

Projet LIFE Ardenne liégeoise : réponse des libellules et papillons de jour aux travaux de restauration

Aurélien Kaiser^{1,2} & Denis Parkinson¹

Résumé : Durant le 20^{ème} siècle, les activités humaines et l'abandon des pratiques agricoles traditionnelles ont mené à la dégradation des habitats naturels des hauts plateaux de l'Ardenne liégeoise. Le projet LIFE Ardenne liégeoise, mené de 2012 à 2020, a eu pour but de restaurer ces habitats et d'améliorer la connectivité écologique entre le Plateau des Tailles et celui des Hautes Fagnes. Cet article vise à synthétiser l'impact des actions de restauration entreprises par le projet sur deux groupes d'insectes : les libellules et les papillons de jour. Au moyen de suivis standardisés et des données issues de bases de données naturalistes régionales, nous montrons une réponse généralement positive et rapide des libellules. Plusieurs espèces spécialistes des tourbières ont notamment étendu leur aire de distribution au sein du périmètre de projet à l'issue du projet. À l'opposé, la réponse des papillons de jour est plus mitigée et certaines espèces de papillons typiques des prairies humides semblent régresser progressivement malgré les actions de restauration. La poursuite du monitoring de ces deux groupes biologiques devrait permettre de confirmer ces tendances et d'affiner leur évaluation.

Mots clefs : programme LIFE, LIFE Ardenne liégeoise, restauration des habitats, gestion des habitats, libellules, Odonata, papillons, Lepidoptera, tourbière, lande, bas-marais, prairie humide, lithalse

Summary: During the 20th century, human activities and the abandonment of traditional agricultural practices led to the degradation of natural habitats on the Belgian high plateaux of the Liège Ardennes. The goal of the Ardenne liégeoise LIFE project (2012-2020) was to restore these habitats and to improve ecological connectivity between the Plateau des Tailles and the Hautes Fagnes. The aim of this paper is to provide an overview of the responses of dragonflies and butterflies to restoration actions undertaken within the framework of the project. On the basis of standardised transects and data obtained from regional naturalist databases, we show a generally positive and rapid response of dragonflies. In particular, many peat bog specialists expanded their range within the perimeter of the project by its completion. Butterflies show a more contrasted response and species associated with wet grasslands show negative trends in the study region despite restoration actions. Dragonfly and butterfly monitoring should continue to confirm these trends and refine their evaluation.

Key words: LIFE programme, Ardenne liégeoise LIFE project, habitat restoration, habitat management, dragonflies, Odonata, butterflies, Lepidoptera, bog, moorland, fen, wet meadow, lithalsa, Liège Ardennes

Introduction

Situés au-dessus de 500 mètres d'altitude, les hauts plateaux ardennais ont de tous temps été reconnus pour leur intérêt floristique et faunistique. Cet intérêt tient notamment à la présence d'habitats naturels particulièrement favorables à la biodiversité, comme les landes, les prairies de fauche ou les forêts naturelles. Mais ce sont probablement les tourbières qui en fournissent le meilleur exemple. Les conditions relativement froides et les précipitations abondantes qui tombent sur ces hauts plateaux favorisent l'accumulation de la matière végétale morte dans des milieux constamment gorgés en eau. Cette omniprésence de l'eau, l'acidité élevée et les conditions pauvres en oxygène font que l'on retrouve dans les tourbières des espèces animales et végétales typiques et adaptées à ces environnements particuliers.

Si les hauts plateaux ardennais ont longtemps été préservés des activités humaines, il en est tout autrement aujourd'hui. En effet, la surface occupée par les habitats typiques de ces régions s'est drastiquement réduite à partir de la fin du 19^{ème} siècle. Ainsi, on estime que seuls 30% des 15.000 hectares de tourbières hautes, landes humides, tourbières boisées et bas-marais présents historiquement sur les hauts plateaux ardennais subsisteraient encore actuellement. En cause, la plantation massive d'épicéas pour la mise en valeur économique de terrains dits « incultes ». Cette politique d'enrésinement des plateaux ardennais a favorisé le drainage de vastes étendues de terrains humides et a donc perturbé le fragile équilibre hydrique nécessaire à la formation et au maintien des écosystèmes tourbeux. Parallèlement à cela, les pratiques agricoles dans la région se sont transformées. Historiquement, les landes étaient parcourues par des troupeaux itinérants dont la pression de pâturage était globalement faible et les prairies de fauche étaient exploitées de manière extensive. Ces pratiques agropastorales, qui ont maintenu les paysages ouverts pendant plusieurs siècles et ont participé au développement d'une faune et flore diversifiées, ont été progressivement délaissées au profit d'une agriculture mécanisée (voir notamment Frankard et al., 2017 pour de plus amples informations).

