

Les syrphes, indicateurs de forêts anciennes ? Synthèse bibliographique des connaissances disponibles

par Aurélie SOISSONS¹

¹ Conservatoire d'Espaces naturels d'Auvergne
Antenne Haute-Loire
Le Bourg
43230 Chavaniac-Lafayette
Tél. : 04 71 74 62 21
Courriel : aurelie.soissons@espaces-naturels.fr
Site Internet : <http://www.cen-auvergne.fr/>

Résumé : Les syrphes sont considérés par un public de plus en plus nombreux comme des indicateurs de « l'état de conservation » des forêts. Cependant, au-delà de la présence des micro-habitats spécifiques nécessaires au développement des larves, les autres critères expliquant la présence des espèces et des peuplements ne sont pas toujours bien nets. Cette synthèse fait le point de la bibliographie existante et des principaux éléments connus à ce sujet, en axant en particulier sur le lien avec l'ancienneté des forêts. Elle montre que de nombreux facteurs, notamment l'ancienneté mais également la taille de la forêt ou le contexte paysager actuel et passé, jouent sur les peuplements de syrphes.

Mots-clés : syrphes – maturité – ancienneté – connectivité – continuité forestière

Le CBN Massif central coordonne la réalisation d'une « boîte à outils » spécifique aux **forêts anciennes du Massif central**. Ces outils permettent d'identifier et localiser les forêts anciennes du Massif central, de caractériser leur maturité, leur état de conservation et la biodiversité potentielle qu'elles abritent. Ils sont destinés à donner des éléments factuels pour identifier et hiérarchiser les enjeux locaux en termes de conservation, éclairer les choix de gestion et orienter les actions.

Retrouvez l'ensemble des indicateurs mis au point par le CBN Massif central et ses partenaires, ainsi que les résultats de l'enquête sur les forêts anciennes et matures du Massif central sur notre site internet http://cbnmc.fr/forets_anciennes



Conservatoire Botanique National

Coordination



Partenaires financiers



Le projet « Outils pour identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central » est cofinancé(e) par l'Union européenne. L'Europe s'engage dans le Massif central avec le fonds européen de développement régional.



Introduction

Les syrphes sont des insectes diptères. En dehors de quelques rares exceptions, ils sont caractérisés par la présence d'une nervure vestigiale caractéristique sur l'aile, la *vena spuria*. Ce groupe compte 850 espèces en Europe (SARTHOU & SARTHOU, 2010). En 2013, sont recensées 533 espèces en France (*com. pers.* SPEIGHT & DUSSAIX *in* CLAUDE & LANGLOIX, 2013). Chez les insectes en général, les premiers stades de développement passent par l'œuf, la larve, la pupa puis l'adulte. Chez les syrphes en particulier, le milieu de développement de la larve est très spécialisé. En France, les habitats, les micro-habitats et les traits de vie de plus de 95% des espèces de syrphes sont connus (SARTHOU & SARTHOU, 2010). La grande variété des niches écologiques des larves ainsi que les trois niveaux trophiques utilisés : zoophage, microphage et phytophage (CASTELLA *et al.*, 2008) permettent d'évaluer la fonctionnalité pour ces espèces de très nombreux habitats naturels ainsi que leurs micro-habitats associés. Cette synthèse a pour but de développer les modalités d'inventaire et d'analyse de ce groupe, et de synthétiser les connaissances existantes sur les facteurs influençant les peuplements de syrphes.

Protocole de collecte et outil d'analyse

Au contraire des larves qui ont des exigences écologiques spécifiques, la majorité des espèces de syrphes sont floricoles à l'état adulte, ce qui les rend d'une capture relativement aisée. La modalité d'inventaire la plus courante consiste à poser sur le site d'étude des pièges de type malaise que l'on positionne sur les lignes de vol des adultes, dans des secteurs riches en fleurs. Les pièges interceptent les adultes lors de leurs déplacements, ils sont peu spécifiques et létaux. Leur localisation est stratégique et doit être bien réfléchi. La récolte a lieu régulièrement (tous les 15 jours en général), l'ensemble des flacons est numéroté et référencé. Un travail de tri et de détermination est ensuite nécessaire pour déterminer les espèces présentes. Ce dernier volet, contrairement à la collecte ou au tri, demande des compétences spécifiques.

