



Les Syrphidés (Diptera, Syrphidae) de la Réserve naturelle nationale de la tourbière de Machais (France, Grand Est, Vosges) : Partie 2, diagnostic écologique des principaux habitats par la méthode "Syrph the Net"

Jocelyn CLAUDE 

159 rue de l'église, 71460 Chissey-lès-Mâcon
jocelyn.claude@orange.fr

Résumé – Dans le cadre du plan de gestion de la Réserve naturelle nationale de la tourbière de Machais (La Bresse), un échantillonnage des syrphes (Diptera) a été réalisé en 2020 et 2021. L'objectif était de diagnostiquer l'état écologique de ce site remarquable et protégé, emblématique du massif des Vosges, via la méthodologie *Syrph the Net*. Ces échantillonnages ont été réalisés avec sept tentes Malaise principalement dans la mosaïque tourbeuse centrale et la hêtraie-sapinière d'altitude périphérique. Les données ont été traitées grâce au système expert *Syrph the Net* qui a permis de comparer, pour chacun des habitats, le peuplement observé par rapport à un peuplement attendu. Le manque de maturité est mis en évidence dans la matrice forestière. Dans le complexe tourbeux les espèces manquantes caractérisent, par leur absence, des contraintes naturelles fortes, liées au fonctionnement naturel de ces habitats emblématiques. Une relative jeunesse des boisements tourbeux (saulaie et bétulaie) est également identifiée, probablement induite par d'anciennes pratiques d'entretien et d'utilisation des tourbières, aujourd'hui abandonnées.

Mots-clés – Bétulaie, biodiversité, bioindicateur, espace protégé, forêt, hêtraie, intégrité fonctionnelle, marais, moliniaie, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, sapinière, saulaie.

Abstract – *Hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the "tourbière de Machais" National Nature Reserve (North-eastern France, Vosges): Part 2, Ecological diagnosis of the main habitats by the 'Syrph the Net' method*

As part of the management plan for the "Tourbière de Machais" National Nature Reserve (La Bresse), a campaign to measure the syrphid fauna (Diptera) was carried out in 2020 and 2021. The aim was to diagnose the ecological status of this remarkable, protected site, emblematic of the Vosges Mountains, using the *Syrph the Net* methodology. These samples were taken using seven Malaise traps, mainly in the central peatland mosaic and the peripheral high-altitude beech-forest. The data was processed using the *Syrph the Net* expert system, enabling the observed community to be compared with an expected community for each habitat. The lack of maturity is highlighted in the forest matrix. In the peat complex, the absence of species indicates strong natural constraints linked to the natural functioning of these emblematic habitats. A relative youthfulness of the peaty woodlands (fen carr and Betula swamp) is also identified, probably due to former peatland maintenance and exploitation practices that have now been abandoned.

Keywords – Regional Nature Park of "Ballons des Vosges", biodiversity, protected area, bioindicator, functional integrity, forest, beech forest, fir forest, peat bog, Molinia lands, fen carr, Betula swamp.

INTRODUCTION

Suite à l'exemple des Réserves naturelles de Haute-Savoie (Speight & Castella 2005), un groupe de travail inter-réseaux (composé de Réserves Naturelles de France et de la Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels) a été constitué en 2008 dans le cadre de la commission patrimoine biologique de RNF. Ce groupe inter-réseaux syrphes a pour objectif de développer la méthodologie *Syrph the Net* (StN dans la suite du texte) en France, de valoriser cet outil et de contribuer à son enrichissement. Plus de 50 personnes font désormais partie de ce groupe, pour plus de 70 sites ayant déployé la méthode en 2025 dans ce réseau.

Les syrphidés constituent une famille de diptères bien représentée en Europe, où plus de 560 espèces sont répertoriées en France (Speight *et al.* 2024a, b) et 185 dans les Vosges (Claude *et al.* 2025a).

Aux stades larvaires, les syrphes occupent la quasi-totalité des habitats naturels, depuis la zone racinaire des plantes jusqu'à la canopée des arbres. Ils couvrent l'ensemble des réseaux trophiques, avec des espèces pouvant être phytophages, d'autres saprophages ou zoophages. Les larves de la plupart des espèces utilisent des niches écologiques restreintes et ont des exigences écologiques très strictes, ce qui en fait d'excellents bioindicateurs (Vanappelghem *et al.* 2020). En comparaison avec d'autres groupes d'insectes, cette conjonction semble actuellement unique (Godelin *et al.* 2003, Sarthou & Speight 2005, Fay *et al.* 2006, Speight 2017).

Au sein du massif Vosgien, dans le Parc naturel régional des Ballons des Vosges, la Réserve naturelle nationale de la tourbière de Machais (RN dans la suite du texte) s'étend sur 145

hectares, entre 950 et 1 160 m d'altitude, sur la commune de La Bresse. Elle est reconnue nationalement pour la typicité de son complexe tourbeux central (Figure 1A), recouvrant un petit cirque glaciaire aux caractéristiques géomorphologiques bien marquées. La RN abrite en effet la dernière tourbière flottante intacte du massif, située au sein d'une matrice forestière (Badré 2021a). Dans cette mosaïque originale, les habitats naturels s'organisent en fonction de l'altitude, de la présence d'eau et du substratum cristallin (tourbières et marais multiples, hêtraie-sapinière, pessière, éboulis et ruisseaux). Le site bénéficie d'un climat montagnard se caractérisant par des précipitations abondantes ($> 1 700 \text{ mm / an}$) et une moyenne annuelle des températures de 5°C .

S'intégrant dans le réseau du groupe inter-réseaux syrphes et suivant les objectifs du plan de gestion de ce site protégé (Badré 2021b), le Parc naturel régional des Ballons des Vosges décide alors de réaliser une analyse détaillée du peuplement des Syrphes, à l'aide de la méthode StN. L'objectif de cette étude est de quantifier la fonctionnalité écologique des principaux habitats de la RN et d'obtenir de nouveaux éléments sur l'état de conservation de ces derniers.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La méthode d'acquisition des données dans le cadre du diagnostic StN est fondée sur l'interception aléatoire, par piège de type Malaise (Malaise 1937), des imagos de syrphes (lors de leurs déplacements ou dans une zone attractive). La faible capacité de dispersion de ces derniers (moins de 200 m, en dehors d'une dizaine d'espèces à comportement migrateur) permet d'utiliser les caractères indicateurs, soit les traits biologiques spécialisés, des espèces à l'état larvaire (Speight 2017) pour réaliser des diagnostics écologiques.

Alimentant une base de données européenne, l'importante connaissance sur l'écologie larvaire de cette famille de diptères a permis l'émergence du système expert StN. Celui-ci utilise un "encodage flou" (Castella & Speight 1996, Speight 2017), qui le distingue des autres bases de données entomologiques actuelles (utilisant un langage binaire). Dans le détail, retenons que pour chaque habitat, les associations des syrphes avec leurs microhabitats larvaires constitutifs (et divers traits de vie) sont encodées de 0 à 3 en fonction des degrés de typicité : 0=pas d'association ; 1=association minimale (seulement utilisée de façon marginale par l'espèce) ; 2=association moyenne (fait partie de la gamme normale utilisée par l'espèce) ; 3=association maximale (préférentielle pour l'espèce).

À partir des habitats présents, une liste des espèces européennes prédictes est constituée. Elle est ensuite filtrée par la liste locale de référence (les espèces localement observées dans la zone géographique du site étudié, voir Vanappelghem *et al.* 2020). Pour la RN, cette liste locale de référence est constituée de 266 espèces de syrphes et correspond à l'agrégation de la liste du département des Vosges ($n=184$ espèces) (Claude *et al.* 2025a) avec celle du Haut-Rhin ($n=237$ espèces) (Speight *et al.* 2024a).

Tableau 1 – Classes de pourcentage utilisées pour l'évaluation des intégrités et du taux de la description du site (selon Vanappelghem *et al.* 2020).

