposait d'une galerie sinueuse. Il abritait 42 ouvrières, dont 10 marquées et la reine fondatrice.

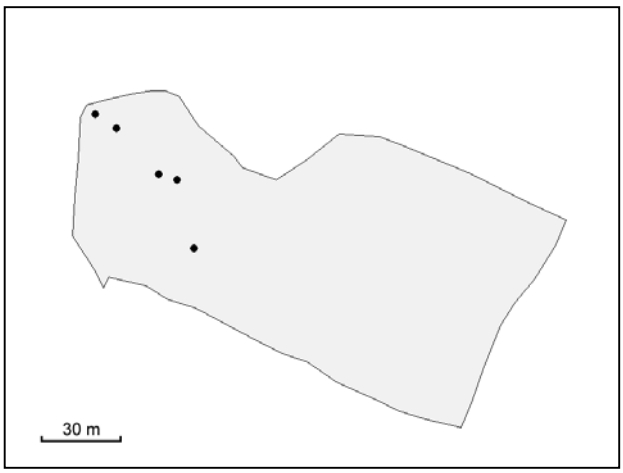

Figure 9. Localisation des 5 nids sur la station du Col de Rigat. En grisé, le pourtour de la zone étudiée.

En utilisant le nombre d'individus marqués par nid et les données du marquage, on peut estimer grossièrement la population totale d'ouvrières au Col de Rigat. Le terme « population totale » reprend à la fois les ouvrières butineuses et les intranidales c'est-à-dire celles qui ne sortent jamais du nid. Cette extrapolation est basée sur deux approximations. La première est l'estimation de l'effectif de la population présente sur le site à ces deux dates. La seconde est l'hypothèse selon laquelle des nids sont distribués de façon homogène sur toute la surface du site alors que ceux-ci sont souvent concentrés dans des aires de nidification (Skovgaard, 1936, cité par Tëras, 1983). Les résultats de cette extrapolation sont présentés dans le tableau 13. Lorsqu'on les compare à ceux estimés au moyen des méthodes de capture-marquage-recapture, on constate une différence d'un facteur 10 entre les ordres de grandeurs.

Tableau 13. Estimation de la population totale de *Bombus sylvarum* au Col de Rigat les 14 et 20 août

Date du prélèvement	Nombre d'individus marqués par nid	Nombre total d'individus par nid	Nombre d'individus marqués du début de l'étude jusqu'au jour du prélèvement	Estimation de la population totale d'ouvrières
14 août	1	21	170	3570
20 août	10	42	336	1411

4.1.6. Estimation de la biomasse de *Bombus sylvarum* sur les sites d'étude

Le poids d'une ouvrière de bourdon est de l'ordre de 0,1 gr. La biomasse de *Bombus sylvarum* par hectare est donc comprise entre 0,01 et 0,06kg à la Serra de Llo et entre 0,001 et 0,04 kg au Col de Rigat.

4.1.7. Evaluation de l'effectif, de la densité et de la biomasse des espèces écologiquement similaires à *Bombus sylvarum*

Selon les données de Rasmont (1988), Patiny (1995) et Iserbyt (2000) (tableau 4), l'effectif de *B. sylvarum* représente 6 à 11% de l'effectif total de son groupe écologique. Les estimations d'effectif s'étalent de 15 à 625 individus au Col de Rigat et de 180 à 770 à la Serra de Llo. Une extrapolation à l'ensemble des espèces de bourdons appartenant au groupe écologique de *B. sylvarum* donne un total compris entre 250 et 5682 individus au Col de Rigat et entre 3000 et 7000 à la Serra de Llo. Les densités et biomasses correspondantes sont présentées dans le tableau 14.

Tableau 14. Densités et biomasses de l'ensemble des bourdons appartenant au groupe écologique de *Bombus sylvarum* sur les sites étudiés

Sites	Effectif estimé	Densité (individu par ha)	Biomasse (kg par ha)
Col de Rigat	250 à 5682	176 à 3996	0,02 à 0,4
Serra de Llo	3000 à 7000	2259 à 5271	0,2 à 0,5

4.2. Choix floraux de Bombus sylvarum

4.2.1. Espèces butinées par *Bombus sylvarum*

Dans le tableau 15 figure la liste des plantes butinées par les différentes castes de *Bombus sylvarum* sur les deux sites d'étude.

Au Col de Rigat, les ouvrières butinent surtout les Fabaceae (56% des observations d'ouvrières et 62% de celles des reines). Par contre les mâles sont surtout capturés sur les Compositae (83% des observations). A la Serra de Llo, 93% des captures des ouvrières, 100% de celles des reines et 55% de celles des mâles ont été réalisées sur la famille des Scrophulariaceae.

Tableau 15. Choix floraux des individus selon leur caste

	Col de Rigat			Serra de Llo		
	Ouvrières	Femelles	Mâles	Ouvrières	Femelles	mâles
Boraginaceae	**13**					
Echium vulgare	13					
Cistaceae	**2**			**1**		
Helianthemum nummularium	2			1		
Compositae	**172**	**2**	**5**	**28**		**2**
Carlina acanthifolia				13		2
Centaurea (jacea et scabiosa)	170	2	5	8		
Cirsium acaule				7		
Cirsium eriophorum	1					
Tanacetum vulgare	1					
Dipsacaceae	**39**		**1**	**2**		**2**
Knautia arvensis	34		1			
Scabiosa columbaria	5			2		2
Fabaceae	**369**	**5**		**15**		
Anthyllis vulneraria	4					
Genista tinctoria	1					
Lathyrus pratensis	20					
Lotus corniculatus	15					

(suite)	**Col de Rigat**			**Serra de Llo**		
	Ouvrières	Femelles	Mâles	Ouvrières	Femelles	mâles
Ononis spinosa	235	5		4		
Trifolium montanum	1			2		
Trifolium pratense	2			8		
Trifoilum repens				1		
Vicia cracca	91					
Hypericaceae	**4**					
Hypericum perforatum	4					
Labiatae	**56**	**1**		**1**		
Origanum vulgare	8					
Prunella grandiflora	36	1				
Lamium album	11					
Thymus sp.	1			1		
Orobanchaceae				**2**		
Orobanche sp.				2		
Plumbaginaceae	**1**					
Armeria arenaria	1					
Scrophulariaceae	**4**			**673**	**2**	**5**
Euphrasia sp.	1			507		4
Rhinanthus mediterraneus	2			166	2	1
Verbascum lychnitis	1					
Totaux	**660**	**8**	**6**	**722**	**2**	**9**

4.2.2. Estimation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour ses ressources

Remarque: la fidélité de *Bombus sylvarum* pour ses ressources a été estimée à partir des données concernant les bourdons recapturés au moins quatre fois.

4.2.2.1 Fidélité des individus de l'espèce

La fidélité des individus à une même plante est présentée dans la tableau 16.