Le principe de la méthodologie Syrph the Net¹ est résumé par LARRIEU & BRUSTEL (2009) « Syrph The Net est un système de modélisation fonctionnelle, dit aussi mécaniste, qui permet d'analyser les dynamiques espèces/habitats ou groupes fonctionnels/habitats des quelque 900 espèces européennes de la famille des Syrphidés. Ce système repose sur une base de données numérisée des caractéristiques à la fois biologiques, écologiques, chorologiques et de statut démographique national et européen des espèces. Cette base permet de comparer une liste d'espèces observées avec une liste d'espèces prédites, dite de référence, bâtie sur le postulat d'une parfaite intégrité de l'écosystème étudié. Les informations bioécologiques sont codées sur le type système expert à logique floue simplifié (CASTELLA & SPEIGHT, 1999) ». Ce système permet d'attribuer une note d'intégrité écologique (de 0 à 100 %) et de « patrimonialité » à l'ensemble du milieu échantillonné et de poser un diagnostic écologique en fonction des traits de vie des espèces prédites-présentes et prédites-absentes. Il est pertinent pour les milieux boisés ainsi que pour les milieux non boisés qui leur sont associés. De nombreux éléments de détail sur le principe de Stn sont donnés dans le travail de synthèse des études réalisées sur les réserves Naturelles de Haute-Savoie (SPEIGHT, SARTHOU, SARTHOU & CASTELLA, 2007).

Paramètres influençant le peuplement de syrphes en forêt

Un certain nombre de travaux universitaires ont été menés sur les caractères déterminant les peuplements de syrphes. Un certain nombre de travaux universitaires se sont notamment penchés sur cette question.

Une publication de 2009 dans la Revue Forestière Française (REDON, SARTHOU & LARRIEU, 2009) présente le résultat d'un test comparatif des résultats recueillis entre calcul indirect du potentiel de biodiversité par l'IBP et inventaire des syrphes avec analyse par la méthode Stn. Les conclusions montrent une cohérence et une complémentarité entre les résultats de l'IBP et l'analyse du peuplement de syrphes, qui témoignent tous les deux de la maturité du boisement. L'analyse des syrphes apporte une information plus chronophage à obtenir mais plus précise sur certains compartiments peu détaillés dans l'IBP.

Une autre étude réalisée en 2006 (FAYT, DUFRENE *et al.*, 2006) avait pour objectif de clarifier les facteurs environnementaux expliquant la diversité d'espèces et l'abondance des coléoptères saproxyliques et des syrphes dans

¹ L'abréviation Stn sera utilisée dans le reste de l'article.

22 forêts comprenant des hêtraies matures et des chênaies matures du sud de la Belgique. Les éléments étudiés étaient principalement la structure de végétation, sa composition, son altitude et la composition du paysage. Une attention particulière était donnée au bois mort et aux très vieux arbres vivants, deux ressources souvent limitantes dans les forêts modernes. Le résultat montre que les facteurs principaux expliquant la variabilité entre les peuplements sont la présence d'ouvertures forestières (pour la ressource nectarifère), la dimension des arbres et leur volume. L'étude se concentre ensuite sur les espèces saproxyliques pour montrer que c'est plutôt la présence de gros bois morts qui influence la présence des coléoptères, alors que les peuplements de syrphes vont principalement être liés aux très gros bois vivants, aux arbres sénescents et leurs micro-habitats ainsi qu'aux ressources florales. Dans cette étude, **pour les syrphes saproxyliques c'est donc principalement la maturité qui détermine le peuplement.**

En 2006 toujours, un travail de l'université de Toulouse (OUIN *et al.*, 2006) a étudié l'impact de la taille des patchs forestiers sur la présence des syrphes dans un système fragmenté, en lien avec le paysage. L'étude a été menée sur 54 placettes de forêts isolées du sud-ouest de la France. Plusieurs paramètres ont été testés pour expliquer l'augmentation du nombre d'espèces avec l'augmentation de la taille du boisement : l'effet échantillonnage (dans une zone homogène, des échantillons de plus en plus grands permettent d'échantillonner aléatoirement une proportion de plus en plus grande de la population), l'effet hétérogénéité (plus la surface est grande et plus la probabilité est grande d'échantillonner des micro-habitats différents engendrant une diversité plus importante de syrphes), l'effet isolement (la connectivité avec d'autres patchs permet de mieux compenser par la migration d'éventuels phénomènes d'extinction). Ces analyses ont été réalisées en distinguant 3 groupes de syrphes : les non-forestiers, les forestiers facultatifs, les forestiers obligatoires. Ainsi, dans le contexte étudié, l'habitat actuel de la forêt explique 30% de sa richesse en espèces de syrphes. L'effet échantillonnage est fort dans la relation entre taille de l'aire et richesse spécifique, de même que l'effet de l'hétérogénéité du patch. Par ailleurs, au-delà de la richesse totale, les patchs les moins isolés montrent, à taille constante, une plus grande richesse en espèces spécifiquement forestières (et une richesse moindre en espèces non spécifiquement forestières) et inversement. D'après ce travail, **il y aurait donc dans un contexte forestier fragmenté, au-delà du lien entre nombre d'espèces et taille du boisement, un lien entre le nombre d'espèces spécifiquement forestières présentes dans un patch et sa connectivité avec d'autres patchs boisés.**