C'est dans ce contexte de destruction et de dégradation des habitats qu'est lancé le premier projet LIFE de restauration des milieux tourbeux sur le Plateau de Saint-Hubert en 2003. Suivront cinq autres projets similaires sur les plateaux de la Croix Scaille, des Tailles, des Hautes Fagnes, dans le bassin de la Lomme et en Ardenne liégeoise. Ces projets sont repris dans le méta-projet de restauration des tourbières de Haute-Ardenne qui a pris

¹ LIFE Ardenne liégeoise (2012-2020), Domaine de Bérinzenne, Spa

² Behavioural Ecology & Conservation Group, UCLouvain, Louvain-la-Neuve ; auteur correspondant, kaiser.aurelien@gmail.com

fin en 2020. Dernier de ces six projets, le LIFE Ardenne liégeoise a été initié en 2012 et s'est terminé en juin 2020. Il s'insère entre le Plateau des Tailles et celui des Hautes Fagnes et vise globalement à restaurer et à protéger les habitats naturels, à améliorer l'état de conservation de 14 habitats d'intérêt communautaire et à restaurer la connectivité écologique entre les deux plateaux.

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à la réponse de deux groupes d'insectes, les libellules et les papillons de jour, à la suite des travaux de restauration écologique entrepris dans le cadre du projet LIFE Ardenne liégeoise. Ce projet vise notamment à restaurer les habitats humides en restaurant l'équilibre hydrique nécessaire au bon fonctionnement des écosystèmes tourbeux et en créant divers aménagements hydrologiques *a priori* favorables aux libellules. En outre, plusieurs espèces d'odonates ont des capacités de dispersion importantes leur permettant de coloniser rapidement les plans d'eau créés. Nous nous attendons donc à une réponse positive et rapide des libellules, à l'image de ce qui a été observé à la suite d'autres projets du même type en Belgique (Parkinson, 2010; Dufrière et al., 2011; Kever et al., 2014; Baltus, 2015). De la même manière, l'amélioration de la qualité des habitats naturels de type landes, tourbières et prairies devrait favoriser les populations de plusieurs espèces de papillons de jour typiques de ces milieux et pour certaines, menacées. Au travers de diverses analyses nous mettons en évidence les effets du projet LIFE Ardenne liégeoise sur la diversité en espèces, sur l'occupation des sites par les espèces de tourbières et autres milieux typiques des hauts plateaux ardennais et sur l'évolution des populations. Ces résultats seront présentés d'abord pour les libellules, puis pour les papillons, avant d'en tirer les enseignements.

Localisation du projet et aperçu des travaux réalisés

Le projet LIFE Ardenne liégeoise couvre la zone comprise entre le Plateau des Tailles et le plateau des Hautes Fagnes (Fig. 1). Son périmètre d'action couvre 16 communes et 18 sites Natura 2000. Les sites Natura 2000 étant généralement très étendus (plusieurs centaines d'hectares), les acquisitions de terrains et les actions de restauration menées dans le cadre du projet se sont concentrées autour de « zones noyaux ». Cela a permis de délimiter des entités spatialement distinctes, séparées les unes des autres par une distance suffisamment importante ou par des éléments particuliers (chemins, rivières). Ce sont ces entités, au nombre de 49 au total, que nous appellerons « sites^{*3} » dans le reste de cet article. Il convient de noter que plusieurs de ces sites peuvent donc être compris au sein d'un même site Natura 2000. Ainsi, les sites de La Fondroule et des Prés de la Lienne sont tous les deux compris au sein du site Natura 2000 « BE33060 – Haute vallée de la Lienne » (387 ha).