Tableau 16. Fidélité des individus vis à vis d'une ressource

	Serra de Llo	**Col de Rigat**
Pourcentage d'individus butinant toujours la même plante	58%	22%
Pourcentage d'individus butinant plus de 75% du temps sur la même plante	70%	35%
Pourcentage d'individus butinant plus de 50% du temps sur la même plante	92%	84%

Données issues des tableaux des annexes I et II

4.2.2.2. Représentation de la fidélité au moyen d'éthogrammes

Les probabilités de passage représentées par les flèches des figures 10, 11, 12 et 13 ainsi que les pourcentages de captures pour chacun des taxons sont répertoriés dans les annexes III, IV, V et VI.

Au Col de Rigat (figures 10 et 11), *B. sylvarum* butine 8 familles de plantes: les Fabaceae, les Compositae, les Labiatae, les Dipsacaceae, les Boraginaceae, les Scrophulariaceae, les Cistaceae et les Hypericaceae. Les Fabaceae et les Compositae expliquent à elles seules 84% des observations.

Une ouvrière qui vient de butiner une Fabaceae a une probabilité de 0,66 de butiner à nouveau une plante de cette famille. De même pour les Compositae mais avec une probabilité de 0,75.

Les Boraginaceae ne représentent que 1,5% des observations mais les ouvrières qui butinent cette famille ont autant de chance d'y revenir que de passer sur une Fabaceae ou une Dipsacaceae.

Lorsqu'un individu butine une Labiatae (6,9% des observations), il a une probabilité de 0,5 de passer sur un spécimen de la même famille. Cependant, on n'observe jamais deux transitions successives d'un genre à l'autre ni de *Lamium* vers *Lamium* ou d'*Origanum* vers *Origanum*. Les successions du genre *Prunella* vers le genre *Prunella* ont une probabilité de 0,75.

Les Dipsacaceae ne couvrent que 5,4% des observations de visite mais on observe néanmoins des successions Dipsacaceae - Dipsacaceae (probabilité de 0,08).

A la Serra de Llo (figure 12 et 13), *B. sylvarum* ne butine que quatre familles de plantes: les Scrophulariaceae, les Dipsacaceae, les Compositae et les Fabaceae. De plus, 87% des observations ont été réalisées sur les Scrophulariaceae. Lorsqu'un individu quitte une Scrophulariaceae, il a une probabilité de 0,89 de butiner à nouveau une plante de cette même famille.

Même si les Compositae ne représentent que 8% des observations, un individu qui vient de butiner sur cette famille a une probabilité de 0,6 d'y retourner. Sur la figure 10, on constate que cette affirmation est valable pour les genres *Carlina* (probabilité de 1) et *Centaurea* (0,5), mais pas pour les genres *Scabiosa* (0,25) et *Cirsium* (0).

Aucun individu n'a été observé deux fois de suite butinant une plante de la famille des Fabaceae.

Les Dipsacaceae ne représentent que 3,68% des observations mais la probabilité qu'a un individu de revenir sur une plante de cette famille quand il en quitte une est de 0,25.

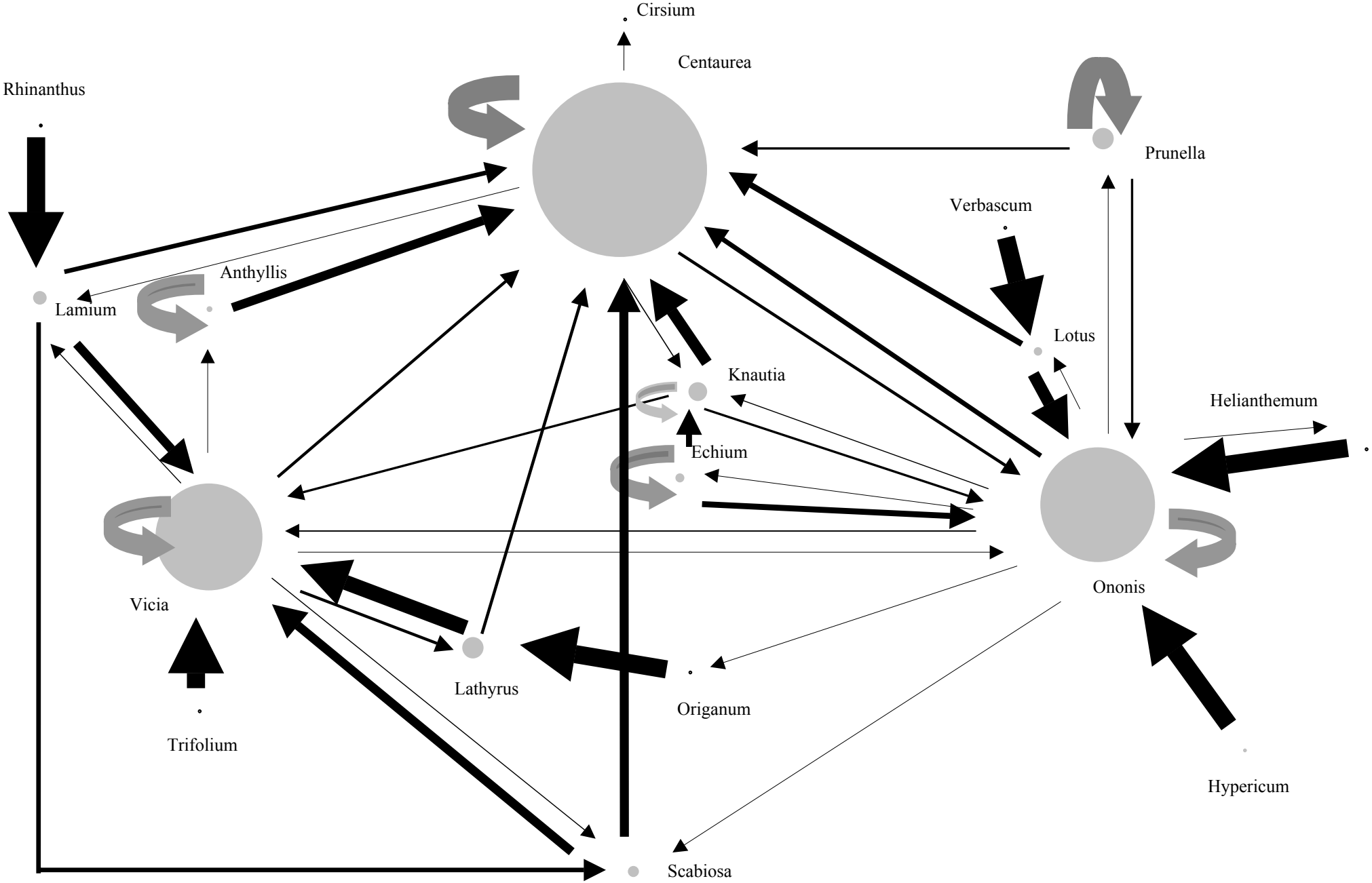

Figure 10. Représentation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour les genres de plantes butinés au Col de Rigat.