LARRIEU *et al.* (2009) ont travaillé sur le lien entre le peuplement de syrphes et de coléoptères saproxyliques et les caractéristiques dendrologiques et la structure verticale d'un boisement. L'étude a été réalisée sur une forêt ancienne : la forêt d'Hèches (65). Les analyses se sont concentrées sur la contribution dans la biodiversité forestière de 2 espèces d'arbres : le sapin pectiné et le hêtre. Elle permet de mettre en évidence la complémentarité des indicateurs syrphes et coléoptères saproxyliques. Les coléoptères, dont certaines espèces sont très peu mobiles, permettent d'apprécier l'ancienneté d'une forêt au niveau des ruptures dans l'offre historique en micro-habitats saproxyliques. Les syrphes, plus mobiles, témoignent de manière moins nette de l'ancienneté car les recolonisations leur sont plus aisées en contexte paysager connecté. Ils apportent cependant une information sur les micro-habitats plus large que l'aspect uniquement saproxylique. Pour cette étude, **l'analyse s'est concentrée sur le lien entre habitat et peuplement, elle n'aborde pas la question de l'ancienneté/connectivité de la forêt en lien avec les populations inventoriées.**

Une publication récente (HERRAULT, LARRIEU *et al.*, 2015) propose d'aller plus loin en tentant de faire un état des lieux sur les différents facteurs potentiellement explicatifs de la répartition des syrphes : surface du bois, hétérogénéité structurelle, connectivité avec d'autres forêts et continuité du boisement. L'étude a été effectuée sur 48 forêts de plaine du sud-ouest de la France, principalement des chênaies sessiles mais également pubescentes et pédonculées, dans un secteur assez fragmenté où le taux de boisement est d'environ 15%. Les syrphes ont été échantillonnés à l'aide de 99 pièges malaise. Sur ces forêts, de nombreuses variables environnementales ont été notées sur 1 ha autour de la tente de piégeage (diamètre des arbres, micro-habitats, bois mort, clairières...). L'histoire de chaque boisement a également été retracée grâce aux photographies aériennes anciennes et aux cartes d'état-major. La connectivité avec d'autres espaces forestiers depuis les 150 dernières années a également été prise en compte. Sur ce dernier point, il est intéressant de noter que sur les 48 boisements analysés, seuls 28 ont eu une continuité forestière complète depuis 1850, 4 depuis 1900, 14 depuis 1954 et 2 depuis 1979. En moyenne, la surface forestière totale du secteur a diminuée entre 1850 et 1954 mais la connectivité a augmenté avec une augmentation du nombre de patchs de régions boisées. Les analyses statistiques des corrélations entre peuplement et variables du milieu montrent que la richesse spécifique en syrphes forestiers est liée principalement à une combinaison de 4 facteurs : la densité moyenne des micro-habitats (maturité), la taille moyenne du patch forestier, la connectivité, et la continuité temporelle de l'état boisé (ancienneté). De manière attendue à la vue des études antérieures, c'est la taille de l'habitat qui reste le facteur le plus significatif pour expliquer la richesse spécifique (36,37% de corrélation), viennent ensuite l'ancienneté de la forêt et la connectivité actuelle. L'étude permet de montrer également que la richesse en syrphes forestiers est corrélée d'une part à la connectivité dans l'espace de la forêt, mais aussi à la connectivité dans le temps. D'après les résultats de l'étude, **les anciennes forêts hébergent une diversité de syrphes forestiers plus grande que les forêts récentes**, notamment

