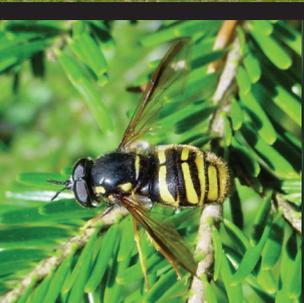


Le syrpe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

Des insectes comme outils d'analyse
et de gestion des réserves naturelles
de Haute-Savoie



Speight M.C.D., Sarthou V.,
Sarthou J.P., Castella E., 2007

Editorial

Asters – Conservatoire départemental des espaces naturels de Haute-Savoie – est gestionnaire des 9 réserves naturelles du département. Six d'entre elles s'étendent sur 21 000 hectares de territoires de montagne.

Asters a le plaisir de vous présenter ici les travaux menés sur ces réserves concernant les syrphes (cousins des mouches, taons et moustiques) comme indicateurs de la santé des milieux naturels.

Sur la base d'un réseau de sites de suivis déterminé par le gestionnaire, des études approfondies ont été menées par des chercheurs, sur ces insectes des pelouses subalpines et alpines d'une part, sur ceux de forêts mûres d'autre part.

Ces travaux ont apporté un diagnostic fin sur des milieux naturels complexes, par la mosaïque de microhabitats et par les structures paysagères au sein desquelles ils s'insèrent. De plus, tous ces habitats, bien que naturels, reflètent l'influence d'une anthropisation plus ou moins récente et intense.

Au-delà des diagnostics, des mesures de gestion sont proposées par les équipes de chercheurs.

Ces suggestions seront reprises par Asters, en fonction des autres enjeux de gestion (flore, grande faune, activités humaines, etc.) avant d'être intégrées dans les plans de gestion des réserves naturelles.

Asters tient à remercier tous les chercheurs impliqués, Martin C.D. Speight, Véronique Sarthou, Jean-Pierre Sarthou, et Emmanuel Castella pour leur travail et la qualité des échanges et réflexions menés autour de leurs investigations.

Au nom du Conservatoire, je vous souhaite une bonne et enrichissante découverte.

*Le Directeur,
François ORLIAC*

- 1. Les Syrphes et la base de données "Syrph-the-Net" (StN)**
 - 1.1. Qu'est-ce qu'un syrphé ?**
 - 1.2. Pourquoi utiliser les syrphes ?**
 - 1.3. Comment peut-on utiliser les syrphes dans la gestion de la biodiversité ?**
 - 1.3.1. Estimer la performance d'un habitat dans le maintien de la biodiversité
 - 1.3.2. Le concept d'habitat employé dans StN
 - 1.3.3. Le codage du lien entre espèces et habitats
 - 1.3.4. Prédire la liste d'espèces attendues sur un site.
 - 1.3.5. Comparer une liste d'espèces prédites avec une liste d'espèces observées
- 2. Exemples d'utilisation de la base de données StN pour l'évaluation de sites dans les réserves naturelles de Haute-Savoie**
 - 2.1. Dans les pelouses et landes sub-alpines**
 - 2.1.1. Protocole d'étude
 - 2.1.2. Résultats généraux
 - 2.1.3. Le site d'Anterne (Sixt)
 - 2.1.4. Le site de Carlaveyron
 - 2.1.5. Le site de Passy
 - 2.1.6. Le cas des espèces observées mais non prédites
 - 2.1.7. Discussion
 - 2.1.8. Recommandations de gestion
 - 2.1.9. Conclusion
- 2.2. En forêts : exemple de l'évaluation de vieilles pécrières et de milieux associés**
 - 2.2.1. Vallée de Chamonix et des Contamines-Montjoie, sites et habitats représentés
 - 2.2.2. Echantillonnage et identification des Syrphidae
 - 2.2.3. Analyse faunistique et patrimoniale
 - 2.2.4. Analyse écologique
 - 2.2.4.1. Comparaison entre les espèces prédites et les espèces observées
 - 2.2.4.2. Espèces manquantes
 - 2.2.4.3. Espèces inattendues
 - 2.2.5. Conclusion et propositions de gestion
- 2.3. Conclusion**
- 3. D'autres utilisations possibles de la base de données**
 - 3.1. Des exemples à des échelles spatiales et temporelles multiples...**
 - 3.2. Où en sommes-nous aujourd'hui ?**

1. Les Syrphes et la base de données "Syrph-the-Net" (StN)

L'insecte sur la photo 1 est un syrphe, connu du nord de la Scandinavie aux Pyrénées, présent dans de nombreux types de paysages boisés, le long des haies et dans les jardins. Lorsqu'il est posé sur une fleur, on peut aisément le prendre pour une sorte de guêpe et éprouver une certaine réputation à essayer de le saisir et à le regarder de plus près. Pourquoi est-ce un diptère et, en particulier, un syrphe?

1.1. Qu'est-ce qu'un syrphe ?

Les Syrphidae sont une famille de Diptères (comme les taons, les moustiques, les mouches...). Les Diptères sont l'équivalent d'autres groupes d'insectes comme les Coléoptères (coccinelles, carabes...) ou les Odonates (libellules). L'une des plus importantes caractéristiques distinctives des Diptères est indiquée par leur nom : Di-ptère, deux ailes, renvoyant au fait que les adultes de ces insectes ont une seule paire d'ailes membraneuses, comme le montre la photo 1. Chez les Diptères, la seconde paire d'ailes présente normalement chez les insectes, a été transformée en une paire d'organes gyroscopiques stabilisateurs, connus sous le nom d'haltères ou balanciers. Ces petites structures pédonculées, au sommet dilaté et bulbeux, sont localisées juste en arrière des ailes normales mais sont difficiles à apercevoir sur une photographie. Une seconde caractéristique de nombreux Diptères, syrphes inclus, réside en une modification importante des pièces buccales : les mandibules ont disparu et ont été remplacées par une structure spongieuse, le labelle, au travers de laquelle ces insectes absorbent la majeure partie de leur nourriture (voir photo 1). Tous les Diptères n'ont pas les mêmes pièces buccales : un autre type fréquent est celui consistant en des pièces sclérifiées, en forme de seringue comme on le rencontre chez les moustiques et les taons.

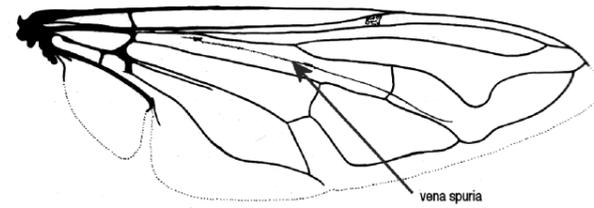


Figure 1 - Aile de syrphe

Il y a approximativement 850 espèces de syrphes connues en Europe et un peu plus de 510 en France. La majorité présente une caractéristique sur les ailes, pratique pour distinguer les syrphes des autres Diptères, à savoir une fausse veine ou *vena spuria* (voir figure 1), localisée près du centre de l'aile et plus ou moins parallèle à l'axe longitudinal de celle-ci. La plumule est une seconde caractéristique utile, elle ressemble à une petite plume veloutée, localisée sur le côté du thorax, sous la base de l'aile. Cette curieuse petite structure chémoréceptrice¹ n'est pas très bien étudiée, mais elle est presque exclusive aux Syrphes. De nombreux syrphes ont une ressemblance générale avec les abeilles ou les guêpes et certains ont un si bon mimétisme qu'il est difficile de les distinguer de leur modèle. Ceci est vrai pour l'une des espèces européennes les plus fréquentes et les plus largement réparties, *Eristalis tenax* (photo 2), qui ressemble étroitement à l'abeille domestique dont il est presque impossible de la distinguer quand elle est en vol (ses pattes postérieures qui possèdent un fémur et un tibia épaissis et repliés l'un contre l'autre, imitant même les pelotes de pollen). *E. tenax* passe le plus clair de son temps posé sur les fleurs, profitant de la protection que lui offre sa présence à l'endroit exact où l'on s'attend à trouver une abeille. Les espèces de *Chrysotoxum* (photo 3) ont une ressemblance frappante avec les guêpes sociales (*Vespula*) et *Volucella bombylans* (photo 4) ressemble quant à lui, de manière parfaite à un bourdon (*Bombus*). Il existe également des ressemblances avec des guêpes ou des abeilles solitaires. *Sphiximorpha subsessilis* (photo 5), par exemple, ressemble à une guêpe euménide². Mais de nombreux syrphes, comme les espèces des genres *Baccha* (photo 6) ou *Brachyopa* (photo 7) ne semblent pas avoir de ressemblance particulière, alors que d'autres telles *Syrphus ribesii* ou de nombreuses espèces de *Cheilosia*, ne ressemblent que vaguement à des guêpes ou des abeilles.

(1) Chémorécepteur : terminaison nerveuse capable de détecter des substances chimiques et de relayer cette information vers le système nerveux

Les syrphes adultes se nourrissent de nectar et de pollen. Ils tirent le nectar principalement de fleurs jaunes ou blanches, car leurs pièces buccales relativement courtes, ne leur permettent pas d'exploiter les fleurs nectarifères à corolle profonde, très fréquemment ornées d'une coloration rose, rouge ou bleu. Les mâles se nourrissent principalement de nectar alors que les femelles se nourrissent aussi abondamment de pollen, qui leur procure les protéines dont elles ont besoin pour la maturation des œufs. Les plantes à fleurs anémophiles³, comme les pins, les coquelicots, les plantains et les poacées sont fréquemment utilisées par les syrphes comme source de pollen. Certaines espèces sont spécialisées dans la récupération du pollen déposé sur les feuilles des arbres, arbustes et buissons, dont elles lèchent consciencieusement la surface avec leur labelle.

Les stades de développement des larves de syrphes ont une apparence radicalement différente de celle de l'adulte. De l'œuf émerge une larve à corps mou. On trouve de nombreux modes de développement différents parmi les genres de syrphes et les larves sont également variées dans leur morphologie. Alors que beaucoup d'espèces ont une larve en forme d'asticot, celles de *Microdon* (photo 8 et 9) qui se développent dans les fourmilières où elles mangent les larves de fourmis) ressemblent si peu à un asticot qu'elles ont au départ été décrites comme un genre de limace et plus de 50 ans se sont écoulés avant que l'on ne découvre que ces "limaces" donnaient en fait un syrphe à la fin de leur développement. La larve ou ver "queue de rat" est une autre forme larvaire de syrphe, une forme aquatique dont la queue est en fait un tube respiratoire télescopique par lequel les larves assurent leur alimentation en air dans une eau souvent désoxygénée. Il existe aussi des larves dont le corps porte latéralement ou dorsalement, un arrangement compliqué d'excroissances sclérifiées en forme de pointes ou de lamelles, transformant celles-ci en véritables petits "monstres". De nombreuses larves sont relativement bien pigmentées, mais d'autres sont d'un brun pâle uniforme et plus ou moins cylindrique, avec peu de signes distinctifs évidents.

(2) Euménide : guêpes solitaires maçonnnes voisines des Vespinae construisant des petits nids de boue séchée

(3) Anémophile : définition généralement admise : plante pollinisée par le vent et sans nectar. Utilisation dans StN : plante ne produisant pas de nectar

(4) Aleurode ou mouche blanche : petit insecte ravageur qui sévit principalement sous serre

(5) Psylle : insecte homoptère piquant les plantes et perturbant la circulation de la sève

(6) Hélophyte : plante enracinée sous l'eau, mais dont les tiges, les fleurs et feuilles sont aériennes.

Les spécialisations alimentaires des larves de syrphes sont également variées. Certains genres ont des larves prédatrices. Elles consomment de petits insectes à corps mou comme les pucerons, aleurodes⁴, psylles⁵ et des larves d'hyménoptères sociaux (photo 10). D'autres sont phytophages (elles se nourrissent de tissus végétaux) et de nombreuses autres microphages ou saprophages (elles se nourrissent de matière organique plus ou moins humide voire détrempée ou en décomposition).

La plupart des phytophages forent les feuilles, la base des tiges, les grosses racines ou les bulbes des plantes non ligneuses, mais il en existe quelques unes spécialisées dans l'utilisation des carpophores (mycophages) de grands champignons basidiomycètes. Les larves saprophages utilisent une large palette de tissus de plantes en décomposition, se nourrissant pour partie d'organismes microscopiques et pour l'autre des tissus en décomposition eux-mêmes. Beaucoup de ces larves sont subaquatiques ou aquatiques, les formes subaquatiques vivent dans la boue ou la vase humide riche en débris de plantes, dans les bouses de vache, la végétation pourrissante de dépressions inondées de façon saisonnière dans les prairies ou les forêts, ou les tas de compost. D'autres utilisent les coulées de sèves sur les arbres, le bois humide et pourrissant, etc.

Les larves aquatiques (photo 11) se trouvent dans les tiges en décomposition de plantes aquatiques ou d'hélophytes⁶ comme les *Typha*, dans les tapis de plantes flottantes comme la *Glyceria*, dans la vase riche en débris organiques, dans les collections d'eau de pluie, les trous d'arbres remplis d'eau et même dans des mares peu profondes contenant des algues en décomposition dans la zone des embruns de plages rocheuses.

Les trois stades larvaires des syrphes sont suivis d'un stade de repos, le puparium ou puppe, qui est l'équivalent de la chrysalide chez les Lépidoptères ou de la nymphe chez les Coléoptères. C'est avant tout une phase de démantèlement et de reconstruction des tissus qui aboutit lors de l'émergence hors de la puppe à un syrphe adulte complètement formé.

1.2. Pourquoi utiliser les syrphes ?

Il y a beaucoup de groupes d'insectes et d'autres arthropodes qui diffèrent largement les uns des autres par le degré de pertinence de leur utilisation en tant qu'outils dans les études sur la biodiversité. Certains d'entre eux sont très difficiles à identifier, non seulement parce que la littérature existante est dispersée entre de nombreux journaux de langues variées, mais aussi parce que ces insectes n'ayant pas été assez étudiés, les clés existantes ne sont pas opérationnelles et mènent souvent à des identifications incorrectes. Le cas des guêpes parasitoïdes comme les Ichneumonidés est révélateur : de nombreuses espèces ne peuvent être identifiées car elles n'ont jamais été décrites. A eux seuls ces problèmes rendent de nombreux groupes impossibles à utiliser dans les études sur la biodiversité.

Par contraste, la littérature utile à l'identification des syrphes, est aujourd'hui bien accessible et la majorité des espèces peut être identifiée avec certitude, même s'il reste un petit nombre d'espèces posant problème. Quelques syrphes nouveaux pour la science sont encore décrits en Europe chaque année, mais ils proviennent principalement de la partie sud-est du continent. Dans un pays vaste comme la France, un petit nombre d'espèces est ajouté presque chaque année à la liste nationale, mais ces ajouts concernent généralement des espèces qui sont connues ailleurs, plutôt que des espèces nouvelles pour la science. Globalement, la liste des syrphes de France est maintenant suffisamment fiable pour y rendre possible leur utilisation comme outil dans les études sur la biodiversité.

Un second problème majeur réside dans le fait qu'il n'existe souvent pas assez d'informations sur ces espèces pour pouvoir les utiliser comme indicateurs. Les abeilles solitaires (Halictidés, Apidés, etc.) pourraient être considérées comme de bons candidats, mais on ne connaît pas assez l'écologie de nombre d'entre elles. Rassembler les informations pertinentes sur un groupe d'espèces particulier nécessite un temps et des efforts considérables. Effectuer cette démarche pour un groupe d'insectes comme les abeilles solitaires serait en grande partie improductif. En revanche, suffisamment d'informations sont disponibles sur les habitats, microhabitats et traits de vie de plus de 95%

des espèces françaises de syrphes. Leur codage dans une base de données rend toutes ces informations disponibles et utilisables pour des non spécialistes.

Un autre point important à considérer dans l'emploi d'un groupe d'invertébrés en évaluation écologique, est la gamme de types d'écosystèmes qu'il permet de couvrir. Par exemple, bien que les libellules (Odonates) puissent être identifiées de manière fiable au stade adulte et que beaucoup d'informations utiles soient disponibles à leur sujet, elles apportent peu d'information sur les écosystèmes hormis les plans d'eau où elles se développent. De la même façon, les carabes (Coléoptères), bien que très utilisés dans certains types d'études écologiques, ne sont révélateurs que du sol et des premiers centimètres de la végétation de la strate herbacée. Parce que les différentes espèces de syrphes occupent différents compartiments de l'écosystème, elles peuvent fournir des informations sur toutes les strates verticales des milieux, de la zone racinaire des graminées jusqu'à la canopée des arbres dominants en forêt. Elles sont également présentes dans une large gamme de types d'habitats : il existe des espèces caractéristiques de presque tous les habitats présents en France, excepté les habitats aquatiques des lacs et rivières, les falaises et les grottes. Un dernier, et inhabituel, attribut des syrphes méritant d'être souligné, est le fait que, comme indiqué précédemment, trois groupes trophiques sont représentés au sein des larves de cette seule famille de Diptères : espèces phytophages, espèces zoophages et espèces saprophages. Cette caractéristique remarquable permet ainsi de "couvrir" trois niveaux fondamentaux des réseaux trophiques d'un écosystème avec un seul "outil taxonomique".

Les critères logistiques sont aussi à considérer. Les études sur la biodiversité nécessitent presque inévitablement la collecte d'échantillons sur le terrain. Ainsi, il s'agit de savoir s'il existe une technique standardisée d'échantillonnage du groupe d'insectes retenu. De même, le temps nécessaire à la campagne de terrain est important. Les organismes pouvant être échantillonnés rapidement et de manière fiable et standardisée sont clairement préférables à ceux qui ne le peuvent pas. Par exemple, il n'existe pas de méthode de piégeage fiable pour beaucoup de coléoptères des vieilles



Photo 1 – *Syrphus torvus*



Photo 2 – *Eristalis tenax*



Photo 3 – *Chrysotoxum cautum*



Photo 4 – *Volucella bombylans*



Photo 5 – *Sphiximorpha subsessilis*



Photo 6 – *Baccha elongata*

classiques pièges fenêtre ou à vitre ne collectent qu'une partie de la coléoptérofaune d'une forêt), il faut donc que des spécialistes les recherchent en utilisant des techniques variées nécessitant du temps et des efforts difficiles à standardiser. Ceci rend ces coléoptères très difficiles à utiliser en tant qu'outil, bien qu'ils puissent fournir des informations précieuses sur la qualité des sites. Par contraste, les syrphes peuvent être collectés de manière standardisée et représentative de la syrphidofaune d'une forêt, en utilisant des pièges Malaise (photo 12). Même si la pose des pièges est réalisée de façon optimale avec l'aide de spécialistes, ceux-ci ne sont pas indispensables à la récolte et au changement des flacons lors du déroulement de l'étude sur le terrain. En outre, la taille de la zone de capture d'une seule tente Malaise assure que le matériel qu'elle collecte apporte des informations au-delà du voisinage immédiat du piège, rendant l'emploi des pièges Malaise adéquat pour une étude à l'échelle du paysage. Les flacons utilisés pour la collecte peuvent aussi être utilisés pour le stockage des échantillons. Le tri des insectes pour l'extraction des syrphes peut alors être réalisé plus tard, à l'œil nu ou sous loupe binoculaire et les spécimens sont immédiatement disponibles pour l'identification.

Enfin, il y a un avantage à utiliser les syrphes qui les rend quasiment uniques parmi les invertébrés terrestres : les informations dont on a besoin pour l'interprétation des listes d'espèces ont déjà été codées dans une base de données. Elles sont disponibles pour ceux qui souhaitent les utiliser dans des procédures d'analyse, sous la forme de la base de données "Syrph-the-Net" (StN). StN couvre actuellement plus de 650 espèces européennes de syrphes.

1.3. Comment peut-on utiliser les syrphes dans la gestion de la biodiversité ?

Il existe plusieurs concepts de biodiversité, mais il est généralement admis que l'unité de base de la biodiversité est l'espèce, en particulier dans une perspective de gestion des milieux. En terme de nombre d'espèces, les invertébrés représentent environ 75% de la biodiversité européenne.

1.3.1. Estimer la performance d'un habitat dans le maintien de la biodiversité.

Le maintien de la biodiversité peut être considéré comme une fonction des habitats. La performance de cette fonction dans un habitat particulier peut être évaluée et ensuite modifiée par la gestion. L'évaluation du niveau de performance d'un site peut être réalisée par comparaison entre la biodiversité *attendue* de la combinaison d'habitats présents sur le site et sa biodiversité *observée*. La base de données StN est conçue pour produire des listes d'espèces attendues pour des combinaisons d'habitats donnés. C'est un exemple d'utilisation de l'approche "système expert" dans la gestion de la biodiversité. Un système expert peut être défini comme un programme informatique dans lequel a été incorporé la connaissance d'experts sur un sujet particulier, de telle manière que des non-experts puissent l'utiliser pour prendre des décisions, faire des évaluations ou tirer des déductions.

1.3.2. Le concept d'habitat employé dans StN.

Les catégories d'habitats utilisées dans la base de données StN sont celles du système européen CORINE et de son dérivé, le système EUNIS. Les catégories d'habitats de StN sont définies comme dans "CORINE". Elles correspondent par conséquent aussi aux catégories d'habitats désignées dans la Directive Habitat et son manuel associé. Toutefois, dans StN, ces catégories d'habitats sont appelées "macrohabitats" pour les distinguer des catégories de "microhabitats" aussi codées dans la base de données. Quand des spécialistes parlent d'"habitat" d'une espèce d'insectes, ils font fréquemment référence à son "microhabitat" dans le sens où ce dernier est utilisé dans la base de données StN. Dans cette dernière, les "microhabitats" sont des caractéristiques structurales identifiables des macrohabitats, auxquels les stades de développement des syrphes sont associés. Ainsi, la larve de chaque espèce de syrphes est associée avec un ou plusieurs microhabitats, les différentes espèces pouvant occuper différents compartiments d'un même macrohabitat, à l'image de différentes personnes occupant les différents appartements d'un même immeuble. Sur un arbre surmature par exemple, les larves de certaines espèces de syrphes vont habiter le feuillage, d'autres les racines pourrissantes de l'arbre.

Les larves d'un autre groupe d'espèces seront dans une cavité à terreau du tronc (photo 13), un autre groupe encore sera présent dans les coulées de sève. Des branches pourrissantes, tombées sur le sol, procureront enfin le microhabitat des larves d'un autre cortège d'espèces. Dans le même sens, la végétation de la strate herbacée, la zone de litière du sol, les buissons et arbustes ont tous leur cortège distinctif d'espèces de syrphes, de même que les différents habitats aquatiques et semi-aquatiques.

1.3.3. Le codage du lien entre espèces et habitats.

Les espèces d'invertébrés peuvent présenter, autant vis-à-vis des macro- que des microhabitats, une fidélité considérable. C'est pourquoi cette information, si elle est connue, peut être codée numériquement dans une base de données.

La fidélité à l'habitat se manifeste très bien chez les syrphes et permet de coder numériquement si elle est connue, l'association des espèces tant avec les micro- qu'avec les macrohabitats dans la base de données StN. Au moins 75% de la faune des syrphes d'Europe est maintenant codée dans la base de données. Ce codage repose sur deux types de sources : publiées et non publiées. Les sources non publiées, c'est-à-dire les informations acquises par les syrphidologues européens, mais qu'ils n'ont

jamais eu le temps ou l'opportunité de publier, sont d'une grande importance. En effet, sans les connaissances personnelles des syrphidologues de différentes parties de l'Europe, de la Norvège à l'Espagne et de l'Irlande à la Serbie, la constitution de la base de données aurait été impossible.

Les données de macro- et microhabitats sont codées dans la base en utilisant un système simplifié de codage à "logique floue", comme dans le tableau 1 qui montre un extrait de la feuille Macrohabitats de StN, relatif à la catégorie "forêt humide de hêtres" ("Humid *Fagus* forest"). Les espèces peuvent être associées avec plus d'une catégorie de ce macrohabitat. Inévitablement, chaque personne peut avoir sa propre perception de ce qu'est un habitat comme la forêt humide de hêtre et pour optimiser la standardisation de l'interprétation, chaque catégorie utilisée dans la base de données est pourvue d'une définition.

1.3.4. Prédire la liste d'espèces attendues sur un site.

Pour produire la liste des espèces prédites pour un site en utilisant StN, il est nécessaire de prospecter celui-ci afin d'établir quels sont les habitats présents. Une fois établie la liste des habitats présents, il est possible d'utiliser le fichier Macrohabitats de StN pour identifier les espèces de syrphes associées à ces habitats. Mais seule une partie de

MACROHABITAT : SPECIES	Humid <i>Fagus</i> forest			
	(general)	overmature	mature	saplings
<i>Sphegina atrolutea</i>	1	1	1	
<i>Sphegina clavata</i>	2	2	2	
<i>Sphegina clunipes</i>	2	2	2	
<i>Sphegina cornifera</i>				
<i>Sphegina elegans</i>	3	3	2	
<i>Sphegina latifrons</i>	1	1	1	
<i>Sphegina limbipennis</i>	3	2		
<i>Sphegina montana</i>	2	2		
<i>Sphegina platychira</i>				
<i>Sphegina sibirica</i>				
<i>Sphegina spheginea</i>	1	1	1	
<i>Sphegina sublatifrons</i>				
<i>Sphegina varifacies</i>	2	2	2	
<i>Sphegina verecunda</i>	3	2	1	

Tableau 1. Extrait de la feuille Macrohabitat de la base de données StN, montrant le codage à logique floue. Les espèces qui sont codées "2" ou "3" pour la catégorie "Humid *Fagus* forest" sont les espèces qui seront prédites comme étant associées à cet habitat. Les espèces codées "1" seront attendues dans cet habitat seulement dans des conditions particulières (précisées par ailleurs) et les espèces à cellule vide ne sont pas connues pour être associées avec ce type d'habitat. Le code "3" est utilisé pour signifier un très haut degré d'association (l'habitat favori d'une espèce).

la faune européenne peut effectivement être représentée sur le site, où que ce site soit localisé en Europe, à cause des limites imposées par le climat régional, la géologie, la latitude etc. Il est ensuite nécessaire d'extraire de la liste précédente les syrphes existant effectivement dans la région où le site est localisé. La liste régionale des syrphes est l'expression de la biodiversité syrphidienne maximale qui peut être attendue n'importe où dans la région. Dans le cas de la France, les départements sont des unités géographiques bien définies d'une échelle appropriée pour fonctionner comme région dans ce contexte. La liste des espèces de chaque département est disponible sur internet sur le site SYRFID (Sarhou & Monteil, 2006). Le département français possédant actuellement la plus longue liste de syrphes connus est la Haute-Savoie (plus de 360 espèces).