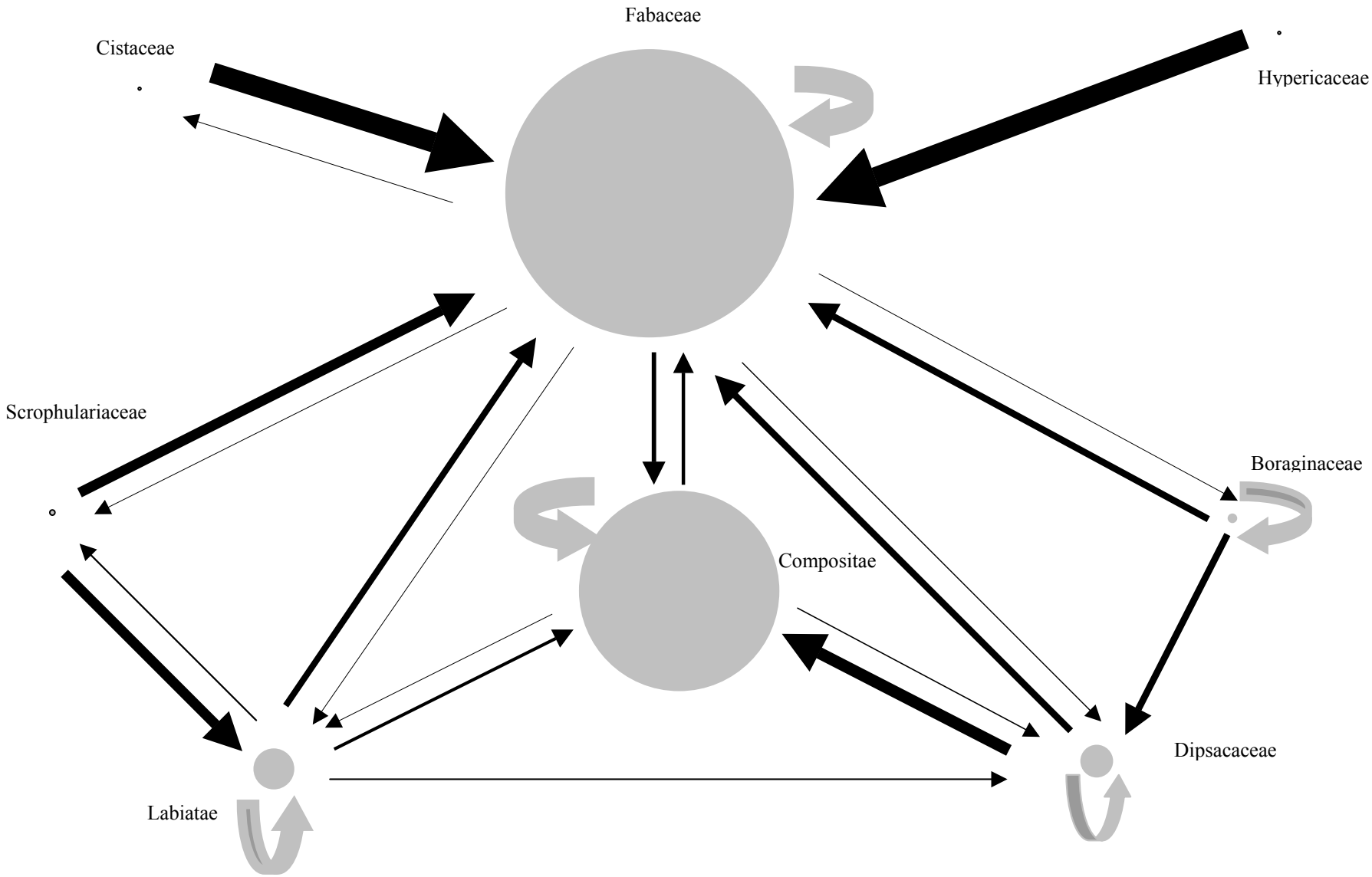

Figure 11. Représentation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour les familles de plantes butinés au Col de Rigat.

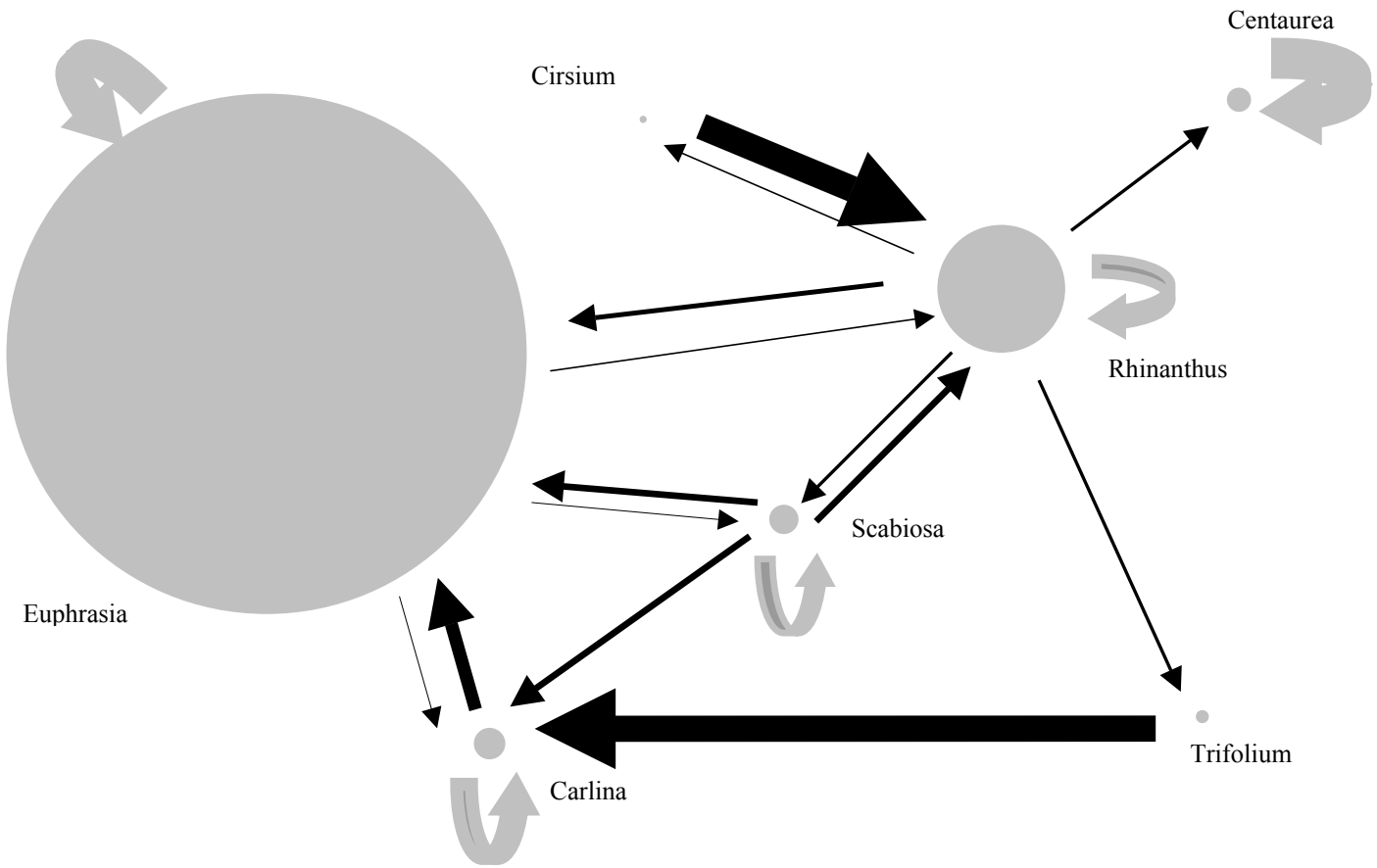

Figure 12. Représentation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour les genres de plantes butinés à la Serra de Llo.