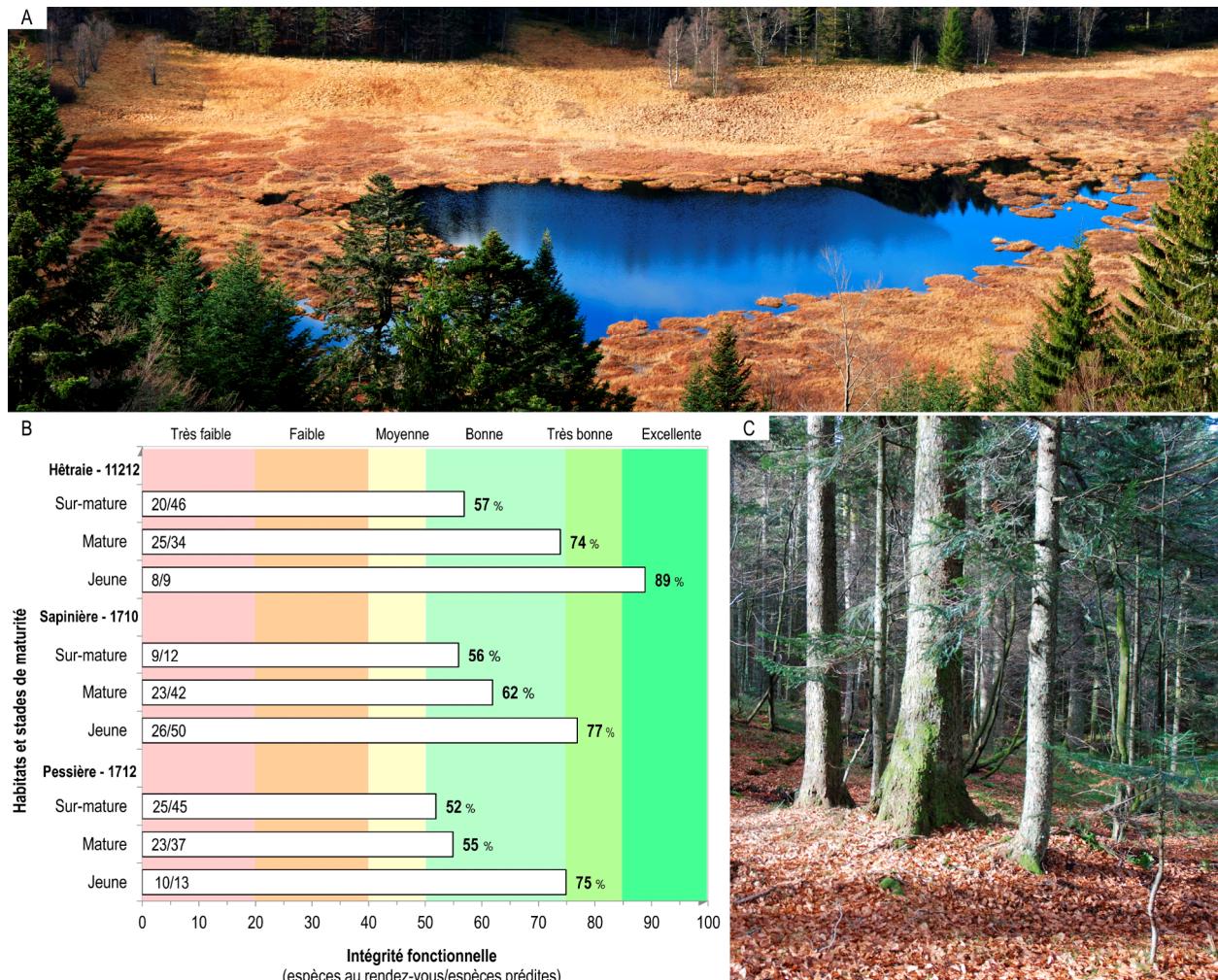
Classes	Intégrité / taux de description
[0-20%]	Très faible
[21-40%]	Faible
[41-50%]	Moyenne
[51-75%]	Bonne
[76-85%]	Très bonne
[86-100%]	Excellente

L'analyse des données intègre les variations interannuelles des dynamiques de population et le caractère aléatoire de l'échantillonnage, inhérent au piège Malaise, en ne tenant pas compte des abondances et fréquences d'occurrence des espèces, mais uniquement de leur présence/absence. Elle permet de comparer, pour chacun des habitats, le peuplement de syrphes observé (avec les pièges Malaise et possiblement d'autres types d'investigations facultatives concomitantes) par rapport à un peuplement attendu (en fonction des habitats du site), selon la base de données StN (Speight 2017).

Cette comparaison de la liste des espèces prédictes avec celle des espèces observées, permet trois descripteurs : (i) les espèces dites "au rendez-vous", prédictes et observées, exprimées en pourcentage des espèces prédictes, indiquent l'intégrité fonctionnelle de l'habitat selon les seuils établis (Tableau 1) ; (ii) les espèces dites "inattendues", non prédictes mais observées, exprimées en pourcentage des espèces observées prédictes, renseignent sur la qualité de la description des habitats et microhabitats associés ; et (iii) les espèces dites "manquantes", car prédictes mais non observées, traduisent des dysfonctionnements dans l'habitat. Les seuils du Tableau 1 permettent également d'apprécier le taux de description (espèces au rendez-vous sur celles observées), la différence étant la part des espèces inattendues.

Dans la RN, l'analyse StN se base sur les données issues d'un échantillonnage étalé sur deux saisons pleines (mai à septembre) et consécutives, utilisant un dispositif de six pièges Malaise (trois par an : n°143, 144 et 145 en 2020 et n°01, 02 et 03 en 2021) (Claude *et al.* 2025b). Disjoints de plus d'une décennie, les résultats de la saison 2009 ne sont pas pris en compte ici. En revanche, les résultats de la tente Malaise n°146, mise en place uniquement de fin juin à mi-septembre 2020 sont conservés, et considérés comme additionnels par leur complémentarité et leur concomitance, telle que l'approche StN le permet (voir Vanappelghem *et al.* 2020 et Speight 2017). Le dispositif d'échantillonnage est détaillé et illustré dans Claude *et al.* 2025b.

Les habitats au sens phytosociologique sont identifiés à partir de Badré 2021a,c,d. Listés dans le Tableau 2, leur correspondance avec les habitats des syrphes de la typologie StN sont établis selon Speight *et al.* (2024b).



RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans les huit habitats StN principaux de la RN, 144 espèces sont prédictes (Tableau 3) et 89 espèces sont observées [À noter que la femelle provisoirement nommée *Cheilosia* aff. *nebulosa* (Verrall, 1871) dans Claude *et al.* 2025a a été réexamинée en septembre 2025 par notre collègue Simon CAVAILLES et correspond finalement à *Cheilosia lenis* (Becker, 1894)]. Parmi les espèces prédictes, 70 sont au rendez-vous et 74 sont manquantes (Annexe 1), auxquelles s'ajoutent 18 espèces inattendues (cf. ci-dessous).

Le taux permettant d'évaluer la qualité de la description des habitats présents est très bon et permet d'expliquer 81% (71 espèces au rendez-vous sur 89 observées) des espèces observées lors de cet échantillonnage. Expliquant ce très bon pourcentage, seulement 18 espèces observées (89-71) sont inattendues : *Cheilosia mutabilis* (Fallén, 1817), *Ch. urbana* (Meigen, 1822), *Ch. lenis* (Becker, 1894), *Ch. variabilis* (Panzer, 1798), *Ch. vicina* (Zetterstedt, 1849), *Chrysotoxum festivum* (Linnaeus, 1758), *Chr. intermedium* Meigen, 1822, *Eristalis*

jugorum Egger, 1858, *E. tenax* (Linnaeus, 1758), *Eumerus ornatus* Meigen, 1822, *Ferdinandeia ruficornis* (Fabricius, 1775), *Melangyna ericarum* (Collin, 1946), *Melanostoma certum* Haarto & Ståhls, 2014, *M. mellarium* (Meigen, 1822), *Meligramma triangulifera* (Zetterstedt, 1843), *Merodon moenium* Wiedemann in Meigen, 1822, *Neoascia annexa* (Müller, 1776), *Pipiza noctiluca* (Linnaeus, 1758), *Scaeva selenitica* (Meigen, 1822).

Espèce ubiquiste sans affinité particulière avec un habitat de la RN, *Eristalis tenax* est logiquement présente dans cette catégorie. Parmi les autres espèces, en majorité forestières, citons *Cheilosia mutabilis* et *Melangyna ericarum* liées aux résineux [*Pinus* spp. notamment ; *Pinus sylvestris* L., 1753 localement présent (Badré 2021c)] dont leur écologie est visiblement encore mal connue, d'où leur codage actuellement incomplet dans la base de données (Speight *et al.* 2024a). Idem pour *Merodon moenium*, espèce assez généraliste, située dans un complexe d'espèces très difficiles à séparer (Speight 2024), qui semble provenir des peuplements de hêtraie dans la RN.

Cas similaire pour *Chrysotoxum intermedium*, dont le statut taxonomique, pour cette espèce forestière, est récemment clarifié

Tableau 2 – Correspondance habitats StN et associations végétales identifiées (selon Badré 2021d : carte 10, Speight *et al.* 2024b).

