

Université de Mons-Hainaut
Service de zoologie

–

Réserve naturelle de la Vallée d'Eyne

Rapport de recherche

Etude biotopographique des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales)

Par Sonia Viart, Stéphanie Iserbyt & P. Rasmont

**Promoteur
Prof. Pierre Rasmont**

Novembre 2003

Viart, S., 2003. *Etude biotopographique des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales).* Travail de fin d'étude, Haute Ecole Provinciale de Charleroi – Université du Travail, Catégorie agricole, 59 pp + 2 planches.

Résumé :

La déprise agricole est un phénomène inhérent à la majorité des communes de montagne. Celui-ci, conséquence d'une forte période d'exode rural, entraîne la régression des surfaces de cultures et la fermeture du milieu par recolonisation d'espèces ligneuses. Il en résulte un risque de diminution de la biodiversité.

En France, dans les Pyrénées-Orientales, la commune d'Eyne est un bel exemple de ce phénomène. Le milieu naturel y a été façonné pendant des siècles par les activités humaines. Aujourd'hui, l'agriculture est principalement extensive et les activités économiques résultent surtout du tourisme. Cependant, Eyne est mondialement reconnue pour le grand nombre d'espèces de bourdons que l'on y trouve. Sur une superficie de 20,2 km², la commune regroupe 33 espèces de bourdons soit 70% de la richesse spécifique française. Cette diversité en fait le lieu le plus riche de tout l'ouest Paléarctique et peut être même du monde entier.

L'étude biotopographique des espèces de bourdons de la commune montre que cette extraordinaire richesse a profité de l'influence que les montagnards ont exercé sur leur environnement. Les environs immédiats de la commune recèlent une biodiversité plus grande que celle que l'on peut observer dans la Réserve Naturelle du Vallon d'Eyne.

Le maintien de la diversité paysagère agropastorale de moyenne altitude est primordial pour la conservation de la richesse exceptionnelle des espèces de bourdons de la commune d'Eyne.

Mots-clés: déprise agricole, biotopographie, biodiversité, Bombus, Eyne.

Remerciements

Je voudrais remercier par ces quelques lignes, toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide au long de ce travail

Je remercie particulièrement le Professeur Pierre Rasmont qui a bien voulu m'accepter au sein de son service et ainsi m'avoir permis de réaliser un travail de fin d'étude qui allie travail de terrain et de recherche.

Je voudrais encore remercier le Dr. Vincent Bels pour avoir accepté de promouvoir mon travail de fin d'étude et pour le soutien apporté lors de sa réalisation.

Je remercie Messieurs Alain Bousquet (Maire d'Eyne), Michel Baracetti (Gestionnaire de la Réserve Naturelle d'Eyne) pour leur accueil chaleureux ainsi que pour leur étroite collaboration lors de la réalisation de cette étude.

J'aimerais exprimer toute ma gratitude envers les membres du Laboratoire de Zoologie de l'Université de Mons-Hainaut et tout particulièrement à Mademoiselle Stéphanie Iserbyt pour sa patience, son aide de chaque instant et ses conseils judicieux.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur Samuël Colasse.

Je voudrais encore remercier M. Gosselin et O. Ponchau pour l'aide qu'ils m'ont apporté lors des collectes.

1. INTRODUCTION

1.1. Introduction générale

Les montagnes ont donné l'impression, des siècles durant, d'être des barrières impénétrables. Aujourd'hui, routes, aéroports, hôtels, communications et autres infrastructures de développement les ouvrent au tourisme, sans que des plans de gestion appropriés ou de mise en valeur n'aient réellement le temps d'être établis. De très nombreux vacanciers avides de se ressourcer ou de pratiquer leurs sports favoris envahissent la montagne menaçant ainsi sa diversité et son identité culturelle.

Cependant, le tourisme n'est pas le premier problème auquel le milieu montagnard a dû faire face au cours de cette dernière décennie. La déprise agricole en est un autre et non des moindres. Celle-ci, conséquence d'une forte période d'exode rural, entraîne la fermeture du milieu par recolonisation d'espèces ligneuses avec pour conséquence possible la diminution de la biodiversité.

En France, dans les Pyrénées-Orientales, la commune d'Eyne présente un bel exemple des problèmes des villages de montagne. Cette commune, aux paysages remarquables, subit de fortes pressions touristiques. En effet, Eyne présente sur son territoire une station de ski et un centre de randonnée équestre qui constitue un haut lieu de la randonnée pédestre. Cet ensemble coexiste avec une population locale qui tente de maintenir une activité traditionnelle d'agriculture et d'élevage tout en restant rentable. Il en résulte des enjeux souvent difficiles à concilier entre développement économique et protection du patrimoine.

Cette petite commune de haute montagne possède une renommée mondiale qui n'est pas récente. Dès le 18^{ième} siècle la richesse de la faune et de la flore de cette région a été reconnue par de nombreux scientifiques tel que Gaura *et al.* (1767) (cités par l'Association Charles Flahaut, 1984). Actuellement, cette diversité suscite de nombreux intérêts parmi la communauté scientifique.

Pour la réalisation de mon travail de fin d'étude, j'ai eu l'opportunité de me joindre au Laboratoire de Zoologie de l'Université de Mons-Hainaut. Spécialisé dans l'étude des Hyménoptères, ce service réalise, entre autres, l'étude des bourdons d'Eyne depuis quelques années déjà en collaboration avec les autorités locales.

Sur une superficie de 20,2 km², la commune regroupe 32 espèces de bourdons soit 70% de la richesse spécifique française. Cette diversité en fait le lieu le plus riche de tout l'ouest Paléarctique et peut être même du monde entier (Iserbyt *et al.*, 2002).

Cette richesse entomologique semble être due à l'existence de nombreux microclimats, à une juxtaposition de nombreux habitats, ainsi qu'à une forte instabilité climatique (Rasmont *et al.*, 1999, Iserbyt, 2000, Iserbyt *et al.*, 2002).

Au regard de l'évolution du milieu montagnard une question se pose: quelle part la contribution humaine a-t-elle jouée ou joue-t-elle encore dans cette surprenante biodiversité ?

1.2. L'écosystème montagnard

Tous les écosystèmes montagnards ne se ressemblent pas mais présentent toujours ces deux traits communs que sont l'altitude et la diversité d'habitats. Cette dernière résulte des changements d'altitude, de pente et d'exposition solaire qui exercent un énorme effet sur les températures, les vents, l'hygrométrie et la composition des sols.

Cependant, le principal facteur limitant est l'altitude. En effet, plus on s'élève plus les conditions de vie deviennent difficiles. L'altitude délimite ainsi des seuils au-delà desquels des espèces sont absentes. Cette limitation naturelle permet de définir des étages de végétations au sein desquels on trouve différents milieux associés à des espèces caractéristiques. Ainsi, dans les Pyrénées-Orientales, on peut retrouver les étages suivants (fig. 1):

L'étage collinéen

De 200 à 1000 m. On y trouve la forêt sclérophile et les cultures méditerranéennes.

L'étage montagnard

De 1000 à 1900 m environ selon les versants. C'est le domaine du hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.). C'est aussi l'étage des prés de fauche. Cette zone est caractérisée par des précipitations, une humidité atmosphérique et une nébulosité importantes.

L'étage subalpin

De 1900 à 2500 m environ. On y trouve les forêts de pin à crochets (*Pinus uncinata* MILLER ex Mirbel) entrecoupées de pelouses de défrichement dites pseudoalpines. Celles-ci sont appelées estives par les pyrénéens et constituent l'un des paysages le mieux représenté au niveau de cet étage. Elles accueillent les bovins et chevaux durant l'été. Les landes y occupent une surface importante. Elles sont généralement denses et composées de plusieurs espèces: rosage (*Rhododendron ferrugineum* L.), callune (*Calluna vulgaris* (L.) HULL), genêt purgatif (*Cytisus purgans* L.) et myrtillier (*Vaccinium myrtillus* L.).

L'étage alpin:

De 2500 m à 2900 m. Caractérisé par les pelouses à la végétation rase, les zones rocheuses et les éboulis. On trouve à l'étage alpin une importante variété de plantes d'altitude.

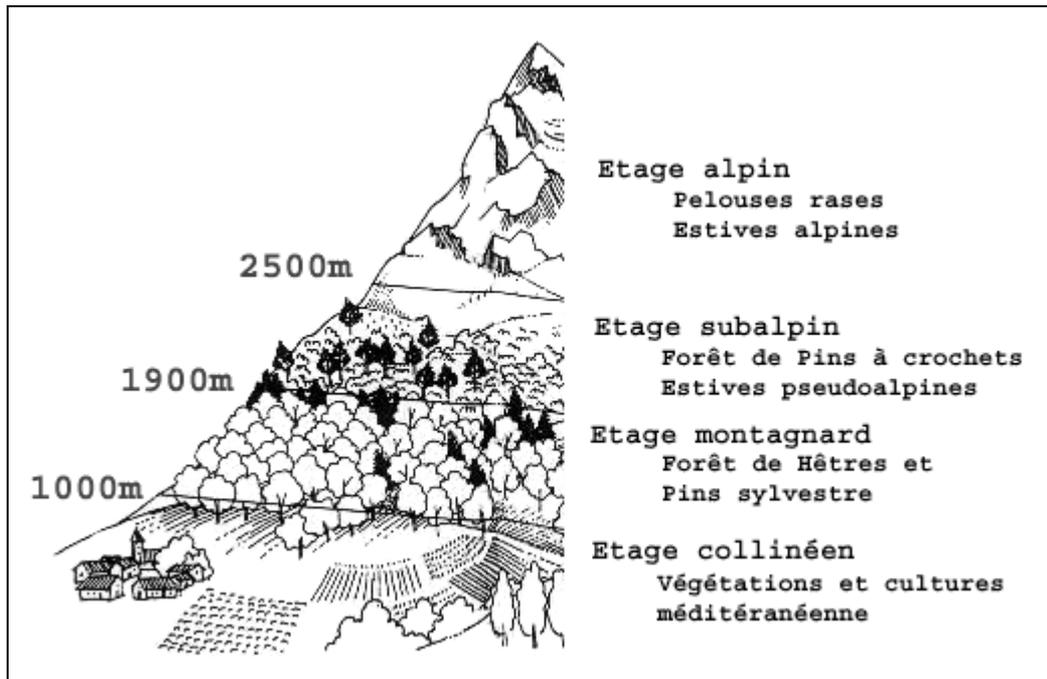


Figure.1. Etagement de la végétation dans les Pyrénées-Orientales. (Carte modifié de Dupias, 1990).

La répartition de la végétation est non seulement fonction de l'altitude mais aussi de divers facteurs écologiques propres au milieu montagnard tel que la pente, l'exposition, la nature du substrat, les précipitations, l'importance de la couche neigeuse, les activités humaines. Celles-ci peuvent avoir des effets bénéfiques ou au contraire négatifs sur la biodiversité.

2. CADRE DE L'ETUDE

2.1. Localisation

Entre la France et l'Espagne se dresse le massif des Pyrénées. A l'est, en descendant vers la Méditerranée, se situe le département des Pyrénées-Orientales (fig. 2). Son relief est moins prononcé qu'aux Pyrénées Centrales (Carlit : 2921 m, Canigou : 2784 m).

Au sud-ouest du département, se situe la Cerdagne. A cheval sur la France et l'Espagne, celle-ci appartient aux systèmes hydrographiques de l'Ebre et de la Têt. Elle est constituée d'un plateau de 800 à 1400m d'altitude, entouré de hautes montagnes.

La vallée d'Eyne se trouve au sud de la Cerdagne, perpendiculairement à la frontière espagnole (fig. 3). Cette vallée est délimitée par des crêtes et descend vers le village, l'ensemble formant le territoire de la commune d'Eyne (fig. 4) (cf. Planche I).

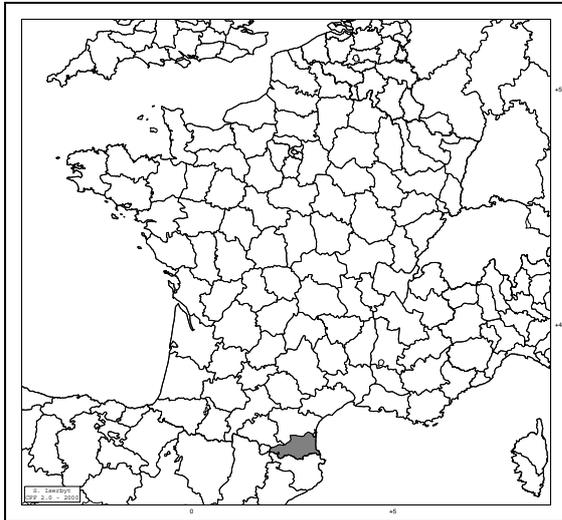


Figure 2. Localisation du Département des Pyrénées-Orientales (en grisé) (d'après Iserbyt, 2000).

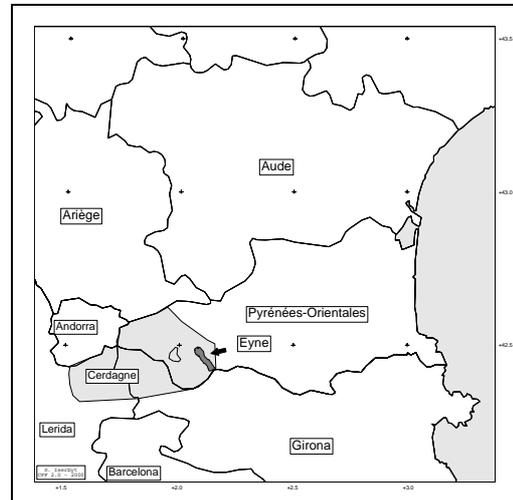


Figure 3. Département des Pyrénées-Orientales. En grisé, la Cerdagne; en grisé foncé, la commune d'Eyne (d'après Iserbyt, 2000).

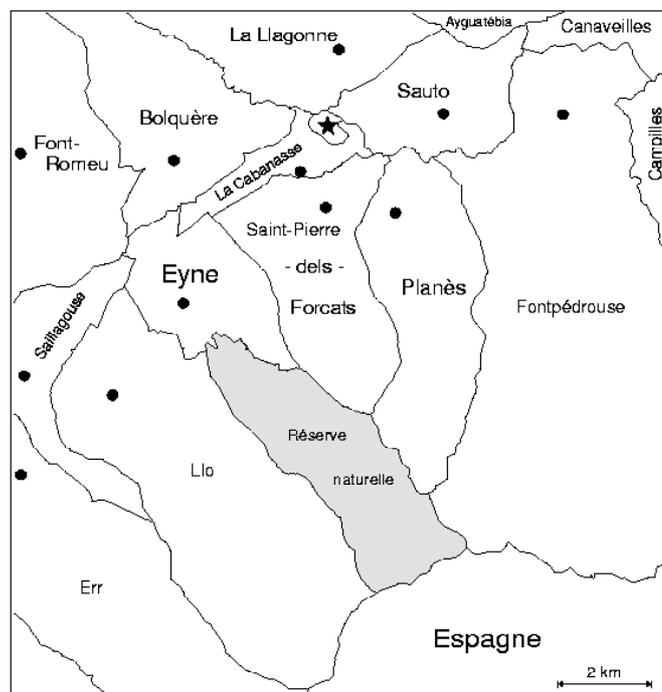


Figure 4. Commune d'Eyne: communes limitrophes et réserve naturelle d'Eyne. Les points figurent les agglomérations, l'étoile symbolise la commune de Mont-Louis (D'après Iserbyt , 2000).

2.2. Topohydrographie

2.2.1. Relief

Autour du village, dans la partie basse de la commune, les zones de cultures s'étalent sur un plateau vallonné entre 1450 et 1750 m.

Ensuite apparaissent les premiers contreforts de la réserve naturelle. Le Bosc del Quer est situé en ombree et le Bosc d'Eina, partiellement en soulane, lui fait face. Les landes et les pelouses succèdent aux forêts au fur et à mesure que l'on remonte dans la vallée. La réserve, délimitée naturellement par ses lignes de crêtes, présente une orientation nord-ouest/sud-est. Elle entaille profondément la partie nord du massif du Cambre d'Aze-Puigmal qui borne le plateau Cerdan au nord.

Au fond de la vallée, apparaissent des cirques surmontés de crêtes qui culminent à plus de 2500 m d'altitude. On distingue la Torre d'Eina (2850 m) et le Puig de Finestrelles (2827 m)(fig. 5). Sur les flancs de la vallée, on retrouve le massif du Cambre d'Aze, la vallée de Llo et la vallée de Planès.

2.2.2. Hydrographie

Faisant partie du bassin supérieur de l'Ebre, fleuve espagnol, le vallon d'Eyne appartient à la basse Cerdagne (par opposition à la haute Cerdagne, bassin supérieur de la Têt).

Des versants de la vallée, jaillissent de nombreuses sources qui grossissent le torrent naissant du Coll d'Eina pour se jeter dans l'Ebre (fig. 5).

2.2.3. Géologie

Selon Fritsch (1966) (cité par l'Association Charles Flahaut, 1984): «La vallée d'Eyne se présente comme une ancienne vallée glaciaire sur creusée par son torrent, ruinée par le gel et le soleil méditerranéen qui ont accumulés d'énormes pierriers coulant des crêtes jusqu'au thalweg ».

La vallée d'Eyne est entièrement localisée dans les terrains du hercynien. La faille de Cerdagne s'y matérialise par une rupture de pente soulignée par une zone humide et des sources.

Au-delà, le bassin cerdan a fonctionné en bassin de sédimentation au Miocène supérieur. Une autre faille, celle de Llo, coupe la vallée en deux.

Enfin, le chevauchement du Puigmal constitue une dernière unité structurale présente dans la réserve naturelle. Du fait de cette complexité, la vallée présente une diversité géologique notable. On y retrouve: de grandes séries de roches métamorphiques (gneiss, micaschistes, schistes), quelques affleurements de marbre. Les processus d'altérations et d'érosions superficielles ont fortement diversifié la couverture de matériaux.

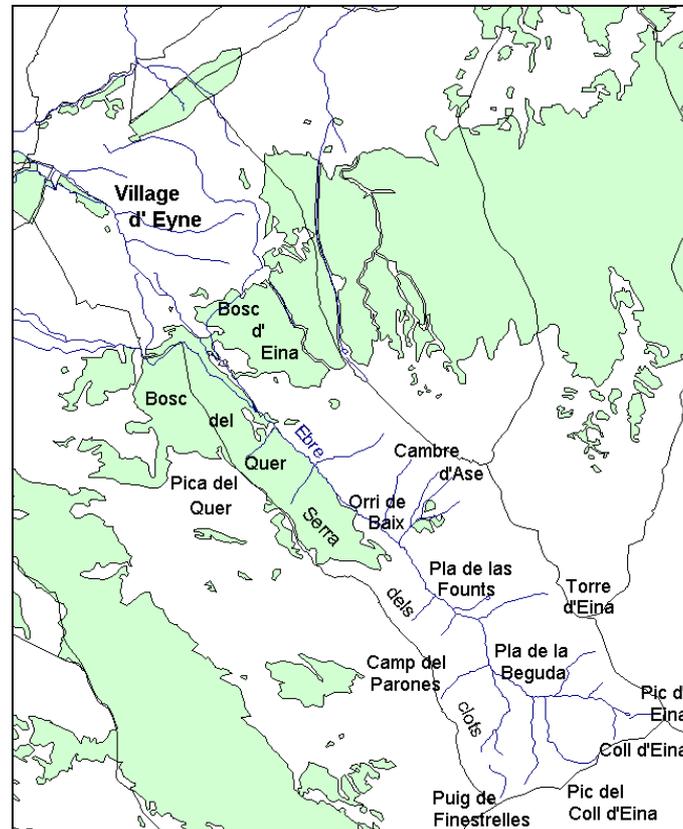


Figure 5. Commune d'Eyne: hydrographie et principaux lieux-dits de la réserve. En grisé, la forêt. (d'après Iserbyt, 2000).

2.3. Climat

Le climat cerdan est de type montagnard avec des influences continentales, maritimes et méditerranéennes. Le bassin cerdan est protégé des précipitations aussi bien océaniques que méditerranéennes d'une part grâce au massif du Carlit et, d'autre part par la chaîne du Canigou.

La réserve naturelle n'est pas équipée d'une station climatologique. Les données sont donc celles de la station de Mont-Louis prise comme référence. Cette dernière se situe à 1300 m d'altitude et à environ 6 km au nord-est d'Eyne (fig. 6).

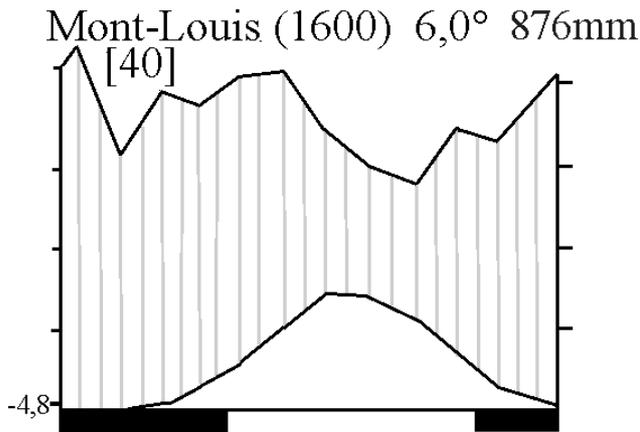


Figure 6. Diagramme ombrothermique à Mont-Louis (d'après Walter & Lieth, 1960).

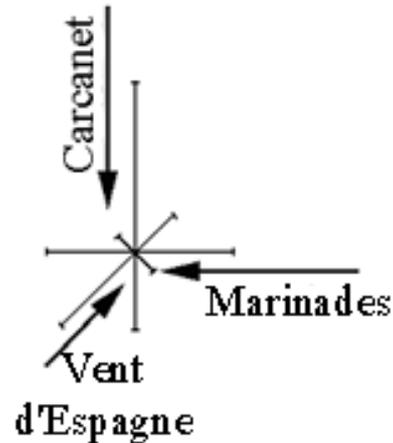


Figure 7. Rose des vents à Mont-Louis (d'après la carte de végétation n°78: Perpignan, 1970).