grâce à la présence dans les forêts anciennes de certaines espèces telles que *Criorhina floccosa*, *Doros destillatorius* ou *Brachylapoides lentus*, dont les larves utilisent les micro-habitats des arbres sur pied. En effet, ces espèces sont observées plus fréquemment dans les vieilles forêts que les forêts récentes, et très rarement en dehors des zones boisées. Par ailleurs, ils semblent peu capables de traverser des matrices non boisées et seraient donc sensibles à la continuité. De manière surprenante, l'étude montre que la densité de micro-habitats apparaît négativement corrélée à la diversité d'espèces forestières, ce qui, à la vue de l'ensemble des études antérieures réalisées sur les syrphes, semble témoigner d'un biais dans la méthode d'inventaire des micro-habitats. En effet, cette méthode, empruntée aux études réalisées sur les coléoptères n'est pas la plus adaptée aux syrphes, qui sont aussi fortement liés aux bois très matures et sénescents vivants et debout qu'au bois mort (LARRIEU et al., 2009). L'étude précise que ce résultat peut aussi témoigner de facteurs complémentaires expliquant la répartition des syrphes en forêt au-delà des micro-habitats qui n'ont pas été pris en compte ici, comme la présence d'ouvertures et l'aspect floricole par exemple.

En synthèse, l'étude montre que la présence des syrphes forestiers va être liée de manière concomitante à la maturité de la forêt et à son ancienneté. Ce lien à l'ancienneté va cependant pouvoir varier en fonction de la trame paysagère existante et passée, permettant ou non des processus de recolonisation des espèces. Ainsi, c'est la connectivité dans l'espace qui détermine comment l'histoire de la forêt joue sur la richesse spécifique ou non. De manière logique, les processus de recolonisation sont d'autant plus longs que les patches sont isolés, et que les espèces ont une spécificité forestière forte. En effet, la trame paysagère va permettre le passage des adultes mais pas le développement des larves, il faut donc que les adultes soient assez mobiles et que la trame soit assez dense pour qu'ils puissent recoloniser un boisement. Le temps de recolonisation nécessaire est difficile à définir et dépend de nombreux paramètres, notamment de l'espèce, mais, dans l'étude, dans un contexte peu connecté, 30 ans ne semblent pas suffisants pour permettre aux syrphes forestiers de coloniser de nouvelles forêts si celles-ci sont isolées.

Au-delà des travaux universitaires, les études menées par les gestionnaires avec la méthode Stn pour évaluer la fonctionnalité des micro-habitats de leurs sites se sont multipliées ces dernières années. Les premières datent de la fin des années 2000 et ont été réalisées dans l'est de la France, sur les réserves naturelles de Haute-Savoie (SPEIGHT, SARTHOU, SARTHOU & CASTELLA, 2007). Ces études de sites ont permis de démultiplier les informations disponibles sur les peuplements de syrphes dans les forêts françaises. Sont présentées à la suite les principaux exemples concernant des boisements.

Sur le Réserve Naturelle Nationale de Rémoray dans le Doubs (CLAUDE, TISSOT, MAZUEZ, VIONNET, SARTHOU & CHANAL, 2012.), une analyse de la fonctionnalité des habitats par les syrphes a été réalisée entre 2010 et 2012. Cette dernière était centrée sur les habitats tourbeux, cœurs de la réserve, et sur plusieurs boisements de hêtraie-sapinière anciens, et pour certains présentant des stades matures avancés. Les résultats montrent une bonne intégrité du peuplement de syrphes de la hêtraie-sapinière (analyse réalisée sur plusieurs habitats élémentaires). Cependant, sur cette futaie exploitée depuis le XV^e siècle, notamment en faveur des résineux, les espèces liées aux stades matures et sénescents sont moins bien représentées. Ainsi, malgré l'ancienneté de la forêt, la gestion passée, par l'élimination des arbres endommagés et des chablis, a probablement limité la présence de vieux arbres et ainsi des micro-habitats liés au bois mort et aux arbres très mûres et sénescents (galeries d'insectes, écorces décollées, coulées de sèves, trous de pourriture). Il est cependant difficile de distinguer si c'est l'absence actuelle de micro-habitats des boisements très matures ou l'absence de la continuité temporelle de ces micro-habitats qui provoque l'absence des espèces spécialisées.

