

Université de Mons-Hainaut
Service de Zoologie
-
Réserve naturelle de la Vallée d'Eyne

Rapport de recherche

Faune pollinisatrice des prés de fauche à centaurees (Asteraceae) de la Cerdagne (Pyrénées-Orientales, France)

Par Mélinda Vandenberg

Promoteur
Prof. P. Rasmont

Le 5 septembre 2002

Remerciements

Il est particulièrement agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé, implicitement ou explicitement, à la réalisation de ce mémoire.

Mes principaux remerciements s'adressent au Professeur P. Rasmont pour m'avoir accueillie dans son service et de m'avoir ainsi permis de travailler sur un groupe animal passionnant. Qu'il soit également remercié pour son aide, ses critiques et conseils constructifs.

Je remercie Messieurs Alain Bousquet (Maire d'Eyne), Michel Baracetti (gestionnaire de la réserve d'Eyne) de m'avoir rendu possible de travailler dans un milieu aussi agréable qu'intéressant. Qu'ils soient également remerciés pour leur accueil et pour les moyens techniques et logistiques mis à notre disposition.

Je remercie Messieurs Y. Barbier, D. Drugmand, D. Michez, A. Pauly, S. Patiny, P. Rasmont, M. Terzo, pour la vérification et la détermination des insectes, ainsi que pour leurs explications et documentations sur les groupes étudiés.

Que Messieurs Lambinon et Baudière soient également remerciés pour la vérification des déterminations des plantes.

Je remercie le Professeur P. Meerts ainsi que le Docteur O. Hardy pour leur documentation sur les centaurées.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux membres du laboratoire de zoologie: Y. Barbier, Y. Djegham, X. Simon, J.-F. Godeau et F. Delmarquette pour leur aide, leurs conseils, leur soutien et leur bonne humeur. Je remercie particulièrement Melle S. Iserbyt pour sa constante attention, son aide précieuse et sa patience.

Je remercie B. Leroy pour sa contribution au travail de terrain.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ne sont pas citées ici, et qui par les gestes les plus simples, ont également contribué à la réalisation de ce travail.

M. Vandenberg, 2002. Faune pollinisatrice des prés de fauche à centaurées (Asteraceae) de la Cerdagne (Pyrénées-Orientales, France). Mémoire de Licence en Zoologie, Université de Mons-Hainaut, Mons, 90pp.

Résumé : Alors que certaines plantes se spécialisent en une pollinisation par une guildes particulière d'insectes, les centaurées plantes cosmopolites et particulièrement abondantes dans les prés de fauche montagnards, semblent adopter une stratégie différente visant plutôt la quantité que la qualité de leurs butineurs.

La grande diversité spécifique entomologique ainsi que son originalité ont été mises en évidence au sein des prés de fauche montagnards de Cerdagne.

L'étude de la diversité des butineurs sur les différentes plantes des prés de fauche a montré qu'à l'échelle régionale, les centaurées sont essentiellement visitées par les abeilles domestiques et les bourdons.

Dans ces milieux montagnards, pourtant caractérisés par une forte abondance florale, la principale compétition observée s'exerce entre les insectes pour leurs ressources alimentaires. La composition florale des sites semble n'influencer que secondairement les choix des insectes floricoles. La répartition des différentes guildes sur les espèces végétales, est principalement conditionnée par les bourdons et les abeilles domestiques qui, en altitude, sont particulièrement abondants. Un phénomène d'exclusion, au sein des stations comme sur les plantes, a été observé entre ces deux guildes. Les autres insectes, quant à eux, ne jouent qu'un rôle minime dans la pollinisation des plantes des prés de fauche.

Mots clés : *Centaurea*, prés de fauche montagnards, diversité, pollinisateur, ressources alimentaires, compétition.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1. Cadre général	1
1.2. Présentation des centaurées	2
1.2.1. Aperçu systématique	2
1.2.2. Caractéristiques morphologiques des Centaurées	3
1.2.3. Phénologie	4
1.2.4. Présentation des espèces étudiées	5
1.3. Cadre géographique	8
1.4. Climat	9
1.5. Les prés de fauche	10
1.6. Syndrome de pollinisation	10
1.7. La polypléidie	12
1.8. Les principaux taxons butineurs	13
1.8.1. Apoidea	13
1.8.2. Diptères	14
1.8.3. Lépidoptères	14
1.8.4. Coléoptères.....	14
2. Buts de l'étude	15
3. Matériel et méthodes	15
3.1. Stations d'étude	15
3.2. Stations étudiées	16
3.2. Données entomologiques	22
3.2.1. Collecte des données	22
3.2.2. Détermination	22
3.3. Déterminations des plantes	23
3.4. Gestion des données	23
3.5. Traitement préliminaire des données	23
3.6. Méthodes statistiques	24
3.6.1. Matrice de données de départ	24
3.6.2. Estimation de la diversité	28
3.6.3. Recouvrement des niches alimentaires	30
3.6.4. Analyse en composantes principales	31
4. Résultats et discussion	32
4.1. Présentation des effectifs	32
4.2. Estimation de la diversité faunique des stations	36
4.2.1. Diversité globale.....	36
4.2.2. Diversité en Apoïdes	37
4.2.3. Estimation de la diversité à partir des histogrammes de distribution de fréquence	40
4.3. Diversité florale des stations	46
4.4. Diversité entomologique sur les plantes	47

4.5. Répartition des guildes sur les différentes espèces végétales	50
4.6. Choix floraux.....	52
4.6.1. Analyse en composantes principales des choix floraux :.....	53
4.6.2. Analyse des choix floraux dans les différentes stations.....	61
4.7. Recouvrement des niches alimentaires	68
4.8. Influence des compositions florales sur les choix floraux des insectes	71
5. Discussion générale.....	76
5.1. Diversité entomologique des stations.	76
5.2. Comparaison des diversités florales et fauniques des stations.....	77
5.3. La diversité entomologique des plantes étudiées.....	77
5.4. Les choix floraux.....	79
6. Conclusions.....	81
7. Bibliographie.....	83

Remerciements

Il est particulièrement agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé, implicitement ou explicitement, à la réalisation de ce mémoire.

Mes principaux remerciements s'adressent au Professeur P. Rasmont pour m'avoir accueillie dans son service et de m'avoir ainsi permis de travailler sur un groupe animal passionnant. Qu'il soit également remercié pour son aide, son expertise systématique, ses critiques et conseils constructifs.

Je remercie Messieurs Alain Bousquet (Maire d'Eyne) et Michel Baracetti (conservateur de la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne) de m'avoir rendu possible de travailler dans un milieu aussi agréable qu'intéressant. Qu'ils soient également remerciés pour leur accueil et pour les moyens techniques et logistiques mis à ma disposition.

Je remercie Messieurs les Docteurs Y. Barbier, S. Patiny, M. Terzo et Messieurs D. Drugmand, A. Pauly, D. Michez, pour la détermination des insectes, ainsi que pour leurs explications et documentations sur les groupes étudiés.

Que Messieurs les Professeurs A. Baudière, J. Lambinon, P. Meerts, et le Docteur O. Hardy soient également remerciés pour la vérification des déterminations des plantes ainsi que pour leur documentation sur les centaurées.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux membres du laboratoire de zoologie: Y. Djegham, J.-F. Godeau pour leur aide, leurs conseils, leur soutien et leur bonne humeur. Je remercie particulièrement Melle S. Iserbyt et Mr X. Simon, pour leur constante attention, leur aide précieuse et leur patience.

Que Mr F. Delmarquette soit également remercié pour son aide technique.

Je remercie B. Leroy pour sa contribution au travail de terrain.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ne sont pas citées ici, et qui par les gestes les plus simples, ont également contribué à la réalisation de ce travail.

1. Introduction

1.1. Cadre général

La Cerdagne est une région des Pyrénées-Orientales au sein de laquelle la juxtaposition des microclimats ainsi que la succession des biotopes les plus divers favorisent la fixation d'une faune et flore riches et variées (Rasmont, 1988; Durieux, 2000; Iserbyt, 2000; Michez, 2001).

Les prés de fauche montagnards sont des biotopes dans lesquels on constate un cortège floral impressionnant. Cependant, la courte durée de la période estivale induit un pic de floraison simultanée des plantes typiques de ces milieux (Dupias, 1990). La compétition entre les fleurs pour les pollinisateurs, ainsi qu'entre les insectes pour leur ressource alimentaire y est donc très marquée.

Les centaurées sont des plantes communes des prés de fauche que l'on retrouve également dans des milieux très variés tels que les prairies, les bords de route, les lisières et coupes forestières, les digues et berges de rivière ou encore les dunes (Lambinon *et al.*, 1992). Ce genre, distribué en Eurasie, en Afrique du nord et de l'est et en Amérique, est devenu subcosmopolite à la suite de diverses introductions (Moulin, 1995). En outre, différents auteurs (Lack, 1976, 1982; Maddox *et al.*, 1995) ainsi que les étudiants des promotions antérieures ont observé sur le terrain une abondance de pollinisateurs d'espèces et ordres d'insectes différents sur ces plantes (Demeuldre, 1998; Durieux, 2000; Iserbyt, 2000; Hlusek, 2000). On peut dès lors se questionner sur les raisons d'un tel succès.

L'étude des centaurées rejoint une préoccupation majeure en conservation de la nature. Elles sont en effet un des éléments importants de la flore des friches et bords de chemin. Ces lieux sont appelés à jouer un rôle de plus en plus déterminant dans la constitution à travers le territoire d'un maillage écologique indispensable au sauvetage d'un grand nombre d'espèces tant animales que végétales.

1.2. Présentation des centaurées

1.2.1. Aperçu systématique

Les plantes du genre *Centaurea* L. appartiennent à la famille des Asteraceae.

La classification de cette famille est très complexe et diverge selon les auteurs. Elle est partagée en de nombreuses tribus qui sont regroupées en 3 sous-familles par certains auteurs (Bremer, 1987, 1994; Bremer & Jansen, 1992 cités par Judd *et al.*, 2002) (fig. 1):

- les *Barnadesioideae*;
- les *Asteroideae*;
- les *Cichorioideae*.

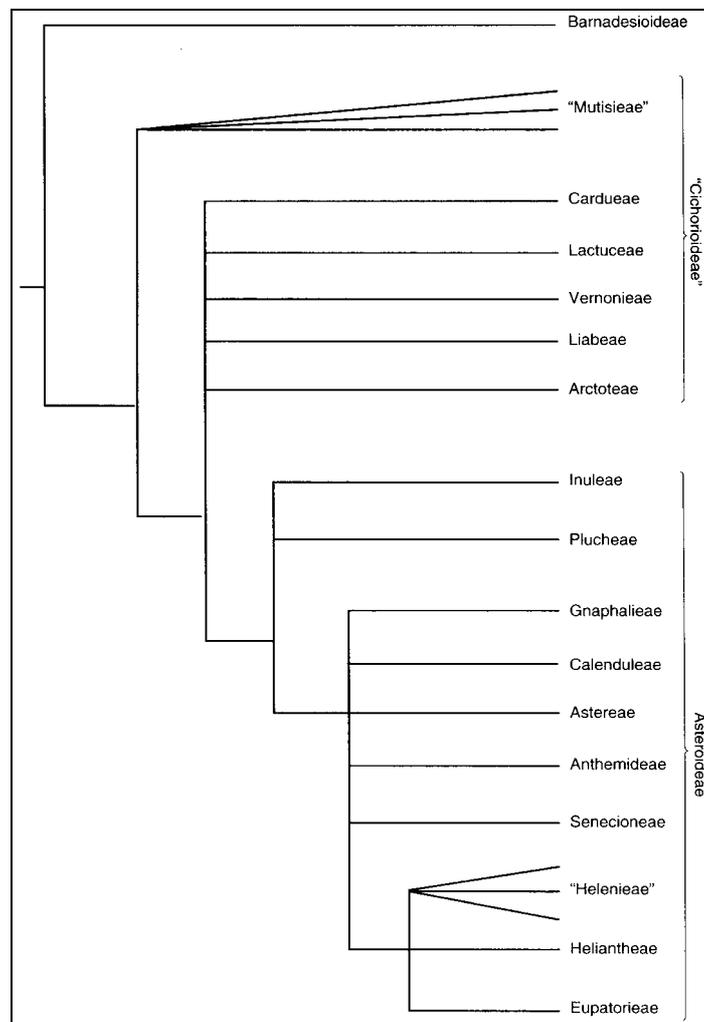


Figure 1. Cladogramme montrant les relations phylogénétiques dans la famille des Asteraceae (adapté de Bremer, 1994).

Le genre *Centaurea* L. est inclus dans la sous-famille des Cichorioideae et plus particulièrement à la tribu des Cardueae. La systématique de cette tribu est également sujette à controverse (tab. 2). Cassini (1819, cité par Susanna *et al.*, 1995) considère les Cardueae comme une tribu divisée en 2 sous-tribus, les Carduinae et les Centaureinae. Bentham (1873, cité par Susanna *et al.*, 1976) et Hoffmann (1894, cité par Susanna *et al.*, 1995) définissent la tribu des Cardueae comprenant les sous-tribus des Echinopsidinae, des Carlinae, des Carduinae et des Centaureinae. Cette classification a beaucoup été utilisée durant le siècle passé. Plus récemment, Wagenitz (1976, cité par Susanna *et al.*, 1995) a divisé les Cardueae en sous-tribus des Carlinae et des Carduinae. Dittrich (1977, cité par Susanna *et al.*, 1995) adopte quant à lui la classification de Cassini (1819, cité par Susanna *et al.*, 1995).

Tableau 1. Traitement taxonomique proposé pour les tribus et sous-tribus des Cardueae (d'après Susanna *et al.*, 1995)

	Bentham (1873) Hoffmann (1894)	Wagenitz (1976)	Cassini (1819) Dittrich (1977)
Tribu	Cardueae	Echinopsidinae Cardueae	Echinopeae Carlinae Cardueae
Sous-tribu	Echinopsidinae Carlinae Carduinae Centaureinae	Carlinae Carduinae	Carduinae Centaureinae

Le genre *Centaurea* appartient à la sous-tribu des Centaureinae. Il comporte entre 500 et 600 espèces réparties en 40 sections. Ces sections sont définies sur base des différences d'habitats, du type de pollen, du nombre de chromosomes, du type d'akène et de la biogéographie (Dittrich, 1977, cité par Susanna *et al.*, 1995).

1.2.2. Caractéristiques morphologiques des Centaurées

Les centaurées sont des plantes herbacées, annuelles ou vivaces. Les feuilles alternes sont indivisées à pennatiséquées (Tutin *et al.*, 1976).

Les fleurs sont petites, serrées en tête compacte et entourées par des bractées (involucre), l'ensemble forme un capitule inséré sur un réceptacle plan ou subplan. Les fleurs du disque, formées de 5 pétales soudés, peuvent être actinomorphes, tube munis de petites dents (fleurs tubulées) ou zygomorphes, corolle munie d'un pétale rubané (fleurs ligulées ou rayonnantes). Les fleurs tubulées sont hermaphrodites protandres alors que les fleurs rayonnantes sont stériles.

Les capitules, solitaires ou en groupes, sont constitués de fleurs tubulées qui peuvent être, ou non, entourées de fleurs ligulées périphériques. Ils peuvent être de couleurs variées et ce, au sein d'un même complexe spécifique (Tutin *et al.*, 1976).

Les fruits, appelés akènes, sont petits et peuvent être munis d'aigrettes plumeuses qui facilitent le transport par le vent (Tutin *et al.*, 1976).

Les involucre sont ovoïdes ou globuleux avec des bractées imbriquées sur plusieurs rangs. Ces bractées sont surmontées ou non par un appendice différencié de forme spécifique.

1.2.3. Phénologie

Les inflorescences des centaurées sont allogames (pollinisation croisée obligatoire) et attirent un large éventail de pollinisateurs d'ordres et d'espèces différents (Lack, 1982; Maddox *et al.*, 1996; Judd *et al.*, 2002).

Dans les capitules radiés, les fleurs externes agrandissent le diamètre de l'inflorescence, ce qui la rend plus attractive pour les pollinisateurs (Lack, 1982). Les fleurs tubulées centrales sont protandres et se développent par voie centripète (Lack, 1982).

Les pollinisateurs atterrissent généralement sur les fleurs rayonnantes. Ils déposent le pollen d'une plante visitée antérieurement sur les stigmates des fleurs tubulées qui se trouvent en bordure du disque, lorsque ces fleurs plus âgées en sont au stade femelle (Judd *et al.*, 2002).

Lorsque l'insecte se dirige vers le centre de l'inflorescence où les fleurs sont au stade mâle, un processus de présentation du pollen dit "à piston" se produit. Les étamines à anthères introrsées sont étroitement associées entre elles et forment un tube autour du style. A chaque stimulation, une partie du pollen est expulsé du tube, comme par un piston hors d'un cylindre, par des poils spécialisés sur le style. Le style en s'allongeant, éjecte le pollen sur le visiteur de la plante. Après un intervalle, le filament retrouve sa longueur initiale et le processus peut être répété. Le butineur a alors à la surface de son corps une quantité de pollen qu'il dépose lors d'une visite suivante sur les fleurs femelles d'une autre inflorescence (Lack, 1982; Maddox *et al.*, 1996; Proctor *et al.*, 1996; Judd *et al.*, 2002).

Lorsque tout le pollen de la fleur a été expulsé, les branches du style s'écartent et les stigmates deviennent réceptifs, la fleur peut alors être pollinisée (Lack, 1982; Proctor *et al.*, 1996; Judd *et al.*, 2002).

1.2.4. Présentation des espèces étudiées

a.

Centaurea jacea L.

(D'après Bosoli & Vigo, 1984; Tutin *et al.*, 1976; Saule, 1991)

Plante vivace de taille moyenne ou assez élevée (jusqu'à 1,20 m) à tige et rameaux dressés munis de feuilles oblongues lancéolées sessiles, celles de la base pétiolées, entières ou lobées. Les capitules roses ou d'un rouge pourpre, à fleurs développées et largement ouvertes, accompagnées de feuilles qui peuvent les égaler ou même les dépasser (fig. 2). Les appendices inégalement lacérés ou frangés, légèrement bombés, membraneux, sont beaucoup plus larges que la partie inférieure des bractées qu'ils recouvrent. Les fruits peu velus sont généralement dépourvus d'aigrette. La floraison a lieu de juin à septembre.

On la trouve dans les prairies fraîches, chemin herbeux, pelouses, clairières et lisières des bois. Elle est largement distribuée en Europe (fig. 3). Elle se trouve depuis l'étage inférieur jusqu'à l'étage subalpin sur l'ensemble de la chaîne pyrénéenne.

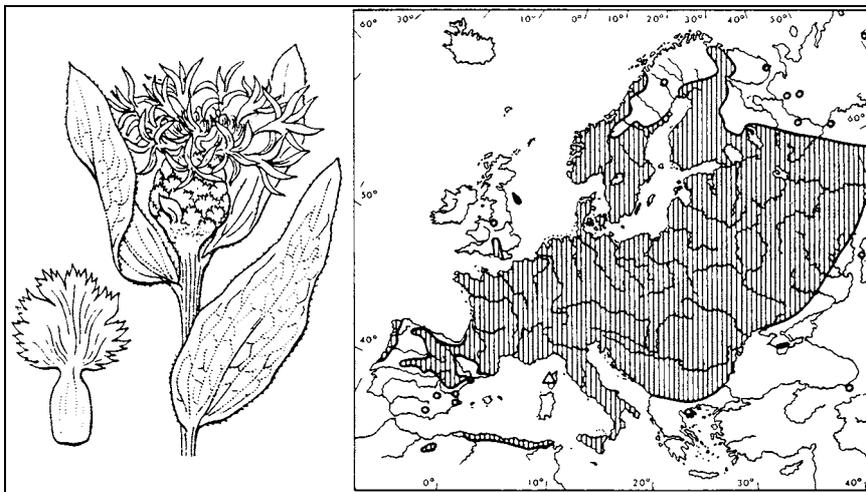


Figure 2. Habitus de *Centaurea jacea* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

Figure 3. Distribution européenne de *Centaurea jacea* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

b.

Centaurea scabiosa L.(D'après Bosoli & Vigo, 1984; Tutin *et al.*, 1976; Saule, 1991)

Espèce vivace de taille moyenne ou assez élevée (plus de 1 m parfois), à tige dressée, ramifiée dans le haut, munie de feuilles glabres ou peu velues découpées en segments lancéolés, assez étroits, entiers ou lobés. Les feuilles de la base sont pétiolées. Les capitules assez gros, à fleurs en tube d'un rouge pourpre, celles de la périphérie à 5 lobes très développés et largement déployés (fig. 4). L'involucre est composé de bractées ovales, lancéolées, bordées de noir et ciliées. Les fruits sont surmontés d'une aigrette rousse à peu près égale à leur hauteur. La floraison a lieu de juillet à août.

C'est une espèce caractéristique des pelouses, bords des chemins, friches et prairies relativement sèches et chaudes sur sol calcaire ou faiblement acide. Elle est largement distribuée en Europe (fig. 5). Elle se trouve depuis l'étage inférieur jusqu'à la base de l'étage subalpin sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées.

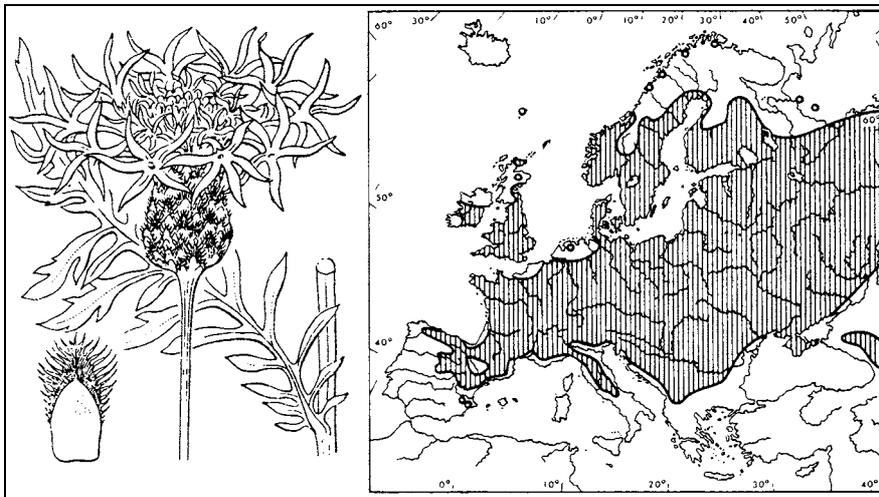


Figure 4. Habitus de *Centaurea scabiosa* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

Figure 5. Distribution européenne de *Centaurea scabiosa* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

c.

Centaurea cyanus L.(D'après Bosoli & Vigo, 1984; Tutin *et al.*, 1976; Saule, 1991)

Espèce annuelle ou bisannuelle de 30 à 80 cm. Ses tiges sont dressées, à rameaux grêles et allongés. Les feuilles sont non décurrentes, les inférieures pennatifides, pétiolées, les suivantes sessiles, étroites, linéaires. L'involucre est ovoïde à folioles entourées d'une marge fortement décurrente et de cils courts ordinairement argentés (fig. 6). Les akènes à ombilic barbu surmontés d'une aigrette rousse égalant à peu près leur longueur. Les fleurs sont bleues et les extérieures sont rayonnantes. La floraison a lieu de mai à juillet.

Cette espèce est distribuée un peu partout en Europe (fig. 7), il semble qu'elle soit originaire de l'Europe orientale et qu'elle a été introduite par l'homme en Europe occidentale. Elle se retrouve dans les moissons et dans les champs sur l'ensemble de la chaîne pyrénéenne.

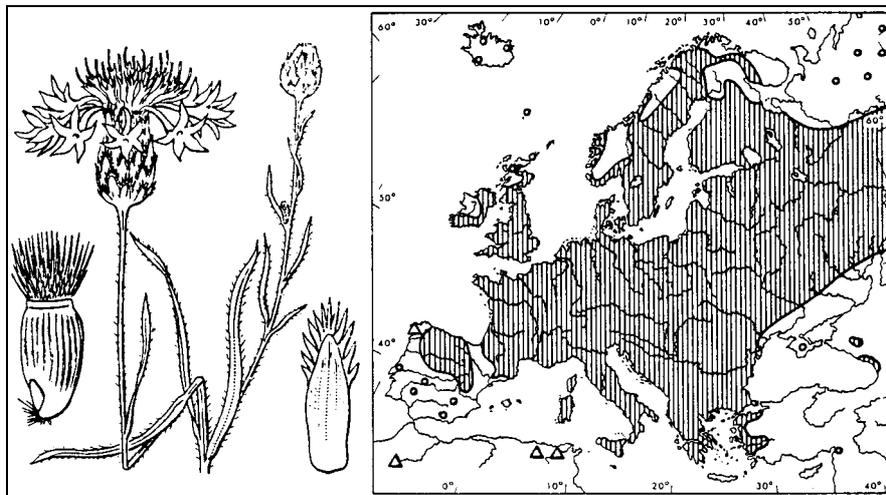


Figure 6. Habitus de *Centaurea cyanus* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

Figure 7. Distribution européenne de *Centaurea cyanus* (d'après Bosoli & Vigo, 1984).

1.3. Cadre géographique

La Cerdagne se situe au sud-ouest du département des Pyrénées-Orientales (fig 8 et 9), au sud de la région Languedoc-Roussillon. Durant les glaciations du Quaternaire, cette région, semble avoir bénéficié d'un climat qui lui a permis de jouer un rôle refuge pour la faune et la flore. Elle est actuellement bien étudiée autant d'un point de vue floristique que faunistique (Rasmont, 1988; Michez, 2001). L'intérêt principal du Languedoc-Roussillon est qu'il occupe une position remarquable au carrefour des faunes atlantique, ibérique, médio-européenne, eurosibérienne et boréo-alpine.

La Cerdagne est un haut plateau encadré entre l'Andorre à l'ouest, le massif du Carlit et le Capcir au nord et le Puigmal au sud. Elle comprend de nombreux villages dont, entre autres, Bourg-Madame, Osseja, Eyne, Llo, Saillagouse et Font-Romeu. Son altitude varie entre 1200 et 1800 mètres mais ses sommets peuvent atteindre des altitudes proches de 3000 mètres. Les plus hauts sommets sont le Carlit (2921m) et le Puigmal (2909m).

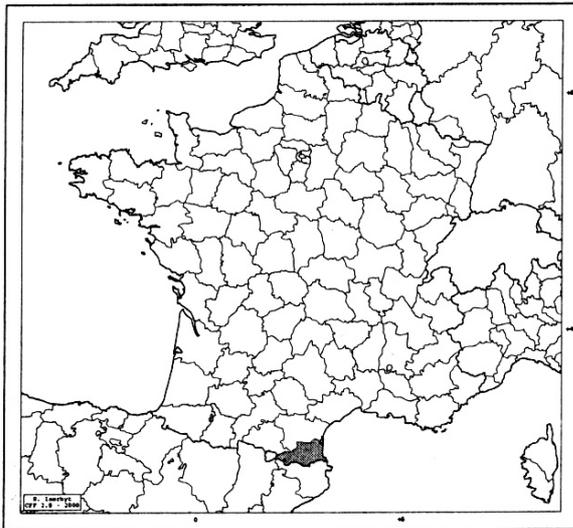


Figure 8. Localisation du département des Pyrénées-Orientales (d'après Iserbyt, 2000).

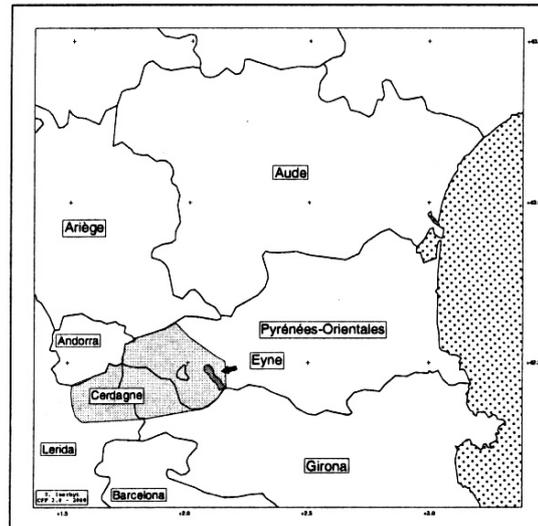


Figure 9. Département des Pyrénées-Orientales. En grisé, la Cerdagne; en gris foncé, la commune d'Eyne.

1.4. Climat

Les températures saisonnières moyennes sont comprises entre 2,5°C en hiver et 15°C en été. Les températures extrêmes peuvent atteindre -30°C en hiver et peuvent aller jusque 32°C en été. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 600 à 1500 mm d'eau. Cette pluviosité est plus faible que dans les Pyrénées-Occidentales et Centrales, ceci étant le résultat d'influences méditerranéennes marquées. Les pluies en montagne sont irrégulières en fonction de la saison et des années, sans oublier l'importance des orages fréquents voire quotidiens en été.

Le diagramme ombrothermique de Mont-Louis (fig. 10) révèle un climat maritime caractérisé par de fortes pluviosités et de basses températures hivernales prolongées. On peut cependant remarquer des influences méditerranéennes qui induisent des chaleurs estivales plus ou moins marquées ainsi qu'un fort ensoleillement annuel (300 jours de soleil par an).

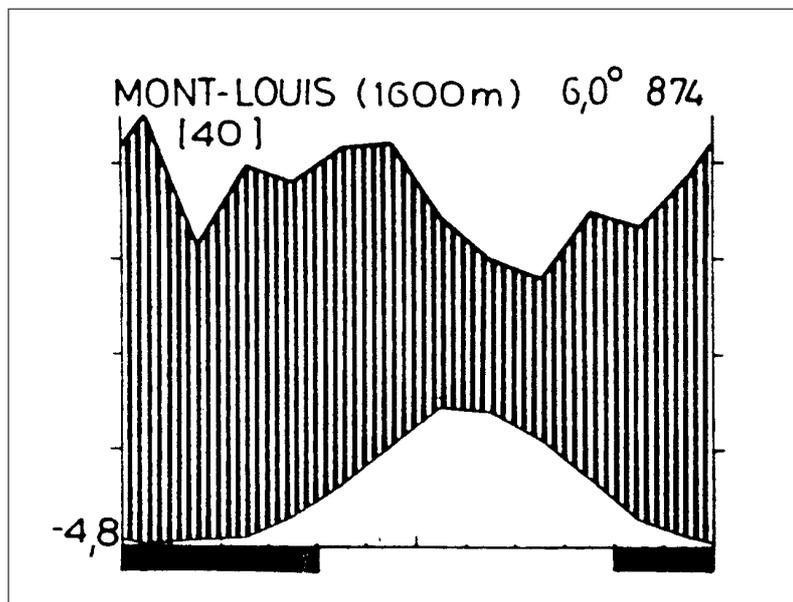


Figure 10. Diagramme ombrothermique à Mont-Louis (d'après Walter & Lieth, 1960).

Cependant, en montagne, les effets des versants sont très marqués et les contrastes sont très accentués par l'influence de trois vents dominants : le Carcanet (vent sec et froid soufflant du nord), le vent d'Espagne (vent sec et chaud venant du sud-ouest) et les Marinades (vent tiède et humide soufflant de l'est).

1.5. Les prés de fauche

Les prés de fauches sont des milieux ouverts, secs et très riches en fleurs où l'on rencontre de nombreuses espèces végétales dont les plus communes sont des *Centaurea*, *Lathyrus*, *Trifolium*, *Vicia* et de nombreuses *Poaceae*, ...

Le fauchage est généralement pratiqué sur des terrains où la culture est rendue impossible par difficulté d'accès, de labours ou autres raisons. Les plantes fauchées et séchées seront alors utilisées comme fourrage pour le bétail en hiver.

Cette technique a des effets positifs sur la diversité floristique des milieux sur lesquels elle est pratiquée. Elle est d'ailleurs couramment utilisée pour la gestion des réserves. En effet, elle limite l'expansion d'espèces prolifiques, ce qui permet l'implantation d'espèces moins compétitives. De plus, l'exportation des produits de la fauche évite l'enrichissement du sol et permet ainsi le développement d'espèces oligotrophes défavorisées d'ordinaire par les techniques agricoles intensives.