Cependant, un nivopluviomètre a fonctionné dans la réserve de 1967 à 1987. Celui-ci permet de préciser le climat d'Eyne:

- la moyenne annuelle des températures est basse: inférieure à 5°C durant cinq mois de l'année et supérieure à 10°C pendant quatre mois. Ces observations sont proches de celles de Mont-Louis.
- la moyenne annuelle des précipitations s'établit à 624 mm, le minimum se situant lors de la période hivernale. Cette valeur est nettement inférieure à celle observée à Mont-Louis où le minimum est estival.
- les jours de gel sont nombreux ce qui peut affecter le début de la période de végétation ainsi que et la phénologie faunique.

Toutefois en haute montagne, la présence de vents dominants modifie localement le climat, on distingue à Eyne (fig. 7):

- la Tramontane, vent froid et sec soufflant du nord-ouest
- le Carcanet, vent froid et sec soufflant du nord
- les Marinades, vents froids et humides soufflant de la Méditerranée
- le Vent d'Espagne (sud-ouest), chaud et sec

L'influence de ces vents diffère à Eyne par rapport à Mont-Louis. Le Carcanet est moins influent à Eyne au contraire du Vent d'Espagne et des Marinades dont l'importance y est accrue.

2.4. Végétation

Le territoire étudié est un milieu montagnard à forte spécificité grâce d'une part à son positionnement au carrefour d'influences climatiques montagnardes, atlantiques et méditerranéennes et d'autre part à son substrat (gneiss, micaschistes et marbre).

2.4.1. Zonation

Trois zones principales ont été identifiées, en fonction de la physionomie végétale, sur le territoire de la commune (fig. 8):

- des prés de fauche au niveau du village (1450-1650m);
- des forêts, landes et pelouses au niveau de l'étage subalpin (1650-2500m);
- des pelouses rases au niveau de l'étage alpin (2500-2850m).

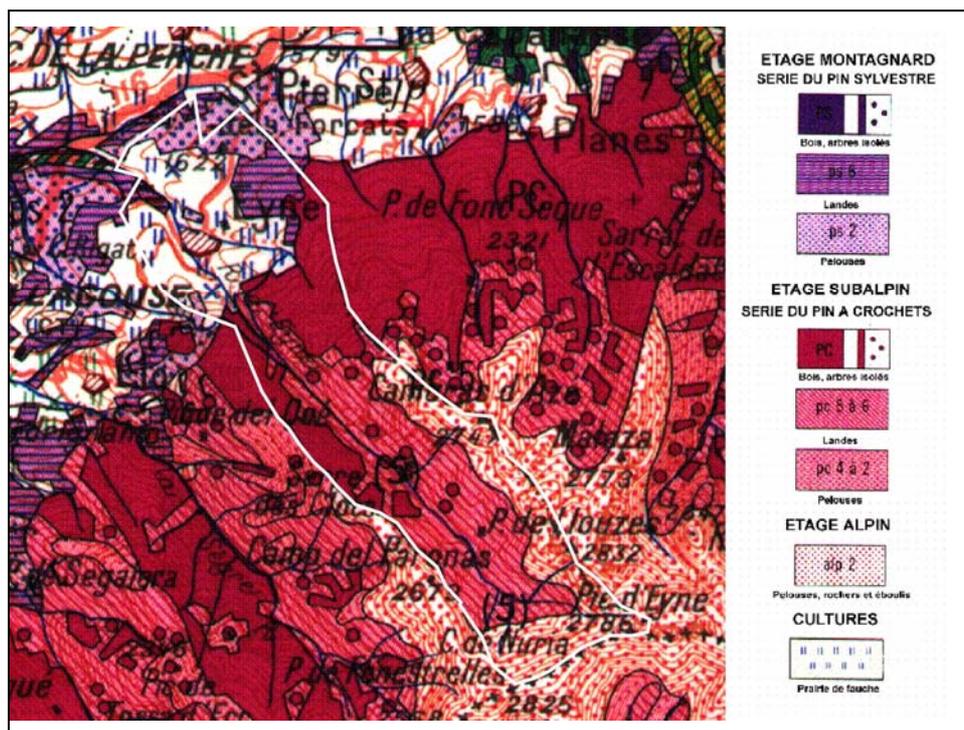


Figure 8. Végétation de la réserve naturelle de la Vallée d'Eyne. (d'après la carte de Végétation n°78: Perpignan, Gaussen, 1972).

2.4.2. Orientation de la commune

L'orientation particulière (nord-ouest/sud-est) de la vallée permet d'y délimiter deux principales grandes unités: le versant exposé au sud-ouest (adret ou soulane) fait de pelouses thermophiles puis orophiles et de quelques landes à genêts purgatifs contrastant avec le versant exposé au nord-est (ubac ou ombrée) constitué de landes à rosages (*Rhododendron ferrugineum* L.) et myrtilliers (*Vaccinium myrtillus* L.). Le fond du vallon comporte aussi des formations propres à un biotope donné (éboulis, falaises et pierriers). C'est là que l'on rencontre le plus fort taux d'endémisme tel que la végétation des éboulis à *Senecio leucophyllus* DC., *Xatardia scabra* (Clap.) Meisen, *Iberis spathulata* Bergh. et *Crepis pygmaea* L..

2.4.3. Typologie CORINE

La figure 9 représente la disposition des différentes formations végétales, regroupées selon la typologie CORINE, reconnues sur la vallée d'Eyne. Ce code émane de la directive européenne Habitat (92/43/CEE) et est un outil de travail élaboré pour répertorier les habitats. Chaque habitat identifié se voit attribué un code hiérarchisé, identique à l'échelle de l'union européenne.

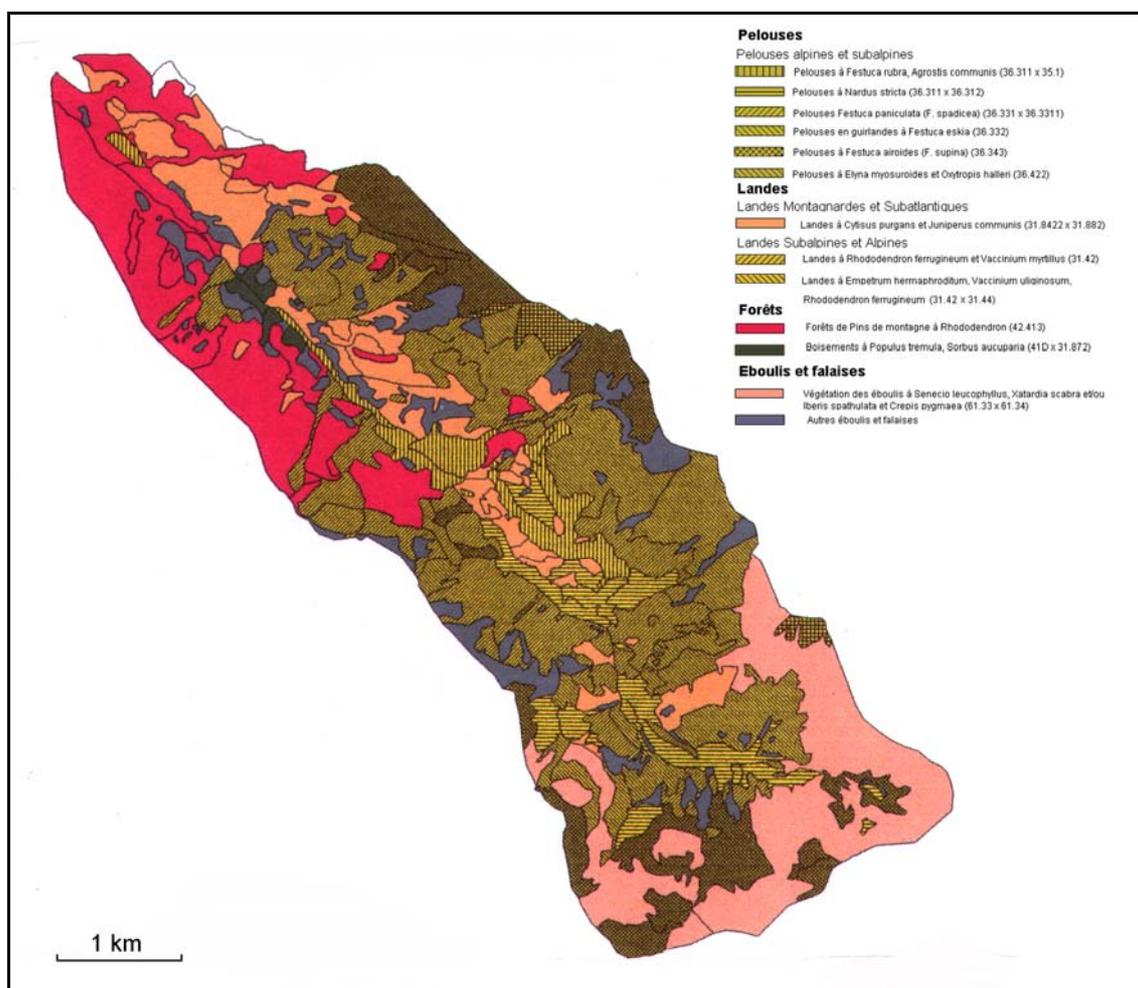


Figure 9. Typologie CORINE identifiées dans la réserve d'Eyne. D'après M. M. Baracetti et collaborateurs.

2.5. Eyne et sa biodiversité

La renommée mondiale de la commune d'Eyne et surtout de sa réserve naturelle n'est pas récente. Dès le Moyen Age, on y récoltait diverses plantes médicinales. Cependant, c'est à partir du 18^{ème} siècle, sous l'influence de la découverte naturaliste des Pyrénées, que sa valeur est réellement reconnue. Des scientifiques tel que Gaura, Bourgat et Razoul (1767) (cité par l'Association Charles Flahaut, 1984) font état de sa richesse.

Vers le milieu du 20^{ème} siècle, des auteurs comme J. Braun–Blanquet, A. Baudière et L. Serve font part de la grande diversité des communautés végétales bien individualisées associant des formes primitives et des formes endémiques (plus d'une quinzaine d'espèces) acquissent, dont certaines proviennent d'une migration de l'Espagne voisine. Sept cents taxons sont recensés dans la réserve, hors lichens et bryophytes qui sont encore à inventorier.

Parmi ceux-ci citons quelques espèces notables:

- *Eryngium bourgatii* Gouan: espèce endémique pyrénéo-ibérique ;
- *Xatartia scabra* (Clap.) Meisen.: endémique du Puigmal;
- *Adonis pyrenaica* DC et *Hierochloa odorata* Wahl.: deux espèces protégées qui n'ont été observées qu'à Eyne;
- *Armeria muelleri* Huet, *Senecio leucophyllus* DC., *Seseli peucedanoides* et *Spergularia segetalis* Pers.: inscrites sur le livre rouge de la flore menacée de France ;
- *Papaver suaveolens*: environ dix stations dans le département.

La juxtaposition des microclimats, l'influence ibérique et la succession des biotopes les plus divers favorisent la fixation d'une faune riche et variée.

L'avifaune est très bien représentée dans la vallée naturelle d'Eyne. Le suivi ornithologique porte à 82 le nombre d'espèces recensées soit 30% de l'avifaune française. Un comptage des espèces migratrices a également été réalisé mais il doit être complété. Parmi ces différentes espèces, 30 sont inscrites sur l'annexe 1 de la directive des oiseaux ou sur liste rouge dont l'Aigle royal (*Aquila chrysoetias*) et le Gypaète (*Gypaetus barbatus*).

En ce qui concerne les mammifères, sont présents notamment le Desman des pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) et l'Isard (*Rupicara pyrenaica*). Le Mouflon a été réintroduit dans la réserve pour la chasse et il s'y est bien adapté. La Marmotte, quant à elle, a été réintroduite en 1987 et des études ont pu montrer une augmentation significative de ses effectifs.

Des inventaires faunistiques ont révélé la présence de notamment:

- chez les lépidoptères: l'Apollon (*Parnassius apollo*), le Semi-Apollon (*P. mnemosyne*).
- 500 espèces de coléoptères.

Les bourdons contribuent à cette richesse par le grand nombre d'espèces présentes et par le fait que certaines d'entre elles sont rarissimes ailleurs. 32 espèces de bourdons sont présentes sur le territoire de la commune. Selon Iserbyt (2000), cette diversité ne peut pas être considérée comme transitoire ou saisonnière mais bien comme structurelle. Cette richesse serait due aux conditions particulières présentées à Eyne tel que le climat, les ressources florales et la diversité des habitats.

Si cette diversité d'habitat peut être générée par des facteurs écologiques propres à Eyne, un autre élément peut être proposé: l'influence favorable des activités humaines. Sur les 32 espèces observées à Eyne durant l'été 2000, 28 se sont retrouvées dans les prés de fauche (Iserbyt, 2000) (Annexe 1).

3. ACTIVITES HUMAINES

3.1. Historique

Le patrimoine biologique de la commune d'Eyne résulte de l'interaction de processus historiques complexes, d'origine écologique, social, économique et culturel.

Il faut remonter 5700 ans en arrière pour trouver les premières traces d'interventions sensibles de l'homme sur la végétation d'Eyne (Plan de Gestion de la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne 2001-2005).

Les premières déforestations ont lieu au Néolithique moyen (3800 av. JC) mais ce n'est qu'à partir de 2500 av. JC qu'elles deviennent massives et touchent alors aussi bien les sapinières de basse altitude que les pinèdes en haut de la vallée. Simultanément, l'activité pastorale se développe et reste stable pendant environ 2000 ans (Davasse, 1997).

A partir du 9^{ième} siècle, on retrouve à nouveau les traces d'un recul marqué de la sapinière et de la pinède. L'espace ainsi ouvert fait place à de nouveaux pâturages.

Aux 16^{ième} et 17^{ième} siècles, l'activité pastorale est à son apogée et les bois se réduisent comme des peaux de chagrins. Le bois est utilisé principalement comme source de chauffage et comme alimentation pour les différentes forges des alentours. L'élevage consiste principalement en ovins qui fournissent le fromage et la laine mais les bovins sont en augmentation (Jalu, 1984).

Les transhumants provenant des plaines du Roussillon ou de la vallée de Ripoll se retrouvent autour de trois grands pôles pastoraux: l'Orri de Baix, l'Orri de dalt et l'Estrets. C'est au cours de cette période que Eyne acquiert sa renommée. Les botanistes sont de plus en plus nombreux à y venir et réalisent des prélèvements non négligeables (Plan de Gestion de la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne 2001-2005).

A partir du 19^{ième} siècle, deux entités, au sein de la commune, évoluent différemment. La première, le vallon d'Eyne, zone de hautes altitudes (supérieures à 2000 m), conserve jusqu'à nos jours quasi intacte sa structure et son affectation du sol. Celui-ci est devenu la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne (fig. 10). La partie de basses altitudes, qui s'étend autour du village, a subi des modifications majeures (fig. 11). En 1842, la création du canal d'Eyne a considérablement étendu la superficie irrigable. Jusqu'au milieu du 19^{ième} siècle, l'élevage et l'agriculture constituent les deux activités principales autour du village.

La seconde moitié du 19^{ième} siècle constitue une rupture majeure. En effet une forte dépopulation entraîne un abandon massif des surfaces cultivées, le réseaux d'irrigation est en partie abandonné. L'enfrichement est spectaculaire et les modifications paysagères importantes.

Au cours des 60 dernières années, on a assisté à une recolonisation constante du bas de la vallée par la forêt et à une densification de celle-ci. La création en 1970 de la station de ski et de ses pistes, ainsi qu'une reprise de l'exploitation forestière, ont permis un éclaircissement de la forêt.

Aujourd'hui, sur la commune d'Eyne, des activités traditionnelles et modernes se côtoient (fig. 11). La station de ski constitue le principal pôle touristique avec le vallon d'Eyne et les sites archéologiques répartis au sein de la commune.

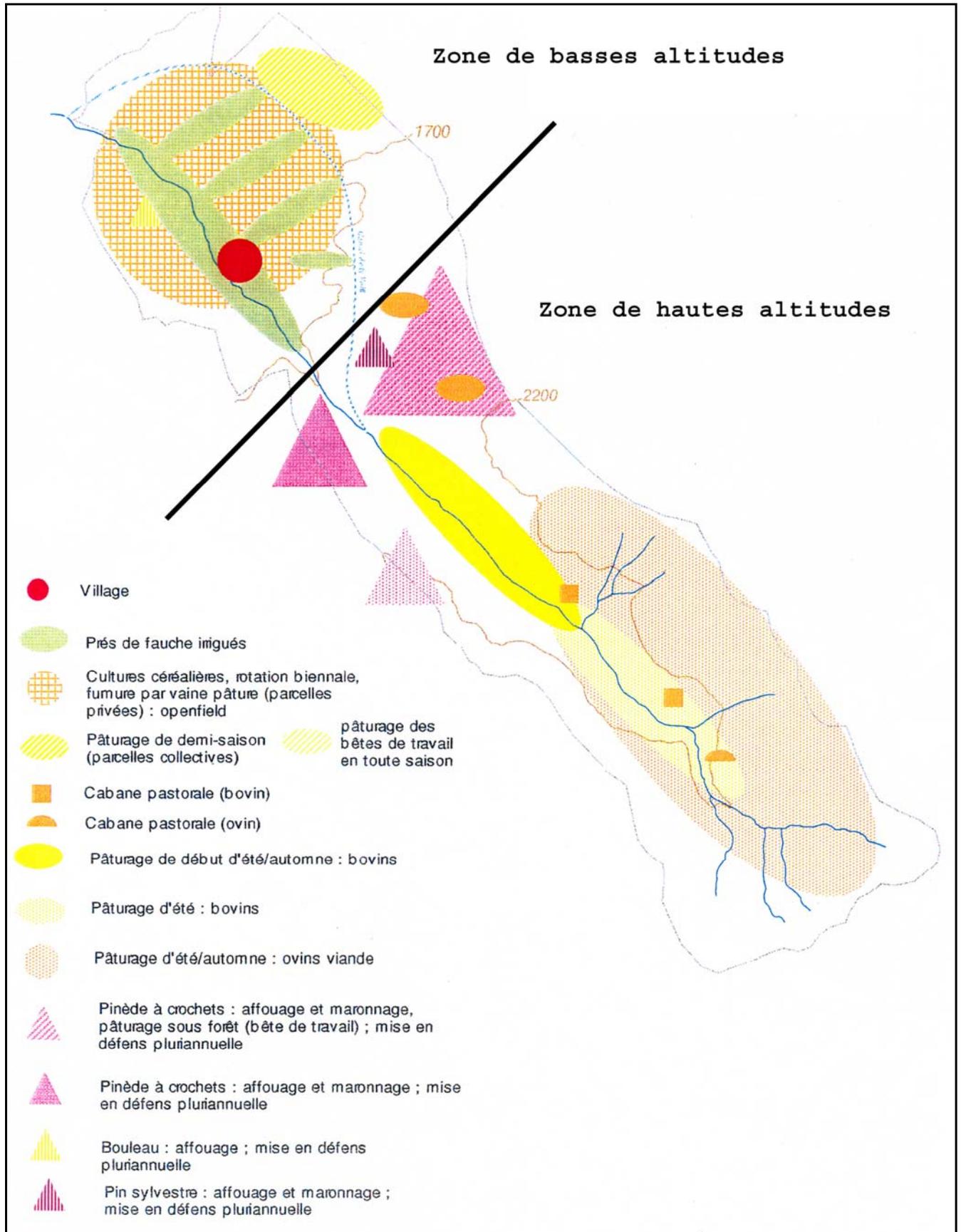


Figure 10. Principales activités présentes sur la commune d'Eyne vers 1900.

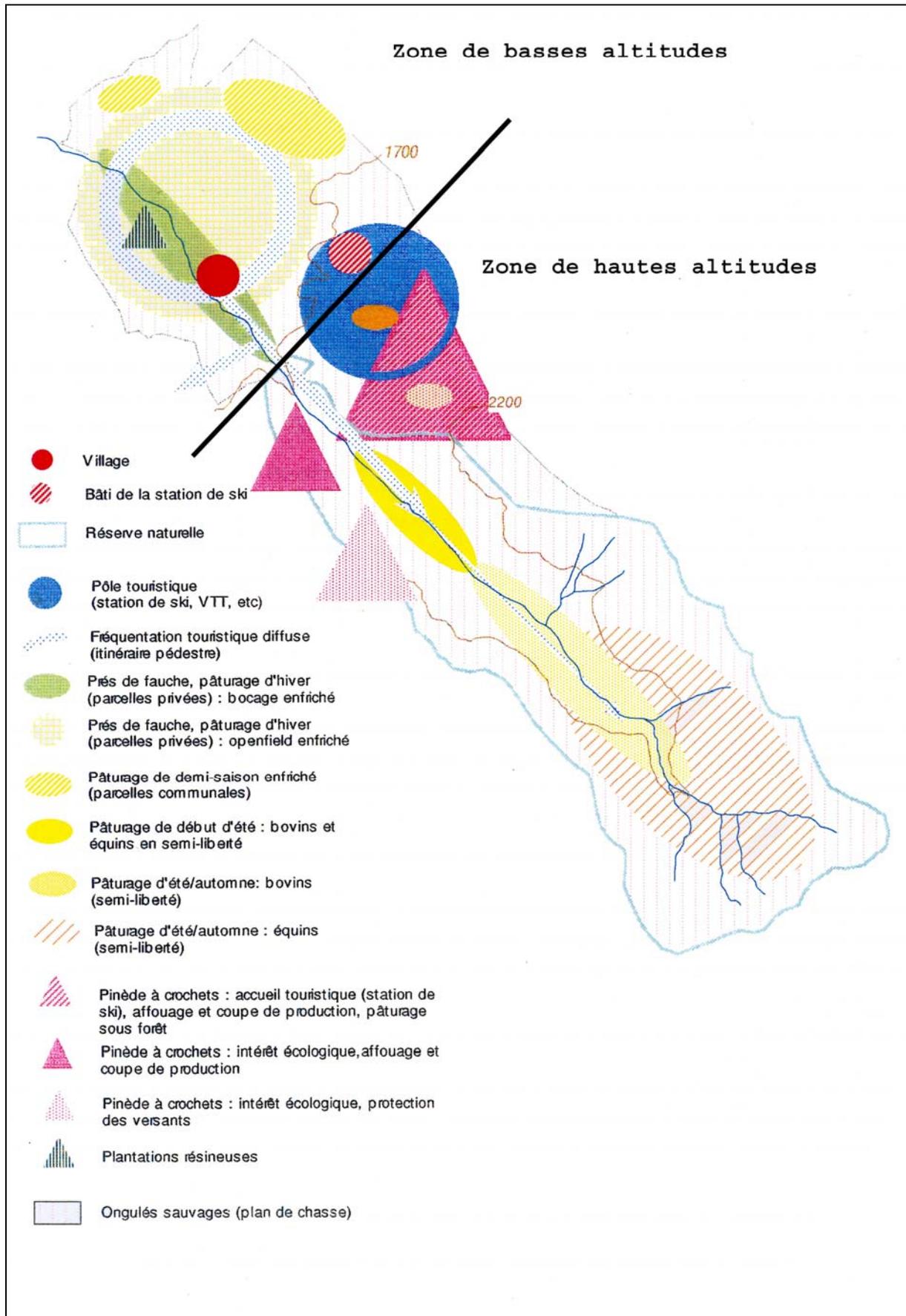


Figure 11. Principales activités présentes actuellement sur la commune d'Eyne.