Un autre exemple est développé sur le Ravin de Valbois, une autre Réserve Naturelle Nationale de Franche-Comté (CLAUDE & LANGLOIS, 2013). Le site présente des habitats boisés de plusieurs types : hêtraie, chênaie pubescente, chênaie pédonculée riveraine, plantations d'épicéa et de pin sylvestre. Ici, la majeure partie du boisement semble assez récent puisque jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les versants ensoleillés étaient couverts de vignes comme l'ensemble de la vallée de la Loue. Suite au phylloxéra et au développement des moyens de transports (importation des vins du sud de la France), l'activité viticole a cessé. Suite à cette déprise agricole du XX^e siècle, les coteaux se sont rapidement enfrichés puis boisés. Une partie des terrains fut également enrésinée et la forêt couvre aujourd'hui la quasi-totalité de la Réserve Naturelle. Seules quelques parcelles du fond de vallée semblent avoir eu une continuité de l'état boisé depuis à minima une centaine d'années. Une forte coupe a touché en 1955 les 2/3 du Ravin de Valbois mais les parcelles de fond de vallon ont été épargnées. Les résultats des inventaires et de l'analyse Stn sur la hêtraie, mais également de manière plus générale sur les boisements de la réserve, montrent une carence d'espèces liées aux arbres morts debout, ainsi que de celles liées aux cavités arboricoles, aux dendrotelmes, aux galeries d'insectes, aux lésions et coulées de sèves. Il manque également certaines espèces prédatrices liées aux gros bois, ainsi que certaines liées à la strate herbacée qui se développent normalement lors des chutes d'arbres en forêt naturelle. Ces résultats témoignent globalement de la jeunesse de la forêt. Cependant, de manière un peu surprenante pour la forêt, qui par ailleurs est déficitaire d'un certain nombre de stades matures et de micro-habitats notamment saproxyliques

(évaluation indirecte par la méthode RNF), l'intégrité globale des boisements est plutôt bonne. **Le cortège de syrphes a donc pu s'installer assez rapidement, au fur et à mesure de l'évolution des boisements.** En lien avec les éléments qui ressortent de l'étude publiée en 2015 dans la revue *Landscape Ecology* et développés plus haut (HERRAULT *et al.*, 2015), l'hypothèse proposée par l'analyse est l'importance du **rôle de refuge joué par la chênaie en fond de ravin** (continuité forestière attestée depuis 1840 et non exploitée depuis 1910) **qui a permis une recolonisation rapide des espèces dans les forêts récentes du versant.** Cela apparaît d'autant plus probable que cette forêt est connectée avec une autre vallée boisée à proximité.

Un autre exemple d'étude réalisée sur le massif central cette fois (DESCAVES, 2016) concerne plusieurs habitats : hêtraie, chênaie et plantation de pins sur une forêt ancienne (cartes Cassini et état-major) dans le massif des Cévennes. Le site présente une bonne intégrité du peuplement avec une fois de plus des manques dans les espèces liées au vieux bois sénéscent et aux strates herbacées.

Par ailleurs, plusieurs études ont concerné les forêts alluviales. La première a été réalisée sur 2 réserves de Haute-Savoie (SPEIGHT & CASTELLA, 2011) sur des forêts alluviales de montagne, en bord de lac (lac d'Annecy) pour l'une et de rivière pour l'autre (Delta de la Dranse). Les résultats montrent une bonne représentation du peuplement de syrphes avec des taux liés aux stades matures et très matures importants. Cependant, dans les 2 cas, l'analyse du lien avec l'ancienneté de la forêt ou sa maturité estimée (disponibilité des micro-habitats estimée à partir des facteurs favorables tels que les volumes de bois mort, sur pied, au sol, diamètre des arbres, connectivité, etc.) n'a pas été réalisée, ne permettant pas d'apporter d'éléments sur la problématique ancienneté *versus* maturité.

En Auvergne, une étude a également été réalisée sur une forêt alluviale de bord de rivière sur le Val d'Allier (SOISSONS, 2011). Globalement les espèces des forêts matures sont bien représentées, alors même que le boisement est assez jeune. Tout comme pour l'exemple du Ravin de Valbois, ce résultat semble s'expliquer par deux facteurs principaux : l'axe Allier est largement colonisé par la forêt alluviale, et même si la dynamique naturelle de la rivière rajeunit régulièrement les habitats, des continuités existent pour permettre la recolonisation rapide des espèces. Par ailleurs, le contexte alluvial et son instabilité, ainsi que les crues régulières, sont source de création rapide de nombreux micro-habitats (blessures sur les arbres vivants, bois pourrissant, bois mort...). Par ailleurs, sur ce travail, un déficit de peuplement en syrphes des stades jeunes de la forêt alluviale a permis de **mettre en avant la nécessité de bien appréhender la complexité des habitats (en particulier dans ce contexte dynamique) pour bien échantillonner l'ensemble des faciès de la forêt.**