Habitat phytosociologique	Code Corine	Macro-habitat StN	Code StN
Habitats principaux (ciblés par l'échantillonnage)			
Forêts de ravin du <i>Tilio-Acerion</i> .	41.4	Humid Fagus (gen.)	11212
Hêtraie montagnarde à Luzule (<i>Luzulo luzuloidis - Fagetum sylvaticae</i> Meusel 1937) (comprenant Clairières herbacées et Fourrés mixtes)	41.112	Abies (gen.)	1710
Landes hercyniennes à <i>Vaccinium</i>		Acidophilous <i>Picea</i> (gen.)	1712
Forêts acidophiles à <i>Picea</i> : Reboisement indigènes d'Épicéas (<i>Vaccinio-Piceetea</i>)	24.41		
Pessières à Sphaignes némorales (<i>Sphagno magellanici-Piceetum abietis</i> Bick ex. Boeuf ass. nov.)	44.A1		
Tourbières boisées (<i>Sphagno magellanici-Betuletum pubescens</i> (Noirlaise Dethioux & Zutere 1971) Boeuf, Renaux & Thébaud <i>in</i> Boeuf 2014)	44.A4	Betula/Pinus swamp (gen.)	131
Saulaie marécageuse (<i>Sphagno fallacis - Salicetum auritae</i> Bick <i>es</i> Boeuf & Ritz ass. nov. loco)	44.922	Fen carr	613
Molinaire (bas marais à Molinie)	51.2	Lowland unimproved grassland : humid, oligotrophic	23113
Bas marais acide (<i>Carici canescens - Agrostietum caninae</i> Tüxen 1937)	54.42	Acid fen	612
Tourbière haute (<i>Sphagnetum magellanici</i> Kästner & Flößner <i>ex</i> Steiner 1992, ...)	51.1, 54.5, 54.6	Raised bog	631
Habitats secondaires (non ciblés par l'échantillonnage ou de trop faible superficie)			
Caricaies à <i>Carex rostrata</i> (<i>Caricetum rostratae</i> Rübel <i>ex</i> Osvald 1923)	53.2141	Tall sedge	642
Communautés à Reine des prés et communautés associées (<i>Juncu effusi - Lysimachion vulgaris</i> H. Passarge 1988)	37.1	Tall herb communities	211
Groupement à <i>Calamagrostis canescens</i> (<i>Peucedano palustris - Calamagrostietum canescens</i> H.E Weber 1978)	53.11	Tall sedge	642
Pelouse à Canche flexueuse (<i>Carici piluliferae - Avenellietum flexuosa</i> H. Passarge 1984)	35.13	Humid Fagus	11212
Prairie à Canche cespitueuse	37.213	Eutrophic/mesotrophic, humid, lowland unimproved grassland .	231131

(Speight & Lebard 2022) mais ne permet pas un encodage dans cette version de StN (voir Claude *et al.* 2025b). Également forestières, à large préférendum, *Eumerus ornatus*, *Cheilosia lenis* et *Ch. variabilis* semblent provenir également de la hêtraie. *Eristalis jugorum* provient des petites zones humides intra-forestières (ruisselets en hêtraie).

La présence de boisements le long de petits ruisseaux explique très certainement la présence de *Chrysotoxum festivum*, *Ferdinandea ruficornis*, *Meligramma triangulifera*, *Neoscia annexa*, *Scaeva selenitica*. Enfin, l'existence de prairies/pelouses disséminées dans le site peut expliquer la présence de *Cheilosia urbana*, *Cheilosia variabilis*, *Chrysotoxum festivum*, *Melanostoma certum*, *Melanostoma mellarium* et *Pipiza noctiluca*.

Le faible taux d'espèces inattendues traduit une forte efficacité de l'échantillonnage des cortèges liés aux habitats de la RN et non aux habitats attenants.

À ce stade, les données d'occurrence récoltées pour ces espèces dites "inattendues" mais logiquement présentes, dont les écologies sont encore mal documentées, sont transmises au spécialiste Martin SPEIGHT et vont permettre de compléter la base de données lors des futures éditions.

A. Diagnostic des habitats forestiers

Sous la dénomination phytosociologique de la hêtraie montagnarde à Luzule (*Luzulo luzuloidis - Fagetum sylvaticae* Meusel 1937), trois habitats forestiers au sens de StN sont imbriqués : hêtraie, sapinière, pessière (Tableau 2). Les indices d'intégrité fonctionnelle obtenus dans ces habitats, occupant plus de 80% de la surface de la RN, oscillent entre 56 et 63%, considérés comme de bons résultats (Tableau 3).

Pour chacun, les évaluations de la fonctionnalité sont déclinées en fonction de leurs stades (Figure 1B) et illustrent un manque de maturité (au sens écologique) : les intégrités fonctionnelles (IF) mesurées dans le stade jeune sont en effet bonnes à très bonnes (IF_{pessière} = 75 %, IF_{sapinière} = 77 %), voire excellentes concernant la hêtraie (IF_{hêtraie} = 89 %) ; puis baissent d'une classe dans le stade mature (IF_{pessière} = 55 %, IF_{sapinière} = 62 % et IF_{hêtraie} = 74 %) ; et descendant encore concernant le stade surmature (IF_{pessière} = 52 %, IF_{sapinière} = 56 % et IF_{hêtraie} = 57 %). Plus particulièrement dans la hêtraie, 20 espèces sont manquantes (sur les 49 prédictes - Annexe 1). Parmi elles, une guilde micropophage saproxylque [composée de *Brachyopa bicolor* (Fallén, 1817), *B. insensilis* Collin, 1939, *B. panzeri* Goffe, 1945, *Brachypalpoides latus* (Meigen, 1822), *Caliprobola speciosa* (Rossi, 1790), *Criorrhina asilica* (Fallén, 1816), *C. floccosa*

Tableau 3 – Nombre total d'espèces prédictes pour la RN et décliné pour chaque habitat analysé. Les espèces prédictes sont constituées de deux groupes : les espèces manquantes et celles au rendez-vous. La part des espèces au rendez-vous par rapport au total (exprimé en pourcentage) donne une indication de l'intégrité écologique, soit l'évaluation de la fonctionnalité écologique. Abréviations utilisées : Hêh Hêtraie humide, BMa Bas-marais acide, Th Tourbière haute

	RN	Hêh	Sapinière	Pessière	Boulaie	Saulaie	Molinaie	BMa	Th
		11212	1710	1712	131	613	23113	612	631
Espèces prédictes (EP)	144	49	48	54	19	26	34	16	11
au rendez-vous (ER)	70	29	30	30	13	12	20	10	8
manquantes (EM)	74	20	18	24	6	14	14	6	3
Intégrité fonctionnelle (ER/EP)	49%	59%	63%	56%	68%	46%	59%	63%	73%

(Meigen, 1822), *C. ranunculi* (Panzer, 1804), *Ferdinandea cuprea* (Scopoli, 1763), *Mallota fuciformis* (Fabricius, 1794), *Psilotia anthracina* Meigen, 1822, *Sphegina verecunda* Collin, 1937, *Temnostoma bombylans* (Fabricius, 1805), *T. vespiforme* (Linnaeus, 1758)], est dépendante du stade surnature. Elle semble traduire, par son absence, des carences d'arbres sénescents. Cette insuffisance se traduit par une sous-représentation des espèces associées aux microhabitats de cavité de tronc (*Brachypalpoides lentus*, *Caliprobola speciosa*, par exemple), des caries (*Brachyopa panzeri*, *Mallota fuciformis*), des galeries d'insectes (*Brachyopa bicolor*), des coulées de sève et autres lésions (*Sphegina verecunda*), ou encore des écorces décollées (*Brachyopa insensilis*).

Dans une moindre mesure, l'absence de *Temnostoma bombylans* et de *T. vespiforme* semble pointer une insuffisance concernant les arbres morts (debout, au sol et les vieilles souches). L'autre guilde de zoophages manquante [composée de *Didea fasciata* Macquart, 1834, *Epistrophe flava* Doczkal & Schmid, 1994, *Epistrophe melanostoma* (Zetterstedt, 1843), *Melangyna quadrimaculata* (Verrall, 1873) et *Pipiza luteitarsis* Zetterstedt, 1843] est associée au sous-étage du stade mature. Ces espèces, plus particulièrement aphidiphages, vivent sur le feuillage des jeunes arbres (perchis, gaulis). Elles traduisent visiblement une faiblesse à ce niveau, en composition et en représentation.

Même tendance dans les deux habitats résineux (pessière et sapinière) (Figure 1C), avec deux guildes aphidiphages et saproxyliques manquantes. La première, composée de 16 espèces [*Dasysyrphus friuliensis* (van der Goot, 1960), *D. hilaris* (Zetterstedt, 1843), *D. lenensis* Bagatshanova, 1980, *Didea fasciata*, *Epistrophe cryptica* Doczkal & Schmid, 1994, *Ep. melanostoma*, *Eriozona syrphoides* (Fallén, 1817), *Megasyrphus erraticus* (Linnaeus, 1758), *Melangyna compositarum* (Verrall, 1873), *M. quadrimaculata*, *Meligramma cingulata* (Egger, 1860), *Parasyrphus annulatus* (Zetterstedt, 1838), *P. inaeolus* (Zetterstedt, 1843), *Platycheirus parvatus* Rondani, 1857, *Syrphus nitidifrons* Becker, 1921, *Xanthogramma dives* (Rondani, 1857)], est le signe d'une insuffisance au niveau des jeunes arbres ayant atteint l'âge de fructification. La guilde des espèces liées aux gros arbres, très gros arbres et au bois mort est également incomplète ($n_{manquantes} = 10$: *Brachyopa insensilis*, *B. vittata* Zetterstedt, 1843, *Brachypalpoides lentus*, *Chalcosyrphus piger* (Fabricius, 1794), *Chalcosyrphus valgus* (Gmelin, 1790), *Cheilosia morio* (Zetterstedt, 1838), *Psilotia*

anthracina, *Sphegina sibirica* Stackelberg, 1953, *Xylota ignava* (Panzer, 1798) et *X. jakutorum* Bagatshanova, 1980).