3.2. Situation actuelle

3.2.1 Culture et élevage

Le territoire agricole peut être différencié en deux entités qui se distinguent tant par leurs caractères écologiques que par leurs fonctions agronomiques.

Le premier groupe reprend les terres cultivées et les prairies de fauche. Ces terres sont celles susceptibles de subir une intensification. Ce sont des surfaces planes, situées près du village.

Le second groupe comprend les terres escarpées aux potentialités agricoles très faibles. Il représente le domaine pastoral. (Chambre d'agriculture du Roussillon, 1994).

A Eyne, le pastoralisme ne concerne plus que le fond de la vallée et quelques terrains communaux situés en aval du village. Ceux-ci sont d'anciennes parcelles cultivées qui sont plus ou moins recolonisées par la callune, le genévrier et le pin à crochets.

Un groupement pastoral de 7 éleveurs, tous habitant de la commune, a été créé. Le cheptel transhumant est constitué principalement de gros bétail (bovins et équins) axé sur la production de viande (tab. 1).

Tableau 1. Etat du cheptel de la commune d'Eyne en 1996

Equins		Bovins		
Juments	Poulains	Génisses	Vaches al.	Veaux
80	40 environ	22	78	63 environ

Vaches al.: vaches allaitantes.

Les animaux sont laissés en semi-liberté durant la durée de l'estivage. Des clôtures ont été installées afin de délimiter les différentes zones de pâturage.

De profondes modifications ont eu et ont encore lieu en réponse à l'adaptation à l'économie de marché:

- spécialisation des estives et remplacement des ovins par des bovins et des équins;
- abandon de la garde des troupeaux remplacée par des clôtures;
- modification dans l'espace de la pression animale. Les troupeaux livrés à eux même recherchent une herbe tendre et favorisent ainsi un surpâturage dans certaines zones et un sous-pâturage voir l'abandon d'autres zones (Duru, 1979).

3.2.2 Exploitation forestière

La forêt communale d'Eyne fait partie de la réserve naturelle et couvre une superficie de 2036 ha. L'exploitation forestière y est régie par l'Office National des Forêts. La gestion de la forêt s'appuie sur un plan d'aménagement prenant en compte les peuplements de la réserve dans une série d'intérêts écologiques. Celui-ci a été renouvelé en 1997 et est applicable jusqu'en 2011.

La forêt se répartit sur les deux versants de la vallée. Au sud-ouest du village, on distingue le Bosc Del Quer et au sud-est, le Bosc d'Eyna et les Roques Blanques.

Quatre essences sont présentes dans la forêt et se répartissent en futaies régulières d'âges variables (tab. 2) (Office National des Forêts, 1996).

Tableau 2. Répartition des essences forestières au sein de la commune d'Eyne

Essences	% de surface boisée	Surface (ha)
Pin à crochet	97,4	213,9
Mélèze d'Europe	1,2	2,7
Epicéa commun	1,0	2,2
Pin sylvestre et Sapin pectiné	0,4	1,0
TOTAL	100	219,9

3.2.3. Chasse

La régulation du gibier est nécessaire sur la réserve. En effet le classement en réserve naturelle favorise la prolifération de différentes espèces telles que le mouflon dont les effectifs sont évalués à 100 spécimens, le cerf, le chevreuil, et l'isard qui compte environ 400 spécimens dans la vallée (A. Bousquet, com. pers.). Un plan de chasse est établi chaque année. Il se base sur un comptage périodique des espèces chassées (Office National des Forêts, 1996).

3.2.4. Tourisme

Les activités touristiques sur la commune d'Eyne sont principalement de deux types suivant les saisons.

L'été, la vallée d'Eyne voit arriver de nombreux vacanciers principalement intéressés par la beauté des paysages. La randonnée pédestre constitue alors la principale activité sur la commune. Des comptages ont pu être réalisés grâce à la mise en place de compteurs de fréquentation en différents endroits de la vallée.

On a ainsi estimé le nombre de visiteurs à 25000 lors de la période estivale (Plan de Gestion de la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne 2001-2005).

Les gestionnaires limitent l'impact de cette pression touristique par la création d'un seul chemin d'accès au fond du vallon. De ce fait, les touristes ne s'aventurent pas hors de ce sentier facilement praticable et n'occasionnent que très peu de dégâts sur les versants.

L'hiver, la pratique du ski devient l'activité majeure. La station de sport d'hiver Eyne 2600 attire environ 45000 skieurs par an. Cette activité entraîne d'importantes retombées économiques pour la commune. Les touristes ne s'aventurent cependant pas dans la vallée en hiver car les risques d'avalanches sont élevés.

4. LES BOURDONS

4.1. Pourquoi étudier les bourdons ?

Les bourdons (*Bombus* Latreille) constituent l'un des groupes de pollinisateurs le plus important dans les écosystèmes continentaux froids (Rasmont, 1988) et donc des écosystèmes montagnards.

Ils représentent un intérêt économique certain. Les bourdons sont utilisés pour effectuer la pollinisation dirigée en serre.

L'endothermie confère aux bourdons un autre point d'intérêt. Les bourdons travaillent plus que les abeilles. Cette réalité bien connue s'explique par le fait que les bourdons sont capables de réguler plus finement leur température interne. Dès lors, il devient facile de butiner même aux températures les plus basses et d'occuper ainsi une place particulière aux sein des insectes pollinisateurs.

4.2. Systématique

Les bourdons font partie de l'ordre des Hyménoptères, du sous-ordre des Apocrites, de la super-famille des Apoïdés, famille des Apidés. La famille des Apidés comprend trois sous-familles: les Apinae avec un seul genre *Apis* L. dont l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.), les Meliponinae comprenant des espèces tropicales et les Bombinae qui comprennent les bourdons (Bombini).

La classification utilisée dans le présent travail est celle reprise dans West-Palaeartic Bumblebees (Rasmont *et al* , en préparation).

4.3. Difficultés systématiques du groupe

L'identification des spécimens est rendue ardue par l'interaction de trois éléments.

Tout d'abord, le genre *Bombus* présente une grande uniformité des caractères morphologiques (Delmas, 1976). Les différences entre espèces étant très minimes, l'identification dépend de l'appréciation du déterminateur quant à l'évaluation des mensurations relatives. L'utilisation d'un matériel de comparaison ainsi que de clés précises est requise.

De plus, deux phénomènes particuliers ont pu être mis en évidence. Il s'agit de la convergence chromatique régionale entre espèces différentes et de l'hétérochromie régionale au sein d'une même espèce (Delmas, 1976).

La convergence chromatique consiste en une coloration donnée reproduite simultanément par plusieurs espèces en un lieu donné. Dans les Pyrénées, beaucoup d'espèces réalisent une homochromie presque parfaite. La robe pyrénéenne se rencontre chez 12 espèces (fig. 12).

L'hétérochromie régionale, quant à elle, consiste à retrouver dans un même lieu et pour une espèce donnée deux ou plusieurs systèmes de coloration parfois très dissemblables (ex: *B. ruderarius montanus* et *B. ruderarius ruderarius*).

De plus, ces deux phénomènes sont susceptibles de se superposer.

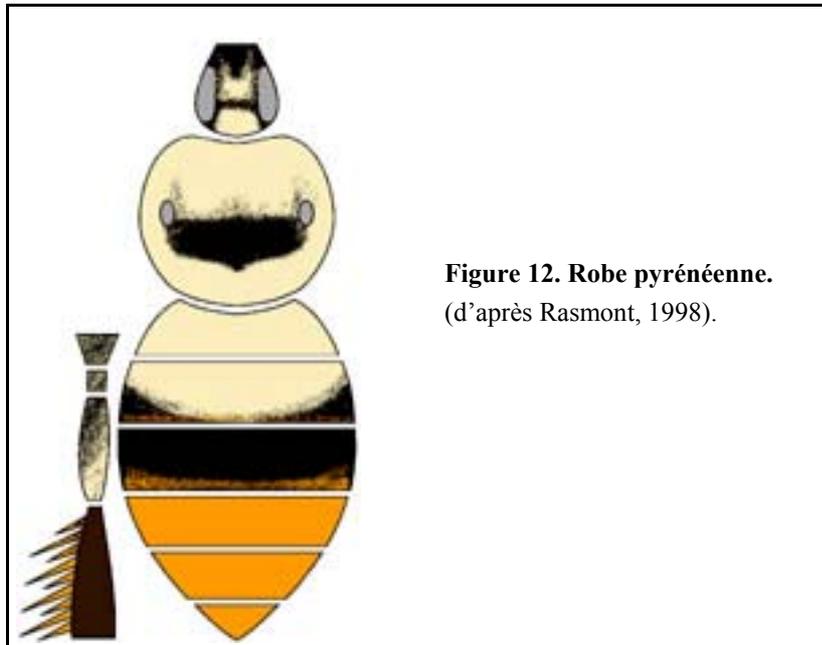


Figure 12. Robe pyrénéenne.
(d'après Rasmont, 1998).

4.4. Biologie

4.4.1. Cycle de vie

Les bourdons, à l'instar des abeilles, guêpes ou fourmis sont des insectes sociaux. Mais à l'opposé des abeilles dont les sociétés comptent des dizaines de milliers d'individus, les sociétés de bourdons n'en comptent guère plus d'une centaine. Tout l'intérêt réside dans cette faible concentration d'individus. En effet les spécialistes considèrent que plus la société est petite, plus les capacités cognitives des membres sont élevées (Alford, 1975, Heinrich, 1979, Rasmont *et al.* (en préparation)).

Les bourdons au cours de leur développement passent par quatre stades: œuf, larve, nymphe et adulte. Ce sont donc des insectes à métamorphoses complètes. Au cours des trois premiers stades, les bourdons forment le couvain.

Les adultes se répartissent en trois castes: ouvrières, reines et mâles. La reine fonde la société et est la mère de tous les individus la composant. Il ne peut jamais y en avoir qu'une seule par nid. Le mâle ne possède aucun rôle si ce n'est celui de féconder la reine. Les ouvrières sont responsables de toutes les tâches: récolte de nourriture, construction, soins aux larves et défense du nid (Alford, 1975, Heinrich, 1979, Rasmont *et al.* en préparation).

Les bourdons mâles réalisent une parade nuptiale. Celle-ci leur permet grâce à des marques de phéromones de prendre la femelle au piège et de tenter un accouplement. Lors de celui-ci, la reine emmagasine tous les spermatozoïdes dont elle a besoin au cours de sa vie pour féconder ses œufs. Ensuite, elle creuse une logette dans le sol: l'hibernaculum.

Après la période d'hibernation, la reine fonde une nouvelle colonie. Pour cela, elle recherche presque toujours une cavité préexistante. Une fois installée, deux structures sont construites: un pot à miel et un premier pain.

Le pot à miel est une réserve énergétique. Le premier pain comprend l'enveloppe contenant les œufs ainsi que la nourriture. De ce premier pain sortent les premières ouvrières. Dès ce moment, la reine se consacre exclusivement à la ponte et les ouvrières prennent le relais pour l'alimentation.

Après un certain temps, la reine pond des œufs haploïdes, non fécondés, qui donnent naissance aux mâles. Peu de temps après l'émergence de ceux-ci, sortent les jeunes reines. Les mâles vont alors les féconder. Vers la fin de l'été, ou le début de l'automne, la reine, les ouvrières et les mâles meurent. Seules les jeunes reines hibernent et le cycle peut ainsi recommencer l'année suivante (fig. 13).

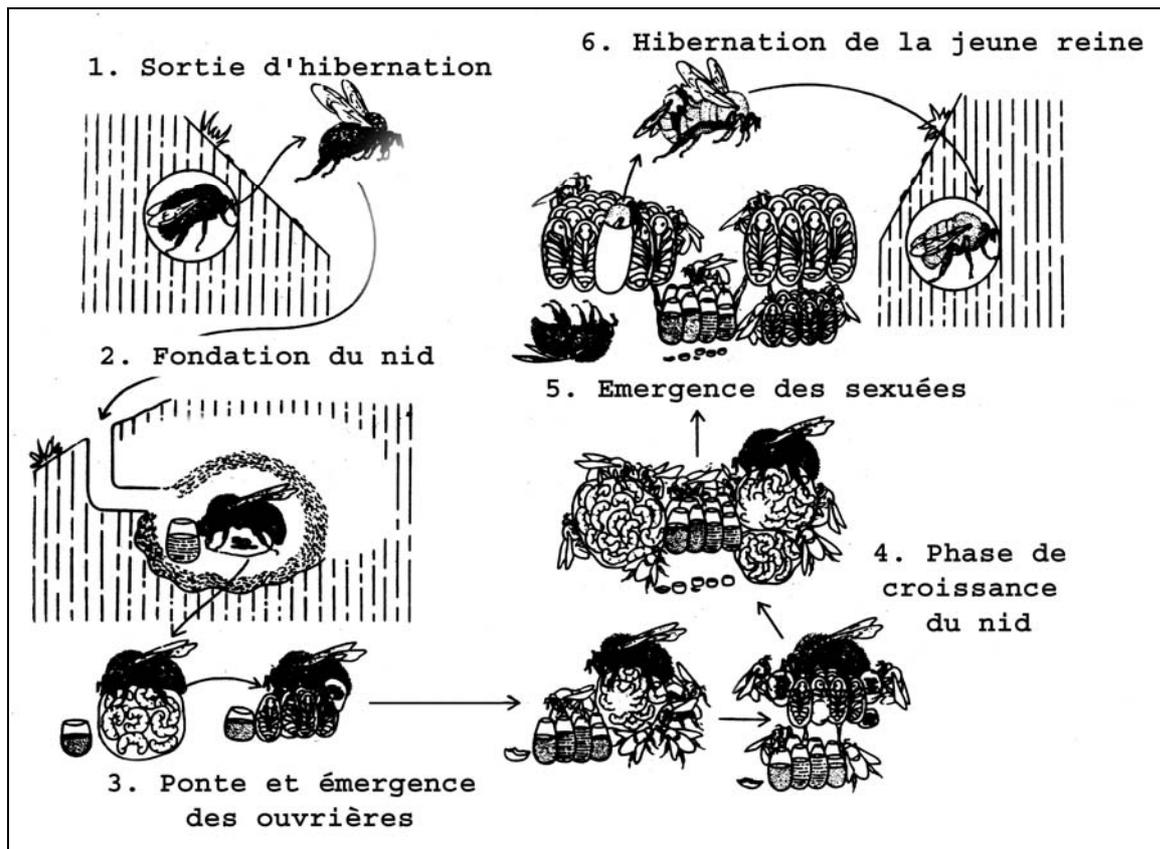


Figure 13. Cycle de vie d'une colonie de bourdons. (d'après Heinrich, 1979).

4.4.2. Choix floraux

Les bourdons utilisent exclusivement le pollen et le nectar comme source de nourriture. La relation entre les plantes butinées et les bourdons peut être qualifiée de symbiotique. En effet, au cours de l'évolution, les différentes familles d'angiospermes se sont adaptées à des pollinisateurs plus ou moins spécialisés.

La gamme de plantes butinées varie selon l'espèce de pollinisateur. Les insectes qui butinent un grand nombre d'espèces florales (Löken, 1973; Rasmont, 1988) sont qualifiés de polylectiques. Ce sont des espèces ubiquistes (par exemple *Bombus terrestris* et *Bombus pascuorum*) qui butinent toutes les plantes qui leur sont accessibles. D'après Rasmont (1988), le polylectisme est un facteur important de prospérité d'une espèce de bourdons.

Une espèce oligolectique butine un faible nombre d'espèces de plantes (Löken, 1973; Rasmont, 1988). Les espèces mésolectiques se situent entre ces deux cas de figure (Rasmont, 1988). Elles butinent un grand nombre d'espèces florales qu'elles ont néanmoins choisi.

Enfin, les espèces dites monolectiques se nourrissent exclusivement d'une, ou de quelques espèces de plantes apparentées, même si d'autres plantes leurs sont accessibles Rasmont (1988). Chez les bourdons, les cas les plus extrêmes sont ceux de *Bombus brodmanicus delmasi* (Tkalcu) sur *Cerithe* spp. et de *Bombus gerstaeckeri* qui butine *Aconitum* sp. (Pittioni, 1937; Delmas, 1976; Rasmont, 1988; Rousseau, 1994 et Rasmont *et al.*, en préparation)

Etre monolectique présente un risque. En effet, les plantes et leurs pollinisateurs spécialisés entretiennent des relations étroites. La survie des différents protagonistes dépend de l'efficacité de ces relations, le déclin des populations d'un des partenaires implique celui de l'autre. Il est donc logique que la plupart des espèces aient un régime de type polylectique ou mésolectique moins risqué.

4.5. Distribution biogéographique

Les bourdons présentent une aire de dispersion géographique très vaste. On les retrouve depuis les limites du Sahara, jusque bien au-delà du Cercle Arctique.

Cependant, toutes les espèces ne sont pas présentes partout. Chaque espèce, selon ses exigences écologiques (espèces de forêts, de lisières ou de terrains ouverts), les contraintes du milieu (relations de compétition) et l'histoire postglaciaire du peuplement (séparation des massifs montagneux, réchauffement), présente sa propre aire de distribution.

Une première répartition des bourdons peut être établie selon un critère de distribution géographique (De Lattin, 1967).

Une seconde façon d'établir une répartition des espèces de bourdons est de se baser sur la classification écologique des espèces. Les bourbons ont ainsi été classifiés selon leur gamme d'altitude (De Beaumont, 1958 ; Reinig, 1970; Rasmont, 1988; Amiet, 1996). Une autre approche a été d'établir une classification basée sur un habitat. Quatre auteurs (Pittioni & Schmidt, 1942; Moczar, 1953; Dylewska, 1957) distinguent les milieux suivants:

- les zones humides de haute montagne;
- les zones sèches de haute montagne;
- la forêt;
- les bois et les lisières;
- les pelouses et les zones plus ou moins boisées.

En 1970, en Allemagne, Reinig réalise son étude en se basant sur la fidélité des bourdons pour un milieu donné. Il introduit le concept de **synotopie**, c'est-à-dire le regroupement des espèces en fonction de la fréquence à laquelle on les retrouve ensemble dans les différents milieux.

Rasmont (1998) a travaillé dans la région du Languedoc-Roussillon, selon des méthodes proches, et abouti à une classification similaire à celle de Reinig. Il dégage la présence de classes et de sous-classes écologiques (tab. 3.).

Tableau 3. Classification écologique des bourdons selon Rasmont (1988)

Espèces	Groupe forestier	Groupe de lisières forestières	Groupe de lisières ouvertes	Groupe de milieux ouverts	Groupe subalpin
<i>B. hypnorum</i>	+				
<i>B. pratorum</i>	+				
<i>B. lucorum</i>	+				
<i>B. soroensis</i>	+				
<i>B. wurflenii</i>	+				
<i>B. pascuorum</i>		+			
<i>B. magnus</i>		+			
<i>B. ruderarius</i>		+			
<i>B. hortorum</i>		+			
<i>B. humilis</i>			+		
<i>B. terrestris</i>			+		
<i>B. lapidarius</i>			+		
<i>B. sylvarum</i>			+		
<i>B. confusus</i>			+	+	
<i>B. muscorum</i>				+	
<i>B. subterraneus</i>				+	
<i>B. ruderatus</i>				+	
<i>B. cullumanus</i>					
<i>B. mendax</i>					+
<i>B. pyrenaeus</i>					+
<i>B. monticola</i>					+
<i>B. scheli</i>					+
<i>B. mesomelas</i>					+
<i>B. mucidus</i>					+
<i>B. gerstaeckeri</i>					+

5. OBJECTIFS

Il s'agit de réaliser une étude biotopographique. Celle-ci permet d'évaluer l'impact des modifications humaines de l'occupation des sols sur les populations de bourdons. Pour réaliser cette première estimation, on a recouru aux Systèmes d'Informations Géographiques.

Une première partie est consacrée à l'évaluation des modifications de l'occupation des sols entre les années 1953 et 2000. La carte de 2000 sert de base à la seconde partie du travail.

La superposition des données écologiques disponibles aux formations végétales identifiées est effectuée et permet une mise en évidence des interactions éventuelles entre la répartition des bourdons et les différents milieux.

6 MATERIEL ET METHODE

6.1. Origine des données

6.1.1. Récolteurs

De nombreux observateurs ont contribué à l'étude des bourdons de la commune d'Eyne (tab. 4).

Tableau 4. Liste des principaux contributeurs à la banque de données d'Eyne

Observateurs	Dates des observations	Nombre d'observations	Précision spatiale des données
S. Iserbyt	1999-2002	1318	30m (1999-00), 10m (2000-02)
M. Vandenberg	1999-2002	1216	30m (1999-00), 10m (2000-02)
E.-A. Durieux	1999-2002	1085	30m (1999-00), 10m (2000-02)
R. Delmas	1960-1975	956	10 km
P. Rasmont	1978-2002	649	1 km (1978-1991), 100m (1991-98), 30m (1999-00), 10m (2000-02)
S. Viart	2002	452	10m
M. Terzo	1999-2002	450	30m (1999-00), 10m (2000-02)
Autres		179	
TOTAL		6305	

6.1.2. Données écologiques

Les 6305 bourdons se répartissent dans 435 stations couvrant l'ensemble du territoire de la commune d'Eyne (fig. 14).