Parmi les actions de restauration des habitats naturels les plus favorables aux libellules (création de plans d'eau et autres milieux aquatiques permanents ou temporaires) réalisées dans le cadre du projet, citons notamment :

- La neutralisation de 50,24 km de drains ;
- La restauration de 51 traces de lithaleses* (par comblement des exutoires de drainage artificiel) ;
- La création de 127 bassins de décapage*, pour une surface totale de 4,92 ha ;
- La création de 274 digues d'ennoyement, soit 8,85 km de digues, pour une surface totale sous eau de 9,3 ha ;

Les papillons devraient quant à eux bénéficier des travaux de restauration visant la création ou l'amélioration de l'état de conservation de milieux ouverts ciblés (landes*, bas-marais, tourbières, prairies humides, ...) via :

- Les étrépages* et fraisages de landes dégradées (19,47 ha et 21,02 ha respectivement). À noter que derrière les andains dans les zones étrépeées et fraisées se sont formées des surfaces ennoyées (surface totale non mesurée), elles aussi attractives pour les libellules ;
- Le fauchage de restauration de landes et prairies dégradées (78 ha), suivi dans certains cas d'un fauchage périodique ;
- La mise en place d'enclos et d'une gestion par pâturage extensif (100 ha).

Des exemples de ces réalisations sont présentés à la Fig. 2.

³ Les termes marqués d'un astérisque sont repris et définis dans le glossaire situé à la fin de cet article.