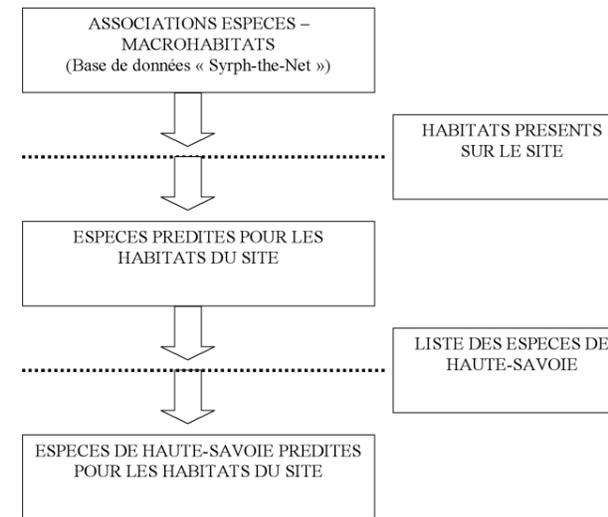


Figure 2 - Procédure conduisant à une liste d'espèces prédites pour un site de Haute-Savoie. Les habitats présents sur le site sont utilisés pour éliminer les espèces associées à d'autres types d'habitats. La liste des espèces de Haute-Savoie est utilisée pour éliminer les espèces qui ne sont pas connues pour le département.

Ainsi, en utilisant les données d'association espèce/habitat pour un macrohabitat particulier, en conjonction avec une liste régionale de syrphes, il est alors possible de prédire la liste d'espèces de syrphes potentiellement associées à cet habitat dans cette région. Cet exercice peut être mené à bien pour tous les habitats présents sur un site, on engendre ainsi une liste de toutes les espèces qui peuvent être présentes (figure 2).

1.3.5. Comparer une liste d'espèces prédites avec une liste d'espèces observées

Grâce à la comparaison de la liste des espèces prédites pour un site avec celle des espèces observées sur celui-ci, on peut établir quel est le pourcentage d'espèces prédites effectivement observées, ceci à la fois pour le site dans son ensemble et pour chaque habitat pris isolément (figure 3). La comparaison de ces pourcentages les uns avec les autres permet de hiérarchiser les habitats du point de vue du rôle qu'ils jouent dans le maintien local de la biodiversité. Étant donné qu'il est fort inhabituel pour n'importe quel site en dessous de 2000m d'altitude de ne pas avoir été influencé par l'activité humaine, on ne peut habituellement pas s'attendre à trouver une faune entièrement "naturelle", c'est-à-dire complète. Il est donc très rare d'observer sur un site, 100% des espèces prédites. Par exemple, dans une forêt exploitée, on ne permet que rarement aux arbres de vivre longtemps et de mourir vieux. La conséquence est en général un manque de vieux arbres et donc un déficit de syrphes associés à ces vieux arbres, ainsi la faune attendue pour un site forestier n'est quasiment jamais observée à 100%. (figure 4)

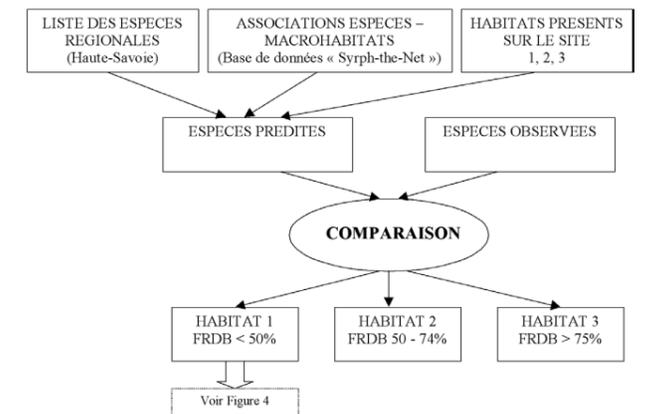


Figure 3 - Utilisation des listes d'espèces prédites et observées pour identifier les habitats à faible fonction de "réservoir de diversité biologique" (FRDB). Un habitat pour lequel moins de 50% des espèces attendues sont présentes est considéré comme déficient et nécessitant une investigation plus poussée.

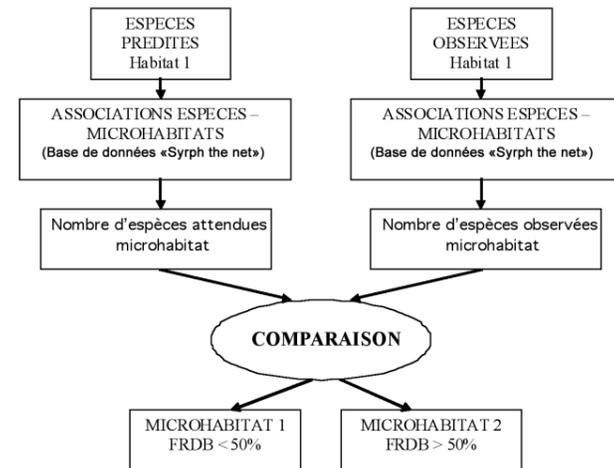


Figure 4 - Utilisation des listes d'espèces prédites et observées pour l'analyse d'un habitat ("habitat 1") afin d'identifier les microhabitats déficients du point de vue de la FRDB.

La gestion de la biodiversité implique l'intention de ne pas seulement maintenir la biodiversité existante mais aussi de prendre des mesures de restauration, là où l'on estime que le niveau de biodiversité n'est pas atteint de manière adéquate. Lors de l'utilisation de StN, cela revient à rechercher les moyens d'améliorer la gestion des habitats qui ont montré la plus faible représentation d'espèces prédites sur un site donné.

Lorsqu'un macrohabitat est identifié comme "sous-performant", eu égard au maintien de la biodiversité, il est possible de rechercher si la sous-performance est générale ou due au dysfonctionnement d'un compartiment particulier de l'habitat. Ceci peut être réalisé en regardant plus attentivement les listes d'espèces prédites et d'espèces observées pour ce macrohabitat.

Les listes d'espèces prédites et d'espèces observées pour un macrohabitat sous-performant peuvent être utilisées au niveau du microhabitat en comparant la représentation des espèces prédites pour chaque microhabitat. On établit alors, pour chaque microhabitat, quel pourcentage d'espèces prédites est effectivement observé sur le site. A partir de cette comparaison, des microhabitats en deçà de leur potentiel peuvent fréquemment être identifiés. Puisque les microhabitats sont eux-mêmes des éléments structuraux des macrohabitats, l'identification d'un microhabitat sous-performant correspond à l'identification d'une structure qui

est en deçà de son potentiel. Il est alors possible d'envisager l'impact de la gestion existante sur cette structure et s'il est possible ou non de modifier cette gestion pour augmenter la biodiversité. En forêt par exemple, les microhabitats de vieux arbres sont souvent considérés comme en deçà de leurs possibilités, à cause du manque de vieux arbres, démontrant le besoin de laisser une plus grande proportion d'arbres vieillir et mourir sur place, afin d'augmenter la biodiversité.

2. Exemples d'utilisation de la base de données StN pour l'évaluation de sites dans les réserves naturelles de Haute-Savoie

2.1. Dans les pelouses et landes sub-alpines

Ce premier exemple a été développé dans le cadre d'études menées sur la diversité biologique et la gestion des secteurs des réserves naturelles de Haute-Savoie (voir carte 1) inclus dans le réseau Natura 2000. Le Comité Scientifique des réserves naturelles de Haute-Savoie avait sélectionné plusieurs sites de pelouses et de landes sub-alpines en réserve dans le massif Arve-Giffre afin d'y étudier la faune des syrphes durant l'année 2004. Ces sites ont été essentiellement sélectionnés sur la base de leurs caractéristiques phytosociologiques (présence d'habitats d'intérêt communautaire). L'objectif de l'étude était de fournir la base d'un inventaire de ces insectes dans de tels milieux et d'interpréter la faune syrphidologique de ces sites, d'en tirer des conclusions sur leur état écologique et de proposer des recommandations de gestion.

2.1.1. Protocole d'étude.

Des pièges d'interception de type "Malaise" ont été installés dans les sites choisis (photos 14 à 19; voir page 45). Dans chacun des sites (Carlaveyron, Sixt (Anterne) et Passy) deux sous-sites ont été sélectionnés. Les habitats (au sens de la base StN) présents dans chacun d'entre eux ont été inventoriés. Deux pièges Malaise ont été installés dans chaque sous-site fin juin. Une fois en place sur les pièges, les bouteilles d'échantillonnage contenant de l'alcool dénaturé (c. 70°), ont été remplacées par les gardes toutes les deux semaines, jusqu'à la fin de la première quinzaine de septembre.



Photo 7 - *Brachyopa insensilis*



Photo 8 - *Microdon analis*



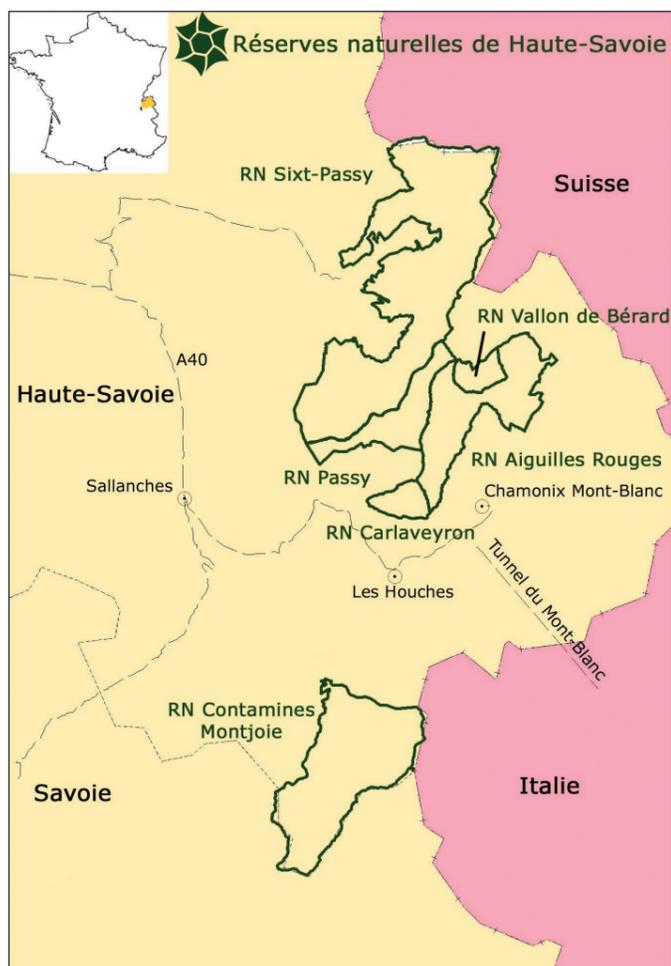
Photo 9 - Larve de *Microdon analis* et fourmis



Photo 10 - Larve de syrphé (*Episyrphus balteatus*) prédatrice (aphidiphage)



Photo 11 – Larve aquatique de syrphe (*Eristalis* sp.)



Carte 1 – Localisation des réserves naturelles de Haute-Savoie



Photo 12 – Tente Malaise



Photo 13 – Cavité à terreau d'un tronc

Les habitats observés dans chacun des sites sont les suivants :

Sixt / Anterne

- A1 : pelouse neutro-basophile, non amendée, des étages montagnard et subalpin (*Caricion ferrugineae*) avec suintements (*Caricion davalliana*), CORINE 36.41, 36.51 et 38.3.
- A2 : lande alpine (*Rhododendron/Vaccinium*) avec suintements, CORINE 31.4 .
- A3 : mégaphorbiaie des étages montagnard et subalpin (*Adenostylion*), CORINE 37.8.
- A4 : aulnaie verte (*Alnus viridis*) de l'étage alpin, avec zones ouvertes herbeuses, CORINE 31.611.

Carlaveyron

- C1 : pelouse alpine, acidophile, non amendée (*Caricion curvulae*), CORINE 36.34 .
- C2 : lande alpine (avec *Azalea/Vaccinium* : "landine"), CORINE 31.4 .

Passy

- P1 : pelouse alpine, basophile, non amendée (*Seslerion*), CORINE 36.4 .
- P2 : mosaïque de pelouse alpine, acidophile, non amendée (*Nardion strictii*) et de lande alpine (*Loiseleurion*), CORINE 36.31, 31.4 .
- P3 : moraine calcaire et éboulis.

L'interprétation des listes d'espèces issues de la campagne d'échantillonnage a été effectuée à l'aide de la base de données "StN" conformément aux procédures décrites dans le chapitre précédent.

Dans cette étude, l'objectif était d'évaluer, dans chacun des sites, le rôle respectif des différents macro- et microhabitats en tant que "réservoir de diversité biologique" pour l'écosystème. La "fonction de réservoir de diversité biologique" (FRDB) peut être considérée comme maximale lorsque les listes d'espèces prédites et observées coïncident. La comparaison des listes d'espèces prédites et observées a d'abord été menée à l'échelle des macrohabitats, afin d'identifier ceux présentant une faible FRDB. En l'absence d'une mesure absolue de la FRDB, des seuils standards ont été utilisés : si moins de 50% des espèces prédites pour un habitat sont observées, celui-ci est considéré

comme ne remplissant pas sa fonction de réservoir; si 50-74% des espèces prédites sont observées, la FRDB est considérée comme raisonnablement accomplie et si 75% ou plus des espèces prédites sont observées, la FRDB du site est considérée comme bonne à très bonne. Ce système simple de mesure de la FRDB a été employé dans cette étude pour évaluer les macro- et microhabitats.

Les macrohabitats à faible FRDB ont été ensuite analysés plus finement afin d'identifier, parmi les microhabitats qui les composent, ceux potentiellement responsables du dysfonctionnement. Cette procédure est la même que celle conduite à l'échelle des macrohabitats. Enfin, pour les microhabitats identifiés à leur tour comme présentant un dysfonctionnement, la représentation de certaines caractéristiques biologiques ou écologiques ("traits") au sein des espèces prédites et des espèces observées a été à son tour analysée.

2.1.2. Résultats généraux

L'objectif étant de formuler des recommandations de gestion à l'échelle du site, les résultats sont présentés ici uniquement à l'échelle des sites et des habitats (quelle que soit leur localisation à l'intérieur des sites). Les stations d'échantillonnage (pièges individuels) et les sous-sites n'ont fait l'objet d'aucune tentative de comparaison.

L'absence de données pour la deuxième moitié du mois de juin dans le site de Carlaveyron est due aux mauvaises conditions météorologiques ayant retardé l'installation des pièges Malaise. Pour ce même site, des dommages occasionnés à certains pièges par les moutons ont rendu fragmentaire l'échantillonnage de la deuxième quinzaine d'août et empêché celui du mois de septembre. En conséquence, les sites d'Anterne (Sixt) et de Passy comptent chacun 24 échantillons, alors que le site de Carlaveyron n'en compte que 20, 3 d'entre eux étant par ailleurs endommagés et incomplets.

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

Tableau 2 – Nombre d'individus de chaque espèce de Syrphidae échantillonnés par pièges Malaise en trois sites de Haute-Savoie (été 2004).

ESPECES	SIXT	CARLAVEYRON	PASSY
<i>Arctophila bombiforme</i> (Fallen), 1810	3		
<i>Baccha elongata</i> (Fabricius), 1775	1	1	
<i>Cheilosia derasa</i> Loew, 1857	5		
<i>Cheilosia grisella</i> Becker, 1894	1	1	1
<i>Cheilosia impudens</i> Becker, 1894	1		
<i>Cheilosia melanura</i> Becker, 1894			1
<i>Cheilosia montana</i> Egger, 1860	1		
<i>Cheilosia nivalis</i> Becker, 1894	1		4
<i>Cheilosia rhynchops</i> Egger, 1860	2		
<i>Cheilosia scutellata</i> (Fallen), 1817			1
<i>Cheilosia vangaveri</i> Timon-David, 1937		1	1
<i>Cheilosia vicina</i> (Zetterstedt), 1849	7		
<i>Chrysotoxum fasciatum</i> (Muller), 1764	4		1
<i>Chrysotoxum fasciolatum</i> (de Geer), 1776	1		
<i>Chrysotoxum festivum</i> (L.), 1758			1
<i>Criorhina berberina</i> (Fabricius), 1805	3	1	
<i>Dasysyrphus pinastri</i> (DeGeer), 1776 sensu Doczkal, 1996		2	
<i>Epistrophella euchroma</i> (Kowarz), 1885			1
<i>Episyrphus balteatus</i> (DeGeer), 1776	51	18	32
<i>Eristalis pertinax</i> (Scopoli), 1763	1		
<i>Eristalis similis</i> (Fallen), 1817	23	1	
<i>Eristalis tenax</i> (L.), 1758	4	1	3
<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius), 1794	25	17	55
<i>Eupeodes latifasciatus</i> (Macquart), 1829	1		
<i>Eupeodes luniger</i> (Meigen), 1822	8	17	12
<i>Eupeodes nielsenii</i> (Dusek & Laska), 1976	1		
<i>Eupeodes nitens</i> (Zetterstedt), 1843	2	2	
<i>Lapposyrphus lapponicus</i> (Zetterstedt), 1838	1	1	1
<i>Melanostoma dubium</i> (Zetterstedt), 1838	27	12	43
<i>Melanostoma mellinum</i> (L.), 1758	14	10	70
<i>Melanostoma scalare</i> (Fabricius), 1794	2		
<i>Meligramma cincta</i> (Fallen), 1817		1	9
<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen), 1822	2		3
<i>Merodon rufus</i> Meigen, 1838	1		
<i>Paragus haemorrhous</i> Meigen, 1822			1
<i>Paragus punctulatus</i> Zetterstedt, 1838			3
<i>Parasyrphus lineolus</i> (Zetterstedt), 1843			1
<i>Parasyrphus macularis</i> (Zetterstedt), 1843	2		
<i>Parasyrphus vittiger</i> (Zetterstedt), 1843			1
<i>Pipiza noctiluca</i> L., 1758	1		3
<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius), 1781	3	2	6
<i>Platycheirus angustatus</i> (Zetterstedt), 1843			1

Tableau 2 – (suite)

ESPECES	SIXT	CARLAVEYRON	PASSY
<i>Platycheirus angustipes</i> Goeldlin, 1974	20		
<i>Platycheirus clypeatus</i> (Meigen), 1822	3		
<i>Platycheirus manicatus</i> (Meigen), 1822		1	1
<i>Platycheirus melanopsis</i> Loew, 1856		2	1
<i>Platycheirus nielsenii</i> Vockeroth, 1990	1		
<i>Platycheirus splendidus</i> Rotheray, 1998	1		
<i>Scaeva pyrastris</i> (L.), 1758	2	15	11
<i>Scaeva selenitica</i> (Meigen), 1822	5	4	24
<i>Sphaerophoria fatarum</i> Goeldlin, 1989	1	4	11
<i>Sphaerophoria interrupta</i> (Fabricius), 1805	6	1	58
<i>Sphaerophoria scripta</i> (L.), 1758	61	23	144
<i>Syrphocheilosia claviventris</i> (Strobl), 1909		1	1
<i>Syrphus ribesii</i> (L.), 1758	11	3	2
<i>Syrphus torvus</i> Osten-Sacken, 1875	1	2	
<i>Volucella bombylans</i> (L.), 1758	6		3
<i>Xanthandrus comtus</i> (Harris), 1780	1		5
<i>Xylota jakutorum</i> Bagatshanova, 1980	1		
NOMBRE DE JOURS-PIEGES	334	235	341
NOMBRE D'ESPECES	44	26	35
NOMBRE D'INDIVIDUS	319	144	516

Le tableau 2 (page précédente) présente, par site, le nombre de spécimens échantillonnés pour chaque espèce de syrpe. Au total, 979 individus appartenant à 59 espèces ont été capturés, ce qui représente approximativement 20% de la faune syrphidologique de Haute-Savoie.

Le tableau 3 indique qu'aucune des espèces échantillonnées au cours de cette campagne n'est menacée au niveau européen ou national (Speight et al, 2004). Aucune espèce ne peut être considérée comme endémique européenne à aire de répartition restreinte.

La comparaison de la faune prédite et de la faune observée conduit à trois groupes d'espèces : 1) les espèces de Haute-Savoie prédites pour les sites

d'étude mais non observées, 2) les espèces prédites et effectivement observées, 3) les espèces observées sans avoir été prédites. Dans l'ensemble, moins de 50% des espèces prédites ont été observées et les espèces observées sont essentiellement représentées par des espèces non-prédites (tableau 4).

Dans tous les sites, les espèces migratrices représentent une minorité des espèces prédites, mais une large majorité des espèces observées, particulièrement dans les sites de Passy et de Carlaveyron (figure 5). Le terme "migrateur" est employé ici selon Aubert et al (1976) et Gatter et Schmid (1990), pour indiquer les espèces très mobiles, connues pour parcourir de grandes distances à l'état adulte.

Tableau 3. Nombre d'espèces observées dans chaque site, appartenant à différentes catégories de statut et de distribution.

	Sixt/Anterne	Carlaveyron	Passy
Espèces menacées au niveau européen	0	0	0
Espèces menacées en France	0	0	0
Espèces endémiques européennes à distribution restreinte	0	0	0
Espèces endémiques à l'Europe	6	3	4

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

Deux éléments conduisent à penser que les espèces "indigènes", c'est-à-dire présentes toute l'année, ne constituent qu'une minorité de la faune de ces deux sites : les espèces migratrices, par définition, peuvent provenir d'ailleurs, et aucune d'entre elles n'est probablement en mesure de survivre dans ces sites en hiver. Cette supposition contraste fortement avec les prédictions. La figure 6 présente, pour différents types de pelouses, la proportion de la faune syrphidologique de Haute-Savoie caractérisée par une, deux ou plus de deux générations par an. Les espèces prédites dans les différents types de pelouses non amendées (de plaine, de l'étage montagnard et de l'étage alpin) se distinguent entre elles par le nombre de générations annuelles : en effet, alors que les espèces polyvoltines dominent dans les pelouses de plaine, les espèces univoltines dominent dans les pelouses alpines.

Au contraire, les espèces observées (dans les pelouses alpines uniquement ; listes combinées des trois sites pour la campagne 2004) montrent que ce sont les espèces bi- et polyvoltines qui dominent dans les pelouses alpines non amendées (figure 6). Alors que, parmi les espèces prédites pour ce type de pelouse (alpine non amendée) mais non observées, la proportion des espèces univoltines est très importante (figure 7). De ce fait, la faune des pelouses subalpines est mal représentée sur le site.

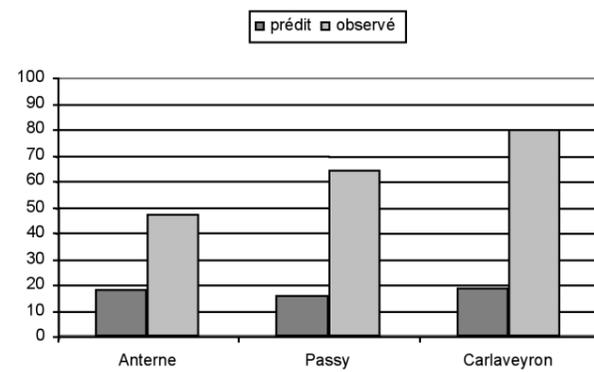


Figure 5 - Pourcentages d'espèces migratrices dans les listes d'espèces prédites ou observées des trois sites.

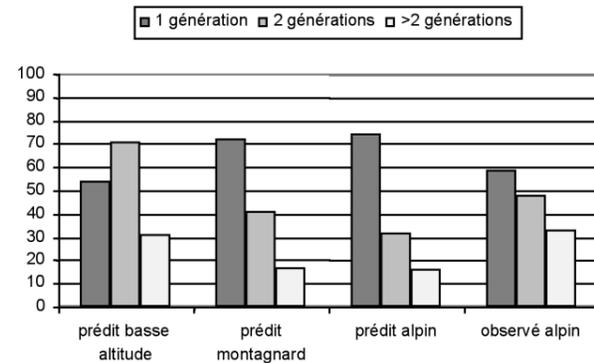


Figure 6 - Pourcentage du nombre d'espèces de pelouses non amendées en Haute-Savoie en fonction de leur nombre de générations par année (espèces migrantes comprises).

	Sixt/Anterne	Carlaveyron	Passy
Espèces prédites et non observées	49	35	43
Espèces prédites et observées	23	16	22
% sp prédites observées	32	31	34
Espèces non prédites	21	10	13
% sp non prédites	48	39	37

Tableau 4. Nombres d'espèces dans différentes catégories d'occurrence.

Habitats du site Sixt / Anterne	% espèces prédites observées.
A1	36
A2	39
A3	44
A4	60

Tableau 5. Proportion d'espèces prédites observées sur le site de Sixt / Anterne pour chaque type d'habitat (espèces migrantes comprises).

A1 : pelouse calcaire non-amendée (*Caricion ferrugineae*) avec suintements (*Caricion davallianae*);
 A2 : lande alpine (*Rhododendron/Vaccinium*) avec suintements;
 A3 : mégaphorbiaie (*Adenostylion*);
 A4 : fourrés à *Alnus viridis* avec zones herbeuses ouvertes.

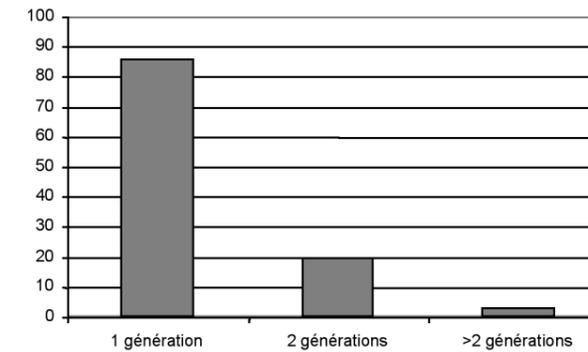


Figure 7 - Pourcentage du nombre d'espèces de pelouses non amendées alpines prédites, mais non observées, dans l'ensemble des sites étudiés, en fonction de leur nombre de générations par année.

2.1.3. Le site d'Anterne (Sixt)

La proportion d'espèces à la fois prédites et observées pour chacun des habitats du site d'Anterne est indiquée dans le tableau 5.