Le maintien de ces milieux ouverts permet la croissance d'une végétation héliophile. De plus, les plantes exposées à un fort ensoleillement produisent plus de nectar et sont donc très prisées par les insectes (Lack, 1982; Free, 1993; Proctor *et al.*, 1996). C'est pourquoi les prés de fauches sont des biotopes très riches et très diversifiés autant d'un point de vue de la flore que de l'entomofaune.

Les prés de fauche des milieux montagnards sont caractérisés par une période estivale de courte durée. En effet, les conditions climatiques drastiques, les fluctuations saisonnières et journalières de températures, la fonte tardive de la couverture neigeuse ainsi que les gelées tardives impliquent que les plantes n'ont qu'une période limitée durant laquelle elles peuvent accomplir leur cycle de végétation (croissance, floraison, fructification) (Dupias, 1990).

Ce phénomène induit un chevauchement des pics de floraison des différentes espèces de plantes dans ces milieux et donc une compétition exacerbée entre celles-ci pour leurs pollinisateurs.

1.6. Syndrome de pollinisation

Les plantes sont immobiles et dépendent donc de forces extérieures pour leur pollinisation, c'est à dire pour la rencontre des gamètes. La plupart des plantes à fleurs sont pollinisées par les animaux, bien que la pollinisation par le vent (anémogamie) soit prédominante dans certaines grandes familles (*Poaceae*, *Cyperaceae*) (Gorlick, 2001).

La pollinisation par les animaux semble être un facteur important du succès évolutif des angiospermes (Proctor *et al.*, 1996). Ce type de pollinisation est plus efficace et beaucoup moins hasardeux que dans le cas de l'anémogamie. De plus, les animaux permettent une pollinisation croisée en se déplaçant d'une plante à l'autre (Proctor *et al.*, 1996).

Le groupe animal principal intervenant dans la pollinisation est sans conteste les insectes. Il existe en fait une relation intime entre les fleurs et les insectes floricoles, les

plantes sont pollinisées par l'action de ces butineurs qui reçoivent en récompense du nectar et/ou du pollen. La plante doit donc investir dans des adaptations qui attirent les pollinisateurs, en profitant de leur morphologie et de leur comportement pour effectuer la pollinisation. Les fleurs sont alors constituées de manière à correspondre physiquement aux besoins de leurs pollinisateurs et à leur présenter une monnaie d'échange acceptable afin de les fidéliser (Proctor *et al.*, 1996).

La relation entre la couleur des fleurs, leur odeur, le moment de leur ouverture, leur structure et leur production d'une part, les aptitudes sensorielles de l'animal pollinisateur, son comportement et son alimentation d'autre part, sont à la base du syndrome de pollinisation des plantes à fleurs (tab. 2) (Free, 1993; Proctor *et al.*, 1996; Corbet, 1978).

Tableau 2. Syndrome de pollinisation entomophile
(d'après Judd *et al.*, 2002)

Caractéristiques florales					
Pollinisateur	Couleur	Odeur	Moment de floraison	Corolle	Récompense
Hyménoptère	Bleu, jaune, pourpre	Fraîche, forte	Jour	Variable selon le pollinisateur	Nectar et/ou pollen
Papillon diurne	Vive, souvent rouge	Fraîche, faible	Jour	Corolle tubulaire, parfois éperon nectarifère	Nectar
Papillon nocturne	Blanche ou pâle	Douce, forte	Nuit ou crépuscule	Corolle tubulaire, parfois éperon nectarifère	Nectar
Diptère floricole	Pâle	Douce, forte	Jour	Actinomorphe, peu profonde	Nectar et/ou pollen
Diptère nécrophage	Brunâtre, pourprée	De charogne, forte	Jour ou nuit	Fermée ou ouverte	Aucune
Coléoptère floricole	Verte ou blanchâtre	Diverse, forte	Jour ou nuit	Fermée ou ouverte	Nectar et/ou pollen

La famille des Asteraceae est l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs et est souvent considérée comme des plus perfectionnée (Proctor *et al.*, 1996). Ces plantes sont caractérisées par une inflorescence constituée de nombreuses petites fleurs organisées en large capitule. Ce type d'inflorescence n'est pas unique à cette famille, elle existe notamment chez les Apiaceae, les Campanulaceae, les Dipsacaceae et les Valerianaceae. Ces plantes attirent une large gamme de pollinisateurs (Proctor *et al.*, 1996; Judd *et al.*, 2002). Ce sont des plantes généralistes à l'opposé de nombreuses autres plantes qui se spécialisent pour une guilda de pollinisateurs particulière en adaptant leur morphologie des plantes isolées à celle du butineur ciblé.

Il semble exister deux grandes voix d'évolution du syndrome de pollinisation.

La spécialisation permet la maximisation d'une pollinisation intraspécifique, avec un minimum d'éparpillement du pollen entres les différentes espèces de plantes (Free, 1993; Proctor *et al.*, 1996; Corbet, 1978). Cette stratégie est adoptée par de nombreuses grandes

familles telles les Fabaceae, les Lamiaceae, les Scrophulariaceae qui sont spécialisées dans la pollinisation par les apoïdes en général et par les bourdons en particulier (Bosch *et al.*, 2002).

L'inflorescence en capitule semble conférer de multiples avantages. En effet, celui-ci constitue un stimulus visuel attractif puissant attirant beaucoup de pollinisateurs qui peuvent butiner simultanément la même inflorescence lorsque celle-ci est suffisamment large. De plus, cette attractivité d'une large gamme de butineurs permet aux plantes d'être présentes dans des biotopes où certains pollinisateurs sont absents (Mahy *et al.*, 1998). Cependant le transport du pollen d'une fleur à l'autre par un grand nombre d'insectes non sélectifs dépend de l'abondance de la plante sur une même station.

1.7. La polyploïdie

A en juger par sa fréquence dans de nombreux groupes végétaux, la polyploïdie a joué un rôle majeur dans l'évolution des plantes (Lumaret *et al.*, 1987; Hardy & Vekemans, 2001). L'addition de lots chromosomiques est une source de matériel génétique redondant capable de muter en nouveaux gènes adaptatifs (Judd *et al.*, 2002). Les polyploïdes possèdent donc souvent une diversité biochimique et synthétisent de nombreux produits susceptibles de leur conférer une résistance à la sélection naturelle. Par conséquent, ils ont tendance à être plus largement distribués et à se trouver dans des habitats plus extrêmes et diverses que leurs parents diploïdes (Judd *et al.*, 2002). *Dactylis glomerata*, à titre d'exemple, présente deux cytotypes, l'un diploïde et l'autre, tétraploïde. Ces deux cytotypes sont morphologiquement indistingables. Toutefois le cytotype tétraploïde est plus variable, ce qui lui permet de s'adapter plus facilement à des conditions environnementales changeantes. On constate d'ailleurs la présence du cytotype tétraploïde dans les milieux boisés, dans les milieux ouverts ainsi que dans les milieux anthropiques alors que le cytotype diploïde n'est présent que dans les milieux boisés (Lumaret *et al.*, 1987; Hlusek, 2001).

Centaurea jacea s.l., largement distribuée en Europe, présente également deux cytotypes (di- et tétraploïde) bien différenciés morphologiquement et génétiquement. Le cytotype diploïde montre une distribution plus restreinte et se cantonne aux habitats herbeux montagnards alors que le cytotype tétraploïde a une amplitude écologique plus large. Les deux cytotypes sont présents en Haute Ardenne. Dans cette région de la Belgique, mis à part l'altitude, il n'y a pas de différences marquées entre les habitats occupés par les deux cytotypes. Le cytotype diploïde est localisé à des altitudes supérieures à 500m tandis que le cytotype tétraploïde est principalement implanté sous 500m d'altitude. Bien qu'une zone de contact est présente, il ne semble pas avoir de flux génique entre les deux formes de ploïdie (Hardy & Vekemans, 2001).

Il est à noter que la polyploïdie est rare chez les animaux parce que la détermination du sexe est basée sur les chromosomes sexuels et est perturbée quand leur nombre augmente. Les chromosomes sexuels sont absents chez la plupart des plantes, ce qui leur permet d'additionner des génomes (Pesson & Louveaux, 1984; Judd *et al.*, 2002).

1.8. Les principaux taxons butineurs

1.8.1. Apoidea

Les Apoidea sont des hyménoptères apocrites aculéates. C'est une superfamille qui comprend les espèces communément appelées les abeilles solitaires, l'abeille sociale (*Apis mellifera*) et les bourdons (*Bombus spp.*). Les adultes des deux sexes s'alimentent du nectar et parfois de pollen. Les larves phytophages sont nourries de pollen et de nectar.

On peut diviser les apoïdes en deux groupes principaux, les abeilles à langue courte et les abeilles à langue longue. Le premier groupe comprend les abeilles les plus "primitives" dont les Colletidae, les Andrenidae, les Halictidae et les Melittidae. Le second comprend les Anthophoridae, les Megachilidae et les Apidae. Les femelles des espèces non parasites ont des brosses de récolte à pollen qui se trouvent selon les espèces sur les tibias postérieurs (Andrenidae, Anthophoridae, Apidae, Halictidae, Melittidae) ou sous l'abdomen (Megachilidae).

Ce sont d'importants pollinisateurs qui jouent un rôle clé dans les écosystèmes car ils participent de manière prépondérante à la pollinisation de nombreuses plantes (Lack, 1982; Rasmont, 1988; Proctor *et al.*, 1996; Patiny, 1997; Michez, 2001; Rasmont *et al.*, en préparation). On constate d'ailleurs que de nombreuses plantes se sont spécialisées dans la pollinisation par les apoïdes (Rasmont *et al.*, en préparation), et que beaucoup d'autres moins spécialisées, bénéficient de leur activité (Proctor *et al.*, 1996).

1.8.2. Diptères

Les Syrphidae sont des diptères cyclorhaphes. Cette famille, très vaste et très répandue, est la plus importante famille pollinisatrice au sein des diptères. Les larves sont carnassières. Les adultes nectarivores et/ou pollenivores sont très souvent mimétiques des hyménoptères. Gilbert (1981) a montré que les genres *Eristalis* et *Volucella* présentent des langues longues leur permettant de butiner des fleurs à corolle tubulaire (Asteraceae, Fabaceae et Lamiaceae). D'autres genres par contre sont incapables de butiner des fleurs à corolle profonde.

Les plantes favorites des Syrphes sont les Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae et Rosaceae. Toutes ces plantes sont caractérisées par une symétrie florale radiaire.

Drabble and Drabble (1917, 1927, cité par Proctor *et al.*) ont montré que les plantes favorites des Syrphes sont les Asteraceae mais qu'il existe des préférences florales au sein de cette famille.

1.8.3. Lépidoptères

Presque tous les Lépidoptères sont inféodés aux végétaux. Les larves sont toujours phytophages (sauf les larves de mites qui se nourrissent de matière organique d'origine animale).

La majorité des adultes est caractérisée par la présence d'une trompe (proboscis) enroulée en spirale au repos qui ne leur permet de s'alimenter que de substance liquide (nectar, matière en décomposition, jus de fruit) (Delvare *et al.*, 1989). Cependant, la longueur du proboscis permet aux adultes d'atteindre le nectar des fleurs tubulaires profondes (Proctor *et al.*, 1996).

1.8.4. Coléoptères

Cet ordre est très diversifié autant d'un point de vue taxonomique qu'éthologique. Les pièces buccales des coléoptères floricoles sont de type broyeur, ce sont donc des ravageurs plutôt que des butineurs (Proctor *et al.*, 1996). De plus, leur vitesse de butinage trop lente en font des pollinisateurs médiocres (Proctor *et al.*, 1996).

On a pu constater au cours de l'évolution une protection des ovules ainsi qu'une augmentation du nombre de carpelles des plantes du paléozoïque inférieure jusqu'au mésozoïque moyen, époque à laquelle les principaux pollinisateurs étaient des coléoptères. Ce phénomène semble avoir été une voix générale d'évolution de toutes les plantes et est peut-être la réponse aux dommages causés par ces ravageurs (Grant, 1949 ; Gorelik, 2001).

2. Buts de l'étude

Les objectifs du présent travail sont:

- Présenter la liste des butineurs des centaurées en Cerdagne ainsi que des plantes concurrentes;
- Vérifier la stratégie généraliste des centaurées;
- Déterminer quelles sont les plantes que concurrencent les centaurées;
- Vérifier si les centaurées monopolisent les pollinisateurs;
- Estimer la compétition entre les pollinisateurs.

3. Matériel et méthodes

3.1. Stations d'étude

Les stations étudiées ont été choisies en fonction de la cohabitation de centaurées avec d'autres plantes entomophiles. Six stations ont été étudiées sur lesquelles un descriptif succinct ainsi qu'un relevé phytosociologique complet ont été effectués (tab. 4 à 9). Un coefficient d'abondance selon la méthode de Braun-Blanquet (tab. 3) a été attribué à chacune des plantes (Vanden Bergen, 1982).

Tableau 3. Coefficient 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 prospectée.
2	Individus nombreux ou recouvrant au moins 5% de la surface prospectée.
3	Nombre d'individus quelconque, recouvrant de 25 à 50% de la surface prospectée.
4	Nombre d'individus quelconque, recouvrant de 50 à 75% de la surface prospectée.
5	Nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 75% de la surface prospectée.

Les coordonnées géographiques et l'altitude des sites étudiés ont été relevées grâce à l'utilisation d'un positionneur GPS GARMIN GPS I2 MAP dont la précision est de 3 à 10m.

L'état de floraison a été noté. Les plantes en fleur lors des collectes sont précédées d'un astérisque dans les relevés phytosociologiques.

3.2. Stations étudiées

Tableau 4. Relevé phytosociologique de la station La Balladosa

Localisation : France, Pyrénées-orientales, Via, La Balladosa 42°28'50,1"N 02°02'25,6"E Alt. : 1524m	
Dates de récolte : 15.VII.2001, 21.VII.2001, 28.VII.2001, 30.VII.2001.	
Physionomie générale : Jachère à <i>Echium vulgare</i> , <i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Senecio inaequidens</i> , <i>Centaurea cyanus</i> et <i>Galeopsis pyrenaica</i> .	
Surface relevée : 2061 m ²	
Strate arborescente : /	
Strate arbustive : /	
Strate herbacée : Hauteur d'environ 10 à 50 cm, recouvrement de 70%.	
<i>*Chamomilla recutita</i> Rauschert	3
<i>*Echium vulgare</i> L.	2
<i>*Achillea millefolium</i> L.	1
<i>Barbarea verna</i> Ascherson	1
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Medik.	1
<i>*Centaurea cyanus</i> L.	1
<i>*Centaurea scabiosa</i> L.	1
<i>*Cirsium arvense</i> Scop.	1
<i>*Crepis capillaris</i> Wallr.	1
<i>*Galeopsis pyrenaica</i> Bartl.	1
<i>Hieracium peleterianum</i> Mérat	1
<i>*Hypochaeris radicata</i> L.	1
<i>*Lathyrus pratensis</i> L.	1
<i>*Linaria repens</i> Miller	1
<i>*Logfia arvensis</i> J. Holub	1
<i>*Phleum pratense</i> L.	1
<i>*Senecio inaequidens</i> DC.	1
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	1
<i>*Viola tricolor</i> L.	1
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hérit..	+
<i>*Linaria supina</i> (L.) Chaz.	+
<i>*Vicia cracca</i> L.	+
Strate muscinale : non observée.	
Sol nu : environ 30%.	

Tableau 5. Relevé phytosociologique de la station Camp del Sola**Localisation** : France, Pyrénées-orientales, Saillagouse, Camp del Sola

42°27'57,4"N 02°02'25,7"E

Alt. : 1345m

Dates de récolte : 17.VII.2001, 18.VII.2001, 22.VII.2001.**Physionomie générale** :. Pré de fauche à nombreuses graminées, *Vicia cracca*, *Centaurea jacea*, *Lathyrus pratensis*, *Galium verum*, *Eryngium bourgatii*, *Rhinanthus mediterraneus*, *Trifolium arvense*, *Trifolium repens* et *Knautia arvensis*.**Surface relevée** : 879 m²**Strate arborescente** : /**Strate arbustive** : /**Strate herbacée** : Hauteur d'environ 10 à 50 cm, recouvrement de 100%.

* <i>Centaurea jacea</i> L.	2	* <i>Lathyrus pratensis</i> L.	1
* <i>Vicia cracca</i> L.	2	* <i>Rhinanthus mediterraneus</i> Sennen	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	1
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	1	* <i>Trifolium arvense</i> L.	1
* <i>Eryngium bourgatii</i> Gouan	1	* <i>Trifolium repens</i> L.	1
* <i>Galium verum</i> L.	1	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	1
* <i>Geranium sylvaticum</i> L.	1	* <i>Achillea millefolium</i> L.	+
* <i>Hypericum maculatum</i> Crantz	1	* <i>Orobanche</i> sp. L.	+
* <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	1	<i>Plantago lanceolata</i> L.	+

Strate muscinale : non observée.**Sol nu** : environ 30%.

Tableau 6. Relevé phytosociologique de la station La Font de Sastre**Localisation** : France, Pyrénées-orientales, Eyne, La Font del Sastre, Dolmen

42°29'12,8"N 02°05'06,4"E

Alt. : 1610m

Dates de récolte : 25.VII.2001, 26.VII.2001, 27.VII.2001, 1.VIII.2001.**Physionomie générale** : Pâturage à *Centaurea jacea*, *Stachys officinalis*, *Prunella grandiflora*, *Galium verum*, *Eryngium bourgatii*, *Knautia arvensis*, *Sanguisorba major* et quelques graminées.**Surface relevée** : 2611 m²**Strate arborescente** : Hauteur environ 3 à 5m, recouvrement moins de 5%.*Rhamnus alpinus* +*Sorbus aucuparia* L. +**Strate arbustive** : /**Strate herbacée** : Hauteur d'environ 10 à 50 cm, recouvrement 70%

* <i>Centaurea jacea</i> L.	3	<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	1
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	2	* <i>Orobanche</i> sp. L.	1
* <i>Stachys officinalis</i> (L.) Trévison	2	* <i>Phyteuma orbiculare</i> L.	1
* <i>Achillea millefolium</i> L.	1	* <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	1
* <i>Aconitum napellus</i> L.	1	* <i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	1
<i>Agrostis capillaris</i> L.	1	* <i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler	1
<i>Briza media</i> L.	1	<i>Scorzonera humilis</i> L.	1
* <i>Campanula glomerata</i> L.	1	* <i>Serratula tinctoria</i> L.	1
* <i>Campanula rotundifolia</i> L.	1	* <i>Stellaria graminea</i> L.	1
* <i>Chamaespartium sagittale</i> P. Gibbs	1	* <i>Thymus cf serpyllum</i> L.	1
* <i>Cirsium acaule</i> Scop.	1	* <i>Trifolium montanum</i> L.	1
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	1	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	1
* <i>Dianthus monspessulanus</i> L.	1	* <i>Achillea ptarmica</i> L.	+
* <i>Eryngium bourgatii</i> Gouan	1	<i>Alchemilla</i> sp. L.	+
* <i>Galium verum</i> L.	1	* <i>Bupleurum ranunculoides</i> L.	+
<i>Genista anglica</i> L.	1	<i>Cirsium palustre</i> Scop.	+
* <i>Genista tinctoria</i> L.	1	* <i>Cuscuta</i> sp. L.	+
* <i>Helianthemum nummularium</i> Miller.	1	<i>Orchidaceae</i>	+
<i>Holcus lanatus</i> L.	1	<i>Picris hieracioides</i> L.	+
* <i>Hypericum maculatum</i> Crantz	1	<i>Pinus uncinata</i> Miller ex Mirbel	+
<i>Juniperus communis</i> L.	1	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	+
* <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	1	* <i>Tanacetum vulgare</i> L.	+
* <i>Knautia dipsacifolia</i> Kreutzer	1	* <i>Vicia cracca</i> L.	+
* <i>Lotus corniculatus</i> L.	1		

Strate muscinale : non observée.**Sol nu** : environ 30%.

Tableau 7. Relevé phytosociologique de la station El Pla del Bac

Localisation : France, Pyrénées-orientales, Eyne, El Pla del Bac			
42°28'24,1"N 02°04'37,8"E			
Alt. : 1630m			
Dates de récolte : 26.VII.2001, 27.VII.2001, 28.VII.2001, 30.VII.2001, 1.VIII.2001.			
Physionomie générale : Bord de route et de champs avec <i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Knautia arvensis</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Hypericum quadrangulum</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Rhinanthus mediterraneus</i> et <i>Trifolium hybridum</i> .			
Surface relevée : 1101 m ²			
Strate arborescente : /			
Strate arbustive : /			
Strate herbacée : Hauteur d'environ 20 à 80 cm, recouvrement 100%.			
<i>*Achillea millefolium</i> L.	2	<i>*Plantago major</i> L.	1
<i>*Centaurea scabiosa</i> L.	2	<i>*Rhinanthus mediterraneus</i> Sennen	1
<i>*Armeria maritima</i> Willd	1	<i>*Tanacetum vulgare</i> L.	1
<i>*Centaurea cyanus</i> L.	1	<i>Taraxacum</i> sp. Weber	1
<i>*Centaurea jacea</i> L.	1	<i>*Thymus serpyllum</i> L.	1
<i>*Chamomilla recutita</i> Rauschert	1	<i>*Trifolium alpinum</i> L.	1
<i>*Crepis capillaris</i> Wallr.	1	<i>*Trifolium hybridum</i> L.	1
<i>*Crepis mollis</i> Ascherson	1	<i>*Vicia cracca</i> L.	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1	<i>*Campanula glomerata</i> L.	+
<i>*Dianthus carthusianorum</i> L.	1	<i>*Carlina acanthifolia</i> All.	+
<i>*Dianthus monspessulanus</i> L.	1	<i>*Cirsium</i> sp. Miller	+
<i>*Eryngium bourgatii</i> Gouan	1	<i>*Geranium pratense</i> L.	+
<i>*Galium verum</i> L.	1	<i>*Leontodon hispidus</i> L.	+
<i>*Geranium pyrenaicum</i> Burm. fil.	1	<i>*Ononis repens</i> L.	+
<i>*Hypericum maculatum</i> Crantz	1	<i>*Pimpinella saxifraga</i> L.	+
<i>*Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	1	<i>*Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	+
<i>*Lathyrus pratensis</i> L.	1	<i>*Stellaria media</i> (L.) Vill.	+
<i>*Papaver rhoeas</i> L.	1	<i>*Tragopogon pratensis</i> L.	+
<i>*Picris hieracioides</i> L.	1	<i>*Viola tricolor</i> L.	+
<i>*Plantago lanceolata</i> L.	1		
Strate muscinale : non observée.			
Sol nu : 0%.			

Tableau 8. Relevé phytosociologique de la station Plans Balladors**Localisation** : France, Pyrénées-orientales, Saillagouse, Plans Balladors

42°28'36,8"N 02°02'21,6"E

Alt. : 1480m

Dates de récolte : 15.VII.2001, 20.VII.2001, 21.VII.2001, 22.VII.2001, 28.VII.2001, 30.VII.2001.**Physionomie générale** : Pelouse mésique riche en graminées, *Galium verum*, *Centaurea jacea*, *Lathyrus pratensis*, *Genista tinctoria*, *Trifolium pratense*.**Surface relevée** : 7132 m²**Strate arborescente**: Hauteur d'environ 10m, recouvrement moins de 5%.*Populus alba* L. +**Strate arbustive** : Hauteur d'environ 1.3m à 2m, recouvrement moins de 5%.*Juniperus communis* L. 1*Rosa* sp. 1**Strate herbacée** : Hauteur d'environ 10 à 60 cm, recouvrement 90%.

* <i>Centaurea jacea</i> L.	3	* <i>Lotus alpinus</i> Schleicher ex Ramond	1
* <i>Galium verum</i> L.	3	* <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	1
<i>Holcus mollis</i> L.	3	* <i>Plantago lanceolata</i> L.	1
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	3	* <i>Plantago major</i> L.	1
* <i>Achillea millefolium</i> L.	1	<i>Phleum pratense</i> L.	1
<i>Achillea ptarmica</i> L.	1	* <i>Sanguisorba minor</i> Scop.	1
<i>Agrostis capillaris</i> L.	1	* <i>Sedum reflexum</i> L.	1
* <i>Armeria maritima</i> Willd	1	* <i>Stellaria media</i> (L.) Vill	1
* <i>Briza media</i> L.	1	* <i>Thymus serpyllum</i> L.	1
* <i>Carlina acanthifolia</i> All.	1	* <i>Trifolium alpinum</i> L.	1
* <i>Cuscuta</i> sp. L.	1	* <i>Trifolium arvense</i> L.	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1	* <i>Trifolium campestre</i> Schreber	1
* <i>Dianthus carthusianorum</i> L.	1	* <i>Trifolium repens</i> L.	1
* <i>Eryngium campestre</i> L.	1	<i>Trifolium montanum</i> L.	1
* <i>Genista tinctoria</i> L.	1	* <i>Vicia cracca</i> L.	1
* <i>Hypericum maculatum</i> Crantz	1	* <i>Campanula rotundifolia</i> L.	+
* <i>Hypochaeris radicata</i> L.	1	* <i>Leontodon hispidus</i> L.	+
* <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	1	* <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	+
* <i>Lathyrus pratensis</i> L.	1	<i>Rumex</i> sp. L.	+

Strate muscinale : non observée.**Sol nu** : 0%.

Tableau 9. Relevé phytosociologique de la station Elport

Localisation : France, Pyrénées-orientales, Eyne, Elport, Menhir			
42°28'37,3"N 02°02'20,8"E			
Alt. : 1570m			
Dates de récolte : 22.VII.2001, 23.VII.2001, 25.VII.2001, 26.VII.2001, 27.VII.2001, 1.VIII.2001, 2.VIII.2001.			
Physionomie générale : Prés de fauche, versant nord, riche en <i>Gentiana lutea</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Rhinanthus mediterraneus</i> et <i>Stachys officinalis</i> .			
Surface relevée : 3136 m ²			
Strate arborescente : /			
Strate arbustive : Recouvrement moins de 5%.			
Strate herbacée : Hauteur d'environ 10 à 80 cm, recouvrement 100%.			
* <i>Centaurea jacea</i> L.	3	* <i>Achillea millefolium</i> L.	+
<i>Chaerophyllum aureum</i> L.	2	* <i>Anthyllis vulneraria</i> L.	+
<i>Gentiana lutea</i> L.	2	* <i>Armeria alliacea</i> Hoffmans. & Link.	+
* <i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler	2	* <i>Astrantia major</i> L.	+
* <i>Rhinanthus mediterraneus</i> Sennen	2	* <i>Centaurea scabiosa</i> L.	+
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	2	* <i>Crepis mollis</i> Ascherson	+
* <i>Seseli libanotis</i> (L.) Koch	2	<i>Dactylis glomerata</i> L.	+
* <i>Stachys officinalis</i> (L.) Trévison	2	* <i>Dianthus carthusianorum</i> L.	+
<i>Agrostis capillaris</i> L.	1	<i>Echium vulgare</i> L.	+
<i>Alchemilla</i> sp. L.	1	* <i>Galium verum</i> L.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1	* <i>Geranium pratense</i> L.	+
<i>Briza media</i> L.	1	* <i>Laserpitium latifolium</i> L.	+
<i>Chamaespartium sagittale</i> P. Gibbs	1	* <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	+
* <i>Campanula glomerata</i> L.	1	* <i>Linum catharticum</i> L.	+
<i>Cirsium acaule</i> Scop	1	* <i>Lotus corniculatus</i> L.	+
* <i>Cuscuta</i> sp. L.	1	<i>Orchidaceae</i>	+
<i>Deschampsia caespitosa</i> L.	1	* <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	+
* <i>Dianthus monspessulanus</i> L.	1	<i>Picris hieracioides</i> L.	+
* <i>Eryngium bourgatii</i> Gouan	1	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	+
* <i>Hypericum maculatum</i> Crantz	1	<i>Rubus idaeus</i> L.	+
* <i>Knautia arvensis</i> (L.) Coulter	1	<i>Rumex acetosa</i> L.	+
* <i>Knautia dipsacifolia</i> Kreutzer	1	* <i>Stellaria graminea</i> L.	+
* <i>Leontodon hispidus</i> L.	1	<i>Taraxacum</i> sp. Waber	+
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1	<i>Tragopogon pratensis</i> L.	+
<i>Plantago media</i> L.	1	<i>Trollius europaeus</i> L.	+
<i>Prunus spinosa</i> L.	1	<i>Veratrum album</i> L.	+
<i>Scorzonera humilis</i> L.	1	* <i>Vicia cracca</i> L.	+
* <i>Tanacetum vulgare</i> L.	1		
<i>Trifolium montanum</i> L.	1		
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	1		
Strate muscinale : non observée.			
Sol nu : 0%.			

3.2. Données entomologiques

3.2.1. Collecte des données

Les données entomologiques proviennent de collectes effectuées par le Prof. P. Rasmont, le Dr M. Terzo, B. Leroy et moi-même. Des récoltes à l'aide de filets et aspirateurs ont été effectuées du 15 juillet au 3 août 2001. Des périodes d'observations d'un quart d'heure ont été chronométrées, de sorte que l'effort de récolte soit le même pour chacune des plantes au sein d'une station. Cette précaution était indispensable afin de minimiser le biais d'échantillonnage causé par des collectes ciblées. Les récoltes ont été effectuées à des périodes différentes de la journée sur chacun des sites, de façon à pouvoir observer toute la gamme des pollinisateurs.

3.2.2. Détermination

Les insectes collectés ont été mis en collection et répertoriés dans un carnet de récolte. Ces insectes ont été mis en relation par références croisées avec les plantes sur lesquelles ils ont été récoltés.

Les insectes ont été identifiés à l'aide de différents ouvrages. Les Coléoptères, les Hémiptères, les Orthoptères et les Diptères ont été déterminés jusque la famille grâce à Delvare *et al.*(1989). Les Hyménoptères ont été identifiés jusqu'au genre à l'aide de Osychnyuk *et al.* (1991). Les bourdons ont été, quant à eux, déterminés jusqu'à l'espèce grâce à Rasmont *et al.* (en préparation). Toutes ces identifications ont été vérifiées et complétées par différents spécialistes (tab. 10).

Tableau 10. Liste des spécialistes et groupes étudiés

Spécialistes	Groupes étudiés
Y. Barbier (UMH)	Hyménoptères Vespiformes
D. Drugman (IRSNB)	Coléoptères Meloidae et Cerambycidae
D. Michez (FUSAGx)	Hyménoptères Melittidae
A. Pauly (IRSNB)	Hyménoptères Halictidae
S. Patiny (FUSAGx)	Hyménoptères Andrenidae
P. Rasmont (UMH)	Hyménoptères Bombinae
M. Terzo (UMH)	Hyménoptères Xylocopinae

3.3. Déterminations des plantes

Toutes les plantes des relevés phytosociologiques ont été déterminées par le Prof. P. Rasmont, S. Iserbyt, B. Leroy et moi-même à l'aide de la flore de France de Coste (1927) et de ses suppléments 1 à 7 (Jovet *et al.* 1972-1985). Toutes les identifications ont été vérifiées et complétées par le Prof. J. Lambinon (Université de Liège), ainsi que par le Prof. A. Baudière (Université Paul Sabatier, Toulouse). La nomenclature est conforme à Kerguélien (1993).

3.4. Gestion des données

Les données répertoriées dans le carnet de récolte ont été encodées et gérées grâce au logiciel Data Fauna Flora version 1.0. (Barbier , 2000) qui a permis de mettre en relation et organiser les observations de terrain.

La cartographie est réalisée à l'aide des logiciels Carto-Fauna-Flora version 2.0. (Barbier & Rasmont, 2000) et Mapinfo Professional version 5.5 (1999).

3.5. Traitement préliminaire des données

Lors des analyses statistiques, différents niveaux taxonomiques ont été envisagés.

Les plantes ont toujours été considérées au niveau de l'espèce. Cependant, seules les plantes sur lesquelles plus de quinze spécimens butineurs ont été récoltés sont considérées dans l'étude des pollinisateurs.