Le présent travail ne concerne que la zone de basses altitudes entourant le village (fig. 15).

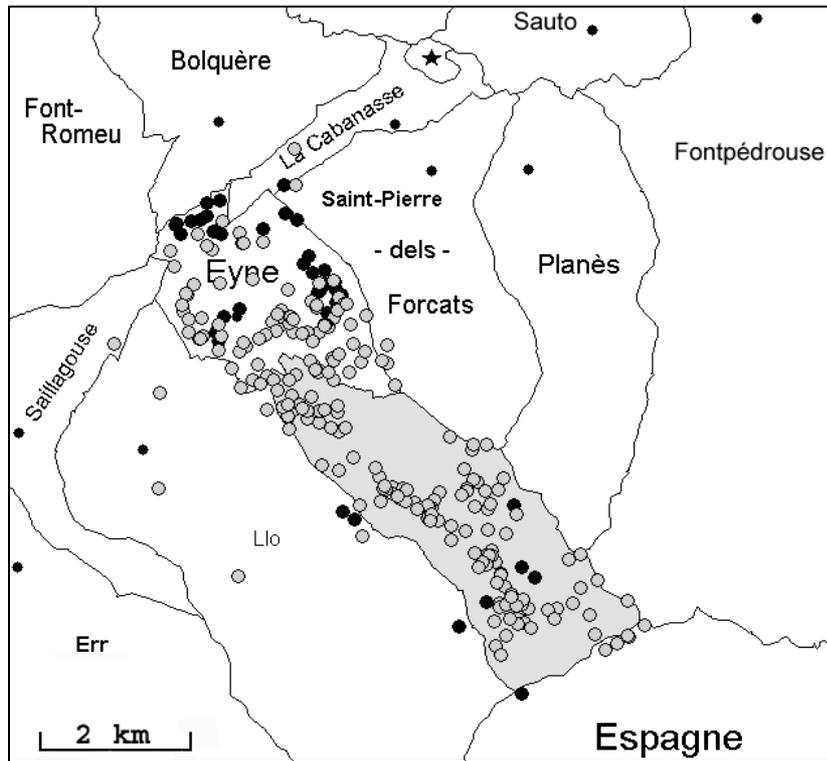


Figure 14. Localisation des stations d'observations de bourdons sur la commune d'Eyne. La zone en grisé figure les limites de la Réserve Naturelle de la vallée d'Eyne. La partie blanche est la zone d'habitation dont l'altitude est inférieure à 1800m. Les points en gris sont les stations antérieures à 2002 et les points en noir celles de l'été 2002.

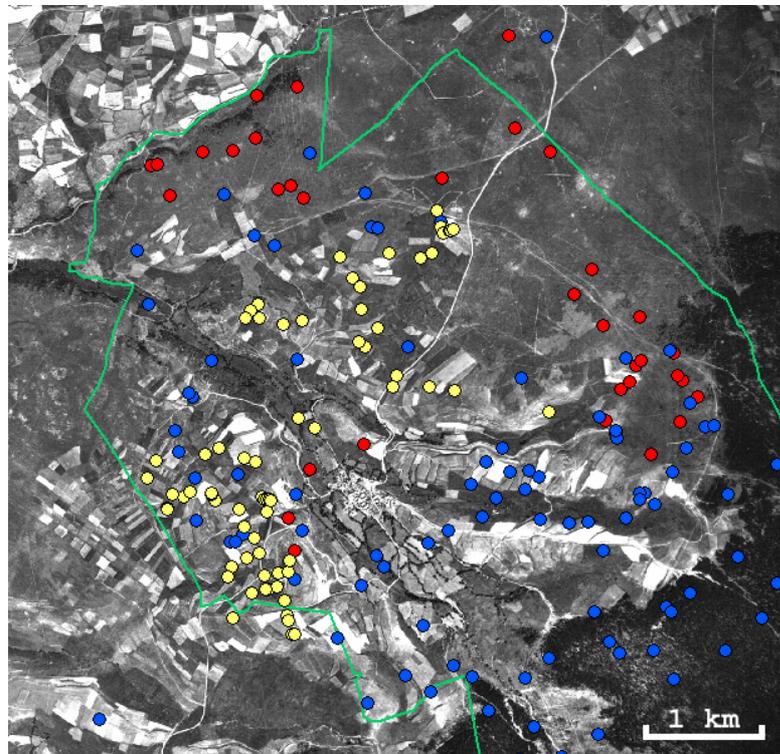


Figure 15. Localisation des stations d'observations de bourdons et des emblavures dans la zone de travail. La photographie aérienne utilisée comme fond de carte est de 1953. Au centre, le village d'Eyne est visible. Les points bleus figurent les stations d'observations antérieures à 2002, les points rouges, les stations de 2002. Les points jaunes représentent les emblavures identifiées au cours de l'été 2002.

En fonction de la zone de travail établie, une sélection des données écologiques a été effectuée:

- seules les stations d'observations de bourdons de la zone de travail ont été conservées soit 186 stations.
- parmi les stations retenues, seules les récoltes effectuées après 1994 ont été conservées. En effet, les données antérieures ne sont pas cohérentes avec l'occupation des sols établie pour l'année 2000 et leur précision topographique est insuffisante.

Le nombre total de bourdons retenus pour les analyses s'élève à 2531 soit environ 40% des spécimens.

6.1.3. Relevés phytosociologiques

A l'heure actuelle, la plupart des entomologistes, lorsqu'ils réalisent un travail de terrain, réunissent leurs notes dans un « carnet de récoltes ». Les informations relevées avec précisions, sont indispensables pour les écoéthologistes.

Les 150 relevés phytosociologiques effectués sur la commune d'Eyne du 1^{er} juillet 2002 au 30 juillet 2002 ont été réalisés de façon à permettre ultérieurement une gestion des données aussi proche que possible des observations.

La figure 16 est un exemple type d'une page de « carnet de récoltes ». L'information y est hiérarchisée en trois groupes logiques:

- les informations relatives à la station (coordonnées, altitude, description de la station)
- les informations relatives aux conditions (date, température, plantes butinées, ensoleillement,...)
- les informations relatives aux spécimens observés (sexe, nombre, détermination)

03*SV136 France, Pyrénées-Orientales Roques-Blanques, ED50 42°28'39,3''N 02°05'53,5''E, 1730m, 10.VII.2002.] Station
Terrain en friche à proximité d'une habitation riche en <i>Achillea millefolium</i> , <i>Chamaespartium sagitale</i> , <i>Epilobium angustifolium</i> , <i>trifolium repens</i> et <i>Echium vulgare</i> .	
Insectes récoltés:] Conditions
S/ <i>Epilobium angustifolium</i> :	
- <i>Bombus soroensis</i> 2F] Spécimens
- <i>Bombus lucorum</i> 1M	
S/ <i>Trifolium repens</i> :] Conditions
- <i>Bombus humilis</i> 1F	
- <i>Bombus pascuorum</i> 2W] Spécimens

Figure 16. Exemple d'une page de carnet de récolte avec décomposition hiérarchique de l'information. (Barbier *et al.*, 2002).

L'identification des plantes résulte principalement d'un apprentissage de terrain (reconnaissance visuelle). L'utilisation en parallèle de flores; la Grande Flore Illustrée des Pyrénées (Saule, 2002), Le Guide des Fleurs de Montagne (Grey-Wilson & Blamey, 1995), la Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes (Coste, 1927) a permis leurs vérifications.

6.1.4 Localisation des activités agricoles

Les différentes surfaces communales encore cultivées aujourd'hui ont été identifiées et localisées à l'aide des GPS Garmin 12map et Garmin Emap. La méthode consiste à se placer autant que possible au centre de la parcelle. Cette localisation permet de situer la parcelle sur les photographies aériennes et ainsi disposer d'une identification exacte de la formation végétale.

6.2. Précision des données

Avant 1991, les naturalistes utilisaient principalement le système UTM pour la localisation des données écologiques. Mis au point par les alliés lors de la deuxième guerre mondiale, ce type de quadrillage permet une standardisation des coordonnées géographiques.

En 1991 avec l'apparition du GPS (Global Positioning System) de nombreuses avancées technologiques ont été réalisées. La précision des coordonnées géographiques générale est ainsi passée de 1 km à 100 (SONY PYXIS à 4 canaux).

En 1998, la précision augmente encore et passe à 30m, grâce aux instruments à 8 ou 12 canaux (GARMIN GPS II et III). La dernière avancée civile date de 2001 avec une précision de 2 à 10m grâce au retrait du brouillage volontaire du signal par les Etats Unis.

6.3. Identification des spécimens

Les bourdons récoltés entre le 1^{er} juillet et le 30 juillet 2002 sont identifiés avec la clé de détermination de Rasmont *et al.* (en préparation). Les collections de référence du laboratoire permettent de réaliser les comparaisons nécessaires à une bonne détermination.

L'identification est effectuée par S. Viart. La vérification est réalisée par P. Rasmont

6.4. Gestion des données

Les données sont gérées à l'aide du logiciel Data Fauna Flora (DFF *version 2.0*). (Barbier *et al.*, 2002).

A partir des données du carnet de récolte (fig. 16), on réalise l'encodage dans la banque de données. Celle-ci s'articule autour de trois tables principales: les stations, les conditions et les spécimens (fig. 17). Les spécimens sont observés sur les conditions (plantes) qui elles-mêmes sont inféodées aux stations.

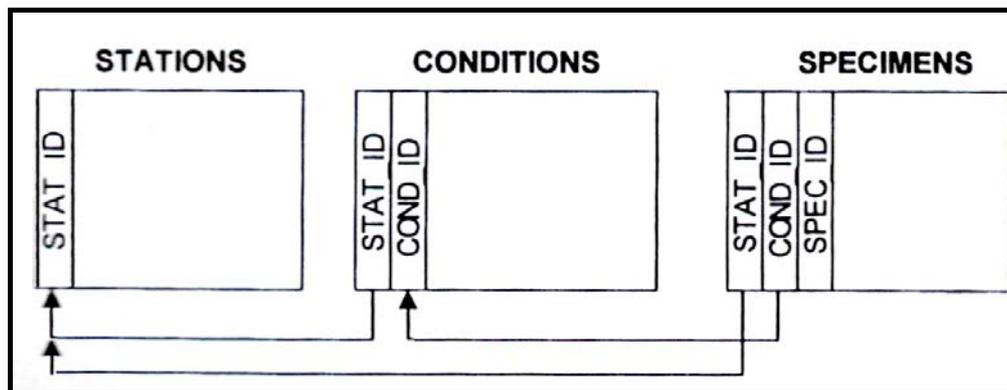


Figure 17. Schéma de la structure d'une base de données DFF. (Barbier *et al.*, 2002).

L'encodage est facilité par l'emploi de nombreux dictionnaires tel que le dictionnaire taxonomique, le dictionnaire des localités,...(fig. 18).

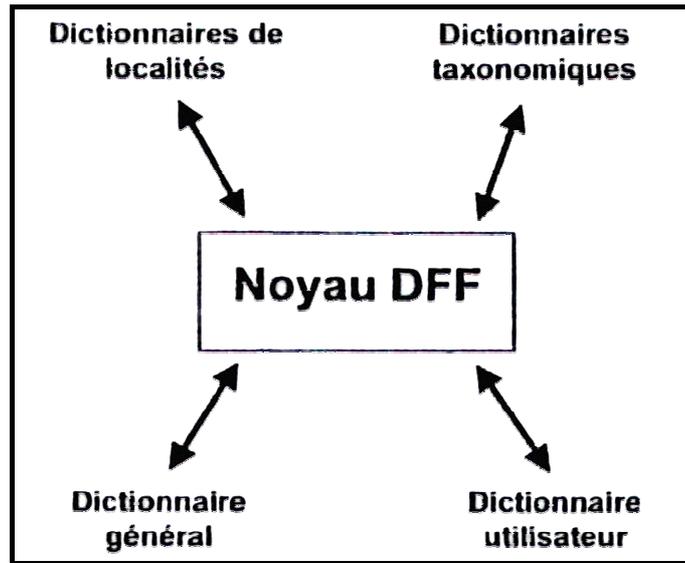


Figure 18. Schéma de connexion entre une base de données DFF et les dictionnaires. (Barbier *et al.*, 2002).

DFF permet de:

- Définir des champs personnels pour encoder ses propres variables tel que la température, l'humidité relative,...
- Convertir automatiquement des coordonnées géographiques dans le respect des conventions internationales. Par exemple, des degrés-minutes-secondes (European data) en Lambert III sud (NTF);
- Importer des données GPS;
- Formuler des requêtes en langage SQL;
- Réaliser des interfaces avec d'autres Systèmes d'Informations Géographiques tel que MapInfo ou ARCVIEW,...

Les photographies aériennes des missions ont été scannée en haute résolution via un scanner Mustek-MFS-12000 SP et traitée à l'aide du logiciel Photoshop 6.0.(1989-2001).

La cartographie a été réalisée à l'aide des logiciels MapInfo Professional version 5.5 (1999) et ARCVIEW 3.1.(Esri, 1996).

Ces logiciels ont permis le géoréférencage et la numérisation de 2 photographies aériennes, l'élaboration de cartes de répartition des formations végétales ainsi que des taxons fauniques.

6.5. Photographies aériennes

Au cours de la période allant de 1942 à 2000, l'Institut Géographique National français a réalisé une série de missions aériennes en noir et blanc ou infrarouge fausses couleurs en vue de couvrir la commune d'Eyne (annexe 2).

Les documents concernant les périodes de 1942 à 1989 sont fournis au tirage photographique sur papier par la commune d'Eyne. La mission réalisée en 2000 est fournie au format informatique.

Parmi ces différentes missions, notre choix c'est porté, pour la réalisation ce travail, sur la plus ancienne et sur la plus récente photographie aérienne de façon à bénéficier d'une amplitude de variation d'occupation des sols maximale. Il s'agit des missions de 1953 et 2000.

Cependant, la photographie aérienne la plus ancienne n'est pas celle de 1953 mais bien celle de 1942. Nous avons choisi délibérément d'ignorer la mission de 1942 en raison des perturbations de l'occupation des sols dues à la guerre et aussi du fait de sa qualité médiocre.

6.6. Méthode de photo-interprétation

Les choix qui ont conduit à l'obtention aux cartes d'occupation des sols de 1953 et 2000 sont principalement dictés par ma capacité d'une identification réaliste des différentes formations végétales. Au cours du mois de juillet 2002, j'ai eu l'occasion de parcourir la commune d'Eyne. Cette connaissance du terrain m'a permis d'établir une correspondance entre ce qui figurait sur la photographie aérienne et mes propres observations. Les relevés d'identification des formations végétales effectués sur le terrain, grâce à la GPS, ont aussi été une source primordiale de renseignements. Les observations réalisées pour l'année 1953 se basent uniquement sur la photographie noir et blanc.

Cependant, la difficulté d'identification était telle, que seule une répartition cohérente en 7 milieux simples a pu être effectuée. Les milieux ainsi isolés sont (cf. Planche II) :

- les bois;
- les cultures;
- les zones d'habitation ;
- les haies - talus;
- les pâturages;
- les prés de fauche;
- le pseudoalpin.

Les différentes spéculations (céréales, pommes de terre, navets,...) sont groupées sous le terme culture de façon à en faciliter la représentation et l'interprétation. De même, le terme pâture regroupe sans distinction les pâturages communaux de demi-saison, les pâturages d'été et d'hiver qu'ils soient ouvert ou en cours de recolonisation. Le terme bois englobe aussi bien des formations naturelles que des zones reboisées. De plus il n'y a pas de distinction entre le bois proprement dit et sa lisière. Le terme de pseudoalpin représente un milieu directement issu de l'intervention humaine. En ouvrant la forêt, pour créer les pistes de ski, l'homme permet aux plantes alpines de descendre dans l'étage subalpin alors que le climax forestier les en empêchait auparavant.

Pour obtenir cette répartition, la méthode appliquée est la suivante:

1. définir comme zone cultivée toute parcelle présentant un aspect géométrique;
2. définir comme prés de fauche les autres zones enherbées;
3. distinguer, au sein des prés de fauche, comme zones pâturées celles présentant un aspect « rasé » ou des traces de drailles.

Ces trois étapes ont été effectuées en tenant compte de successions observées sur le terrain tel que:

- la disposition des zones agricoles sur les terres les plus plates entourant le village;
- les prés de fauche sur les terres de moins bonne qualité au relief accidenté ou sur d'anciennes parcelles cultivées;
- les pâtures, en bordure de la commune, adjacentes à la forêt sur des terres plus ou, moins recolonisées.

La pertinence de ces choix est mise en évidence par le test de signification de Kolmogorov-Smirnov.

6.7. Traitement statistique des données

6.7.1. Méthode d'estimation de la diversité spécifique

Pour quantifier la diversité spécifique d'un site et l'originalité de celui-ci, on a recours à des indices mathématiques ou à des représentations graphiques tel que:

1. L'indice de **Shannon-Weaver** estime la diversité spécifique. C'est une mesure de la quantité d'information qui s'exprime en bit.

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

$$P_i = N_i/N$$

N_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus au sein d'un site

2. L'espérance de **Hurlbert** (formule simplifiée par Rasmont *et al.*, 1990) représente le nombre d'espèces espéré dans un tirage aléatoire et ce pour un site d'échantillonnage donné. Il s'exprime en espèces/spécimens.

$$E_s = \sum [1 - ((N - N_i)/N)^s]$$

S = nombre de spécimens (10, 100, 1000, ...) dans un tirage aléatoire

N_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus au sein d'un site

Cette espérance évalue la diversité d'un site mais il ne rend pas compte de la rareté des espèces qui le peuplent. Certains sites présentent une flore et une faune diversifiées tout en étant essentiellement constitués d'espèces banales.

3. L'indice de **rareté cumulée** (Rasmont *et al.*, 1990) mesure la richesse d'un site en espèces rares ou endémiques. La rareté cumulée d'un site est d'autant plus élevée que les espèces collectées sont rares. L'indice de rareté cumulée représente l'originalité d'un site.

$$R_c = \sum_i (1/N_i)$$

N_i = nombre d'individus de l'espèce i au sein d'un territoire de référence, ici la Gaule (France, Belgique, Suisse et Grand Duché du Luxembourg)

6.7.2. Test de Kolmogorov-Smirnov

On a recours à un test de signification de façon à vérifier la pertinence du choix des milieux. Le test de Kolmogorov-Smirnov a été choisi au dépend du test du χ^2 pour une raison de domaine d'application. Le χ^2 ne permet pas l'analyse d'effectifs dont le nombre de spécimens pour une espèce donnée est inférieur à 5, ce qui est notre cas. Le test se réfère à une distribution de type χ^2 .

Cependant le principe est le même. L'hypothèse H_0 selon laquelle l'échantillon est tiré d'une population normale est rejetée si l'écart maximum, D_{max} , entre les données cumulées (fréquence relatives) et la distribution normale cumulée dépasse une valeur critique, définie en fonction du degré de signification choisi (Legendre, 1984).

6.7.3. Méthode d'ordination: Analyse en Composante Principale (ACP)

Les analyses statistiques ont été réalisées au moyen du logiciel NTSys 2.0. L'ACP est une technique statistique permettant de réduire un système complexe de corrélation en un plus petit nombre de dimensions. On crée de ce fait un nouvel espace dit réduit dans lequel l'essentiel de la variabilité est ramenée dans les premiers axes (Thorpe,1990). Ceux-ci sont en fait des combinaisons linéaires des différents facteurs pris en compte dans l'analyse. Les objets s'ordonnent le long de ces axes (Legendre,1984).

Pratiquement, la méthode consiste à standardiser la matrice de données de façon à donner à chaque caractère le même poids (Dagnélie,1975). Si X est le caractère de départ, Xi est sa standardisation tel que:

$$X_i = (X - X_{\text{moy}}) / \delta X$$

δX = écart type

Le calcul des coefficients de corrélation entre les différentes variables (milieux, espèces) permet la détermination des valeurs propres. La valeur propre d'un axe est la somme des carrés des corrélations des variables avec cet axe. Les vecteurs propres sont déterminés à partir des corrélations en divisant chacune par la racine de la valeur propre correspondante. L'axe principal est une combinaison linéaire des différents vecteurs propres.

$$\text{AXE 1} = a \text{ vecteur}_1 + b \text{ vecteur}_2 + c \text{ vecteur}_3$$

.

7. RESULTATS et DISCUSSION

7.1. Richesse de la faune de bourdons d'Eyne

Le tableau 5 présente la liste des différentes espèces observées sur la commune d'Eyne.

Tableau 5. Liste des espèces et du nombre de spécimens observés à Eyne et zones limitrophes

Espèces	Eyne avant 2002	Eyne 2002	Total
<i>B. lucorum</i> (L.)	940	75	1015
<i>B. ruderarius</i> (Müller)	842	120	962
<i>B. soroensis</i> (Fabricius)	527	47	574
<i>B. monticola</i> Smith	473	47	520
<i>B. pyrenaeus</i> Pérez	439	20	459
<i>B. mesomelas</i> Gerstaecker	279	19	298
<i>B. sylvarum</i> (L.)	256	38 (**)	294
<i>B. hortorum</i> (L.)	265	19	284
<i>B. humilis</i> Illiger	231	53	284
<i>B. mendax</i> Gerstaecker	216	1	217
<i>B. subterraneus</i> (L.)	166	14	180
<i>B. terrestris</i> (L.)	131	8	139
<i>B. pascuorum</i> (Scopoli)	104	29	133
<i>B. pratorum</i> (L.)	118	4	122
<i>B. sylvestris</i> (Lepelletier)	114	4	118
<i>B. bohemicus</i> Seidl	101	7	108
<i>B. lapidarius</i> (L.)	79	29	108
<i>B. sicheli</i> Radoskowski	83	11	94
<i>B. wurflenii</i> Radoskowski	86	2	88
<i>B. mucidus</i> Gerstaecker	63	5	68
<i>B. flavidus</i> Eversmann	36	8	44
<i>B. quadricolor</i> (Lepelletier)	40	3	43
<i>B. rupestris</i> (Fabricius)	31	9	40
<i>B. confusus</i> Schenck	23	2	25
<i>B. gerstaeckeri</i> Morawitz	22	/ (*)	22
<i>B. hypnorum</i> (L.)	28	/	28
<i>B. ruderatus</i> (Fabricius)	12	1	13
<i>B. norvegicus</i> (Sparre Schneider)	9	/	9
<i>B. magnus</i> Vogt	6	/	6
<i>B. campestris</i> (Panzer)	5	/	5
<i>B. cullumanus</i> (Kirby)	3	/	3
<i>B. (Allopsithyrus) sp.</i>	1	/	1
<i>B. muscorum</i> (Fabricius)	/	1	1
Nombre d'espèces	32	27	33
Nombre total de spécimens	5729	576	6305

(*) Ces résultats ne prennent pas compte les observations de Ponchau (2000) consacrées exclusivement à cette espèce.