Les espèces prédites pour les pelouses de l'étage montagnard, les pelouses alpines et les landes sont moins bien représentées que les espèces prédites pour les mégaphorbiaies (*Adenostylion*) et les formations buissonnantes (*Alnus viridis*). Ces dernières constituent d'ailleurs le seul habitat pour lequel plus de 50% des espèces prédites ont effectivement été observées (tableau 5). Lorsque les espèces migratrices sont exclues, la proportion des espèces à la fois prédites et observées diminue fortement dans les pelouses (figure 8).

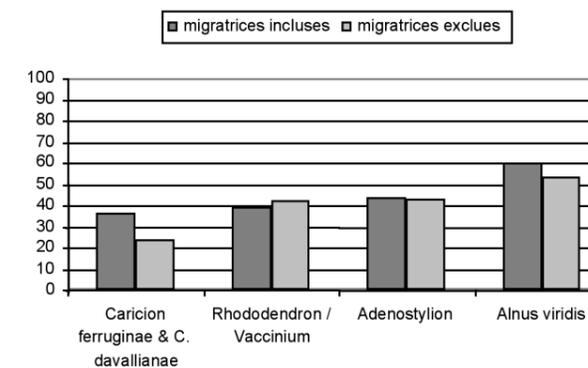


Figure 8 - Pourcentage d'espèces prédites observées dans chaque type d'habitat du site de Sixt/Anterne.

La figure 9 représente les espèces prédites à l'échelle des microhabitats constitutifs des pelouses du site d'Anterne. Elle montre que l'intégration, ou non, des espèces migratrices influence la représentation des espèces dont les larves vivent sur les herbes, alors que celle des espèces dont les larves vivent dans les tissus végétaux de la strate herbacée (larves phytophages). Les espèces à larves phytophages sont très faiblement représentées dans ce site, de même que les espèces dont les larves vivent dans des sols saturés en eau (i.e. la zone de suintement du *Caricion davallianae*).

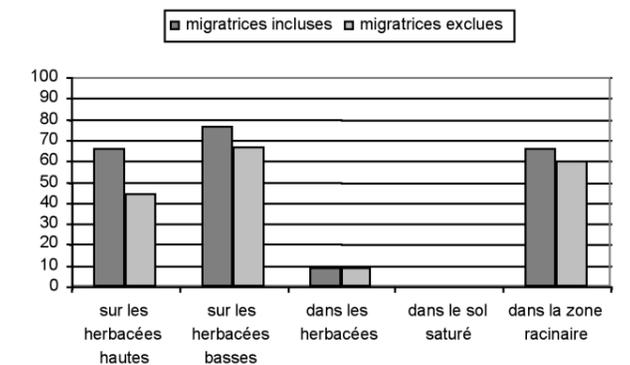


Figure 9 - Sixt/Anterne : Habitat A1 (pelouse calcaire non-amendée (*Caricion ferrugineae*) avec suintements (*Caricion davallianae*)). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

Pour les landes alpines et subalpines, l'intégration ou non, des espèces migratrices, demeure sans effet, aucune espèce migratrice n'étant prédite dans cet habitat (figure 10). En revanche, comme pour les pelouses, les représentations des espèces dont les larves vivent sur et dans les herbacées diffèrent fortement. Les espèces associées aux arbrisseaux nains sont également représentées, les landes alpines et subalpines intégrant de manière caractéristique cet élément, mais aucune des espèces prédites n'a été observée. Les pelouses et les landes sont les deux formations dans lesquelles la faune de syrphidae potentielle est la moins bien représentée. Dans les deux cas, ce sont les espèces dont les larves vivent dans les tissus végétaux de la strate herbacée (larves phytophages) qui sont particulièrement sous-représentées.

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

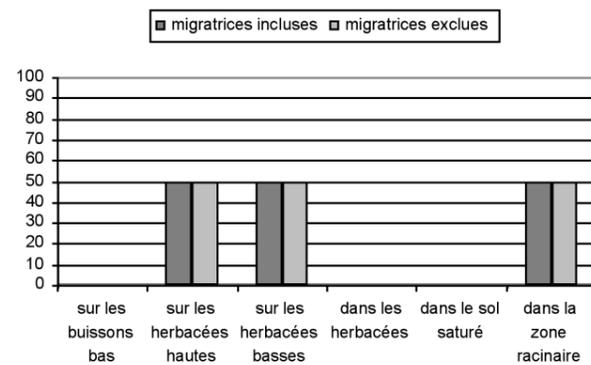


Figure 10 – Sixt/Anterne : Habitat A2 (lande alpine (Rhododendron/Vaccinium) avec suintements). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

A l'inverse des formations précédentes, dans l'*Adenostylion*, les espèces dont les larves sont phytophages ou vivent libres à l'intérieur de la zone racinaire, sont bien représentées. C'est le contraire pour les espèces dont les larves vivent sur les plantes herbacées (figure 11).

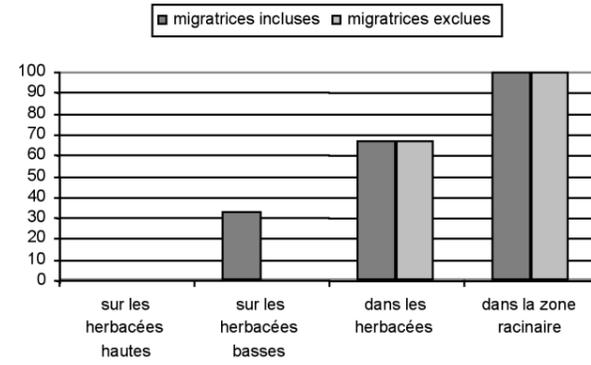


Figure 11 – Sixt/Anterne : Habitat A3 (mégaphorbiaie : *Adenostylion*). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

Des quatre habitats représentés dans le site d'Anterne, la formation buissonnante à *Alnus viridis* est la seule pour laquelle 50% des espèces prédites ont été observées (figure 8). Cette tendance est confirmée à l'échelle des microhabitats, puisque la représentation des espèces prédites et observées avoisine (ou dépasse) 50% dans les cinq microhabitats que comprend la formation, bien que les espèces non-migratrices observées, associées aux

buissons d'aulnes, soient représentées par moins de 50% des espèces attendues (figure 12).

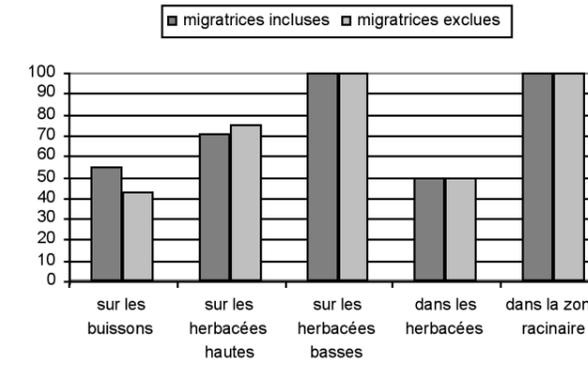


Figure 12 – Sixt/Anterne : Habitat A4 (fourrés à *Alnus viridis* avec zones herbeuses ouvertes). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

En conclusion pour le site d'Anterne, il s'avère qu'en dépit d'une représentation raisonnable de la faune prédite liée à la présence de certains microhabitats, aucune espèce observée ne peut être considérée comme menacée en France, ni même comme endémique à distribution restreinte pour l'Europe.

Le tableau 6 permet d'estimer la contribution de chacun des habitats de ce site au maintien de la diversité biologique : les pelouses agiraient essentiellement comme "réservoir" d'espèces pouvant également se rencontrer dans les autres habitats représentés. Ces derniers tendraient à abriter des espèces qui leur sont inféodées. Bien que n'ayant pas leur identité propre, les suintements des formations à *Carex davalliana* jouent eux aussi un rôle spécifique dans le maintien de la diversité biologique de ce site. En leur absence, deux espèces de syrphes, *Platycheirus clypeatus* et *P. angustipes*, n'y auraient pas été prédites.

2.1.4. Le site de Carlaveyron

Les espèces prédites pour les habitats du site de Carlaveyron, à savoir les pelouses alpines acidophiles non amendées (*Caricion curvulae*) et les landes alpines (avec *Loiseleuria/Vaccinium* : "landine"), sont sensiblement les mêmes. De plus, ces deux habitats constituent une mosaïque sur la plus grande surface du site. Pour simplifier la

présentation des résultats, ils ont donc été considérés ensemble et le site de Carlaveyron présenté comme une seule entité. Le tableau 4 indique que moins de 50% des espèces prédites dans ce site y ont effectivement été observées. Comme pour les pelouses du site d'Anterne (figure 8), seule une très faible proportion des espèces prédites, dont les larves vivent dans les tissus (phytophages), sont réellement présentes (figure 13). En revanche, les espèces migratrices jouent ici un rôle plus important dans la composition de la faune du site qu'à Anterne.

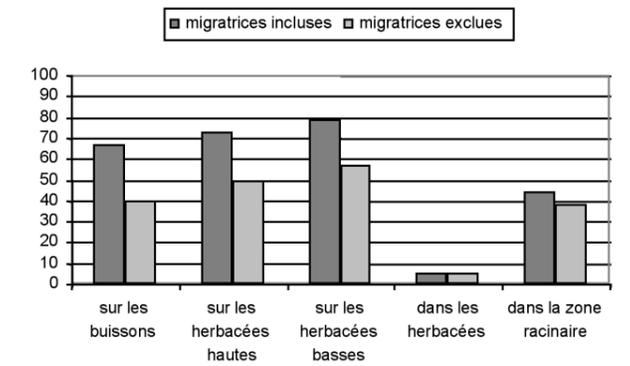


Figure 13 – Carlaveyron : Habitat C1/C2. Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

Le site de Carlaveyron, montre à la fois une gamme plus restreinte d'habitats que celui d'Anterne, et un chevauchement considérable entre les faunes des deux habitats qui le constituent. Aucune espèce n'est ni menacée, ni endémique à distribution restreinte en Europe. La présence de *Cheilosia vangaveri* et de *Syrphocheilosia claviventris*, espèces qui n'ont pas été observées à Anterne, témoigne du caractère plus alpin de ce site.

2.1.5. Le site de Passy

Dans aucun des habitats du site de Passy le pourcentage des espèces à la fois prédites et observées ne dépasse 50% (figure 14). Par deux aspects, les résultats du site de Passy montrent des similitudes avec ceux des sites d'Anterne et/ou de Carlaveyron. Premièrement, pour les mêmes microhabitats des pelouses et des landes alpines, les espèces prédites, dont les larves sont phytophages, sont également très faiblement représentées (figures 15 et 16). Deuxièmement, la contribution des

Tableau 6. Site de Sixt / Anterne : association des espèces prédites et observées avec les habitats présents sur le site.

Espèces non migratrices prédites et observées	Habitats prédits				Nb d'habitats prédits
	A1 Pelouse neutro-basophile	A2 Landes alpines	A3 Mégaphorbiaie	A4 Aulnaie	
<i>Cheilosia derasa</i>			1		1
<i>Cheilosia grisella</i>	1			1	2
<i>Cheilosia nivalis</i>				1	1
<i>Cheilosia rhynchops</i>			1		1
<i>Cheilosia vicina</i>	1			1	2
<i>Melanostoma dubium</i>	1	1			2
<i>Melanostoma scalare</i>	1		1	1	3
<i>Platycheirus albimanus</i>	1			1	2
<i>Platycheirus angustipes</i>	1	1			2
<i>Platycheirus clypeatus</i>		1			1
<i>Platycheirus splendidus</i>				1	1
<i>Sphaerophoria fatarum</i>	1	1			2
<i>Sphaerophoria interrupta</i>	1			1	2
<i>Syrphus torvus</i>				1	1
<i>Volucella bombylans</i>	1	1			2

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

espèces migratrices dans le cortège des espèces observées est importante, comme dans le site de Carlaveyron. Par ailleurs, le tableau 7 montre la contribution des deux principaux habitats du site au maintien de sa biodiversité. La quasi totalité des espèces non-migratrices prédites et observées dans les pelouses basophiles auraient ainsi été prédites dans les pelouses et les landes acidophiles également présentes sur le site.

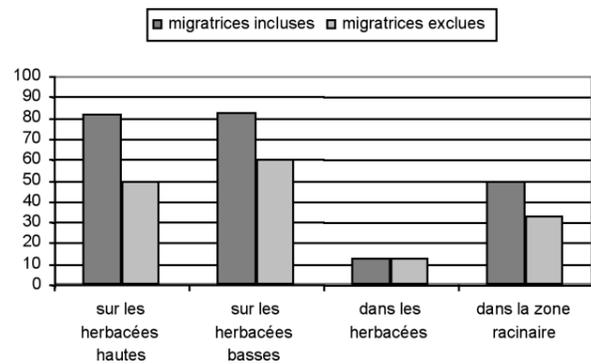


Figure 14 - Passy : Proportion d'espèces prédites et observées pour les habitats représentés sur le site.

Les deux espèces *Cheilosia vangaveri* et *Syrphocheilosia claviventris*, mentionnées à Carlaveyron sont également présentes sur le site de Passy, ainsi que *Paragus punctulatus*, espèce elle aussi principalement alpine. Dans ce site également, aucune espèce observée n'est ni menacée ni endémique à distribution restreinte. Il semblerait que les pelouses basophiles ne contribuent que peu à la faune du site, puisque les espèces observées, dont la présence était prédite dans cet habitat, l'auraient également été dans les pelouses et les landes acidophiles, alors qu'à l'inverse, un certain nombre d'espèces observées dans ces dernières n'auraient pas été prédites dans les pelouses basophiles.

Tableau 7. Site de Passy : association des espèces prédites et observées avec les habitats présents sur le site.

Espèces non migratrices prédites et observées	Habitats prédits		Nb d'habitats prédits
	P1	P2	
	Pelouse alpine basophile	Pelouses et landes alpines acidophiles	
<i>Cheilosia grisella</i>	1		1
<i>Cheilosia melanura</i>	1	1	2
<i>Cheilosia nivalis</i>		1	1
<i>Cheilosia vangaveri</i>	1	1	2
<i>Chrysotoxum fasciatum</i>		1	1
<i>Melanostoma dubium</i>	1	1	2
<i>Paragus haemorrhous</i>		1	1
<i>Paragus punctulatus</i>		1	1
<i>Platycheirus albimanus</i>		1	1
<i>Platycheirus melanopsis</i>		1	1
<i>Sphaerophoria fatarum</i>	1	1	2
<i>Sphaerophoria interrupta</i>	1	1	2
<i>Syrphocheilosia claviventris</i>	1	1	2
<i>Volucella bombylans</i>	1	1	2

Site	Espèces non prédites mais observées		
	total	Espèces migratrices	Autres espèces
Sixt/Anterne	21	6	15
Carlaveyron	10	4	6
Passy	13	8	5

Tableau 8. Caractère migrateur des espèces non prédites mais observées dans chaque site.

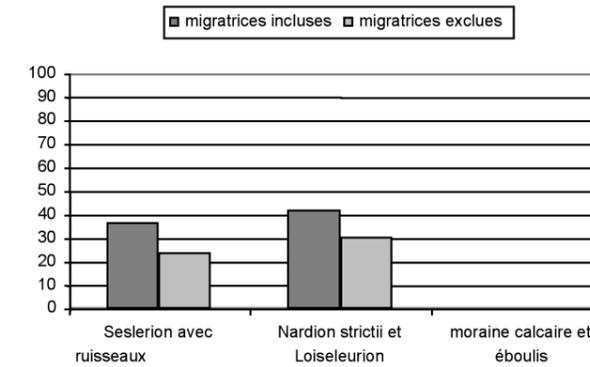


Figure 15 - Passy : Habitat P1 (pelouse calcaire non-amendée (Seslerion)). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

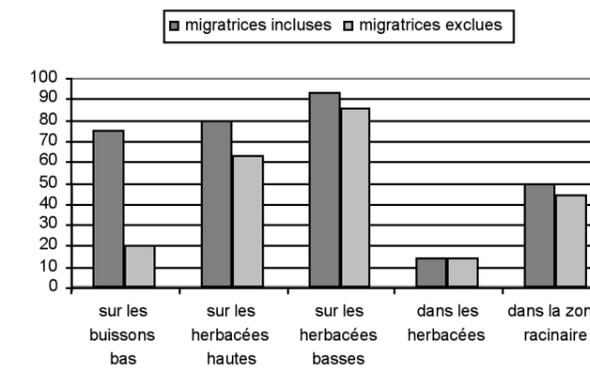


Figure 16 - Passy : Habitat P2 (mosaïque de pelouse alpine acidophile, non amendée (Nardion strictii) et de lande alpine (Loiseleurion)). Pourcentage de représentation sur le site des espèces prédites associées à différents types de microhabitats larvaires.

2.1.6. Le cas des espèces observées mais non prédites

Pour les sites d'Anterne, de Carlaveyron et de Passy, une proportion élevée d'espèces non prédites sur la base des habitats inventoriés a été observée (tableau 4). Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer la présence de ces espèces :

a) Parmi les espèces non prédites mais observées figure un nombre important d'espèces migratrices (tableau 8) qui, à en juger par les travaux d'Aubert et al (1976) au Col du Bretolet (frontière franco-suisse), sont capables de parcourir des distances importantes et auraient pu atteindre les pièges Malaise en provenance de lieux éloignés.

b) La forêt de *Picea* n'est présente (en tant qu'habitat) dans aucun des trois sites échantillonnés, mais elle recouvre néanmoins d'importantes surfaces dans leur voisinage, à plus faible altitude. Etant donné la mobilité des syrphidés adultes, il est justifié de se demander si la présence des espèces non-migratrices, observées mais non prédites, ne serait pas liée à ces forêts. Beaucoup d'entre elles auraient en effet été prédites en association avec cet habitat (tableau 9).

c) La forêt humide de *Fagus* pourrait, de la même façon, faire partie du voisinage des sites d'Anterne, de Carlaveyron et de Passy, à plus faible altitude. En réalité, cette forêt n'a été observée qu'autour de Passy, ayant été remplacée, dans le voisinage des deux autres sites, par la forêt de *Picea*. Parmi les espèces (observées mais non

Site	Espèces non-migratrices, non prédites mais observées		
	total	Espèces de forêts de <i>Picea</i>	Autres espèces
Sixt/Anterne	15	12	3
Carlaveyron	6	5	1
Passy	5	2	3

Tableau 9. Association aux forêts de *Picea* des espèces non-migratrices, non prédites mais observées dans chaque site.

Site	Espèces non prédites mais observées		
	total	Espèces de forêts de <i>Fagus</i>	Autres espèces
Sixt/Anterne	3	(1)	(2)
Carlaveyron	1	0	1
Passy	3	2	1

Tableau 10. Association aux forêts de *Fagus* des espèces non prédites mais observées dans chaque site.

prédites) du site de Passy, dont la présence reste encore à expliquer, deux auraient été prédites en association avec ce type de forêt (tableau 10). Dans le site d'Anterne la présence d'une espèce, peut également être prédite sur la base de cet habitat, mais des problèmes taxonomiques (voir plus bas), ne permettent pas d'interpréter facilement sa présence sur ce site. En revanche, la présence de forêt humide de *Fagus* ne permettrait pas d'éclaircir la présence de l'unique espèce du site de Carlaveyron encore inexplicitée (tableau 10).

Après exclusion des espèces migratrices, des espèces associées aux forêts de *Picea* ou de *Fagus*, la présence de cinq espèces observées mais non prédites demeure encore inexplicitée : *Cheilosia montana*, *Eupeodes nielsenii* (et *E.nitens*) dans le site d'Anterne, *Cheilosia grisella* dans le site de Carlaveyron et *Platycheirus angustatus* dans le site de Passy.

■ ***Cheilosia montana*** : Cette espèce se rencontre dans les pelouses alpines, basophiles, non amendées, plutôt que dans les pelouses de l'étage montagnard. Sa présence dans le site d'Anterne pourrait indiquer qu'elle occupe le *Seslerion* se trouvant dans le voisinage du site, mais qui n'a pas fait l'objet d'un échantillonnage.

■ ***Eupeodes nielsenii*** : C'est un insecte des forêts humides de pins, comprenant *P. cembra* et *P. mugo* dans les Alpes. La présence de cette espèce sur le site d'Anterne pourrait trouver une explication si des massifs de ces deux essences ou de *P. sylvestris* étaient présents dans les environs, mais en leur absence, aucune explication évidente ne peut être fournie.

■ ***Eupeodes nitens*** : C'est une espèce particulière, en ce sens qu'elle est reconnue comme étant associée aux forêts humides de *Fagus* autant qu'aux pelouses alpines acidophiles non amendées. En revanche, elle n'est pas connue des pelouses basophiles non amendées, quel que soit l'étage de végétation. De toutes les espèces inexplicitées issues des données de l'année 2004, *E. nitens* est peut-être la plus intéressante, notamment parce que le matériel collecté montre des différences avec le matériel de référence, suggérant qu'un autre taxon pourrait être suspecté. *Eupeodes* est un genre taxonomiquement

difficile en Europe, comprenant un certain nombre de problèmes non résolus. Il ne serait pas surprenant que l'espèce "*E. nitens*" associée aux forêts de *Fagus* soit une espèce différente de celle des pelouses alpines. Malheureusement, le nombre réduit de spécimens récoltés dans le site d'Anterne ne permet pas de résoudre cette question.

■ ***Cheilosia grisella*** : C'est une espèce associée aux pelouses alpines, basophiles, non amendées, et non aux pelouses alpines acidophiles. Sa présence dans le site de Carlaveyron pourrait s'expliquer par l'existence dans la région de pelouses plus basophiles.

■ ***Platycheirus angustatus*** : C'est une espèce des zones humides de basse altitude, pouvant également se rencontrer dans les prairies humides. Dans les Alpes, elle est connue comme ne dépassant pas la zone à *Fagus*. La présence d'une femelle unique dans les échantillons de Passy ne trouve aucune explication simple et celle-ci ne peut qu'être considérée comme vagabonde

2.1.7. Discussion

A l'échelle des sites, la proportion des espèces à la fois prédites et observées est faible et signifie, en termes d'évaluation des milieux, qu'aucun d'entre eux n'aurait été identifié par le groupe des Syrphidae comme étant d'importance nationale ou internationale. L'analyse détaillée de la représentation des espèces prédites, à l'échelle de chacun des habitats qui constituent ces sites, révèle une certaine hétérogénéité, qui n'occulte cependant pas la très faible proportion des espèces prédites et observées dans tous les types de pelouses. Quand l'examen se poursuit à l'échelle des microhabitats, il apparaît clairement que les espèces, dont les larves vivent dans les tissus végétaux de la strate herbacée (larves phytophages), sont particulièrement sous-représentées, quels que soient les sites ou les types de pelouses. Une situation extrême est observée sur le site de Carlaveyron, pour lequel moins de 10% des espèces prédites de ce groupe ont été observées. Une flore herbacée particulièrement appauvrie constituerait l'explication la plus simple à ces observations.

La sous-représentation, dans ces données, des espèces de syrphes dont les larves sont phytophages demande un examen approfondi. En toute vraisemblance, cette sous-représentation ne s'explique ni par une période d'échantillonnage inappropriée, puisque celle-ci englobe la période de vol des espèces prédites, ni par une incapacité des pièges Malaise à échantillonner des surfaces suffisamment étendues, puisque des espèces en provenance d'habitats plus distants (par ex. forêts de *Picea*) ont été capturées en même temps que les espèces prédites.

Comparaison avec des données existantes

La comparaison avec des données acquises dans d'autres sites subalpins et alpins, ainsi qu'avec des données acquises avant et après l'été exceptionnel de 2003 constituerait certainement une aide précieuse. Malheureusement, aucun jeu de données existant n'est directement comparable. Dans l'étude de Aubert *et al* (1976), au Col du Bretolet, un unique piège d'interception (similaire en termes de fonctionnement au piège Malaise) avait été installé sur un quadrat permanent dans une pelouse alpine, pour un total de 844 jours de piégeage, sur une période de 12 ans (1962–1973). Dans la présente étude, le nombre total de jours de piégeage (tous pièges confondus) atteint 900, mais ne représente que l'année 2004. Dans leur étude, Aubert *et al* (1976) ont observé 75% des espèces qui auraient été prédites dans des pelouses alpines non amendées de la région de Haute-Savoie, parmi lesquelles 63% des espèces associées aux tissus végétaux. Les données du Col de Bretolet ne permettent ni de conclure que la base de données dans sa forme actuelle conduit à une "sur-prédiction" des espèces phytophages des pelouses alpines, ni de conclure qu'elle ne les "sur-prédit" pas.

Raisons de la sous-représentation des espèces phytophages

Dans le cas où la base de données "Syrph the Net" conduirait à une sur-représentation de toutes les espèces des habitats alpins, et particulièrement des espèces dont les larves sont phytophages, il ne serait pas facile de distinguer cet effet de ceux liés à la condition des sites, particulièrement du point de vue de leur strate herbacée.

Que la végétation herbacée des pelouses subalpines et alpines soit peu diversifiée dans ces sites ne constitue pas la question essentielle – ce problème peut être résolu par un examen botanique direct de la diversité spécifique de la strate herbacée. L'objectif réel est de déterminer si la sous-représentation des espèces de Syrphidae dont les larves sont associées aux végétaux de la strate herbacée, est liée à la diversité de cette strate dans les sites, ou si, au contraire, elle résulte d'artéfacts liés au programme d'échantillonnage ou aux méthodes utilisées pour l'interprétation des résultats.

Dans la mesure où plusieurs sites et différents habitats subalpins et alpins sont impliqués dans la présente étude, cette question peut en fait être examinée, à l'intérieur même de ce jeu de données. Les espèces phytophages prédites ne sont pas sous-représentées dans tous les habitats constituant ces sites. Dans l'*Adenostylion* du site d'Anterne par exemple, 60% des espèces phytophages prédites ont été en effet observées. De la même manière, la faune des syrphidés n'est pas sous-représentée dans tous les habitats subalpins et alpins des sites échantillonnés. Dans les communautés d'*Alnus viridis* du site d'Anterne, plus de 50% des espèces prédites ont effectivement été observées. Par ailleurs, à l'échelle des microhabitats, la représentation de la faune de plusieurs habitats pourrait être considérée comme bonne ou même très bonne.

Ces points, auxquels s'ajoute l'information selon laquelle la strate herbacée de ces sites aurait été considérablement endommagée par un pâturage chronique et intensif, suggèrent qu'il est raisonnable de conclure que l'apparente sous-représentation des espèces de syrphes phytophages dans ces sites est réelle, plutôt que le résultat d'artéfacts. Si tel est le cas, il est à la fois intéressant et préoccupant de constater que la faune actuelle des syrphidés témoigne encore d'un effet aussi prononcé, puisque la pression liée au pâturage semble avoir considérablement diminué au cours des 50 dernières années, du moins dans les sites d'Anterne et de Passy. Les informations floristiques contenues dans ASTERS (2003) pourraient également être ré-évaluées afin d'étudier si certaines espèces de plantes pouvant être attendues sur ces sites, sont effectivement manquantes.