La lecture des cortèges d'espèces prédictes avec StN fournit l'image d'une futaie irrégulière présentant une composition intègre de la strate herbacée (aucune espèce phytopophage n'étant manquante), constat analogue pour la strate arbustive, malgré sa composition notée dans le plan de gestion comme généralement peu fournie (Badré 2021a). Ces résultats sont le signe d'une très bonne capacité des peuplements forestiers de la RN de la tourbière de Machais à se régénérer en recrutant des semis, arbustes et jeunes arbres et l'absence de facteurs d'altération (biotique ou abiotique). La pression d'aboutissement des ongulés est cependant jugée comme assez forte et significativement impactante dans certains secteurs selon le gestionnaire. Les cortèges des espèces phytophages et zoophages associées à la strate herbacée sont intègres et ne permettent pas de mesurer dans ce cas précis un potentiel impact sur ce compartiment.

Le principal point faible de cette matrice forestière, partagé par les trois habitats imbriqués (hêtraie, sapinière et pessière), est le manque de maturité du peuplement, se traduisant par une faiblesse des guildes zoophages et des carences au niveau des espèces microphages saproxyliques. Ces constats rejoignent les conclusions du diagnostic sylvicole [Protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (Bruciamacchie 2005)], notant une représentation déséquilibrée de la structure verticale, avec surreprésentation locale de la strate arborescente par rapport à la strate arbustive, une pauvreté en bois mort, gros bois et arbres porteurs de microhabitats (Badré 2019). Il est très probable que l'exploitation forestière explique ce constat. Plusieurs espèces forestières de syrphes manquantes dans l'échantillonnage de 2020-2021 ont cependant été observées en 2009 [*Brachyopa bicolor* (Fallén, 1817), *Brachyopa vittata* Zetterstedt, 1843, *Ferdinandea cuprea* (Scopoli, 1763), *Meligramma cingulata* (Egger, 1860)]. Ces dernières attestent la présence évidente des microhabitats mentionnés ci-dessus. Malgré cela, les niveaux de bois mort, de gros bois et d'arbres porteurs de microhabitats ne sont pas encore suffisamment représentés pour permettre leur présence, avec d'autres espèces microphages saproxyliques typiquement attendues, lors du présent diagnostic en 2020-2021. Finalement, leur présence hors protocole est le signe d'un potentiel tangible : la sénescence de la forêt de Machais ne demande donc qu'à être favorisée.

Tableau 4 – Comparaison des résultats obtenus dans la RN avec ceux de plusieurs forêts de l'est de la France. Tout comme ici, chacun de ces sites présente une ancienneté de l'état boisé supérieure à 200 ans.

Site (n° de département)	Descriptif succinct	Intégrité fonctionnelle (%)			Source
		H	S	P	
Prés-bois de l'alpage du Haut-Soulier (25)	Futaie irrégulière exploitée	62	-	67	Gens <i>et al.</i> 2017
ENS de la Chenaillette, RN Haute Chaîne du Jura (01)	Futaie irrégulière exploitée	60	69	67	Tissot <i>et al.</i> 2016
Forêt du Risoux (39)	Futaie irrégulière exploitée	59	62	63	Tissot <i>et al.</i> 2014b
Forêts du Massacre (39)	Futaie irrégulière exploitée	55	63	60	
Forêt de la Grand'Côte de la RN du lac de Remoray (25)	Futaie jardinée exploitée dans le cadre d'une réserve biologique domaniale dirigée (conservation d'arbres isolés, îlot de sénescence...)	74	83	79	Tissot <i>et al.</i> 2014a
Forêt de la Grand'Côte (Extension site N2000-25)	Futaie régulière exploitée	56	63	63	
Cirque glaciaire de la RN du Frankenthal-Missheimle (68)	Prélèvements légers jusqu'en 1945 puis non intervention	69	78	81	Claude <i>et al.</i> 2013
Forêt de la RN de la tourbière de Machais (88)	Futaie irrégulière exploitée comprenant îlots de sénescence (2017)	59	63	56	Présente étude

Les résultats obtenus peuvent être également comparés avec les analyses StN récentes réalisées dans plusieurs sites forestiers de l'est de la France (Tableau 4). Hormis des forêts d'exception comme celle de la Réserve biologique intégrale de la Grand'Côte (RN du lac de Remoray, 25) ou encore celle toute proche du cirque glaciaire de la RN du Frankenthal-Missheimle (68), les résultats obtenus dans la RN de la tourbière de Machais se rapprochent de ceux d'autres forêts au contexte similaire (Claude & Tissot 2013, Tissot *et al.* 2014a, Tissot *et al.* 2014b, Tissot *et al.* 2016, Gens *et al.* 2017). Ce constat est à nuancer cependant pour la pessière : cet habitat résineux semble en effet en moins bonne intégrité fonctionnelle (IF = 56%), comparativement à d'autres forêts exploitées et comparativement aux autres habitats de la RN de la tourbière de Machais (Tableau 4). Ce résultat peut s'expliquer logiquement par la toute récente présence de cette essence en peuplement dans le site. Les boisements d'épicéas ont en effet été introduits (souche non locale) par plantation dans de petits secteurs (19^e et début 20^e) et les semis se sont naturalisés par la suite au sein de la hêtraie-sapinière et dans des lisières de certaines tourbières de pente (Badré 2021a).

B. Diagnostic du complexe tourbeux

B1. Boulaie sur tourbe

Parmi les 19 espèces prédictes dans les boisements de bouleaux à Sphaignes, 13 sont au rendez-vous et six sont manquantes (Annexe 1), soit une bonne intégrité fonctionnelle de 68% (Tableau 3). Au sein de la RN, *Didea intermedia* Loew, 1854 est spécifique à cet habitat. La lecture de caractères indicateurs des cortèges d'espèces avec StN permet une lecture détaillée selon les seuils de maturité du peuplement : IF_{stade jeune}=98% (huit espèces au rendez-vous sur neuf prédictes) ; IF_{stade mature}=73% (11/15) ; IF_{stade sur-mature}=67% (12/18). Un manque de maturité semble clairement identifié. Ce résultat peut être expliqué par la répartition éparses, tant sur la périphérie de la tourbière principale qu'autour des tourbières de pente, et la faible superficie (3,5 ha) de cet habitat au sein de la mosaïque (Badré 2021a). D'autre

part, la relative jeunesse de ces boisements diagnostiqués ici pourrait être induite par d'anciennes pratiques d'entretien des tourbières du site, visant à maintenir un très fort degré d'ouverture jusqu'au début du 20^e siècle voire jusqu'à la période d'entre-deux-guerres : utilisation en prairie de fauche (récolte de litière), récolte des jeunes bouleaux (pour le bétail), ou en pâturage épisodique. Ces bétulaires se développent en effet sur les sols très humides (engorgés) et pauvres en nutriments, engendrant une vitesse d'évolution extrêmement lente et expliquant logiquement le résultat d'intégrité fonctionnelle mesuré en 2020-2021. L'autre hypothèse explicative pourrait être un dérèglement récent, soit hydrique, soit lié aux nutriments (ou les deux), qui aurait entraîné une accélération de la colonisation de la tourbière par le Bouleau. Enfin, signalons que ce syntaxon phytosociologique (*Sphagno magellanici-Betuletum pubescens* (Noirlaise Dethioux & Zuttere 1971) Boeuf, Renaux & Thébaud *in* Boeuf 2014) est regroupé dans l'habitat n°131 (*Betula/Pinus* swamp) dans la nomenclature StN (Speight *et al.* 2024b). Comme sa dénomination l'indique, ce dernier inclut la présence de Pins (*Pinus* spp.) dans cet habitat, ce qui n'est pas le cas ici. Une partie du cortège attendu, selon les spécificités de la RN, ne peut pas être présente ici. L'intégrité fonctionnelle de cet habitat d'intérêt communautaire prioritaire doit donc être reconsidérée *a minima* comme très bonne.