(**) Ces résultats ne prennent pas compte les observations de Delattre (2002) consacrées exclusivement à cette espèce.

L'interprétation de la variation des spécimens au sein d'une même espèce doit être réalisée en tenant compte de facteurs externes tel que: l'effort fourni par les récolteurs, les lieux et les périodes de prospections qui peuvent varier fortement d'une mission à l'autre.

Lors des observations de 2002, une nouvelle espèce a été répertoriée au niveau des prés de fauche, il s'agit de *B. muscorum*. La commune comporte dès lors 33 espèces différentes.

L'analyse plus détaillée de ce tableau permet de constater que certaines espèces sont manquantes lors de la récolte de juillet 2002. C'est le cas de *B. campestris*, *B. cullumanus*, *B. magnus* et *B. hypnorum*. *B. campestris*, *B. cullumanus* et *B. magnus*. Il s'agit d'espèces rares et un effort de recherche particulier doit être fourni pour permettre leurs observations. L'effort de récolte peu important dans les bois explique l'absence de *B. hypnorum* qui est une espèce forestière.

En ce qui concerne *B. gerstaeckeri*, sa présence a été relevée mais les spécimens n'ont pas été comptabilisés parce qu'ils font l'objet d'une évaluation particulière. En effet, cette espèce est si rare que son prélèvement mettrait en péril sa survie (Ponchau, 2002).

7.2 Données cartographiques

7.2.1 Evolution spacio-temporelle brute de l'occupation du sol

Les figures 19, 20, 21, 22 et 23 permettent de mettre en évidence l'évolution des milieux naturels liée aux pratiques agricoles et pastorales. Le phénomène, illustré ici par la succession de photographies aériennes couvrant une période de 58 années, est inhérent à beaucoup de sociétés montagnardes. Il s'agit de la déprise agricole.

Celle-ci est corrélée à l'exode rural que subissent les communes de montagne ainsi qu'à l'intensification de la mécanisation.

Ce processus de retrait des activités agricoles a notamment été mis en évidence par Fabre (1977) dans le canton de Quérigut. Il y a observé une utilisation de plus en plus extensive des surfaces. Les parcelles libérées (près de fauche abandonnés) correspondent aux terrains les plus accidentés et les moins accessibles. Ces parcelles acquièrent alors le même usage que les pâtures communales (surfaces pastorales) où, évoluent en friches. Les surfaces cultivées sont converties en près de fauche.

Les photographies aériennes prises à Eyne pendant les mois de juin, juillet et août 1942, 1953, 1966, 1988 et 2000 confirment ces observations.

Les figures 19 (1942) et 20 (1953) montrent clairement un paysage « humanisé » avec une colonisation importante de l'espace et un découpage parcellaire extrême. La pression anthropique semble même s'être accrue en 1953 avec la reprise de l'après guerre. De nombreuses traces de drailles sont visibles au nord et à l'est de la commune (flèches vertes). Les parcelles cultivées s'étendent au sud-est jusqu'à la limite de la forêt communale et de l'entrée du vallon (flèches rouges).

Au sud-ouest du village, le lieu dit du Pla del Bac est une zone relativement peu accidentée et de nombreuses parcelles de tailles moyennes y sont visibles (zone bleue). Les zones boisées sont faibles hormis quelques haies et bocages aux abords du village (flèches jaunes).

La figure 21 (1966) montre une évolution certaine. Le maillage agricole s'est fortement réduit surtout au niveau du Pla del Bac mais aussi à l'est du village (flèches bleues). De plus, les abords immédiats de la forêt communale ne sont plus cultivés mais destinés au pâturage (zone mauve).

L'entrée du vallon qui, en 1953, était clairement dégagée est maintenant recolonisée par des essences ligneuses. Au nord-ouest du village, le boisement jouxtant la rivière est plus important (zone verte).

Sur la photographie de 1988 (fig. 22), la station de ski Eyne 2600, créée en 1973, est bien visible. Ses 9 pistes de ski entaillent la forêt. Au niveau du village, le nombre de parcelles cultivées s'est encore réduit et la recolonisation est manifeste aussi bien au niveau du Pla del Bac que de la forêt communale.

Enfin, la photographie aérienne couleur réalisée en 2000 (fig. 23) permet non seulement de se représenter aisément le paysage de la commune d'Eyne ainsi que ses différents lieux-dits mais aussi de visualiser les nombreuses taches boisées qui parsèment actuellement le territoire communal.

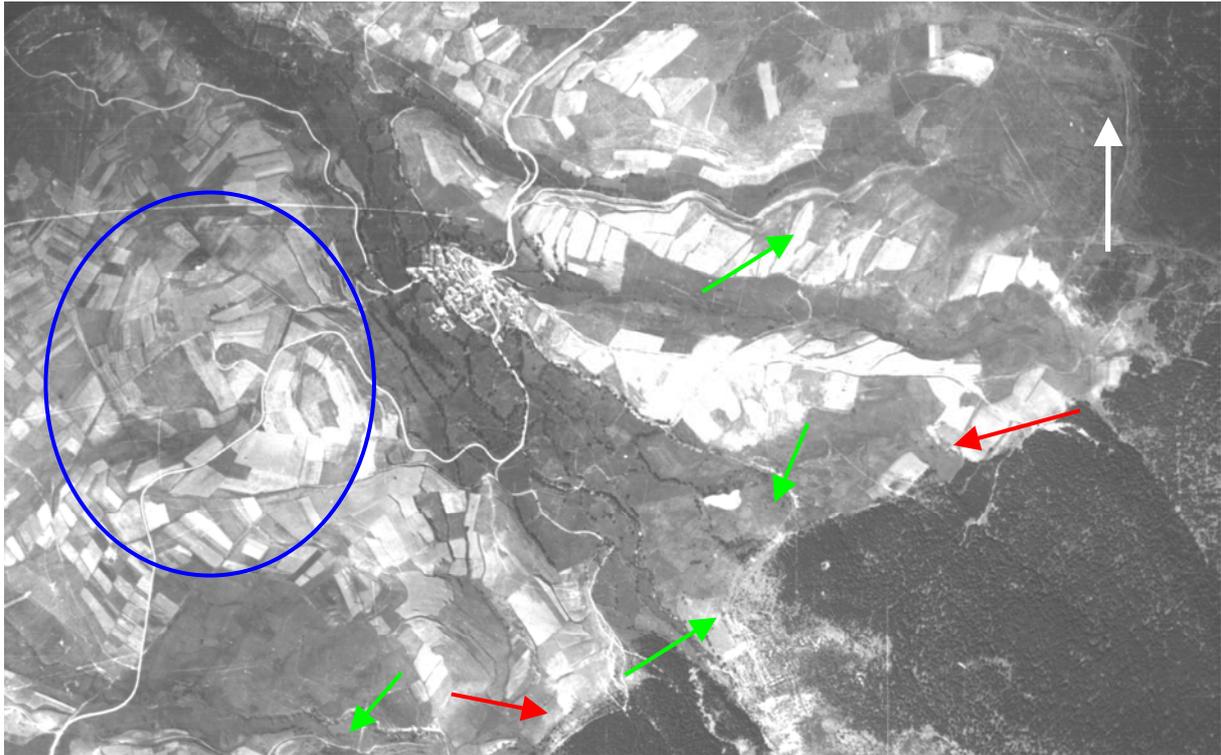


Figure 19. Photographie aérienne de la commune d'Eyne en 1942. La flèche blanche symbolise le nord. La zone bleue représente les surfaces de cultures planes. Les flèches vertes représentent quelques drailles. Les flèches rouges représentent les cultures limitrophes de la forêt.(1/167000).

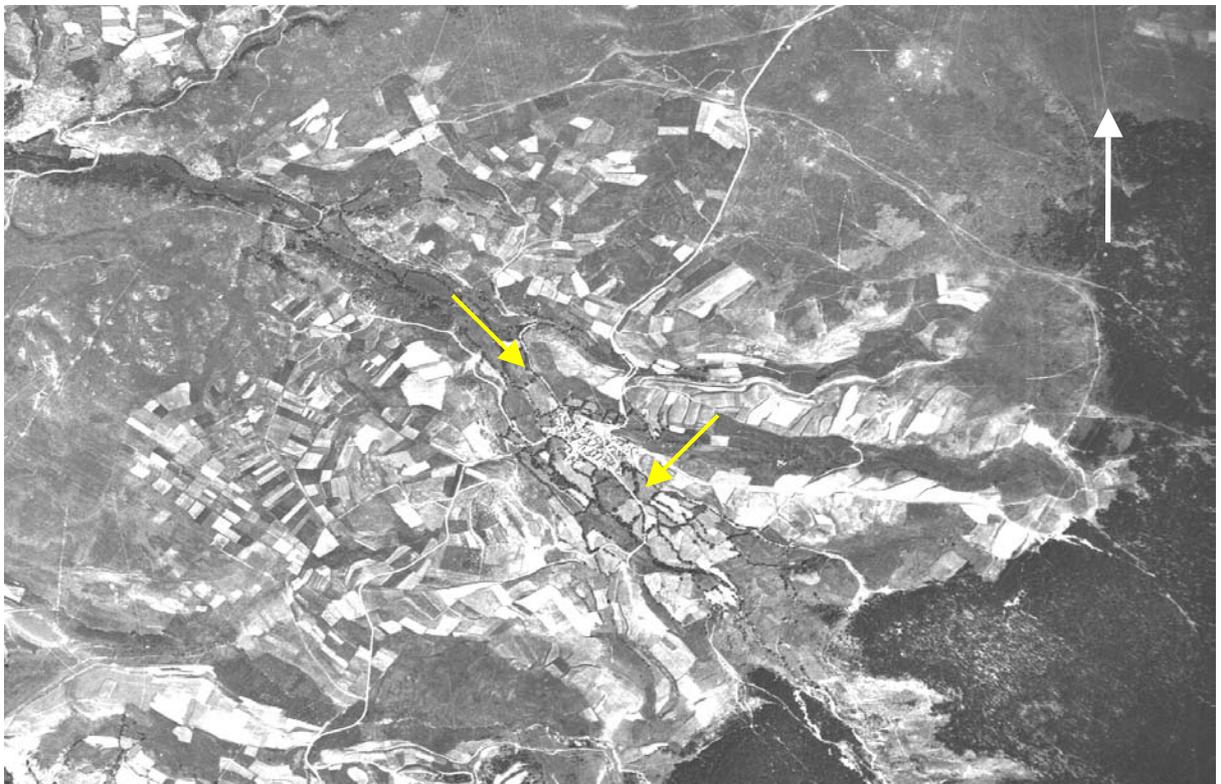


Figure 20. Photographie aérienne de la commune d'Eyne en 1953. La flèche blanche symbolise le nord. Les flèches jaunes représentent les haies aux abords du village.(1/250000).

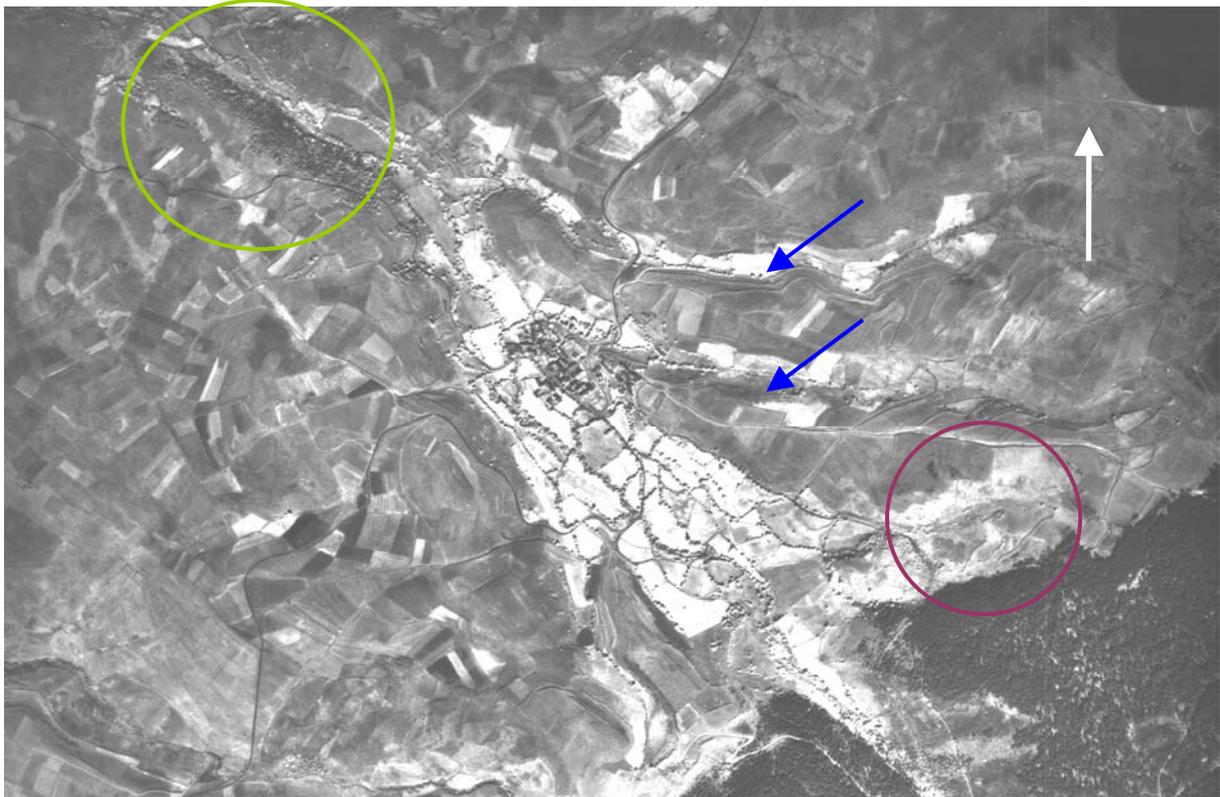


Figure 21. Photographie aérienne de la commune d'Eyne en 1966. La flèche blanche symbolise le nord. Les flèches bleues mettent en évidence la réduction des parcelles cultivées. La zone verte met en évidence le recru forestier. La zone mauve souligne la diminution des parcelles cultivées aux abords de la forêt. (1/147000)

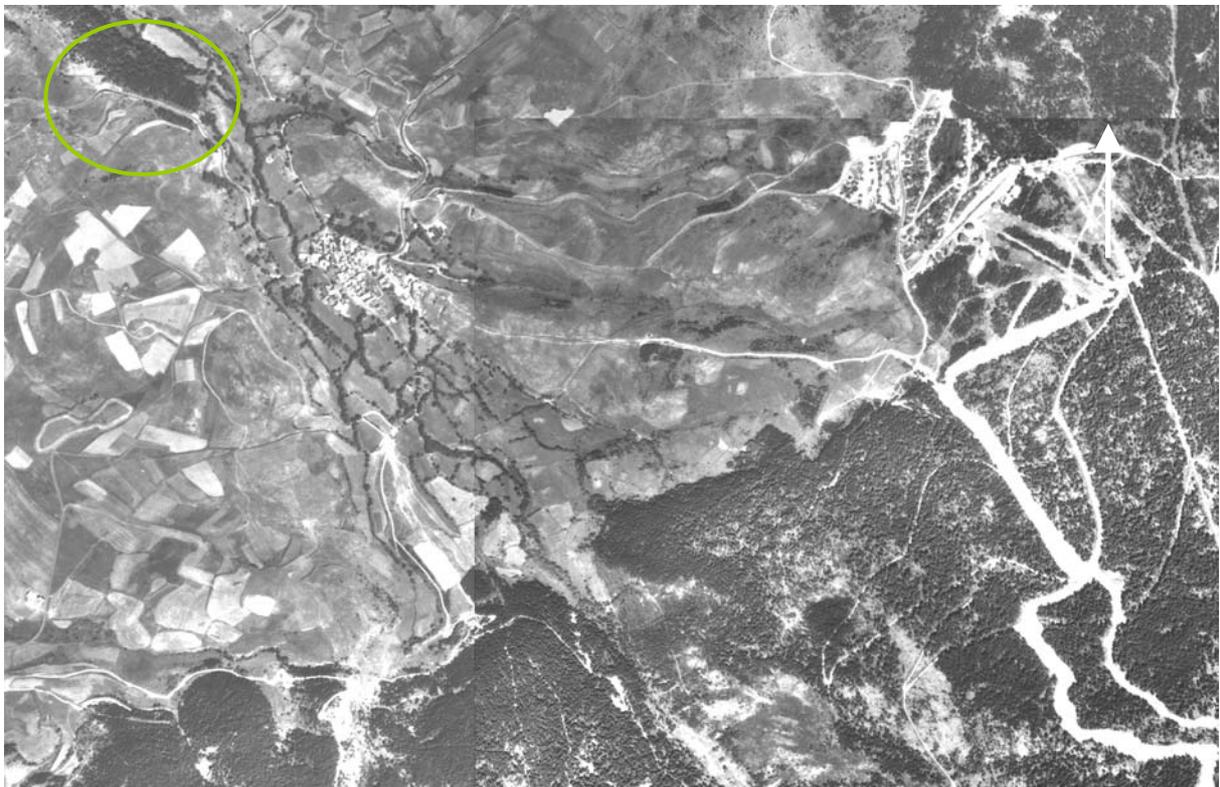


Figure 22. Photographie aérienne de la commune d'Eyne en 1988. (1/192000).



Figure 23. Photographie aérienne de la commune d'Eyne en 2000.(1/25000)

7.2.3. Evaluation quantitative

La première étape a consisté en une délimitation de la zone de travail commune pour les années 1953 et 2000 (contour bleu). Cette zone couvre une superficie totale d'environ 930 ha. Deuxièmement, une zonation a été réalisée au sein de ces périmètres (fig. 24 et 25).

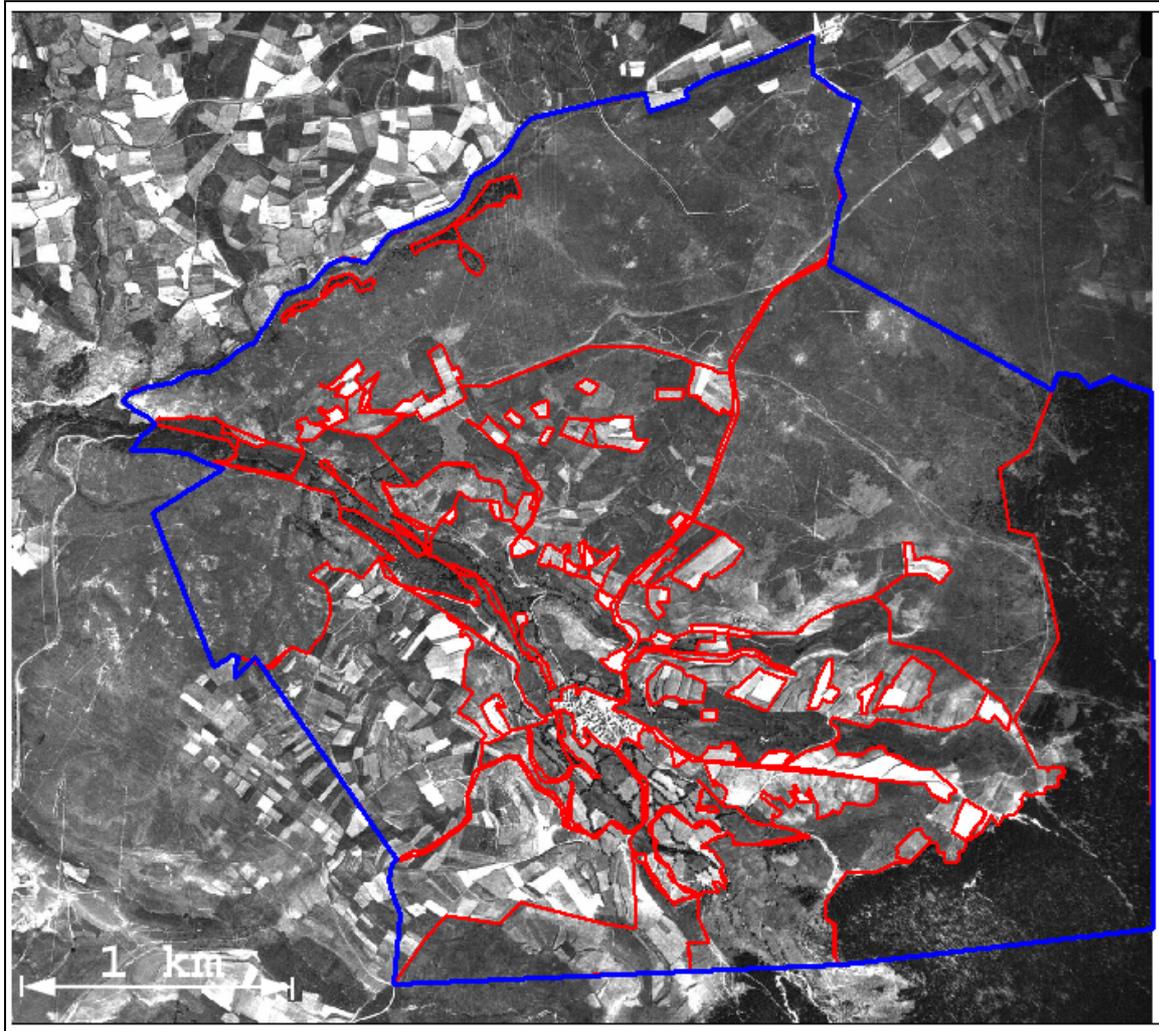


Figure 24. Délimitation de la zone de travail et des formations végétales pour l'année 1953

Le matériel ayant servi de base à la réalisation de cette carte est la mission F- 2250 – 2550 – 1/25000 – P – Partielle (97%) de l'**Institut National Géographique français**.