En l'absence d'identification de facteurs externes, dont les effets seraient similaires à ceux du pâturage, la présomption, selon laquelle la faune syrphidologique de ces sites a été réduite par un pâturage intensif chronique dans le passé et n'a pas encore retrouvé toute sa diversité potentielle, demeure privilégiée. Par ailleurs, une forte pression (du point de vue de la flore et de la faune) semble s'exercer encore sur le site de Carlavayron. Néanmoins une explication complémentaire est que ce site, oligotrophe et donc pauvre en éléments minéraux biodisponibles pour la végétation, est intrinsèquement d'un faible intérêt pour l'entomofaune des pelouses subalpines, que ce soit avec ou sans pâturage. En l'absence d'herbivores domestiques, il évoluerait vers une lande subalpine et pourrait alors offrir une meilleure représentation des espèces associées à cet habitat que de celles associées aux pelouses subalpines.

Conditions météorologiques et cycle de vie des syrphes

L'absence de données comparatives, provenant d'autres sites subalpins ou alpins de Haute-Savoie ou d'autres régions alpines en 2004, ne permet pas de déterminer avec certitude l'effet sur les résultats de la présente étude, des conditions météorologiques exceptionnelles, qui ont prévalu dans les Alpes au cours de l'été 2003, (Chuine *et al*, 2004; Luterbacher *et al*, 2004). Il serait surprenant que ces conditions exceptionnelles n'aient en rien affecté la faune des habitats subalpins et alpins de Haute-Savoie, puisque de nombreuses espèces impliquées sont univoltines, c'est-à-dire que le développement larvaire des individus adultes en 2004 s'est précisément effectué en 2003. Il pourrait d'ailleurs en être de même pour les espèces divoltines capturées jusqu'en juillet 2004 (compris). La sur-représentation des espèces polyvoltines dans les pelouses alpines pourrait être le reflet d'un effet régional autant que d'un effet propre aux sites échantillonnés, mais il témoigne certainement de l'absence de nombreuses espèces univoltines prédites pour ces sites et non observées.

La sur-représentation des espèces migratrices dans ces sites pourrait également trouver une explication dans les conditions exceptionnelles de 2003. Bien que collectées dans ces sites en tant

qu'adultes, et potentiellement capables d'y effectuer au moins une génération durant les mois d'été, ces espèces migratrices, toutes polyvoltines, n'ont probablement pas survécu à l'hiver dans ces habitats subalpins et alpins mais ont dû arriver dans ces sites à partir d'habitats de plus basse altitude, dans lesquels elles se sont développées. En conséquence, la faune de ces sites se caractérise non seulement par la sous-représentation des espèces univoltines (dont aucune n'est par ailleurs migratrice), mais aussi par une proportion importante d'espèces très mobiles provenant potentiellement de sites de plus basse altitude.

Conditions météorologiques et espèces à larves phytophages

Si le lien entre la faible représentation des espèces non migratrices et les conditions extrêmes de l'été 2003 est relativement facile à établir, la relation entre la sous-représentation des espèces phytophages et ces mêmes conditions n'apparaît pas de manière aussi évidente. Une hypothèse consiste à proposer que l'été 2003 aurait provoqué la perte d'espèces végétales de la strate herbacée dans les sites échantillonnés et ainsi la perte des espèces phytophages qui en dépendaient.

Il n'est pas du ressort de cette étude de déterminer si une telle diminution de la diversité de la strate herbacée dans ces sites est due, ou non, aux conditions de l'été 2003. Mais la question demeure probablement ouverte à une investigation par un suivi botanique.

S'il est établi que la flore de la strate herbacée a été affectée par les conditions météorologiques de l'été 2003, il serait raisonnable d'attendre qu'elle se reconstitue à partir de stocks de graines et de propagules in-situ (en supposant que des conditions estivales similaires ne se reproduisent pas dans un avenir proche, ce qui n'est toutefois pas irréaliste, voir Schär *et al*, 2004). Les conséquences risquent cependant d'être plus sérieuses pour les syrphidés et pour d'autres insectes, ces organismes ne pouvant pas compter sur des formes de survie qui leur permettraient de résister aux conditions adverses, et à partir desquelles ils pourraient recoloniser le site après le retour de conditions favorables. Dans la mesure où les conditions extrêmes de l'été 2003 ont vraisemblablement touché

d'importantes surfaces dans les Alpes, et pas uniquement les sites échantillonnés, la recolonisation de ces sites (par des espèces victimes des conséquences de l'été 2003), pourrait prendre un temps relativement long.

Si, au contraire, il est établi que l'appauvrissement de la faune des syrphidés de ces sites résulte d'une longue période de pâturage intensif dans le passé, il est d'ores et déjà évident que la recolonisation prend beaucoup de temps. Il est par ailleurs probable que cette situation n'évolue pas de manière rapide dans la mesure où la strate herbacée demeure appauvrie.

2.1.8. Recommandations de gestion

Le suivi des syrphidés dans ces trois sites en 2004 avait comme objectifs, d'une part d'établir un inventaire de base, d'autre part de fournir des recommandations de gestion basées sur les résultats du suivi. La réalisation de ces deux objectifs a probablement été contrariée par les conditions extrêmes qui ont prévalu dans cette partie des Alpes au cours de l'été précédent. De plus, en l'absence d'un suivi de ces sites, et du suivi de sites équivalents non soumis à de longues années de pâturage intensif, l'identification du facteur principalement responsable de la faiblesse de la faune syrphidologique observée (conditions de l'été 2003 ou pâturage intensif) reste difficile. Mais, quelle que soit la cause de cette faible richesse, la faune syrphidologique actuelle de ces trois sites suggère clairement que la gestion ne devrait pas être orientée vers le *maintien*, mais vers la *restauration* de la diversité biologique.

Si à l'avenir des données démontrent que la pauvreté de la faune observée est probablement liée aux conditions exceptionnelles de l'année 2003, il n'y aurait que peu d'actions de gestion qui pourraient améliorer la situation – particulièrement si l'on doit accepter que ces conditions sont la manifestation du phénomène connu sous le nom de "réchauffement climatique". Si au contraire il y a des raisons de conclure que le pâturage intensif et chronique de ces sites par du bétail dans le passé constitue la raison principale de la faible richesse de la faune actuelle, certaines options de gestion peuvent valoir la peine d'être prise en considération.

Dans le cas où l'objectif principal de gestion serait le *maintien* de la diversité biologique, et non sa restauration, le plus important serait d'assurer que le pâturage par le bétail ne soit pas renforcé dans le site d'Anterne, ni dans celui de Passy, et que le broutage par des ongulés sauvages n'augmente pas dans ces sites de manière significative. Il paraît très discutable de souhaiter maintenir l'état du site de Carlavayron sous une forte pression de pâturage.

Dans le cas d'une *restauration* du site d'Anterne, le caractère de sa faune conduirait à considérer le site comme montagnard plutôt que comme subalpin/alpin. Dans ce cas, une expansion progressive de la couverture forestière pourrait être attendue si l'intensité actuelle de la pression de pâturage diminue, à moins que le broutage par les ongulés sauvages n'inhibe d'ores et déjà la régénération des espèces ligneuses. Même si des tentatives sont faites pour gérer activement la zone dans le voisinage immédiat des stations d'échantillonnage des habitats subalpins, il n'y aurait aucune garantie que cela aurait pour résultat une augmentation de la composante subalpine de la faune, puisque, d'après l'entomofaune, cette zone semble plus faire partie de la zone montagnarde que de la zone subalpine. Une étude sur la pression exercée par les ongulés dans ce site pourrait s'avérer révélatrice. En effet, même un faible degré de broutage peut apparemment inhiber la floraison et la production de graines de la strate herbacée (Hülber *et al*, 2004) et pourrait retarder la reconstitution de la strate herbacée et de la faune associée, même si le pâturage par le bétail n'existe plus.

Le nombre d'espèces de syrphes, associées aux forêts de *Picea*, qui atteignent déjà ce site suggère qu'une augmentation de la couverture de la forêt serait accompagnée d'une augmentation de la diversité des espèces forestières du site. Si la pression actuellement exercée par le broutage des ongulés s'avère sans conséquences pour le rétablissement de la strate herbacée, on doit alors présumer que l'échec du rétablissement de cette flore indique, soit une absence de sources de repeuplement, soit une faible perméabilité du paysage, soit les deux. Ceci pose la question de l'intérêt et de la faisabilité de la réintroduction dans ce site d'espèces herbacées, actuellement manquantes, à la fois typiques de Haute-Savoie et caractéristiques

de ces pelouses. Alors que la réintroduction d'espèces est considérée par certaines écoles de biologie de la conservation comme étant un " sacrilège " ou ressemblant davantage à du " jardinage " qu'à de la gestion, il faut reconnaître qu'elle représente potentiellement un réel outil bénéfique pour la restauration écologique. A titre d'expérience, si *Sempervivum* est absent de ces sites et s'il est possible de le réintroduire, il serait intéressant de voir si sa colonisation par *Cheilosia caerulea*, espèce subalpine commune présente en Haute-Savoie, se produit ou non.

La réintroduction sélective d'espèces de l'*Adenostylion* sur le site d'Anterne pourrait attirer des espèces de syrphes nectarivores à larves prédatrices, utilisant les fleurs d'une large gamme de plantes nectarifères, et peut-être même des espèces phytophages, exigeant des plantes hôtes particulières pour leur développement. Cette mesure bénéficierait certainement aussi à d'autres insectes se nourrissant de plantes. Si une telle réintroduction était considérée, il est peut-être justifié de noter que si les abeilles et les guêpes sont en mesure d'utiliser les fleurs des légumineuses, la plupart des autres insectes visitant les fleurs (incluant la grande majorité des syrphidés) ne le peuvent pas et utilisent de préférence les fleurs dont le nectar est facilement disponible, comme les composées et les ombellifères.

En dépit d'une pression de pâturage encore bien réelle et de données incomplètes (dans des proportions inconnues) en raison des dommages occasionnés par le bétail, la faune syrphidologique du site de Carlaveyron est finalement à peine plus pauvre que celle des deux autres sites. Si le pâturage représente la cause principale probable de la faible richesse faunistique observée en 2004 dans les sites d'Anterne et de Passy, il en découle que la restauration de la diversité biologique du site de Carlaveyron passera en premier lieu par la réduction de la pression du pâturage, sans quoi aucune autre mesure ne pourra probablement donner de résultats sur ce site.

Les espèces de syrphidae prédatrices associées aux herbacées du *Nardion* et du *Seslerion* sont raisonnablement bien représentées dans le site de Passy. Toute entreprise de restauration devrait, de ce fait, favoriser les espèces phytophages, faiblement représentées dans les deux habitats,

mais pour lesquelles la connaissance des plantes hôtes demeure encore souvent incertaine. La faune observée dans les pelouses basophiles de ce site est par ailleurs moins bien développée que celle des pelouses acidophiles. Si une réintroduction d'espèces herbacées était envisagée dans les pelouses basophiles du site d'Anterne, une tentative parallèle pourrait être effectuée à Passy, afin de comparer l'efficacité de la technique dans deux sites. Les exigences potentielles des papillons observés sur ce site pourraient faciliter le processus de sélection des plantes à réintroduire.

2.1.9. Conclusion

Le faible nombre d'espèces de syrphidés, ainsi que le faible nombre d'individus capturés pendant cette étude est préoccupant. Les résultats présentés dans cette étude ne sont toutefois pas extrapolables à la faune des syrphidés d'autres sites, puisqu'ils ne permettent pas de dissocier les effets locaux (broutage) des effets régionaux (climatiques). Le tri et la détermination d'autres groupes taxonomiques capturés dans les pièges Malaise au cours de l'étude permettraient peut-être de confirmer ou d'infirmer les tendances décelées par les syrphidés.

Des éléments tendent à montrer qu'une diminution progressive, à la fois de l'abondance et de la diversité des syrphidés, s'opère au sein des habitats alpins dans cette partie des Alpes depuis une quinzaine d'années (P. Goeldlin de Tiefenau, *comm. pers.*), en lien probable avec le changement climatique. Les conditions météorologiques extrêmes de l'été 2003 n'ont pu qu'exacerber un tel processus et retarder le rétablissement de la faune des sites subalpins et alpins endommagés par un pâturage intensif dans le passé. La pauvreté de la faune syrphidologique des sites de 2004 trouve-t-elle son origine dans ces phénomènes ? Si tel est le cas, un nouvel échantillonnage des papillons serait opportun, puisque des données datant de 2002 existent déjà pour ce groupe (Macherez, 2002). Le suivi des papillons avait déjà identifié, avant celui des syrphidés, l'absence d'espèces menacées, l'absence d'espèces prédites, ainsi qu'un faible nombre d'individus observés - autant d'éléments que l'été 2003 aura probablement encore accentués. En supposant cependant que les effets de l'été 2003 n'aient pas été aussi marqués,

et que les résultats de l'étude des syrphidés aient par ailleurs été interprétés correctement, il est à retenir que la faune des syrphidés de ces sites ne se soit pas encore remise du pâturage intensif passé. Ceci pourrait impliquer que les effets du pâturage dans le massif Arve-Giffre aient été plus importants que ce qui était supposé. De ce fait, bien que les types de végétation subalpins et alpins bénéficiant des mesures de protection spéciale dans le cadre de la Directive Habitats soient présents dans les sites échantillonnés, il paraît probable que la faune qui leur est associée ait, dans une large mesure, disparue. La nécessité d'études comparatives n'en est que plus évidente, d'une part afin d'établir si d'autres groupes taxonomiques montrent la même pauvreté dans ces sites, et d'autre part afin de rechercher si des sites ayant une faune plus intacte existent encore.

2.2. En forêts : exemple de l'évaluation de vieilles pécrières et de milieux associés

Cette étude a été menée au cours du printemps et de l'été 2005 dans trois zones de vieilles pécrières de Haute-Savoie dans le cadre d'un programme Interreg III A Alcotra Cogeva Vasha, avec le Parc Régional du Mont Avic (Val d'Aoste -Italie) et de la Région Autonome du Val d'Aoste.

Ces zones situées en Réserves Naturelles et site Natura 2000 avaient fait l'objet d'une première description des habitats par Asters. Pour l'utilisation de "Syrph-the-Net", nous avons également décrit les sites à partir de la codification CORINE Biotope et de la Directive Habitats.

Le principal objectif était de déterminer la diversité biologique de milieux forestiers et leur état de conservation, afin de :

- juger de leur valeur écologique et notamment du niveau de leur fonction "réservoir de biodiversité"
- juger de la diversité des macrohabitats, des habitats associés et des microhabitats, particulièrement ceux liés aux stades avancés de sénescence des arbres.

A ce titre, les sites ont été choisis comme susceptibles de présenter une diversité biologique potentielle maximale. Le choix s'est donc porté sur les secteurs présentant une bonne représentativité

des habitats et n'ayant plus été exploités depuis plus de 30 ans (et 15 ans sur les Houches).

2.2.1. Vallée de Chamonix et des Contamines-Montjoie, sites et habitats représentés

Le choix des stations s'est fait d'un commun accord avec ASTERS sur proposition du conseil scientifique et il a été décidé lors de la mise en place sur le terrain d'inclure une zone de tourbière sur l'un des sites. Les sites retenus sont au nombre de trois : Zone Natura 2000 Arve-Giffre (commune des Houches), Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges (commune de Chamonix) et Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie (commune des Contamines-Montjoie). Chacun d'eux a fait l'objet d'une description des habitats, ainsi que d'une codification "Syrph-the-Net" (StN) et d'un piégeage des insectes sur deux stations représentatives du site.

Pour l'ensemble des photos des sites (photos 20 à 25), voir page 46.

Site 1 : Zone Natura 2000 Arve-Giffre, commune des Houches (photos 20 et 21)

Station **Chez Morand**. Altitude : 1277 m. Pécrière acidophile montagnarde, avec de nombreux feuillus entourant une dalle rocheuse, couvert de mousse assez développé. Le milieu semble très dégradé, le site a été exploité, le sol est peu fertile et peu profond. Il y a peu de bois mort. Présence de plantes pionnières et post-pionnières dont des bouleaux et mélèzes en mélange avec les épicéas.

Codes StN : Acidophilous Picea forest 1712 with brook edge in forest 7442f, heath alpine 252 + habitat associé : Rock outcrop 750, Betula saplings 1313 + habitat associé : Tall herbs clearing 211f

Station "**Les Peutets - Plan de la Cry**" : pécrière acidophile montagnarde à proximité de la tourbière des Peutets, présence de micro-clairières, de roches et d'affleurements rocheux.

Codes StN : Acidophilous Picea forest general 1712 + habitat associé : Small open area, Acid fen 612 + habitat associé : Brook edge in wetland 7442w, Unimproved montane acidophilous grassland 23121, Alnus viridis thickets 1241

Cette station sera nommée **Les Peutets** par la suite.

Site 2 : Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie, commune des Contamines-Montjoie (photos 22 et 23)

Station **La Rosière**. Altitude : 1440 m. Tourbière haute active intra-forestière, entourée de forêts acidophiles. Parcelle communale bénéficiant du régime forestier n°35, non exploitée depuis plusieurs dizaines d'années, sauf ponctuellement. Présence de vieux épicéas peu développés. Dans ce milieu impropre à leur développement, les arbres ont une croissance difficile et une forte mortalité. Les arbres mourant régulièrement, il y a donc une continuité de bois mort. C'est un milieu ensoleillé et chaud. L'humidité remonte par le bas des arbres et la chaleur dessèche la partie supérieure.

Codes StN : Acid fen with brook edge and flushes, Acidophilous Picea forest, Salix swamp, Betula and Pinus swamp, Alpine heath. + habitat associé : rock outcrop 75o.

Station **La Laya**. Altitude : 1540 m. Pécière à homogyne entrecoupée de nombreux habitats : tourbières hautes, rochers, falaise.

Codes StN : Acidophilous Picea forest general 1712, Alpine heath 252, Alpine scrub Alnus 1241, unimproved montane acidophilous grassland 23121

Site 3 : Massif des Aiguilles Rouges, commune de Chamonix (photos 24 et 25)

Station **Bois de la Joux**. Altitude : 1280 m. Pécière montagnarde interne. Présence de nombreux arbres vieux : diamètre moyen de 30 cm, et jusqu'à 60 cm et de nombreux arbres cassés suite aux chutes de neige de l'hiver 2004-2005 (bois mort frais). Parcelle située sur des sols caillouteux (colonisation d'éboulis et grandes quantités de bois mort dues aux chutes de pierre). Milieu fertile sur éboulis. Pécière pure située en pied d'éboulis en bas de pente (colluvionnement). Milieu sombre et dense.

Codes StN : Acidophilous Picea forest general 1712, Alpine scrub Alnus 1241 + habitat associé : Small open area 7331f.

Station **Bois de la Trappe**. Altitude : 1740 m. Pécière subalpine avec la présence de nombreux microhabitats : chaos rocheux, zones ouvertes, clairière... et d'arbres secs et vieux, arbres morts à terre,

grosses souches. Pécière très riche en mousses (tapis continu) et lichens. Pente sur cailloux et blocs en exposition sud. Ce milieu est très peu fertile, très peu productif avec une forte proportion de bois mort sur le bois vivant. Situé en limite forestière, le site bénéficie de plus d'éclaircissement et probablement de plus de chaleur. Il y a une forte présence de bois mort très diversifié (bois mort sur pied, bois mort au sol en situation ensoleillée ou à l'ombre...). Forêt non exploitée depuis plus de 40 ans. Présence de très gros épicéas (80 cm à 100 cm de diamètre)

Codes StN : Acidophilous Picea forest general 1712, Alpine heath 252 + habitat associé : Rock outcrop 75o, Alpine scrub Alnus 1241, Unimproved alpine acidophilous grassland 23121.

2.2.2. Echantillonnage et identification des Syrphidae

Quatre pièges à interception de type "Malaise" ont été placés sur chacun des trois sites de mai à septembre 2005, à raison de deux stations par sites et de deux pièges par station, en respectant les prescriptions de Speight *et al.*, 2000. Il a de plus été procédé à des chasses au filet à insectes : lors de l'installation des pièges et au mois de juillet pour l'ensemble des sites ainsi qu'une chasse au filet par Martin C.D. Speight en juin sur le site des Peutets. L'identification a été faite en suivant la nomenclature de Speight *et al.*, 2006.

2.2.3. Analyse faunistique et patrimoniale

Nous avons identifié 3436 syrphes (sur les 3529 capturés) que nous avons pu placer dans 196 espèces (193 espèces certaines et trois à statut incertain). 93 individus restent non identifiés : femelles non identifiables de certaines espèces (44 femelles *Heringia* spp. ; 2 femelles *Paragus* spp. ; 13 femelles *Sphaerophoria* spp. ; 20 femelles *Pipizella* spp), espèces non identifiées (2 mâles et 5 femelles de *Cheilosia* spp. ; 4 femelles *Eupeodes* sp. ; 1 mâle *Melanostoma* sp. ; 1 femelle *Merodon* sp. ; 1 femelle *Platycheirus* sp.). Ces individus sont conservés pour une identification ultérieure éventuelle.

L'intérêt de ce type d'analyse n'est pas uniquement d'ajouter des noms d'espèces sur une liste, mais de faire progresser la connaissance chorolo-

gique des espèces et ainsi de permettre des diagnostics de contribution à la biodiversité régionale ainsi que des diagnostics écologiques plus fiables. Avant le début de cette étude, le nombre d'espèces connues de Haute-Savoie était de 305 (Speight *et al.*, 2005, Speight & Sarthou, 2006, MCD Speight, *comm. pers.*), et il est actuellement de 327 portant ainsi leur nombre à 509 (Corse exclue, Sarthou et Monteil, 2006 et Sarthou *et al.*, 2007) soit 65% de la faune française connue.

Vingt espèces confirmées ont été apportées par l'étude : *Chalcosyrphus valgus*, *Cheilosia albipila*, *Cheilosia clama*, *Dasysyrphus hilaris*, *Dasysyrphus postclaviger*, *Dasysyrphus tricinctus*, *Didea alneti*, *Melangyna barbifrons*, *Melangyna quadrimaculata*, *Meligramma cingulata*, *Microdon miki*, *Pipizella bispina*, *Pipizella pennina*, *Platycheirus muelleri*, *Platycheirus occultus*, *Sphaerophoria batava*, *Sphaerophoria shirchan*, *Trichopsomyia joratensis*, *Xanthogramma dives* et *Xanthogramma laetum*.

Trois espèces ont un statut taxonomique incertain : *Chrysotoxum intermedium*, *Pipiza fenestrata* et *P. signata*. Une espèce reste à confirmer : il s'agit de *Microdon mutabilis* ou *Microdon myrmicae* du fait de la confusion possible des adultes, seul l'examen des larves ou des pupes pourrait permettre de trancher.

En ce qui concerne la faune de France, cette étude a permis d'apporter 3 nouvelles espèces : *Dasysyrphus postclaviger*, *Microdon miki*, et *Pipizella bispina*.

Avec 327 espèces, la Haute-Savoie est le département de France métropolitaine dont la faune syrphidologique est la plus riche (le deuxième département français selon ce critère est celui des Pyrénées-Orientales avec 200 espèces). Plusieurs facteurs permettent d'expliquer cette richesse. Le premier est en liaison avec la situation géographique du département favorisant la prospection : département touristique avec de nombreux milieux différents, étude des migrations sur la frontière franco-suisse ; mais également un contexte biogéographique particulier avec la présence de deux zones biogéographiques bien représentées (zones alpine et continentale) ainsi que des influences plus thermophiles voire subméditerranéennes. Les zones alpine et continentale de ce département se rapprochent de la zone centrale des régions biogéographiques et présentent donc un potentiel d'espèces dans les peuplements plus important que dans les zones périphériques de ces mêmes régions (théorie de biogéographie insulaire de McArthur et Wilson).

La liste d'espèces de cette étude est probablement la plus importante obtenue lors d'une étude sur les Syrphes (MCD Speight, *comm. pers.*), il est également à noter que malgré un grand nombre d'espèces identifiées seul un petit nombre est nouveau pour la Haute-Savoie, tout ceci permet d'avancer que les prédictions de StN sont fiables, notamment grâce au fait que les listes régionales sont quasiment exhaustives.

La station où l'on trouve le plus grand nombre d'espèces est celle de *La Rosière* (118 espèces confirmées), c'est aussi celle qui présente le plus

Tableau 11 - Nombre total d'espèces et nombre d'espèces pour divers degrés d'endémisme, par station

	Zone Natura 2000 Arve Giffre		Réserve Naturelles des Contamines Montjoie		Réserve naturelle des Aiguilles Rouges	
	Chez Morand	Les Peutets	La Rosière	La Laya	Bois de la Joux	Bois de la Trappe
Nombre d'espèces confirmées identifiées (193 au total)	67	94	118	101	98	103
Endémiques d'Europe (51 au total)	5	13	28	21	11	19
Endémiques des Alpes (4 au total)		1	2		2	1

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

d'habitats différents. Viennent ensuite les deux stations les plus élevées en altitude : *Le Bois de la Trappe* (103 espèces confirmées) et *La Laya* (101), ces deux stations sont proches de milieux très différents de la pécière acidophile et ont recruté des espèces en provenant. Deux autres stations présentent des nombres d'espèces encore assez importants (*Le Bois de la Joux* et *Les Peutets* : respectivement 98 et 94), mais la station de *Chez Morand* se distingue par un nombre faible d'espèces : 67 espèces confirmées bien qu'il y ait des intrusions d'autres habitats dans la pécière.

Parmi les 193 espèces confirmées identifiées, certaines présentent un degré d'endémisme plus ou moins étroit : européen ou alpin. 51 sont des endémiques européennes et parmi celles-ci, 4 sont des endémiques des Alpes : *Pipizella bispina*, *Pipizella nigriana*, *Sphegina cornifera* et *Syrphus auberti*.

On retrouve plus de la moitié de ces espèces (28/51) dans le site de *La Rosière* ; les autres sites présentent un niveau encore assez important de ces espèces endémiques, seul le site de *Chez Morand* présente un niveau faible (5 espèces) correspondant à un nombre total d'espèces lui aussi assez limité.