B2. Saulaie

Douze sont au rendez-vous et 14 sont manquantes (Annexe 1) parmi les 26 espèces prédictes dans la saulaie (habitat StN n°613). L'intégrité fonctionnelle obtenue de 46% est plutôt moyenne (Tableau 3). Cet habitat fournit spécifiquement *Cheilosia lenis* (Becker, 1894), *Eupeodes bucculatus* (Rondani, 1857) et *Neoascia meticulosa* (Scopoli, 1763). Dans la RN, la saulaie buissonnante (*Sphagno fallacis-Salicetum auritae* Bick *ex* Boeuf & Ritz *in* Boeuf 2014) constitue dans la plupart des cas un manteau, au contact de peuplements forestiers plus évolués. Elle peut également se mêler à la bétulaie sur sphaigne. L'interprétation des cortèges attendus et observés est singulière : d'une part les espèces au rendez-vous sont ubiquistes (*a minima*

pouvant être hébergées ou provenir de plusieurs habitats dans la RN) et, d'autre part, les espèces manquantes sont typiquement et fortement attendues dans cet habitat au sein de la RN (Annexe 1). Cette situation suggère un manque de typicité de cet habitat. Leurs caractères spatial (linéaire, sporadique et restreint [0,8 ha]) et temporel (pionnier et transitoire) peuvent être des facteurs explicatifs, tout comme leur relative jeunesse à l'échelle de la mosaïque (en témoigne l'absence de *Chalcosyrphus nemorum* (Fabricius, 1805), espèce microphage saproxylique). Il semblerait que d'anciennes pratiques d'entretien des tourbières du site (utilisation en prairie de fauche (récolte de litière) ou en pâture épisodique) ne permettaient pas leur présence jusque dans les années 1930-40. Les analyses cartographiques (<https://remonterletemps.ign.fr/>) le confirment et mettent en évidence leur quasi absence dans les années 1950-1965, lors des prises de vues aériennes. Cependant, la saulaie marécageuse affectionne sur la RN les sols gravo-tourbeux de glaciis torrentiels, bien irrigués et mésotrophes (Badré 2021a). Parmi les espèces manquantes, les larves de *Chrysogaster solstitialis* (Fallén, 1817), *C. virescens* Loew, 1854, *Eristalis horticola* (De Geer, 1776), *Eristalis pertinax* (Scopoli, 1763) et *Sericomyia superbiens* (Müller, 1776) vivent et hibernent à la surface du sol, au niveau des zones racinaires, dans des situations dans lesquelles l'infiltration de l'eau est dans une large mesure empêchée ou entravée, favorisant la présence régulière d'une nappe d'eau perchée (Speight 2024, Speight et al 2024b). Cette situation ne semble pas correspondre aux caractéristiques particulières de la saulaie buissonnante sur sphaignes dans la RN. Également manquantes, les larves de *Cheilosia chrysocoma* (Meigen, 1822), *Cheilosia pubera* (Zetterstedt, 1838) et *Cheilosia uviformis* Becker, 1894 sont phytophages. Elles vivent à la base des tiges au niveau de la zone racinaire des plantes de la strate herbacée. Tout comme les quatre espèces à larves aphidiphages manquantes (*Epistrophe grossulariae* (Meigen, 1822), *Leucozona laternaria* (Müller, 1776), *Melangyna umbellatarum* (Fabricius, 1794) et *Parasyrphus nigritarsis* (Zetterstedt, 1843)), elles semblent traduire une insuffisance au niveau de la strate herbacée. L'absence de ces deux cortèges semble cohérente, la strate herbacée étant quasi-absente des saulaies buissonnantes. L'intégrité fonctionnelle de cet habitat doit donc être reconsidérée *a minima* comme bonne. Compte tenu de leur dynamique spatiale, plutôt forte et rapide, il est probable que leur trajectoire d'évolution sera à l'avenir favorable à plus de maturité et de typicité des cortèges associés.

B3. Moliniaie (sans ou pauvre en sphaignes)

Deux grands types de situations stationnelles dominées par la Molinie bleue (*Molinia caerulea* (L.) Moench, 1794) sont regroupées sous cet habitat (StN n°2313, 7 ha) : la moliniaie sans sphaignes, quasi-monospécifique, occupe les stations les moins humides sur les bordures hautes de la tourbière centrale et au sein des clairières intra-forestières ; la moliniaie sur sphaignes, plus difficile à catégoriser et à définir, tend vers les groupements des bas-marais acides (Badré 2021a). Sur les 34 espèces prédictes dans ces Moliniaies, 20 sont au rendez-vous et 14 sont manquantes (Annexe 1), soit une bonne intégrité fonctionnelle de 59% (Tableau 3). Les Moliniaies fournissent spécifiquement *Cheilosia albifrons* (Meigen, 1822), *C. pagana*

(Meigen, 1822), *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794), *E. luniger* (Meigen, 1822), *Pipizella viduata* (Linnaeus, 1758), *Platycheirus albimanus* (Fabricius, 1781), *P. europaeus* Goedlin, Maibach & Speight, 1990, *Scaeva pyrastri* (Linnaeus, 1758), *Sphaerophoria interrupta* (Fabricius, 1805) et *S. scripta* (Linnaeus, 1758) (Annexe 1). Par leur absence, toutes les espèces manquantes (n = 14) semblent pointer un dysfonctionnement hydrologique lié à des variations brusques et des niveaux annuels inégaux de la nappe affleurante. Un premier assemblage composé d'espèces à larves intolérantes aux inondations [*Cheilosia antiqua* (Meigen, 1822), *C. chrysocoma* (Meigen, 1822), *C. grossa* (Fallén, 1817), *C. latifrons* (Zetterstedt, 1843), *C. rufimana* Becker, 1894, *C. vernalis* (Fallén, 1817), *Chrysotoxum caustum* (Harris, 1778), *Eristalis horticola* (De Geer, 1776), *E. nemorum* (Linnaeus, 1758), *E. pertinax* (Scopoli, 1763), *Platycheirus manicatus* (Meigen, 1822), *Sphaerophoria philanthra* (Meigen, 1822), *Volucella bombylans* (Linnaeus, 1758), *Xanthogramma pedissequum* (Harris, 1776)] témoigne typiquement de l'existence de ce type de phénomènes de battements saisonniers de la lame d'eau émergée. L'absence de *Chrysotoxum bicinctum* (Linnaeus, 1758), *Pyrophaena granditarsa* (Forster, 1771), *Sphaerophoria taeniata* (Meigen, 1822) et *Trichopsomyia flavitarsis* (Meigen, 1822), certes tolérantes aux petites inondations saisonnières (possédant toutes un petit tube respiratoire), caractérisent surtout la présence d'un fort niveau d'engorgement superficiel en hiver, puis, bien plus bas au printemps et en été. Les larves de ces dernières hibernent en effet à la surface du sol (dans les plantes cespitueuses) et une différence notable du niveau d'eau entre la période de ponte (fin d'été) et la pupaison (printemps suivant) ne rend pas possible leur développement. La lecture des enregistrements piézométriques à différents points du complexe tourbeux et lacustre confirme ce phénomène d'engorgement superficiel bien plus bas au printemps qu'en hiver (Goubet 2017, Colin & Dumont 2017). Il semblerait donc que les caractéristiques naturelles, propres au fonctionnement naturel (jusqu'ici extrêmement peu perturbé par des activités humaines *in situ*), conditionnent logiquement l'absence des espèces manquantes. L'intégrité fonctionnelle de la Moliniaie doit donc être reconsidérée *a minima* comme très bonne.

B4. Bas-marais acide

Sous la dénomination StN de bas-marais acide (n°612), les stations de tourbière basse (*Carici canescens-Agrostietum caninae* Tüxen 1937) sur sol tourbeux sont assez peu étendues (1,7 ha). Cet habitat de bas-marais vosgiens ou périvosgiens du *Caricion fuscae* W.Koch 1926 occupe en particulier la totalité du principal cône de déjection du complexe tourbeux (Valsche) et s'étend ensuite en "langues" le long de la Goutte de Machais et en bordure de certaines tourbières (entre les Moliniaies et les tourbières hautes). Parmi les 16 espèces prédictes dans cet habitat, 10 sont au rendez-vous et *Platycheirus angustipes* Goedlin, 1974 et *P. occultus* Goedlin, Maibach & Speight, 1990 en proviennent spécifiquement (Annexe 1). Une bonne intégrité fonctionnelle de 63% est mesurée (Tableau 3). Parmi les six espèces manquantes, une première guilde de quatre espèces (sur huit prédictes) a des larves aquatiques microphages vivant à la surface de l'acrotelme (saturé en eau) au contact des débris végétaux détrempeés. Ces 4 espèces possèdent un très long tube

respiratoire leur permettant de survivre dans des situations complètement inondées et durant de longues périodes. En revanche, elles ne survivent pas aux assèchements (impossibilité de migration dans le sol). Par leur absence, elles semblent donc traduire un assèchement superficiel plutôt estival. Ce constat peut être induit par une caractéristique naturelle, liée à son fonctionnement, ou bien par une modification récente du climat (diminution de la fréquence des apports ombratrophes et augmentation de la température estivale au sol engendrant une évapotranspiration interstitielle). Les deux hypothèses explicatives *in et ex situ* peuvent être combinées. Parmi la guilde des espèces zoophages ($n_{\text{prédites}}=8$), *Platycheirus podagratus* (Zetterstedt, 1838) et *Trichopsomyia flavitarsis* (Meigen, 1822) sont également manquantes. Les larves de ces deux espèces de syrphes sont tolérantes aux petites inondations saisonnières (possédant toutes un petit tube respiratoire) et hibernent à la surface du sol (dans les plantes cespitueuses). Elles sont également les plus spécialistes de cette guilde, avec une durée de développement, de l'œuf à la pupe, clairement plus longue (7-12 mois). Leur absence semble caractériser une différence importante du niveau d'eau entre la période de ponte (fin d'été) et la pupaison (printemps suivant). L'engorgement superficiel est en effet bien plus bas au printemps qu'en hiver (Colin & Dumont 2017, Goubet 2017).