La photographie a été numérisée par **P. Rasmont** au moyen d'un scanner Mustek et du logiciel Photoshop 6.0.

Le géoréférencage, en coordonnées Lambert III sud (NTF), a été réalisé par **S. Iserbyt** au moyen du logiciel MapInfo 5.5.

La mise en concordance des photographies aériennes de 1953 et 2000 de façon à permettre la comparaison des surfaces a été réalisée avec l'aide de Monsieur **S. Colasse** du Centre Agronomique de Recherche Appliquée de Hainaut (CARAH)

Le travail de photo interprétation a été réalisé par **S. Viart** sur les logiciels MapInfo 5.5 et Arcview 3.0.

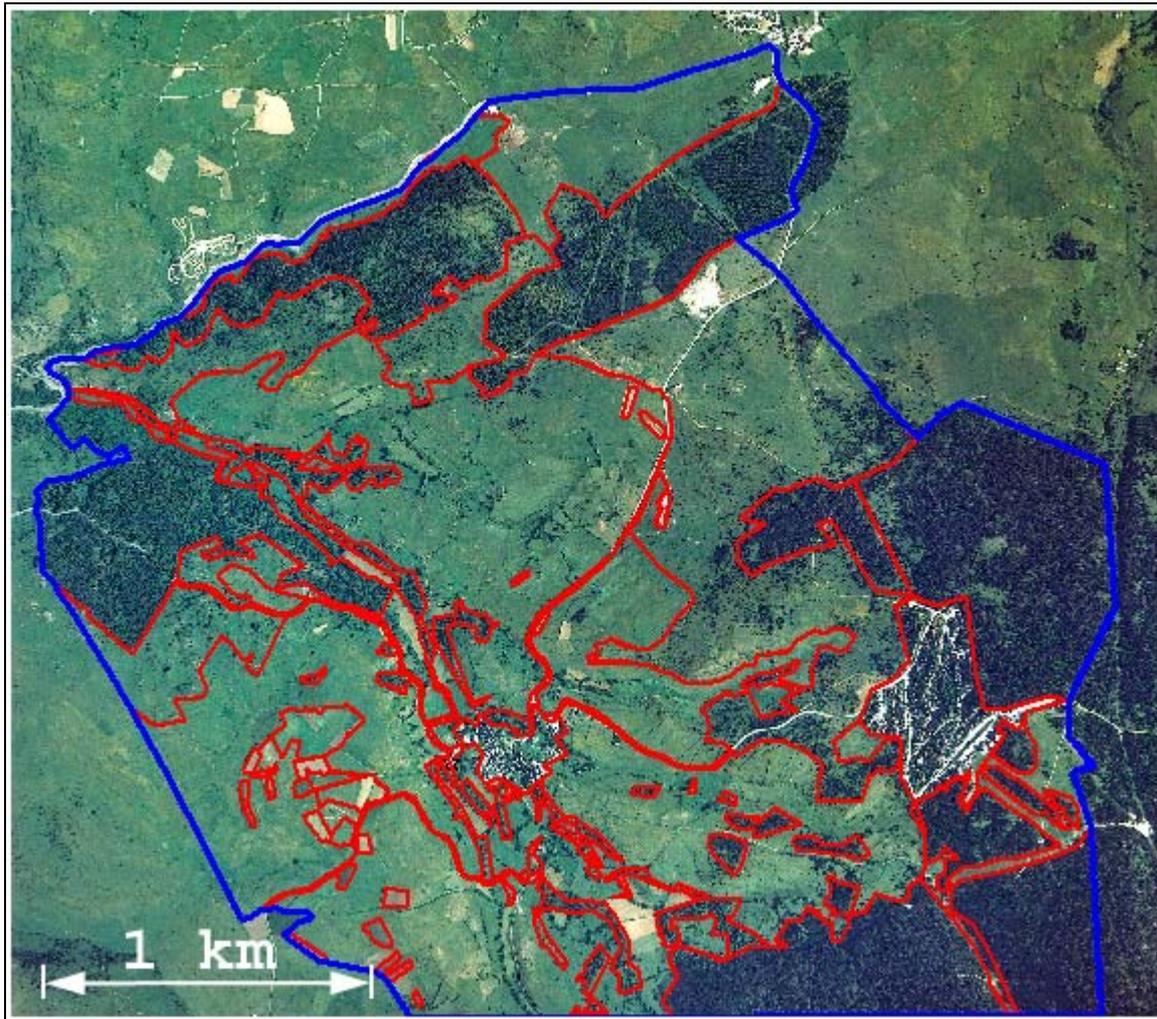


Figure 25. Délimitation de la zone de travail et des formations végétales pour l'année 2000

Le matériel ayant servi de base à la réalisation de cette carte est la mission FD 66 2000 1/25000 de l'**Institut National Géographique français** fournie au format informatique.

Le géoréférencage, en coordonnées Lambert III sud (NTF), a été réalisé par **S Iserbyt** au moyen du logiciel MapInfo 5.5.

La mise en concordance des photographies aériennes de 1953 et 2000 de façon à permettre la comparaison des surfaces a été réalisée avec l'aide de Monsieur **S. Colasse** du Centre Agronomique de Recherche Appliquée de Hainaut (CARAH)

Le travail de photo interprétation a été réalisé par **S.Viart** sur les logiciels MapInfo 5.5 et Arcview 3.0.

Le tableau 6 donne les surfaces des différentes formations végétales ainsi que leurs évolutions dans la zone de travail. Les figures 26 et 27 présentent l'occupation des sols pour chacune des deux années.

Tableau 6. Occupation des sols en 1953 et 2000.

Formations végétales	Surfaces (ha)		Variation (ha)	Tendance (%)
	1953	2000		
Bois	123,5	299	+175,5	× 1,5
Haies - talus	6	15,5	+9,5	× 1,5
Cultures	139,5	17,3	-122,2	+
Pâtures	442,6	199,3	-243,3	-
Pseudoalpin	0	8,7	+8,7	?
Habitation	4,1	28,5	+24,4	× 6
Près de fauche	216,5	362,7	+146,2	+
Total	932,2	931,0		

L'erreur commise lors du calcul des surfaces est estimée à 1%

Le phénomène de déprise agricole est, à Eyne, important. La conversion d'hectares de cultures et de pâturage en près de fauche et zones boisées principalement, a causé une modification importante du paysage.

L'augmentation de la pression anthropique est aussi visible. Les surfaces destinées à l'habitation augmentent par 6 leur emprise au sol. Un nouveau milieu, résultant de la construction de la station de ski, fait son apparition et son expansion est difficilement prévisible mais fortement dépendante des contraintes économiques à venir.

La seconde partie de cette étude s'attache à démontrer de quelle façon et dans quelle mesure les bourdons se sont adaptés à cette nouvelle répartition de l'occupation des sols.

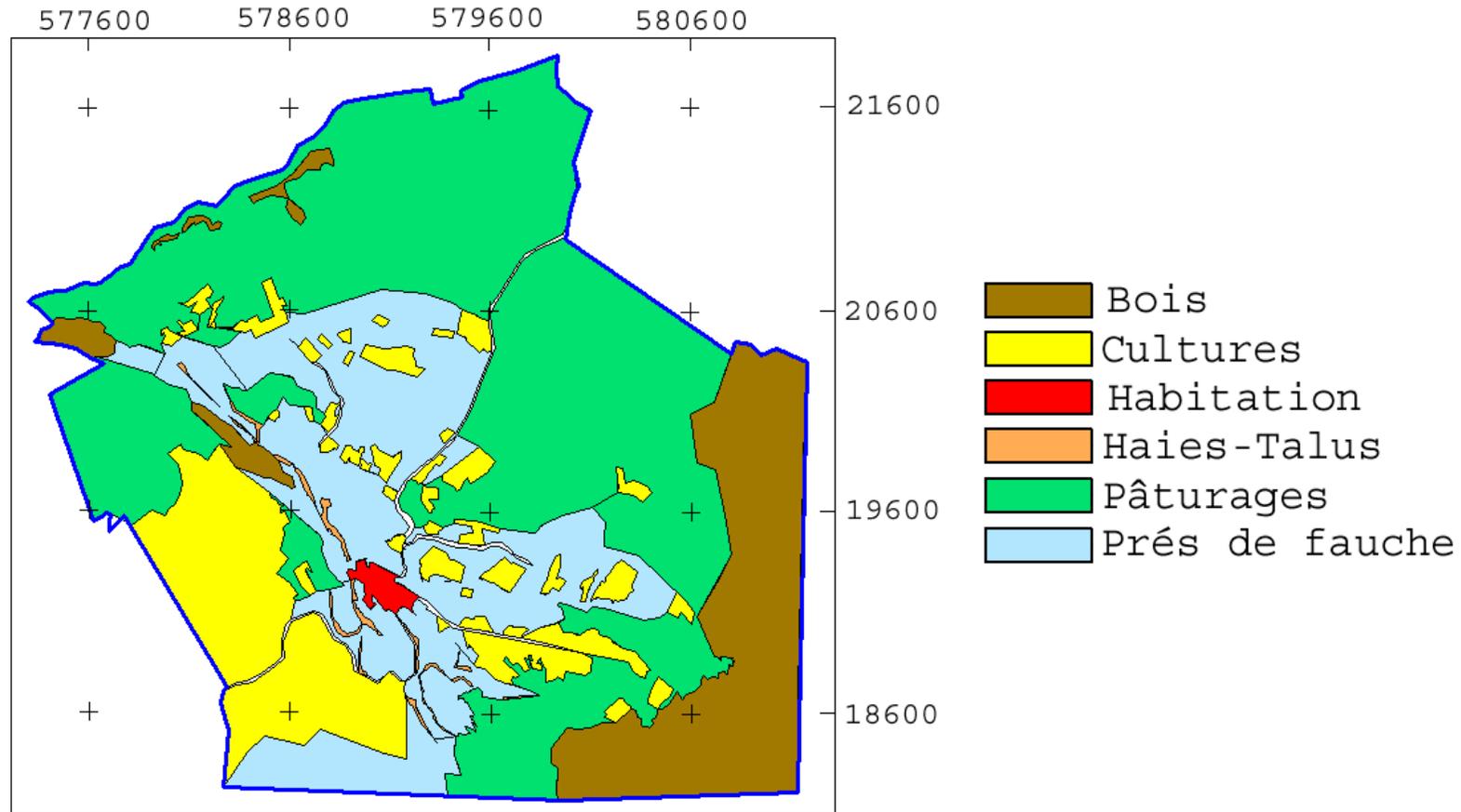


Figure 26. Cartes de l'occupation des sols en 1953. Les amorces résultent du quadrillage kilométrique en Lambert Zone III.

Le matériel ayant servi de base à la réalisation de cette carte est la mission F- 2250 – 2550 – 1/25000 – P – Partielle (97%) de l'**Institut National Géographique français**.

La photographie a été numérisée par **P. Rasmont** au moyen d'un scanner Mustek et du logiciel Photoshop 6.0.

Le géoréférencage, en coordonnées Lambert III sud (NTF), a été réalisé par **S. Iserbyt** au moyen du logiciel MapInfo 5.5.

La mise en concordance des photographies aériennes de 1953 et 2000 de façon à permettre la comparaison des surfaces a été réalisée avec l'aide de Monsieur **S. Colasse** du Centre Agronomique de Recherche Appliquée de Hainaut (CARAH)

Le travail de photo interprétation a été réalisé par **S. Viart** sur les logiciels MapInfo 5.5 et Arcview 3.0.

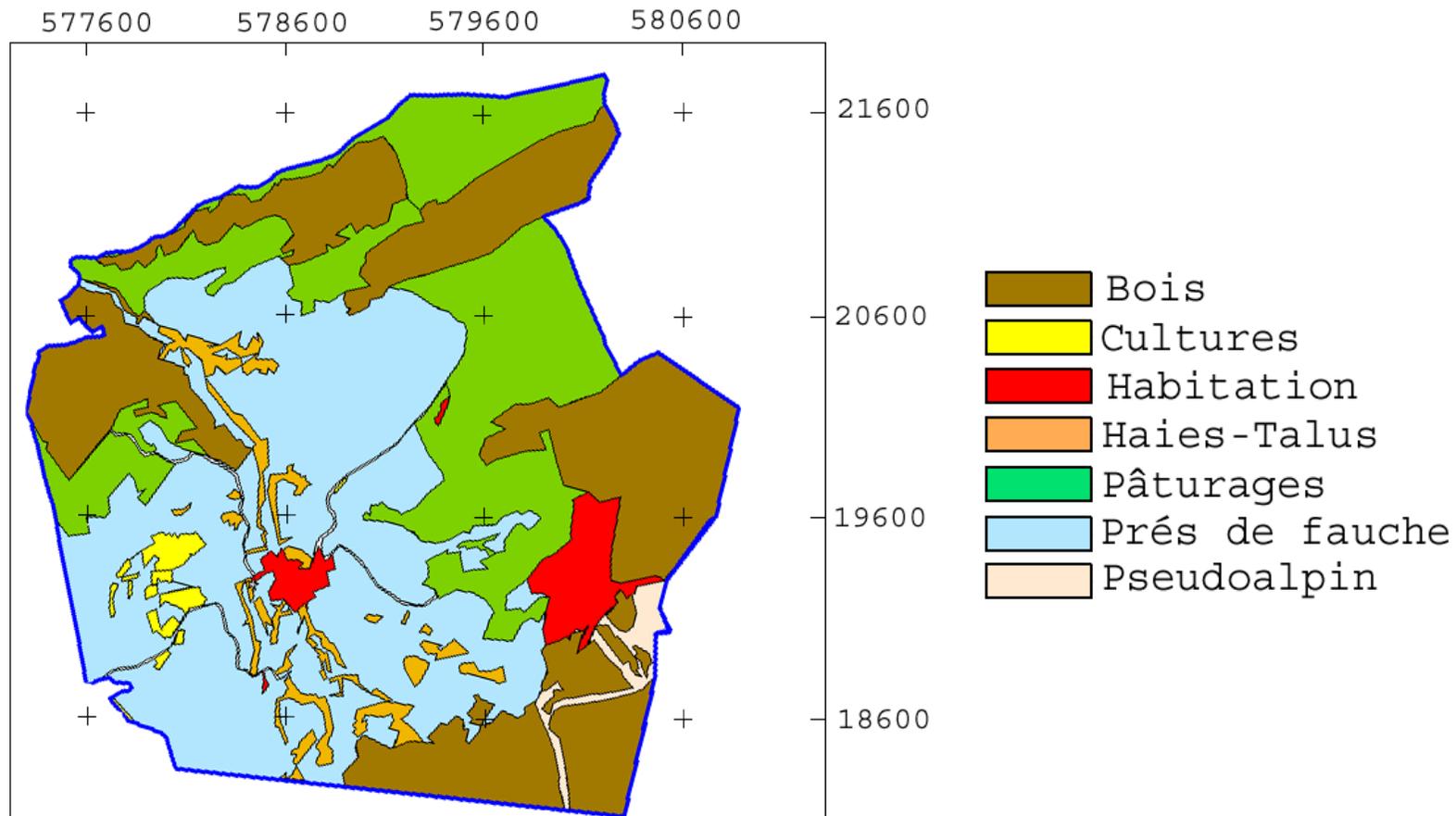


Figure 27. Cartes de l'occupation des sols en 2000. Les amorces résultent du quadrillage kilométrique en Lambert Zone III.

Le matériel ayant servi de base à la réalisation de cette carte est la mission FD 66 2000 1/25000 de l'**Institut National Géographique français** fournie au format informatique.

Le géoréférencage, en coordonnées Lambert III sud (NTF), a été réalisé par **S Iserbyt** au moyen du logiciel MapInfo 5.5.

La mise en concordance des photographies aériennes de 1953 et 2000 de façon à permettre la comparaison des surfaces a été réalisée avec l'aide de Monsieur **S. Colasse** du Centre Agronomique de Recherche Appliquée de Hainaut (CARAH)

Le travail de photo interprétation a été réalisé par **S.Viart** sur les logiciels MapInfo 5.5 et Arcview 3.0.

7.3. Corrélation des données cartographiques et fauniques

7.3.1. Diversité de la faune de bourdons au niveau de la zone de travail

Le tableau 7 donne une idée globale de la richesse faunique de la zone de basses altitudes. Le territoire de basses altitudes qui représente un tiers de la surface totale de la commune d'Eyne regroupe 30 des 33 espèces actuellement connues à Eyne. Pourtant le village, ainsi que ses alentours, ne sont pas sous le couvert d'un statut de réserve naturelle. L'absence de 3 espèces au niveau de la zone de travail par rapport à l'ensemble du territoire s'explique par le fait que celle ci se situe exclusivement en basses altitudes. Les espèces caractéristiques des hautes altitudes ne se retrouvent dès lors pas.

Tableau 7. Liste des espèces et nombre de spécimens observés dans la zone de travail

Espèce	Commune d'Eyne	Zone de Travail	Vallon d'Eyne
<i>B. lucorum</i>	745	581	164
<i>B. ruderarius</i>	733	488	245
<i>B. monticola</i>	521	46	475
<i>B. soroeensis</i>	491	237	254
<i>B. pyrenaeus</i>	380	58	322
<i>B. humilis</i>	288	205	83
<i>B. sylvarum</i>	287	238	49
<i>B. hortorum</i>	251	132	119
<i>B. mesomelas</i>	234	138	96
<i>B. mendax</i>	197	4	193
<i>B. sicheli</i>	160	5	155
<i>B. subterraneus</i>	152	85	67
<i>B. terrestris</i>	142	94	48
<i>B. pascuorum</i>	97	86	11
<i>B. pratorum</i>	88	27	61
<i>B. lapidarius</i>	76	34	42
<i>B. wurflenii</i>	56	10	46
<i>B. mucidus</i>	49	5	44
<i>B. bohemicus</i>	34	10	24
<i>B. gerstaeckeri</i>	26	1	25
<i>B. confusus</i>	20	17	3
<i>B. flavidus</i>	19	0	19
<i>B. rupestris</i>	18	6	12
<i>B. sylvestris</i>	14	5	9
<i>B. hypnorum</i>	12	3	9
<i>B. norvegicus</i>	11	2	9
<i>B. ruderatus</i>	11	7	4
<i>B. magnus</i>	5	3	2
<i>B. quadricolor</i>	4	1	3
<i>B. (Allopsithyrus) sp.</i>	2	0	2
<i>B. cullumanus</i>	2	2	0
<i>B. campestris</i>	1	0	1
<i>B. muscorum</i>	1	1	0
Nombre de spécimens	5127	2531	2596
Nombre total d'espèces	33	30	31

7.3.2. Pertinence du choix des milieux

La pertinence dans le choix des différents milieux est évaluée par le test de Kolmogorov-Smirnov. Le tableau 8 présente les résultats obtenus.

Tableau 8. Résultats du test de Kolmogorov-Smirnov

Milieux comparés			Dmax	Niveau de signification			Résultats
				*	**	***	
				95%	99%	99,9%	
BOIS	-	CULT	0,086	0,147	0,176	0,211	NS
BOIS	-	PSEU	0,032	0,111	0,133	0,159	NS
BOIS	-	HABI	0,211	0,133	0,159	0,190	***
BOIS	-	HAIE	0,192	0,158	0,189	0,227	**
BOIS	-	PATU	0,112	0,114	0,136	0,163	NS
BOIS	-	PDF	0,071	0,064	0,077	0,092	*
CULT	-	PSEU	0,153	0,169	0,202	0,242	NS
CULT	-	HABI	0,396	0,184	0,220	0,264	***
CULT	-	HAIE	0,127	0,203	0,243	0,291	NS
CULT	-	PATU	0,251	0,171	0,205	0,245	***
CULT	-	PDF	0,209	0,143	0,171	0,205	***
PDF	-	PATU	0,213	0,229	0,275	0,329	NS
PDF	-	PSEU	0,119	0,106	0,130	0,152	*
HABI	-	PATU	0,208	0,155	0,186	0,222	**
HABI	-	PDF	0,207	0,128	0,154	0,184	***
HABI	-	PSEU	0,218	0,157	0,188	0,225	***
HAIE	-	HABI	0,203	0,159	0,190	0,228	**
HAIE	-	PDF	0,175	0,154	0,185	0,222	*
HAIE	-	PATU	0,267	0,180	0,216	0,259	***
HAIE	-	PSEU	0,195	0,179	0,214	0,256	*
PATU	-	PSEU	0,233	0,137	0,164	0,197	***

Abréviations: CULT=Cultures; PATU=Patûres; PDF=Prés de fauche; HABI=Habitations; PSEU=Pseudoalpin.

L'hypothèse selon laquelle deux milieux sont identiques est rejetée dès que l'écart entre les données cumulées et la distribution normale cumulée (D_{max}) dépasse une valeur critique, définie en fonction du degré de signification choisi.

Le milieu habitat est différent de tous les autres milieux. Dans 5 cas sur 6, les prés de fauche et les haies diffèrent des autres milieux. Les pâtures et le milieu pseudo alpin sont différents des autres milieux dans 4 combinaisons sur 6. Les bois ainsi que les cultures diffèrent dans 3 cas sur 6 des autres milieux.

Les milieux les plus individualisés sont donc l'habitat, les prés de fauche et les haies. Le nombre élevé de différences hautement significatives confirme la cohérence dans la caractérisation des milieux.

7.3.3. Indices de diversité et d'originalité

Tableau 9. Valeurs des différents indices pour chaque milieu

Milieux	Nb d'individus	Nb d'espèces	Surface (ha)	Nb de stations	ISH (bits)	Hulbert Nb espéré par 100 spécimens	Rareté cumulée (spécimens ⁻¹)
Bois	687	23	311,5	34	3,22	14,5	0,017
Cultures	98	11	15	3	0,76	5,4	0,004
Pseudoalpin	192	16	10,26	34	1,34	8,2	0,008
Habitation	124	11	23,44	16	0,91	5,9	0,004
Haies - talus	83	14	24,77	5	0,72	5,7	0,006
Pâtures	202	12	139,9	23	1,42	8,6	0,005
Prés de fauche	1168	26	276,8	71	4,39	15,7	0,032

Nb : Nombre, ISH : Indice de Shannon-Weaver.