Le nombre d'espèces présentes pour l'une et l'autre catégorie dans chacune des stations est donné dans le tableau 11 :

Lors de cette étude, nous avons rencontré 36 espèces menacées ou en déclin à des degrés divers en Europe, en France ou dans l'arc alpin. Parmi celles-ci, 19 sont patrimoniales au niveau français, 20 au niveau des Alpes et 14 au niveau européen (voir tableau 12). Les espèces fortement menacées au niveau français proviennent essentiellement des forêts : de conifères (*Brachypalpus chrysites*), de feuillus (*Rhingia rostrata*) ou de Hêtraie-sapinière (*Chalcosyrphus valgus* et *Trichopsomyia joratensis*). La seule espèce de pelouse, *Paragus absidatus*, a été retrouvée au *Bois de la Trappe*, qui est le site le plus élevé en limite supérieure de la forêt. De même que pour les espèces endémiques, la station *Chez Morand* a un faible nombre d'espèces patrimoniales (2) alors que les autres stations sont riches en espèces patrimoniales. *La Rosière* possède le plus d'espèces patrimoniales au total, mais les espèces patrimoniales françaises sont mieux

représentées dans les stations de *La Laya*, *Les Peutets* et *Le Bois de la Joux*. Toutes ces stations sont donc importantes pour la conservation des espèces patrimoniales sauf peut-être *Chez Morand*.

2.2.4. Analyse écologique

La comparaison des listes d'espèces prédites obtenues après filtrage par la description des habitats et la liste des espèces présentes en Haute Savoie, avec celles des espèces observées, nous donne trois types de listes : les espèces "au rendez-vous" (prédites et observées), les espèces "inattendues" (observées et non prédites) et les espèces "absentes" (prédites et non observées). La répartition des espèces dans ces différentes catégories est résumée dans le tableau 13.

Le pourcentage d'espèces au rendez-vous est globalement voisin voire supérieur à 50% sauf pour les stations de la zone Natura 2000 Arve-Giffre (mauvaise représentativité des espèces des habitats présents). Il est à noter que les espèces manquantes représentent plus de la moitié des espèces prédites en ce qui concerne ces mêmes stations. Les espèces manquantes sont globalement des espèces non migratrices, on ne prendra donc pas en compte le facteur de migration ou non migration pour expliquer leur absence. Le pourcentage des espèces expliquées nous donne une idée de la représentativité des habitats décrits pour les stations : cette description permet d'expliquer 60 à 70 % des espèces observées sauf au Bois de la Joux et à La Rosière où l'on explique environ 50 % seulement des espèces observées.

Les effectifs de chacune des cinq catégories d'espèces pour l'ensemble des habitats de chaque station et pour chaque habitat séparément sont donnés dans les figures 17 à 22.

2.2.4.1. Comparaison entre les espèces prédites et les espèces observées

Le pourcentage d'espèces au rendez-vous indique l'intégrité écologique de l'habitat ou de la station. Le pourcentage d'espèces expliquées nous renseigne sur la qualité de la description du milieu.

Tableau 12 – Espèces menacées ou en déclin

Espèces	Zone Natura 2000 Arve-Giffre		Réserve Naturelle des Contamines Montjoie		Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges		Degré de menace ou de déclin
	Chez Morand	Les Peutets	La Rosière	La Laya	La Joux	La Trappe	
<i>Brachypalpus chrysites</i> Egger, 1859		1		1	1		M3F
<i>Brachypalpus laphriformis</i> (Fallen), 1816		1			1		D3A
<i>Brachypalpus valgus</i> (Panzer), 1798					1		M2E, D2A
<i>Chalcosyrphus valgus</i> (Gmelin), 1790		1					M3F, M2E, D2A
<i>Cheilosia chrysocoma</i> (Meigen), 1822					1		D2A
<i>Cheilosia cynocephala</i> Loew, 1840				1			D2A, D2F
<i>Cheilosia faucis</i> Becker, 1894		1		1		1	M2E, M2F, D2F
<i>Cheilosia grisella</i> Becker, 1894		1	1				D2F
<i>Cheilosia impudens</i> Becker, 1894		1	1	1	1	1	D2F
<i>Cheilosia insignis</i> Loew, 1857					1	1	M2E, D2E, M2F, D2F
<i>Cheilosia lasiopa</i> Kowarz, 1885						1	D3A, D2F
<i>Cheilosia pedemontana</i> Rondani, 1857		1	1	1	1	1	D2F
<i>Chrysotoxum elegans</i> Loew, 1841				1			D2E
<i>Lejota ruficornis</i> (Zetterstedt), 1843		1	1			1	M2A, D2A
<i>Melangyna barbifrons</i> (Fallen), 1817		1	1			1	M2A, D2A
<i>Melangyna quadrimaculata</i> Verrall, 1873						1	D2A
<i>Microdon analis</i> (Macquart), 1842			1			1	D2E
<i>Microdon miki</i> Doczkal & Schmid, 1999					1		M2E, D2E
<i>Neoascia meticulosa</i> (Scopoli), 1763			1				D3A
<i>Neoascia obliqua</i> Coe, 1940					1		D2F
<i>Paragus absidatus</i> Goeldlin, 1971						1	M3E, M3F
<i>Pipizella bispina</i> Simic, 1987			1		1		D3A
<i>Pipizella pennina</i> (Goeldlin), 1974			1		1		D3A
<i>Platycheirus ambiguus</i> (Fallen), 1817			1	1			M2A, D2A
<i>Platycheirus angustipes</i> Goeldlin, 1974			1	1			D2F
<i>Platycheirus muelleri</i> Marcuzzi, 1941				1			D2E, D2F
<i>Platycheirus occultus</i> Goeldlin, Maibach & Speight, 1990			1				D2A
<i>Psilota anthracina</i> Meigen, 1822	1				1	1	D3A
<i>Rhingia rostrata</i> (L.), 1758					1		M3F, M2E, M2A, D2E, D2A
<i>Spazigaster ambulans</i> (Fabricius), 1798				1			D2F
<i>Sphaerophoria bankowskiae</i> Goeldlin, 1989		1	1				D2F
<i>Sphaerophoria batava</i> Goeldlin, 1974	1	1	1	1		1	M2A, D2A
<i>Sphaerophoria shirchan</i> Violovitsh, 1957		1			1		D2E, D3A, D2F
<i>Syrphus auberti</i> Goeldlin, 1996			1				M2E, M2A, D2A
<i>Trichopsomyia joratensis</i> Goeldlin, 1997		1	1	1			M3F, D3E
<i>Xanthogramma laetum</i> (Fabricius), 1794					1		D2F
Nombre d'espèces	2	13	16	12	15	12	

Légende :

1 espèces très fortement menacées en France

1 espèces patrimoniales pour la France

M3F, D3E degré de menace ou de déclin : la première lettre indique la menace (M) ou le déclin (D), le chiffre indique le degré (2 : menacé ou en déclin, 3 : fortement menacé ou fort déclin), la lettre suivante indique le domaine géographique concerné : E pour l'Europe, A pour les Alpes, F pour la France. Ces espèces sont considérées comme patrimoniales.

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

Station Chez Morand (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) (figure 17)

Espèces expliquées et qualité de la description

Dans cette station, les habitats décrits permettent d'expliquer près de 60% des espèces observées et bien que la pécière acidophile (avec rives de ruisseau) soit l'habitat majoritaire sur la station, il n'explique qu'un peu plus de la moitié des espèces trouvées. Les espèces liées aux jeunes bouleaux expliquent environ 15% des espèces, ce qui est représentatif de la contribution de l'habitat au milieu. En ce qui concerne la lande alpine avec des rochers, elle n'explique que 1,5% des espèces observées ce qui ne correspond pas à l'espace occupé sur la station. Globalement, la description du milieu est moyenne et implique la présence d'autres habitats plus ou moins proches voire imbriqués dans les habitats décrits sur la station. (cf. paragraphe 2.2.4.3 "analyse des espèces inattendues").

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

Seuls 41,2 % des espèces prédites pour tous les habitats sont au rendez-vous ce qui indique une qualité moyenne de la station, et les espèces liées à la pécière acidophile (habitat majoritaire) représentent seulement 44,6 % des espèces prédites. Cependant, partageant l'espace avec d'autres habitats, il ne peut renfermer tout le cortège d'es-

pèces qui lui est associé. Dans le cas des jeunes bouleaux, l'habitat est bien représenté (deux tiers des espèces présentes), par contre les espèces liées à la lande alpine sont presque totalement absentes (1 seule espèce), ce qui indique une mauvaise qualité écologique de ce milieu.

On peut donc dire que cette station est assez dégradée, qu'elle ne présente pas un faciès de pécière, mais plutôt un mélange de plusieurs habitats et que ceux-ci sont de qualité écologique moyenne.

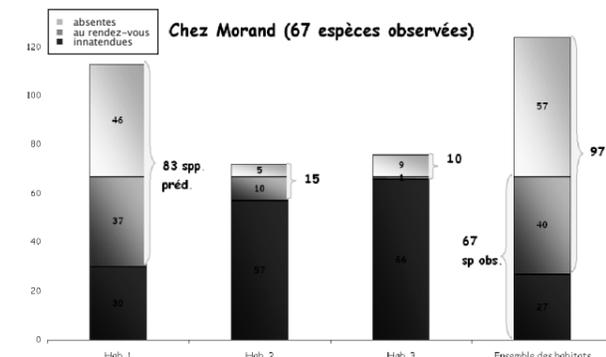


Figure 17 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – Chez Morand
Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : pécière acidophile, rives de ruisseau en forêt
- Habitat 2 : jeunes bouleaux, clairière à grandes herbes
- Habitat 3 : lande alpine, rochers

Tableau 13 – Nombre d'espèces par catégorie pour chacun des sites et chacune de leurs stations

	Zone Natura 2000 Arve Giffre		Réserve Naturelles des Contamines Montjoie		Réserve naturelle des Aiguilles Rouges	
	Chez Morand	Les Peutets	La Rosière	La Laya	Bois de la Joux	Bois de la Trappe
espèces prédites	97	136	119	106	87	133
espèces observées	67	93	119	102	98	103
espèces "au rendez-vous"	40	63	59	62	44	70
espèces "inattendues"	27	30	60	40	54	33
espèces "manquantes"	57	73	60	44	43	63
% expliquées (au rdv / observées)	59,7	67,7	49,6	60,8	44,9	68,0
% au rendez-vous (au rdv / prédites)	41,2	46,3	49,6	58,5	50,6	52,6
% inattendues (inatt. / observées)	40,3	32,3	50,4	39,2	55,1	32,0
% manquantes (manquantes / prédites)	58,8	53,7	50,4	41,5	49,4	47,4

Station Les Peutets (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) (figure 18)

Espèces expliquées et qualité de la description

La description du milieu permet d'expliquer plus de 68% des espèces observées sur le site. La pécière acidophile est le principal habitat de la station, il permet d'expliquer 33 % des espèces présentes, cette formation est complétée par des fourrés alpins à aulne (6,5% des espèces présentes, mais le nombre d'espèces liées à ce milieu est faible). On observe aussi la présence d'espèces des prairies de montagne acides non améliorées (environ 20% des espèces) et des tourbières acides parcourues de ruisseaux (environ 11% des espèces). La description des habitats, bien qu'assez représentative, n'est cependant pas suffisante pour expliquer la totalité des espèces présentes. (cf. paragraphe 2.2.4.3 "analyse des espèces inattendues").

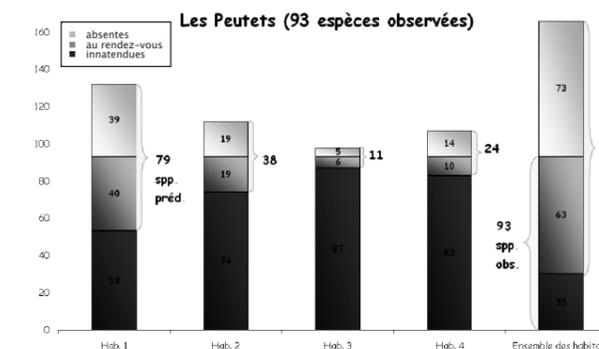


Figure 18 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – Les Peutets

Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : pécière acidophile
- Habitat 2 : pelouse montagnarde acidophile
- Habitat 3 : fourrés alpins à Aulne
- Habitat 4 : tourbière acide, rives de ruisseau

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

46,3 % des espèces prédites pour l'ensemble des habitats sont au rendez-vous. Le principal habitat rencontré sur la station est la pécière acidophile et plus de la moitié des espèces potentielles de cet habitat sont présentes. A proximité de la forêt, on trouve des fourrés alpins à aulne, de la prairie montagnarde et des zones tourbeuses avec un ruisseau. Pour chacun des deux premiers habitats, la moitié ou plus de la moitié des espèces prédi-

tes sont présentes, par contre en ce qui concerne la tourbière on observe à peine 42% d'espèces au rendez-vous. Le site des Peutets est donc un mélange de plusieurs habitats relativement bien fournis, mais le dernier (zone tourbeuse) ne semble pas remplir de façon satisfaisante sa fonction de réservoir de biodiversité.

Station La Rosière (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) (figure 19)

Espèces expliquées et qualité de la description

Les habitats décrits ne permettent d'expliquer que 49,6% des espèces présentes, la tourbière acide, qui semble le principal habitat, n'explique que 10,9% des espèces de même que les marais à bouleau. Les marais à saule représentent 16% des espèces et la pécière acidophile qui entoure ces habitats concourt pour 30,3% au total d'espèces observées. Par contre, la lande alpine avec ses rochers n'explique que 2,5% des espèces.

La description du milieu bien que fidèle à ce qui a été observé ne permet pas d'expliquer la totalité des espèces et nous avons à faire à un milieu beaucoup plus complexe.

Même si l'ensemble des habitats de La Rosière permet d'expliquer près de 50% des espèces observées, la description du milieu reste moyenne. La tourbière qui semble le principal habitat présent en surface, ne permet d'expliquer que 11% des espèces observées alors que les marais à saule en expliquent 16% et la pécière acidophile qui ceinture le site en explique 30%. Le site est sans doute beaucoup plus complexe que ne le laisse présager une simple observation (nombreux habitats présents sur le site et probablement d'autres sur ou en périphérie du site), nous le verrons avec l'analyse des espèces inattendues.

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

Près de 50% des espèces sont au rendez-vous ce qui n'augure pas d'une bonne intégrité écologique si on s'arrête à ce simple constat. L'habitat tourbière n'a que 46,7% des espèces au rendez-vous, les marais à saule en ont 52,8% et les marais à bouleau 68%, ce qui est signe d'une bonne intégrité écologique étant donné la surface occupée par ces deux habitats. 61% des espèces de la pécière acidophile sont

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

également au rendez-vous et 30% seulement pour la lande alpine, ce qui est faible et en accord avec la surface réduite de l'habitat dans le milieu.

La qualité écologique de *La Rosière* est moyenne avec à peine 50% d'espèces au rendez-vous pour le complexe d'habitats, mais la situation est variable selon les habitats. Ainsi, la lande alpine avec rochers (habitat de surface réduite à quelques dizaines de mètres carrés sur le site) et la tourbière acide avec rives de ruisseaux et résurgences, sont respectivement de qualité écologique faible et moyenne, ce qui s'explique probablement par les facteurs de leur structure spatiale, notamment leur faible surface et leur isolement par rapport à des milieux similaires. Les trois autres habitats ont une bonne qualité écologique même si le marais à saules et résurgences montre une valeur proche de la limite inférieure de la catégorie, probablement aussi du fait de sa faible surface et de son isolement par rapport à d'autres milieux similaires. L'habitat de marais à bouleau/pins et résurgences, même s'il montre une meilleure qualité, paraît être également limité dans son expression biologique par les mêmes facteurs de structure spatiale. Contrairement au précédent, ce site de *La Rosière* est d'un intérêt écologique dépassant la simple valeur de sa qualité écologique d'ensemble qualifiée de moyenne, de par le fait qu'il rassemble des habitats "d'eaux lentes", et donc des espèces de Syrphidés associées, qui, même s'ils sont exprimés de façon assez modeste, sont plutôt rares dans la région.

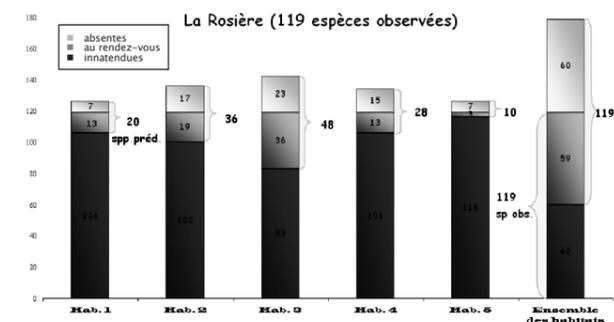


Figure 19 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – La Rosière

Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : marais à bouleau/pins
- Habitat 2 : marais à saule
- Habitat 3 : pécière acidophile
- Habitat 4 : tourbière acide, rives de ruisseau et résurgences
- Habitat 5 : lande alpine, rochers

Station La Laya (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) (figure 20)

Espèces expliquées et qualité de la description

La pécière acidophile est l'habitat principal de la station, elle n'explique cependant que 38,2% des espèces. Deuxième habitat présent, les fourrés alpins à aulne, expliquent seulement 8% des espèces, mais le nombre d'espèces caractéristiques est relativement faible. Aucune des espèces représentatives de la lande alpine n'est présente (sur les 9 prédites), on a donc un habitat visiblement très mal représenté. Quant aux pelouses montagnardes qui bordent le site, elles expliquent à elles seules près de 20% des espèces. La description du site incluant les prairies bordant la station, permet d'expliquer 60,8% des espèces présentes ce qui implique une bonne description des habitats de la station, même s'il faut envisager de rajouter des habitats pour parfaire la description du milieu.

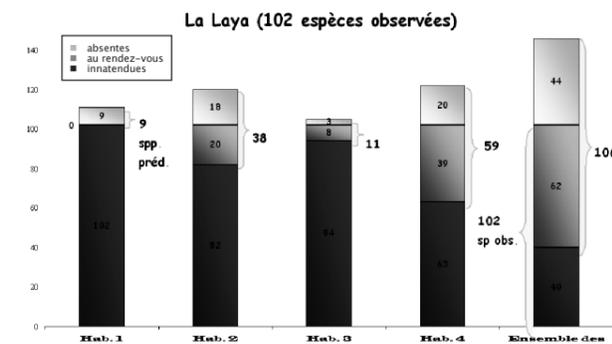


Figure 20 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – La Laya

Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : lande alpine
- Habitat 2 : pelouse montagnarde acidophile
- Habitat 3 : fourrés alpins à Aulne
- Habitat 4 : pécière acidophile

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

Près de 59% des espèces sont au rendez-vous, la qualité écologique de la station est donc bonne, même si le milieu étant très complexe (beaucoup de petits habitats entremêlés), on ne peut espérer obtenir la totalité des espèces, il faut donc regarder habitat par habitat.

La lande alpine est très mal représentée : aucune espèce au rendez-vous, il conviendrait sans doute de ne pas considérer cet habitat en tant que tel, mais comme un habitat additionnel. Les pelouses montagnardes ont plus de 52% d'espèces au rendez-vous, ce qui est intéressant compte tenu du fait que ces pelouses sont des habitats périphériques très proches. En ce qui concerne les deux habitats les plus importants en surface, nous avons une très bonne qualité écologique pour les fourrés alpins (72,7% des espèces au rendez-vous) et bonne pour les pécières acidophiles (66,1%).

Station Bois de la Joux (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) (figure 21)

Espèces expliquées et qualité de la description

A première vue la station semble simple et homogène avec deux habitats principaux. Mais ceux-ci ne permettent d'expliquer que 45% des espèces, ce qui est une description moyenne. La pécière explique moins de la moitié des espèces et les fourrés alpins à aulne environ 10% ce qui étant donné l'importance de cet habitat, est normal, mais on peut en déduire que la station subit l'influence d'autres habitats à proximité, habitats non apparents mais présents. (cf. paragraphe 2.2.4.3 "analyse des espèces inattendues").

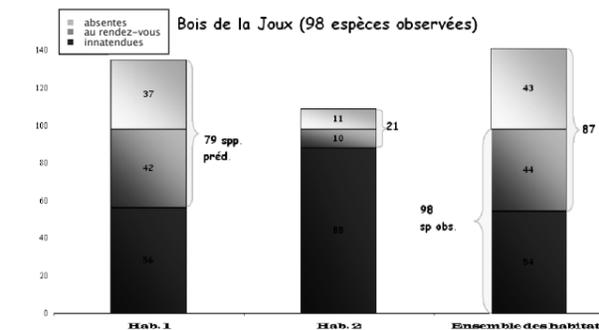


Figure 21 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – Bois de la Joux

Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : pécière acidophile, petites surfaces ouvertes
- Habitat 2 : fourrés alpins à Aulne

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

47,6% des espèces des fourrés alpins sont présentes et 53,2% des espèces de pécière acidophile, ce qui est moyen pour cette station semblant assez homogène. Cependant, nous avons vu que le milieu semble plus complexe et on ne peut donc pas s'attendre à trouver l'ensemble des espèces au rendez-vous. L'intégrité écologique de ce site est moyenne.

Station Bois de la Trappe (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) (figure 22)

Espèces expliquées et qualité de la description

68 % des espèces observées au *Bois de la Trappe* sont expliquées, ce qui est signe d'une bonne description du site, et ce malgré les 32% d'espèces inattendues parmi les observées (voir l'analyse des espèces inattendues).

La pécière acidophile explique près de 45% des espèces ; les autres habitats imbriqués comme les fourrés à aulne ou la lande alpine n'expliquent qu'un peu moins de 5% des espèces chacun ce qui semble logique vu l'espace occupé par ces habitats sur la station. 30% des espèces proviennent de la pelouse alpine qui surplombe le site (la pécière est en limite supérieure de la forêt).

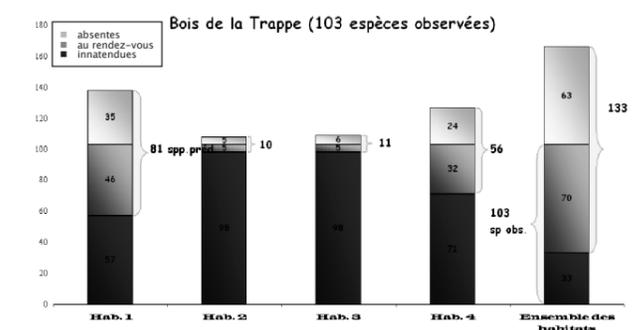


Figure 22 – Répartition des espèces par catégories, habitat par habitat – Bois de la Trappe

Les habitats représentés sont :

- Habitat 1 : pécière acidophile, clairière à grandes herbes
- Habitat 2 : lande alpine, rochers
- Habitat 3 : fourrés alpins à aulne
- Habitat 4 : pelouse alpine acidophile

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

Espèces au rendez-vous et qualité écologique

La qualité écologique du complexe d'habitats est bonne avec 52,6% d'espèces au rendez-vous. De plus, on note peu de différences entre les habitats : 45,5% pour les fourrés alpins à aulne et 57,1% pour la pelouse alpine acidophile. L'habitat le mieux représenté sur le site est la pécière acidophile qui présente en valeur absolue le plus d'espèces au rendez-vous avec la pelouse alpine acidophile (respectivement 46 et 32 espèces au rendez-vous), cette dernière correspondant à

l'habitat en limite supérieure du site. Les autres habitats (lande alpine et fourrés à aulne) ont moins d'espèces au rendez-vous, mais ce sont des habitats présentant des surfaces plus restreintes. Ainsi les facteurs naturels liés à la structure spatiale de l'habitat semblent expliquer la qualité écologique moyenne des landes et fourrés alpins, alors que la gestion antérieure tant de la pécière acidophile que de la pelouse alpine, qui occupent toutes deux de grandes surfaces, pourrait expliquer leur qualité écologique qui est certes qualifiée de "bonne" mais qui est plus près de la limite inférieure de

Tableau 14 – Part des espèces manquantes parmi les espèces prédites, par habitats

Station	Ensemble des habitats	habitat 1	habitat 2	habitat 3	habitat 4	habitat 5	habitat 6
Chez Morand (Zone Natura 2000 Arve-Giffre)	58,76%	pécière acidophile + rives ruisseau	jeunes bouleaux + clairière grandes herbes	lande alpine + rochers			
		55,42%	33,33%	90%			
Les Peutets (Zone Natura 2000 Arve-Giffre)	53,68%	Pécière acidophile + petites clairières	Pelouse montagnarde acidophile	Fourrés alpins à aulne	Tourbière acide + rives de ruisseaux		
		49,37%	50%	45,46%	58,53%		
La Rosière (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie)	50,42%	marais à bouleau/pins + résurgences	marais à saule + résurgences	pécière acidophile	tourbière acide + rives ruisseaux et résurgences	lande alpine, rochers	
		35%	47,22%	38,98%	53,57%	70%	
La Laya (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie)	41,51%	lande alpine	pelouse acidophile montagnarde	fourrés alpins à aulne	pécière acidophile		
		100%	47,37%	27,27%	33,90%		
Bois de la Joux (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges)	49,43%	Pécière acidophile + zones ouvertes	Fourrés alpins à aulne + zones ouvertes				
		46,84%	52,38%				
Bois de la Trappe (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges)	47,37%	pécière acidophile + clairière à grandes herbes	lande alpine + rochers	fourrés alpins à aulne	pelouse alpine acidophile		
		43,21%	50%	54,55%	42,86%		

Tableau 15 – Répartition par source alimentaire des espèces manquantes à plus de 50%

Stations	Nourriture des larves				Nourriture des adultes		
	Micro-phages	Phyto-phages	Zoophages	Sapro-xyliques	fleurs anémophiles	surface feuilles	fleurs nectarifères
Chez Morand (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) 57/97	20	11	28	9	8	1	56
Les Peutets (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) 73/136	24	16	36	8	14	1	71
La Rosière (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) : 60/119	26	7	29	9	8	1	60
La Laya (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) : 44/106	9	15	24	6	4	0	43
Bois de la Joux (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) : 43/87	15	5	23	5	4		41
Bois de la Trappe (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) : 63/133	8	20	36	6	7	0	57

cette catégorie et loin des catégories "très bonne" et "excellente" comme on était en droit de s'y attendre.

2.2.4.2. Espèces manquantes

Dans les tableaux 14 et 15, nous indiquons la répartition des espèces manquantes dans chaque station, en fonction des habitats ou de la ressource alimentaire utilisée, ainsi que la répartition de ces espèces dans les différents microhabitats (figures 24 à 29).