Tableau 11. Présentation des guildes

Guildes	Taxons
Apis	Hyménoptère- <i>Apis mellifera</i> (abeille domestique)
Bombus	Hyménoptère- Bombinae
Apoïdes à langue courte	Hyménoptère- Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Mellitidae
Apoïdes à langue longue	Hyménoptère- Anthophoridae, Megachilidae
Meloidae	Coléoptère- Meloidae
Miridae	Hétéroptère- Miridae
Syrphidae	Diptère- Syrphidae
Autres	Autres Coléoptères, Diptères, Orthoptères, Hémiptères, Lépidoptères et Hyménoptères.

Les données entomologiques ont été traitées au niveau de l'espèce pour les calculs de diversité. Les taxons ont été regroupés en guildes pour tous les autres traitements statistiques.

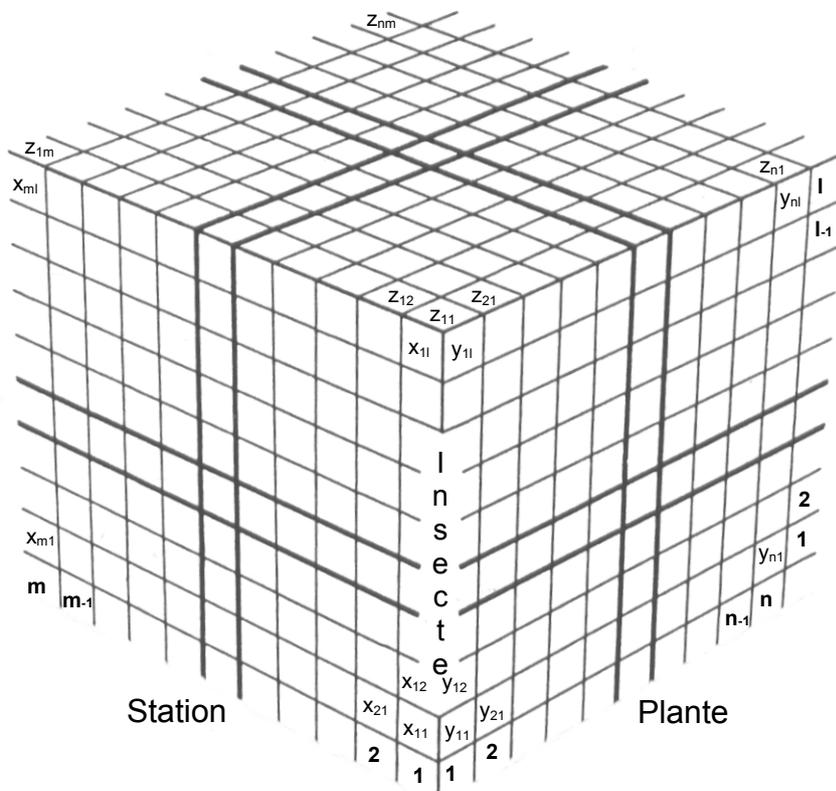
Huit guildes ont été définies en réunissant pour chacune un ensemble de familles ou de genres d'insectes phylogénétiquement et écologiquement proches. Celles-ci sont présentées dans le tableau 11.

3.6. Méthodes statistiques

3.6.1. Matrice de données de départ

Notre matrice de données de départ est tridimensionnelle et est donc définie par 3 axes :

- Axe des insectes;
- Axe des plantes;
- Axe des stations.



l espèces d'insectes.

n espèces de plantes.

m stations.

x = Effectifs de chaque espèce d'insecte dans chaque station.

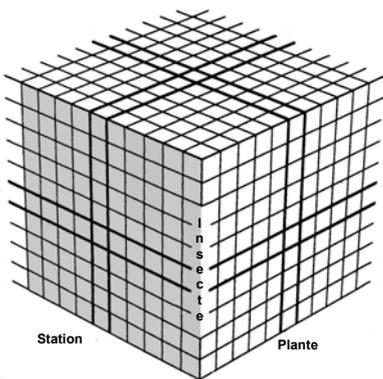
y = Effectifs de chaque espèce d'insecte sur chacune des plante.

z = Abondance de chaque plante sur chacune des station.

Les outils statistiques pour étudier une telle matrice tridimensionnelle n'existent pas (Dufrêne, com. pers.). De ce fait, il faut recourir à l'un ou l'autre artéfact.

Dans un premier temps, les axes sont considérés deux à deux. On obtient ainsi différentes matrices à partir desquelles différentes analyses statistiques sont effectuées.

a. Distribution des insectes dans les stations.



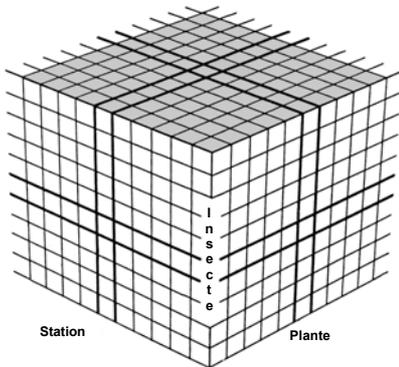
En grisé, la face de la matrice délimitée par les axes des stations et des insectes. Cette face est considérée pour étudier la distribution des insectes au sein des différentes stations.

Matrice étudiée:

	Station 1	Station 2	...	Station m-1	Station m
Espèce d'insecte 1	X_{11}	X_{21}			X_{m1}
Espèce d'insecte 2	X_{12}				
...					
Espèce d'insecte l-1					
Espèce d'insectes l	X_{1l}				X_{ml}

A partir de cette matrice, on estime la diversité en insectes de chaque station.

b. Distributions des plantes dans les stations



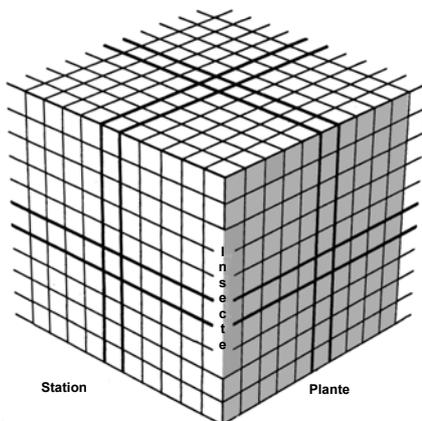
En grisé, la face de la matrice délimitée par les axes des plantes et des stations. Cette face est considérée pour étudier la distribution des plantes au sein des différentes stations.

Matrice étudiée :

	Station 1	Station 2	...	Station m-1	Station m
Plante 1	Z_{11}	Z_{21}			Z_{m1}
Plante 2	Z_{12}				
...					
Plante n-1					
Plante n	Z_{1n}				Z_{mn}

A partir de cette matrice, on estime la diversité en plantes de chaque station.

c. Analyse des choix floraux



En grisé, la face de la matrice délimitée par les axes des plantes et des insectes. Cette face est considérée pour étudier les choix floraux ainsi que la répartition des insectes sur les différentes plantes.

Matrice étudiée :

	Plante 1	Plante 2	...	Plante n-1	Plante n
Insecte 1	Y_{11}	Y_{21}			Y_{n1}
Insecte 2	Y_{12}				
...					
Insecte l-1					
Insecte l	Y_{1l}				Y_{nl}

A partir de cette matrice, on estime les diversités en insectes sur chacune des plantes. On étudie ensuite les choix floraux des butineurs et calcule les recouvrements des niches alimentaires.

Dans un second temps, on a transformé la matrice tridimensionnelle originale de façon à condenser les 3 dimensions en 2. La matrice obtenue est soumise à une analyse en composantes principales.

d. Analyse globale par développement

La matrice étudiée met en relation les guildes d'insectes et les plantes des différentes stations

Matrice étudiée :

	Station 1				Station 2				...	Station m			
	Pl 1	...	Pl n-1	Pl n	Pl 1	...	Pl n-1	Pl n		Pl 1	...	Pl. n-1	Pl. n
Insecte1													
Insecte2													
...													
Insecte l-1													
Insecte l													

3.6.2. Estimation de la diversité

La diversité peut être mesurée au moyen de différents indices synthétiques. Ces indices de diversité permettent d'appréhender les données initiales souvent complexes et tendent à synthétiser à la fois le nombre d'espèces et l'équilibre de la répartition dans un seul chiffre (Legendre & Legendre, 1984; Dufrêne, 1992). Ils permettent de comparer des stations dont la composition taxonomique diffère. Divers estimateurs de la diversité sont disponibles.

a. Nombre d'espèces

Le nombre d'espèces est la mesure la plus simple de la diversité d'un peuplement.

$$D = N$$

N = Nombre d'espèces présentes sur la station.

Cet indice ne tient pas compte de l'abondance des espèces, cependant il peut être utilisé lorsque l'effectif des espèces n'est pas connu. Il est utilisé pour estimer la diversité floristique et faunique des stations.

b. Indice de Shannon & Weaver

$$I_{sh} = -\sum (P_i * \log_2 P_i)$$

P_i est la proportion de la $i^{\text{ème}}$ espèce.

Elle est mesurée par sa fréquence relative : $P_i = N_i / N$ où N_i est le nombre d'individus de l'espèce i et N est le nombre d'individus total au sein d'un site (Legendre & Legendre, 1984).

Il s'exprime en bit (quantité d'information) et sa valeur est comprise entre 0 (une seule espèce présente) et $\log n$ (lorsque toutes les espèces sont représentées également dans l'échantillon), n étant le nombre d'espèces.

Cet indice de diversité est l'un des plus couramment utilisés. Ses avantages principaux sont sa sensibilité modérée à la taille de l'échantillon ainsi que sa facilité de calcul.

c. **Indice de Hurlbert (Hurlbert, 1971; Rasmont *et al.*, 1990)**

$$E_{(n)} = \sum [1 - ((N - N_i) / N)^n]$$

N_i est le nombre de spécimens de l'espèce i .

N est le nombre total de spécimens de la station.

$E_{(n)}$ est le nombre d'espèces espéré dans une prise aléatoire de n spécimens et s'exprime en espèce / n spécimens.

Cet indice permet d'éviter les problèmes d'estimation du nombre d'espèces lorsque les échantillons n'ont pas tous la même taille. Il estime le nombre d'espèces que contiendraient les échantillons s'ils étaient ramenés à la même taille (Legendre & Legendre, 1984).

d. **Indice de Simpson**
(Legendre & Legendre, 1984).

$$C = \sum p_i^2$$

Cet indice est une mesure de la concentration. C représente la probabilité que deux spécimens pris au hasard appartiennent à la même espèce. Plus la probabilité que deux spécimens soient conspécifiques est élevée, plus la diversité spécifique de l'échantillon est faible.

Diversité = 1 – Concentration

Cependant cette mesure est plus sensible que l'indice de Shannon et Weaver à l'abondance des espèces, c'est pourquoi Hill (1973) recommande d'employer plutôt l'inverse de la concentration :

Diversité = 1 / Concentration

Nous utiliserons ces différents indices pour estimer la diversité faunique au sein des stations, ainsi que sur les différentes plantes.

e. Analyse graphique

La diversité spécifique peut également être soumise à une étude analytique. Pour ce faire, on tente une interprétation directe de la forme des courbes représentant la diversité des espèces sur nos différents sites (Legendre & Legendre, 1984).

Dans cette étude, on représente la diversité spécifique d'une station à l'aide d'un histogramme de distribution des espèces. Dans ces présentations graphiques, les espèces sont mises en ordonnée et l'axe des abscisses représente le nombre d'individus de chaque espèce.

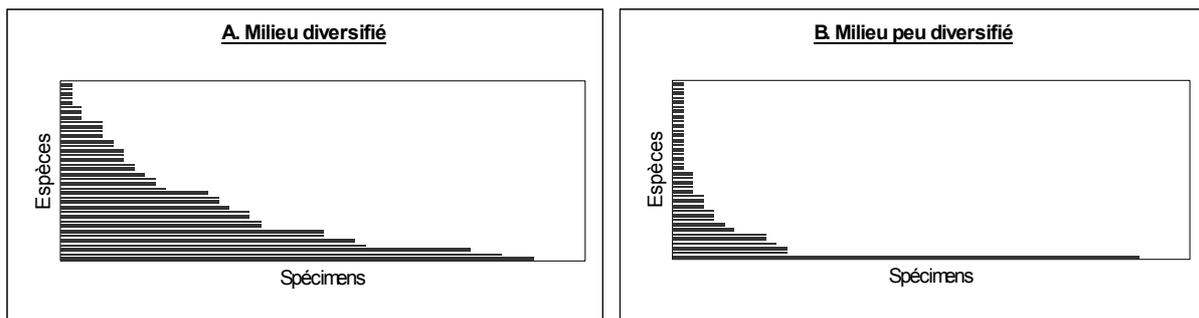


Figure 11. Comparaison des histogrammes de distributions de fréquences des espèces dans deux stations.

La diversité d'un site peut-être interprétée par la concavité du profil. Une forte concavité traduit une faible diversité due à la présence d'une ou de plusieurs espèces majoritaires. Par contre, un profil moins creusé met en évidence une distribution plus homogène des espèces et donc une diversité plus grande (fig. 11).

3.6.3. Recouvrement des niches alimentaires

Des mesures uniques et symétriques de recouvrement peuvent être calculées. Cependant, elles suffisent rarement car les largeurs de niches des populations en présence peuvent être fort différentes. En effet, alors que les niches étroites des espèces spécialistes ne peuvent que recouvrir partiellement les niches larges des espèces généralistes, les niches étroites peuvent être recouvertes en partie ou en totalité par les niches plus larges.

Levins (1968) a proposé des mesures asymétriques :

a) de recouvrement de la niche de i sur celle de j

$$\alpha_{ijh} = \left(\sum_k p_{ih} * p_{jh} \right) / \sum_k p_{ih}^2$$

b) de recouvrement de la niche de j sur celle de i

$$\alpha_{jih} = \left(\sum_k p_{ih} * p_{jh} \right) / \sum_k p_{jh}^2$$

où α_{ijh} est le recouvrement de la niche de la population i sur celle de la population j ;

α_{jih} est le recouvrement de la niche de la population j sur celle de la population i ;

p_{ih} et p_{jh} est la proportion d'utilisation de la ressource h par les espèces i et j ;

k est le nombre de classes considérées dans la ressource h

Ces coefficients peuvent s'interpréter comme le rapport entre la compétition interspécifique (numérateur) et la compétition intraspécifique pour la ressource.

Les valeurs que les α_{ijh} et α_{jih} prennent, fluctuent entre 1 (recouvrement maximal) et $1/k$ (recouvrement minimal).

Si la ressource h est l'espèce de plantes, le numérateur correspond au butinage successif de deux individus de la même espèce de plantes par deux individus des deux guildes de butineurs dont on mesure le recouvrement des niches. Le dénominateur correspond au butinage successif de deux individus de la même espèce de plantes par deux individus de l'une des deux guildes de butineurs.

On calcule les recouvrements des niches alimentaires des insectes afin de vérifier s'il existe une compétition entre ceux-ci pour les ressources alimentaires.

3.6.4. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales est une analyse multivariée qui cherche à identifier les axes principaux qui expliquent le mieux les corrélations entre variables descriptives de type numérique. L'ACP est une technique qui permet de faire la synthèse de l'information contenue dans un grand nombre de variables. Les "composantes principales" sont de nouvelles variables, indépendantes, combinaisons linéaires des variables initiales, possédant une variance maximale. Ces nouvelles variables permettent d'établir l'existence de corrélation entre les différents objets ou les différents descripteurs. Elles permettent aussi de rechercher les corrélations entre objets et descripteurs et donc d'établir un lien essentiel entre les deux dimensions de la matrice de données originales.

Une analyse en composantes principales, au départ de la matrice de corrélation, ne nécessite aucune condition de validité mais s'applique le plus souvent à des variables quantitatives. En outre, elle permet la représentation graphique de grands tableaux de données trop complexes à décrire par les méthodes graphiques habituelles (Falissard, 1996)

.Les calculs de corrélation ainsi que les ACP ont été effectués grâce à l'utilisation du logiciel NTSYS-pc version 1.80 (Rohlf, 1993). Ce logiciel permet également la représentation graphique sous forme de dendrogramme hiérarchique des différentes matrices de corrélation.

4. Résultats et discussion

4.1. Présentation des effectifs

La liste taxonomique reprend les espèces d'apoïdes, les espèces des autres familles d'Hyménoptères, ainsi que les espèces et familles des différents ordres récoltés sur les stations (tab. 12). Pour chaque taxon, le nombre d'individus (N) est précisé. La nomenclature des apoïdes est conforme à Rasmont *et al.* (1995). Seul le nombre de spécimens du niveau espèce est utilisé dans les calculs de diversités.

Tableau 12. Listes des insectes récoltés sur les différentes stations
(N:Nombre de spécimens par taxon; Ncorr: nombre de spécimens du niveau espèce)

FAMILLES	ESPECES	N	Ncorr
Espèces d'hyménoptère apoïdes			
Andrenidae	<i>Andrena assimilis</i>	76	76
Andrenidae	<i>Andrena barbareae</i>	4	4
Andrenidae	<i>Andrena eximia</i>	1	1
Andrenidae	<i>Andrena fuscipes</i>	1	1
Andrenidae	<i>Andrena labialis</i>	1	1
Andrenidae	<i>Panurgus banksianus</i>	2	2
Andrenidae	<i>Panurgus dentipes</i>	20	20
Anthophoridae	<i>Anthophora balneorum</i>	1	1
Anthophoridae	<i>Ceratina cyanea</i>	1	1
Anthophoridae	<i>Eucera sp.</i>	2	2
Anthophoridae	<i>Xylocopa valga</i>	2	2
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	416	416
Apidae	<i>Bombus confusus</i>	12	12
Apidae	<i>Bombus cullumanus</i>	4	4
Apidae	<i>Bombus hortorum</i>	7	7
Apidae	<i>Bombus humilis quasimuscorum</i>	187	187
Apidae	<i>Bombus lapidarius decipiens</i>	9	47
Apidae	<i>Bombus lapidarius lapidarius</i>	38	
Apidae	<i>Bombus lucorum</i>	32	32
Apidae	<i>Bombus mesomelas</i>	46	46
Apidae	<i>Bombus monticola rondoui</i>	2	2
Apidae	<i>Bombus pascuorum rufocitrinus</i>	19	19
Apidae	<i>Bombus pyrenaicus pyrenaicus</i>	1	1
Apidae	<i>Bombus ruderarius montanus</i>	30	103
Apidae	<i>Bombus ruderarius ruderarius</i>	73	

FAMILLES	ESPECES	N	Ncor
Apidae	<i>Bombus ruderatus</i>	10	10
Apidae	<i>Bombus rupestris vasco</i>	1	1
Apidae	<i>Bombus sicheli flavissimus</i>	1	1
Apidae	<i>Bombus soroeensis lectitatus</i>	127	127
Apidae	<i>Bombus subterraneus latreillellus</i>	88	88
Apidae	<i>Bombus sylvarum</i>	192	192
Apidae	<i>Bombus terrestris lusitanicus</i>	45	54
Apidae	<i>Bombus terrestris terrestris</i>	9	
Apidae	<i>Bombus wurflenii pyrenaicus</i>	1	1
Colletidae	<i>Colletes sp.</i>	1	1
Halictidae	<i>Halictus sp.</i>	1	1
Halictidae	<i>Halictus confusus alpinus</i>	1	1
Halictidae	<i>Halictus eurygnathus</i>	5	5
Halictidae	<i>Halictus gavarnicus</i>	2	2
Halictidae	<i>Halictus leucaheneus arenosus</i>	10	10
Halictidae	<i>Halictus maculatus</i>	12	12
Halictidae	<i>Halictus scabiosae</i>	6	6
Halictidae	<i>Halictus smaragdulus</i>	1	1
Halictidae	<i>Halictus tumulorum</i>	1	1
Halictidae	<i>Lasioglossum leucozonium</i>	7	7
Halictidae	<i>Lasioglossum zonulum</i>	1	1
Halictidae	<i>Lasioglossum calceatum</i>	5	5
Halictidae	<i>Lasioglossum interruptum</i>	3	3
Halictidae	<i>Lasioglossum malachurum</i>	3	3
Halictidae	<i>Lasioglossum villosulum</i>	4	4
Halictidae	<i>Rophites quinquespinosus</i>	3	3
Megachilidae	<i>Hoplitis sp.</i>	2	2
Megachilidae	<i>Lithurgus sp.</i>	10	10
Megachilidae	<i>Megachile sp.</i>	24	24
Megachilidae	<i>Osmia sp.</i>	30	30
Megachilidae	<i>Paraanthidium sp.</i>	4	4
Megachilidae	<i>Trachusa byssina</i>	9	9
Mellitidae	<i>Dasypoda argentata</i>	4	4
Mellitidae	<i>Dasypoda crassicornis</i>	3	3
Mellitidae	<i>Melitta haemorrhoidalis</i>	1	1
Autres hyménoptères			
Ichneumonidae	Ichneumonidae	4	4
Sphecidae	<i>Bembix tarsata</i>	8	8
Sphecidae	<i>Cerceris rybyensis</i>	1	1
Sphecidae	<i>Podalonia affinis</i>	1	1
Coléoptères			
Cantharidae	<i>Rhagonycha fulva</i>	1	1
Carabidae	<i>Amara sp.</i>	1	1
Cetoniidae	<i>Netocia morio</i>	9	9
Chrysomelidae	<i>cf. Cryptocephalus sp.</i>	17	17
Chrysomelidae	<i>cf. Exosoma lusitanica</i>	2	2
Coccinellidae	Coccinellidae	4	4
Curculionidae	<i>Larinus sp.</i>	1	1
Meloidae	<i>Mylabris quadripunctata</i>	64	64
Diptères			
Calliphoridae	Calliphoridae	1	1
Conopidae	Conopidae	2	2
Empididae	Empididae	1	1
Muscidae	Muscidae	1	1
Otitidae	Otitidae	2	2
Syrphidae	<i>Chrysotoxum corollae</i>	1	1

FAMILLES	ESPECES	N	Ncor
Syrphidae	<i>Chrysotoxum sp.</i>	1	1
Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i>	2	2
Syrphidae	<i>Eristalis arbustorum</i>	2	2
Syrphidae	<i>Eristalis tenax</i>	15	15
Syrphidae	<i>Merodon equestris</i>	18	18
Syrphidae	<i>Scaeva pyrastris</i>	19	19
Syrphidae	<i>Sphaerophoria scripta</i>	3	3
Syrphidae	<i>Volucella bombylans</i>	2	2
Hétéroptères			
Cydnidae	Cydnidae	2	2
Miridae	Miridae	59	59
Pentatomidae	Pentatomidae	2	2
Lépidoptères			
Hesperidae	<i>Thymelicus lineolus</i>	4	4
Lycaenidae	Lycaenidae	1	1
Nymphalidae	<i>Brintesia circe</i>	1	1
Nymphalidae	<i>Cynthia cardui</i>	1	1
Nymphalidae	<i>Inachis io</i>	1	1
Nymphalidae	<i>Maniola jurtina</i>	3	3
Nymphalidae	<i>Melanargia galathea</i>	3	3
Nymphalidae	<i>Mesoacidalia aglaja</i>	2	2
Papilionidae	<i>Parnassius apollo</i>	1	1
Zygaenidae	Zygaenidae	9	9
Orthoptères			
Tettigoniidae	Tettigoniidae	11	11
Nombre total d'insectes		1897	1897

L'effectif total récolté s'élève à 1897 spécimens. Ceux-ci sont répartis en 31 familles. Les apoïdes, représentés par 1613 individus, constituent le groupe le plus important de pollinisateurs, ce qui est en accord avec de nombreux auteurs (Lack, 1981, 1982; Rasmont, 1988, Rasmont *et al.*, 1990; Maddox *et al.*, 1995; Pétanidou, 1995; Proctor *et al.*, 1996; Mahy *et al.*, 1998;).

La famille la plus représentée est celle des Apidae représentée par 934 bourdons et 416 abeilles domestiques. Le grand nombre de bourdons est expliqué par leur capacité de réguler leur température interne, ce qui leur permet de butiner dans une vaste gamme de températures (Rasmont *et al.*, en préparation). On peut les observer récoltant du pollen et du nectar même lorsque les températures sont relativement basses contrairement à d'autres insectes pour lesquels les basses températures induisent une diminution de performance de butinage (Wratt, 1968; Corbet, 1990; Bosch *et al.*, 2002). Cette possibilité de butiner à des températures extrêmes implique que les bourdons sont les principaux pollinisateurs en altitude, là où le climat peut être très rude. Les abeilles, quant à elles, sont des insectes domestiqués pour la production de miel. Leur forte abondance ainsi que leur large répartition sont expliquées par l'élevage et l'exploitation par l'homme.

Au sein de la famille des Apidae, *Bombus confusus* et *Bombus cullumanus*, deux espèces très rares, ont pu être observés au cours de cette étude. Neuf individus de *B. confusus* ont été récoltés butinant *Centaurea jacea* et trois sur *Stachys officinalis*. Cette espèce thermophile et sténotherme des terrains ouverts, est en régression dans une large partie de son aire de distribution (médio-européenne). Elle semble avoir disparu de Belgique, des Pays-Bas et s'est fortement raréfiée dans le nord de la France (Rasmont *et al.*, en préparation).

Deux individus de *Bombus cullumanus* ont été récoltés sur *C. jacea*, un individu sur *Eryngium bourgatii* et un sur *Geranium sylvaticum*. Cette espèce à distribution atlantique est rarissime dans toute son aire de distribution. Il s'agit de l'espèce de bourdon qui manifeste la plus forte régression. Elle a disparu de Suède, du Danemark, d'Allemagne, d'Angleterre et de Belgique. A l'heure actuelle, on ne la trouve plus que dans le Massif Central et dans les Pyrénées (Rasmont *et al.*, en préparation).

Bombus cullumanus et *Bombus confusus* se trouvent fréquemment ensembles et forment un groupe écogéographique particulier fort sténotope et lié aux pelouses sèches des plateaux xériques en moyenne montagne.

La famille des Andrenidae, qui intervient dans la pollinisation d'une très large gamme de plantes à fleurs (Patiny, 1997), présente un effectif de 104 individus parmi lesquels quelques espèces sont remarquables. Quatre individus d'*Andrena barbareae* ont été récoltés sur *Centaurea jacea* (3) et *C. cyanus* (1). Cette espèce polylectique présente une distribution médio-européenne mais n'est jamais trouvée en abondance (Leclercq & Jacob-Remacle, 1982). Cette espèce, connue du Massif Alpin où elle a été observée dans différentes régions, n'avait, jusque là, jamais été récoltée dans les Pyrénées. De plus, aucune population n'est actuellement connue entre les localités alpines et pyrénéennes. Sa présence dans les Pyrénées-Orientales constitue donc un point commun des faunes alpines et pyrénéennes (Patiny et Michez, com. pers.).

Panurgus banksianus, avec deux individus récoltés sur *Crepis mollis* est également une espèce nouvelle pour les Pyrénées-Orientales (Patiny et Michez, com. pers.).

Au sein de la famille des Halictidae comptant dans cette étude 62 individus, il est à noter la présence d'*Halictus leucaheneus arenosus*, une espèce en voix de disparition en Europe, ainsi qu'*Halictus gavarnicus gavarnicus* qui est une espèce endémique des Pyrénées (Pauly, com. pers.).

Un individu appartenant à l'espèce *Melitta haemorrhoidalis* (Melittidae) récolté sur *Centaurea jacea*, constitue également une donnée nouvelle pour les Pyrénées-Orientales (Patiny et Michez, com. pers.).

Enfin, parmi les lépidoptères, un individu de l'espèce *Parnassius apollo* (Lépidoptère Papilionidae) a été récolté sur *Centaurea scabiosa*. Son statut précaire en fait une espèce strictement protégée.

La présence de toutes ces espèces rares ou nouvelles pour la région met en évidence l'originalité et l'intérêt entomologique des prés de fauche montagnards pyrénéens.

4.2. Estimation de la diversité faunique des stations

4.2.1. Diversité globale

Dans un premier temps, la diversité entomologique est estimée en incluant dans les calculs tous les insectes récoltés sur les stations (tab. 13).

Toutes les espèces d'insectes présentes sur une station sont susceptibles de se retrouver sur les autres étant donnée la ressemblance de celles-ci (même conditions climatiques, même région, même milieu, même gamme d'altitude).

Tableau 13. Comparaison des indices de diversité des stations étudiées

	Camp del Sola (1)	El Pla del Bac (2)	La Balladosa (3)	La Font del Sastres (4)	Elport (5)	Plans Balladors (6)
Surface prospectée (m ²)	879	1101	2061	2611	3136	7132
Nombre insectes récoltés	171	464	189	329	249	495
Nombre de taxons	27	38	35	26	29	63
I Shannon et Weaver (Bit)	2,87	3,84	4,22	2,52	3,53	4,73
I Hurlbert (Espèces /10 spécimens)	4,75	6,64	7,31	4,37	6,12	7,75
D=1-C	0,72	0,89	0,92	0,62	0,86	0,93
D=1/C	3,63	8,68	12,38	2,63	7,26	15,19

En comparant ces valeurs, on constate que tous les indices calculés confirment la diversité la plus élevée sur la station des Plans Balladors et la plus faible sur la station de La Font del Sastres.

Le plus grand nombre d'espèces récoltées s'observe aux Plans Balladors. Il est à noter cependant, que c'est également sur cette station que l'effectif total des récoltes est le plus grand. Or, il est évident que le nombre d'espèces obtenues est proportionnel à l'effort de récolte. En effet, la probabilité de trouver des espèces plus sporadiques, voire inhabituelles dans un milieu est intimement lié au nombre d'insectes collectés.

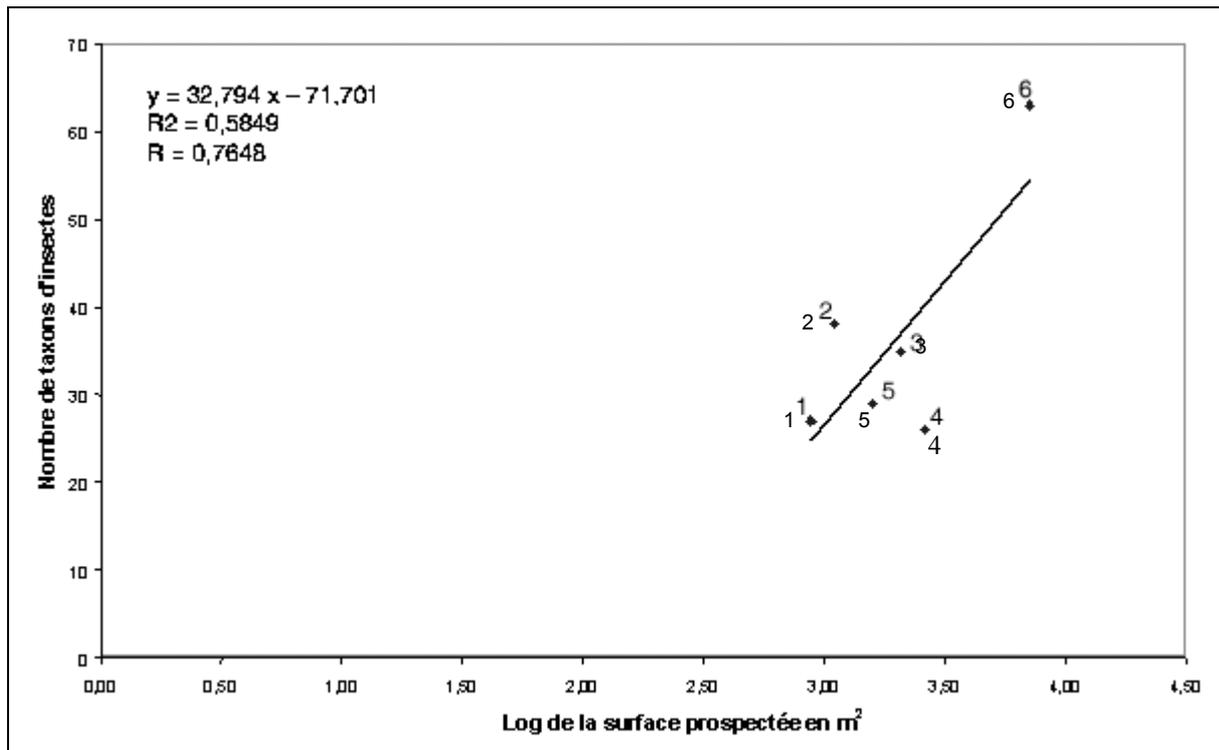


Figure 12. Nombre de taxons d'insectes en fonction du logarithme de la surface prospectée. Droite de régression des moindres carrés (1: Camp del Sola; 2: El Pla del Bac; 3: La Balladosa; 4: La Font del Sastre; 5: Elport; 6: Plans Balladors)

La droite de régression ainsi que le coefficient de corrélation (fig.12) indiquent que le nombre d'espèces trouvées sur une station est fortement corrélé à la superficie de celle-ci. Une très forte corrélation entre la richesse et la superficie territoriale a également pu être constaté par Rasmont *et al.* (1995).