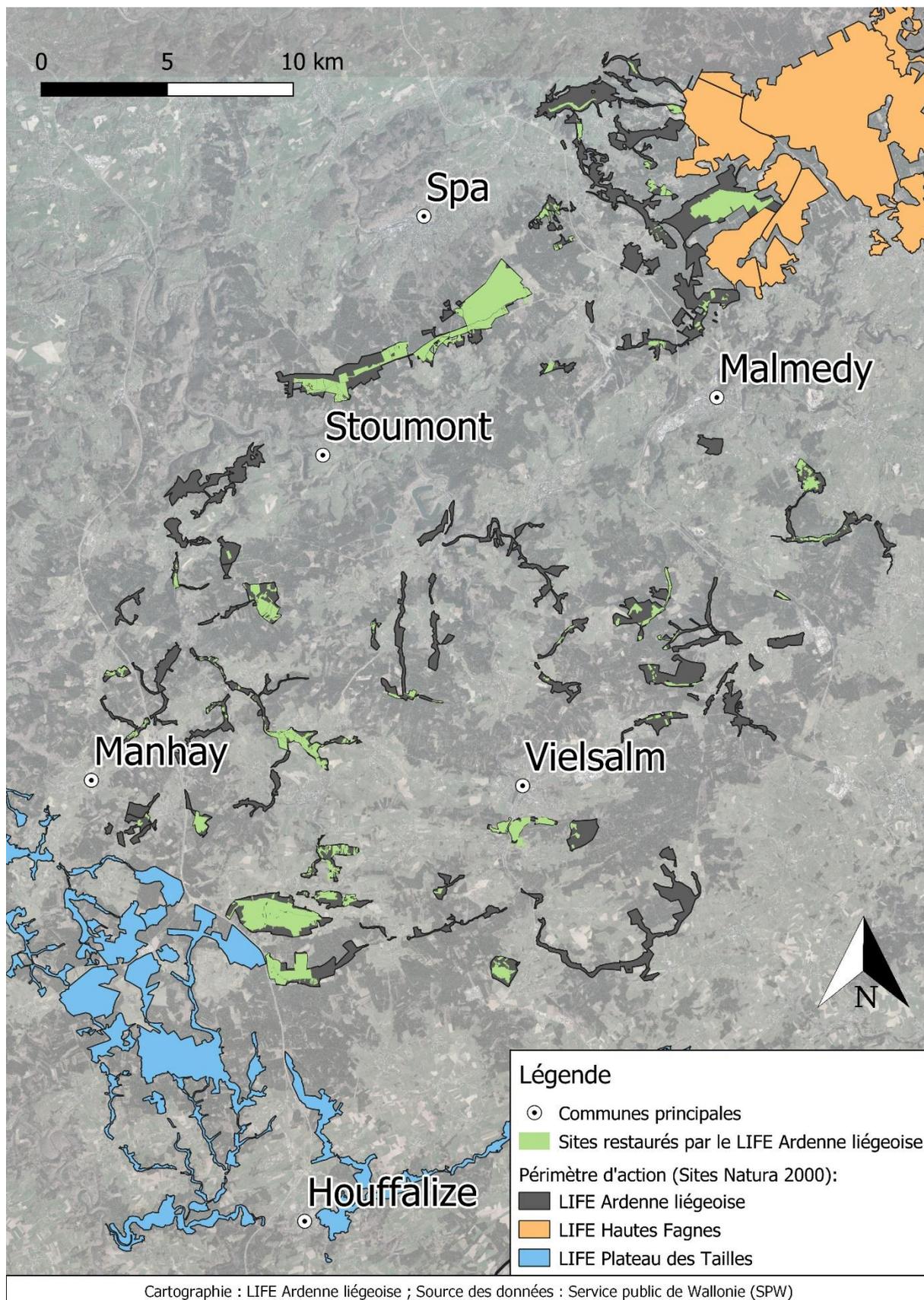


Fig. 1. Localisation du périmètre d'action du projet LIFE Ardenne liégeoise et situation par rapport aux projets LIFE Plateau des Tailles et LIFE Hautes Fagnes. La carte montre une sélection de villes incluses dans le périmètre, à titre informatif.

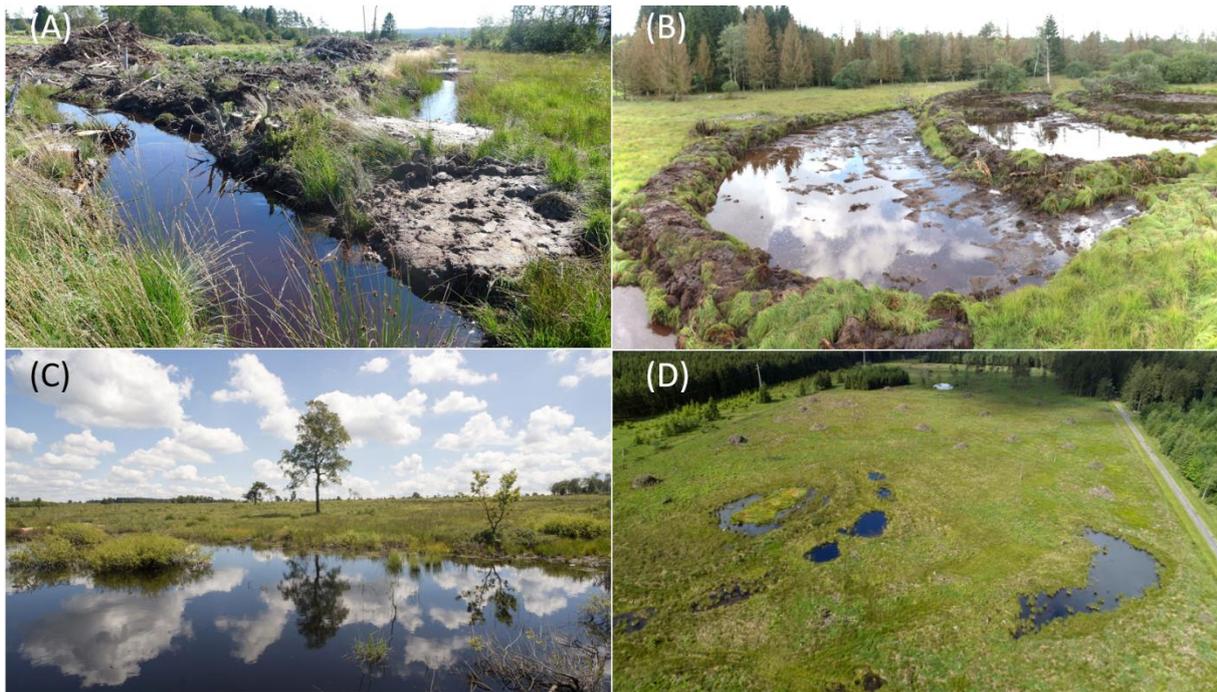


Fig. 2. Exemples de travaux de restauration entrepris par le projet LIFE Ardenne liégeoise. (A) Neutralisation de drains ; (B) bassins de décapage ; (C) digue d'envolement ; (D) vue aérienne des digues à la Fagne James. Photos LIFE Ardenne liégeoise

Méthodes d'acquisition des données

Dans le but de documenter la réponse des organismes à ces travaux, un suivi scientifique a été mis en place dès le début du projet (2012). Il couvre différents groupes biologiques, incluant les plantes, les oiseaux, les chauves-souris, les papillons de jour et les libellules. Le présent article couvrant uniquement les papillons et les libellules, nous nous concentrerons sur les méthodes mises en place pour obtenir les données qui seront ensuite exploitées afin de répondre à des questions spécifiques concernant ces groupes. Un résumé graphique des données à disposition est présenté à la Fig.3.