Station Chez Morand (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) (figure 23)

Plus de 50% des espèces prédites sont manquantes, la répartition de ces espèces au sein des microhabitats varie en fonction de l'habitat : dans le cas de la pécière acidophile ce sont surtout les espèces liées aux arbres vivants et à la zone racinaire ; pour la lande alpine ce sont les espèces liées à la strate herbacée qui font le plus défaut.

Il manque proportionnellement plus d'espèces microphages et phytophages que de zoophages. Les espèces microphages manquantes sont liées aux formes caractéristiques des arbres surmatures et à la matière organique présente dans un sol saturé en eau (pour cette dernière catégorie de micro-

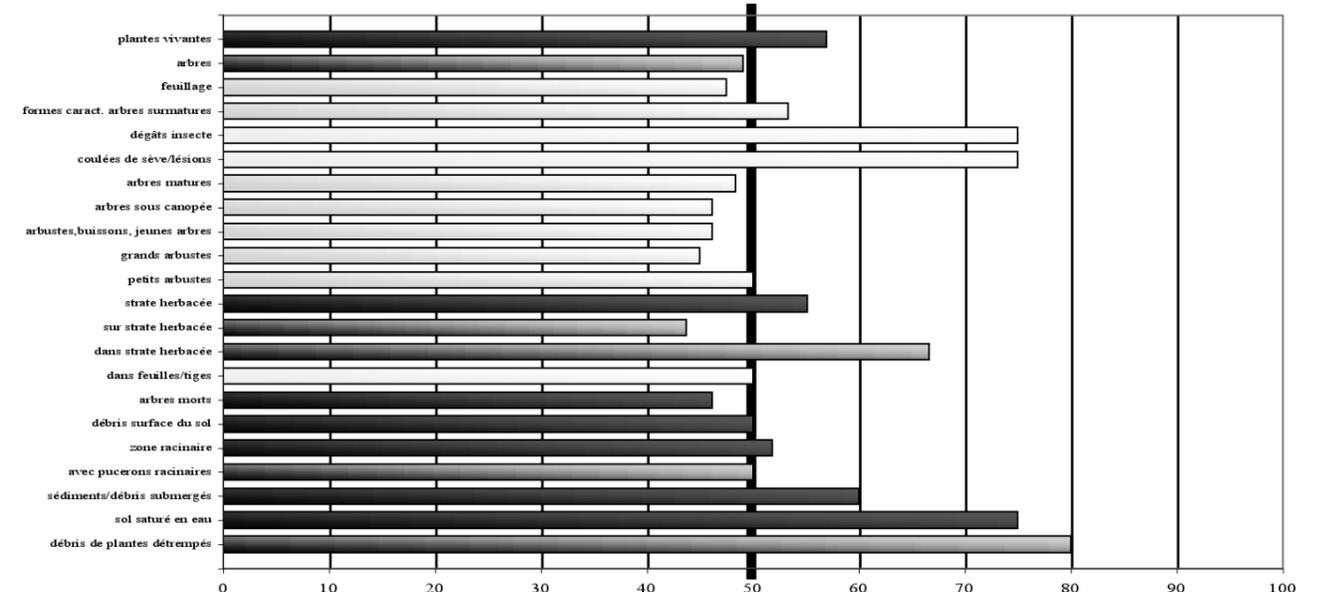
habitats, sa réalité peut sembler discutable du fait de la présence près de la surface de la roche mère en de nombreux endroits, ce qui implique un sol peu profond et donc moins de zones potentiellement humides, même si de petites zones humides ont pu être observées à proximité). Les espèces phytophages représentent près de 20% des espèces manquantes et sont liées à la strate herbacée. Les espèces zoophages manquantes sont liées pour partie aux strates arborée et arbustive, et à la strate herbacée pour l'autre mais elles représentent proportionnellement moins d'espèces manquantes que d'espèces au rendez-vous.

Ainsi, beaucoup d'espèces manquantes sont liées à la strate herbacée ce qui semble être une conséquence de la présence de gros herbivores et du surpâturage provoqué par ces derniers.

Station Les Peutets (Zone Natura 2000 Arve-Giffre) (figure 24)

Tous les microhabitats semblent présenter un déficit d'espèces moyen à important (plus de 40% d'espèces absentes). Lorsque l'on regarde les espèces liées aux principaux microhabitats ne remplissant pas leur rôle de réservoir de diversité biologique, on voit que celles liées à la strate herbacée sont des zoophages pour les espèces vivant à la surface des plantes de la strate herbacée et des phy-

Figure 23 – Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat – Chez Morand



Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

tophages pour celles vivant à l'intérieur des plantes de la strate herbacée, notamment à l'intérieur des feuilles et des tiges. Les espèces manquantes liées à des arbres morts et à la présence d'eau dans le sol ont un régime microphage à l'état larvaire.

Quand on considère le régime alimentaire, la proportion de chacun de ceux-ci dans les espèces manquantes et dans celles au rendez-vous est peu différente, il semblerait donc que ce soit l'ensemble des régimes alimentaires qui soit mal représenté comme pour les microhabitats, avec un léger déséquilibre en espèces microphages.

Bien que des animaux soient présents dans l'environnement, il est à noter que les espèces liées aux déjections animales sont quasiment toutes absentes (4/5). Toutes les espèces vivant au niveau du sol sont elles aussi peu représentées (22/41 dans la zone racinaire, espèces microphages, phytophages et zoophages). Il manque également la moitié des espèces saproxyliques. Il semble donc qu'il y ait un problème lié au sol, éventuellement lié à une surfréquentation, humaine ou animale, actuelle ou antérieure. La tourbière proche de la station présente elle aussi un déficit d'espèces notamment en espèces liées à la présence d'eau et de débris organiques dans le sol.

Station La Rosière (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) (figure 25)

De nombreux microhabitats présentent des taux élevés d'espèces absentes. C'est le cas notamment de ceux liés aux coulées de sèves et lésions sur les vieux arbres, à la strate herbacée, à la zone racinaire (bulbes et tubercules, base des tiges, pucerons racinaires) et à d'autres liés à la présence d'eau et de matière organique dans le sol. Ceci est à relier à la faible présence des espèces liées aux tourbières.

En établissant un lien avec les régimes alimentaires des larves, on note un déséquilibre dans la répartition de ceux-ci entre les espèces absentes et les espèces présentes. Alors que les espèces microphages représentent 28,81% de l'ensemble des espèces au rendez-vous, elles représentent 43,3% des espèces absentes. Quant aux zoophages, elles sont plutôt bien représentées dans les espèces au rendez-vous (67,8%) et elles ne constituent que 48,3% des espèces absentes. Un site aussi particulier que celui de La Rosière, dont la caractéristique essentielle est liée à l'accumulation et à la faible circulation de l'eau dans un environnement de forêts sur sol pentus et bien drainés, aurait donc plus facilement recruté, à partir d'habitats identiques, des espèces aphidiphages, aux capacités de vol et donc de déplacement importantes car indispensables à l'exploitation de ressources

trophiques fugaces et imprévisibles d'années en années (les pucerons), que des espèces microphages dont les femelles recherchent pour leur ponte des microhabitats beaucoup plus stables d'années en années (débris organiques riches en eau), espèces dont les capacités voilières n'ont pas besoin d'être très développées.

Station La Laya (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie) (figure 26)

Si toutes les espèces liées à la lande alpine sont absentes, ce n'est pas le cas des autres habitats qui semblent remplir de manière satisfaisante leur rôle de réservoir biologique.

Figure 25 – Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat – La Rosière

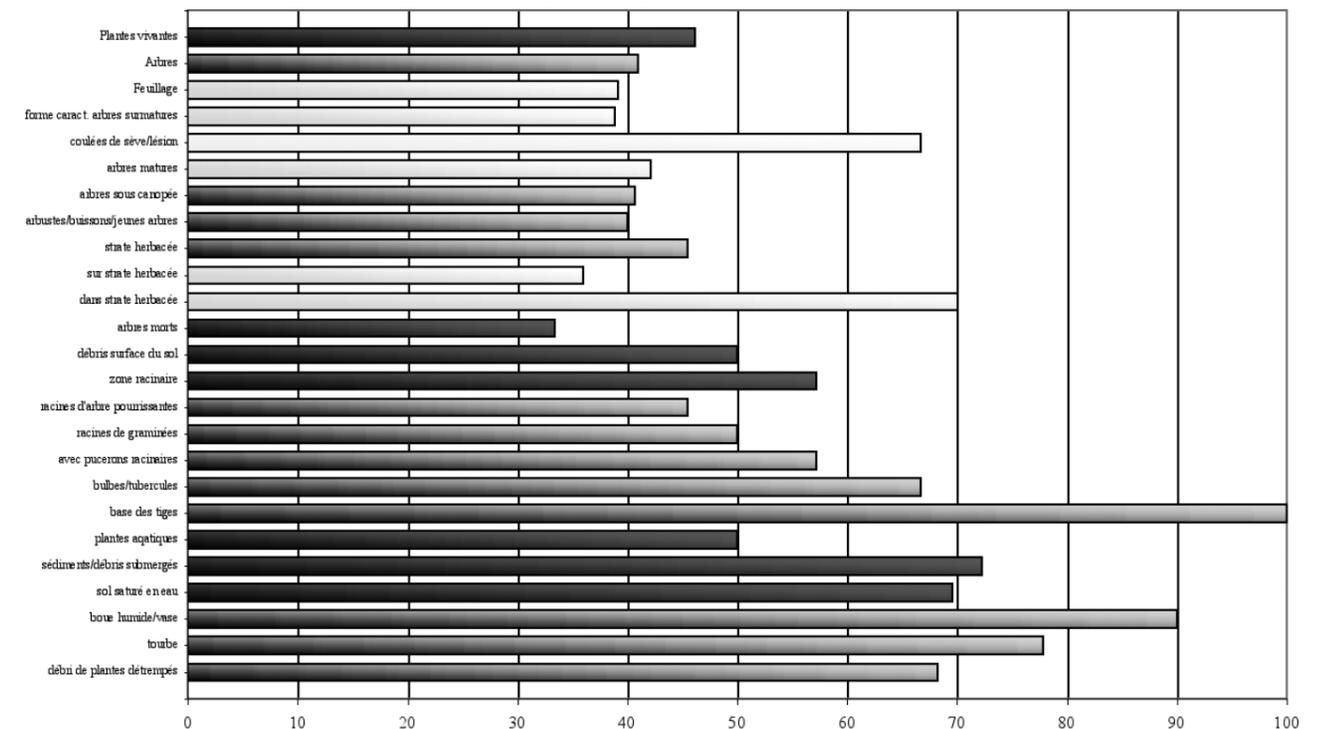


Figure 24 – Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat – Les Peulettes

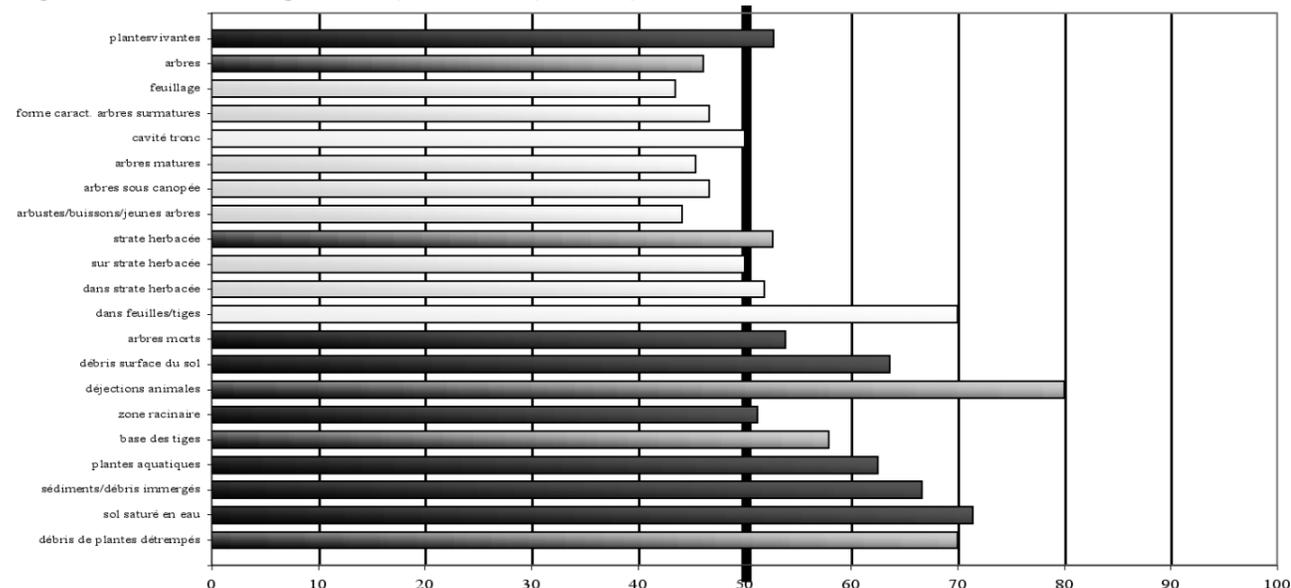
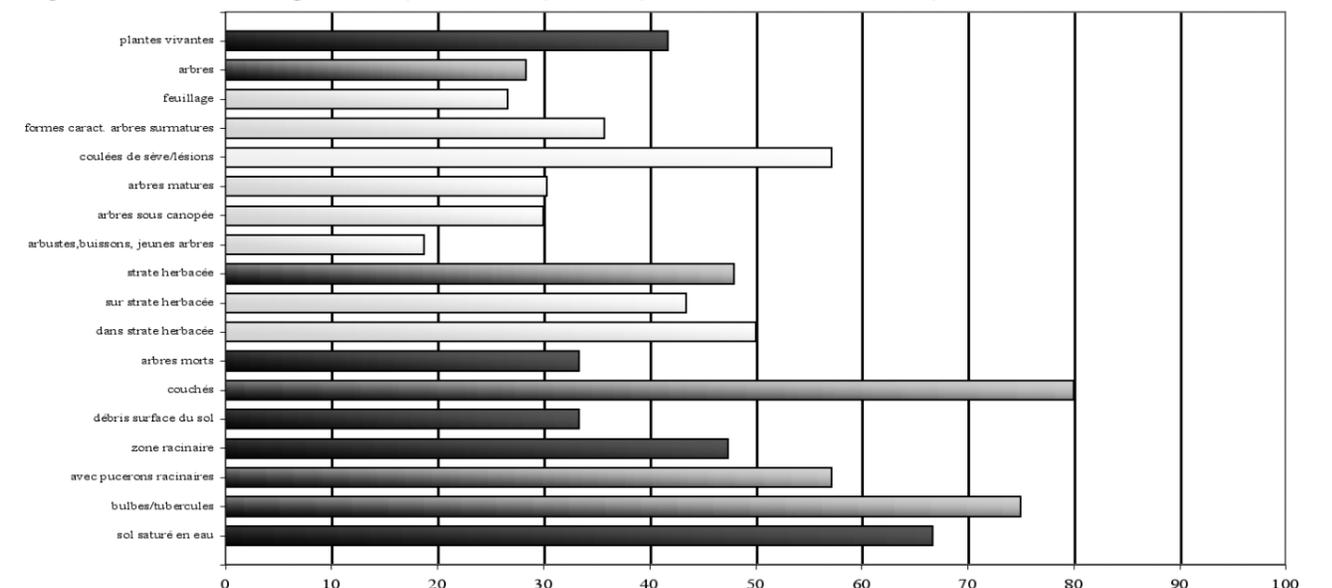


Figure 26 – Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat – La Laya



Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

On observe cependant un déficit d'espèces important dans certains microhabitats comme les coulées de sève ou les dégâts d'insectes dans la pécière, mais aussi de la strate herbacée et de la zone racinaire des pelouses. Les espèces de la strate herbacée sont mal représentées dans tous les habitats et si l'on regarde les régimes alimentaires larvaires, on en a une confirmation avec la mauvaise représentation des espèces phytophages. Ceci explique l'absence des espèces de la lande alpine qui sont toutes des espèces de la strate herbacée.

Les déficits dans ces microhabitats peuvent s'expliquer par la rareté de vieux arbres sénescents mais non morts dans l'environnement pour une part et par un piétinement ou un broutage trop important de la strate herbacée d'autre part.

Station Bois de la Joux (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) (figure 27)

Si les espèces liées aux arbres sont globalement bien représentées, celles liées aux strates arbus-tive (dans les fourrés alpins) et herbacée (dans la pécière) le sont moins. Dans les deux habitats, on peut noter l'absence importante de nombreuses espèces liées au sol détrempé et notamment à la matière organique dans le sol (espèces microphages), ceci est à mettre en relation avec la présence d'éboulis qui ne permettent pas d'avoir un sol profond ou de retenir des points d'eau stagnante. Ces espèces représentent un pourcentage plus important d'espèces manquantes que d'espèces au rendez-vous, de même pour les espèces phytophages qui sont cependant peu nombreuses. Même si parmi les espèces manquantes le plus grand nombre est constitué d'espèces zoophages, elles sont cependant bien représentées et semblent provenir d'un peu tous les microhabitats sans qu'un seul soit vraiment affecté plus que les autres.

Station Bois de la Trappe (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges) (figure 28)

Même si les espèces manquantes représentent moins de 50% des espèces prédites lorsque l'on considère l'ensemble des microhabitats, cinq d'entre eux ont un déficit d'espèces supérieur à 50%. Il s'agit tout d'abord essentiellement de ceux correspondant à l'intérieur des plantes de la strate

herbacée (surtout intérieur de feuilles et de tiges), puis de ceux correspondant à la zone racinaire (surtout pucerons racinaires). On observe également des espèces manquantes liées, en forêt, aux dégâts d'insectes et aux substrats organiques saturés en eau. Cela peut s'expliquer respectivement par une gestion forestière ayant éliminé pendant des décennies préférentiellement les arbres endommagés par des insectes xylophages, et par la géomorphologie de ce versant forestier (pente assez raide sur gros éboulis, aboutissant à un sol peu épais ne pouvant retenir une forte humidité).

En ce qui concerne les habitats, la répartition des espèces manquantes n'est pas toujours la même. La pécière acidophile présente le même type de déficit que la station dans son ensemble, mais la lande alpine présente également des déficits en espèces se développant sur la strate herbacée. En ce qui concerne les fourrés à aulne, c'est globalement la moitié des espèces liées au feuillage en général qui sont absentes. La pelouse alpine présente quant à elle un fort déficit en espèces liées à l'intérieur des plantes de la strate herbacée, mais également en espèces liées à la zone racinaire.

Les poids respectifs des microphages, zoophages, ou saproxyliques parmi les espèces manquantes sont équivalents voire inférieurs à ceux observés parmi les espèces prédites, par contre les espèces phytophages sont mieux représentées parmi les espèces manquantes que parmi les espèces observées, ce qui peut être lié avec l'absence des espèces de la strate herbacée.

Cela pourrait confirmer l'hypothèse précédemment évoquée d'une utilisation trop importante par le passé des pelouses par les herbivores domestiques, ce qui est également à mettre en rapport avec l'étude précédente sur les pelouses et landes subalpines en 2003 et 2004 (Speight & Castella, 2005). Il y apparaît que la faune syrphidologique actuelle témoigne de cette ancienne forte pression de pâturage, a priori aggravée par celle occasionnée aujourd'hui par les ongulés sauvages.

2.2.4.3. Espèces inattendues

L'analyse des espèces inattendues nous apporte des informations sur des habitats non observés sur le site, mais aussi sur les habitats à proximité.

Ces habitats peuvent être des habitats de très petite taille ou de plus grande taille qui entourent la station.

Le tableau 16 présente les pourcentages d'espèces inattendues par site et par station pour chacun des habitats qui les composent.

Station Chez Morand (Zone Natura 2000 Arve-Giffre)

Plus de 40% des espèces observées sont inattendues et la majorité d'entre elles sont liées à la présence

de feuillus (26) avec ou sans habitats supplémentaires de type bordure d'eau courante, clairières... Ces feuillus sont présents dans ou à proximité de la station sans représenter d'habitat réellement bien défini. La dernière espèce, non liée à la présence des feuillus est une espèce de prairies de montagne. Même si les espèces inattendues sont principalement liées aux hêtraies, d'autres dépendent d'autres habitats comme *Pipiza bimaculata* qui est liée aux bords de sentiers et aux petites zones ouvertes avec de grandes herbes des forêts de chêne acidophiles et *P. noctiluca* une espèce de grandes herbes le long de cours d'eau, autour

Figure 27 - Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat - Bois de la Joux

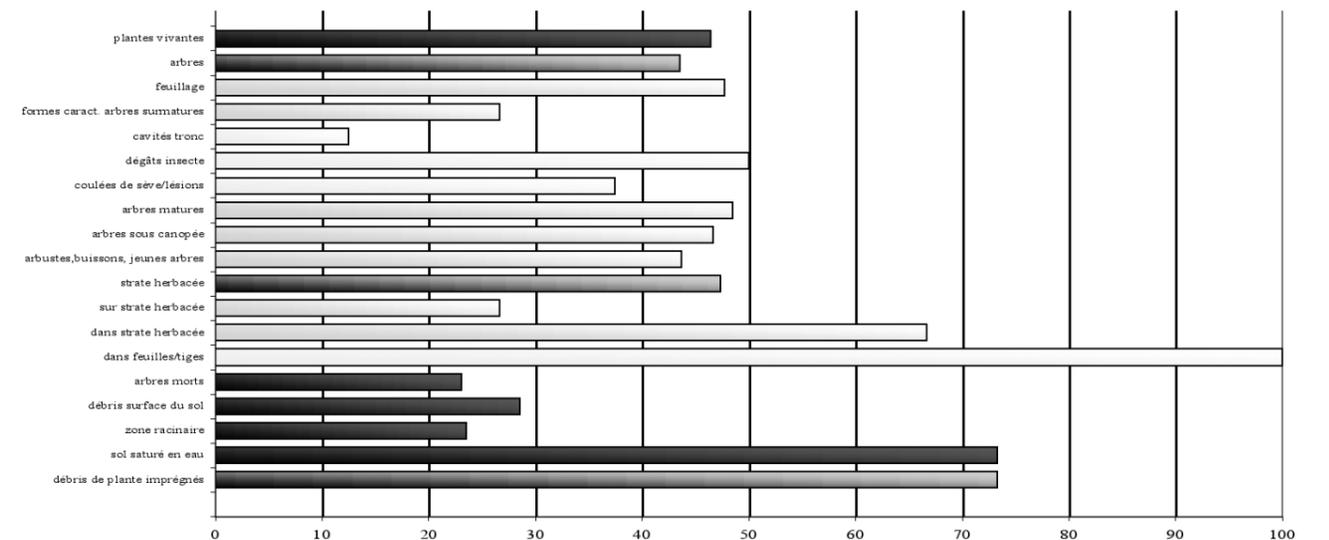


Tableau 16 - Espèces inattendues pour chacun des sites

	Zone Natura 2000 Arve Giffre		Réserve Naturelles des Contamines Montjoie		Réserve naturelle des Aiguilles Rouges	
	Chez Morand	Les Peutets	La Rosière	La Laya	Bois de la Joux	Bois de la Trappe
espèces observées	67	93	119	102	98	103
"inattendues"	28	30	60	40	54	33
% inattendues (/ observées)	41,8	32,3	50,4	39,2	55,1	32,0
Habitat 1	30	53	106	102	62	56
	44.8%	57%	89.1%	100%	63.3%	54.4%
Habitat 2	57	74	102	82	93	99
	85.1%	79.6%	85.7%	80.4%	94.9%	96.1%
Habitat 3	67	87	83	94		98
	100%	93.5%	69.7%	92.2%		95,2%
Habitat 4		83	106	63		71
		89.2%	89.1%	61.8%		68,9%
Habitat 5			116			
			97.5%			

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

des tourbières, ou de zones ouvertes en forêt de feuillus (autres que les hêtres). Cette pécière semble en phase de reconquête par les feuillus et ne conserve pas un réel faciès de pécière acidophile.

Station Les Peutets (Zone Natura 2000 Arve-Giffre)

Le pourcentage d'espèces inattendues est faible dans cette station, la majorité d'entre elles sont liées aux forêts de feuillus ou de mélèzes, mais beaucoup nécessitent des habitats supplémentaires non observés sur la station mais dont on peut supposer la présence à proximité. Certaines de ces espèces sont liées à la présence d'eau courante (ruisseaux, sources...) ou de zones humides (tourbière à proximité) dans la zone à *Abies/Picea*, cours d'eaux qui n'ont pas été observés lors de la description de l'habitat mais présents à proximité. On observe également des espèces de milieux ouverts (pâturages, zones broussailleuses ou rocailleuses, trouées en forêt).

Toutes ces espèces nous indiquent que la station des *Peutets* correspond bien à la description qui en a été faite, mais elle présente un degré de complexité supérieur à celui attendu et recrute également des espèces des milieux environnants.

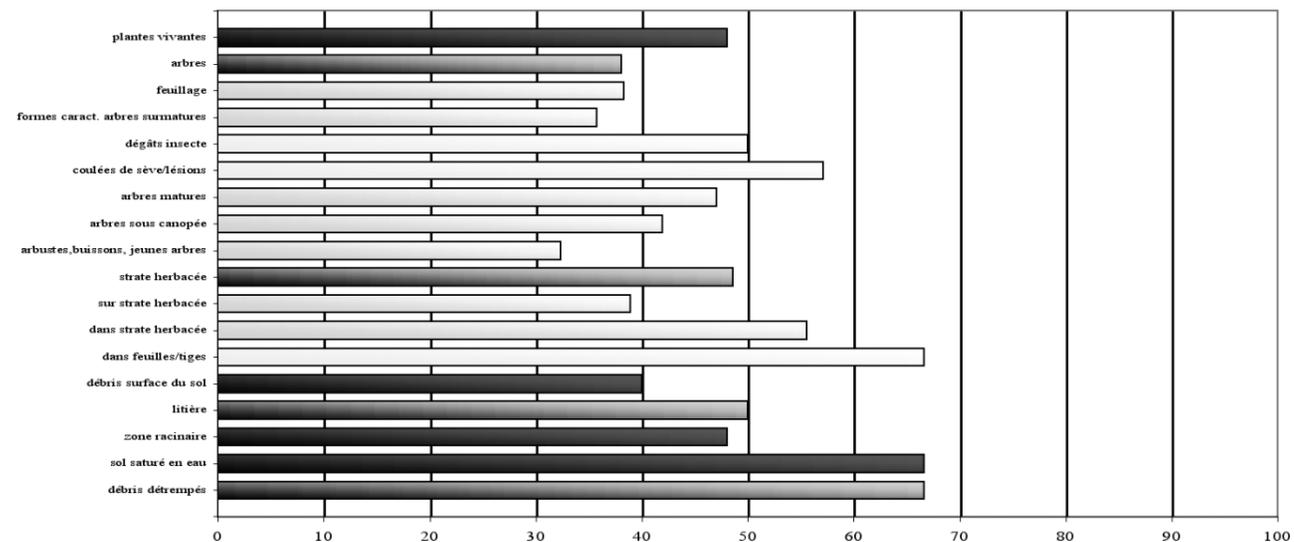
Station La Rosière (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie)

Pour *La Rosière*, parmi les 60 espèces inattendues, nombre d'entre elles sont liées aux feuillus, non directement présents sur le site mais à proximité voire plus bas en altitude. D'autres espèces sont liées aux pelouses montagnardes ou alpines, ou encore à des bords de cours d'eau sous canopée, non observés sur la station mais présents à proximité. Restent trois espèces inattendues qui proviennent de forêt de conifères autres que pécières ou de lande à molinie ou zones humides en forêt. Ces habitats n'ont pas été relevés dans les environs plus ou moins proches de la station, mais il serait intéressant de les rechercher afin d'expliquer la présence de ces espèces. Ce site semble donc concentrer, peut-être de par sa flore importante à la fois de milieux humides et de milieux secs, de nombreuses espèces provenant d'habitats parfois situés assez loin, soit plus haut soit plus bas en altitude.