Un certain nombre d'autres études de sites ont été réalisées récemment sur des boisements mais les analyses ne donnent pas spécialement d'éléments en lien avec l'ancienneté ou la maturité de la forêt. Il s'agit notamment : des travaux réalisés sur la Réserve Naturelle Nationale de la Massane (SPEIGHT, SARTHOU *et al.*, 2013), de l'évaluation des écosystèmes forestiers de réserves naturelles en Haute-Savoie (SARTHOU & SARTHOU, 2010), du diagnostic des forêts du Risoux et du Massacre (TISSOT, CLAUDE, SPEIGHT & WITHERS, 2014) ou du cirque glaciaire du Frankenthal (CLAUDE & TISSOT, 2013). Dans tous ces cas, même si l'analyse n'a pas été faite spécifiquement en lien avec l'ancienneté des boisements, l'information pourrait probablement être analysée sans problème à posteriori. Quelques autres études plutôt axées sur des milieux ouverts existent également, comme celle réalisée sur les tourbières du Lac des Rouges-Truites et de l'Entrecôtes dans le Jura (GHARET, 2010), sur les Hauts-de-Chartreuse (SPEIGHT & CASTELLA, 2010). Une autre étude sur l'évaluation du potentiel de biodiversité d'écosystèmes forestiers sur le Mont Aigoual est en cours de finalisation mais n'a pas pu être consultée (SARTHOU & SPEIGHT, 2013).

Dans tous ces exemples d'analyse de sites, ce sont toujours globalement les espèces des strates très matures et herbacées qui font défaut. Ces éléments tendent à montrer qu'il est très **complexe aujourd'hui de trouver une forêt en France qui possède la totalité les stades de maturité les plus avancés.** Ceci reste cependant cohérent avec l'histoire des forêts françaises : la majorité sont actuellement exploitées ou l'ont été, souvent de manière importante, dans un passé plus ou moins proche. En effet, même dans le cas de boisements très anciens, la présence des espèces liées à la maturité nécessite une continuité des micro-habitats dans le temps et/ou dans l'espace (permettant la recolonisation), que la gestion forestière n'a probablement que très rarement permise.

Proposition de protocole pour déterminer la fonctionnalité écologique des habitats

Le protocole proposé est le même que celui qui a été utilisé dans les exemples présentés précédemment. Il a été défini lors de l'étude menée en 2007 sur les Réserves Naturelles de Haute-Savoie (SPEIGHT, SARTHOU, SARTHOU, CASTELLA, 2007).

La capture des syrphes est réalisée par piégeage dans l'alcool à l'aide de tentes malaise. La méthodologie prévoit un minimum de piégeage de deux tentes par habitat pour chaque site. Pour avoir un piégeage optimal, les tentes doivent être placées perpendiculairement aux lignes de vol des insectes et posées sur l'ensemble de la saison de vol (mars à octobre dans la majorité des régions). Les pièges sont relevés tous les 15 jours. L'ensemble des syrphes sont extraits des culots de pièges puis déterminés à l'espèce à chaque fois que cela est possible. Les principaux ouvrages permettant la détermination sont : SPEIGHT & SARTHOU 2010 ; VAN VEEN 2004 ; VERLINDEN 1994.

Le principe de l'analyse est de comparer une liste d'espèces observée à une liste d'espèces prédites pour l'habitat (ou les habitats) dans la zone géographique donnée. La faune des syrphes de la zone géographique considérée est définie grâce au site internet Syrfid, <http://syrfid.ensat.fr/>, qui donne la répartition par département des espèces de syrphes de France. La méthode permet ensuite de définir :

- les espèces au rendez-vous : espèces attendues qui ont effectivement été inventoriées sur le site,
- les espèces manquantes : espèces attendues qui n'ont pas été inventoriées sur le site,
- les espèces inattendues : espèces non attendues témoignant de la présence sur le site.

L'indice « d'intégrité de l'habitat » correspond au ratio entre le nombre d'espèces au rendez-vous et le nombre d'espèces prédites. Il donne l'ordre de grandeur de la fonctionnalité de l'habitat et des micro-habitats pour le peuplement de syrphes (SARTHOU & SARTHOU 2010) :

- au-delà de 85 : excellente,
- entre 76 et 85 : très bonne,
- entre 50 et 75 : bonne,
- entre 40 et 50 : moyenne,
- Inférieure à 40 : faible.