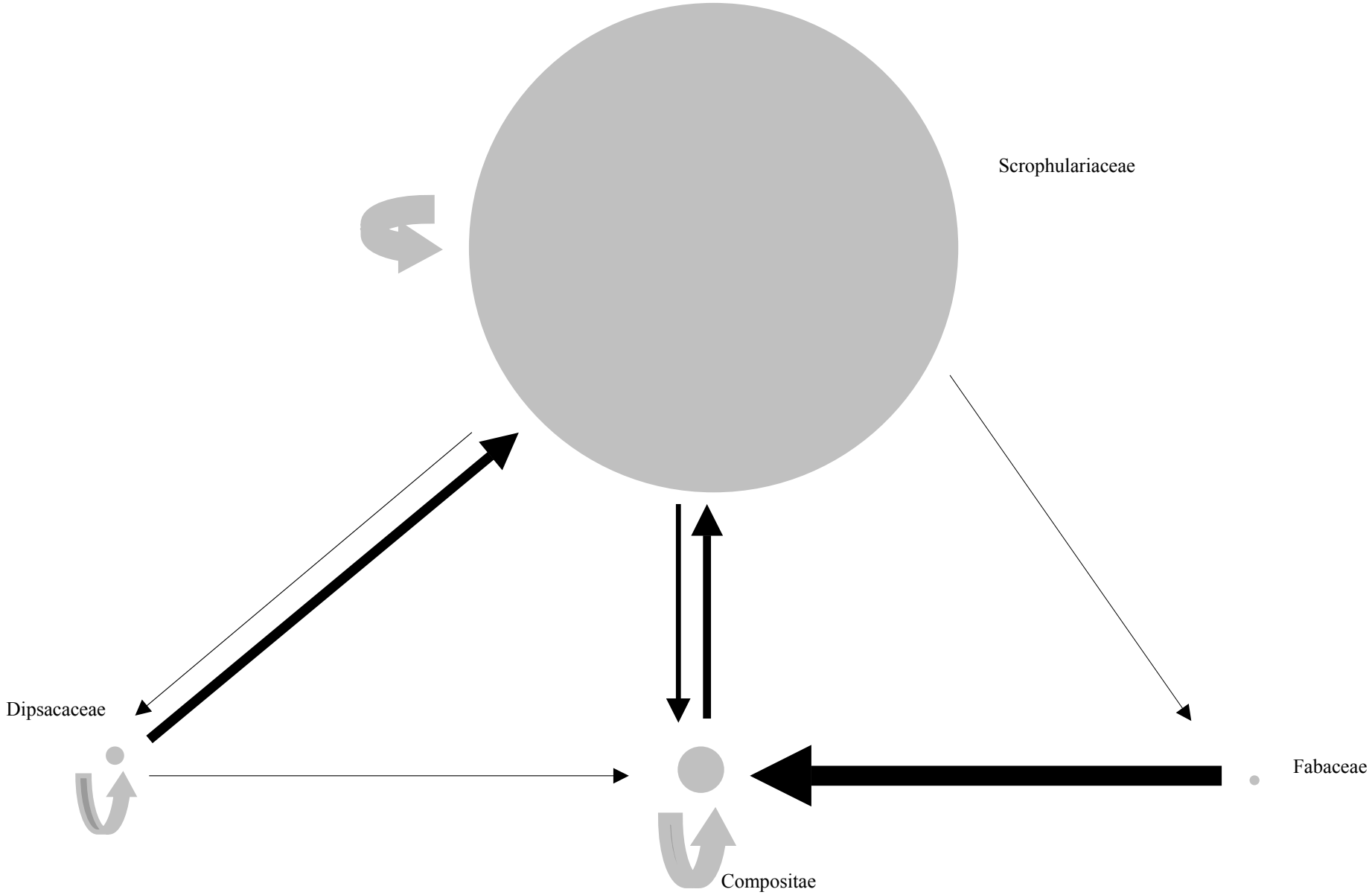

Figure 13. Représentation de la fidélité de *Bombus sylvarum* pour les familles de plantes butinés à la Serra de Llo.

4.3. Durée d'observation des individus marqués

Les données sur la durée d'observation des individus capturés plus d'une fois dans l'étude sont synthétisées dans le tableau 17. On constate que 90% des individus ont été observés moins de 14 jours.

Tableau 17. Statistique relative aux durées d'observations des individus

	Nombre de jours
Durée maximale observée entre le marquage et la dernière recapture	28 jours
Médiane des durées d'observation des individus	4 jours
Premier décile	1 jour
Dernier décile	13 jours

Bombus sylvarum et *Bombus humilis* sont deux espèces écologiquement et éthologiquement très proches ("*carder-bees*" du genre *Thoracobombus*). Si on se réfère à la bibliographie (Goldblatt & Fell, 1987), on constate que *Bombus humilis* a une longévité moyenne de 25 jours. Dans le présent travail, la durée maximale observée entre la date de marquage et celle de la dernière recapture (28 jours) semble donc correspondre avec la longévité moyenne des ouvrières de l'espèce étudiée.

5. Discussion générale

5.1. Validité des méthodes

Les conditions d'application de la méthode de Petersen sont loin d'être respectées lors de l'étude de la population de *Bombus sylvarum*. La formule est applicable en population fermée, c'est-à-dire une population dont la taille ne varie pas durant la période d'observation (2 jours). Les effets de naissance, mort et migration devraient donc y être négligeables pendant la durée de l'échantillonnage (Krebs, 1989). Or, une ouvrière qui reste à l'intérieur du nid pendant l'échantillonnage quitte momentanément la population. Certaines ouvrières ne butinent que très rarement. Si l'une d'entre elles est marquée, il y a très peu de chance pour qu'elle soit recapturée le lendemain, la population serait alors surestimée. D'autre part, le site étant délimité arbitrairement, les ouvrières participant à l'effectif du milieu butinent aussi bien d'un côté de la limite que de l'autre.

La méthode de Jolly & Seber, applicable aux populations ouvertes, donne une estimation plus proche des conditions d'application donc, à priori, de la réalité. Néanmoins, la méthode impose que les conditions de travail (durée de marquage et de capture, conditions climatiques, nombre de récolteurs) soient constantes pendant trois périodes d'échantillonnages consécutives.