B5. Haut marais

Ceinturant le lac central et des petits secteurs en aval, l'habitat de tourbière haute comprend principalement le syntaxon reconnu d'intérêt prioritaire au niveau européen du *Sphagnum magellanicum* Kästner & Flößner ex Steiner 1992 et les communautés de haut marais associées, notamment les tremblants à *Carex rostrata* Stokes, 1787 (Tableau 3). Huit espèces sont au rendez-vous et trois sont manquantes (Annexe 1) parmi les 11 espèces prédictes dans le haut marais (habitat StN n°631). L'intégrité fonctionnelle obtenue de 73% est bonne (Tableau 3).

L'absence des trois espèces manquantes ne permet pas de dégager d'élément de diagnostic propre au haut marais. *Pyrophaena granditarsa*, *Sphaerophoria philanthus* et *Trichopsomyia flavitarsis* sont en effet préférentiellement attendues (manquantes) dans la Moliniaie. Leur absence traduit des caractéristiques structurelles partagées par les habitats du complexe tourbeux (Moliniaie, bas marais acide et haut marais), liées à son fonctionnement naturel ou influencées par les changements climatiques en cours. L'intégrité fonctionnelle de cet habitat doit donc être reconSIDérée *a minima* comme très bonne.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le diagnostic StN dans les habitats forestiers (hêtraie, sapinière, pessière) met en évidence une très bonne capacité des peuplements à se régénérer. La pression d'aboutissement des ongulés, jugée comme assez forte et significativement impactante dans certains secteurs selon le gestionnaire, ne semble pas avoir encore d'impact à l'échelle de la mosaïque

selon le diagnostic StN. Des mesures complémentaires ou spécifiques pourraient avoir lieu pour étayer les observations quotidiennes du gestionnaire. Le principal point faible de cette forêt (habitat d'intérêt prioritaire selon les critères européens de Natura 2000), partagé par les trois habitats imbriqués, est le manque de maturité du peuplement dû à son exploitation pour raisons économiques. Cela se traduit par une faiblesse des guildes zoophages et des carences concernant les espèces microphages saproxyliques. Alors que l'Union internationale pour la conservation de la nature vient d'inscrire cet habitat sur la liste rouge des forêts de montagne menacées, dans la catégorie vulnérable (VU) (IUCN et al. 2025), nous préconisons donc de renforcer la libre évolution forestière dans la RN. Il conviendra pour cela de diminuer les prélevements sylvicoles et d'exempter systématiquement les très gros bois (feuillus de plus de 55 cm de diamètre et les résineux de plus de 90 cm) de toute exploitation. La majorité des espèces dites "inattendues", ainsi que toutes les espèces patrimoniales remarquables observées (Claude et al. 2025b), proviennent toutes des zones forestières. Leur présence est le signe de l'importance majeure de la hêtraie-sapinière au sein de la RN de la tourbière de Machais, au même titre que le complexe tourbeux central.

Malgré des résultats fonctionnels moyens à bons, la relative jeunesse des boisements tourbeux (saulaie et bétulaie) est identifiée. Cet état est probablement induit par d'anciennes pratiques d'entretien et d'utilisation des tourbières, abandonnées depuis le milieu du 19^e siècle, ou bien par des perturbations hydrologiques et qualitatives des eaux de circulation, plutôt récentes, dont nous ne pouvons encore mesurer l'impact ici.

Concernant le complexe tourbeux limnogène central et les petites tourbières intra-forestières périphériques, les intégrités fonctionnelles mesurées sont bonnes (IF = 59 à 73 %). Les caractéristiques de ce site emblématique, propres au fonctionnement naturel (jusqu'ici extrêmement peu perturbé par des activités humaines *in situ*), conditionnent l'absence des espèces manquantes.

Cependant, le renforcement des facteurs d'influence *ex situ* a des impacts certains sur la biosphère (Brondizio et al. 2019, Masson-Delmotte et al. 2021). Il est fort probable que des modifications climatiques [déjà en œuvre sur la RN avec, par exemple, la disparition de la hêtraie subalpine lors des 30 dernières années (Badré 2021a)] auront des impacts en hausse dans les années et décennies à venir notamment sur le régime hydrique, les flux de sédiments dans les cours d'eau affluents, la qualité de l'eau, les compositions floristiques... De la même manière que dans d'autres espaces naturels, nous recommandons de réitérer cette étude tous les dix ans afin de mesurer l'évolution de la fonctionnalité des habitats (Claude et al. 2025c). Dans le cadre des plans de gestion futurs (et des financements inhérents), l'ensemble des suivis standardisés, tant biotiques qu'abiotiques, doivent être impérativement maintenus pour étayer les éléments de comparaison et de compréhension des impacts des modifications climatiques sur cet espace naturel d'exception.

Remerciements – Nous remercions vivement Alix GREUZAT-BADRÉ, ex-conservatrice de la Réserve naturelle de la tourbière de Machais

(Parc naturel régional des Ballons des Vosges) pour son soutien et sa confiance. Merci également à Agathe GÉRARD (technicienne de la RN), Mathilde LASFARGUE (conservatrice de la RN), Bérénice CLAUDE et Thibaut DELSINNE (Société d'Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny) pour leur relecture attentive et minutieuse ayant amélioré le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- Badré A.** 2019. Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières – 2e passage – analyse des données et comparaison avec le 1er cycle. Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Wildenstein, 10 pp.
- Badré A.** 2021a. Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais – TOME 1 : Etat des lieux de la Réserve Naturelle, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Wildenstein, 201 pp.
- Badré A.** 2021b. Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais – TOME 2 : Gestion de la Réserve Naturelle, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Wildenstein, 142 pp.
- Badré A.** 2021c. Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais – TOME 3 : Annexes du plan de gestion, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Wildenstein, 143 pp.
- Badré A.** 2021d. Plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Tourbière de Machais – TOME 4 : Atlas cartographique, Parc naturel régional des Ballons des Vosges, Wildenstein, 60 pp.
- Brondizio E.S., Settele J., Diaz S. & Ngo H.T. (éds)** 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, 1148 pp. doi:[10.5281/zenodo.3831673](https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673)
- Bruciamacchie M.** 2005. Protocole de suivi d'espaces naturels protégés, Ministère de l'écologie et du développement durable, 23 pp. et annexes.
- Castella E. & Speight M.C.D.** 1996. Knowledge representation using fuzzy coded variables: an example based on the use of Syrphidae (Insecta, Diptera) in the assessment of riverine wetlands. *Ecological Modelling*, 85 : 13-25. doi:[10.1016/0304-3800\(95\)00015-1](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00015-1)
- 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, 26p. + annexes. doi:[10.13140/RG.2.2.24140.10888](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24140.10888)
- Claude J., Badré A. & Gérard A.** 2025a. Introduction à l'inventaire de l'entomofaune (Arthropoda, Insecta & Arachnida) de la Réserve naturelle nationale de la tourbière de Machais (France, Grand Est, Vosges) par piège à interception de type Malaise entre 2009 et 2021. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar*, 82 (1) : 1-9. doi:[10.5281/zenodo.1520185](https://doi.org/10.5281/zenodo.1520185)
- Claude J., Speight M.C.D. & Vallet A.** 2025b. Les Syrphidés (Diptera, Syrphidae) de la Réserve naturelle nationale de la tourbière de Machais (France, Grand Est, Vosges) : Partie 1, résultats faunistiques. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar*, 82 (6) : 37-45. doi:[10.5281/zenodo.15287749](https://doi.org/10.5281/zenodo.15287749)
- Claude J., Decoin R., Tissot B., Speight M. C.D., Castella E. & Foret S.** 2025c. Vulnérabilité des habitats subalpins face aux changements climatiques : suivi des syrphidés (Diptera) dans la Réserve naturelle nationale des Hauts de Chartreuse (France, Isère) entre 2008 et 2020. *Naturaee*, (5) : 49-69. doi:[10.5852/naturaee2025a5](https://doi.org/10.5852/naturaee2025a5)
- Colin R. & Dumont S.** 2017. Étude du plan d'eau et des biocénoses 2017 de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Rapport d'étude pour le PNR du Ballon des Vosges, Tinca Environnement & Ried Bleu, 40 pp.
- Fayt P., Dufrêne M., Branquart E., Hastir P., Pontégnie C., Henin J-M. & Versteirt V.** 2006. Contrasting Responses of Saproxylic Insects to Focal Habitat Resources: The Example of Longhorn Beetles and Hoverflies in Belgian Deciduous Forests. *Journal of Insect Conservation*, 10 (2) : 129-150. doi:[10.1007/s10841-006-6289-0](https://doi.org/10.1007/s10841-006-6289-0)
- Gens H., Tissot B. & Claude J.** 2017. Diagnostic écologique de l'alpage du Haut-Soulier (Rochejean -25) par la méthode "Syrph the Net", Rapport d'étude, Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement Sainte Marie, 29 pp. + annexes. doi:[10.13140/RG.2.2.24747.49441](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24747.49441)
- Godelin P., Delarze R., Castella E. & Speight M.C.D.** 2003. Les insectes indicateurs. *Mémoire de la société vaudoise des sciences naturelles*, 20 : 259-267.
- Goubet P.** 2017. Analyse de données piézométriques des milieux tourbeux de la Réserve naturelle de la Tourbière de Machais. Rapport d'étude pour le PNR du Ballon des Vosges, Cabinet Pierre Goubet, 25 pp.
- Malaise R.** 1937. A new insect trap. *Entomologisk tidskrift*, 58 : 148-160.
- Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S. L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M. I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J. B. R., Maycock T. K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R. & B. Zhou (éds.)** 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 2391 pp. doi:[10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896)
- Sarthou J-P. & Speight M.C.D.** 2005. Les diptères Syrphidae, peuple de tous les espaces. *Insectes*, 137 : 3-8.
- Speight M.C.D. & Castella E.** 2005. Assessment of subalpine grassland and heath sites in Haute-Savoie using Syrphidae (Diptera). In: Speight, M.C.D., Castella, E., Sarthou, J.-P. and Monteil, C. (eds.) *Syrph the Net, the database of European Syrphidae*, 46, 37 pp., Syrph the Net publications, Dublin.
- Speight M.C.D.** 2017. The Syrph the Net database of European Syrphidae (Diptera), past, present and future. *Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera)*, 96 : 19 pp., Syrph the Net publications, Dublin.
- Speight M.C.D.** 2024. Species accounts of European Syrphidae, 2024. *Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera)*, vol. 115, 380 pp., Syrph the Net publications, Dublin.
- Speight M.C.D. & Lebard T.** 2022. Quelques additions à la liste des syrphes connus dans le département du Gard, avec une mise à jour de la clef des taxons du groupe *Chrysotoxum intermedium* en France (Diptera: Syrphidae). *Revue française d'Entomologie Générale*, 4 : 15-31.
- Speight M.C.D., Castella E., Sarthou J.-P. & Lebard T.** 2024a. StN 2024. In: *Syrph the Net on CD*, Issue 13. ISSN 1649-1917. *Syrph the Net Publications*, Dublin.
- Speight M. C. D., Castella E. & Lebard T.** 2024b. StN Database: content and glossary of terms. 2024. *Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera)*, 119 : 107 pp., Syrph the Net publications, Dublin.
- Tissot B., Claude J. & Speight M.** 2014a. Zone d'extension du site Natura 2000 - Forêt de la Grand'Côte (25) : Diagnostic écologique 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, 29 pp. + annexes doi:[10.13140/RG.2.2.33976.65287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33976.65287)
- Tissot B., Claude J., Speight M.C.D. & Withers P.** 2014b. 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. + annexes. doi:[10.13140/RG.2.2.20554.88004](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20554.88004)