Certaines stations s'écartent de la droite. C'est le cas de la station de La Font del Sastres qui se situe sous la droite de régression et pour laquelle, les indices obtenus ont des valeurs faibles. Les stations El Pla del Bac et Plans Balladors se situent, quant à elles, au-dessus de la droite de régression.

4.2.2. Diversité en Apoïdes

Dans un second temps, seuls les apoïdes sont pris en compte dans les calculs (tab. 14). Ceci permet de comparer les résultats à ceux obtenus par Rasmont et Barbier (1998) sur les terrains industriels charbonniers de Hainaut (tab. 15). Ces sites rudéraux sont toujours caractérisés par une diversité élevée (Rasmont & Barbier, 1998).

Tableau 14. Comparaison de la diversité en hyménoptères apoïdes des stations étudiées

	Camp del Sola (1)	El Pla del Bac (2)	La Balladosa (3)	La Font del Sastres (4)	Elport (5)	Plans Balladors (6)
Surface prospectée (m ²)	879	1101	2061	2611	3136	7132
Nombre insectes récoltés	158	422	148	300	228	353
Nombre d'espèces	20	21	21	19	16	33
I Shannon et Weaver	2,46	<u>3,28</u>	<u>3,60</u>	2,05	3,01	<u>3,99</u>

Tableau 15. Comparaison de la diversité en hyménoptères apoïdes des milieux charbonniers en Hainaut (Rasmont et Barbier, 1998)

	Terril d'Hensies (Hensies) (a)	Terril St Antoine (Boussu) (b)	Terril 12 (Hornu) (c)
Surface prospectée (m ²)	3000	4250	380
Nombre insectes récoltés	493	893	427
Nombre d'espèces	56	48	42
I Shannon et Weaver	4,86	3,36	3,72

La classification des stations en fonction de leur diversité reste approximativement la même que l'on considère uniquement les apoïdes ou tous les taxons.

L'effectif total ainsi que le nombre d'espèces d'apoïdes observés sur les stations des Pyrénées-Orientales sont relativement plus faibles que ceux des milieux charbonniers étudiés par Rasmont et Barbier (1998). L'indice de Shannon et Weaver montre pourtant une diversité de trois des sites pyrénéens comparables à celle des terrains industriels charbonniers. Les trois autres stations ont quant à elles un indice plus faible. Ceci montre qu'en plus d'attirer des espèces remarquables, les prés de fauche montagnards sont des biotopes à diversité entomologique élevée.

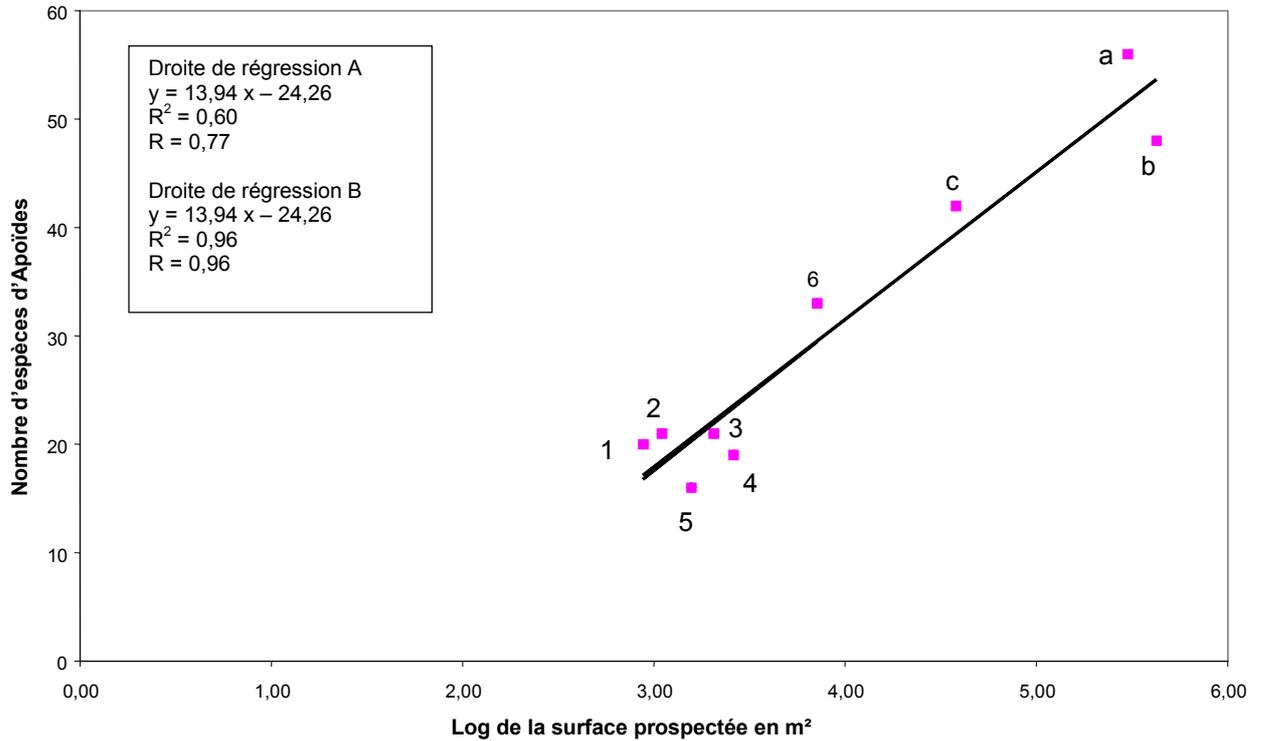


Figure 13. Nombre d'espèces d'apoïdes en fonction de la surface prospectée. Droite de régression des moindres carrés (1: Camp del Sola; 2: El Pla del Bac; 3: La Balladosa; 4: La Font del Sastre; 5: Elport; 6: Plans Balladors; a: Terril d'Hensies; b: Terril St Antoine; c: Terril 12). A: régression des seules stations pyrénéennes; B: régression des station pyrénéennes et des terrils.

La droite de régression A ne tient compte que des stations pyrénéennes (fig. 13). On constate que le coefficient de corrélation est assez élevé (0,77). Il semble avoir une corrélation entre la superficie des stations et le nombre d'espèces d'insectes. La corrélation importante entre la richesse et la superficie territoriale a également été montrée par Rasmont *et al.* (1995).

Les terrils se situent exactement dans le prolongement de cette droite de régression (fig. 13). A titre informatif, la droite de régression et le coefficient de corrélation en considérant à la fois ces stations et les stations pyrénéennes ont été calculés (fig. 13). On peut constater que les deux droites A et B se superposent presque parfaitement et que cette droite B a un coefficient de corrélation dont la valeur est remarquablement élevée (0,96).

4.2.3. Estimation de la diversité à partir des histogrammes de distribution de fréquence

L'analyse de la forme des courbes des histogrammes de distribution de fréquence des espèces d'apoïdes ainsi que les différents indices permettent d'apprécier graphiquement la diversité des sites prospectés.

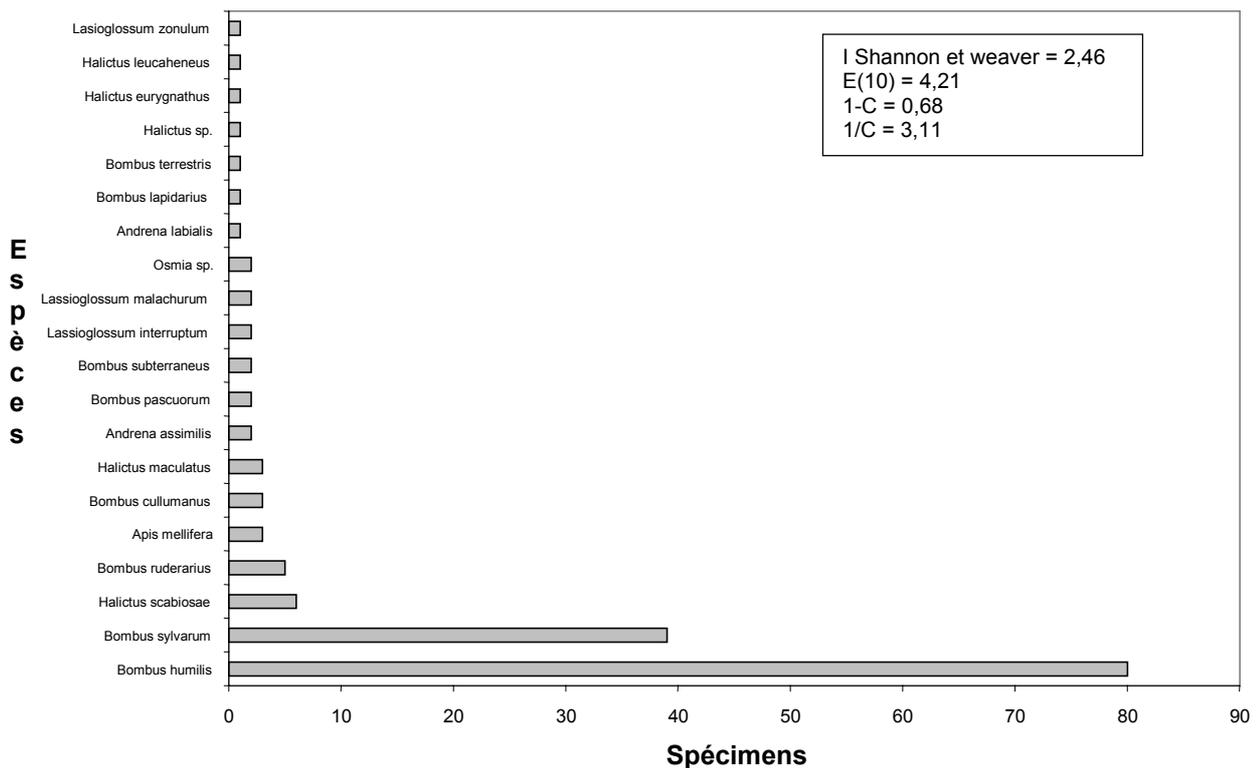


Figure 14. Histogramme de distribution de fréquence des apoïdes sur la station Camp del Sola.

La concavité du graphique très marquée (fig. 14), indique une faible diversité sur la station Camp del Sola. Celle-ci est également montrée par les différents indices. On constate sur cette station, la présence dominante de *Bombus humilis quasimuscorum* ainsi que celle de *B. sylvarum*.

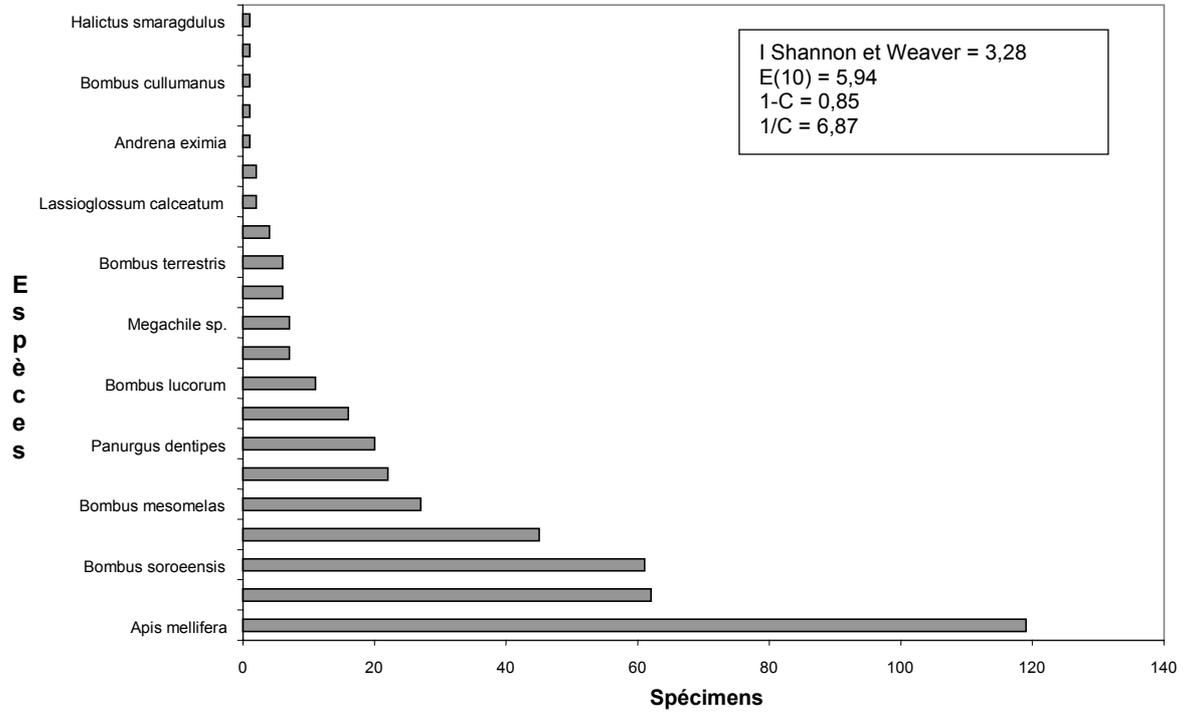


Figure 15. Histogramme de distribution de fréquence des apoïdes sur la station El Pla del Bac.

La concavité peu marquée de l'histogramme de distribution (fig. 15) confirme une diversité élevée présagée par les indices.

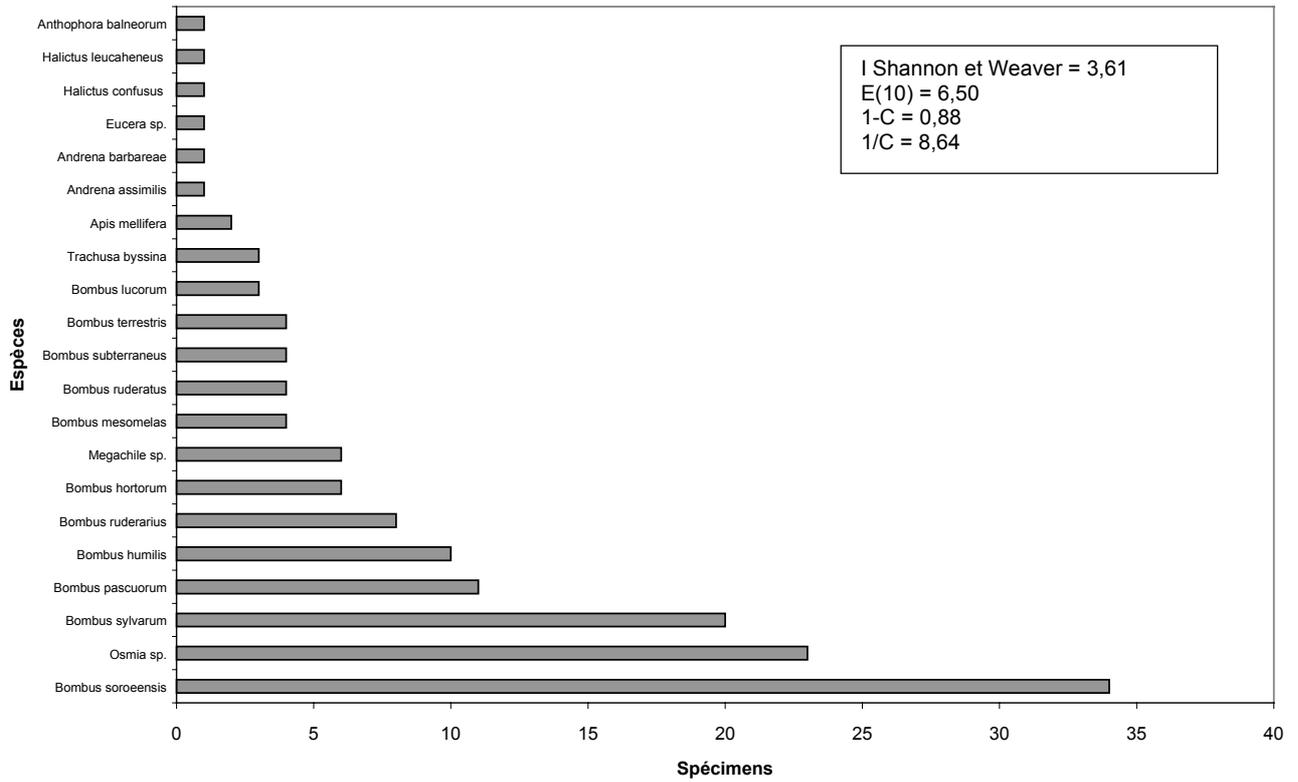


Figure 16. Histogramme de distribution de fréquence des apoïdes sur la station La Balladosa.

Sur cette station, on constate également une distribution relativement homogène des espèces en accord avec les valeurs élevées des indices de diversité (fig. 16).

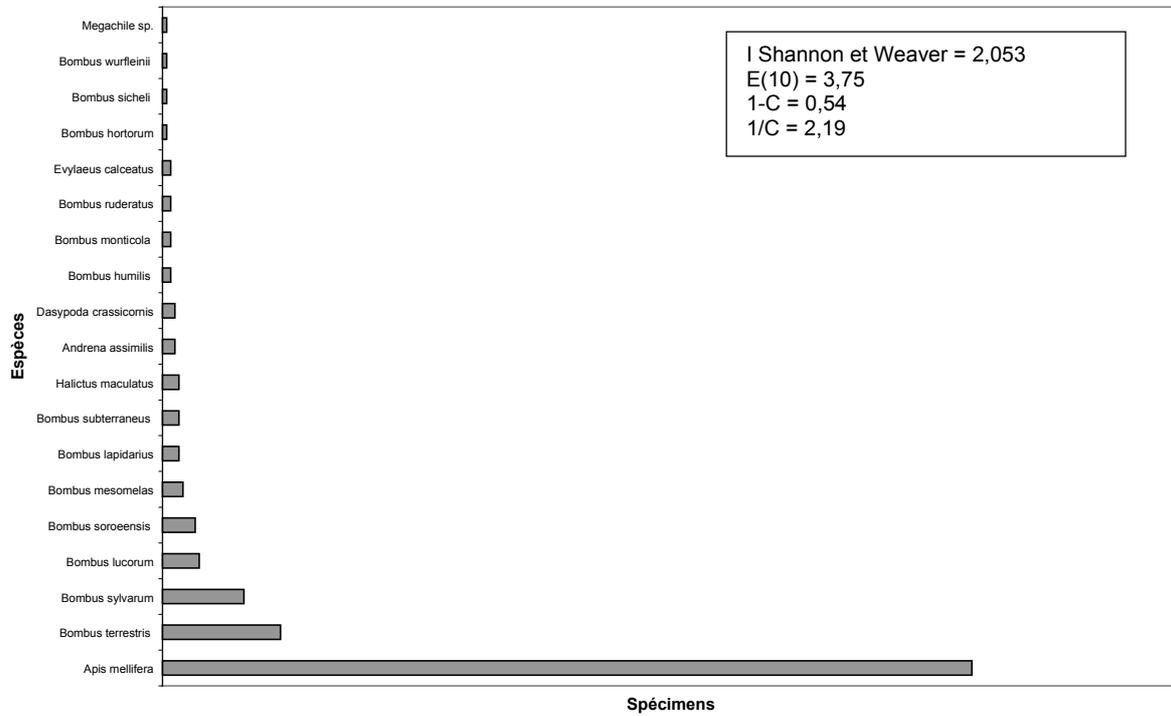


Figure 17. Histogramme de distribution de fréquence des apoïdes sur la station La Font del Sastres.

La composition entomologique de cette station est largement dominée par *Apis mellifera* (fig. 17). Ceci explique les valeurs faibles de chacun des indices de diversité.

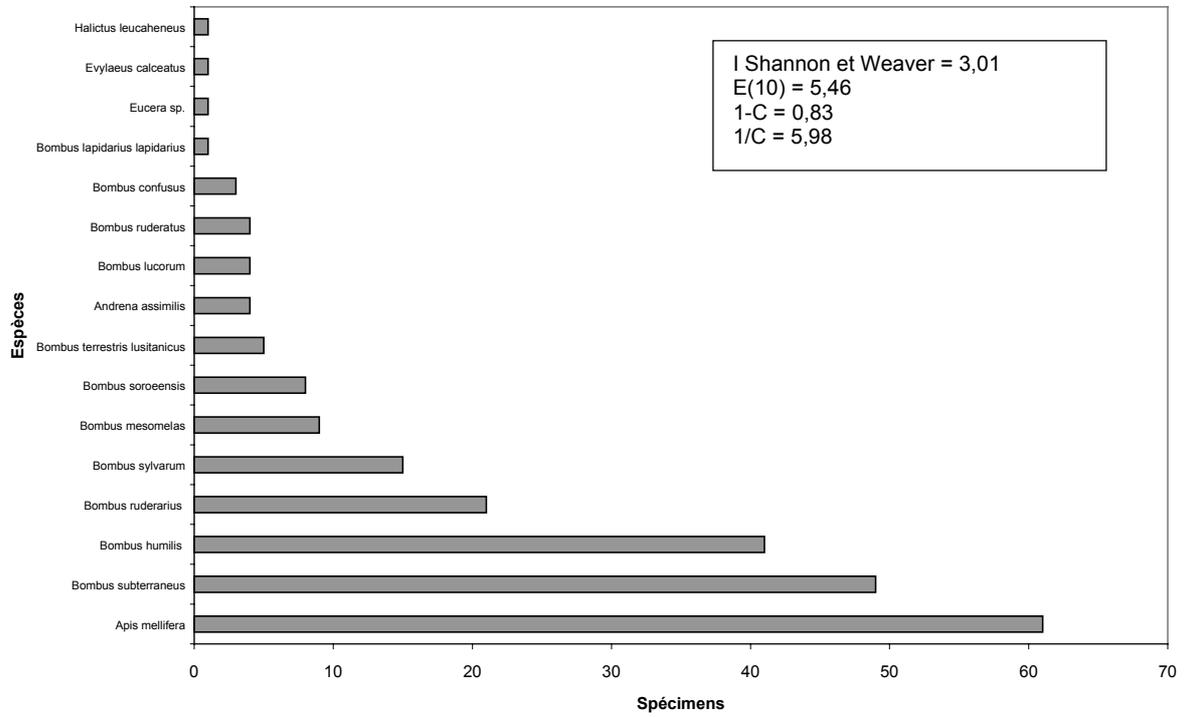


Figure 18. Histogramme de distribution de fréquence des apoïdes sur la station Elport.

La concavité de la distribution des espèces ainsi que les indices calculés confirment une forte diversité entomologique sur cette station (fig. 18).

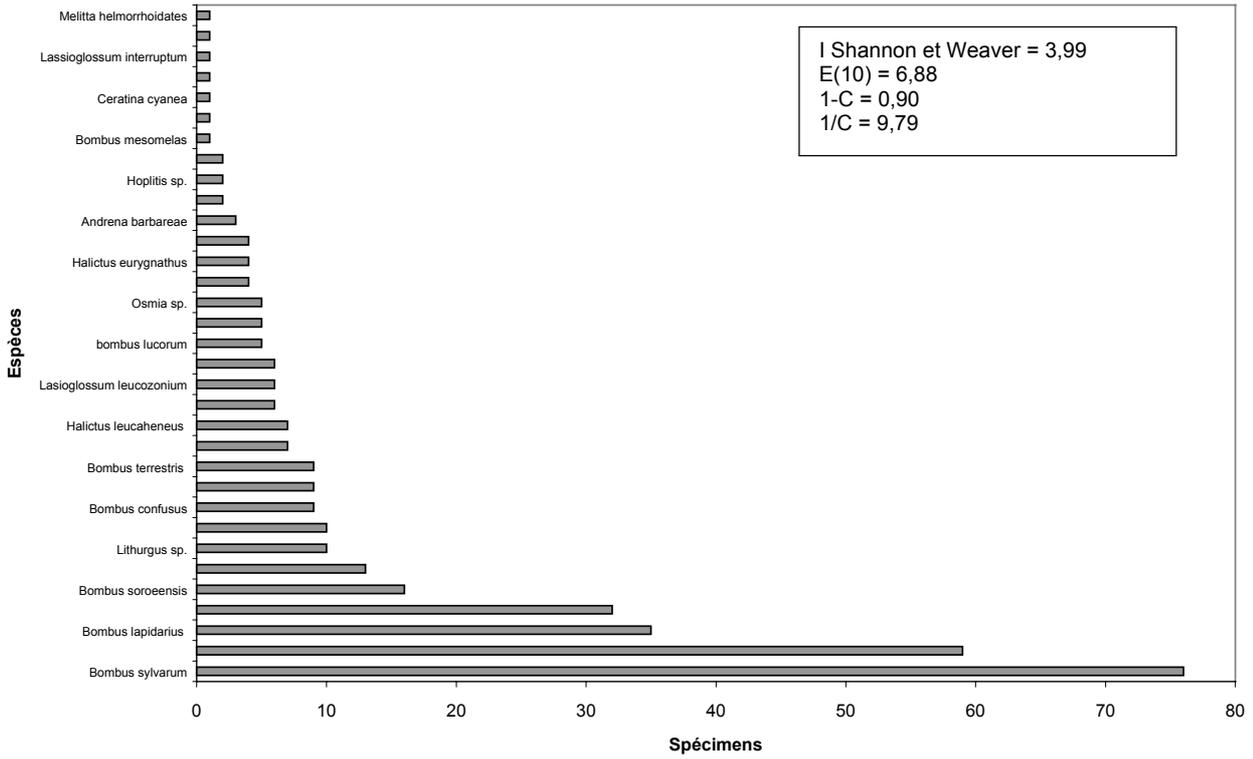


Figure 19. Histogramme de distribution de fréquence des Apoïdes sur la station Plans Balladors.

Cette station qui est la plus diversifié, montre bien une courbe dont la concavité est modérée ainsi que des indices élevés (fig. 19).

4.3. Diversité florale des stations

Pour estimer la diversité florale des stations, l'indice de Shannon et Weaver a été utilisé. Les coefficients d'abondance des plantes sur les différentes stations ont été additionnés de 1 de sorte qu'ils aient des valeurs comprise entre 1 et 6. Les nouveaux coefficients obtenus ont été divisés par la somme de ceux-ci sur chacune des stations de façon à obtenir des proportions qui sont alors utilisées pour les calculs de diversités.

Tableau 16. Comparaison de la diversité florale des stations

	Camp del Sola (1)	El Pla del Bac (2)	La Balladosa (3)	La Font del Sastre (4)	Elport (5)	Plans Balladors (6)
Surface prospectée (m ²)	879	1101	2061	2611	1570	7132
Nombre d'espèces	18	40	22	49	57	39
I shannon et Weaver	4,12	5,30	4,40	5,54	5,70	5,21

Les indices obtenus (tab. 16) montre que la diversité floristique la plus grande se rencontre à la station d'Elport bien que cette station n'est pas celle qui constitue la plus grande surface prospectée. La plus faible diversité se trouve à Camp del Sola.

Cette diversité florale est mise en relation avec les résultats de la diversité entomologique (fig. 20).

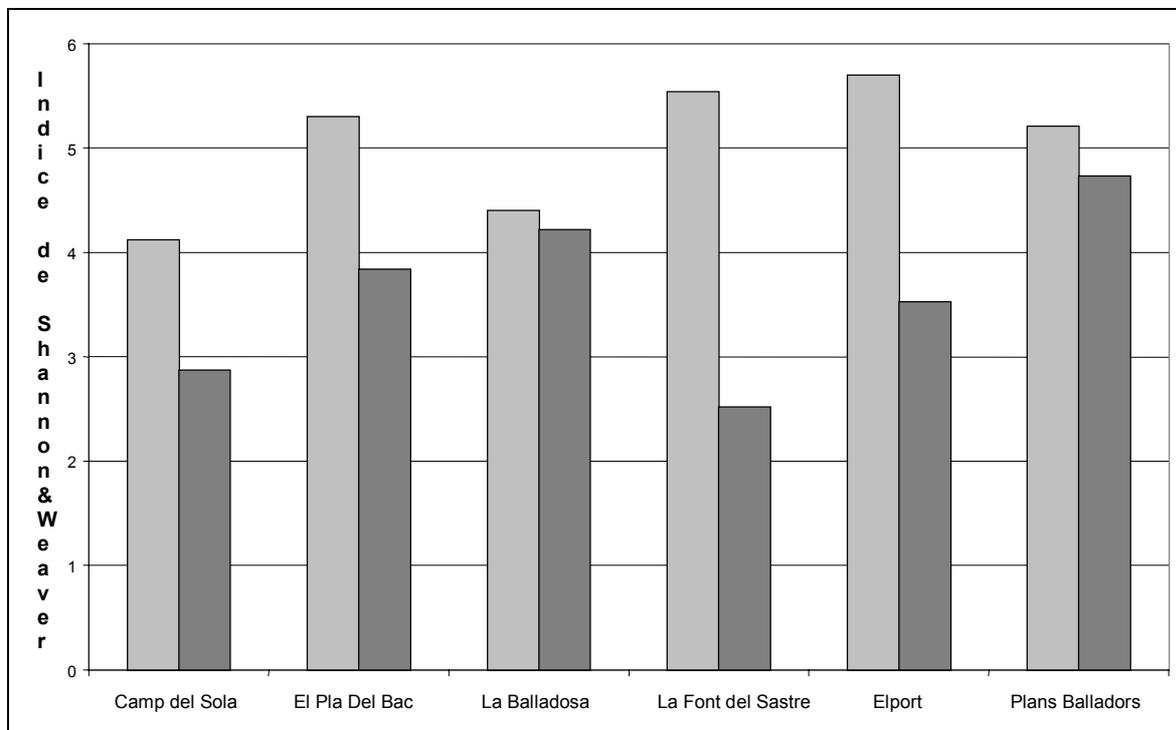


Figure 20. Comparaison des diversités faunique et floristique des stations étudiées. En gris clair, diversité florale des stations et en gris foncé, diversité faunique des stations.

Le classement des stations en fonction de leur diversité florale est différent de celui obtenu lorsque l'on considère la diversité faunique. A titre d'exemple, la station de La Font del Sastres montre la diversité florale la plus élevée alors que d'un point de vue faunique, elle fait partie des plus pauvres. Il semble que la diversité en insectes d'un site ne soit pas liée à celle des plantes. D'autres composantes interviennent dans l'attractivité des insectes. L'abondance d'une plante favorite pour des insectes oligo ou monolectiques, la présence de sites de nidification, la compétition ou encore la prédation sur une station peuvent être, par exemple, des critères de sélection pour les insectes (Rasmont *et al.*, en préparation).