Station La Laya (Réserve Naturelle des Contamines-Montjoie)

Beaucoup d'espèces sont liées à la présence de feuillus de façon plus ou moins stricte, 24 d'entre elles sont dépendantes de la hêtraie avec ou sans présence d'habitats supplémentaires. D'autres sont liées aux pelouses acidophiles qui sont à proximité. Près de la moitié des espèces sont

Figure 28 – Pourcentage des espèces manquantes par microhabitat – Bois de la Trappe



Stations sur pelouses et landes sub-alpines



Photo 14 – Anterne, *Caricion davallianae*, commune de Sixt



Photo 15 – Anterne, *Caricion ferruginae*, commune de Sixt



Photo 16 – Carlaveyron, pelouse rase à *Carex curvula*, commune des Houches



Photo 17 – Carlaveyron, Lande à *Rhododendron*, landine et pelouse



Photo 18 – Lande à azalées couchées, commune de Passy



Photo 19 – Pelouse du *Seslerion*, commune de Passy



Photo 20 – Chez Morand, commune des Houches



Photo 21 – Les Peutets, commune des Houches



Photo 22 – La Rosière, commune des Contamines-Montjoie



Photo 23 – La Laya, commune des Contamines-Montjoie



Photo 24 – Bois de La Joux, commune de Chamonix



Photo 25 – Bois de La Trappe, commune de Chamonix

liées à la présence de cours d'eau et 4 espèces ne peuvent être expliquées que par la présence de tourbières acides. Trois espèces restent malgré tout inexpliquées :

Cheilosia gagatea est plutôt une espèce de milieux ouverts : des pelouses alpines calcaires jusqu'à plus de 2000 m dans les Alpes, mais elle peut aussi être présente dans des clairières dans la zone des hêtraies – sapinières. Cette présence aurait pu permettre de la prédire à La Laya, mais elle n'est jusqu'à maintenant pas prédite en forêt. De telles études permettent d'apporter des précisions sur les habitats des espèces et donc de pouvoir apporter des précisions complémentaires dans Syrph-the-Net.

C. gigantea est également une espèce des pelouses alpines et montagnardes des Alpes (calcaires à neutres). *C. pictipennis* est une espèce liée aux clairières à grandes herbes dans la pécière mésophile. Toutes ces espèces nous montrent l'influence des petites zones tourbeuses et paratourbeuses que nous avons pu voir, mais que nous n'avons pas considérées comme un habitat à part entière du fait de leur extension limitée. Il est également permis de supposer la présence d'un substrat calcaire à proximité sur lequel une partie de la pécière et des pelouses alpines seraient implantées (il existe effectivement un affleurement de cargneules à proximité dans un vallon situé entre le site de la Laya et la Rosière).

Station Bois de la Joux (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges)

La plupart des espèces inattendues sont liées à la présence de feuillus, principalement aux hêtres, à celle de mélèzes, des pelouses alpines ou montagnardes ainsi que aux bords de cours d'eau. Deux espèces restantes sont expliquées par la présence d'un habitat supplémentaire de la pécière : les clairières herbeuses ; une en particulier, *Microdon miki*, une espèce liée aux fourmis du groupe *Formica rufa* (probablement *F. lugubris*), présentes dans les clairières herbeuses des forêts de conifères. Sa présence indique donc qu'elles existent et que l'on y trouve des fourmilières.

Station Bois de la Trappe (Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges)

Lorsque l'on regarde les espèces provenant d'habitats susceptibles de se trouver sur ou aux abords du Bois de la Trappe, on voit que de nombreuses espèces proviennent de feuillus (18 liées à ces feuillus sans nécessité d'habitat associé auxquelles s'ajoutent 10 espèces liées aux feuillus avec habitats associés de type clairière, ruisseau...). Parmi ces 28 espèces, 20 sont liées aux hêtres avec ou sans rive de cours d'eau, habitat présent à plusieurs centaines de mètres du site de piégeage ce qui traduit chez elles une grande capacité de déplacement (les 5 espèces restantes sont potentiellement et également expliquées par les autres habitats pris en compte). D'autres habitats tels les zones à mélèzes, les pelouses alpines calcaires présentes de l'autre côté de la ligne de crête, les pelouses montagnardes situées plus bas en altitude et les rives d'eau courante (torrents à 500 et 700 m de la station), permettent d'expliquer à leur tour des espèces inattendues dans cette station. En considérant ces différents habitats effectivement présents dans les environs plus ou moins distants des sites de piégeage, il n'y a plus d'espèces inattendues.

2.2.5. Conclusion et propositions de gestion.

Un site se distingue particulièrement : le site de La Rosière qui présente une diversité importante d'habitats en lien avec un nombre d'espèces important. Ce milieu décrit à l'origine comme une tourbière, nous semble plutôt une mosaïque complexe de prairies paratourbeuses avec des ruisseaux et des résurgences, de marais à saule et à bouleau, entourée par une pécière acidophile à proximité de pelouses de montagne. Il faut noter que la lande alpine, bien que présente, semble dégradée et ne présente pas les caractéristiques attendues.

Trois autres sites semblent correspondre à la définition des milieux préalablement décrits : pécière subalpine ou alpine : les sites de La Laya, Le Bois de la Joux et Le Bois de la Trappe, ils diffèrent cependant par les habitats ou microhabitats présents.

La Laya est un ensemble d'habitats où la pécière acidophile domine avec des fourrés alpins à aulne, mais elle présente une mosaïque d'habitats

imbriqués, rochers, tourbières, zones ouvertes sèches ou humides... qui apportent chacun des espèces particulières.

Le *Bois de la Trappe* est une pécière acidophile lâche (en limite supérieure de la forêt), on y observe des espèces provenant des habitats imbriqués et environnants (même assez éloignés comme des ruisseaux à 700 m). Plus de la moitié des espèces absentes est liée à la strate herbacée. Le site étant très fréquenté par des Cervidés, on peut se demander s'il n'existe pas un problème de surpâturage par ces herbivores.

En ce qui concerne la dernière station : *Chez Morand*, qui semble en phase de reconquête par les feuillus, on peut également voir qu'elle souffre de la présence importante d'herbivores qui paissent et piétinent la strate herbacée.

On peut retenir pour l'ensemble des stations, une complexité plus importante en terme d'habitats qu'il ne semblait à première vue lors du choix de celles-ci. Les pécières acidophiles ainsi que la tourbière ou plutôt la zone sylvotourbeuse de *La Rosière*, subissent des influences des habitats environnants et servent de lieux de prospection pour des espèces en provenance d'habitats plus éloignés. Trois des stations présentent une bonne intégrité écologique (*La Rosière*, *La Laya* et *le Bois de la Trappe*), deux sont un peu plus dégradées (*Les Peutets* et *le Bois de la Joux*) et la dernière (*Chez Morand*), est très dégradée et ne semble pas pouvoir être considérée comme une pécière acidophile au vu de la colonisation par les espèces de feuillus.

Au *Bois de la Trappe* et aux *Peutets*, nous avons vu que le pâturage par les gros herbivores perturbe probablement certains microhabitats et ne permet donc pas la présence de certaines espèces ; il serait donc intéressant de créer des exclos de plusieurs ares pour éviter cette perturbation par les animaux sauvages et de vérifier au bout de plusieurs années si la faune syrphidologique en bénéficie. En ce qui concerne *La Laya*, le piétinement des stations est préjudiciable au développement de certaines espèces (la proximité des sentiers de randonnée augmenterait le risque d'aggravation de cet impact), il conviendrait dans la mesure du possible de limiter la fréquentation par les ongulés sauvages du fait de la fragilité des zones les plus humides. *La Rosière* est un milieu sensible du fait

de ses zones humides sensibles à la fermeture, il conviendrait d'éviter celle-ci en coupant les résineux qui colonisent le milieu en l'asséchant.

2.3. Conclusion

Ce type d'étude permet de mettre en évidence l'importance du choix des sites à étudier et de l'emplacement des pièges, du fait essentiellement de l'imbrication des habitats composant une mosaïque de milieux complexes. Il est donc important d'identifier le ou les habitat(s) caractéristique(s) du site dont on veut évaluer la qualité écologique.

Il est également primordial de prendre conscience que l'état actuel de la faune et de la flore est fortement dépendant de l'histoire des sites et qu'une formation végétale jugée comme étant sub-naturelle car très proche de l'état qu'elle aurait sans intervention humaine dans le passé, n'héberge pas forcément une entomofaune aussi bien conservée ou restaurée. Les plantes peuvent recoloniser un espace à partir des graines conservées dans le sol, mais les insectes doivent s'être maintenus, vivants et actifs, quelque part dans les environs pour pouvoir revenir après un laps de temps plus ou moins long.

Syrph the Net permet une interprétation fine des différents macro- et microhabitats présents au sein et parfois à proximité du site étudié (nous avons vu la capacité des syrphes à prospecter d'autres milieux que ceux dans lesquels ils se développent). Tant la famille des Syrphes que l'outil StN permettent ainsi d'appréhender la qualité écologique à plusieurs échelles spatiales : de l'habitat dans lequel se trouve le piège au paysage proche. Ceci varie en fonction du dispositif de piégeage (nombre et emplacement des pièges) et des espèces capturées dont on peut dire justement de quels habitats potentiels elles proviennent. Ainsi, c'est un véritable diagnostic fin et spatialement explicite et modulable qui est fait à partir d'un ensemble d'espèces d'un site, dont on ne pourrait sans cela sortir autre chose qu'une liste totalement muette de noms latins sans signification écologique.

3. D'autres utilisations possibles de la base de données.

En plus des données sur les macro- et microhabitats des espèces de syrphes, des informations sur leur répartition, leur statut, ainsi que leurs caractéristiques biologiques sont codées dans la base. Ainsi peut-elle être utilisée à des échelles géographiques variées : site, région, pays et même au niveau européen. De plus, les différents fichiers d'informations peuvent être utilisés soit indépendamment soit en association, selon le type de question abordée.

A titre d'exemple, les questions suivantes peuvent toutes trouver une réponse à l'aide de la base de données StN :

- Combien y a-t-il de syrphes à larves vivant dans les cavités à terreau des troncs connus en Italie ?
- Quelles espèces associées aux marais en Espagne sont aussi présentes en France ?
- Quelles différences y a-t-il en Europe, entre les zones atlantique, continentale et méditerranéenne du point de vue de la proportion de syrphidofaune dont les larves vivent dans les mares temporaires ?
- Combien de syrphes univoltins, à larve prédatrice vivant sur des plantes herbacées et dont les adultes sont connus pour se nourrir uniquement de pollen de fleurs (anémophiles) sont présents dans les forêts de chêne, ainsi que dans les hêtraies, dans différentes parties de l'Europe ?

Ainsi StN est potentiellement un outil très flexible, ouvert à une large gamme d'applications dans des études de la biodiversité ou à caractère biogéographique. Mais elle n'est disponible que depuis 1997 et peu de ses applications potentielles ont encore été explorées complètement et appliquées.

3.1. Des exemples à des échelles spatiales et temporelles multiples...

Utilisant des catégories très générales de macrohabitats (forêt, milieux ouverts), les données d'association espèce/habitat ont été utilisées pour montrer que la faune syrphidienne d'une parcelle de forêt de grande taille est significativement plus variée que la faune d'une forêt isolée de même

taille – un sujet de quelque importance en considérant les effets de la fragmentation forestière sur le maintien de la biodiversité. Cette étude implique plus de 70 forêts dans le sud-ouest de la France (Ouin *et al.*, 2006). Une fois encore en employant les données de macrohabitats de la base de données il a été montré que dans les plantations de conifères – au moins en Irlande où les conifères ne sont pas indigènes – la plus grande partie de la biodiversité syrphidienne présente est dépendante de zones ouvertes (bords de chemins et zones où les conifères ne poussent pas) et de marais à l'intérieur des plantations (Gittings *et al.*, 2006), avec des implications évidentes pour la gestion de la biodiversité, si celle-ci doit être maintenue. Une gestion plus écologique peut certainement bénéficier à la faune syrphidienne forestière selon Reemer (2005), qui a utilisé les données des macro et des microhabitats pour étudier l'augmentation de la fréquence et de la diversité des syrphes forestiers saproxyliques aux Pays-Bas, concluant que, dans ce pays, les changements dans la gestion de la forêt ont été bénéfiques à la majorité des espèces à l'exception d'un sous-groupe associé aux vieux arbres vivants et dont les larves étaient probablement dépendantes de la présence d'autres insectes saproxyliques. Une autre étude dans le Jura suisse ayant utilisé les données de macro et microhabitats de la base de données, a également montré que la gestion traditionnelle (i.e. enlèvement individuel des arbres, plutôt que coupe claire) peut bénéficier aux espèces de syrphes saproxyliques associées au bois mort (par exemple aux souches) mais ne favorise pas les espèces liées aux vieux arbres vivants (Goeldlin *et al.* 2003). Dans cet exemple, les conclusions ont largement contribué à initier un changement dans la gestion de la forêt, ce qui a impliqué la mise en place d'enclaves intraforestières où les arbres ne sont pas récoltés et peuvent donc vieillir et mourir sur place. L'importance des vieux arbres vivants dans le maintien de la biodiversité syrphidienne a été montrée par Speight & Good (2003) qui ont utilisé les données de répartition, macro et microhabitats pour comparer différentes zones biogéographiques. Ils ont montré que l'importance de ces arbres était la plus déterminante dans la zone méditerranéenne et moindre dans le nord de l'Europe.

Les données d'association espèce/habitat peuvent être utilisées pour obtenir une vue d'ensemble de l'évolution de la biodiversité qui peut résulter de changements dans la représentation des habitats sur un site (par exemple nouvelles modalités de gestion). Cette approche a été utilisée par Speight *et al.* (2002), Speight (2001) et Speight & Good (2003), pour démontrer que la conversion d'une ferme familiale basée sur la production mixte de bétail, foin, ensilage et cultures de céréales, en d'autres systèmes de production plus spécialisés, produirait une perte de diversité des syrphes. Cette perte dépend des habitats effectivement perdus lors du processus de conversion. Le scénario extrême de la conversion en une exploitation de grandes parcelles uniquement dévolues à la culture conduirait à la perte de plus de 90% de la syrphidofaune existante. En utilisant une approche similaire, basée sur les habitats qui "devraient" être présents dans un paysage donné, il est possible d'identifier quelles espèces "devraient" aussi être présentes. Ceci a conduit Speight (2004a) à conclure que le manque d'un élément de la faune des syrphes des tourbières de couverture de deux Parcs Nationaux en Irlande de l'Ouest était dû à un manque d'étangs et de cours d'eau. Il a donc été recommandé d'introduire des étangs artificiels qui aideraient à fournir une partie de la faune manquante.

Les conséquences faunistiques de la perte ou du gain d'habitat peuvent être traduites au niveau national, en connaissant les habitats présents dans un pays et les espèces associées à ces habitats. Cette approche a été utilisée par Speight (2004b) pour étudier l'arrivée dans l'île de la syrphidofaune irlandaise, en se basant sur la connaissance de la représentation postglaciaire des habitats en Irlande. Cette connaissance est dérivée du travail sur le Pléistocène de paléoécologues et d'archéologues. Il a été possible de conclure que la syrphidofaune actuelle de l'île pourrait avoir été en place il y a quelques 5000 ans, mais que l'histoire des syrphes associés aux conifères a été compliquée par la perte des conifères indigènes il y a 1000 ans et l'introduction, consécutive à une sylviculture à visée commerciale, d'un mélange de conifères d'origines géographiques variées durant les 150 dernières années. En utilisant la base de données, on a pu montrer qu'il n'est pas vraiment crédible de tenter d'expliquer l'absence virtuelle des syr-

phes irlandais de vieilles forêts comme une conséquence de leur échec pour arriver sur l'île durant la période postglaciaire. Plus vraisemblablement, leur absence est presque certainement due à l'extinction provoquée par la presque totale élimination de la forêt indigène de l'île au début du XXe siècle.

Les données d'association espèce/habitat codées dans la base de données ont été employées de manière différente par Burgio & Sommagio (2006) pour démontrer que la capture de syrphes à l'aide d'une tente Malaise peut être utilisée pour mesurer la complexité et la perméabilité du paysage. Ceci est effectué grâce à l'identification des habitats associés aux espèces non prédites prises dans le piège (i. e. les espèces non associées avec les habitats entourant le piège). Plus la diversité des associations à des habitats éloignés est élevée, plus le degré de complexité et de perméabilité du paysage au voisinage du piège est grand. Les espèces qui ne sont pas associées avec les habitats entourant le piège Malaise qui les a collectées ont aussi été utilisées (Speight, 1997) pour indiquer quels habitats peuvent être le plus utilement introduits dans un site dans un but de restauration. En effet, en utilisant les habitats associés aux espèces collectées, on peut montrer quels habitats peuvent être colonisés par des espèces parvenant sur le site mais incapables d'y vivre effectivement.

A l'échelle régionale, les données de microhabitat de la base de données ont été utilisées (Speight & Good, 2003) pour montrer que les espèces de syrphes dont les larves sont associées avec les très vieux arbres vivants, composent une beaucoup plus grande proportion de la syrphidofaune des vieilles forêts en Europe méditerranéenne que plus loin au nord. La plus faible proportion de ces espèces se trouve dans les forêts boréales. Ceci aide à expliquer pourquoi le bois mort est regardé comme de beaucoup plus grande importance pour le maintien de la faune des vieilles forêts dans le nord de l'Europe que les vieux arbres vivants. Cela montre également que les vieux arbres vivants sont d'une plus grande signification dans le maintien de la faune des vieilles forêts méditerranéennes que ne l'est le bois mort.

3.2. Où en sommes-nous aujourd'hui ?

On assiste à une prise de conscience croissante que les syrphes sont fascinants, que beaucoup d'entre eux sont magnifiques et qu'ils peuvent être utiles pour l'interprétation de la qualité des habitats et l'identification des priorités de gestion de la biodiversité. Il est clair que la base de données StN joue un rôle en "poussant les syrphes sous les feux de la rampe". Mais est-ce que la demande créée par cet intérêt croissant peut être satisfaite ? Par exemple, comment peut-on se renseigner au sujet des syrphes si on le désire ? Si l'on souhaite identifier un syrphes comment peut-on le faire ? Est-il possible d'utiliser la base StN dans la partie de l'Europe où l'on se trouve ? Bien sûr, il n'y a actuellement qu'un très petit nombre d'ouvrages sur les syrphes à la portée de tous et ceux qui existent ont été écrits dans très peu de langues européennes. L'intérêt soudain qui s'est développé pour les syrphes a apparemment, pris de cours les syrphidologues européens. Il est vraisemblable que l'intérêt croissant entraîne l'écriture d'un plus grand nombre d'ouvrages de vulgarisation. Peut-on apprendre à identifier les syrphes ? Comme avec presque tous les groupes d'insectes, certains syrphes sont plus facilement identifiés que d'autres. Des espèces comme *Episyrphus balteatus* peuvent être reconnues à partir de photos couleur que l'on peut trouver en de nombreux endroits, y compris sur divers sites internet (photo 26). Mais mettre le nom correct sur l'une ou l'autre des deux espèces les plus communes de *Syrphus* (*S. ribesii* et *S. vitripennis*, photo 27) qui peuvent être trouvées dans les parcs et jardins de la Scandinavie à la Méditerranée, est une autre histoire ! Il y a beaucoup d'espèces de syrphes qui ne peuvent pas être facilement identifiées par un simple observateur. En Europe du Nord, de l'Ouest et centrale, quelqu'un de déterminé à connaître les syrphes peut devenir raisonnablement compétent dans l'identification des espèces régionales en moins de deux ans ; ceci en utilisant la littérature existante (ce qui implique la connaissance de l'anglais, du hollandais, du finnois ou du russe) et avec l'aide d'un expert local pouvant être contacté occasionnellement. Il y a un besoin considérable de littérature efficace pour l'identification des syrphes dans de plus nombreuses langues européennes. Un effort majeur est actuellement en cours pour produire des clés d'identification en allemand qui puissent remplacer le travail classique de Sack

(1928-1932), au moins pour la faune allemande, mais on a sérieusement besoin d'autres initiatives équivalentes dans d'autres langues européennes telles que le français, l'italien et l'espagnol. Si vous vivez en zone méditerranéenne, il existe un problème additionnel fréquent : celui de pouvoir rencontrer des espèces non couvertes par la littérature existante. Des études plus complètes de la faune syrphidienne d'Europe du Sud sont maintenant en cours, avec des avancées significatives faites de manière assez rapide grâce à une coopération de spécialistes dans différents pays notamment en Serbie et en Espagne. Mais les résultats de cet effort restent encore à traduire en clés d'identification.

Au niveau européen, des différences dans le niveau de connaissance de la faune syrphidologique sont reflétées au travers des diverses listes nationales. La situation actuelle est une plus faible connaissance dans les pays du sud-est de l'Europe (carte 2). Ces différences régionales ont aussi un impact sur le contenu de la base de données, puisque les parties les moins bien connues du continent sont (presque par définition) celles où se trouvent le plus d'espèces mal connues et celles-ci ne peuvent pas être incorporées dans les feuilles du tableur. En général, dans les parties de l'Europe pour lesquelles existent des listes récentes et fiables d'espèces, 95% ou plus des espèces de syrphes sont couvertes par la base de données. Dans les parties où seules de vieilles listes sont disponibles, cette proportion chute autour de 90%, alors que dans les parties de l'Europe où aucune liste nationale n'a été publiée cette proportion peut être encore plus basse. Le cas extrême est celui de la Turquie, à la périphérie du sud-est de l'Europe. Seules 75% des espèces connues en Turquie sont couvertes par la base de données. Par contraste, dans le cas de la France, le troisième plus grand pays d'Europe, 498 des quelques 510 espèces (i.e. 98%) recensées sont incluses dans la base de données, les douze espèces non couvertes sont pour la quasi-totalité d'entre elles des espèces caractéristiques de la zone méditerranéenne. Ainsi en principe, on peut s'attendre à pouvoir utiliser la base de données dans les pays où il existe une liste d'espèces à jour et dans beaucoup de pays où la liste existe mais nécessite une mise à jour. Cependant, dans les grands pays (la France en étant un bon exemple), l'utilisation d'une liste nationale pour engendrer

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

une liste d'espèces prédites sur un site pourrait conduire à une énorme sur-prédiction et des listes plus localisées sont nécessaires.

En France, les départements fournissent une unité géographique pratique et l'utilisation de la base de données comme outil de prédiction dans une localité donnée est étroitement liée à la qualité de la liste disponible pour le ou les département(s). L'information sur les espèces présentes dans chaque département français est facilement accessible sur internet sur le site "SYRFID" (<http://syrfid.ensat.fr/>). La carte 3 montre l'état des connaissances sur les syrphes de France au niveau départemental, comme indiqué dans SYRFID. Bien qu'il y ait 21 départements pour lesquels les informations disponibles sont suffisantes pour produire une liste d'espèces prédites pour un site donné, il y en a d'autres pour lesquels la syrphidofaune est moins bien connue ; et pour trois d'entre eux, aucun syrphe n'est recensé ! C'est à ce niveau que les données biologiques deviennent d'une grande importance pour l'efficacité d'un outil tel que StN. Le site SYRFID est inestimable pour fournir d'une part une liste départementale à jour et d'autre part pour montrer quelles données sont grandement nécessaires. Malheureusement, de tels moyens n'existent pas encore pour d'autres pays européens, ni sur internet ni ailleurs, bien que l'information nécessaire existe probablement dans certains cas (par exemple pour la Grande Bretagne et les Pays-Bas).