Tissot B., Claude J. & Speight M.C.D. 2016. Diagnostic écologique de l'ENS de la Chenaillette (Mijoux, Echenevex -01) par la méthode "Syrph the Net", Rapport d'étude pour le Conseil départemental de l'Ain, Les amis de la Réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement Sainte Marie, 24 pp. + annexes. doi:[10.13140/RG.2.2.20555.08489](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20555.08489)

IUCN Comité français, OFB, MNHN, CBN & IGN 2025. La Liste rouge des écosystèmes en France – Les forêts de montagne, Hexagone et Corse. Montreuil, France. 44 pp.

Vanappelghem C., Vandeweghe R., Debaive N., Claude J., Dussaix C., Garrigue J., Gaudet S., Langlois D., Maillet G., Sarthou V., Sarthou J.P., Soissons A., Speight M.C.D., Tissot B., Top D., Tourdiat S. & Vallet A. 2020. Guide technique de mise en œuvre d'une étude Syrph the Net: Retours d'expérience de l'Atelier du groupe inter-réseaux Syrphes, Réserves Naturelles de France. 8 : 121 pp.

Soumis le 24 mars 2025 | **Publié le** 26 novembre 2025
doi:[10.5281/zenodo.17623126](https://doi.org/10.5281/zenodo.17623126)

ANNEXE 1 – STATUTS STN DES 145 ESPÈCES PRÉDITES ET FIDÉLITÉ RESPECTIVE AUX HABITATS DE LA RÉSERVE NATURELLE NATIONALE DE LA TOURBIÈRE DE MACHAIS

Abréviations utilisées dans les en-têtes : Hêh Hêtraie humide, Sa Sapinière, Pe Pessière, Bo Boulaie, S Saulaie, Mo Molinaie, BMa Bas-marais acide, Toh Tourbière haute. **Abréviations utilisées dans les cellules :** rdv Espèce au rendez-vous ; manq. Espèce manquante, 1 Espèce potentiellement associée à l'habitat (associée à au moins un habitat supplémentaire associé), 2 Espèce associée à l'habitat, 3 Espèce fortement associée à l'habitat.

Espèce (nomenclature d'après Speight et al. 2024a)	StN	Hêh	Sa	Pe	Bo	S	Mo	BMa	Toh
		11212	1710	1712	131	613	23113	612	631
<i>Baccha elongata</i> (Fabricius, 1775)	rdv	2	2	2					
<i>Blera fallax</i> (Linnaeus, 1758)	rdv		2	3					
<i>Brachyopa bicolor</i> (Fallén, 1817)	manq.	3							
<i>Brachyopa dorsata</i> Zetterstedt, 1837	rdv	3				2			
<i>Brachyopa insensilis</i> Collin, 1939	manq.	3	2						
<i>Brachyopa panzeri</i> Goffe, 1945	manq.	3							
<i>Brachyopa pilosa</i> Collin, 1939	rdv	3							
<i>Brachyopa testacea</i> (Fallén, 1817)	rdv			3					
<i>Brachyopa vittata</i> Zetterstedt, 1843	manq.			3					
<i>Brachypalpoides lentsus</i> (Meigen, 1822)	manq.	3		2					
<i>Brachypalpus chrysites</i> Egger, 1859	rdv		3	3					
<i>Brachypalpus laphriformis</i> (Fallén, 1816)	rdv	3							
<i>Caliprobola speciosa</i> (Rossi, 1790)	manq.	3							
<i>Chalcosyrphus nemorum</i> (Fabricius, 1805)	manq.					2			
<i>Chalcosyrphus piger</i> (Fabricius, 1794)	manq.			3					
<i>Chalcosyrphus valgus</i> (Gmelin, 1790)	manq.		2	3					
<i>Cheirosia albipila</i> Meigen, 1838	rdv					2			2
<i>Cheirosia albatarsis</i> (Meigen, 1822)	rdv					3			
<i>Cheirosia antiqua</i> (Meigen, 1822)	manq.					2			
<i>Cheirosia chrysocoma</i> (Meigen, 1822)	manq.				3	1			
<i>Cheirosia grossa</i> (Fallén, 1817)	manq.					2			
<i>Cheirosia latifrons</i> (Zetterstedt, 1843)	manq.					2			
<i>Cheirosia morio</i> (Zetterstedt, 1838)	manq.			3					
<i>Cheirosia pagana</i> (Meigen, 1822)	rdv					2			
<i>Cheirosia pubera</i> (Zetterstedt, 1838)	manq.					2			
<i>Cheirosia rufimana</i> Becker, 1894	manq.					2			
<i>Cheirosia uniformis</i> Becker, 1894	manq.			3					
<i>Cheirosia vernalis</i> (Fallén, 1817)	manq.					2			
<i>Chrysogaster solstitialis</i> (Fallén, 1817)	manq.				3				
<i>Chrysogaster virescens</i> Loew, 1854	manq.				3				
<i>Chrysotoxum bicinctum</i> (Linnaeus, 1758)	manq.					3			
<i>Chrysotoxum cautum</i> (Harris, 1778)	manq.					2			
<i>Chrysotoxum fasciatum</i> (O.F. Müller, 1764)	rdv	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Criorrhina asilica</i> (Fallén, 1816)	manq.	3							
<i>Criorrhina berberina</i> (Fabricius, 1805)	rdv	3	3	3					
<i>Criorrhina floccosa</i> (Meigen, 1822)	manq.	3							
<i>Criorrhina ranunculi</i> (Panzer, 1804)	manq.	3							
<i>Dasysyrphus albostriatus</i> (Fallén, 1817)	rdv	2	2	2					
<i>Dasysyrphus friuliensis</i> (van der Goot, 1960)	manq.			2					
<i>Dasysyrphus hilaris</i> (Zetterstedt, 1843)	manq.			2	2				
<i>Dasysyrphus lenensis</i> Bagatshanova, 1980	manq.		2	2					