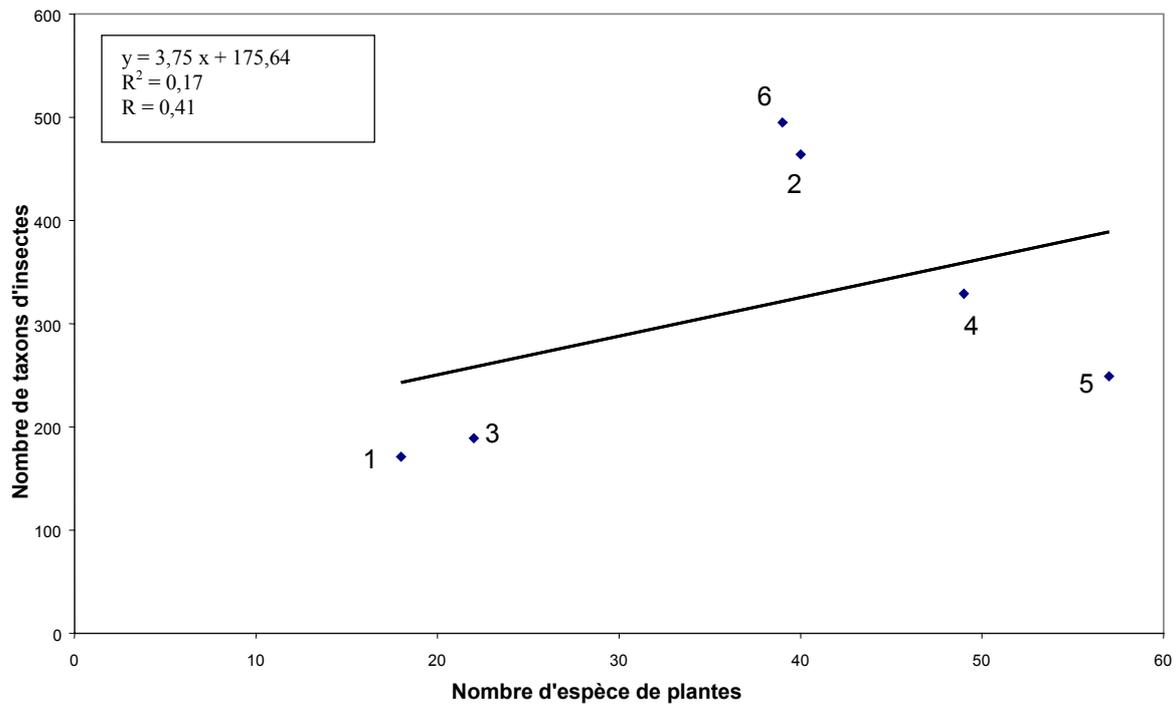


Figure 21. Nombre de taxons d'insectes en fonction du nombre d'espèces de plantes. Droite de régression des moindres carrés (1: Camp del Sola; 2: El Pla del Bac; 3: La Balladosa; 4: La Font del Sastre; 5: Elport; 6: Plans Balladors).

4.4. Diversité entomologique sur les plantes

Les différents indices vont permettre d'apprécier la diversité entomologique sur chacune des plantes étudiées. Seules les espèces visitées par au moins quinze butineurs sont considérées dans cette partie du travail. Les indices sont calculés sur base des effectifs totaux de chacune de ces plantes. Cependant, ces indices ne permettent qu'une appréciation qualitative de la variété des butineurs. En effet, les grandes différences d'effectifs sur les plantes sont dues à la présence des fleurs sur un nombre différent de stations. Ceci implique donc des temps d'observation différents pour chacune des espèces végétales. Ces résultats ne peuvent alors pas être interprétés comme une monopolisation des butineurs, mais comme le résultat de la dispersion des espèces dans leurs stations respectives.

Tableau 17. Comparaison des indices de diversité des espèces d'insectes sur les plantes étudiées

	Nombre de spécimens d'insectes	Nombre des taxons d'insectes	Shannon et Weaver	Hurlbert (E 10)	Concentration	D=1-C	D=1/C
<i>Centaurea cyanus</i>	43	14	3,01	5,66	0,159	0,842	6,311
<i>Centaurea jacea</i>	849	68	4,22	6,82	0,123	0,877	8,122
<i>Centaurea scabiosa</i>	395	32	3,56	6,21	0,132	0,868	7,560
<i>Crepis mollis</i>	40	10	2,45	4,63	0,289	0,711	3,463
<i>Echium vulgare</i>	57	14	3,02	5,54	0,194	0,806	5,149
<i>Eryngium bourgatii</i>	71	11	2,38	4,43	0,292	0,708	3,422
<i>Helianthemum nummularium</i>	17	8	2,73	5,21	0,177	0,824	5,667
<i>Knautia arvensis</i>	19	13	3,51	6,68	0,103	0,898	9,757
<i>Lathyrus pratensis</i>	51	9	2,42	4,50	0,250	0,751	4,008
<i>Prunella grandiflora</i>	32	8	2,15	4,17	0,350	0,650	2,860
<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	31	9	3,01	5,82	0,136	0,863	7,336
<i>Stachys officinalis</i>	182	21	3,16	5,63	0,157	0,843	6,353
<i>Vicia cracca</i>	76	8	1,78	3,27	0,379	0,621	2,674

Selon l'indice considéré (tab. 17), la classification des plantes par leur diversité faunique est différente. Cependant, quel que soit l'indice, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa* et *Knautia arvensis* sont toujours les trois espèces qui présentent la plus grande diversité de butineurs. *Vicia cracca*, *Eryngium bourgatii* et *Prunella grandiflora* sont, quant à elles, caractérisées par une diversité de visiteurs la plus faible. La constance des résultats sur ces espèces, quelque soit l'indice utilisé, est probablement une preuve de leur robustesse.

Tout comme les *Centaurea*, *K. arvensis* (Dipsacaceae) présente des fleurs rosées qui sont organisées en capitules denses et bombés. Les lobes extérieurs des fleurs périphériques sont très développés et rayonnants (Saule, 1991). Ces caractéristiques constituent un stimulus visuel attractif très fort pour les insectes lorsque ceux-ci se trouvent à distance de la plante (Lack, 1976; Lack, 1982). Cette stratégie se retrouve aussi chez les Apiaceae et les Asteraceae. Ces plantes attirent également une large gamme de pollinisateurs (Proctor *et al.*, 1996). Cependant, *Crepis mollis* (Asteraceae) et *Eryngium bourgatii* (Apiaceae) présentent, dans cette étude, des indices relativement faibles.

Vicia cracca présente toujours une diversité de pollinisateurs très faible. Sa symétrie bilatérale ainsi que la longueur de corolle rend ses nectaires très difficile d'accès. Ceci implique une certaine habilité et un apprentissage de la manipulation de la plante par les butineurs. Ces derniers lui préfèrent sans doute des plantes aux nectaires plus accessibles et pour lesquelles la manipulation de la fleur est moins complexe.

Il est à remarquer pourtant que *Rhinanthus mediterraneus* dont la morphologie est aussi complexe que celle de *Vicia cracca*, montre une diversité assez élevée. Il ne faut pas oublier que les principaux butineurs des plantes à symétrie bilatérale sont les bourdons. Or, en altitude, ceux-ci se retrouvent en nombre et présentent une grande variété spécifique, ce qui influence les indices de diversité.

Hormis ces quelques cas particuliers, les autres plantes des stations ont toutes des indices du même ordre qui montrent des tendances semblables. Ce phénomène résulte sans doute du fait que bien qu'il existe une préférence florale de certains insectes pour une ou plusieurs plantes particulières, une véritable spécialisation des pollinisateurs n'est constatée que lorsqu'une compétition intensive s'installe (Proctor *et al.*, 1996). Or, étant donné la richesse floristique des prés de fauche montagnards à cette époque de l'année, les insectes ne sont pas en surnombre par rapport aux ressources alimentaires. Aucune compétition exacerbée ne semble donc avoir lieu dans la présente étude.

Demeuldre (1998) a estimé la diversité entomologique sur certaines centaurées de France (Var) et de Belgique (Hainaut) (tab. 18). Les indices ont été calculés sur base des effectifs totaux de chaque espèce.

Tableau 18. Indice de diversité de Shannon pour les espèces d'apoïdes sur les *Centaurea* L. de France et de Belgique (d'après Demeuldre, 1998)

Espèces du genre <i>Centaurea</i> L. du Var	Nombre d'espèces d'Apoïdes	Nombre de spécimens	I Shannon et Weaver
<i>Centaurea aspera</i> L.	15	28	4,36
<i>Centaurea collina</i> L.	33	227	4,84
<i>Centaurea paniculata</i> L.	31	165	4,40
<i>Centaurea scabiosa</i> L.	22	78	4,93
<i>Centaurea solstitialis</i> L.	46	650	4,77
Espèces du genre <i>Centaurea</i> L. de Belgique	Nombre d'espèces	Nombre de spécimens	I Shannon et Weaver
<i>Centaurea decipens</i> Thuill.	7	53	2,97
<i>Centaurea thuilleri</i> J. Duv. & Lamb.	17	138	3,73

Tableau 19. Indice de diversité de Shannon pour les espèces de *Centaurea* L. de Cerdagne

Espèces du genre <i>Centaurea</i> L. de la Cerdagne	Nombre d'espèces	Nombre de spécimens	I Shannon et Weaver
<i>Centaurea cyanus</i> L.	11	31	2,57
<i>Centaurea jacea</i> L.	40	676	3,47
<i>Centaurea scabiosa</i> L.	17	353	3,04

Les centaurées observées en Provence présentent entre elles des diversités comparables malgré les différences importantes d'effectifs (tab. 18).

Les espèces de Belgique présentent, quant à elles, une diversité plus faibles (tab. 18). Ceci résulte sans nul doute d'une diversité entomologique régionale réduite. En effet, les milieux méditerranéens sont caractérisés par une diversité en fleurs ainsi qu'en insectes (Pétanidou & Smets, 1995; Pétanidou *et al.*, 1995, Rasmont *et al.*, 1995) nettement plus élevée qu'en Belgique. Selon Michener (1979, cité par Rasmont *et al.*, 1995) la très forte diversité des Apoïdes dans les régions méditerranéennes s'explique par une adaptation dès l'origine de la majorité des espèces à des sols dénudés, chauds et bien réessuyés.

En comparant les résultats de Demeuldre (1998) à ceux de la présente étude (tab. 19), on peut constater que les indices obtenus pour *Centaurea jacea* et *C. scabiosa* sont assez faibles. *Centaurea cyanus* présente cependant une diversité en Apoïdes encore plus faible que celle des deux autres espèces du même genre étudiées dans les Pyrénées-Orientales. Ceci pourrait être lié aux différentes formes biologiques des espèces concernées. *C. jacea* et *C. scabiosa* sont des espèces vivaces, alors que *C. cyanus* est une fleur annuelle. Pétanidou & Smets (1995) ont montré que les plantes vivaces produisent de plus grande quantité de nectar que les plantes annuelles. Ils expliquent ce phénomène par une plus grande capacité de mise en réserve grâce à leur système racinaire plus développé. Lack (1976, 1982b) a montré que lorsque les plantes sont sympatriques, une plus grande quantité de nectar sécrétée est corrélée à une préférence de la part des butineurs.

Mis à part ce cas particulier, il est à remarquer que les centaurées présentent en général des indices de diversité relativement élevés.

4.5. Répartition des guildes sur les différentes espèces végétales

Après s'être intéressé aux diversités entomologiques sur les différentes plantes, on regarde la répartition de chacune des guildes sur les treize plantes les plus butinées (tab. 20).

Sur les 833 insectes récoltés sur *Centaurea jacea*, les principaux butineurs sont les abeilles domestiques, les bourdons et les apoïdes à langues courtes représentant respectivement 32, 30 et 14 %. Toutes les autres guildes ne représentent ensemble que 25 % de l'effectif total récolté sur cette plante.

Sur les 395 insectes butinant *Centaurea scabiosa*, les *Bombus* représentent 60% de l'effectif global et les *Apis* ne constituent que 25 % des butineurs.

Tableau 20. Présentation du pourcentage de chacune des guildes sur chaque plante

Toutes stations	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Crepis mollis</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	<i>Stachys officinalis</i>	<i>Vicia cracca</i>
Apis	14,0	31,5	25,3	0,0	0,0	49,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0
Bombus	53,5	30,4	60,0	0,0	52,6	16,9	52,9	21,1	64,7	96,9	100,0	91,2	97,4
Apoïdes Lc	4,7	13,9	1,3	70,0	0,0	16,9	35,3	26,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
Apoïdes LI	0,0	3,5	2,8	0,0	43,9	0,0	0,0	0,0	35,3	0,0	0,0	2,2	0,0
Meloides	18,6	5,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mirides	4,7	3,8	3,5	0,0	0,0	12,7	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
Syrphides	0,0	3,5	2,8	25,0	0,0	0,0	5,9	15,8	0,0	3,1	0,0	1,6	1,3
Autres	4,7	7,6	3,8	5,0	3,5	4,2	5,9	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
Nombre de spécimens (100%)	43	833	395	40	57	71	17	19	51	32	31	182	76

Sur le terrain, l'abondance des mâles de bourdons sur cette plante a été remarquée. Ceci est en accord avec Rasmont (1988) qui a montré que les *Carduae* était d'une grande importance dans l'alimentation des mâles de presque toutes les espèces de bourdons. Les mâles, à l'opposé des ouvrières qui sont chargées des soins des larves ainsi que de la récolte de nourriture pour celles-ci, n'ont aucun rôle social intra-nidal. Les récoltes de nectar qu'ils effectuent sont destinées à leur propre consommation. Leur butinage n'affecte pas de manière directe, la survie de la colonie. Cependant, comme les femelles, ils possèdent une langue longue qui leur permet de pomper le nectar au fond de corolles profondes, qui bien souvent restent inaccessibles pour beaucoup d'autres insectes (Bosch *et al.*, 2002). Les ressources en nectar de ces plantes sont donc moins souvent épuisées. L'exploitation de plante complexe telles que les Fabaceae ou Scrophulariaceae n'est pas innée chez les bourdons, elle nécessite un long apprentissage (Heinrich, 1979). Or, les mâles n'ont aucun intérêt à dépenser du temps et de l'énergie pour apprendre à exploiter ces plantes étant donnée la suffisance des ressources en sucre fournie par les plantes à corolle profonde comme par exemple les *Cardueae*.

Les principaux insectes butineurs de *Centaurea cyanus* sont constitués à 54% de *Bombus*, 19% de coléoptères Méloïdes et 14% d'*Apis*. Aucun représentant de la guildes des Apoïdes à langue longue et aucun Syrphide n'ont été observés sur cette centaurée.

Sur les 182 spécimens récoltés sur *Stachys officinalis*, on peut constater que 91 % sont des *Bombus*. De même, on remarque que sur les 32 insectes butinant *Prunella grandiflora*, 97% sont des *Bombus*. Ces espèces appartiennent à la famille des Lamiaceae caractérisée par une symétrie bilatérale qui est fortement appréciée par les bourdons (Rasmont, 1988; Free, 1993; Proctor *et al.*, 1996; Rasmont *et al.*, en préparation). Les indices de diversité de la faune pollinisatrice sur ces plantes sont relativement élevés pourtant si l'on s'intéresse aux guildes, on constate une diversité de butineur très faible. Ceci est du à la grande diversité en espèces de bourdons sur les stations étudiées.

On peut constater la même tendance pour *Vicia cracca* et *Rhinanthus mediterraneus* avec une faune de butineur respectivement constituée de 97 et 100% de *Bombus*. Les remarques concernant *Stachys officinalis* et *Prunella grandiflora* sont valables pour ces espèces qui appartiennent, quant à elle, à la famille des Fabaceae et Scrophulariaceae très attractive pour les bourdons.

Les insectes pollinisateurs d'*Echium vulgare* et *Lathyrus pratensis* sont essentiellement composés de *Bombus* et de la guilde des Apoïdes à langue longue. Les corolles de ces espèces sont gamétopétales et plus ou moins tubulaire, ce qui rend l'accès aux nectaires difficile pour les insectes à langues courtes.

La faune butineuse d'*Eryngium bourgatii* révèle une abondance des *Apis* qui constitue près de 50 % des visiteurs de cette espèce.

Crepis mollis est la seule plante étudiée pour laquelle les insectes dominants n'appartiennent pas à la famille des Apidae. Sa faune floricole est constituée à 70 % d'Apoïdes à langue courte et à 25 % de Syrphides.

Knautia arvensis présentent une faune pollinisatrice très faible avec seulement 19 individus, cependant elle semble attirer de façon homogène l'ensemble des guildes.

Enfin *Helianthemum nummularium* n'attire que très peu d'insectes dont la majeure partie sont des *Bombus* et des Apoïdes à langue courte. Il est à noter que cette espèce produit exclusivement du pollen (Pétanidou, 1995), les insectes n'ont donc que peu d'intérêt à la visiter. En effet, les autres fleurs présentent l'avantage supplémentaire de leur fournir à la fois, leur source de protéine et de sucre lors d'une simple visite.

4.6. Choix floraux

Tous les insectes semblent montrer des préférences florales. Ces choix sont modulés par la couleur, la symétrie, le parfum, l'abondance de la fleur ainsi que par la qualité et quantité de nourriture (pollen et nectar) qu'elle offre à son visiteur (Proctor et al, 1996).

Les données des six stations ont été sommées dans un tableau général (tab. 21) afin de mettre en évidence les choix floraux des différentes guildes.

Tableau 21. Effectif des guildes sur les plantes

Toutes stations	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Crepis mollis</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	<i>Stachys officinalis</i>	<i>Vicia cracca</i>	Effectif total de la guilde
Apis	6	262	100			35						7		410
Bombus	23	253	237		30	12	9	4	33	31	31	166	74	903
Apoïdes Lc	2	116	5	28		12	6	5				1		175
Apoïdes Ll		29	11		25				18			4		87
Meloides	8	49	2					4						63
Mirides	2	32	14			9		1				1		59
Syrphides		29	11	10			1	3		1		3	1	59
Autres	2	63	15	2	2	3	1	2					1	91
Effectif total sur les plantes	43	833	395	40	57	71	17	19	51	32	31	182	76	1847

4.6.1. Analyse en composantes principales des choix floraux

Dans un premier temps, une étude par analyse multivariée a été effectuée afin de dégager les tendances des choix floraux et donc de mettre en relation les guildes avec les plantes butinées.

a. Matrice de départ

La matrice de départ (tab. 21) est une matrice de données quantitative rectangulaire de 8 lignes et 13 colonnes représentant respectivement les guildes d'insectes et les treize plantes les plus butinées. A l'intersection des lignes et colonnes, se trouve l'effectif de la guilde récolté sur la plante.

Les données ont été standardisées par le nombre total d'insectes récoltés sur chacune des plantes (tab. 22). Cette précaution est prise afin d'éviter que les grandes différences d'effectif sur chacune des plantes n'influencent de façon prépondérante l'analyse.

Tableau 22. Matrice de données standardisées

	Cencya	Cenjac	Censca	Cremol	Echvul	Erybou	Helnum	Knaarv	Latpra	Prugra	Rhimed	Staoff	Viccra
Apis	0,1395	0,3145	0,2532	0,0000	0,0000	0,4930	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0385	0,0000
Bombus	0,5349	0,3037	0,6000	0,0000	0,5263	0,1690	0,5294	0,2105	0,6471	0,9688	1,0000	0,9121	0,9737
ApoLC	0,0465	0,1393	0,0127	0,7000	0,0000	0,1690	0,3529	0,2632	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	0,0000
ApoLL	0,0000	0,0348	0,0278	0,0000	0,4386	0,0000	0,0000	0,0000	0,3529	0,0000	0,0000	0,0220	0,0000
Meloide	0,1860	0,0588	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2105	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Miride	0,0465	0,0384	0,0354	0,0000	0,0000	0,1268	0,0000	0,0526	0,0000	0,0000	0,0000	0,0055	0,0000
Syrphide	0,0000	0,0348	0,0278	0,2500	0,0000	0,0000	0,0588	0,1579	0,0000	0,0313	0,0000	0,0165	0,0132
Autre	0,0465	0,0756	0,0380	0,0500	0,0351	0,0423	0,0588	0,1053	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0132

(Cencya=*Centaurea cyanus*; Cenjac=*Centaurea jacea*, Censca=*Centaurea scabiosa*; Cremol=*Crepis mollis*; Echvul=*Echium vulgare*; Erybou=*Eryngium bourgatii*; Helnum=*Helianthemum nummuralium*; Knaarv=*Knautia arvensis*; Latpra=*Lathyrus pratensis*; Prugra=*Prunella grandiflora*; Rhimed=*Rhinanthus mediterraneus*; Staoff=*Stachys officinalis*; Vicra=*Vicia cracca*; ApoLC=Apoïdes à langue courte; ApoLL=Apoïdes à langue longue)

b. Matrice de corrélation et dendrogramme

Une matrice de corrélation de Pearson entre les descripteurs a été calculée (tab. 23).

Tableau 23. Matrice de corrélation

	Apis	Bombus	Apoïdes langue courte	Apoïdes langue longue	Meloides	Mirides	Syrphides	Autres
Apis	1,000							
Bombus	-0,411	1,000						
Apoïdes LC	-0,060	-0,737	1,000					
Apoïdes LL	-0,228	0,016	-0,296	1,000				
Meloides	0,013	-0,327	0,068	-0,220	1,000			
Mirides	0,854	-0,526	0,039	-0,276	0,343	1,000		
Syrphides	-0,261	-0,620	0,890	-0,282	0,217	-0,094	1,000	
Autres	0,2601	-0,775	0,532	-0,211	0,650	0,437	0,519	1,000

Un dendrogramme a été effectué à partir de cette matrice de corrélation.

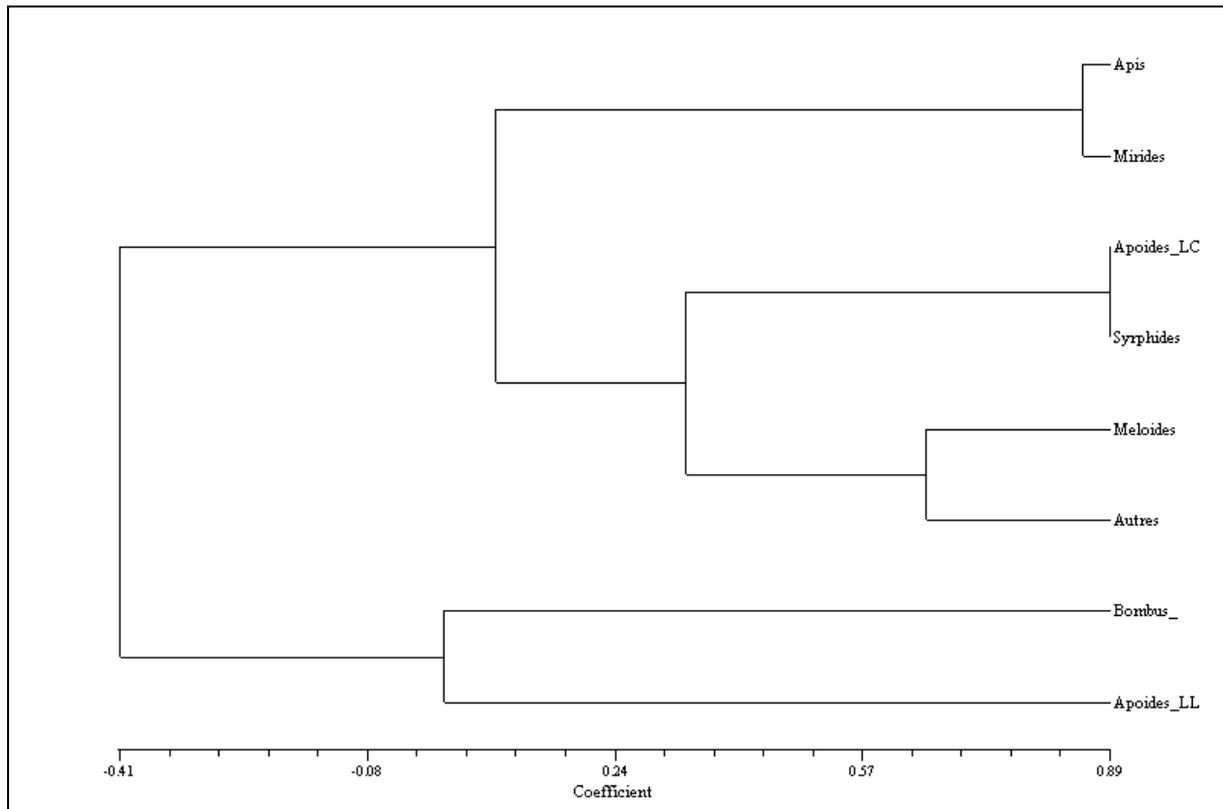


Figure 22. Dendrogramme par lien UPGMA.

La plus forte corrélation positive s'observe entre les Apoïdes à langue courte et les Syrphides ainsi qu'entre les *Apis* et les Mirides (fig.22). Une valeur positive élevée signifie que ces guildes ont des choix floraux relativement semblables.

Les Apoïdes à langue longue et les *Bombus* ont une corrélation faiblement positive entre eux et présentent une corrélation négative avec toutes les autres guildes.

A partir du dendrogramme (fig. 22), on peut distinguer deux groupes, un premier réunissant les guildes *Bombus* et Apoïdes à langue longue et un second comprenant toutes les autres guildes. Ces deux groupes se différencient dans la longueur de leurs organes buccaux qui leur permettent d'accéder à des nectaires situés à différentes profondeurs.

c. Valeurs propres et variance exprimée

La matrice de corrélation va permettre d'extraire les valeurs propres et vecteurs propres nécessaires à l'ACP.

Le tableau suivant reprend pour chaque axe, la valeur propre, la variance qu'il exprime, la variance cumulée ainsi que la variance espérée par le modèle du bâton brisé.

Tableau 24. Valeurs propres et variance exprimée

Axes	Valeurs propres	Variance en %	Variance cumulée en %	Variance espérée
1	3,54	44,20	44,20	33,97
2	2,07	25,83	70,03	21,47
3	1,05	13,15	83,18	15,22
4	1,01	12,60	95,77	11,06
5	0,20	2,46	98,24	7,93
6	0,07	0,92	99,16	5,43
7	0,07	0,85	100,00	3,35
8	0,00	0,00	100,00	1,56
Somme	8	100		

Selon la règle du bâton brisé, qui consiste à prendre comme axes pertinents ceux pour lesquels la variance exprimée est supérieure à celle espérée, nous ne pouvons envisager ici que les deux premiers axes. Ceux-ci permettent d'expliquer 70% de la variance.

d. Vecteurs propres

Les vecteurs propres du nouvel espace réduit sont déterminés par les guildes.

Tableau 25. Vecteurs propres des axes 1 et 2

	Axe 1	Axes 2
Apis	0,376	<u>0,840</u>
Bombus	<u>-0,906</u>	0,001
Apoïdes LC	0,750	-0,537
Apoïdes LL	-0,386	-0,083
Meloides	0,534	0,118
Mirides	0,566	0,778
Syrphides	0,694	<u>-0,668</u>
Autres	<u>0,881</u>	0,019

Les valeurs extrêmes de chacun des axes sont soulignées.

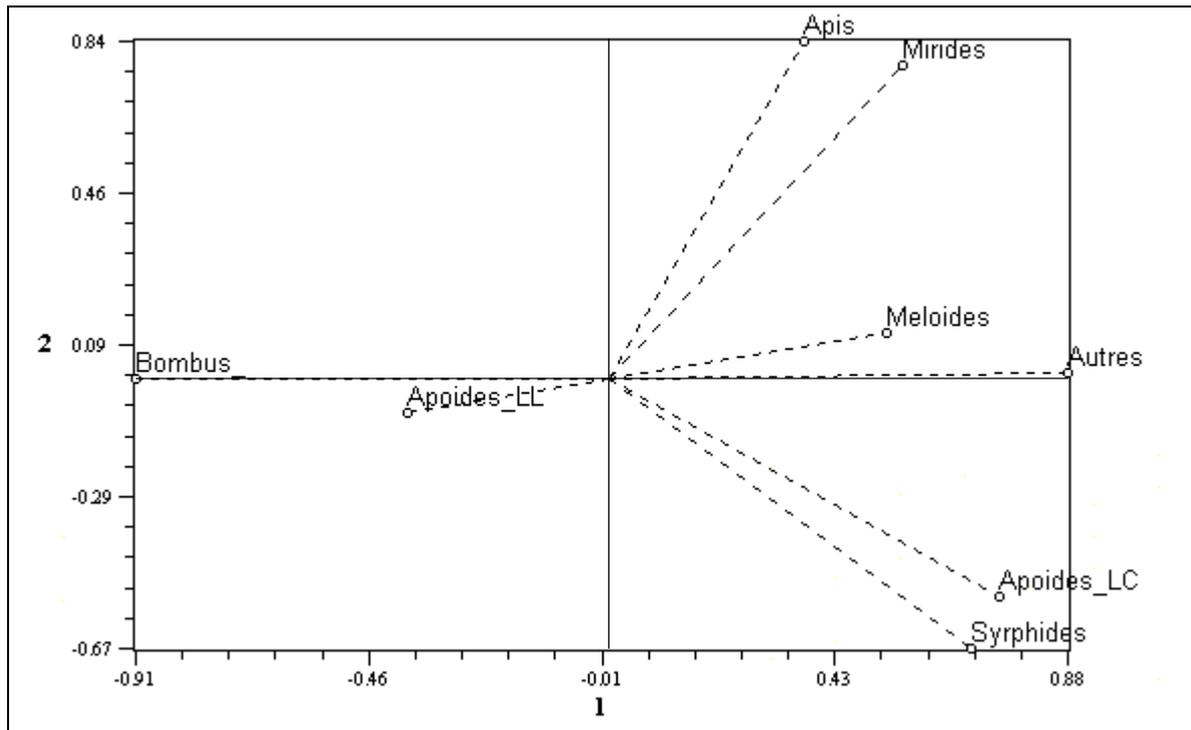


Figure 23. Représentation des guildes dans l'espace défini par les deux premiers axes.

L'axe 1 (fig. 23) est influencé négativement par les guildes *Bombus* et Apoïdes à langue longue, et positivement par toutes les autres guildes et principalement par les guildes *Autres* et Apoïdes à langue courte. Il montre deux groupes bien distincts conformement à ceux mis en évidence par le dendrogramme.

L'axe 2 (fig. 23) est tiré positivement par les guildes *Apis* et *Mirides* alors que ce sont les *Syrphides* et Apoïdes à langue courte qui le tirent négativement.

En observant les guildes, on peut distinguer trois groupes. Le premier se compose des guildes *Bombus* et Apoïdes à langue longue, toutes les deux caractérisées, comme expliqué précédemment, par des organes buccaux leur donnant accès aux nectaires de fleurs à corolle profonde.

Le second groupe réunit les guildes des Apoïdes à langue courte et des *Syrphides*. La première présente des organes buccaux de type suceur et la seconde de type lécheur. Elles semblent avoir en commun une langue de faible longueur qui, lorsqu'elles recherchent le nectar, restreint leurs choix floraux aux plantes présentant des corolles peu profondes.

Enfin, le troisième groupe est formé des *Apis*, *Mirides* et *Meloides*. A première vue, ces trois guildes sont assez dissemblables d'un point de vue éthologique et morphologique. Aucune ressemblance n'apparaît entre elles. Les *Apis* sont des insectes sociaux dont le type d'organe buccal ne permet de visiter que des plantes à corolle de longueur modérée. Elles butinent principalement des plantes à symétrie radiaire (Prococtr *et al.*, 1996). Les *Meloides* et *Mirides* sont des phytophages plutôt que des nectarivores (Delvare *et al.*, 1989). Ils ont des organes buccaux de type brouteurs, leurs choix floraux ne sont pas influencés par la morphologie florale et l'accessibilité au nectar.

D'autres facteurs doivent intervenir dans le phénomène de choix floraux de ces guildes cependant, aucune littérature sur le sujet n'a été trouvée. On les retrouve en nombre sur les plantes, ce sont donc potentiellement des pollinisateurs de fleur, c'est pourquoi ils sont considérés dans cette étude. Cependant, le rassemblement de ces trois guildes peut être fortuit.

e. Projection de la matrice dans le système d'axes

La matrice standardisée est ensuite projetée sur les deux premiers axes de l'ACP.