Une méthode d'estimation vraiment fiable serait le comptage de l'ensemble des nids présents sur le site mais ceux-ci étant souterrains, cette démarche n'est pas réalisable (Teräs, 1983; Duhayon, 1992).

Pour chaque période d'observation, la population présente sur le site a pour seuil inférieur le nombre d'individus marqués ou recapturés mais les méthodes de calcul ne donnent qu'une estimation approximative de l'effectif réel de la population.

5.2. Effectifs et densités de population

Les densités estimées pour *B. sylvarum* sont comprises entre 10 et 440 individus par hectare au Col de Rigat (1345m) et entre 140 et 580 individus par hectare à la Serra de Llo (1599m). Pour l'ensemble des espèces partageant les caractéristiques écologiques de *B. sylvarum*, les densités en bourdons par hectare vont de 180 à 4000 au Col de Rigat (1345m) et de 2260 à 5270 à la Serra de Llo (1599m).

Dans les Pyrénées, Banaszak (1996) observe une densité de 600 spécimens de bourdons par hectare et par jour dans des pelouses xérothermiques à une altitude de 1000m et de 700 dans les prés de fauche à 1660m. Les résultats discutés ici semblent donc représenter des densités sensiblement plus élevées que celles observées par cet auteur.

Il n'est pas possible de comparer les effectifs absolus estimés avec ceux obtenus par Ponchau (2002) concernant *B. gerstaeckeri* car les modes de vie des deux espèces sont très différentes. *B. gerstaeckeri* est un bourdon monolectique, à partir de la localisation de tous ses sites de butinage, l'évaluation de l'effectif a pu être étendue à la vallée entière. Etant donné la diversité florale des prés de fauche (Vandenbergh, 2002) et la large gamme de plantes butinées par *B. sylvarum*, il n'est pas possible d'estimer son effectif pour l'entièreté de la commune d'Eyne. L'ordre de grandeur de la population de *B. gerstaeckeri* est la dizaine pour une surface de 20 km^2. L'effectif de *B. sylvarum* se chiffre en centaines par surface de deux hectares. Il y a donc une différence de 3 ordres de grandeur entre les deux populations. En outre, il semble que les individus d'une colonie de *B. gerstaeckeri* participent tous à la récolte de nourriture (Ponchau, 2002) ce qui n'est pas le cas chez *Bombus sylvarum*. Pour cette dernière, seules les butineuses sont marquées et prises en compte dans les calculs d'estimation d'effectifs, cela sous-estime la population totale et donc la biomasse.

Les biomasses des populations de bourdons présentes sur les sites d'étude sont comparables à celles des mammifères. En effet, Duvigneaud évalue la biomasse de chevreuil d'une forêt ardennaise à 0,5 Kg/ha (cité par Ramade, 1991) ce qui correspond aux valeurs obtenues pour l'ensemble de la faune de bourdons caractéristiques des prés de fauche. De même, Duhayon (1992) conclut que la place énergétique des Apoïdes dans l'écosystème est comparable à celle du groupe des mammifères herbivores et inférieure à celle des oiseaux.

5.3. Choix floraux

Les auteurs cités dans le tableau 2 donnent une liste des préférences alimentaires de *B. sylvarum* variable selon les régions d'étude. Au Col de Rigat, la famille la plus butinée par les ouvrières est celle des Fabaceae suivie des Compositae puis des Labiatae, ces préférences sont en accord avec celles observées par Ruszkowski (1970), Steffny *et al.* (1984), Teräs (1985), Rasmont (1988) et Edwards (1998). Par contre, à la Serra de Llo, *B. sylvarum* butine essentiellement sur les Scrophulariaceae (*Rhinanthus pumilus* et *Euphrasia* sp.), aucun auteur ne cite cette famille comme étant particulièrement recherchée par l'espèce.

Les genres de plantes les plus butinés à la Serra de Llo (Euphrasia et Rhinanthus) ne sont que peu ou pas butinés au Col de Rigat (1 observation sur le genre Rhinanthus (Annexe II)). De même, les genres les plus visités au Col de Rigat (Centaurea, Ononis et Vicia) le sont peu ou pas à la Serra de Llo (4 observations sur le genre Centaurea).

Bombus sylvarum est donc capable de modifier ses choix en fonction des conditions locales. Par contre, une fois ses choix effectués, il monopolise son attention sur un petit nombre d'espèces. En le classant parmi les espèces mésolectiques, Rasmont (1988) met déjà en évidence ses choix vis à vis de certaines familles ou espèces de plantes favorites et sa capacité à butiner sur quelques autres taxons si les conditions du milieu l'exigent.

5.4. Structure des nids de *Bombus sylvarum*

En accord avec Sladen (1912), Bellman (1999), Benton (2000) et Rasmont *et al.* (en préparation) on constate que les nids de *B. sylvarum* peuvent être souterrains ou épigés. Les effectifs des nids prélevés dans la nature sont en accord avec les observations d'Alford (1975) et de Benton (2000) selon lesquels le nombre d'ouvrières ne dépasse jamais la centaine. Hoffer (1883) constate des nids contenant jusqu'à 600 cellules en Autriche, mais aucun des 2 nids prélevés à Eyne ne contenaient plus de 100 cellules.

5.5. Statut de conservation

Bombus sylvarum est en disparition dans plusieurs régions. Son abondance dans les Pyrénées et la variabilité de son régime alimentaire laissent penser que la cause de cette régression est une détérioration écologique importante. Rasmont (1988) met en cause la disparition des Fabaceae et des Compositae ainsi que l'altération des terrains ouverts. Dans le tableau 15, on constate que les ouvrières de *Bombus sylvarum* au Col de Rigat butinent essentiellement sur les Fabaceae et les mâles sur les Compositae. De même les données des auteurs repris dans le tableau 2 indiquent que les 2 familles de plantes les plus butinées par *B. sylvarum* sont également les Fabaceae et les Compositae. Dylewska (1957), Löken (1973), Ranta & Tiainen (1982) et Iserbyt (2000) s'accordent pour classer *B. sylvarum* parmi les espèces de milieux ouverts. Il semble donc normal que la raréfaction des Fabaceae, des Compositae et des milieux ouverts soient à l'origine de la régression de cette espèce.

6. Conclusion

L'effectif de la population de *B. sylvarum*, sur les sites étudiés, est estimé à plusieurs centaines par hectare. Bien qu'abondante, cette espèce ne représente que 6,2% de toutes celles qui visitent les prés de fauche de la commune d'Eyne (Iserbyt, 2000). Dans les prés de fauche étudiés, la densité de bourdons par hectare est de ce fait de l'ordre du millier.

La biomasse estimée de *B. sylvarum* varie entre 0,001 kg/ha et 0,06 kg/ha. Celle de l'ensemble des espèces butinant dans les prés de fauche varie de 0,02 kg/ha et 0,5 kg/ha.