Au-delà de l'ordre de grandeur général, une analyse précise des différents habitats larvaires et des différents traits de vie (ou exigences écologiques) des espèces au rendez-vous et des espèces manquantes doit être réalisée pour la station de manière globale et pour chaque habitat présent. Cette analyse a pour objectif d'identifier les compartiments écologiques en bon état et ceux qui présentent des défaillances.

Conclusion

L'ensemble de ces éléments tendent à montrer que les syrphes constituent un bon indicateur de la qualité des forêts, notamment de leur maturité, sur un paramètre peu pris en compte par d'autres groupes tels que les coléoptères saproxyliques : les très vieux bois vivants et micro-habitats associés. Les peuplements sont également dépendants de l'ancienneté des forêts, de la continuité forestière et même au-delà de la continuité temporelle dans la présence des micro-habitats. Cependant, en dehors de quelques espèces spécialistes qui se déplacent très peu, les réponses données par ce groupe dépendent également fortement de la continuité spatiale dans l'environnement immédiat, une forte continuité spatiale compensant potentiellement un manque de continuité temporelle. **Ainsi, les syrphes constituent un outil intégrateur de la « qualité » écologique des forêts, faisant la synthèse entre maturité, ancienneté et continuité forestière dans le temps et l'espace.** Le poids moyen de chacun de ses paramètres sur le peuplement semble complexe à dissocier et diffère forcément en fonction des contextes.

La méthodologie permettant de d'inventorier et d'analyser le peuplement de syrphes est bien connue et a été assez largement utilisée ces dernières années, permettant de disposer d'outils pour comparer et analyser les résultats. L'analyse nécessite cependant de mettre en œuvre un échantillonnage suffisant et de bien connaître les habitats concernés. Par ailleurs, comme pour la plupart des groupes très spécialisés, notamment chez les insectes, la mise en œuvre de l'inventaire et de l'analyse demande une technicité et un temps de mise en œuvre important.

Bibliographie

CASTELLA E., SPEIGHT M.C.D., 1999. - *Knowledge representation using fuzzy coded variables: an example based on the use of Syrphidae (Insecta, Diptera) in the assessment of riverine wetlands*. Ecological Modelling, vol. 85, n° 1, 1999, pp. 13-25.

CASTELLA E., SPEIGHT M.C.D., SATHOU J.P., 2008. *L'envol des syrphes*. Espaces naturels n°21, p 22-23.

CLAUDE J., TISSOT B., MAZUEZ C., VIONNET G., SARTHOU J.P. & CHANAL F., 2012. - *Diagnostic écologique des principaux habitats de la Réserve Naturelle Nationale du lac de Remoray (25) par la méthode "Syrph the Net"*. Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement-Sainte-Marie, 44 p. & annexes.

CLAUDE J., LANGLOIS D., 2013. - *Diagnostic écologique des principaux habitats forestiers de la Réserve Naturelle Nationale du ravin de Valbois (25) par la méthode "Syrph the Net"*. France Nature Environnement-Doubs, Cléron, 20 p. & annexes.

CLAUDE J. & TISSOT B., 2013. *Diagnostic écologique du cirque glaciaire de la Réserve Naturelle Nationale du Frankenthal-Missheimle (68) par la méthode, "Syrph the Net"*. Rapport d'étude pour le PNR du Ballon des Vosges, Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement-Sainte-Marie, 26 p. et annexes.

DESCAVES B., 2016. *Diagnostic écologique de forêts de la vallée de la haute Jonte (Lozère) par la méthode « Syrph the Net »*. StN Edition. 47 p. et annexes (à paraître).

FAYT P., DUFRENE M., BRANQUART E., HASTIR P., PONTEGNE C., HENIN J-M. & VERSTEIRT V., 2006. *Contrasting Responses of Saproxyllic Insects to Focal Habitat Resources: The Example of Longhorn beetles and hoverflies in Belgian deciduous forests*. *Journal of Insect Conservation*, 10 : p. 129 – 150.

GHARET S., 2010. – *Mise en application du diagnostic basé sur l'étude des Diptères Syrphidae sur les tourbières du lac des Rouges-Truites et de l'Entrecôtes (39)*. Syrph the net, the database of European Syrphidae, vol 64, 73 pp + annexes, Syrph the net publications, Dublin.

HERRAULT P.-A, LARRIEU L., CORDIER S., GIMMI U., LACHAT T., OUIN A., SARTHOU J.P., SHEEREN D., 2015. *Combined effects of area, connectivity, history and structural heterogeneity of woodlands on the species richness of hoverflies (Diptera : Syrphidae)*. *Landscape Ecology*.