Tableau 26. Coordonnées des plantes dans le nouvel espace réduit

Plantes	Axe 1	Axe 2	Plantes	Axe 1	Axe 2
<i>C. cyanus</i>	-0,043	0,037	<i>K. arvensis</i>	0,066	-0,044
<i>C. jacea</i>	0,015	0,050	<i>L. pratensis</i>	-0,136	-0,007
<i>C. scabiosa</i>	-0,070	0,053	<i>P. grandiflora</i>	-0,161	-0,005
<i>C. mollis</i>	0,140	-0,133	<i>R. mediterraneus</i>	-0,170	0,000
<i>E. vulgare</i>	-0,116	-0,009	<i>S. officinalis</i>	-0,151	0,005
<i>E. bourgatii</i>	0,050	0,104	<i>V. cracca</i>	-0,162	-0,002
<i>H. nummuralium</i>	-0,023	-0,056			

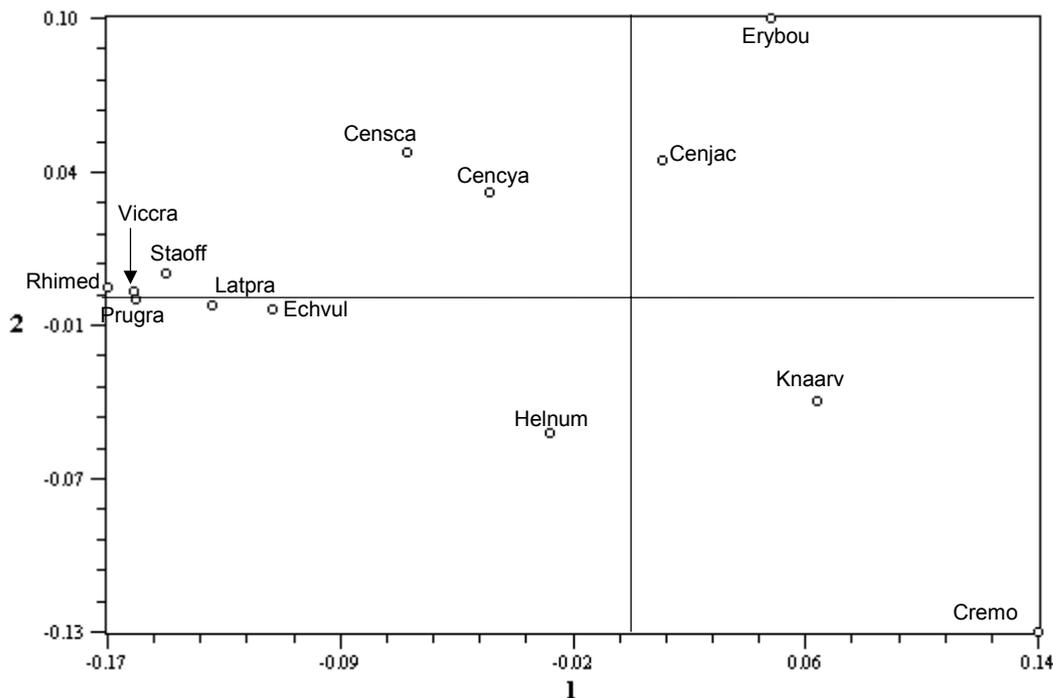


Figure 24. Représentation des plantes dans l'espace défini par les deux premiers axes.

Au niveau de l'axe 1 (fig. 24), on retrouve du côté négatif *Rhinanthus mediterraneus*, *Stachys officinalis*, *Lathyrus pratensis*, *Echium vulgare*, *Prunella grandiflora* et *Vicia cracca*. Ce sont toutes des plantes à symétrie bilatérale appartenant à des familles couramment butinées par les bourdons (*Bombus ssp.*) (Rasmont, 1988). Du côté positif de cet axe, se

trouvent *Crepis mollis*, *Eryngium bourgatii* et *Knautia arvensis*. Ce sont des plantes caractérisées par une inflorescence composée de fleurs à symétrie radiaire. Cet axe montre une séparation des plantes butinées par les insectes à longues langues et celles visitées par des insectes à langues courtes. Il semble donc qu'il représente les choix floraux des insectes en fonction de la symétrie et l'accessibilité des nectaires au sein de ces fleurs.

Les trois espèces de centaurées ainsi qu'*Helianthemum nummularium* se situent au milieu de cet axe. Ceci pourrait provenir du fait que les centaurées ne sont pas butinées par une guilde particulière et qu'au contraire, elles attirent une large gamme de butineurs dont la longueur de langue est très variable. Il existe cependant une légère différence entre ces plantes. *C. jacea* se situe plus vers les valeurs positives et est donc tirée par les insectes à langue courte et *C. scabiosa* se situe vers les valeurs négatives et est donc tirée par les *Bombus*.

L'axe 2 sépare du côté positif les trois espèces de centaurée et *Eryngium bourgatii* et de *Crepis mollis* (fig. 24). Cet axe semble séparer les plantes butinées principalement par les *Bombus* et les *Apis* des autres plantes butinées par des proportions moindres de ces deux guildes.

Une simple interprétation du tableau permet de vérifier si les mêmes phénomènes s'observent. Les effectifs des guildes sur les différentes plantes (tab. 21) ont été divisés par l'effectif total de chacune des guildes afin d'obtenir des valeurs en pourcentage (tab. 27).

Tableau 27. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes

Toutes stations	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Crepis mollis</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	<i>Stachys officinalis</i>	<i>Vicia cracca</i>
Apis	1	64	24	0	0	9	0	0	0	0	0	2	0
Bombus	3	28	26	0	3	1	1	0	4	3	3	18	8
Apoïdes Lc	1	66	3	16	0	7	3	3	0	0	0	1	0
Apoïdes LI	0	33	13	0	29	0	0	0	21	0	0	4,6	0
Meloides	13	78	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Mirides	3	54	24	0	0	15	0	2	0	0	0	2	0
Syrphides	0	49	19	17	0	0	2	5	0	2	0	5	2
Autres	2	69	16	2	2	3	1	2	0	0	0	0	1

Sur les 410 abeilles domestiques récoltées, 64% l'ont été lorsqu'elles butinaient *Centaurea jacea* et 24 % sur *Centaurea scabiosa*.

Sur les 903 bourdons récoltés, 28% sont des butineurs de *Centaurea jacea*, 26% des butineurs de *Centaurea scabiosa* et 18 % des butineurs de *Stachys officinalis*. Les autres plantes semblent ne présenter qu'un faible intérêt pour cette guilde et aucun bourdon n'a été observé sur *Crepis mollis*.

66 % des 175 Apoïdes à langue courte ont été récoltés lorsqu'ils butinaient *Centaurea jacea*, les autres centaurées par contre ne semblent pas être des fleurs de prédilection de cette guildes. Il est à remarquer que 16 % des Apoïdes à langue courte montrent une attirance pour *Crepis mollis*.

Sur les 87 Apoïdes à langue longue, 33% ont été récoltés sur *Centaurea jacea*, 29% sur *Echium vulgare*, 21% sur *Lathyrus pratensis*, 13 % sur *Centaurea scabiosa* et 5% sur *Stachys officinalis*.

Les Meloides se retrouvent majoritairement sur *Centaurea jacea* (78%), on retrouve cependant un pourcentage relativement élevé sur *Centaurea cyanus* qui semble être également une fleur favorite de cette guildes qui ne butine que peu de fleurs différentes.

Un pourcentage élevé de Mirides sont des butineurs de *Centaurea jacea*, de *Centaurea scabiosa* et d'*Eryngium bourgatii*.

Enfin, les Syrphides se retrouvent essentiellement sur *Centaurea jacea*, *Centaurea scabiosa* et *Crepis mollis*. Cette guildes marque donc une préférence pour les fleurs appartenant à la famille des Asteraceae.

Centaurea jacea attire toujours le plus grand pourcentage de chacune des guildes. *Centaurea scabiosa* fait partie des plantes favorites des *Apis*, des bourdons, des Syrphes et de la guildes "autres". Elle n'attire qu'un faible effectif d'Apoïdes à langue courte, d'Apoïdes à langue longue et de Meloides. Ces guildes semblent préférer respectivement le *Crepis mollis*, l'*Echium vulgare* et *Centaurea cyanus*. *Stachys officinalis* attire un pourcentage assez élevé de *Bombus*. Toutes les autres guildes, excepté celles des méloïdes et autres, ont pu être observées en faible nombre sur cette plante. Les autres espèces végétales considérées ne sont, quant à elles, butinées que par un faible effectif de l'une ou l'autre guildes.

A première vue, on peut penser que *Centaurea jacea* et *C. scabiosa* sont les plantes favorites des insectes floricoles. Cependant, quelques réserves sont à émettre dans l'interprétation de ces résultats. En effet, l'absence de certaines plantes sur l'une ou l'autre station impliquent des temps d'observation inégaux consacrés à chacune des plantes. *Centaurea jacea*, par exemple est présente sur cinq des six stations, il est alors normal d'obtenir un effectif aussi élevé pour cette espèce. Il ne faut pourtant pas considérer ce phénomène comme une monopolisation des butineurs.

A ce biais vient s'ajouter celui imposé par les coefficients de recouvrement très différents d'une plante à l'autre et d'une station à l'autre. Or, on sait que la superficie des patches qu'occupent les fleurs influence fortement le choix des butineurs (Proctor *et al.*, 1996; Pétanidou, 1995).

Ces deux biais ne sont pas ignorés, cependant le travail de terrain implique certaines contraintes. En effet, il est difficile de trouver sur le terrain des stations qui présentent exactement la même composition florale, c'est à dire sur lesquelles les même plantes sont présentes et avec la même abondance.

De plus, il semble que ce soit l'abondance absolue et non relative qui oriente les butineurs dans leurs choix floraux (Levin, 1978). Ce qui impose non seulement une composition florale des stations à comparer similaire mais en plus, une superficie des stations également conforme. Ceci est totalement impossible à trouver sur le terrain.

Il est à remarquer qu'à cause de l'influence de l'abondance absolue et non relative des fleurs, une estimation des butineurs par unité de surface de fleur n'est pas valable. En effet, cette standardisation n'atténue que faiblement cet effet d'abondance qui initialement a influencé les pollinisateurs. De plus, il faut se rappeler qu'un des buts de ce travail est d'évaluer la réussite ainsi que la compétitivité des différentes plantes. Or une plante abondante est une plante qui attire et est très compétitive. Ceci confirme sa réussite tout au moins au moment de l'étude.

4.6.2. Analyse des choix floraux dans les différentes stations

Une analyse des choix floraux des guildes sur chacune des stations permet de vérifier si les tendances des choix restent les mêmes quelle que soit la composition florale du site. Ici aussi, seules les treize plantes les plus attractives sont considérées.

Tableau 28. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station d'Elport

	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	<i>Stachys officinalis</i>	Effectif total de la guilde
Apis	89				11	61
Bombus	6	1	1	8	84	160
Apoïdes Lc	83				17	6
Apoïdes LL					100	3
Meloïde						
Miride					100	1
Syrphide	67				33	9
Autres	100					9
Effectif total récolté sur la plante	83	1	2	13	150	249

249 insectes ont été récoltés sur cette station (tab. 28). Les bourdons et les abeilles sont les deux guildes les plus abondantes et constituent environ 85% de la faune floricole. Les autres guildes ne sont représentées que par un faible effectif. 89% des abeilles ont été récoltées lorsqu'elles butinaient *Centaurea jacea*. Les bourdons, nombreux sur cette station, sont essentiellement des butineurs de *Stachys officinalis*. Les trois autres plantes ne sont presque pas butinées.

Tableau 29. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station de La Font del Sastres

	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>	<i>Prunella grandiflora</i>	<i>Stachys officinalis</i>	Effectif total de la guilde
Apis	87	13				195
Bombus	18		11	35	37	84
Apoïde Lc	17	33	50			12
Apoïde LL					100	1
Meloïde						
Miridae	44	56				16
Syrphide	82		9	9		11
Autres			100			1
Effectif total récolté sur la plante	203	38	17	30	32	320

Les principaux butineurs sont les abeilles et les bourdons qui constituent respectivement 61 et 26% des insectes floricoles de cette station (tab. 29). Près de 63% des insectes ont été récoltés alors qu'ils butinaient *Centaurea jacea* qui est donc la plante la plus visitée de cette station. Cinq guildes de pollinisateurs sont rencontrées sur cette plante. Ce sont principalement des abeilles que l'on retrouve sur cette espèce et seulement un faible effectif de bourdons a été récolté alors qu'ils butinaient *C. jacea*. La majorité d'entre eux étaient des butineurs de *Stachys officinalis* et de *Prunella grandiflora*.

Les Apoïdes à langue courte montre une légère préférence pour l'*Helianthemum nummularium*, les mirides pour l'*Eryngium bourgatii* et *Centaurea jacea*.

Eryngium bourgatii, *Prunella grandiflora* et *Stachys officinalis* ont un nombre de visite d'insectes comparable.

Tableau 30. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station d'El Pla del Bac

	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Crepis mollis</i>	<i>Eryngium bourgatii</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Rhinanthus mediterraneus</i>	<i>Vicia cracca</i>	Effectif total de la guilde
Apis	4	4	83		8				119
Bombus	2	4	74		4	1	7	9	257
Apoïdes LC			8	72	21				39
Apoïdes LL			100						7
Meloïde									
Miride									
Syrphide			48	43		4		4	23
Autres			40	20	30			10	10
Effectif total récolté sur la plante	9	15	313	40	32	3	18	25	455

68 % des collectes ont été effectuées sur *Centaurea scabiosa* qui est, sur cette station, la plante la plus attractive (tab. 30). Une fois encore les guildes les plus abondantes sont les bourdons et les abeilles, cependant les Apoïdes à langue courte ainsi que les Syrphides sont

représentés par un effectif relativement élevé. *Centaurea scabiosa* attire le plus fort pourcentage de chacune des guildes excepté celle des Apoïdes à langues courte qui se retrouve à 72% sur *Crepis mollis*. Sur cette station *Centaurea jacea* n'a qu'un faible pouvoir attractif. Il est à remarquer que *Rhinanthus mediterraneus* et *Vicia cracca*, plantes réputées "à bourdons" n'attirent ici qu'un faible effectif de cette guilde.

Tableau 31. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station de La Balladosa

	<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	Effectif total de la guilde
Apis	50	50			2
Bombus	19	48	30	2	99
Apoïdes LC	50	50			4
Apoïdes LL		12	74	15	34
Meloides	80	20			10
Mirides	13	88			16
Syrphides					
Autres	13	73	13		15
Effectif total récolté sur la plante	34	82	57	7	180

La plante attirant le plus d'insectes sur cette station est *Centaurea scabiosa* avec 46% des collectes effectuées sur cette espèce (tab. 31). L'effectif d'*Apis* est très faible et aucun Syrphide n'a été observé butinant les fleurs de ce site. Les *Bombus* sont les principaux insectes floricoles. On les retrouve majoritairement sur *C. scabiosa* cependant un nombre non négligeable est observé sur *Echium vulgare* et *C. cyanus*. Les Apoïdes à langue longue butinent préférentiellement *Echium vulgare*. Il est à remarquer que près de 20 % des insectes ont été récolté lorsqu'ils butinaient *Centaurea cyanus*.

Il semble donc que sur cette station, cette espèce soit assez attractive. La guilde que l'on retrouve essentiellement butinant cette espèce est celle des Meloïdes.

Tableau 32. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station des Plans Balladors

	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Knautia arvensis</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Vicia cracca</i>	Effectif total de la guilde
Apis	100				32
Bombus	94	1	3	2	183
Apoïde LC	95	5			94
Apoïde LL	68		33		40
Meloïde	92	8			53
Miride	96	4			24
Syrphide	85	15			13
Autres	96	4			48
Effectif total récolté sur la plante	449	16	19	3	487

Une fois encore la plante la plus attractive est *Centaurea jacea* avec 92 % des récoltes effectuée sur cette espèce (tab. 32). Elle s'accapare la majorité de toutes les guildes présentes sur la station. Il est à remarquer que son coefficient de recouvrement est élevé par rapport aux autres plantes butinées.

Le nombre d'*Apis* est assez faible, seulement 32, mais la totalité des individus ont été récoltés sur *Centaurea jacea*. Les *Bombus* sont les insectes les plus abondants et 95% d'entre eux, étaient des butineurs de *C. jacea*. Les Apoïdes à langue courte sont très nombreux, ils constituent le deuxième groupe le plus représenté et se retrouvent à 95% sur cette espèce de centaurée. Les Apoïdes à langue longue sont essentiellement des butineurs de *C. jacea*, cependant ils se retrouvent à 33% sur *Lathyrus pratensis*. Les Meloïdes et les Mirides montrent également une nette préférence pour cette espèce.

Tableau 33. Pourcentage de chacune des guildes sur les plantes, effectif total des guildes et effectif total récolté sur les plantes de la station du Camp del Sola

	<i>Centaurea jacea</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Vicia cracca</i>	Effectif total de la guildes
Apis	100			1
Bombus	39	21	40	120
Apoïdes LC	100			20
Apoïdes LL	100			2
Meloïde				
Miride	100			2
Syrphidae	100			3
Autres	100			8
Effectif total récolté sur la plante	83	25	48	156

Les seules guildes présentant un effectif appréciable sont les *Bombus* et les Apoïdes à langue courte (tab. 33). Ces derniers ont tous été récoltés alors qu'ils butinaient *Centaurea jacea*. Les bourdons montrent une légère préférence pour *Vicia cracca* et *C. jacea* mais se retrouvent en nombre également sur *Lathyrus pratensis*.

En comparant tous ces tableaux (tab. 28 à 33), quelques constatations peuvent être faites.

La guildes des abeilles, lorsqu'elle est représentée en nombre suffisant pour être pris en compte, montre certaine préférence florale. A Elport, Plans Balladors et La Font del Sastres, son choix se porte clairement sur *Centaurea jacea*. Sur ces 3 stations, Cette espèce végétale est largement la plus abondante, les autres plantes ne recouvrent que partiellement la superficie totale de l'aire d'échantillonnage. Sur la station du Pla del Bac, par contre, très peu d'abeilles domestiques sont des butineuses de *C. jacea* ou de *C. cyanus*. On les retrouve en nombre impressionnant sur *C. scabiosa*. Les coefficients de recouvrement de ces trois espèces sur cette station sont respectivement 1, 1 et 2. Quelle que soit la station considérée, les abeilles ne butinent que très rarement sur des plantes à symétrie bilatérale.

Il semble donc que cette guildes a une préférence pour les plantes à symétrie radiaire mais à corolle profonde comme c'est le cas des centaurées. Ceci est en accord avec Proctor *et al.* (1996).

La guildes des *Bombus* montre des choix floraux plus nuancés que les *Apis* selon la station considérée. Sur les deux stations où *C. scabiosa* était présente, ils montrent une préférence pour cette espèce. Au Pla del Bac, ils se retrouvent majoritairement sur *C. scabiosa* et dans une moindre mesure sur *Vicia cracca*, *Rhinanthus mediterraneus* et *Eryngium bourgatii*. Très peu d'entre eux sont des butineurs de *C. jacea* et *C. cyanus*. Sur la station de la Balladosa, la moitié des *Bombus* collectés sont des butineurs de *C. scabiosa*. *S. officinalis* et *C. cyanus* sont butinées respectivement par 30 et 20% des bourdons. La seule station sur laquelle, *C. jacea* semble être la plante favorite de cette guildes est celle des Plans Balladors.

Sur les autres stations les bourdons butinent préférentiellement les plantes à symétrie bilatérale telles que *Vicia cracca*, *Stachys officinalis*, *Prunella grandiflora* ou encore dans une moindre mesure *Lathyrus pratensis*.

Les Apoïdes à langue courte ne se retrouvent en effectif suffisant pour être interprété que sur les stations El Pla del Bac, Plans Balladors et Camp del Sola. Sur les deux dernières, ces insectes butinent préférentiellement *C. jacea*. A El Pla del Bac par contre, ce sont des butineurs de *Crepis mollis* alors que les 3 espèces de centaurées sont présentes.

La guildes des Apoïdes à langue longue n'est présente en nombre que sur deux stations. Sur la station de La Balladosa les individus ont été collectés alors qu'ils butinaient principalement *E. vulgare*. Aux Plans Balladors, ils étaient essentiellement sur *C. jacea* et en moindre effectif sur *Lathyrus pratensis*.

Les Meloides ne sont présents qu'aux Plans Balladors où ils montrent une nette préférence pour *C. jacea* et à La Balladosa où leur choix se porte sur *C. cyanus*. Il est à remarquer que sur cette station *C. jacea* est absente.

Les Mirides présents sur trois stations montrent, sur chacune d'entre elles, une préférence florale différente. Cependant, ils se retrouvent toujours sur des plantes à symétrie radiaire.

Les Syrphides ne constituent jamais une guildes abondante, pourtant leurs choix semblent orienté vers les plantes à inflorescence en capitule et plus particulièrement vers les Asteraceae.

Ces résultats montrent que le pouvoir attractif des centaurées est très influencé par la composition florale des stations. *Centaurea jacea* semble être, en réalité, principalement une plante à abeilles domestiques. En effet, dès que cette guildes est présente, elle ne butine quasi exclusivement que cette espèce. Cependant, lorsque *C. jacea* est sympatrique de *C. scabiosa*, les abeilles domestiques désertent *C. jacea* au profit de *C. scabiosa*. La seule station sur laquelle *C. jacea* paraît monopoliser toutes les guildes de butineurs est Plans Balladors. Dans cette station, l'étendue de *C. jacea* est très grande. Les autres plantes abondantes de la station sont des graminées qui ne produisent pas de nectar et le *Galium verum* sur lequel aucun insecte n'a été observé tout au long de l'étude. Sur les autres sites, on constate que *C. jacea* constitue parfois la plante la plus visitée par certaines guildes, mais ce phénomène est très variable d'une station à l'autre.

Il est à remarquer que mise à part la station des Plans Balladors, les *Bombus* ne butinent jamais préférentiellement cette espèce.

Centaurea scabiosa est couramment visitée par les bourdons. On voit que dès que son abondance est appréciable, elle est l'une des plantes favorites de ces insectes. De plus, le passage des abeilles domestiques sur *C. scabiosa*, lorsque celle-ci est présente, laisse penser que cette espèce est encore plus attractive pour cette guildes que ne l'est *C. jacea*. En ce qui concerne les autres butineurs, elle ne paraît avoir qu'un faible intérêt.

Centaurea cyanus est, quant à elle, une espèce très peu attractive. Aucune guildes ne la visite principalement. Sur la station de La Balladosa, 20 % des bourdons ont pourtant été récoltés sur cette fleur. Ce chiffre relativement élevé pourrait être la conséquence de deux phénomènes. Premièrement sur cette station, la diversité florale était relativement faible et la superficie du sol nu était proche des 30%.

Les ressources alimentaires trop faibles pour les insectes ont très bien pu les contraindre à butiner *C. cyanus*, même si celle-ci est moins attractive et produit moins de nectar. Deuxièmement, il se passe peut-être sur cette station, non pas un phénomène de compétition entre les espèces végétales mais un phénomène de facilitation, comme le suggère Pétanidou *et al.* (1995). En effet, l'abondance de *C. scabiosa*, espèce qui semble-t-il est très appréciée par les bourdons, a pu les attirer sur cette station. Ensuite, à cause de leur abondance, ceux-ci ont pu se rabattre sur un choix floral secondaire. L'absence d'une richesse florale trop élevée a poussé ceux-ci à visiter *C. cyanus* qui, sur cette station est assez abondante et possède des caractéristiques morphologiques comparables à *C. scabiosa*.

Suite à ces résultats, on peut se demander quels sont les avantages et inconvénients à attirer certaines guildes en particulier.

On voit que les principaux butineurs sont les bourdons et les abeilles. Dans toutes les stations, excepté à La Balladosa et aux Plans Balladors, ils sont toujours en proportion élevée par rapport aux autres guildes (fig. 25).

On sait que certains butineurs sont de meilleurs pollinisateurs. Un pollinisateur efficace visite un maximum de plantes en un laps de temps minimum et induit une fécondation systématique des gamètes.

Différents auteurs (Delbrassinne & Rasmont, 1988; Mahy *et al.*, 1998) ont montré que la rapidité de butinage des bourdons est supérieure à celle des autres insectes. Il semble que les bourdons sont de très bons pollinisateurs. Dans cette étude, ils constituent la guildes la plus abondante. L'avantage d'une pollinisation par cette guildes paraît donc incontestable.

Les *Apis* visitent, par unité de temps, un moins grand nombre de plantes (Delbrassinne & Rasmont, 1988). Cependant, le nombre d'individus dans la colonie est constant tout au long de la saison, à l'opposé des *Bombus* qui présentent un faible effectif en début de saison. Ceci peut conférer un certain désavantage aux plantes spécialisées exclusivement en une pollinisation par les *Bombus*, surtout lorsque celles-ci sont des espèces printanières.

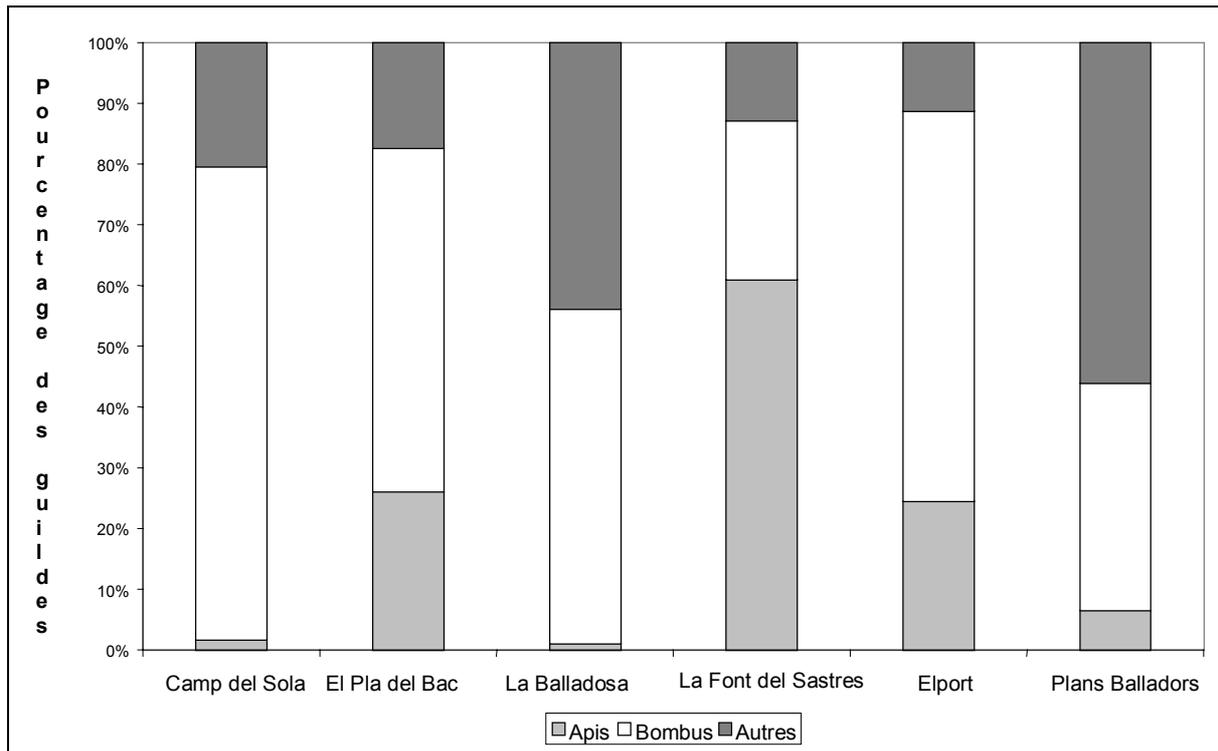


Figure 25. Pourcentage de chacune des guildes sur les différentes stations étudiées.

De plus, les abeilles domestiques communiquent entre elles. Les recruteuses sont capables d'indiquer aux autres individus de la colonie, la présence d'une plante intéressante. Toute la colonie butine alors essentiellement cette espèce végétale (von Frisch, 1967). Dans le cas des *Bombus*, par contre, le choix floral est personnel. Chez cette guildes, la spécialisation des ouvrières n'implique pas absolument la spécialisation des colonies pour une espèce végétale puisque chaque bourdon peut se spécialiser indépendamment (Rasmont *et al.*, en préparation). De plus, Mac Kenzie (1994) a montré que les abeilles domestiques lors d'une sortie, restent constante à une espèce végétale à l'opposé des bourdons qui lors d'un voyage peuvent visiter plusieurs espèces. L'étude de la composition des pelotes de pollen de bourdons a montré que ceux-ci lors d'une sortie, ne restent pas toujours fidèles à une seule espèce végétale (Anasiewicz & Warakomska, 1977). Demeuldre (1998) a d'ailleurs pu observer des bourdons passer indifféremment d'une espèce de centaurée à une autre. La pollinisation par les abeilles domestiques permet donc le dépôt du pollen de la fleur sur une autre de la même espèce. Ceci induit un plus faible gaspillage du pollen.

Certaines plantes considérées dans la présente étude sont essentiellement butinées par les *Bombus*. Dans les prés de fauche montagnards, la courte durée de la période estivale induit une synchronisation de la sortie des butineurs et du pic de floraison des plantes. Et donc, la disproportion des effectifs en début et fin de saison de la guildes des bourdons est insignifiante dans ce type de milieu. De plus, la possibilité de butiner les fleurs même quand les conditions climatiques sont rudes, fait des bourdons des pollinisateurs avantageux.

Centaurea jacea attire plutôt les abeilles. D'après les avantages que confère la pollinisation par ces insectes, on comprend mieux la réussite de cette espèce.

Centaurea scabiosa est très attractive pour les bourdons, de plus, lorsqu'elle est sympatrique de *C. jacea*, les *Apis* la butinent également. Il semble donc avoir une très forte compétition entre ces deux espèces. Lack (1982a) a étudié la compétition pour les pollinisateurs entre *C. scabiosa* et *C. nigra*. Il a constaté que lorsque ces deux espèces sont sympatriques, *C. nigra* qui est l'espèce la moins attractive, post-pose son pic de floraison de sorte à être en fleur juste après *C. scabiosa*. Ce phénomène permet ainsi à *C. nigra* de récupérer les visiteurs de *C. scabiosa* lorsque celle-ci fane. Il est à remarquer que ce fait n'est pas possible dans les prés de fauche montagnards étant donnée la courte durée de la période estivale.

En ce qui concerne les Apoïdes à langue longue et à langue courte ainsi que les Syrphides, leur effectif plus restreint en font des pollinisateurs secondaires. Leur rôle n'est pas inexistant mais il est largement inférieur à celui des *Bombus* et des abeilles domestiques.

Enfin les Meloides et les Mirides sont des insectes phytophages brouteurs. Ce sont des ravageurs de plantes, leur capacité pollinisatrice est donc très fortement réduite.

4.7. Recouvrement des niches alimentaires

A partir des choix floraux, des calculs de recouvrements de niches alimentaires entre les guildes ont été effectués afin de voir s'il existe une compétition entre les insectes pour les ressources alimentaires.

L'étude des choix floraux a montré que certaines guildes se rencontraient fréquemment sur plusieurs plantes alors que d'autres restaient fidèles à l'une ou l'autre fleur. Il en résulte des largeurs de niches de taille différente selon la guildes considérée dont les recouvrements ne coïncident donc pas parfaitement. C'est la raison pour laquelle des mesures de recouvrement asymétrique ont été utilisées.

Tableau 34. Coefficient de recouvrement asymétrique des guildes de butineurs.

	Apis	Bombus	Apoïdes Lc	Apoïdes LI	Meloides	Mirides	Syrphides	Autres
Apis	1,000	1,293	0,924	0,961	0,809	1,114	1,159	0,953
Bombus	0,535	1,000	0,432	0,610	0,382	0,602	0,654	0,486
Apoïdes LC	0,918	1,037	1,000	0,883	0,830	1,006	1,159	0,923
Apoïdes LL	0,514	0,789	0,476	1,000	0,420	0,563	0,610	0,506
Meloides	1,065	1,216	1,100	1,034	1,000	1,158	1,258	1,075
Mirides	0,879	1,148	0,799	0,831	0,694	1,000	1,005	0,825
Syrphides	0,758	1,034	0,763	0,745	0,625	0,832	1,000	0,738
Autres	1,021	1,260	0,996	1,013	0,875	1,121	1,209	1,000

Deux populations ne peuvent coexister que si leurs niches sont suffisamment différentes, c'est à dire lorsque les valeurs de recouvrement sont inférieures à 0,7 (Josens & Meerts, 2000).

Or, la plupart des recouvrements de niche alimentaire entre les guildes obtenus dans cette étude sont supérieurs à cette valeur seuil (tab. 34). On pourrait en déduire qu'il existe entre les guildes une très forte compétition.

En réalité, le lien entre recouvrement de niches et compétition n'est pas clair et univoque. En effet, dans un milieu, la coexistence de deux populations dont les coefficients se recouvrent largement peut signifier trois choses.

Premièrement, une compétition entre les guildes a bien lieu.

Deuxièmement, les ressources alimentaires peuvent être abondantes par rapport aux besoins des deux guildes qui sont en croissance. Dans ce cas, aucune compétition n'a lieu, la coexistence est possible et ne compromet aucune des deux guildes.