Les choix alimentaires de *B. sylvarum* couvrent un grand nombre d'espèces florales. Néanmoins, sur les sites de butinage, les ouvrières choisissent un petit nombre de taxons abondants, et s'y fidélisent. Les taxons choisis varient très fortement d'un site à l'autre.

7. Bibliographie

Alford, D.V., 1975. *Bumblebees*. Davis-Poynter, London, XII + 352pp., 16 pls.

Banaszak, J. & T., Manole, 1987. Diversity and density of pollinating insects (Apoidea) in the agricultural landscape of Rumania. *Polskie Pismo Entomologiczne*, 57: 747-766.

Banaszak, J., **1980.** Studies on methods of censusing the number of bees (Hymenoptera, Apoidea). *Pol. Ecol. Stud.*, 6,2: 335-366.

Banaszak, J., 1996. Variability in density of bumblebees in Europe (Hymenoptera: Apoidea: *Bombus* Latr.). *Polish Journal of Entomology*, 65: 21-31.

Barbier, Y. & P. Rasmont, 2002. *Carto-Fauna-Flora, logiciel de cartographie de données biogéographiques*. *Version 2.0*. Université de Mons-Hainaut, 59pp, 1 CD-rom.

Barbier, Y., P. Rasmont, M. Dufrêne & J.-M. Sibert, 2002. *Data-Fauna-Flora*. *Version* 2.0. Université Mons-Hainaut, 106pp, 1CD-rom.

Bellman, H., 1999. *Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe. L'identification, le comportement, l'habitat*. Delachaux et Niestlé S.A., Lausanne (Switzerland)-Paris, 336pp.

Benton, T., 2000. *The bumblebees of Essex*. Lopinga Books, Essex, 204pp.

Berezin, M.V., V.B. Beiko & N.V. Berezina, 1995. Bumble bees of the Moscow region. *Entomologist's Monthly Magazine*, 131: 259-268.

Blower, J.G., L.M. Cook & J.A. Bishop, 1981. *Estimating the size of animal populations*. George Allen & Unwin Limited, London, 128pp.

Coste, H., 1990. *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Librairie scientifique et technique Albert Blanchard*, tome I: 416pp, tome II: 627pp, tome III: 807pp.

Delmas, R., 1976. Contribution à l'étude de la faune française des Bombidae (Hymenoptera, Apoidea, Bombidae). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 12*:* 247-290.

Duhayon, G., 1992. *Effectifs et densités des populations de grands Apoïdes (Hymenoptera, Apoïdea:* Bombus, Xylocopa, Habropoda*) du sud de la France.* Mémoire de licence, Université Mons-Hainaut, 121pp.

Durieux, E.A., 2000. *Etude des choix floraux des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la vallée d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales)*. Mémoire de licence, Université Mons-Hainaut, 101pp.

Dylewska, M., 1957. The distribution of the species of genus *Bombus* latr. In Poland. *Acta Zoologica Cracoviensa*, 2(12):259-278.

Edwards, M., 1998. *U.K. B.P.A. Bumblebee Working Group Report, 1998.* Unpublished report, 45pp.

Garofalo, C.A., 1976. *Evoluçao do comportamento social visualizada através da ecologia de Bombus morio (Hymenoptera, Bombinae)*. PhD thesis, Universidade de Sao Paulo, Ribeirao Preto, Brasil.Cité par Silva Matos & Garofalo (2000).

Garofalo, C.A., 1978. Bionomics of *Bombus* (*Fervidobombus*) *morio*. 2. Body size and length of workers. *Journal of Apicultural Research*, 17:130-136.

Godeau, J.F., 1995. *Choix floraux des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de l'Aveyron et de la Lozère (France, Massif Central).* Mémoire de licence, Université Mons-Hainaut, 65pp.

Goldblat, J.W. & R.D. Fell, 1987. Adult longevity of the bumblebees *Bombus fervidus* (F.) and *Bombus pennsylvanicus* (De Geer) *(*Hymenoptera: Apidae). *Canadian Journal of Zoology*, 65: 2349-2353.

Heinrich, B., 1976. Ressources partitioning among some eusocial insect: Bumblebees. *Ecology,* 57: 874-889.

Hoffer, E., 1883. *Die Hummeln Streiermarks.* II. Half. Leuschner & Lubensky, Graz, 98 pp, A + 1-5 pls.

Iserbyt, S., 2000. *Ecologie des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales*). Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 97pp.

Iserbyt, S., E.A. Durieux & P.Rasmont, 2002. The bumblebees (Hymenoptera, Apoidea, *Bombus* Latr.) of the Eyne valley (France, East-Pyrenees), p.127. *Comptes-rendus du 9th Benelux congress of Zoology Friday 8 - Saturday 9 November 2002,* University of Antwerp, Belgium.

Katayama, E., 1996. Survivorship curves and longevity for workers of *Bombus ardens* Smith and *Bombus diversus* Smith (Hymenoptera, Apidae*)*, *Japanese Journal of Entomology*, 64: 111-121.

Krebs, C.J., 1989. *Ecological methodology*. Harper and Row, New York, 653pp.

Kruseman, G., 1958. Notes sur les bourdons pyrénéens du genre *Bombus* dans les collections néerlandaises. *Beaufortia,* 6 (72): 161-170, 1pl.

Löken, A., 1973. Studies on Scandinavian Bumblebees (Hymenoptera, Apidae). *Norsk Entomologisk Tidsskrift,* 20 (1): 1-218.

Mapinfo Professional version 5.5, 1999. Mapinfo Corporation Troy, New-York.

Mayr, E., 1963. *Animal species and evolution*. The Belkap press of Harvard university press, 697pp.

Ornosa Gallego, C., 1984. *La subfamilia Bombinae (Hymenoptera, Apidae) de la fauna espanola*. Thèse de doctorat, Universidad Complutense de Madrid, 333pp.

Patiny, S., 1995. *Biogéographie et écologie des bourdons (Hymenoptera, Apidae) des départements de Lozère et d'Aveyron (France, Massif Central)*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 82pp.

Peeters, T.M.J., I.P. Raemakers & J. Smit, 1999. *Voorlopige atlas van de Nederlandse bijen (Apidae).* European invertebrate Survey Nederland, Leiden, 230pp.

Pekkarinen, A., 1984. Ressource partitioning and coexistence in bumblebees (Hymenoptera, Bombinae). *Acta Zoologica Fennica*, 158:1-60.

Piek T., 1990. Estimation of local population size of *Megascolia flavifrons* (Hymenoptera: Scoliidae). *Entomologische Berichten, Amsterdam*, 50(10): 146-148.

Ponchau, O., 2002. *Structure de la population de* Bombus gerstaeckeri *(Hymenoptera, Apidae) dans la Vallée d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales).* Mémoire de licence, Université Mons Hainaut, 57pp.

Ramade, F., 1991. *Eléments d'écologie, écologie fondamentale*. Mac Graw Hill, Paris, 403pp.

Ranta, E. & M. Tiainen, 1982. Structure in seven bumblebee communities in eastern Finland in relation to resource avilability. *Holarctic Ecology*, 5: 48-54.