Au vu de ces valeurs, deux milieux semblent se distinguer par leur richesse et leur originalité. Il s'agit des prés de fauche et des bois. Les indices de Shannon respectivement de 4.39 et 3,22 indiquent une forte diversité spécifique. L'espérance d'Hulbert, qui donne le nombre d'espèces espéré lors d'un prélèvement aléatoire de 100 spécimens, indique une diversité spécifique particulièrement élevée (double des autres milieux). Les indices de rareté cumulée y sont les plus élevés. En outre, les prés de fauche possèdent un indice de rareté cumulée comparable à celui de toute la zone de travail (tab. 10). Les autres milieux montrent des indices de rareté cumulée beaucoup plus faibles ce qui signifie que la faune de bourdons y est nettement plus banale.

Tableau 10. Comparaison des indices du vallon d'Eyne et de la zone de basse altitude

Milieu	Nb d'individus	Nb d'espèces	Surface (ha)	Nb de stations	ISH (bits)	Hulbert Nb espéré par 100 spécimens	Rareté cumulée (spécimens ⁻¹)
Zone de travail	2554	30	801,67	186	3,52	16	0,039
Vallon d'Eyne	2592	31	1234,33	249	3,94	19,75	0,034

Nb : Nombre, ISH : Indice de Shannon-Weaver.

Il n'y a pas de corrélation entre le nombre d'individus ou d'espèces présentes et la surface du milieu considéré. Ceci indique que l'échantillonnage est réellement représentatif du milieu et non pas de l'effort d'observation.

La comparaison des indices de rareté cumulée montre que la richesse de la zone de basse altitude est de qualité comparable à celle du vallon d'Eyne. L'originalité semble toutefois supérieure dans la zone de basses altitudes : on y trouve plus d'espèces rares.

7.3.4. Répartition des bourdons en fonction des différents milieux

L'analyse en composantes principales considère que les espèces réagissent aux combinaisons linéaires des variables étudiées (milieux). Ces combinaisons sont représentées par les axes principaux. Cette représentation graphique permet une visualisation simplifiée des relations espèces-milieux.

Notre analyse a été réalisée en considérant 4 axes principaux pertinents qui, ensemble, permettent d'expliquer 86% de la variance totale du jeu de données. Le tableau 11 montre la contribution des 2 premiers axes dans l'explication de la variance totale.

La visualisation de la projection des espèces et des facteurs sur ces 4 axes principaux suggère l'existence de 6 groupes de bourdons répartis selon les milieux. Par facilité, seule la projection sur les deux premiers axes des espèces et des milieux est illustrée (fig. 28).

Les facteurs qui contribuent le plus à la définition de l'axe 1 sont positivement les bois et le pseudoalpin, et négativement les prés de fauche et les cultures (tab. 11). L'axe 2 est défini positivement par les haies-talus et négativement par les habitations.

Tableau 11. Contribution des vecteurs propres aux premières composantes principales

	Axe 1	Axe 2
Bois	0,9226	0,1119
Cultures	-0,6538	0,1567
Haies -Talus	-0,2680	0,7109
Habitations	0,0043	-0,7901
Prés de fauche	-0,8297	-0,1424
Pâtures	-0,4726	-0,1301
Pseudoalpin	0,8542	0,0520
% expliqué de la variance	43	17

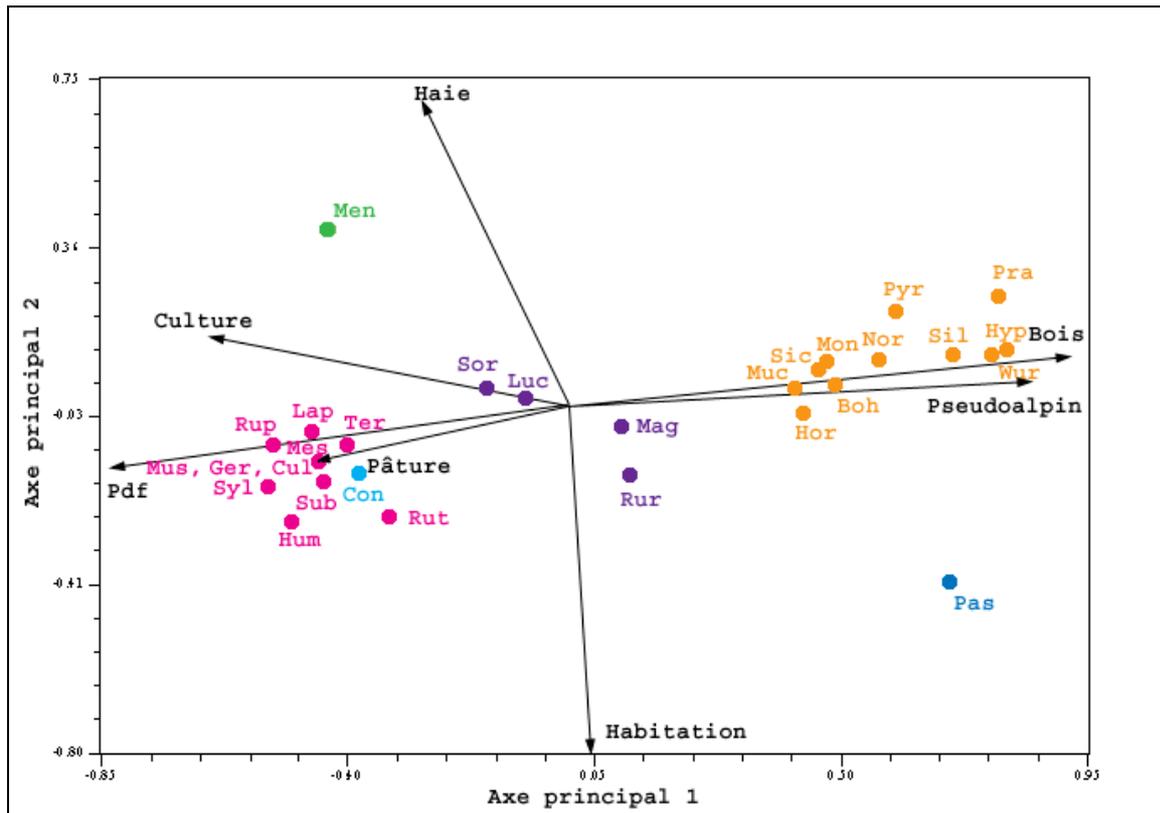


Figure 28. Projection des espèces (objets) et des milieux (vecteurs) sur les deux premières composantes. Les coordonnées sont présentées en respectant l'échelle des vecteurs propres. Le groupe I est représenté en jaune; le groupe II en bleu clair; le groupe III en vert; le groupe IV en bleu; le groupe V en mauve et le groupe VI en rose.

La caractérisation de chacun de ces groupes par un ou des milieux particuliers est aidée par le tableau 12. Celui-ci présente la fréquence de présence de chaque espèce dans un milieu donné en fonction du nombre total d'individus observés pour l'espèce considérée.

Les groupes obtenus s'organisent autour de deux milieux principaux, pour lesquels ils marquent divers degrés de fidélité. Ces deux milieux sont d'une part, les bois et d'autre part, les prés de fauche.

Le groupe I est constitué d'espèces inféodées aux bois. Elles utilisent comme ressources auxiliaires principalement le pseudoalpin et les prés de fauche.

Le groupe V est constitué des espèces les plus ubiquistes. Elles effectuent la transition entre les bois et les prés de fauche. *B. magnus* est peu abondant mais circule fortement entre les différents milieux. *B. soroensis*, *B. lucorum* et *B. ruderarius* sont 3 espèces rattachées aux lisières (Rasmont, 1988).

Les groupes II, III et IV sont constitués par une seule espèce. Une différence de comportement les singularise. *B. pascuorum* se caractérise par sa nette préférence du milieu habité où il concentre jusqu'à 30% de ses effectifs. *B. confusus* se concentre à presque 80% au niveau des pâtures. *B. mendax*, qui ne compte que 4 spécimens, est en réalité une espèce alpine. Le groupe VI est fortement lié aux prés de fauche dans lesquels se situe au minimum 60% des effectifs.

Tableau. 12. Fréquence relative des espèces dans les différents milieux

Groupe	Espèces	Nombre d'individus	Types de milieux (effectifs en % du total de l'espèce)						
			Bois	Pseudoalpin	Haie	Culture	Habitation	Près de fauche	Pâture
I	HYP	3	0,67	0,33	-	-	-	-	-
	MON	48	0,69	+	+	-	-	0,23	-
	PNOR	2	1,00	-	-	-	-	-	-
	PRA	35	0,60	0,29	0,11	-	-	-	-
	SIC	5	0,80	0,00	-	-	-	0,20	-
	PSYL	5	0,80	0,20	-	-	-	-	-
	WUR	15	0,60	0,33	-	-	-	+	-
	PBOH	10	0,50	0,20	-	-	-	0,30	-
	MUC	6	0,50	0,17	-	-	-	0,33	-
	PYR	65	0,62	0,12	0,12	-	+	0,12	-
	HOR	148	0,49	0,13	+	+	+	0,29	+
II	CON	17	-	-	-	-	-	0,24	0,76
III	MEN	4	-	-	0,50	-	-	0,50	-
IV	PAS	101	0,39	0,20	-	-	0,27	0,13	+
V	RUR	495	0,33	0,10	+	+	+	0,39	+
	MAG	3	0,25	0,25	-	-	-	0,50	-
	LUC	586	0,28	+	+	+	+	+	+
	SOR	249	0,26	+	0,10	+	+	0,53	+
VI	SUB	83	0,12	+	+	+	+	0,49	0,34
	SYL	221	+	-	+	+	+	0,63	0,21
	GER	1	-	-	-	-	-	1,00	-
	CUL	2	-	-	-	-	-	1,00	-
	HUM	190	+	-	+	+	0,14	0,67	+
	LAP	30	+	-	+	+	-	0,77	+
	MES	125	0,11	-	+	+	+	0,69	0,11
	MUS	1	-	-	-	-	-	1,00	-
	PQUA	1	-	-	-	-	-	1,00	-
	RUT	7	0,14	-	-	-	0,14	0,72	-
	PRUP	5	-	-	-	0,20	-	0,80	-
	TER	90	0,13	+	+	+	-	0,71	+

bohemicus (PBOH), confusus (CON), cullumanus (CUL), gerstaeckeri (GER), hortorum (HOR), humilis (HUM), hypnorum (HYP), lapidarius (LAP), lucorum (LUC), magnus (MAG), mendax (MEN), mesomelas (MES), monticola (MON), mucidus (MUC), muscorum (MUS), norvegicus (PNOR), pascurum (PAS), pratorum (PRA), pyrenaicus (PYR), quadricolor (PQUA), ruderarius (RUR), ruderatus (RUT), rupestris (PRUP), sicheli (SIC), soroensis (SOR), subterraneus (SUB), sylvarum (SYL), sylvestris (PSYL), terrestris (TER), wurflenii (WUR). (+) : effectifs inférieur à 10%. (-) : absent.

Une carte de distribution a été établie pour une espèce représentative de chaque groupe identifié par l'Analyse en Composantes Principales (fig. 29 à 34).

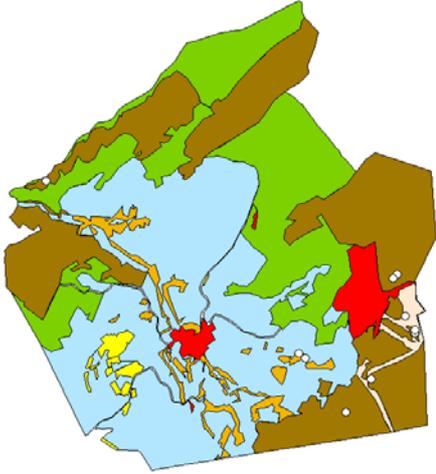


Figure 29. Distribution de *B. pratorum* (groupe I). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

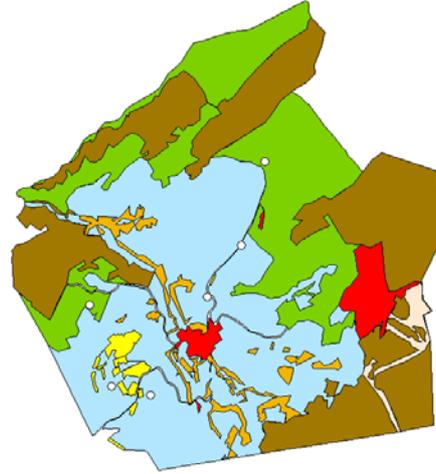


Figure 30. Distribution de *B. confusus* (groupe II). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

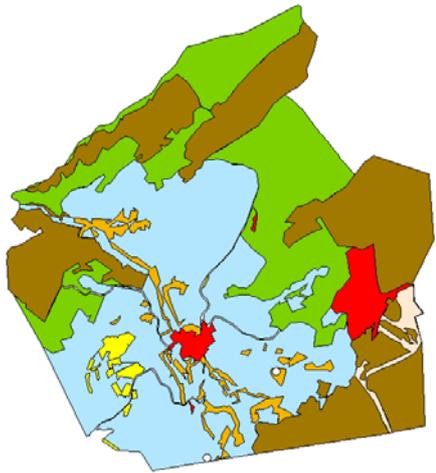


Figure 31. Distribution de *B. mendax* (groupe III). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

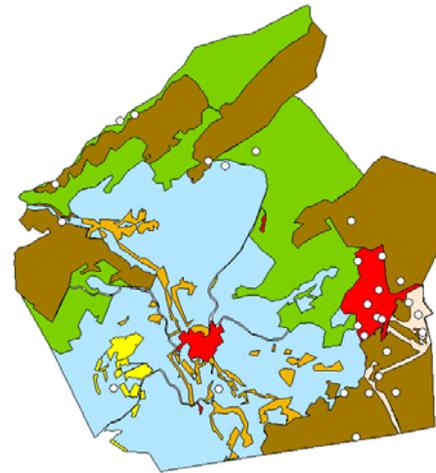


Figure 32. Distribution de *B. pascuorum* (groupe IV). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

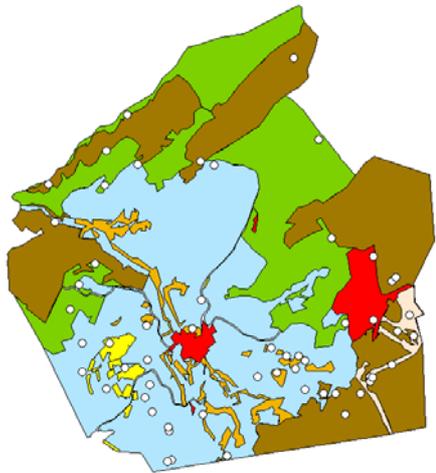


Figure 33. Distribution de *B. lucorum* (groupe V). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

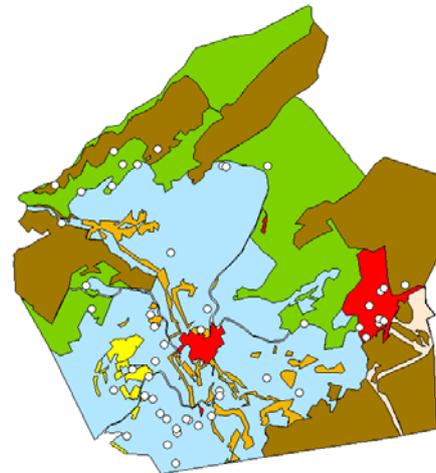


Figure 34. Distribution de *B. humilis* (groupe VI). (Cf. Fig. 27 pour la légende)

8. DISCUSSION GENERALE

8.1. Diversité de la commune d'Eyne

De 1950 à 2001, 32 espèces de bourdons ont pu être observées sur l'ensemble de la commune d'Eyne (Rasmont, 1989; Rasmont *et al* , 2000, Iserbyt, 2000). Cette diversité est confirmée par les collectes effectuées en juillet 2002. Une nouvelle espèce (*B. muscorum*) a été ajoutée aux espèces déjà connue.

La constance des observations de ces différentes espèces au fil des années permet de suggérer une raison structurelle à l'étonnante diversité d'Eyne et non pas des causes transitoires ou saisonnières (Iserbyt, 2000).

8.2. Structuration faunique sur base de la physionomie végétale

Contrairement à ce qui avait été mis en évidence par Iserbyt (2000) pour l'ensemble du territoire de la commune d'Eyne, la physionomie végétale semble être un des éléments permettant d'établir un lien entre les diverses espèces de bourdons présentes dans la zone de basses altitudes entourant le village. Celle-ci résulte à Eyne d'une évolution induite par l'homme au cours des ans. Le paysage, tel qu'il se présente actuellement à Eyne, est le résultat direct de l'évolution des besoins de l'homme.

Au cours de l'étude topographique réalisée dans ce travail, l'évolution globale des formations végétales, dues au phénomène de déprise agricole, est mise en évidence.

Les cultures ont cédé la place au prés de fauche. Cette évolution semble avoir été favorable à l'augmentation de la richesse spécifique des bourdons d'Eyne. En effet, les prés de fauche représentent le milieu le plus riche présent sur la commune avec un indice de diversité de 4,39 et un indice de rareté cumulée de 0,032 alors que les cultures présentent respectivement 0,76 et 0,004.

Le deuxième milieu le plus riche est la forêt. Si celle-ci s'étend, sans empiéter sur les prés de fauche, la biodiversité globale d'Eyne peut se maintenir. Par contre, si la forêt s'étend au point de réduire la superficie des prés de fauche, alors, il y a un risque de perte de biodiversité.

Les haies-talus ont aussi augmenté mais pas suffisamment que pour influencer de façon notable sur les espèces. Cette augmentation permet, par contre, de mettre en évidence la diminution des interventions de l'homme sur ce milieu.

La surface habitée est également en expansion. Entre 1953 et 2000, environ 24 hectares ont été attribués à la construction de la station de ski et de parkings d'accueil pour touristes. Ces surfaces qui semblent négligeables en regard du reste de la commune représentent le centre de l'influence touristique et de ce fait, contribue à augmenter la fréquence humaine dans tous les autres milieux.

L'étude de la distribution, basée sur les milieux actuels, a permis de mettre en évidence différents groupes de bourdons. Les divers travaux, réalisés par des auteurs tel

que Pittioni & Schmidt (1942), Reinig (1970), Rasmont (1988) en vue d'établir une classification des espèces de bourdons en fonction de la physionomie végétales sont difficilement comparables à la présente étude. En effet, ceux-ci ont été réalisés sur des étendues beaucoup plus importantes que celle définie ici comme zone de travail.

Tous les auteurs identifient deux entités végétales communes quels que soient la région ou le pays étudié: les milieux ouverts et les milieux fermés. Les résultats obtenus lors de cette étude confirment cette distinction.

Rasmont (1988) ajoute à ceux-ci la lisière forestière et la lisière ouverte. Dans cette étude, cette distinction n'est pas réalisable. En effet, le territoire communal est parsemé de nombreux bosquets qui rendent les limites de lisières difficilement identifiables. Dès lors, ces physionomies sont regroupées sous le terme bois.

A Eyne, le milieu ouvert peut être décomposé en trois unités distinctes: les prés de fauche, les cultures et les pâtures. Les pâtures ont leurs végétations en commun avec les prés de fauche mais s'en distinguent par le fait que le fauchage n'y est qu'occasionnel. Le milieu bois constitue une végétation fermée. Les haies peuvent être considérées comme un milieu semi-ouvert. Les zones d'habitations n'entrent dans aucune des catégories déjà utilisées. Dans la zone de l'étude, le milieu pseudoalpin, qui est la résultante directe de l'intervention de l'homme sur son environnement, permet à des espèces végétales et animales de l'étage alpin de s'établir à une altitude plus basse que la normale. C'est le cas, par exemple, de *B. mendax*, *B. sicheli*, *B. monticola* entre autres.

Au niveau de la zone de basses altitudes entourant le village, la distribution des espèces de bourdons s'organise autour de deux pôles, les prés de fauche et les bois. Les espèces de bourdons s'articulent autour de ceux-ci en présentant divers degrés de fidélité.

Les espèces telles que *B. hypnorum*, *B. pratorum* ou *B. wurflenii* sont caractéristiques des bois et lisières. *B. ruderarius*, *B. lucorum* et *B. magnus* peuvent être qualifiés d'espèces intermédiaires. *B. pascuorum* est particulièrement présent dans les habitations. *B. confusus* se concentre principalement dans les pâtures. Cette stratégie alimentaire serait une réponse à la physiologie tardive de l'espèce. *B. confusus* trouve dans les pâtures les ressources dont il a besoin au milieu de l'été, alors que les prés de fauche sont déjà fanés.

Des espèces tel que *B. humilis*, *B. sylvarum*, *B. ruderatus*, *B. terrestris* et *B. cullumanus* sont des espèces fortement inféodées aux prés de fauche.

B. gerstaeckeri (un seul spécimen observé en vol), est associé ici par l'analyse de manière tout à fait fortuite aux prés de fauche.

La présence d'espèces rares tel que *B. cullumanus* et de *B. confusus*, mais, aussi de *B. humilis* et *B. sylvarum* dans cette zone façonnée par l'agriculture montagnarde, montre tout l'intérêt d'une conservation attentive. Eyne est actuellement une des 5 dernières stations au monde où la présence de *B. cullumanus* est connue. Cette espèce est probablement le seul bourdon en voie d'extinction.

Il se pourrait que la richesse, de la commune d'Eyne, soit une résultante des interactions spatiales entre l'ensemble des milieux présents dans une zone restreinte. La méthode d'analyse employée ici ne permet pas d'apprécier les effets des interactions entre les différents milieux. Ainsi, les lisières de forêts constituent une réalité insaisissable par l'échantillonnage faunique. Par ailleurs, ce milieu ne constitue pas une surface mais une entité linéaire, qui réclame un processus d'analyse différent. Le même genre d'interaction peut se produire entre les pâturages, les prés de fauche et les cultures. Il faut donc être prudent lorsque l'on stigmatise une richesse particulière d'un de ces milieux.

L'absence d'espèces d'altitude rares, telles que *B. gerstaeckeri* ou *B. flavidus*, démontre le rôle majeur que revêt la Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne dans la conservation de la diversité biologique de l'ensemble de la commune.