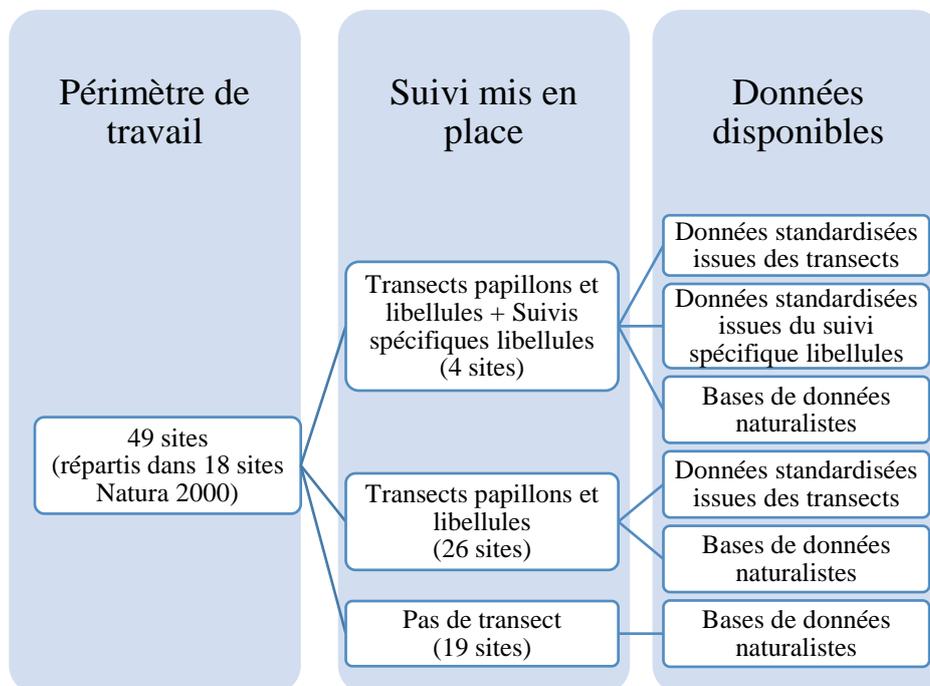


Fig. 3. Résumé des données utilisées dans le cadre des analyses.

Transects (papillons et libellules). Dans le cadre du suivi des populations de papillons de jour (Rhopalocères) et des libellules (Odonates), 39 parcours échantillons (appelés « transects* ») fixes, de longueurs et de durées prédéterminées et proportionnelles à la surface du site inventorié, ont été mis en place dans 30 sites du périmètre de projet (sur les 49 sites concernés par le projet). Le tracé de ces parcours a été étudié afin de traverser les différents types d'habitats favorables aux papillons et libellules et pour évaluer leur réponse face aux travaux de création ou de restauration des milieux ciblés par le projet LIFE Ardenne liégeoise (notamment les tourbières, prairies alluviales et landes sèches et humides). Ces transects ont été parcourus à raison de trois passages par an afin de maximiser les chances d'observer aussi bien les espèces précoces que celles à émergence plus tardive : 1^{er} passage entre le 15 mai et le 15 juin ; 2^{ème} passage entre le 16 juin et le 31 juillet ; 3^{ème} passage entre le 1er août et le 30 septembre. En pratique, il s'est néanmoins avéré difficile de mobiliser suffisamment d'observateurs au moment prévu pour réaliser les trois passages annuels sur chaque site. Les relevés ont eu lieu dans des conditions propices à l'observation des insectes (température supérieure à 13°C, vent faible et ensoleillement important). Les papillons ont été comptés dans une boîte virtuelle de 5 m de côté autour de l'observateur afin de standardiser la distance à laquelle les individus sont identifiés et comptabilisés (Pollard, 1977). Pour les libellules, la méthode consistait à s'arrêter brièvement devant les habitats favorables pour identifier et compter tous les individus observés. Pour certaines espèces abondantes (certaines demoiselles ou *Sympetrum danae*), une estimation du nombre d'individus observés a été renseignée. À noter qu'au sein d'un site, les suivis de papillons ont été couplés aux relevés de libellules dans un but d'optimisation du temps de travail. Cette méthode de suivi par transect a principalement été réalisée par les membres de l'équipe LIFE.