Rasmont, P., 1988. *Monographie écologique et zoogéographique des bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux, 371pp.

Rasmont, P., E.A. Durieux, S. Iserbyt & M. Baracetti, 2000. Why are there so many bumblebees species in Eyne (France, Pyrénées-Orientales) ? p.83-92 in *Proceeding of the first specialists' Meeting on insect Pollination in Greenhouses Soesterberg, The Netherlands, 29 September to 3 October 1999. Utrech, Universiteit Utrecht, 220pp.*

Rasmont, P. & P. Mersch, 1988. Première estimation de la dérive faunique chez les bourdons de la Belgique (Hymenoptera, Apidae). *Annales de la Société royale Zoologique de Belgique,* 118(2): 141-147.

Rasmont, P., J.C. Verhaeghe, R. Rasmont & M. Terzo (en préparation). *West-Palearctic bumblebees.* Apollo, Svenstrup, 400pp + 38 pls, 300 figs.

Reinig, W.F., 1972. Ökologische Studien an mittel- und südosteuropäischen Hummeln (*Bombus* Latr., 1802; Hym., Apidae). *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 60:1-56.

Rodd F.H., R.C. Plowright & R.E. Owen, 1980. Mortality rates of adult bumblebee workers (Hymenoptera, Apidae*). Canadian Journal of Zoology,* 58:1718-1721.

Rokstein, M., 1950. Longevity in the adult worker honeybee. *Annals of the Entomological Society of America,* 43: 152-154.

Rousseau, S., 1994. *Les relations coadaptatives des Aconits (Ranunculaceae, Aconitum L.) de Belgique et des pyrénées avec leurs bourdons pollinisateurs (Hymenoptera, Apidae, Bombinae).* Mémoire de Licence, Université Mons-Hainaut, 52pp.

Ruszkowski, A., 1970. Rosliny pokarmowe i znaczenie gospodarce trzmiela rudoszarego-*Bombus sylvarum ((L.)* szarego- *B. equestris(F.)* i rudonogiego- *B. ruderarius (Mûll.) [*Food plants and economical importance of bumblebees from the species *Bombus sylvarum* (L.), *B.equestris* (F.) and B. *ruderarius (Müll.)]. Pamietnik Pulawski,* Suppl., 37: 3-32

Sakagami, S.F. & H. Fukuda, 1968. Life tables for worker honeybees. *Researches on Popululation Ecology*, 10: 127-139.

Sladen, F.W.L., 1912. *The humble-bee, its life history and how to domesticate it*. Macmillan, London, 283pp.

Silva-Matos E.V. & C.A. Garofalo, 2000. Worker life table, survivorship, and longevity in colonies of *Bombus* (*Fervidobombus*) *atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biologica Tropical*, 48 (2/3): 657-664.

Skovgaard, O.S., 1936. Rodkloverens bestovning, humlebier og humleboer. *Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, Naturv. Math. Afd.,* 6(9): 1-140.

Steffny, H., A. Kratochwil & A. Wolf, 1984. Zur Bedeutung verschiedener Rasengesellschaften für Schmetterlinge (Rhophalocera, Hesperiidae, Zygaenidae) und Hummeln (Apidae*, Bombus*) im Naturschutzgebiet Taubergiefsen (Oberrheinebene). *Natur und Landschaft*, 59(11): 435-443.

Teräs, I., 1983. Estimation of bumblebee densities (*Bombus*: Hymenoptera, Apidae). *Acta entomologica Fennica*, 42: 103-113.

Teräs, I., 1985. Food plants and flowers visits of bumblebees (Bombus: Hymenoptera, Apidae) in southern Finland. *Acta Zoologica Fennica*, 179:1-120.

Vandenbergh, M., 2002. *Faune pollinisatrice des prés de fauche à centaurées (Asteraceae) de la Cerdagne (Pyrénées-Orientales, France)*. Mémoire de licence, Université Mons-Hainaut, 88pp.

Williams, P.H., 1982. The distribution and decline of British bumble bees (*Bombus* Latr.). *Journal of Apicultural Research,* 21(4): 236-245.

Annexe I. Choix floraux des individus de *Bombus sylvarum* recapturés plus de 4 fois à la Serra de Llo (Llo, Pyrénées-Orientales).

Numéro d'identification du bourdon	**Totaux**	CARLINA ACANTHIFOLIA	CENTAUREA SP.	CIRSIUM ACAULE	EUPHRASIA ALPINA	RHINANTHUS MEDITERRANEUS	SCABIOSA COLUMBARIA	TRIFOLIUM PRATENSE	TRIFOLIUM REPENS	**% Pourcentage de recaptures sur la plante principale**
Br50	5				5					**100**
Br64	5	3			1		1			**60**
Br65	5				5					**100**
J88	7				6		1			**86**
JB76	5				3	2				**60**
Jr63	7	3			2	1		1		**43**
Jr74	4				2	2				**50**
Jr80	6				6					**100**
R36	4					4				**100**
R40	4					3		1		**75**
R80	6		2	1		3				**50**
RB74	4				4					**100**
T78	7				7					**100**
T83	4				4					**100**
Tr12	6				6					**100**
Tr13	6				6					**100**
Tr15	6				6					**100**
Tr17	4				4					**100**
Tr21	5				4	1				**80**
Tr37	5				5					**100**
Tr42	5				5					**100**
Tr55	6				6					**100**
V25	5		2			3				**60**
V34	4					2	2			**50**
WR24	6				6					**100**
WR8	5				2	2	1			**40**

Annexe II. Choix floraux des individus *Bombus sylvarum* recapturés plus de 4 fois au col de Rigat (Eyne, Pyrénées-Orientales).

Numéro d'identification du bourdon	**Totaux**	*Anthyllis vulneraria*	*Centaurea scab et jacea*	*Cirsium eriophorum*	*Echium vulgare*	*Helianthemum nummularium*	*Hypericum perfoliatum*	*Knautia arvensis*	*Lathyrus pratensis*	*Lotus corniculatus*	*Ononis spinosa*	*Origanum vulgare*	*Prunella grandiflora*	*Rhinanthus mediterraneus*	*Scabiosa columbaria*	*Sideritis sp.*	*Trifolium pratense*	*Verbascum sp.*	*Vicia cracca*	**Pourcentage de recaptures sur la plante principale**
B14	5		1	1															3	**60**
B16	5														1				4	**80**
B6	6		2												1	2			1	**33**
B8	4																		4	**100**
Br21	5									1	4									**80**
Br22	4		2								1								1	**50**
Br29	5		2								3									**60**
Br38	6		4								2									**67**
JB12	4		1						2										1	**50**
JB4	8		1					1	1		1				1				3	**37**
JB7	5												5							**100**
Jr12	5		3							1	1									**60**
Jr28	6							2			4									**67**
Jr4	7		4					1			2									**57**
Jr7	7		1			1	1				3								1	**43**
RB13	6		1												1				4	**67**
RW1	7		6								1									**86**
RW15	5		5																	**100**
RW39	4										4									**100**
RW4	4		4																	**100**
RW43	4		4																	**100**
RW5	7		1		3			1			2									**43**
RW7	5		1					1		1	1							1		**20**
T1	8	2	3								1								1	**37**
V1	10		6								2			1		1				**60**
W1	4		2																2	**50**
W17	7								2								1		4	**57**
W25	6															2			3	**50**
W7	7		2																5	**71**
W8	7								2										5	**71**
WB8	4		1										3							**75**
WO11	4		4																	**100**
WO26	4		3					1												**75**
WO43	4		2								2									**50**
WR80	6										6									**100**
WR91	4								1		2	1								**50**
WR94	6		3								3									**50**

Annexe III. Genres butinés par *Bombus sylvarum* au Col de Rigat (Eyne, Pyrénées-Orientales).