8.3. Influence des interventions humaines sur la conservation du patrimoine faunique

La richesse entomologique actuelle de la commune d'Eyne est le résultat manifeste d'une longue tradition agricole montagnarde.

Malheureusement, au cours du siècle passé, les impératifs économiques ont conduit à l'abandon progressif de l'exploitation des terres agricoles. D'intensive, l'agriculture montagnarde est devenue extensive. Cette déprise agricole entraîne une diminution des espaces ouverts qui, comme le montre ce travail, présentent une forte richesse écologique.

La gestion de ces espaces ouverts doit intégrer la continuation du pastoralisme. L'évolution du type de bétail élevé (bovins et non plus bovins et ovins comme par le passé) nécessite le recours à d'autres moyens pour lutter efficacement contre le recru forestier.

Actuellement, à Eyne, des mesures agri-environnementales sont mises en place en vue de favoriser l'ouverture du milieu (debroussaillage, girobroyage et brûlage). Une collaboration étroite entre acteurs ruraux, autorités locales et organismes de gestion de la nature ne peut être qu'extrêmement favorable au maintien de la richesse communale.

9. CONCLUSION

La déprise agricole est un phénomène inhérent à la majorité des communes de montagne. Celui-ci, conséquence d'une forte période d'exode rural, entraîne la régression des surfaces de cultures et la fermeture du milieu par recolonisation d'espèces ligneuses. Il en résulte un risque de diminution de la biodiversité.

L'étude biotopographique des espèces de bourdons de la commune montre que cette extraordinaire richesse a profité de l'influence que les montagnards ont exercé sur leur environnement. Les environs immédiats de la commune recèlent une biodiversité plus grande que celle que l'on peut observer dans la Réserve Naturelle du Vallon d'Eyne.

Le maintien de la diversité paysagère agropastorale de moyenne altitude est primordial pour la conservation de la richesse exceptionnelle des espèces de bourdons à haute valeur patrimoniale à l'échelle européenne de la commune d'Eyne.

10. BIBLIOGRAPHIE

- Alford, D.V., 1975.** *Bumblebees*. Davis-Poynter, London, XII + 352 pp., 16 pls.
- Amiet, F., 1996.** *Hymenoptera Apidae, 1. Teil. Allgemeiner Teil, Gattungsschlüssel, die Gattungen Apis, Bombus und Psithyrus*. Insecta Helvetica, 12, Neuchâtel, 98 pp.
- Amigo, J.-J. & G. Berlic, 1984.** *Réserve naturelle de la Vallée d'Eyne (Département des Pyrénées-Orientales) étude scientifique*. Association C.-H. Flahaut, Perpignan, 16 pp.
- Association Charles Flahaut, (sous la direction de Amigo, J.J.), 1984.** *Réserve naturelle d'Eyne. Proposition de classement. Etude scientifique*, Perpignan, DPN. Paris 17pp.
- Association de gestionnaires de la réserve naturelle d'Eyne, 1999.** *Plan de gestion de la réserve naturelle de la vallée d'Eyne 2001-2005*.
- Association de gestionnaires de la réserve naturelle d'Eyne, 2002.** *Eyne: Nature et Histoire 2002*. 1pp.
- Baudière, A., s.d..** *Corine Biotope, Pyrénées*. Université de Toulouse.
- Barbier, Y., Rasmont, P., M. Dufrene & J.-M. Sibert, 1999.** *Data Fauna Flora. Version 1.0*. Université de Mons Hainaut, 106pp. 1CD-ROM
- Beaumont, J. de, 1958.** Les Hyménoptères aculéates du Parc National Suisse et des régions limitrophes. *Ergebnisse des Wissenschaftliche Untersuchungen der Schweizerischen Nationalparks*, 6:146-233.
- Chambre d'Agriculture du Roussillon, 1994.** *Propositions d'actions pastorales de maintien de la qualité paysagère et d'accueil des zones d'estive dans le département des Pyrénées-Orientales La montagne catalane*. P.-A. Dejaifve & R. Prodon. 5pp.
- Chambre d'Agriculture du Roussillon, 1994.** *Diagnostic pastoral d'estive: cartographie de la végétation et détermination de la valeur pastorale*. 3pp.
- Coste, abbé H., 1927.** *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*. Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, tome I : 416pp., tome II : 627pp, tome III : 807pp. Paris.
- Dagnelie, P., 1975.** *Statistique théorique et appliquée*. Tome I. Les Presses Agronomiques de Gembloux. 492 pp.
- Davasse, B., Galop, D., Rendu, C., 1997.** Paysage du néolithique à nos jours dans les Pyrénées de l'est d'après l'écologie historique et l'archéologie pastorale pp 577-599 in « *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes*, Antipolis, S., APDCA..
- De Lattin, G. de, 1967.** *Grundriss der Zoogeographie*. Gustav Fischer, Jena, 602 pp.
- Delattre, E., 2002.** *Effectif et choix floraux de Bombus sylvarum (Hymenoptera, Apidae) à Eyne et à Llo (France, Pyrénées-Orientales)*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut, 46pp.

- Delmas, R., 1976.** *Contribution à l'étude de la faune française des Bombidae (Hymenoptera, Apoidea, Bombidae)*. *Annls Soc. ent. FR. (N.S.)*, 12:247-290.
- Direction de la protection de la nature, Association Charles Flahault, 1984.** *Réserve naturelle de la vallée d'Eyne, Etude scientifique, Proposition de classement*.
- Dumat, S., Lambert, B., novembre, 1996.** *Maintien de la qualité paysagère et d'accueil des zones d'estives des Pyrénées Orientales. IIIème tranche. Estive d'Eyne*. SIME/ARMELR. 10pp.
- Dupias, G., 1990.** *Fleurs du Parc national des Pyrénées. Parc national des Pyrénées, Tarbes, Tome 1*.
- 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.
- Duru, M., Gibon, A., Langlet, A., Flamant, J.C., 1979.** Recherches sur les problèmes pastoraux pyrénéens français; in « *Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens* »p231-255; éd INRA publications.
- Dylewska, M., 1957.** The distribution of species of genus *Bombus* Latr. in Poland. *Acta Zoologica Cracoviensa*, 2(12):259-278.
- Esri, 1996.** *Arcview Gis. The geographic information system for everyone*.
- Fabre, A., 1977.** *Quelques aspects de la déprise agricole en région de montagne: application au canton de Quérigut, in Documents méthodologiques préparatoires à l'aménagement de la montagne. Essai d'application à trois régions Pyrénéennes (Donezan, Capcir, Cerdagne)*. Programme DGRST « inculture Pyrénéenne ». Colloque Les Angles, 3-5 juin.
- Gausсен, H., 1978.** *Carte de la végétation de la France. Perpignan N°78*. Toulouse.
- Grey-Wilson, C., & Blamey, M., 1995.** *Le guide des fleurs de montagne*. Delachaux et Niestlé. 384pp.
- Heinrich, B., 1979.** *Bumblebee economics*. Harvard University Press, Cambridge, 246 pp.
- Iserbyt, S., 2000.** *Ecologie des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la commune d'Eyne (France, Pyrénées-Orientales)* Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut. 96p.
- Jalut, G., 1984.** *Les principales étapes de l'histoire de la forêt pyrénéenne française depuis 15 000 ans*, Toulouse, EHSS, 141p
- klug-Pümpel, B., Scharfetter, G., 1996.** *Tourism and vegetation: is there a way out of the conflict "economy-ecology" ?* 5pp.
- Kruszman, G., 1958.** Notes sur les bourdons pyrénéens du genre *Bombus* dans les collections néerlandaises. *Beaufortia*, 6(72):161-170.
- Legendre, L. & Legendre, P., 1984.** *Ecologie numérique*. Presses de l'Université du Québec, Québec, 335pp.
- Loiseau, P. & Larrere, G., 1977.** *Effets à long termes des pratiques agro-pastorales sur la végétation d'un territoire communal*. C.R. Acad. Agric., 63 (7), 404-415
- Löken, A., 1973.** Studies on Scandinavian Bumble Bees (Hymenoptera: Apidae). *Norsk entomologisk Tidsskrift*, 20(1) : 1-128.

- MapInfo Professionnel version 5.5, 1999.** *User's guide*. MapInfo corporation Troy, New-York. 589pp.
- Moczar, 1953.** Magyarorszag es környazó területek dongoméheinek (*Bombus* Latr.) rendzere és ökológiaiija (Systèmes et écologie des bourdons (*Bombus* Latr.) de la Hongrie et de ces régions voisines). *Annales historico Naturales Musei Nationalis Hungrericici*, 4:131-149.
- Office National des Forêts, 1996.** *Forêt Communale d'Eyne, révision d'aménagement (1997-2011)*. 23pp.
- Photoshop, 1989-2001.** Adobe System Incorporated..
- Pittioni, B. & R. Schmidt, 1942.** Die Bienen des Südöstlichen Niederdonau. I: Apidae, Podaliriidae, Xylocopidae, und Ceratinidae. *Niederdonau, natur und Kultur*, 19:1-69.
- Ponchau, O., 2001.** *Estimation des effectifs de Bombus gerstaeckeri, pollinisateur spécialisé des Aconitum ssp., dans la vallée d'Eyne*. Mémoire de licence, Université de Mons-Hainaut. 86pp.
- Rasmont, P., 1988.** *Monographie écologique et zoogéographique des Bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)*. Dissertation de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Gembloux, 310 + LXII pp.
- 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., 1998.** *Rapport préliminaire sur la faune des bourdons (Hymenoptera, Bombidae) des Pyrénées-Orientales; réserve de le Massane et du vallon d'Eyne*. Université de Mons-Hainaut, Mons, 18pp.
- Rasmont, P., Durieux, E.-A., Iserbyt, S., Baracetti, M., 1999.** Why are so many bumblebees species in Eyne (France, Pyrénées-Orientales, Cerdagne) ? *In : Proceeding of the first Specialists' Meeting on insect Pollinisation in Greenhouse, Soesterberg, The Netherlands, 29 september to 3 october*. Sous presse.
- Rasmont, P., Iserbyt, S., Barbier, Y., 2002.** Les apports de la cartographie moderne en systématique. *Mémoires de la Société Entomologique de France*, n°6: 73-86.
- Rasmont, P., J.-C., Verhaeghe, R., Rasmont & M., Terzo, en préparation.** *West-Palaartic Bumblebees*. Apollo, Stenstrup, 400 + 40 pp.
- Reinig, W.F., 1970.** ökologische Studien an mittel- und südosteuropaischen Hummeln (*Bombus* Latr., 1802; Hym., Apidae). *Mitteilungen der Münchener Entomologischen Gezellshaft*, 60:1-56.
- Rousseau, S., 1994.** *Les relations coadaptatives des Aconites (Ranunculaceae, Aconitum L.) de Belgique et des Pyrénées avec leurs bourdons polynisateurs (Hymenoptera, Apidae, bombinae)*. Mémoire de licence, Université de Mon-Hainaut, 52 pp.
- Saule, M., 1991.** *La grande Flore illustrée des Pyrénées*. Edition Milan, 730 pp.
- Thorpe, R.S., 1990,** Comparative study of ordination technique in numerical taxonomy in relation to racial variation in the ringed snake *Natrix natrix* (L.). *Biological journal of the Linnean Society*, 13:8-40.
- Williams, Paul H., 1989.** Why are so many species of bumble bees at Dungeness ? *in : Botanical Journal on the Linnean Society*, 101 : 31-44.

Annexe 1. Liste des espèces et des sous espèces de bourdons à Eyne

Exclusivement inquilines	Autres
Bombus (<i>Psithyrus</i>) <i>rupestris</i> (Fabricius, 1793) ssp. <i>vasco</i> (Lepeletier, 1832)	Bombus (<i>Confusibombus</i>) <i>confusus</i> Schenck, 1859 ssp. <i>confusus</i> Schenck, 1859
Bombus (<i>Allopsithyrus</i>) sp. (Popov, 1931)	Bombus (<i>Mendacibombus</i>) <i>mendax</i> Gerstaecker, 1869 ssp. <i>latofasciatus</i> Vogt, 1909
Bombus (<i>Aschtonipsithyrus</i>) <i>bohemicus</i> Seidl, 1837 ssp. <i>bohemicus</i> Seidl, 1837	Bombus (<i>Bombus</i>) <i>terrestris</i> (L., 1758) ssp. <i>lusitanicus</i> Krüger, 1951 ssp. <i>terrestris</i> (L., 1758)
Bombus (<i>Metapsithyrus</i>) <i>campestris</i> (Panzer, 1801) ssp. <i>campestris</i> (Panzer, 1801)	Bombus (<i>Bombus</i>) <i>lucorum</i> (L., 1761) Bombus (<i>Bombus</i>) <i>magnus</i> Vogt, 1911
Bombus (<i>Fernaldaepsithyrus</i>) <i>quadricolor</i> (Lepeletier, 1832) ssp. <i>quadricolor</i> (Lepeletier, 1832)	Bombus (<i>Apligenobombus</i>) <i>wurflenii</i> Radoszkowski, 1859 ssp. <i>pyrenaicus</i> Vogt, 1909
Bombus (<i>Fernaldaepsithyrus</i>) <i>flavidus</i> Eversmann, 1852 ssp. <i>lutescens</i> Pérez, 1890	Bombus (<i>Pyrobombus</i>) <i>hypnorum</i> (L., 1758) ssp. <i>hypnorum</i> (L., 1758)
Bombus (<i>Fernaldaepsithyrus</i>) <i>sylvestris</i> (Lepeletier, 1832)	Bombus (<i>Pyrobombus</i>) <i>pratorum</i> (L., 1761) Bombus (<i>Pyrobombus</i>) <i>pyrenaicus</i> Pérez, 1879 ssp. <i>pyrenaicus</i> Pérez, 1879
Bombus (<i>Fernaldaepsithyrus</i>) <i>norvegicus</i> (Sparre Schneider, 1918) ssp. <i>norvegicus</i> (Sparre Schneider, 1918)	Bombus (<i>Pyrobombus</i>) <i>monticola</i> Smith, 1849 ssp. <i>rondoui</i> Vogt, 1909 Bombus (<i>Melanobombus</i>) <i>lapidarius</i> (L., 1758) ssp. <i>lapidarius</i> (L., 1758) ssp. <i>decipiens</i> Pérez, 1879
	Bombus (<i>Melanobombus</i>) <i>sicheli</i> Radoszkowski, 1859 ssp. <i>flavissimus</i> Tkalcu, 1974
	Bombus (<i>Cullumanobombus</i>) <i>cullumanus</i> (Kirby, 1802)
	Bombus (<i>Kallobombus</i>) <i>soroensis</i> (Fabricius, 1793) ssp. <i>lectitatus</i> Kruseman, 1958
	Bombus (<i>Megabombus</i>) <i>runderatus</i> (Fabricius, 1775) ssp. <i>runderatus</i> (Fabricius, 1775)
	Bombus (<i>Megabombus</i>) <i>hortorum</i> (L., 1761) ssp. <i>hortorum</i> (L., 1761) ssp. <i>asturiensis</i> Tkalcu, 1974
	Bombus (<i>Megabombus</i>) <i>gerstaeckeri</i> Morawitz, 1882
	Bombus (<i>Subterraneobombus</i>) <i>subterraneus</i> (L., 1758) ssp. <i>tectosagorum</i> Kruseman, 1958
	Bombus (<i>Rhodobombus</i>) <i>mesomelas</i> Gerstaecker, 1869 ssp. <i>mesomelas</i> Gerstaecker, 1869
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>sylvarum</i> (L., 1761) ssp. <i>sylvarum</i> (L., 1761)
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>runderarius</i> (Müller, 1776) ssp. <i>runderarius</i> (Müller, 1776) ssp. <i>montanus</i> Lepeletier, 1836
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>humilis</i> Illiger, 1806 ssp. <i>quasimuscorum</i> Vogt, 1909
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>muscorum</i> (L., 1758)
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>pascuorum</i> (Scopoli, 1793) ssp. <i>rufocitrinus</i> Krüger, 1931
	Bombus (<i>Thoracobombus</i>) <i>mucidus</i> Gerstaecker, 1869 ssp. <i>mollis</i> Pérez, 1879

Annexe 2. Liste des photographies aériennes

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL
PHOTO THEQUE NATIONALE

MISPHOT

LE 03/08/94

CRITERES UTILISES :

COMMUNE COUVERTE : EYNE (PYRENEES-ORIENTALES)

1989 - F 2250-2450 - 1:30000 - P - Totale
1989 - F 2249-2449 - 1:30000 - P - Partielle (31 %)
1988 - IFN 66 - 1:17000 - P - Totale
1985 - F 2250 - 1:30000 - P - Totale
1985 - F 2249-2549 - 1:30000 - P - Partielle (30 %)
1983 - F 2350-2450 - 1:30000 - P - Partielle (73 %)
1980 - F 2250-2550 - 1:30000 - P - Totale
1980 - F 2149-2549 - 1:30000 - P - Partielle (28 %)
1979 - FR 7025 - 1:60000 - P - Totale
1978 - FR 3011 - 1:17000 - - Totale
1974 - F 2350 - 1:30000 - P - Partielle (86 %)
1974 - F 2349-2449 - 1:30000 - P - Partielle (1 %)
1969 - F 2250 - 1:25000 - P - Partielle (99 %)
1969 - F 2249 - 1:25000 - P - Partielle (22 %)
1968 - CDP 5583 - 1:8000 - P - Partielle (4 %)
1966 - F 2250 - 1:40000 - P - Partielle (100 %)
1966 - F 2250-2350 - 1:15000 - IR - Partielle (68 %)
1966 - F 2249 - 1:40000 - P - Partielle (23 %)
1965 - FR 942 - 1:8000 - P - Partielle (16 %)
1962 - F 2250-2350 - 1:25000 - P - Partielle (99 %)
1962 - F 2149-2249 - 1:25000 - P - Partielle (21 %)
1962 - F 2249 - 1:17500 - P - Partielle (16 %)
1961 - CDP 1659 - 1:8000 - P - Partielle (26 %)
1953 - F 2250-2550 - 1:25000 - P - Partielle (97 %)
1942 - F 2250-2350 - 1:20000 - P - Partielle (90 %)
1942 - F 2149-2249 - 1:20000 - P - Partielle (26 %)
1935 - NP9 - 1:15000 - P - Partielle (1 %)

==== 27 MISSIONS POUR CETTE REQUETE ====

*** FIN DE LA LISTE ***

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1. Introduction générale	1
1.2. L'écosystème montagnard	2
2. CADRE DE L'ETUDE	3
2.1. Localisation	3
2.2. Topohydrographie	5
2.2.1. Relief	5
2.2.2. Hydrographie	5
2.2.3. Géologie	5
2.3. Climat	6
2.4. Végétation	8
2.4.1. Zonation	8
2.4.2. Orientation de la commune	9
2.4.3. Typologie CORINE	9
2.5. Eyne et sa biodiversité	10
3. ACTIVITES HUMAINES	11
3.1. Historique	11
3.2. Situation actuelle	15
3.2.1. Culture et élevage	15
3.2.2. Exploitation forestière	16
3.2.3. Chasse	16
3.2.4. Tourisme	16
4. LES BOURDONS	17
4.1. Pourquoi étudier les bourdons ?	17
4.2. Systématique	17
4.3. Difficultés systématiques du groupe	18
4.4. Biologie	19
4.4.1. Cycle de vie	19
4.4.2. Choix floraux	20
4.5. Distribution biogéographique	21
5. OBJECTIFS	22
6 MATERIEL ET METHODE	23
6.1. Origine des données	23
6.1.1. Récolteurs	23
6.1.2. Données écologiques	23
6.1.3. Relevés phytosociologiques	25
6.1.4 Localisation des activités agricoles	26
6.2. Précision des données	26
6.3. Identification des spécimens	27
6.4. Gestion des données	27

6.5. Photographies aériennes	29
6.6. Méthode de photo-interprétation	29
6.7. Traitement statistique des données	30
6.7.1. Méthode d'estimation de la diversité spécifique	30
6.7.2. Test de Kolmogorov-Smirnov	31
6.7.3. Méthode d'ordination: Analyse en Composante Principale (ACP).....	32
7. RESULTATS et DISCUSSION	33
7.1. Richesse de la faune de bourdons d'Eyne.....	33
7.2 Données cartographiques.....	34
7.2.1 Evolution spacio-temporelle brute de l'occupation du sol	34
7.2.3. Evaluation quantitative.....	38
7.3. Corrélation des données cartographiques et fauniques	44
7.3.1. Diversité de la faune de bourdons au niveau de la zone de travail.....	44
7.3.2. Pertinence du choix des milieux.....	45
7.3.3. Indices de diversité et d'originalité	46
7.3.4. Répartition des bourdons en fonction des différents milieux	47
8. DISCUSSION GENERALE	51
8.1. Diversité de la commune d'Eyne	51
8.2. Structuration faunique sur base de la physionomie végétale.....	51
8.3. Influence des interventions humaines sur la conservation du patrimoine faunique ...	53
9. CONCLUSION.....	54
<i>Annexe 1. Liste des des espèces et des sous espèces de bourdons à Eyne.....</i>	<i>58</i>
<i>Annexe 2. Liste des photographies aériennes</i>	<i>59</i>



Photo 1. Eyne (Pyrénées-Orientales), plateau autour du village. (Photo P. Rasmont)



Photo 2. Eyne (Pyrénées-Orientales), Réserve Naturelle de la Vallée d'Eyne. La végétation dominante du bas du vallon est la forêt de pin à crochets (*Pinus uncinata* Miller)
(Photo P. Rasmont)



Photo 3. Culture de seigle. S. Viart à la Coma d'en Llanes, 1620m (Photo P.Rasmont)



Photo 4. Prés de fauche. E.-A. Durieux près d'El Moli, 1500m (Photo P. Rasmont)



Photo 5. Pâturage. S. Iserbyt près du dolmen, 1560m (Photo P. Rasmont)



Photo 6. Pâturage avec recru de pin. Font d'El Sastre, 1600m (Photo P. Rasmont)



Photo 7. Milieu habité : le village d'Eyne, 1570m (Photo J.-F. Godeau)



Photo 8. Haies et talus près du village d'Eyne (1600 m) (Photo J.-F. Godeau)