Dans un troisième cas de figure, les ressources alimentaires peuvent effectivement être limitantes mais depuis peu de temps. La compétition entre les deux guildes est alors intense, mais ses conséquences (la réduction des effectifs ou disparition d'un des deux protagonistes) ne se feront sentir qu'aux générations suivantes.

Les prés de fauche sont des milieux que l'on maintient artificiellement au stade pionnier. Ce stade est caractérisé par une diversité florale élevée. De plus, les conditions météorologiques drastiques rencontrées en montagne (grêles, chute de neige tardive) maintiennent l'entomofaune sous le seuil de saturation du milieu (Ranta & Vespsäläinen, 1984, Rasmont, 1988). Il est donc possible que dans cette étude, les coefficients de recouvrement de niches alimentaires élevés ne signifient pas que la compétition pour les ressources florales soit forte.

Cependant, on constate tout de même une très forte abondance des bourdons et des abeilles (fig 25). De plus un phénomène d'exclusion entre ces deux guildes a pu être constaté. En effet, lorsque les abeilles présentent un effectif élevé sur une station, les bourdons sont moins abondants et vice versa (fig. 26 et 27). Ce phénomène est également observé sur les plantes au sein des stations. Il semble donc exister tout de même une compétition entre ces deux guildes.

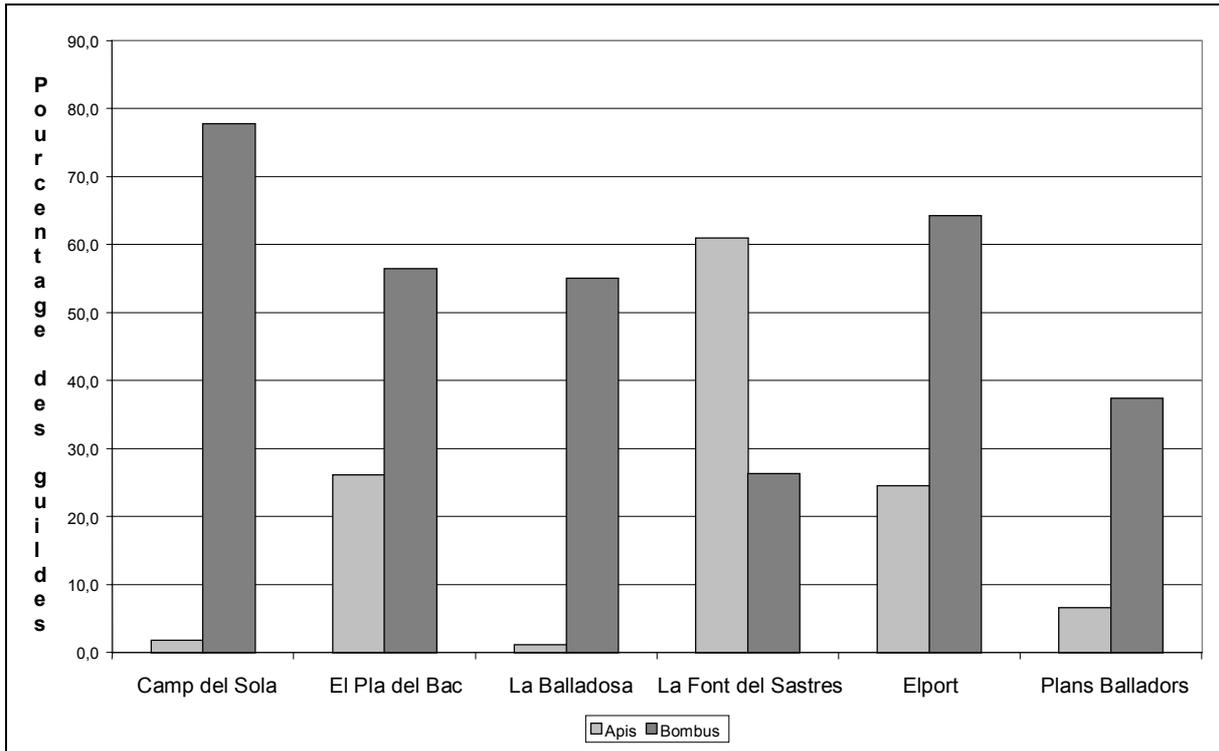


Figure 26. Pourcentage des guildes *Apis* et *Bombus* sur les différentes stations.

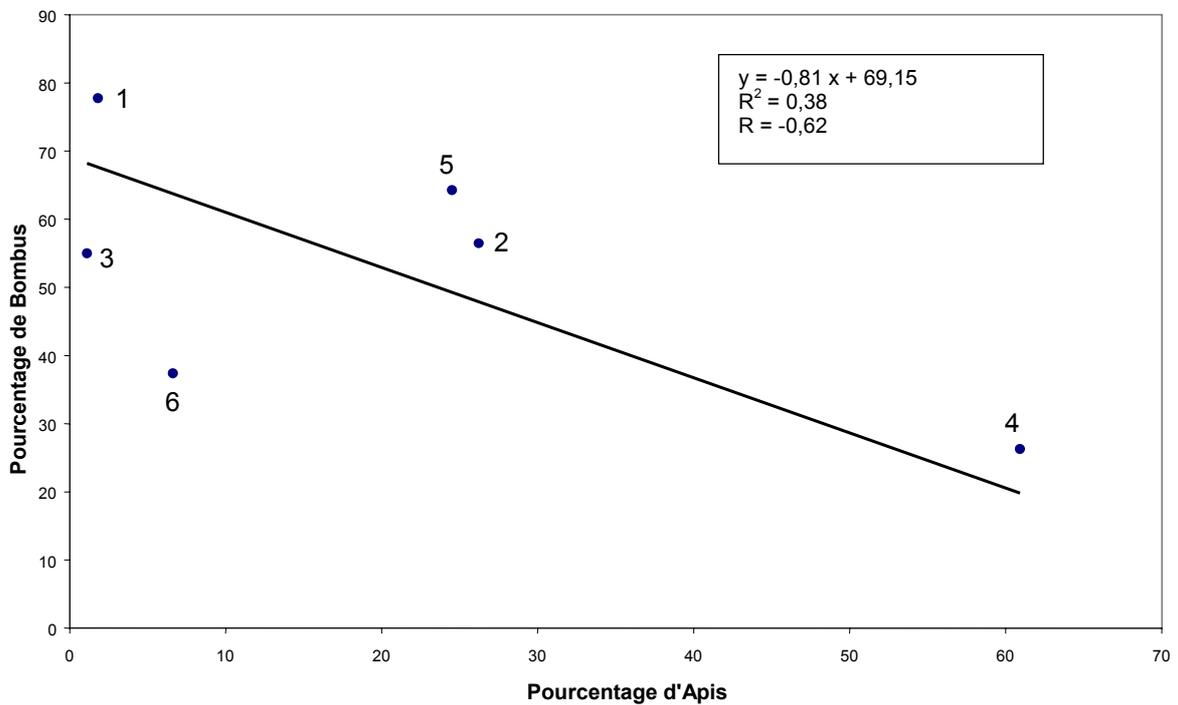


Figure 27. Pourcentage de la guildes des *Bombus* en fonction de la guildes des *Apis*. Droite de régression des moindres rectangles (1: Camp del Sola; 2: El Pla del Bac; 3: La Balladosa; 4: La Font del Sastre; 5: Elport; 6: Plans Balladors).

La droite de régression et le coefficient de corrélation montrent une forte corrélation négative. Ceci prouve l'existence d'un phénomène d'exclusion entre ces deux guildes qui a déjà été constaté par différents auteurs (Wratt, 1968; Flagotier 1996).

Au moment de l'étude, la majorité des plantes étaient à leur pic de floraison, les ressources alimentaires étaient donc très abondantes. Cependant, on peut supposer que, plus tard dans la saison lorsque les plantes sont en voie de fanaison, ces recouvrements élevés impliquent une compétition entre les insectes beaucoup plus accrues.

4.8. Influence des compositions florales sur les choix floraux des insectes

Une étude par analyse en composante principale est effectuée afin de vérifier si la composition florale des stations influence le choix des butineurs.

a. Matrice de départ

La matrice de départ est une matrice de données quantitative rectangulaire mettant en relation les plantes des différentes stations et les guildes. A l'intersection des lignes et colonnes se trouve le nombre d'insectes collectés sur chacune des plantes dans chacune des stations. Afin d'amoindrir l'influence des grandes différences d'effectifs, cette matrice a été standardisée. Pour ce faire, l'effectif de chacune des guildes sur les plantes par station a été divisé par le nombre total d'insectes récolté sur cette plante-station. Les plantes-stations pour lesquelles aucun insecte n'a été observé ont été écartées de l'analyse.

b. Valeurs propres et variance exprimée

Bien qu'ils expliquent une variance supérieure à celle espérée, les deux premiers axes sont considérés dans cette étude.

Tableau 35. Valeurs propres et variance exprimée

Axes	Valeurs propres	Variance en %	Variance cumulée en %	Variance espérée
1	2,61	32,65	32,65	33,97
2	1,54	19,30	51,94	21,47
3	1,23	15,42	67,36	15,22
4	1,16	14,43	81,79	11,06
5	0,57	7,14	88,93	7,93
6	0,55	6,90	95,83	5,43
7	0,33	4,17	100	3,35
8	0,00	0,00	>100	1,56
Somme	8,00	100		100

Tableau 36. Vecteurs propres des axes 1 et 2

Guildes	axe 1	axe 2
Apis	0,266	<u>0,805</u>
Bombus	<u>-0,806</u>	-0,366
Apoïdes LC	0,739	-0,407
Apoïdes LL	-0,171	0,127
Meloides	0,544	-0,206
Mirides	0,493	0,524
Syrphides	0,443	<u>-0,491</u>
Autres	<u>0,762</u>	-0,150

Les valeurs extrêmes de chacun des axes sont soulignées.

Tableau 37. Coordonnées des plantes-stations dans le nouvel espace réduit à deux axes

Plante-station	Axe 1	Axe 2	Plante-station	Axe 1	Axe 2
1 CJAPOR3	0,054	0,116	16 SOFPOR2	-0,153	-0,085
2 CJAPBA3	0,004	-0,051	17 SOFFDS2	-0,172	-0,010
3 CJAFDS3	0,045	0,182	18 PGRPOR2	-0,176	-0,104
4 CJACDS2	-0,039	-0,089	19 PGRFDS1	-0,167	-0,105
5 CJAPDB1	-0,098	0,007	20 CSCBAL1	-0,057	-0,041
6 CCYBAL1	-0,043	-0,066	21 CSCPDB2	-0,082	0,004
7 CCYPDB1	-0,046	0,081	22 CMOPDB1	0,146	-0,118
8 VCRPBA1	-0,176	-0,104	23 KARPBA1	0,098	-0,077
9 VCRCDS2	-0,176	-0,104	24 KARPDB1	-0,085	-0,116
10 VCRPDB1	-0,152	-0,103	25 EBOPOR1	-0,176	-0,104
11 RMEPOR2	-0,176	-0,104	26 EBOFDS1	0,081	0,174
12 RMEPDB1	-0,176	-0,104	27 EBOPDB1	0,014	0,003
13 LPRPBA1	-0,081	-0,008	28 HNUFDS1	-0,021	-0,107
14 LPRBAL1	-0,077	-0,004	29 EVUBAL2	-0,103	-0,040
15 LPRCDS1	-0,176	-0,104			

(Dans le tableau, les trois premières lettres définissent la plante, les trois suivantes définissent la station et le chiffre terminal est le coefficient de recouvrement de la plante sur la station. CCY=*C. cyanus*; CJA= *C. jacea*; CMO=*Crepis mollis*; CSC= *Centaurea scabiosa*; EBO= *Eryngium bourgatii*; EVU=*Echium vulgare*; HNU= *Helianthemum nummularium*; KAR= *Knautia arvensis*; LPR=*Lathyrus pratensis*; PGR= *Prunella grandiflora*; RME= *Rhinanthus mediterraneus*; SOF=*Stachys officinalis*; VCR=*Vicia cracca*; BAL= La Balladosa; CDS= Camp del Sola; FDS= La Font del Sastres; PBA= Plans Balladors; PDB= El Pla del Bac; POR= Elport)

c. Projection de la matrice dans le système d'axes

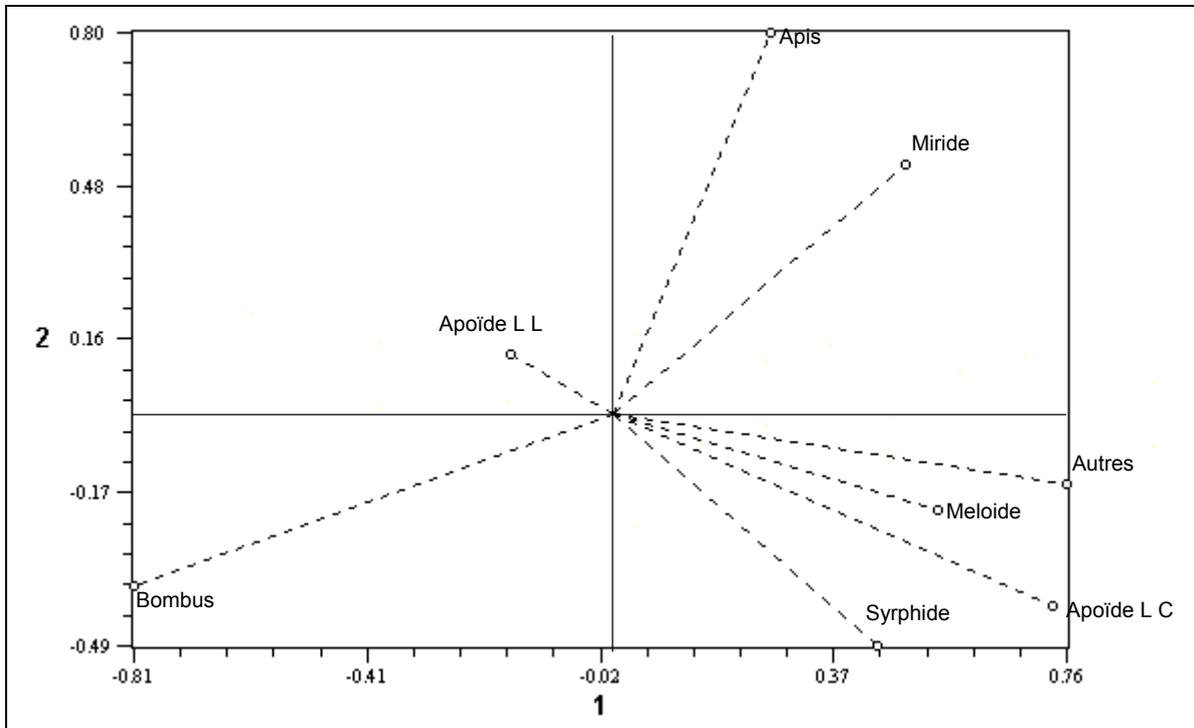


Figure 28. Représentation des guildes dans l'espace défini par les deux premiers axes.

L'axe 1 sépare les *Bombus* et Apoïdes à langue longue des autres guildes (fig. 28). Ceci coïncide avec ce qui est observé dans l'étude des choix floraux.

L'axe 2 sépare clairement les *Apis* et Mirides des autres guildes

On peut à nouveau constater trois groupes mais dont la composition diffère quelque peu de ceux obtenus dans l'étude des choix floraux sans tenir compte des stations. En effet, les Meloïdes sont ici regroupés aux guildes Apoïdes à langue courte, syrphides et autres.

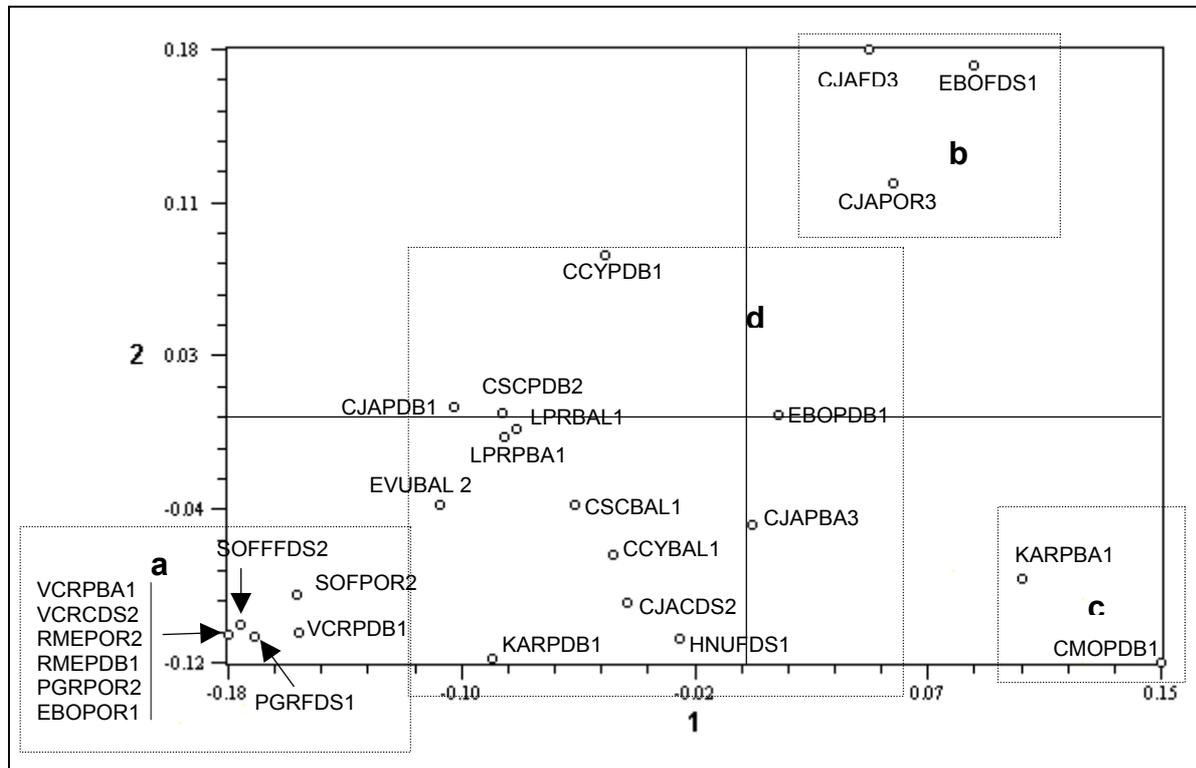


Figure 29. Représentation graphique des plantes-stations dans l'espace défini par les deux premiers axes (légende voir tab. 38).

Lorsque l'on s'intéresse aux projections des plantes-stations dans le nouvel espace, on peut déceler quatre groupes (fig. 29).

Dans le groupe a, toutes les plantes sont butinées presque exclusivement par les *Bombus*. L'effectif de ceux-ci sur les plantes est parfois très faible mais dans ce cas, cette guilde est l'unique butineuse de ces plantes.

On peut constater que plusieurs plantes ont exactement les mêmes coordonnées sur ces deux axes. Toutes les espèces se trouvant dans ce groupe présentent une symétrie bilatérale à l'exception d'*Eryngium bourgatii* de la station de Elport. Cependant, sur cette station, très peu d'insectes ont été observés sur cette espèce, seul un *Bombus* a été récolté lorsqu'il butinait cette plante.

Ce groupe rassemble donc les plantes pour lesquelles les butineurs principaux sont des *Bombus*. Une fois encore, on montre que la symétrie et morphologie de ces plantes impliquent que les seuls insectes capables de butiner ces espèces sont les bourdons. L'effectif des visiteurs, le recouvrement et l'abondance absolue de ces plantes ont été comparées et il ne semble pas y avoir de liens.

Le groupe b réunit les plantes pour lesquelles les butineurs majoritaires voire uniques sont les *Apis*. On peut constater que non seulement celles-ci sont les principaux butineurs mais qu'elles sont présentes en très grand nombre. Ici aussi, les recouvrements et l'abondance absolue de ces plantes sur les différentes stations ont été mis en parallèle et aucune tendance n'a été mise en évidence.

Le groupe c rassemble deux plantes sur lesquelles, on a trouvé un faible effectif global mais constitué essentiellement d'Apoïdes à langue courte et de syrphe. Aucune conclusion n'est possible étant donné le faible nombre de données.

Enfin le groupe d rassemble de nombreuses plantes caractérisées par des proportions variables de butineurs.

La localisation des ces plantes est déterminée par les proportions variables entre les butineurs sur ces plantes. De nouveau, les coefficients d'abondance, les superficies totales recouvertes par ces plantes et l'effectif récolté sur chacune d'entre elles, ne montrent aucune tendance.

Comme montré tout au long de cette étude, les deux guildes les plus dominantes sont les *Bombus* et les *Apis*, se trouvant chacune au valeurs extrêmes de chacun des deux axes. On peut remarquer dans cette analyse deux groupes de plantes bien séparés selon les deux axes. Ces plantes sont caractérisées par des visites fréquentes voire exclusives de ces deux guildes. Les plantes du groupe d sont, quant elles, caractérisées par la visite des différentes guildes et ce, en proportion variable selon la plante considérée. Ces deux guildes dominantes semblent déterminer la manière dont s'effectue le partage des ressources florales dans les prés de fauche montagnards. C'est donc bien la compétition entre les insectes qui influence la répartition des insectes sur les plantes.

Les *Bombus* portent leur choix dans la plupart des cas sur les plantes à symétrie bilatérale. On peut les observer butinant sur des plantes à symétrie radiaire telle que les centaurées, cependant il semble que ça ne soit le cas, que lorsque les abeilles sont absentes ou relativement peu nombreuse ou encore lorsqu'elles ont déserté ces espèces végétales au profit d'autres.

Par exemple, à la station de Camp del Sola, les *Apis* sont quasi absentes. On peut alors constater que *Centaurea jacea* attire une forte proportion de *Bombus* et d'Apoïdes à langue courte. Aux Plans Balladors, on peut voir un pourcentage très élevé de toutes les guildes sur *Centaurea jacea*. Sur cette station les abeilles domestiques sont en faible effectif proportionnellement à celui des bourdons. A la station La Font del Sastres, les *Apis*, bien qu'assez nombreuses, se retrouvent en nombre nettement inférieur à celui des *Bombus*. On peut constater que sur cette station, les bourdons butinent *Centaurea scabiosa* bien que les *Apis* visitent cette espèce aussi. *C. jacea* n'est que très peu attractive, cependant on peut observer que la guildes la plus représentée sur cette espèce est celle des *Bombus*.

Il semble donc que les *Bombus* sont aussi attirés par les Centaurées. Cependant dès qu'une compétition accrue avec les abeilles domestiques a lieu, ils préfèrent à ces espèces de plante, d'autres qui ne sont pas visitées par les *Apis*. L'agressivité de celles-ci peut être une explication à ce phénomène mais d'autres mécanismes peuvent intervenir. En effet, on sait que lorsqu'une abeille domestique trouve une plante intéressante, elle communique aux autres individus de la colonie la présence ainsi que la localisation de source de nourriture. Ceci est possible grâce à leur capacité de communication. Toute la colonie butine alors cette espèce végétale. Cependant, cette forte exploitation implique un épuisement des ressources de la plante qui peut alors devenir simplement inintéressante pour les bourdons à cause de la faible récompense qu'elle leur offre. Ceux-ci se dirigent alors vers des plantes moins butinées qui sont souvent des plantes à corolle profonde ou zygomorphe difficilement exploitable par les abeilles domestiques.

En ce qui concerne les autres guildes, leur faible abondance est expliquée par leur mauvaise adaptation aux conditions environnementales du milieu ainsi que par la compétition. En effet, l'abondance des *Bombus* et des *Apis* sur les plantes implique, sans doute, qu'il ne leur reste qu'une faible variété et qu'une faible quantité de ressources exploitables.

En conclusion, la composition florale différente des stations ne semble pas influencer de façon prédominante le choix des butineurs. Au contraire, la compétition entre les insectes paraît être le facteur principal déterminant la répartition des différentes guildes sur les plantes au sein des stations. Les guildes les plus compétitives sont les *Bombus* et les *Apis*. L'abondance de celles-ci influence l'abondance des ressources restant disponibles pour les autres guildes, qui doivent alors se les partager.

5. Discussion générale

5.1. Diversité entomologique des stations

Les valeurs élevées des indices de diversité calculés pour estimer la diversité entomologique des stations montrent la richesse des prés de fauche montagnards. Ceci est en accord avec ce qu'ont pu observer de nombreux auteurs. Au sein de la Cerdagne, la commune d'Eyne est un site reconnu depuis longtemps pour sa grande richesse botanique et sa faune floricole. De 1950 à 1970, 30 espèces de bourdons ont été observées à Eyne (Kruseman, 1958; Delmas, 1976; Rasmont, 1989). De plus, Durieux (2000) et Iserbyt (2000) ont pu observer, lors de collectes effectuées en juillet 2000, 28 de ces 30 espèces de bourdons connues de la commune, et ont récolté deux nouvelles espèces. Ceci montre que cette diversité exceptionnelle est encore conservée à l'heure actuelle. A l'échelle mondiale, il n'a jamais été constaté une si grande diversité en bourdons sur une si faible superficie (Rasmont *et al.*, 1999, Durieux, 2000).

Dans le cadre de cette étude, tous les insectes floricoles ont été récoltés. Ceci a permis de mettre en évidence la présence d'insectes remarquables, ceux-ci appartenant ou non à la famille des Apidae.

La présence de *Bombus confusus* et *B. cullumanus* a pu être remarquée au cours des collectes. Ces deux espèces de bourdons sont celles qui présentent la plus forte régression en Europe. Deux espèces d'Andrenidae (*Andrena barbareae* et *Panurgus banksianus*) et une espèce de Melittidae (*Melitta haemorrhoidalis*) constituent des données nouvelles pour les Pyrénées. Au sein de la famille des Halictidae, la présence d'*Halictus leucaheneus* est aussi à mettre en évidence, en effet, cette espèce est également en régression dans toute l'Europe. Enfin, il est à remarquer la présence du Lépidoptère *Parnassius apollo* dont le statut semble très précaire. La présence de toutes ces espèces montre le grand intérêt faunique ainsi que l'originalité de ces milieux montagnards.

La comparaison des indices de diversités en Apoïdes des stations avec ceux obtenus par Rasmont & Barbier (1998), montre des valeurs de trois des sites pyrénéens comparables aux milieux charbonniers de Wallonie. Ces milieux charbonniers sont considérés comme des milieux très riches (Rasmont & Barbier, 1988).

Cette forte diversité sur les terrils peut être expliquée par le rôle de zone refuge que jouent ces sites lorsqu'ils sont situés au sein de zone urbaine où la flore est peu abondante (Barone, 1999). Une hypothèse expliquant cette diversité conjointe élevée dans ces deux types de milieux pourrait être que ce sont tous les deux des milieux paraclimaciques. En effet, le développement végétal de ces deux milieux est empêché par différents facteurs limitants, l'eau dans le cas des terrils et la fauche dans le cas des prés de fauche montagnards. Cela

entraîne la permanence d'une végétation pionnière héliophile à la fois diversifiée et productrice en nectar et pollen.

5.2. Comparaison des diversités florales et fauniques des stations

La droite de régression ainsi que la faible valeur du coefficient de corrélation entre le nombre de taxons d'insectes et le nombre d'espèces végétales laisse supposer qu'il n'y a pas de relation entre ces deux variables. Par contre, une forte corrélation positive a pu être constatée entre la richesse entomologique d'un site et la superficie de celui-ci. Les coefficients de corrélation obtenus dans cette étude sont assez élevés, ce qui est en accord avec ce qu'a montré Rasmont *et al.* (1995).

5.3. La diversité entomologique des plantes étudiées

Dans cette partie du travail, la diversité des butineurs montre que *Centaurea jacea* et *C. scabiosa* sont très attractives pour une grande proportion des butineurs. Bien que les résultats diffèrent quelque peu selon les milieux étudiés, la forte attractivité des espèces du genre *Centaurea* a été observée par divers auteurs.

Lack (1976 a,b,c, 1980, 1982), qui a beaucoup étudié la compétition entre les centaurées, a obtenu des résultats similaires. Il a montré que les butineurs les plus nombreux sur ces plantes sont les bourdons et les abeilles. Il constate cependant un plus faible pouvoir attractif de *C. scabiosa* sur les abeilles domestiques sur certains sites, ce qui est en désaccord avec les observations obtenues dans le présent travail. En effet, le passage de cette guildes de *C. jacea* vers *C. scabiosa* lorsque cette plante est abondante a été remarqué dans une des stations pyrénéennes. Les proportions des autres guildes qu'il a observées concordent, quant à elles, avec les résultats de cette étude.

C. cyanus, qui semble être une espèce beaucoup moins attractive que les deux autres espèces du même genre, montre tout de même une forte proportion de bourdons sur la station de La Balladosa. Lack (1976) a pu observer un phénomène similaire lorsqu'il a étudié la compétition entre *C. nigra* et *C. scabiosa*. Il a montré que *C. nigra* est souvent délaissée par les insectes au profit de *C. scabiosa* très prisée par les butineurs. Il explique ceci par les différences de nectar qu'offrent ces deux espèces à leurs visiteurs. Il a cependant remarqué qu'en fin de saison, c'est-à-dire lorsque les insectes sont en surnombre par rapport aux ressources florales, ceux-ci se dirigent plus souvent vers *C. nigra*.

Maddox *et al.* (1995) ont travaillé sur la pollinisation d'une autre espèce de centaurée (*C. solstitialis*) très abondante en Californie. Les auteurs ont montré que cette espèce aussi est butinée par une large gamme d'insectes appartenant à 5 ordres différents. Les plus abondants sont les Hyménoptères et principalement l'abeille domestique. Ils ont constaté également la présence de Lépidoptères, d'Hémiptères, de Coléoptères et d'Orthoptères. Demeuldre (1998) a également observé une très forte attractivité des insectes par cette centaurée dans le Var.

Hlusek (2000) a étudié la faune butineuse de trois espèces de centaurées en Belgique à savoir *C. jacea*, *C. nigra* et *C. thuillieri* qui présentent toutes une certaine attractivité pour des groupes d'insectes pollinisateurs déterminés. Il a montré que les principaux pollinisateurs

de ces espèces sont les Apidae et les diptères Syrphidae. Cependant, il précise que ces insectes ne se retrouvent pas en proportions similaires sur chacune des trois espèces étudiées. Il montre notamment qu'en Belgique, les principaux visiteurs de *C. jacea* sont des Syrphidae et que les seconds sont les abeilles. Ceci diffère de nos observations, en effet, une forte disproportion entre les Apidae et les Syrphidae au profit des premiers a pu être observée dans cette étude.

Demeuldre (1998) a également étudié la faune floricole de différentes espèces de centaurées du Var (France) et du Hainaut (Belgique). Elle montre une très forte attractivité de *C. scabiosa* pour les Apoïdes, presque exclusivement des Bombinae et des Halictidae. Elle précise que dans son étude, *C. scabiosa* semble être la seule à drainer des espèces du genre *Bombus*. Elle observe également sur cette espèce d'autres butineurs tels que des Diptères, des Coléoptères, des Lépidoptères et des Hémiptères. Ces insectes sont au contraire très peu attirés par cette fleur dans les prés de fauche montagnards. Elle explique la proportion élevée des bourdons par rapport aux autres insectes par le fait que le principal site d'étude de cette espèce de centaurée se situe à une altitude favorable à ce groupe dans les régions méditerranéennes. Il semble d'ailleurs que dans notre étude, l'altitude est aussi la raison majeure de l'abondance des bourdons.

Il est à remarquer que la présence d'une grande variété de butineurs sur les centaurées mise en évidence par les différentes études (Lack, 1978a,b,c, 1982, Maddox *et al.*, 1995, Demeuldre, 1998, Hlusek, 2000) montre une certaine plasticité de celles-ci quant à leur pollinisateurs. En effet, ces espèces se caractérisent par une faune pollinisatrice nombreuse, plastique et très variée. Ceci est sans doute une des causes de leur succès et de leur vaste distribution mondiale. Maddox *et al.* (1995) explique l'invasion de *C. solstitialis* en Amérique par l'abondance des abeilles domestiques, principal pollinisateur, introduites en Amérique.