Que la base de données puisse être utilisée dans une partie quelconque de l'Europe ne dépend pas seulement de la disponibilité d'une liste départementale fiable ou de son équivalent (listes de comté, listes cantonales, listes de Länder) mais aussi de la disponibilité des données d'association espèce/habitat pour l'habitat dans cette partie de l'Europe. Et des différences régionales existent, eu égard à la disponibilité des données d'association espèce/habitat, de même qu'il y en a pour d'autres informations sur les espèces. Au niveau européen, on constate qu'il y a moins d'informations disponibles sur les associations entre espèces de syrphes et habitats dans les parties sud et est de l'Europe. Un bon exemple est celui de la garrigue méditerranéenne (phrygana) ou de la lande épineuse. Ce type d'habitat est connu dans différents pays du sud-est de l'Europe, mais la garrigue méditerranéenne n'apparaît pas dans les fichiers de macro-

habitats de la base de données, car sa syrphidofaune n'est pas assez bien connue pour être codée. A l'extrémité opposée du continent, bien qu'on en sache assez sur la syrphidofaune associée à la toundra en général, les différents sous-types de toundra (e. g. toundra à arbrisseaux nains, toundra à bruyère naine, toundra alpine - arctique) ne peuvent pas être codés individuellement à cause d'un manque de données. Au fur et à mesure que les données deviennent disponibles, de telles limitations à la couverture européenne par la base de données s'amenuisent années après années, tant sur de nouveaux habitats que sur de nouvelles espèces. Les informations sur les espèces déjà présentes dans la base peuvent être (et sont) mises à jour de la même façon. Il y a suffisamment d'informations disponibles, sur les associations espèce/habitat pour la plupart des habitats naturels et semi-naturels d'Europe de l'Ouest tempérée et d'Europe centrale, pour pouvoir utiliser la base de données dans ces parties du continent. Cette réalité est perceptible dans l'existence de projets employant la base de données, des Pays-Bas aux Pyrénées et d'Irlande à travers l'Europe centrale et jusqu'au nord de l'Italie. Les deux exemples de Haute-Savoie cités ici, sont typiques. Ils illustrent tous les deux comment les données des macrohabitats puis des microhabitats sont utilisées pour identifier les composantes site/habitat sur lesquelles une gestion particulière doit être appliquée, notamment si la biodiversité doit être maximisée. Elles suggèrent aussi toutes les deux que le pâturage par les gros herbivores et l'exploitation par ces derniers de la strate herbacée, requièrent plus d'investigations sur ces sites, puisque les syrphes reflétant ces sites ont une flore de base suffisamment appauvrie pour qu'il y ait eu un effet négatif sur la diversité de la faune. La pratique actuelle qui consiste à focaliser les études botaniques sur l'enregistrement des formations végétales présentes, sans inventorier également les espèces de plantes présentes, peut aboutir à ce que des sites à flore appauvrie (et donc à faune d'invertébrés appauvrie) soient reconnus comme représentatifs "d'habitats" particuliers caractérisés par la présence de ces formations végétales. De ce point de vue, les deux projets de Haute-Savoie mettent en lumière le besoin d'accompagner une étude phytosociologique par une étude faunistique dans le processus d'évaluation d'un site, plutôt que de faire une étude de faune ensuite. D'un autre côté, ces deux

Diptères syrphidés



Photo 26 - *Episyrphus balteatus*

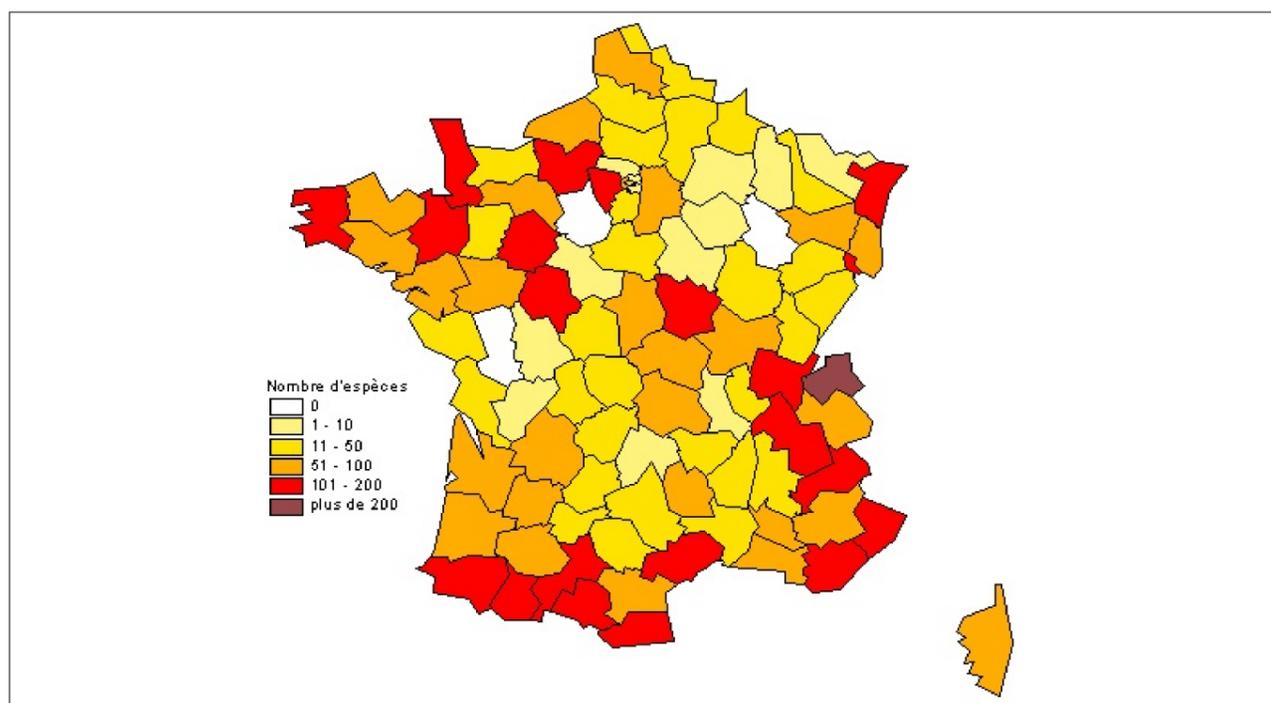


Photo 27 - *Syrphus ribesii*

Les syrphidés à l'échelle européenne et nationale



Carte 2 - Disponibilité des listes récentes (i.e. depuis les 25 dernières années) d'espèces de Syrphidés pour les différents pays européens (Oct. 2003)



Carte 3 - Nombre d'espèces de syrphes enregistré pour chaque département français - d'après SYRFID, 2006 : <http://syrfid.ensat.fr/>

projets montrent des différences marquées, une des plus apparentes étant le petit nombre d'individus collectés par espèce dans les pelouses subalpines par comparaison avec les sites forestiers. Chose intéressante, le petit nombre d'individus collectés dans les pelouses subalpines n'a pas d'influence majeure sur l'interprétation des résultats, puisque l'interprétation utilisant StN est dépendante des espèces collectées et non du nombre d'individus au sein de chaque espèce (un seul spécimen d'une espèce peut être aussi utile qu'un grand nombre de spécimens de cette même espèce lorsque l'interprétation est basée sur une liste d'espèces). Ceci est en opposition marquée avec les interprétations dépendant des statistiques. Alors que le jeu de données des sites de forêt de Haute-Savoie aurait été suffisamment grand pour donner lieu à un traitement statistique, il est douteux que l'outil statistique appliqué aux données des pelouses subalpines eut été très fructueux. Un autre contraste entre ces deux études, à nouveau avec une implication statistique, concerne la proportion d'espèces inattendues trouvées dans les pièges. Dans les sites forestiers, ces espèces observées mais non prédites étaient en minorité (ce qui est la situation habituellement rencontrée). Cependant, dans les pelouses subalpines, le contraire était vrai, avec une majorité des espèces collectées qui étaient non prédites pour les sites où elles ont été trouvées ! Le fait que ces espèces soient associées avec des habitats non présents sur ces sites de pelouses subalpines peut être détecté en utilisant StN, mais il serait beaucoup plus difficile à détecter avec les statistiques, particulièrement quand il y a si peu d'individus par espèce dans les pièges. Quand bien même le jeu complet de données collecté par site aurait été soumis à analyses statistiques, il eut été difficile de faire émerger des résultats cohérents en relation avec les caractéristiques écologiques du site, étant donné que la majorité des espèces n'ont pas ou n'ont que peu de relations effectives avec les sites dans lesquelles elles ont été capturées (beaucoup de ces espèces provenaient en effet de milieux situés à des altitudes plus faibles du fait probablement des conséquences de la chaleur et de la sécheresse estivale).

L'incorporation dans StN, d'habitats entièrement modélisés par l'homme n'a pas posé de problèmes particuliers en elle-même puisqu'il est possible de caractériser la faune de cultures comme le maïs

ou les prairies à ensiler ou encore les plantations de conifères. Toutefois, de nombreuses situations, dans lesquelles des plantes étrangères sont introduites dans des habitats naturels résiduels, génèrent des difficultés dans la caractérisation des habitats et l'interprétation des résultats car il s'agit alors de systèmes hybrides contenant des éléments de divers habitats. Il est tout à fait possible de se trouver soi-même confronté à une parcelle qui était probablement une forêt de feuillus originellement, mais qui maintenant contient des espèces ayant été plantées de divers conifères des quatre coins du monde, des taches d'eucalyptus ou de laurier cerise (*Prunus laurocerasus*) sous-canopée. Construire un système qui pourrait permettre de prédire la syrphidofaune d'une telle combinaison artificielle d'éléments d'habitats s'avère difficile. Malheureusement, des manifestations diverses de ces habitats modélisés par l'Homme ou nothiques (i.e. dérivant d'un modelage du ou des habitats naturels originels par l'introduction d'habitat(s) d'origine anthropique) couvrent des surfaces significatives dans certaines parties de l'Europe, comme en Grande Bretagne, en Belgique et aux Pays-Bas. Un des défis à relever dans l'évolution future de la base de données sera de savoir comment s'occuper de ces habitats nothiques.

Dans l'optique d'une restauration écologique des milieux vers leur état originel, activité adossée à une discipline scientifique encore récente et en fort développement ces dernières années, "l'écologie de la restauration", les syrphes et la base de données StN sont amenés à être utilisés pour suivre l'évolution précise de cette restauration, au-delà donc de la seule apparence physiologique des milieux données par la végétation. Ils peuvent ainsi délivrer des indications sur la mise en place de processus écologiques propres aux niveaux trophiques autres que la production primaire (et pratiquement impossibles à relever directement), processus indispensables à la pérennisation/viabilité à long terme des habitats ou écosystèmes ainsi recréés. Ils peuvent même être utilisés en amont de la phase du suivi de la restauration, comme outils d'aide à la décision lors de la phase d'élaboration du projet. Ils permettent de voir si les processus écologiques en place, au travers des espèces de syrphes recensées, sont bien majoritairement ceux de l'habitat originel ou bien si celui-ci, sous l'action de l'Homme, n'a pas indirectement

Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité

évolué vers un autre type d'habitat. Si ce dernier est également d'intérêt écologique dans la région ou s'il présente de plus grandes chances de succès, il sera privilégié dans le schéma de gestion du site.

L'utilité de la base de données dépend non seulement de ce qu'elle contient mais aussi de son accessibilité (si vous ne savez pas que cela existe ou que vous ne pouvez pas l'obtenir, de toute évidence vous ne pouvez pas l'utiliser !). La toute première version rudimentaire de StN remonte à 1991, comme partie d'un projet de l'Union Européenne sur l'évaluation et la gestion de zones alluviales (Maltby *et al.*, 1996). Mais c'est après 1997 que le développement et l'évaluation de la base de données ont suffisamment progressé pour qu'elle puisse être disponible sous une forme publiée mais peu de personnes connaissaient alors son existence. D'emblée, il était clair qu'à moins que la communauté des syrphidologues européens n'arrive à la considérer comme une bonne idée et ne soit disposée à contribuer à son expansion en apportant le considérable volume de connaissances non publiées (et largement non publiables) qu'ils possédaient sur les habitats et les habitudes des syrphes, non seulement la base de données se serait "fossilisée" en un outil expérimental d'application limitée et n'offrant guère plus que son propre intérêt académique, mais cette mine d'informations serait restée également largement inexploitée et ce qui était pourtant connu sur ces insectes fascinants serait dans une grande part resté connu des seuls spécialistes. Depuis 1995, un effort important a été fait pour contacter et impliquer les syrphidologues européens dans le développement de StN et ces derniers ont répondu de manière exemplaire. Les résultats ont ainsi été spectaculaires : non seulement il a été possible d'augmenter la couverture fournie par la base de données sur une proportion toujours plus grande de la syrphidofaune et des habitats d'Europe, mais les syrphidologues d'Europe sont également bien informés de l'existence de la base de données. Ce processus de familiarisation a été accéléré par l'initiation en 2001 d'une série de meetings internationaux sur la syrphidologie à un rythme biennal. Il devient maintenant de plus en plus improbable de trouver des publications concernant l'écologie des syrphes européens ne faisant pas référence à StN. Mais qu'en est-il d'une audience plus large,

de l'utilisateur potentiel de la base de données qui ne soit pas un syrphidologue spécialiste ?

En réalisant la base de données, un des principaux objectifs était de produire un outil qui pourrait aider les non-spécialistes à interpréter des listes d'espèces engendrées par des spécialistes. Dans les circonstances actuelles, les syrphidologues européens utilisent eux-mêmes plus fréquemment la base de données pour interpréter leurs listes d'espèces, mais son utilisation par les non syrphidologues est moins évidente. De façon intéressante, l'existence de StN semble encourager plus de personnes à devenir syrphidologue et dans certains cas, clairement pour utiliser la base de données dans un but de diagnostic écologique. Il est absolument indéniable que l'identification fiable d'insectes comme les syrphes demande une connaissance spécialisée et qu'une liste fiable d'espèces dépend d'une identification fiable. De ce point de vue, il est clair que quoi qu'il soit fait pour populariser la base de données, ou pour diffuser l'information sur sa disponibilité, toute augmentation sensible de son utilisation sera dépendante de moyens fiables et accessibles pour l'identification des espèces, et dans une gamme de différents langages européens ! Toutefois, le besoin évident de littérature fiable pour l'identification ne réduit pas celui d'une diffusion efficace de l'information sur l'existence de la base de données ni celui d'un accès aisé à celle-ci pour ceux qui veulent l'utiliser. Aujourd'hui, un des moyens les plus efficaces de porter StN à l'attention de ceux qui veulent l'utiliser est de diffuser l'information de son existence sur internet. De façon similaire, son accessibilité est plus facilement assurée via internet que par tout autre moyen. Ainsi, l'avenir de la base de données est directement lié à celui d'internet, seul moyen permettant de diffuser les nouvelles éditions revues et augmentées annuellement.

Les abonnés à StN sont aujourd'hui nombreux et représentent plus de 20 pays européens et chaque année voit de nouvelles utilisations de la base de données dans de nouveaux contextes. Mais les syrphes ne sont qu'une famille de Diptères et ne représentent pas plus de 1% environ de la biodiversité des invertébrés d'Europe. Ainsi, la base de données montre un potentiel considérable pour transformer des listes d'espèces en outil précieux pour trier une gamme d'évaluation et de problèmes

de maintien de la biodiversité. Mais 1% de la faune est une base très étroite pour l'extrapolation ! Indéniablement, il serait préférable qu'une gamme plus large de groupes taxonomiques d'invertébrés, avec leur base de données soit disponible pour un usage similaire. Malheureusement, même des insectes populaires comme les papillons européens, pour lesquels de nombreuses informations sont disponibles, ne disposent pas d'une base de données équivalente à StN, limitant énormément leur utilisation. Le seul autre groupe d'invertébrés terrestres/subaquatiques pour lequel une base de données similaire, d'envergure européenne et publiée existe, est celui des mollusques (Falkner *et al.*, 2001) et cette dernière a aujourd'hui besoin de mise à jour et d'expansion. Si des bases de données prédictives comme StN étaient disponibles en utilisant 5% ou plus de la faune invertébrée d'Europe, la puissance et la gamme de prédictions qui pourraient être faites, augmenteraient inmanquablement. La puissance et la précision des prédictions et des conclusions obtenues avec StN, semblent à certaines personnes, trop importantes pour être vraies. Leur scepticisme est compréhensible étant donné le principe de base de StN qui se démarque radicalement d'approches plus "traditionnelles", simplement statistiques. La publication dans des revues scientifiques d'approches similaires à celle de la "méthode StN", mais basées sur d'autres groupes taxonomiques, est une nécessité. De telles publications pourraient révéler des résultats très différents – notamment dans leur applicabilité – de ceux obtenus par des approches statistiques classiques. Tel est le cas de l'étude de Kampichler *et al.* (2000) à propos de la prédiction de la structure de communautés d'araignées dans les bords de champ, à partir d'une base de données régionale. C'est la convergence de telles études qui permettra peut-être d'inscrire les modélisations basées sur des systèmes experts et sur la connaissance écologique des spécialistes de groupes taxonomiques, parmi les grandes avancées en écologie appliquée de ces dernières décennies.

Bibliographie

ASTERS (2003) Mise en place des placettes de suivi dans les réserves naturelles d'altitude. Document réalisé sous l'égide du Comité Scientifique des Réserves Naturelles de Haute-Savoie. Septembre 2002. 28p.

Aubert, J., Aubert, J.-J. & Goeldlin, P. (1976) Douze ans de captures systématiques de Syrphidae (Diptères) au Col de Bretolet (Alpes valaisannes). *Bull.Soc.ent. Suisse*, 49 : 115–142.

Chuine I., Yiou P., Viovy N., Seguin B., Daux V. & Le Roy Ladurie E. (2004) Grape harvesting as a past climate indicator. *Nature*, 432 : 289–290.

Falkner G., Obrdlik P., Castella E. & Speight M.C.D. (2001) *Shelled Gastropoda of western Europe*. Friedrich Held Gesellschaft, Munchen. 267pp

Gatter, W. and Schmid, U. (1990) Wanderungen der Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) am Randecker Maar. *Spixiana Supplement* 15 : 1–100.

Gittings T., O'Halloran J., Kelly T. & Giller P.S. (2006) The contribution of open spaces to the maintenance of hoverfly (Diptera, Syrphidae) biodiversity in Irish plantation forests. *Forest Ecology & Management*, 237 : 290–300.

Goeldlin P., Delarze R., Castella E. & Speight M.C.D. (2003) Ecological reference-state studies for forest reserve management in Montricher (Vaud, Jura, Switzerland). Insects as bioindicators. *Mém.Soc.vaud.Sc.nat*, 20 : 159–267.

Hülber, K., Ertl, S., Gottfried, M., Reiter, K. & Grabherr, G. (2004) Gourmets or gourmands? – diet selection by large ungulates in high-alpine plant communities and possible impacts on plant regeneration. *Basic & Applied Ecology*, 6 : 1–10.

Kampichler C, Barthel J, Wieland R (2000).Species density of foliage-dwelling spiders in field margins: a simple, fuzzy rule-based model. *Ecological Modelling* 129 (1): 87–99.

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M. & Wanner, H. (2004) European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science*, 303 : 1499–1503.

Macherez M. (2002) Diversité des peuplements de Lépidoptères diurnes et Hespéries des réserves naturelles du Massif Arve Giffre : Bilan des connaissances et mise en place de suivis. Asters. 20p et annexes.

Maltby E., Hogan D.V., McInness R.J. (eds) (1996). Functional analysis of European wetland ecosystems. Phase 1 (FAEWE). Final report EC DG XII CT90–0084. Ecosystem Research Report N. 18. European Commission. EUR 16132 EN. 448p.

Ouin A, Sarthou J.-P., Bouyjou B, Deconchat M., Lacombe J.-P. & Monteil C. (2006) The species-area relationship in the hoverfly (Diptera, Syrphidae) communities of forest fragments in southern France. *Ecography* 29 (2) : 183–190.

Reemer M. (2005) Saproxylic hoverflies benefit by modern forest management (Diptera : Syrphidae). *J. Insect Conservation*. 9 :49–59.

Sack P. (1928–32) Die Fliegen der Palaerktischen Region, 31. Syrphidae. Stuttgart (Schweizerbart), 1–451.

Sarthou J.P. & Monteil C. (2006) – SYRFID vol. 3 : Syrphidae of France Interactive Data [On-Line URL : <http://syrfid.ensat.fr/>].

Sarthou J.P. & Speight M.C.D. (2005) Les Diptères Syrphidés, peuple de tous les espaces. *Insectes*, 137 : 3–8.

Sarthou J.P., Monteil C. & Dussaix, C. (2003) SYRFID vol. 2 : Syrphidae of France Interactive Data [On-Line URL : <http://syrfid.ensat.fr/>]

Sarthou J.P., Sarthou V. & Speight M.C.D. (2007) – Mise à jour des listes de Diptères Syrphidae et Microdontidae de Haute-Savoie et de France : apport d'inventaires dans les Vallées de Chamonix et des Contamines-Montjoie. *L'Entomologiste*. 63 (4) : 167–179

Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A. & Appenzeller, C. (2004) The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. *Nature*, 427 : 332–336.

Speight M.C.D. (1986) Criteria for the selection of insects to be used as bio-indicators in nature conservation research. *Proc. 3rd. Eur. Cong. Ent.*, Amsterdam, pt.3 : 485–488.

Speight M.C.D. (1997) Invertebrate species lists as management tools : an example using databased information about Syrphidae (Diptera). Proc.Colloq. conservation, management and restoration of habitats for invertebrates : enhancing biological diversity. *Environmental Encounters Series*, No.33 : 74–83. Council of Europe, Strasbourg.

Speight M.C.D. (2000) Syrph the Net : a database of biological information about European Syrphidae (Diptera) and its use in relation to the conservation of biodiversity. In : Rushton, B.S. (ed.) *Biodiversity : the Irish dimension*, 156–171. R.Ir.Acad., Dublin.

Speight M.C.D. (2001) Farms as biogeographical units : 2, the potential role of different parts of the case-study farm in maintaining its present fauna of Sciomyzidae and Syrphidae (Diptera). *Bull. Ir.Biogeog.Soc.*, 25 : 248–278.

Speight M.C.D. (2004a) Insect records from the Connemara (Co.Galway) and Mayo (Co.Mayo) National Parks, Western Ireland. *Bull.Ir.biogeog.Soc.*, 28 : 31–60.

Speight, M.C.D. (2004b) Towards an understanding of the development and constitution of the Irish post-glacial syrphid fauna (Diptera : Syrphidae). *Volucella*, 7 : 125–155.

Speight M.C.D. (2005) An "expert system" approach to development of decision tools for use in maintenance of invertebrate biodiversity in forests. In : *Pan-European Ecological Network in forests : Conservation of biodiversity and sustainable management. Proc. 5th Internat. Symposium, Pan-European Ecological Network. Environmental Encounters No.57*, 133–141. Council of Europe, Strasbourg.

Speight M.C.D. & Castella E. (2001) An approach to interpretation of lists of insects using digitised biological information about the species. *J.Insect Conservation*, 5 : 131–139.

Speight M.C.D. & Castella E. (2004a) Mise à jour de la liste des Syrphidae (Diptera) de Haute-Savoie (France). *Bulletin Romand d'Entomologie*, 22 :23–38.

Speight M.C.D. & Castella E. (2004b) StN Database : Content and Glossary of terms. 2004. In : Speight, M.C.D., Castella, E., Sarthou, J.-P. and Monteil, C. (eds.) *Syrph the Net, the database of European Syrphidae*, Vol. 45, 74 pp, Syrph the Net publications, Dublin.

Speight M.C.D. & Castella E. (2005) Diagnostic de pelouses et landes sub-alpines, à l'aide des Diptères Syrphidae – *Rapport du Conservatoire Départemental des Espaces Naturels de Haute-Savoie (Asters)* 57 p.

Speight M.C.D. & Good J.A. (2001) Farms as biogeographical units : 3, the potential of natural/semi-natural habitats on a farm to maintain its syrphid fauna under various management regimes. *Bull. Ir.Biogeog.Soc.*, 25 : 248–278.

Speight M.C.D. & Good J.A. (2003) Development of eco-friendly forestry practices in Europe and the maintenance of saproxylic biodiversity. In : Mason F., Nardi G. & Tisato M. (eds.) *Proc. Internat.Symposium "Legno Morto : una chiave per la biodiversità"*, Mantova, May 2003, *Sherwood*, 95, Suppl.2, 73–77.

Speight M.C.D. & Sarthou J.-P. (2006) – Révision de la liste des Diptères Syrphidae et Microdontidae de France métropolitaine et de Corse : 505 espèces confirmées dont 13 nouvelles pour cette faune. *Bull. Soc. ent. Fr.*, 111(1) : 11–20.

Speight M.C.D., Castella E. & Obrdlik P. (2000) Use of the Syrph the Net database 2000. In : Speight, M.C.D., Castella, E., Obrdlik, P. and Ball, S. (eds.) *Syrph the Net, the database of European Syrphidae*, vol.25, 99 pp., Syrph the Net publications, Dublin.

Speight M.C.D., Good J.A. & Castella, E. (2002) Predicting the changes in farm syrphid faunas that could be caused by changes in farm management regimes (Diptera : Syrphidae). *Volucella*, 6 : 125–137.

Speight M.C.D., Siffointe R. & Castella E. (2005) – Syrphidae (Diptera) de Haute-Savoie : premier supplément. *Bulletin Romand d'Entomologie*, 23 : 43–48.

Speight M.C.D., Castella, E., Sarthou, J.-P. & Monteil, C. (eds.) (2004) Syrph the Net on CD, Issue 2. *The database of European Syrphidae*. ISSN 1649–1917. Syrph the Net Publications, Dublin.

Speight M.C.D., Castella E., Sarthou J.-P. & Monteil, C. (eds.), 2006 – *Syrph the Net, the database of European Syrphidae*, Syrph the Net publications, Dublin.

Dr Martin C.D. Speight

Dept. of Zoology, Trinity College, Dublin 2, Irlande

speightm@gmail.com

Véronique Sarthou

SYRPHYS Agro-Environnement

Le Soulas

31470 Bonrepos sur Aussonnelle

syrphysagroenvironnement@orange.fr

tél./fax : 05 61 91 50 74

n° SIRET : 421 872 326 00010

Dr Jean-Pierre Sarthou

UMR INRA-ENSAT 1201 Dynafor – FR 2576

Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse

Laboratoire "Biodiversité dans les Agroecosystèmes"

BP 32607

F-31326 CASTANET-TOLOSAN CEDEX

jean.pierre-sarthou@ensat.fr

tél. : + 33 (0)5 62 19 39 26

fax : + 33 (0)5 62 19 39 01

<http://www.toulouse.inra.fr/centre/dynafor/>

Dr Emmanuel Castella

Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique

Université de Genève

18 chemin des Clochettes

CH – 1206 GENEVE

SWITZERLAND

emmanuel.castella@leba.unige.ch

tél. : + 41 22 379 71 00

fax : + 41 22 789 49 89

http://leba.unige.ch/emmanuel/index_fr.html

Remerciements :

Nous remercions M. Jean-Marie Gourreau de nous avoir permis d'utiliser quelques-unes de ses magnifiques photographies de Syrphes pour illustrer notre texte.

Nous adressons aussi notre vive reconnaissance aux gardes d'Asters (Fabrice Anthoine, Geoffrey Garcel, Daniel Gerfaud-Valentin, Julien Heuret, Patrick Perret, Jean-José Richard-Pomet) ainsi que Bernard Bal pour leur travail sur le terrain et sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible. Enfin, nous sommes très reconnaissants vis-à-vis de Juliette Vodinh, responsable scientifique d'Asters, qui est à l'origine de cette étude et qui nous a fortement incités à réaliser ce document.

Crédit photographique :

Emmanuel Castella, Jean-Marie Gourreau, Jean-Pierre et Véronique Sarthou et Martin C.D. Speight

Étude réalisée sur le territoire :



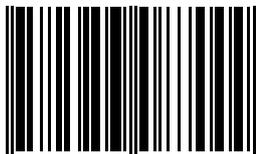
Programme réalisé avec le soutien de :



Partenaires :



ISBN 978-2-9530870-0-0



9 782953 087000