Espèce (nomenclature d'après Speight <i>et al.</i> 2024a)	StN	Hêh	Sa	Pe	Bo	S	Mo	BMa	Toh
		11212	1710	1712	131	613	23113	612	631
<i>Dasysyrphus pinastri</i> (De Geer, 1776)	rdv		2	2					
<i>Dasysyrphus tricinctus</i> (Fallén, 1817)	rdv		2	2					
<i>Dasysyrphus venustus</i> (Meigen, 1822)	rdv	3	3	3	2				
<i>Didea alneti</i> (Fallén, 1817)	rdv		2	2					
<i>Didea fasciata</i> Macquart, 1834	manq.	2	3	3					
<i>Didea intermedia</i> Loew, 1854	rdv				2				
<i>Epistrophe cryptica</i> Doczkal & Schmid, 1994	manq.			2					
<i>Epistrophe eligans</i> (Harris, 1780)	rdv	2	3	3					
<i>Epistrophe flava</i> Doczkal & Schmid, 1994	manq.	2							
<i>Epistrophe grossulariae</i> (Meigen, 1822)	manq.					3			
<i>Epistrophe melanostoma</i> (Zetterstedt, 1843)	manq.	2	2	2					
<i>Epistrophe nitidicollis</i> (Meigen, 1822)	rdv	2	2	2					
<i>Episyphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	rdv	2	2	2			2		
<i>Eriozona syrphoides</i> (Fallén, 1817)	manq.		3	3					
<i>Eristalis horticola</i> (De Geer, 1776)	manq.				2	1	2		
<i>Eristalis intricaria</i> (Linnaeus, 1758)	manq.						3		
<i>Eristalis nemorum</i> (Linnaeus, 1758)	manq.			2		1	3		
<i>Eristalis pertinax</i> (Scopoli, 1763)	manq.				2	1			
<i>Eristalis rupium</i> Fabricius, 1805	manq.			2					
<i>Eristalis similis</i> (Fallén, 1817)	rdv	2							
<i>Eupeodes bucculatus</i> (Rondani, 1857)	rdv				2				
<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius, 1794)	rdv					3			
<i>Eupeodes latifasciatus</i> (Macquart, 1829)	rdv			2	2				
<i>Eupeodes luniger</i> (Meigen, 1822)	rdv				2				
<i>Eupeodes nitens</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv	2							
<i>Ferdinandea cuprea</i> (Scopoli, 1763)	manq.	3			2				
<i>Helophilus pendulus</i> (Linnaeus, 1758)	rdv			2	2	2	2	2	2
<i>Lapposyrphus lapponicus</i> (Zetterstedt, 1838)	rdv	2	2	2					
<i>Leucozona laternaria</i> (Müller, 1776)	manq.				2				
<i>Leucozona lucorum</i> (Linnaeus, 1758)	rdv		2						
<i>Mallota fuciformis</i> (Fabricius, 1794)	manq.	2							
<i>Megasyrphus erraticus</i> (Linnaeus, 1758)	manq.		3	3					
<i>Melangyna compositarum</i> (Verrall, 1873)	manq.		2	2					
<i>Melangyna lasiophthalma</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv	2	2	2	2				
<i>Melangyna quadrimaculata</i> (Verrall, 1873)	manq.	2	3						
<i>Melangyna umbellatarum</i> (Fabricius, 1794)	manq.				3				
<i>Melanostoma mellinum</i> (Linnaeus, 1758)	rdv					3	2	2	
<i>Melanostoma scalare</i> (Fabricius, 1794)	rdv	2			2	2	2		
<i>Meligramma cincta</i> (Fallén, 1817)	rdv	2							
<i>Meligramma cingulata</i> (Egger, 1860)	manq.		3	3					
<i>Meligramma euchroma</i> (Kowarz, 1885)	rdv	2			2				
<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen, 1822)	rdv	2	2	2					
<i>Meliscaeva cinctella</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv	2							
<i>Merodon equestris</i> (Fabricius, 1794)	rdv		2	2					
<i>Myathropa florea</i> (Linnaeus, 1758)	rdv	3				2			
<i>Neoascia meticulosa</i> (Scopoli, 1763)	rdv					2			
<i>Neoascia podagraria</i> (Fabricius, 1775)	manq.				2		3		

Espèce (nomenclature d'après Speight <i>et al.</i> 2024a)	StN	Hêh	Sa	Pe	Bo	S	Mo	BMa	Toh
		11212	1710	1712	131	613	23113	612	631
<i>Neoascia tenur</i> (Harris, 1780)	rdv				2		1	2	
<i>Neocnemodon latitarsis</i> (Egger, 1865)	rdv		2						
<i>Paragus haemorrhous</i> Meigen, 1822	rdv								2
<i>Parasyrphus annulatus</i> (Zetterstedt, 1838)	manq.		2	2					
<i>Parasyrphus lineolus</i> (Zetterstedt, 1843)	manq.		2	2					
<i>Parasyrphus macularis</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv		2	2					
<i>Parasyrphus malinellus</i> (Collin, 1952)	rdv		2	2					
<i>Parasyrphus nigritarsis</i> (Zetterstedt, 1843)	manq.						3		
<i>Parasyrphus punctulatus</i> (Verrall, 1873)	rdv		2	2					
<i>Parasyrphus vittiger</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv	2							
<i>Pipiza luteitarsis</i> Zetterstedt, 1843	manq.	2							
<i>Pipiza quadrinotata</i> (Panzer, 1804)	rdv		2	2					
<i>Pipizella viduata</i> (Linnaeus, 1758)	rdv						3		
<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius, 1781)	rdv						2		
<i>Platycheirus angustatus</i> (Zetterstedt, 1843)	rdv						3	3	
<i>Platycheirus angustipes</i> Goedlin, 1974	rdv							2	
<i>Platycheirus clypeatus</i> (Meigen, 1822)	rdv					2	3	3	3
<i>Platycheirus europaeus</i> Goedlin, Maibach & Speight, 1990	rdv					2			
<i>Platycheirus immaculatus</i> Ôhara, 1980	rdv				3				
<i>Platycheirus manicatus</i> (Meigen, 1822)	manq.						2		
<i>Platycheirus occultus</i> Goedlin, Maibach & Speight, 1990	rdv						3		2
<i>Platycheirus parvulus</i> Rondani, 1857	manq.		2	2					
<i>Platycheirus podagratus</i> (Zetterstedt, 1838)	manq.							2	
<i>Platycheirus scutatus</i> (Meigen, 1822)	rdv	2	2	2					
<i>Psilota anthracina</i> Meigen, 1822	manq.	3			3				
<i>Psilota exilistyla</i> Smit & Vujić, 2008	rdv	3							
<i>Pyrophaena granditarsa</i> (Forster, 1771)	manq.						3		2
<i>Rhingia borealis</i> Ringdahl, 1928	manq.	2	2	2					
<i>Scaeva pyrastri</i> (Linnaeus, 1758)	rdv						2		
<i>Sericomyia lappona</i> (Linnaeus, 1758)	rdv				2	2		2	
<i>Sericomyia silentis</i> (Harris, 1778)	rdv				2	3	1	3	3
<i>Sericomyia superbicans</i> (Müller, 1776)	manq.					2			
<i>Sphaerophoria interrupta</i> (Fabricius, 1805)	rdv						3		
<i>Sphaerophoria philanthra</i> (Meigen, 1822)	manq.						2		2
<i>Sphaerophoria scripta</i> (Linnaeus, 1758)	rdv						3		
<i>Sphaerophoria taeniatata</i> (Meigen, 1822)	manq.						2		
<i>Sphegina clunipes</i> (Fallén, 1816)	rdv	2	2	2					
<i>Sphegina sibirica</i> Stackelberg, 1953	manq.				3				
<i>Sphegina verecunda</i> Collin, 1937	manq.	3							
<i>Syrphus nitidifrons</i> Becker, 1921	manq.		2	2					
<i>Syrphus ribesii</i> (Linnaeus, 1758)	rdv	2	2	2	2			2	
<i>Syrphus torvus</i> Osten-Sacken, 1875	rdv	2	3	3					
<i>Syrphus vitripennis</i> Meigen, 1822	rdv	2	2	2	3				
<i>Temnostoma bombylans</i> (Fabricius, 1805)	manq.	3							
<i>Temnostoma vespiforme</i> (Linnaeus, 1758)	manq.	3							
<i>Trichopsomyia flavitarsis</i> (Meigen, 1822)	manq.				2		3	3	3
<i>Volucella bombylans</i> (Linnaeus, 1758)	manq.						2		

Espèce (nomenclature d'après Speight <i>et al.</i> 2024a)	StN	Hêh	Sa	Pe	Bo	S	Mo	BMa	Toh
		11212	1710	1712	131	613	23113	612	631
<i>Xanthandrus comitus</i> (Harris, 1780)	rdv	2							
<i>Xanthogramma dives</i> (Rondani, 1857)	manq.		2						
<i>Xanthogramma pedissequum</i> (Harris, 1776)	manq.						2		
<i>Xylota abiens</i> Meigen, 1822	manq.					2			
<i>Xylota ignava</i> (Panzer, 1798)	manq.			3					
<i>Xylota jakutorum</i> Bagatshanova, 1980	manq.		3	3					
<i>Xylota segnis</i> (Linnaeus, 1758)	rdv	3	3	3					
<i>Xylota sylvarum</i> (Linnaeus, 1758)	rdv	3	3	3					
<i>Xylota xanthocnema</i> Collin, 1939	manq.		2						