Passage de X vers Y	Nombre d'observations	Probabilité de réalisation du passage	Pourcentage des observations faites sur X
Vicia - Vicia	19	0,51	20,59%
Vicia - Centaurea	6	0,16	
Vicia - Scabiosa	2	0,054	
Vicia - Lathyrus	6	0,16	
Vicia - Ononis	1	0,027	
Vicia - Anthyllis	1	0,027	
Vicia - Lamium	2	0,054	
Centaurea - Centaurea	35	0,73	33,82%
Centaurea - Cirsium	1	0,021	
Centaurea - Lamium	1	0,021	
Centaurea - Knautia	3	0,06	
Centaurea - Ononis	8	0,17	
Scabiosa - Vicia	2	0,5	1,96%
Scabiosa - Centaurea	2	0,5	
Lamium - Vicia	2	0,5	2,45%
Lamium - Scabiosa	1	0,25	
Lamium - Centaurea	1	0,25	
Ononis - Ononis	19	0,5	22,06%
Ononis - Lotus	1	0,016	
Ononis - Vicia	1	0,016	
Ononis - Centaurea	10	0,26	
Ononis - Scabiosa	1	0,016	
Ononis - Knautia	2	0,053	
Ononis - Prunella	1	0,016	
Ononis - Helianthemum	1	0,016	
Ononis - Echium	1	0,016	
Ononis - Origanum	1	0,016	
Lotus - Ononis	2	0,67	1,47%
Lotus - Centaurea	1	0,33	
Lathyrus - Vicia	5	0,83	3,92%
Lathyrus - Centaurea	1	0,17	
Knautia - Knautia	1	0,125	3,43%
Knautia - Vicia	1	0,125	
Knautia - Ononis	1	0,125	
Knautia - Centaurea	5	0,625	
Prunella - Prunella	6	0,75	3,92%
Prunella - Ononis	1	0,125	
Prunella - Centaurea	1	0,125	
Hypericum - Ononis	1	1	0,49%
Helianthemum - Ononis	1	1	0,49%
Echium - Echium	1	0,33	1,47%
Echium - Ononis	1	0,33	
Echium - Knautia	1	0,33	
Verbascum - Lotus	1	1	0,49%
Rhinanthus - Lamium	1	1	0,49%
Trifolium - Vicia	1	1	0,49%
Origanum - Lathyrus	1	1	0,49%
Anthyllis - Anthyllis	1	0,5	0,98%
Anthyllis - Centaurea	1	0,5	

Annexe IV. Familles de plantes butinées par *Bombus sylvarum* au Col de Rigat (Eyne, Pyrénées-Orientales).

Passage de X vers Y	Nombre d'observations	Probabilité de réalisation du passage	Pourcentage des observations faites sur X
Fabaceae - Fabaceae	58	0,66	49,50%
Fabaceae - Cistaceae	1	0,011	
Fabaceae - Compositae	19	0,22	
Fabaceae - Dipsacaceae	5	0,057	
Fabaceae - Labiatae	3	0,034	
Fabaceae - Boraginaceae	1	0,011	
Fabaceae - Scrophulariaceae	1	0,011	
Compositae - Fabaceae	8	0,17	34,31%
Compositae - Dipsacaceae	3	0,062	
Compositae - Compositae	36	0,75	
Compositae - Labiatae	1	0,021	
Dipsacaceae - Fabaceae	4	0,33	5,39%
Dipsacaceae - Compositae	7	0,58	
Dipsacaceae - Dipsacaceae	1	0,083	
Labiatae - Fabaceae	4	0,31	6,86%
Labiatae - Dipsacaceae	1	0,077	
Labiatae - Compositae	2	0,15	
Labiatae - Labiatae	6	0,46	
Hypericaceae - Fabaceae	1	1	0,49%
Cistaceae - Fabaceae	1	1	0,49%
Boraginaceae - Boraginaceae	1	0,33	0,02%
Boraginaceae - Fabaceae	1	0,33	
Boraginaceae - Dipsacaceae	1	0,33	
Scrophulariaceae - Fabaceae	1	0,5	0,98%
Scrophulariaceae - Labiatae	1	0,5	

Annexe V. Genres butinés par *Bombus sylvarum* à la Serra de Llo (Llo, Pyrénées-Orientales).

Passage de X vers Y	Nombre d'observations	Probabilité de réalisation du passage	Pourcentage des observations faites sur X
Euphrasia – Euphrasia	71	0,89	69,80%
Euphrasia - Carlina	2	0,025	
Euphrasia - Scabiosa	2	0,025	
Euphrasia - Rhinanthus	5	0,0625	
Carlina - Carlina	1	0,5	4,41%
Carlina - Euphrasia	1	0,5	
Scabiosa - Scabiosa	1	0,25	3,68%
Scabiosa - Rhinanthus	1	0,25	
Scabiosa - Carlina	1	0,25	
Scabiosa - Euphrasia	1	0,25	
Rhinanthus - Rhinanthus	6	0,37	16,90%
Rhinanthus - Euphrasia	3	0,19	
Rhinanthus - Trifolium	2	0,125	
Rhinanthus - Cirsium	1	0,0625	
Rhinanthus - Centaurea	2	0,125	
Rhinanthus - Scabiosa	2	0,125	
Trifolium - Carlina	1	1	1,47%
Cirsium - Rhinanthus	1	1	0,73%
Centaurea - Centaurea	2	1	2,49%

Annexe VI. Familles butinées par *Bombus sylvarum* à la Serra de Llo (Llo, Pyrénées-Orientales).

Passage de X vers Y	Nombre d'observations	Probabilité de réalisation du passage	Pourcentage des observations faites sur X
Scrophulariaceae -Scrophulariaceae	85	0,88	86,76%
Scrophulariaceae - Compositae	5	0,052	
Scrophulariaceae - Dipsacaceae	4	0,042	
Scrophulariaceae - Fabaceae	2	0,021	
Compositae - Compositae	3	0,6	8,09%
Compositae - Scrophulariaceae	2	0,4	
Dipsacaceae - Dipsacaceae	1	0,25	3,68%
Dipsacaceae - Scrophulariaceae	2	0,5	
Dipsacaceae - Compositae	1	0,25	
Fabaceae - Compositae	1	1	1,47%