LARRIEU L., BRUSTEL H., CABANETTES A., CORRIOL G., DELARIE A., HAREL M., LOIREAU J.N., SARTHOU J.P., 2009. *Impact de l'anthropisation ancienne sur la biodiversité d'un habitat de hêtraie-sapinière montagnarde*. *Revue Forestière de France LXI*, pp 351 – 368.

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: 183-190.

REDON M., SARTHOU J.P., LARRIEU L., 2009. *Expertise écologique d'un peuplement forestier : étude de la complémentarité de deux indicateurs de biodiversité*. *Revue Forestière Française*, LXI – 6-2009, pp 611 - 628.

SARTHOU J.P., FROMAGE P., GENET B., VINAUGER A., HEINTZ W. et MONTEIL C., 2010. *SYRFID vol. 4 : Syrphidae of France Interactive Data*. [On-Line URL : syrfid.ensat.fr]

SARTHOU V., SARTHOU J.P., 2010. – *Evaluation écologique d'écosystèmes forestiers de Réserves Naturelles de Haute-Savoie à l'aide des Diptères Syrphidés*. Syrph the net, the database of European Syrphidae, vol 62, 131 pp, Syrph the net publications, Dublin.

SARTHOU V. & SPEIGHT M.C.D., 2013. *Evaluation du potentiel de Biodiversité à l'aide des Diptères Syrphides : Le cas d'écosystèmes forestiers, zone du Mont Aigoual (Parc National des Cévennes, Lozère)*. Syrphis Agro environnement, Parc national des Cévennes et Office national des forêts, 57p.

SPEIGHT M.C.D., CASTELLA E., 2010. – *Diagnostic de quelques habitats des Hauts de Chatreuse (Isère, France), à l'aide des diptères syrphidés (Diptères)*. Syrph the net, the database of European Syrphidae, vol 63, 36 pp, Syrph the net publications, Dublin.

SPEIGHT M.C.D., CASTELLA E., 2011. – *Analyse des Syrphidae (Dipteres) de deux réserves alluviales de Haute-Savoie, en relation avec l'évaluation et la gestion des sites*. Syrph the net, the database of European Syrphidae, vol 67, 35 pp, Syrph the net publications, Dublin.

SPEIGHT, M.C.D. & CASTELLA, E., 2010. *Diagnostic de quelques habitats des Hauts de Chartreuse (Isère, France) à l'aide des Syrphidés (Diptères)*. Syrph the Net, the database of European Syrphidae, Vol. 63, 36 pp, Syrph the Net publications, Dublin.

SPEIGHT M.C.D., SARTHOU V., SARTHOU J.P., CASTELLA E., 2007. *Le syrphé, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité. Des insectes comme outil d'analyse et de gestion des Réserves Naturelles de Haute-Savoie*. Asters, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie, 57 p..

SPEIGHT M.C.D., CASTELLA E., SARTHOU J.P., 2013. *Species accounts of European Syrphidae (Diptera) 2010*. Syrph Net Database Eur Syrphidae 72:316.

SPEIGHT M.C.D., SARTHOU J.P., LAIR X., GARRIGUE J., MAGDALOU J.A., FALGAS B., GREL A., 2013. – *Liste des syrphes répertoriés dans le département des Pyrénées-Orientales. Les syrphes de la Massane, synthèse des connaissances et mise en œuvre d'une méthode d'évaluation de l'intégrité écologique des milieux*. Rapport d'étude, 50 pp.

SOISSONS A., 2011. - *Etude d'une forêt alluviale à bois tendre du Val d'Allier par l'analyse des syrphes*. Conservatoire d'espaces naturels de l'Allier, rapport d'étude, 22p. + annexes.

TISSOT B., CLAUDE J., SPEIGHT M. & WITHERS P., 2014. *Diagnostic écologique des forêts du Risoux et du Massacre (39) par la méthode « Syrph the Net »*, Rapport d'étude pour le Pnr du Haut-Jura, Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement Sainte Marie, 40 p et annexes.

VAN VEEN M.P., 2004. *Hoverflies of Northwest Europe – Identification keys to the Syrphidae*. KNNV Publishing, 254 p..

VERLINDEN L., 1994. *Faune de Belgique : Syrphidés (Syrphidae)*. Institut Royal Sc. Nat de Belgique. 289 p. Bruxelles.