Cette pollinisation par une grande variété d'insectes n'est pas unique aux centaurées (Proctor *et al.*, 1996). Mahy *et al.* (1995), ont étudié le système de pollinisation et le succès reproducteur de *Calluna vulgaris* (L.) en Haute Ardenne (Belgique). Ils ont montré que cette espèce est visitée également par une grande variété d'insectes incluant des Hyménoptères, des Diptères et des Lépidoptères. Les auteurs expliquent que bien que les systèmes de pollinisation spécialisés soient considérés comme le résultat attendu de la sélection, de nombreuses espèces végétales sont pollinisées par un grand nombre d'agents.

Il faut rappeler que les centaurées présentent d'autres caractéristiques très avantageuses. Cette grande plasticité vis-à-vis de leur pollinisateur associée à la polyploïdie leur confère un avantage indéniable. En effet, les polyploïdes présentent une distribution plus large que leurs parents diploïdes (Gardou, 1972; Hardy & Vekemans, 2001). On les retrouve dans des milieux plus extrêmes et plus variés. Dès lors, la visite d'une large gamme de butineurs, permet leur expansion au-delà de l'aire de distribution d'un pollinisateur particulier.

De plus, bien que ces espèces présentent des corolles tubulaires relativement profondes rendant les nectaires inaccessibles pour certains insectes, leur système d'éjection du pollen fait de tous leurs visiteurs des pollinisateurs potentiels. En effet, la présence d'un insecte sur l'inflorescence provoque l'éjection du pollen hors du tube corollaire, le pollen se trouve alors à la surface du visiteur.

Ces mécanismes et adaptations semblent être des facteurs déterminants du succès de ces plantes.

Cependant, comme le souligne Gorelick (2001), le succès des plantes à fleurs ne peut être qu'en partie expliqué par leur pollinisateurs. Il existe d'autres facteurs importants tels que l'efficacité de la dispersion des graines ainsi que la protection des graines ou de la plante elle-même vis-à-vis des herbivores ou insectes phytophages, par des structures de défense ou par des répulsifs chimiques. La dispersion des graines chez certaines centaurees est facilitée par la présence d'akènes plumeuses (Maddox *et al.*, 1995; Judd *et al.*, 2002) qui permet le transport par le vent. La présence d'ovaires infères chez ces plantes induit une certaine protection contre les insectes phytophages. Chez certaines espèces de centaurees la présence de structure morphologique les protège d'un broutage par les herbivores. C'est le cas par exemple de *C. solstitialis* qui présente des bractées dont les appendices sont épineux. La plupart des métabolites secondaires des végétaux interviennent dans la défense des végétaux et/ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination du fruit (Gorelick, 2001; Judd *et al.*, 2002). Les sesquiterpénoïdes volatils sont des composés qui se retrouvent dans les tissus végétatifs et dans les glandes odoriférantes des Asteraceae. Ils sont libérés et fonctionnent souvent comme attractifs floraux (Judd *et al.*, 2002)

Bien qu'elles soient comestibles, les *Centaurea* L. ne sont pas consommées par le bétail (Popova, 1960 cité par Demeuldre, 1998). *C. maculosa* et *C. diffusa* produirait un lactone sesquiterpène ayant des effets toxique chez les herbivores (Drodz, 1966 cité par Demeuldre, 1998). *C. repens* et *C. solstitialis* sont quant à elles toxiques pour les chevaux (Young *et al.*, 1970, cité par Demeuldre, 1998).

5.4. Les choix floraux

L'étude des choix floraux a permis de mettre en évidence la grande attractivité de certaines des plantes pour des guildes d'insectes particulières. *C. jacea* est très prisée par les abeilles domestiques alors que les bourdons sont plus attirés par les fleurs à symétrie bilatérale ou encore par *C. scabiosa*. Ces résultats laissent supposer que la forme des fleurs et la présence de certaines espèces végétales est le facteur influençant les choix floraux. Il est alors à noter que *C. jacea*, à l'opposé de *C. scabiosa* n'attirent que très peu de bourdons, pourtant considérés comme de très bon pollinisateurs. Cette espèce ne semble donc pas si compétitive par rapport aux autres plantes telles que les Fabaceae, les Lamiaceae ou encore Scrophulariaceae principalement butinées par cette guildes. Pourtant, la forte abondance des abeilles et les avantages que confère une pollinisation par celles-ci semble compenser le déficit en bourdons sur cette espèce végétale.

Delbrassinne & Rasmont (1988) ont comparé l'efficacité pollinisatrice des bourdons et des abeilles sur le colza. Ils ont montré que les abeilles domestiques visitent les nectaires selon trois méthodes différentes dont une seule induit un transport du pollen des étamines d'une fleur vers le pistil d'une autre. Les bourdons, quant à eux visitent, toujours la fleur de façon à induire une pollinisation. Les auteurs ont constaté que lorsque les abeilles étaient très nombreuses dans un champ de colza, la forte compétition intra-spécifique pousse les abeilles à utiliser l'une des deux méthodes de butinage n'induisant aucune pollinisation. De plus, leur agressivité fait fuir les bourdons dont l'efficacité de butinage reste pourtant constante. Il semble donc que sur cette espèce de plante, la trop forte abondance des abeilles est un frein au succès de pollinisation.

Dans le cas des centaurées, la façon dont les abeilles visitent la fleur a peu d'importance. En effet, dès qu'un individu se pose sur l'inflorescence ceci induit l'expulsion du pollen sur le visiteur. Dans ce cas, la constance florale du butineur est le fait le plus important pour la rencontre des gamètes et le succès de pollinisation.

Les recouvrements de niche alimentaire ainsi que l'analyse en composantes principales mettent en évidence l'importance de la compétition entre les insectes dans les choix floraux de ceux-ci. En effet, la direction que prennent leurs préférences florales semble être très fortement influencée par la compétition entre les butineurs, ce qui est partiellement en accord avec Inouye (1977,a). Dans le cas présent, la compétition la plus marquée semble intervenir entre les deux guildes les plus abondantes. Un phénomène d'exclusion entre les bourdons et les abeilles a pu être remarqué entre ceux-ci et ce, au sein des stations et sur les plantes. Les fleurs non exploitées par ces deux guildes sont alors, quant à elles, visitées par l'ensemble des autres guildes.

De nombreuses espèces de bourdons ont été observées sur les différentes stations. C'est à ce niveau que les résultats du présent travail divergent fortement de la théorie d'Inouye (1977a,b). En effet, l'auteur affirme que dans un biotope, seule quatre espèces de bourdons peuvent coexister. Trois d'entre elles possèdent une longueur de langue adéquate au butinage d'espèces de fleurs dont la profondeur de la corolle est courte, moyenne et longue. La quatrième est une espèce voleuse de nectar. Cette théorie ne se vérifie que dans des milieux pauvres en espèces d'insectes comme par exemple en Corse (Rasmont, 1989) et est fortement en désaccord avec ce que l'on a pu observer dans la présente étude.

La théorie de Ranta et Vespäläinen (1981) semble être plus appropriée aux résultats obtenus. Ces auteurs ont étudié les populations de bourdons de la toundra et de la taïga de Fennoscandinavie. Ils ont constaté la coexistence d'un nombre d'espèces de bourdons beaucoup plus élevé que ne le prédit la théorie d'Inouye. Il faut noter que la rudesse du climat, qui est un point commun aux milieux montagnards et ceux étudiés par Ranta et Vespäläinen, permet d'expliquer cette grande diversité spécifique. En effet, les conditions climatiques instables, les gelées tardives et les précipitations tuent de manière aléatoire une certaine proportion de bourdons, toutes espèces confondues et quelque soit leur compétitivité. Ces phénomènes, s'ils sont fréquents, maintiennent le nombre d'individus sous un seuil à partir duquel une compétition importante a lieu. Dans ce cas, la population de bourdons occupant le milieu est un ensemble aléatoire des espèces de la région et les survivants ont à leur disposition suffisamment de ressources alimentaires.

Ce phénomène, expliqué par Ranta & Vespäläinen dans le cas des bourdons, peut être généralisé pour l'ensemble des guildes observées dans les prés de fauche montagnards. Ceci pourrait expliquer en partie la grande diversité des stations étudiées.

6. Conclusions

La grande variété d'insectes ainsi que l'originalité et la rareté de certains butineurs récoltés sur les différentes plantes des stations d'étude, confirment la richesse entomologique des prés de fauche montagnards.

La stratégie de pollinisation généraliste des centaurées, au sein des stations, n'est mise en évidence qu'aux Plans Balladors. Sur les autres stations, chaque espèce de centaurées semble attirer essentiellement une guilda particulière, les autres insectes ne jouant qu'un rôle minime dans la pollinisation de ces plantes. La comparaison des principaux butineurs des centaurées sur les six stations pyrénéennes montre certaines différences. Cependant, *C. jacea* bien que butinée par l'ensemble des guildes, semble être principalement une plante à abeilles domestiques. *C. scabiosa*, quant à elle, paraît être surtout butinée par les bourdons.

En comparant les résultats de la présente étude à ceux obtenus par d'autres auteurs, on peut tout de même constater une grande variété de pollinisateurs sur ces espèces de plantes en fonction de l'endroit du site d'étude. Il semble donc que lorsque l'on s'intéresse à l'échelle mondiale et non régionale, on puisse qualifier les centaurées de plantes à stratégie de pollinisation généraliste. Celle-ci leur permet de ne pas être cantonnée à l'aire de distribution d'un type de pollinisateur et d'être, au contraire, largement répartie dans le monde.

Sur les stations étudiées, l'abondance d'une guilda majoritaire sur les centaurées ainsi que la répartition des autres guildes sur l'ensemble des espèces végétales en présence, infirme l'hypothèse d'une monopolisation des insectes par les centaurées. Le seul site où l'on a observé un tel phénomène est aux Plans Balladors. Cependant, il est à remarquer que sur cette station, *C. jacea* présente un coefficient de recouvrement très élevé et les autres plantes abondantes sur ce site sont essentiellement des graminées. Bien que les centaurées n'attirent pas tous les insectes d'une station, il est tout de même à noter que c'est sur ces espèces que se trouve la majorité d'entre eux.

L'analyse des choix floraux montre une nette préférence pour les plantes à symétrie bilatérale de la part des bourdons. Les abeilles se retrouvent toujours sur des plantes à symétrie radiale et essentiellement sur les centaurées. Les syrphes semblent butiner préférentiellement les espèces appartenant à la famille des Asteraceae. Les autres guildes ne montrent pas de tendances aussi marquées et se retrouvent sur des plantes différentes en fonction des espèces végétales en présence au sein des stations.

L'étude des recouvrements des niches alimentaires entre les insectes montre de très hautes valeurs. La coexistence des guildes malgré ces recouvrements élevés peut être expliquée par l'abondance des ressources alimentaires dans les prés de fauche montagnards. Cependant, un phénomène d'exclusion entre les *Bombus* et les *Apis* a été mis en évidence. De plus, la forte abondance de ces deux guildes par rapport aux autres a été observée sur chacune des stations étudiées. Enfin, l'analyse en composantes principale sur la constance des choix floraux sur les différentes stations a montré que le partage des ressources florales est largement influencé par la présence des *Bombus* et des *Apis*. Tous ces résultats laissent penser qu'il existe bien une compétition entre les insectes pour leur ressource de nourriture même dans ces milieux où la richesse florale est très grande.

Les préférences florales bien différenciées des insectes, ainsi que l'abondance des butineurs proportionnellement aux ressources semblent indiquer qu'il n'y a pas de véritable

compétition entre les plantes pour les butineurs. Cependant, le passage des abeilles domestiques de *C. jacea* vers *C. scabiosa* lorsque celle-ci est présente, montre que cette dernière est encore plus attractive que *C. jacea*. Or les principaux butineurs de cette espèce sont les abeilles, il semble donc exister une compétition entre ces deux espèces de centaurée. En ce qui concerne *C. cyanus*, un faible effectif de butineur a été observé sur cette espèce. Cependant, sur la station de La Balladosa, un pourcentage non négligeable de bourdons a été observé sur cette centaurée. Il semble que ce soit la présence de *C. scabiosa* et le mécanisme de facilitation qui sont responsables de cette proportion élevée de butineurs sur *C. cyanus* sur cette station. Ceci met en évidence que les phénomènes de compétition ne sont pas les seuls à intervenir entre les espèces végétales et qu'au contraire, il peut exister une certaine "entraide" comprise dans le sens où l'entendait Kropotkine (1902) entre les plantes.

7. Bibliographie

- Anasiewicz A. & Warakomska Z., 1977.** Pollen food of the bumblebees (*Bombus* Latr., Hymenoptera) and their association with the plant species in the Lubin region. *Ekologia poloka*. 25, pp.309-322
- Barone R., 1999.** *Evaluation faunistique et floristique de la Grande Bruyère de Blaton (Belgique, Hainaut)*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 72pp.
- Barbier Y., Rasmont P., Dufrêne M. & Sibert J.M., 2000.** *Data Fauna-Flora*. Version 1.0. Université Mons-Hainaut, 106 pp. 1CD-ROM.
- Barbier Y., Rasmont P., 2000.** *Carto Fauna-Flora, logiciel de cartographie de données biogéographiques. Version 2.0*. Université Mons-Hainaut, 59 pp. 1CD-ROM.
- Bremer K., 1994.** Asteraceae: Cladistics and classification. Cité par Judd *et al.*, 2002.
- Bremer K. & Jansen R. K., 1992.** A new subfamily of the Asteraceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 79, pp.414-415: Cité par Judd *et al.*, 2002
- Bosoli O. & Vigo J., 1984.** *Flora dels Paisos Catalans*. Editorial Barcino, Barcelone, Martseny, Vol. 3: 912-944.
- Bosch M., Simon J., Rovira A.M., Molero J., Blanché C., 2002.** Pollination ecology of the pre-pyrenean endemic *Petrocoptis montsicciana* (Caryophyllaceae): effects of population size. *Biological Journal of the Linnean Society*, 76: 79-90.
- Corbet S. A., 1978.** Bees and the nectar of *Echium vulgare* pp 21-30. In *The pollination of flowers by insects*, A. J. Richards.
- Corbet, S. A., 1990.** Pollination and the weather. *Israel Journal of Botany* 39: 13-30.
- Coste, abbé H., 1927.** *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*, 3 tomes, Blanchard, Paris.
- Delbrassinne S. & Rasmont P., 1988.** Contribution à l'étude de la pollinisation du colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* (Moench) Delile) en Belgique. *Bulletin de Recherche Agronomique de Gembloux*, 23 (2): 123-152.
- Delmas R., 1976.** Contribution à l'étude de la faune française des Bombidae (Hymenoptera, Apoidea, Bombidae). *Anns Soc. ent. Fr. (N.S.)*, 12: 247-290.
- Delvare G. & H.-P. Aberlenc, 1989.** *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale, Clés pour la reconnaissance des familles*, 302 pp. Cirad-Gerdat, Montpellier.
- Demeuldre I., 1998.** *Contribution à l'étude de la faune pollinisatrice du genre Centaurea L. (Asteraceae)*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 75 pp.
- Drable E. & Drable H., 1917.** The syrphid visitors to certain flowers. *New Phytologist* 16: 105-109.
- Drable E. & Drable H., 1927.** Some flowers and their dipteran visitors. *New Phytologist* 26: 115-123.
- Droz B., 1966.** Isolation of cnicin from the herbs of *Centaurea diffusa* Lam. *Dissertationes Pharmaceuticae et Pharmacologicae*, 18: 281-283. Cité par Demeuldre, 1998.
- Dufrêne M., 1992.** *Biogéographie et écologie des communautés de Carabidae en Wallonie*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Unité d'écologie et de biogéographie, Université Catholique de Louvain. 197 pp.
- Dupias G., 1990.** *Fleurs du Parc National des Pyrénées, Tome 1, Etages montagnard et subalpin*. Parc National des Pyrénées, Tarbes. 425 pp.

- Durieux E.A., 2000.** *Etude des choix floraux des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la vallée d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales)*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 101 pp.
- Falissard B., 1998.** *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie*. Masson, Paris, 332 pp.
- Flagothier D., 1996.** *Biogéographie et choix floraux des Bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la Turquie*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 69 pp.
- Free J.B., 1993,** *Insect pollination of Crops*. ACADEMIC PRESS, 2nd edition.
- Gilbert F. S., 1981.** The foraging ecology of hoverflies (Diptera, Syrphidae): morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. *Ecological Entomology* 6: 245-262.
- Gorlick R., 2001.** Did insect pollination cause increased seed plant diversity? *Biological Journal of the Linnean Society*, 7 : 407-427.
- Grant V., 1949.** Pollination systems as isolating mechanisms in angiosperms. *Evolution* 3, pp 82-97.
- Hardy O.J., Vekemans X., 2001.** Pattern of allozyme variation in diploid and tetraploid *Centaurea jacea* at different spatial scales. *Evolution*, 55 (5): 943-954.
- Heinrich B., 1979.** *Bumblebee economics*. Harvard University Press, Cambridge, 246 pp, 2pls.
- Hill M.O., 1973.** Diversity and evenness : a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.
- Hlusek J., 2000.** *Contribution à la connaissance des pollinisateurs des Centaurea du groupe jacea (L.) en Haute Ardenne (Asteraceae)*. Mémoire de licence, Université de Mons-hainaut, 40 pp.
- Hurlbert S. H., 1971.** The nonconcept of species diversity : a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586.
- Inouye D., 1977 a.** Species structure of bumblebees communities in North America and Europe: 35-49. In: *Mattson, W.J., The role of arthropods in forest ecosystems*. Berlin, Heidelberg, New york, Springer.
- Inouye D., 1977 b.** Resource partitioning in bumblebees : experimental studies of foraging behavior. *Ecology*, 59(4): 672-678.
- Iserbyt S., 2000.** *Ecologie des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales)*. Mémoire de licence, Université de Mons Hainaut, 97pp.
- Josens G. & Meerts P., 2000.** *Ecologie animale et végétale*. Cours de première licence de l'Université Libre de Bruxelles. Vol. 2, 123 pp.
- Jovet P., de Vilmorin R.& Kerguelen M., 1972-1985.** *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes, suppléments 1 à 7*, Blanchard, Paris.
- Judd W., Campbell C., Kellogg E., Stevens P., 2002.** *Botanique systématique, une perspective phylogénétique*. De Boeck, Paris, Bruxelles, 467 pp.
- Kerguélén M., 1993.** *Index synonymique de la flore de France*. Muséum national d'Histoire Naturelle, Paris, 196 pp.
- Kropotkine P., 1902.** *L'entraide, un facteur de l'évolution*. Les Edition Ecosociété, Montréal, 400 pp.
- Kruseman G., 1958.** Notes sur les bourdons pyrénéens du genre *Bombus* dans les collections néerlandaises. *Beaufortia*, 6(72): 161-170.
- Lack A., 1976.** Competition for pollinators and evolution in *Centaurea*. *New phytol.* 77: 787-792
- Lack A., 1982a.** Competition for pollinators in the ecology of *Centaurea scabiosa* L. and *Centaurea nigra* L. (I. Variation in flowering time.). *New phytologist*, 91: 309-320.

- Lack A., 1982a.** Competition for pollinators in the ecology of *Centaurea scabiosa* L. and *Centaurea nigra* L. (II. Observation of netcar production.). *New phytologist*, 91: 309-320.
- Lack A., 1982a.** Competition for pollinators in the ecology of *Centaurea scabiosa* L. and *Centaurea nigra* L. (III. Insect visits and the number of successful pollinations.). *New phytologist*, 91: 321-339.
- Lack A., 1982b.** The ecology of flowers of chalk grassland and their insect pollinators. *Journal of Ecology*, 70: 773-790.
- Lambinon J., De Langhe J.-E., Delvosalle L. & Duvigneaud J., 1992.** *La nouvelle flore de la Belgique, du G.-D., du Nord de la France et des régions voisines*. Quatrième édition. Patrimoine du jardin botanique national de Belgique, Meise, 1092 pp.
- Leclercq J., Jacob-Remacle A., 1982.** *Andrena barbarea* Panzer dans le sud du luxembourg belge et sa voisine *cineraria* (L) en Belgique. *Lambilionea*, 81, (9-12): 79-85.
- Legendre L. & Legendre P., 1984.** *Ecologie numérique*. Presse de l'Université du Québec, Québec, 335 pp.
- Levin D.A., 1978.** Pollination behaviour and the breeding structure of plant populations. pp.133-150. In *The pollination of flowers by insects*, A. J. Richards.
- Levins R., 1968.** Evolution in changing environments. *Princeton Univ. Press, Princeton, N.J.* 120pp. (Cité par Josens & Meerts, 2000).
- Lumaret R., Guillerme J.L., Delay J., Ait Lhaj Loufti A., Izco J., Jay M., 1987.** Polyploidy and habitat differentiation in *Dactylis glomerata* L. from Galicia (Spain). *Oecologia* 73: 436-446.
- MacKenzie K.E., 1994.** The foraging behaviour of honey bees (*Apis mellifera* L) and bumble bees (*Bombus* spp) on cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait). *Apidologie*, 24: 375-383.
- Maddox D.M., Joley D.B., Supkoff D.M., Mayfield A., 1996.** Pollination of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) in California. *Canadian Journal of Botany* 74: 262-267.
- Mahy G., De Sloover J., Jacquemart A., 1998.** The generalist pollination system and reproductive success of *Calluna vulgaris* in the upper Ardenne. *Canadian Journal of Botany*, 76: 1843-1851.
- Mapinfo Professional version 5.5, 1999.** Mapinfo Corporation Troy, New-York.
- Michez D., 2001.** *Ecologie et zoogéographie des Melittidae (Hymenoptera, Apoidea) de la région Ouest-Paléarctique, étude d'un cas particulier dans les Pyrénées-Orientales (France)*. Mémoire de licence, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 90 pp.
- Moulin C., 1995.** *Les populations de Centaurea sous-genre jacea (Asteraceae) du Boulonnais à l'Eifel occidentale: une première approche de leur variation écogéographique, de leur caryotype et de leur phénologie*. Mémoire de licence, Université de Liège, 74pp.
- Osychnyuk, A.Z., Panfilov D.V. & Ponomareva A.A., 1991.** Superfamille Apoïdea (Apoïdes). In: G.S. Medvedev, clés de détermination des insectes de la partie européenne de l'URSS. Traduit par A. Descamps, Université de Mons-Hainaut, Ecole d'Interprètes Internationaux, Mons, 95 pp.
- Patiny S., 1997.** *Systématique des Andrenidae (Hymenoptera, Poidea) de Gaule*. Mémoire de diplôme d'études approfondies en Sciences agronomiques et ingénierie biologique. Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 72 pp.
- Pesson P. & Louveaux J., 1984.** *Pollinisation et productions végétales*. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 663 pp.

- Petanidou T., Smets E., 1995.** The potential of marginal land for bees and apiculture: nectar secretion in Mediterranean shrublands. *Apidologie* 26: 39-52.
- Petanidou T., Den Nijs J. C. M., Oostermeijer J. G. B. & Ellis-Adam A. C., 1995.** Pollination ecology and patch-dependant reproductive success of the rare perennial *Gentiana pneumonanthe* L. *Nex Phytlo.*, 129: 155-163.
- Popova A. Ya, 1960.** *Centaurea diffusa* Lam., a steppe-pasture weed in the Crimea (English transl.). Bot. Zhu., 45 pp.1207-1213. Cité par Demeuldre, 1998.
- Proctor M., Yeo P. & Lack A., 1996.** The Natural History of Pollination. Harper Collins Publishers, 479 pp.
- Ranta E. & Vespäläinen K., 1981.** Why are there so many species? Spatio-temporal heterogeneity and northern bumblebees communities. *Oikos*, 36: 28-34.
- 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, 371 pp.
- Rasmont P., 1989.** Centres de richesse et centres de pauvreté de la faune des Bourdons de France (Hymenoptera, Apidae). Théorie d'Inouye contre théorie de Ranta & Vespäläinen. In: *L'utilisation des inventaires informatisés d'Invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique*. J. de Beaufort & H. Maurin, Paris, 1987, ca pp 12.
- Rasmont P., Barbier Y., Pauly A., 1990.** Faunistique comparée des Hyménoptères Apoïdes de deux terrils du Hainaut occidental. *Notes fauniques de Gembloux*, 21: 39-58.
- 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), Paris, 98 pp.
- Rasmont P. & Barbier, 1998.** *La faune des terrains industriels charbonniers*. Université de Mons-Hainaut, Mons, 20pp.
- Rasmont P., Durieux E-A, Iserbyt S. & Baracetti M., 1999.** Why are there so many bumblebees species in Eyne (France, Pyrénées-Orientales, Cerdagne)? In: *Proceeding of the first Specialists'meeting on Insect pollination in Greenhouse, Soesterberg, The Netherlands, 29 September to 3 October*.
- Rasmont P., J.-C. Verhaege, R. Rasmont & M. Terzo, en préparation.** West-Palaeartic Bumblebees, Apollo, Stenstrup, 400+40pp.
- Rholf F. J., 1993.** NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Versio 1.80 Applied Biosatistics Inc., New York, 241+VII.
- Saule M., 1991.** *La grande Flore illustrée des Pyrénées*. Edition Milan
- Susanna A., Jacas N.-G., Soltis D. E. & Soltis P. S., 1995.** Phylogenetic relationships in tribe *Cardueae* (Asteraceae) based on ITS sequences. *American Journal of Botany*, 82: 1056-1068.
- Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. M. & Webb D. A., 1976.** *Flora Europaea. Volume 4*, Cambridge University Press, Cambridge, 505 pp.
- Vanden Bergen C., 1982.** *Initiation à l'étude de la végétation*. Jardin botanique National de Meise, 263 pp.
- Von Frisch K., 1967.** The dance language and orientation of bees. Transl. L. E. Chadwick. Harvard University press, Cambridge, Mass. (Cité par Proctor et al, 1996).
- Wratt E.C., 1968.** The pollinating activities of bumble bees and honeybees in relation to temperatue, competing forage plants, and competition from others foragers. *Journal of apicultural Research*, 7 (2): 61-66.

Tableau_croise_Melinda_Vandenbe

	Total	Saillagouse Camp del Sola 42°27'57,4"N 02°02'25,7"E 1345m	Eyne, Pla del Bac 42°28'24,1"N 02°04'37,8"E 1630m	Eyne, Elport, menhir 42°28'37,3"N 02°02'20,8"E 1570m	Via, Balladosa 42°28'50,1"N 02°02'25,6"E 1524m	Eyne, Font del Sasire, dolmen 42°29'12,8"N 02°05'06,4"E 1610m	Saillagouse, Plans Balladors 42°28'36,8"N 02°02'21,6"E 1480m	Llo, Serra de Llo. 42°27'54,4"N 02°03'54,4"E 1580m
	99	4	8	6	27	17	37	
ANDRENIDAE <i>Andrena assimilis</i>	76	2	7	4	1	3	59	
ANDRENIDAE <i>Andrena barbareae</i>	4				1		3	
ANDRENIDAE <i>Andrena exigua</i>	1		1					
ANDRENIDAE <i>Andrena fuscipes</i>	1		1					
ANDRENIDAE <i>Andrena labialis</i>	1	1						
ANDRENIDAE <i>Panurgus banksianus</i>	2		2					
ANDRENIDAE <i>Panurgus dentipes</i>	20		20					
ANTHOPHORIDAE <i>Ceratina</i> sp.	1						1	
ANTHOPHORIDAE <i>Eucera</i> sp.	2			1	1			
Anthophoridae <i>Anthophora balneorum</i>	1				1			
Anthophoridae <i>Xylocopa valga</i>	2						2	
APIDAE <i>Apis mellifera</i>	416	3	119	61	2	199	32	
APIDAE <i>Bombus confusus</i>	12			3			9	
APIDAE <i>Bombus cullumanus</i>	4	3	1					
APIDAE <i>Bombus hortorum</i>	8				6	1		1
APIDAE <i>Bombus humilis</i>	187	80	45	41	10	2	9	
APIDAE <i>Bombus lapidarius</i>	51	1	6	1		4	35	4
APIDAE <i>Bombus lucorum</i>	32		11	4	3	9	5	
APIDAE <i>Bombus mesomelas</i>	46		27	9	4	5	1	
APIDAE <i>Bombus monticola</i>	2					2		
APIDAE <i>Bombus pascuorum</i>	19	2			11		6	
APIDAE <i>Bombus pyrenaicus</i>	1		1					
APIDAE <i>Bombus ruderarius</i>	107	5	62	21	8		7	4
APIDAE <i>Bombus ruderatus</i>	10			4	4	2		
APIDAE <i>Bombus rupestris</i>	1						1	
APIDAE <i>Bombus sicheli</i>	1					1		
APIDAE <i>Bombus soroeensis</i>	128		61	8	34	8	16	1
APIDAE <i>Bombus subterraneus</i>	91	2	16	49	4	4	13	3
APIDAE <i>Bombus sylvarum</i>	193	39	22	15	20	20	76	1
APIDAE <i>Bombus terrestris</i>	56	1	6	5	4	29	9	2
APIDAE <i>Bombus wurflenii</i>	1					1		
Cantharidae RHAGONYCHA FULVA	1						1	
Carabidae AMARA SP.	1						1	
Cetoniidae NETOCIA MORIO	9			1	2		6	
Chrysomelidae cf. CRYPTOCEPHALUS	17	2	1	2			12	
Chrysomelidae cf. EXOSOMA	2		1	1				
COLLETIDAE <i>Colletes</i> sp.	1						1	
Curculionidae LARINUS SP.	1						1	
HALICTIDAE <i>Halictus confusus</i>	1				1			
HALICTIDAE <i>Halictus eurygnathus</i>	5	1					4	
HALICTIDAE <i>Halictus gavarnicus</i>	2						2	
HALICTIDAE <i>Halictus leucaheneus</i>	10	1		1	1		7	
HALICTIDAE <i>Halictus maculatus</i>	12	3				4	5	
HALICTIDAE <i>Halictus scabiosae</i>	6	6						
HALICTIDAE <i>Halictus smaragdulus</i>	1		1					
HALICTIDAE <i>Halictus</i> sp.	1	1						

Tableau_croise_Melinda_Vandenbe

HALICTIDAE Halictus tumulorum	1					1	
HALICTIDAE Lasioglossum calceatum	5		2	1		2	
HALICTIDAE Lasioglossum interruptum	3	2				1	
HALICTIDAE Lasioglossum leucozonium	7		1			6	
HALICTIDAE Lasioglossum malachurum	3	2				1	
HALICTIDAE Lasioglossum villosulum	4		4				
HALICTIDAE Lasioglossum zonulum	1	1					
Hesperidae THYMELICUS LINEOLUS	4	1	3				
Megachilidae HOPLITIS SP.	2					2	
Megachilidae LITHURGUS SP.	10					10	
MEGACHILIDAE Megachile sp.	24		7		6	1	10
MEGACHILIDAE Osmia sp.	30	2			23		5
Megachilidae PARAANTHIDIUM SP.	4					4	
Megachilidae ROPHITES QUINQUESPI	3			2		1	
Megachilidae TRACHUSA BISSINA	9				3		6
MELITTIDAE Dasypoda argentata	4						4
MELITTIDAE Dasypoda crassicornis	3					3	
MELITTIDAE Melitta haemorrhoidalis	1						1
Meloidae MYLABRIS QUADRIPUNCTA	64				10		54
Nymphalidae BRINTESIA CIRCE	1						1
Nymphalidae CYNTHIA CARDUI	1		1				
Nymphalidae INACHIS IO	1						1
Nymphalidae MANIOLA JURINA	3	3					
Nymphalidae MELANARGIA GALATHEA	3				1		2
Nymphalidae MESOACIDALIA AGLAJA	2						2
Papilionidae PARNASSIUS APOLLO	1				1		
Sphecidae BEMBIX TARSATA	8						8
Sphecidae CERCERIS RYBYENSIS	1						1
Sphecidae PODALONIA AFFINIS	1						1
Syrphidae CHRYSOTOXUM COROLLA	1						1
Syrphidae CHRYSOTOXUM SP.	1						1
Syrphidae EPISYRPHUS BALTEATUS	2					2	
Syrphidae ERISTALIS ARBUSTORUM	2			1			1
Syrphidae ERISTALIS TENAX	15	2	6	1			6
Syrphidae MERODON EQUESTERIS	18		5	6		3	4
Syrphidae SCAEVA PYRASTRIS	19		12	1		6	
Syrphidae SPHAEROPHORIA SCRIPTA	3		3				
Syrphidae VOLUCELLA BOMBYLANS	2	1	1				