Suivis spécifiques (libellules). En complément des transects présentés ci-dessus, des relevés spécifiques visant les libellules ont également été mis en place sur quatre sites afin de suivre la dynamique de colonisation des nouveaux plans d'eau de manière plus précise. Ces relevés, d'une durée fixe de 30 minutes, ont été réalisés dans des conditions similaires (température, périodes de relevés, ...) aux relevés de type « transect ». Le suivi et l'encodage des données ont été faits à l'échelle du plan d'eau afin de pouvoir apprécier l'évolution dans le temps de la diversité et de l'abondance en libellules. Au total, 19 plans d'eau ont été suivis au moins une année entre 2016 et 2019 (Tableau 1). Les plans d'eau suivis comprenaient des aménagements favorables aux libellules créés dans le cadre du projet LIFE (digues et bassins de décapage), ainsi que deux plans d'eau anciens déjà existants qui ont servi de référence par rapport aux aménagements. A nouveau, ce type de suivi a été réalisé par les membres de l'équipe LIFE ainsi que par David Kever (DEMNA).

Site	Type de plan d'eau	Nombre de plans d'eau suivis	Année(s) de suivi
Fagne de Malchamps	Ancien plan d'eau	2	2016 à 2019
	Décapage	1	
	Digue	3	
Fagne de Pansire	Digue	5	2016
Pisserotte	Décapage	4	2016 à 2017
	Digue	2	
Fagnes de Stoumont – Extension	Digue	2	2016

Tableau 1: Détails concernant l'échantillonnage des 20 plans d'eau suivis dans le cadre des relevés spécifiques en libellules.

Exploitation des bases de données naturalistes (papillons et libellules). Les suivis par transects et les suivis spécifiques de libellules réalisés par l'équipe LIFE ont été complétés par l'exploitation des données externes encodées dans deux bases de données naturalistes (OFFH et observations.be), disponibles jusqu'en janvier 2019 (données disponibles pour l'année 2018 et les années antérieures). Pour cela, les données géolocalisées dans les 49 sites concernés par le LIFE Ardenne liégeoise, ainsi que celles localisées dans une zone « tampon » de 100 m autour de ces sites, ont été extraites des bases de données. Les données imprécises (par exemple, les données volontairement floutées par l'observateur et donc ramenées au centre de carrés UTM), renseignées comme incertaines ou pour lesquelles le taxon se référait uniquement à un nom de genre (par exemple, *Aeshna* sp. ou *Pieris* sp.) n'ont pas été prises en compte. Enfin, les observations collectées de manière opportuniste (dans des sites pour lesquels aucun transect fixe n'a été mis en place) par les membres de l'équipe LIFE Ardenne liégeoise ont également été intégrées.

Jeux de données utilisés pour les analyses

Entre 2012 et 2019, les suivis par transects et les données collectées de manière plus opportuniste par les membres de l'équipe LIFE Ardenne liégeoise ont permis la récolte de 1829 données de libellules et de 1743 données de papillons de jour. Dans le cadre de cet article, une donnée* est définie comme la présence d'une espèce, à une date donnée dans un site donné. Ainsi, plusieurs observations d'une même espèce à une même date dans un même site sont donc considérées comme une seule donnée. La contribution des données LIFE Ardenne liégeoise à l'ensemble des données d'odonates et de papillons de jour récoltées sur le périmètre de projet est importante, puisqu'elle varie annuellement entre 14,6% et 58,9% (46% en moyenne) pour les libellules et entre 3,3% et 50,5% (31,7% en moyenne entre 2012 et 2018) pour les papillons. Par ailleurs, les suivis spécifiques (inventaires à l'échelle de la mare) ont généré 452 données supplémentaires de libellules.

Thèmes abordés et traitement préliminaire des données

Ces données, tant celles collectées par l'équipe LIFE que celles externes à l'équipe, ont été utilisées pour répondre à différentes questions reprises au sein de quatre thèmes principaux :

- L'évolution de la diversité spécifique en libellules et papillons ;
- L'évolution de la répartition des espèces de libellules et de papillons typiques des plateaux ardennais ;
- La comparaison de l'abondance en libellules sur les plans d'eau anciens et nouvellement créés ;
- La tendance des espèces de papillons typiques des fonds de vallées ardennais.

Ces thèmes, ainsi que les échelles spatiales et les données utilisées qui y sont associés, sont synthétisés dans le Tableau 2.

Thème 1 : Evolution de la diversité spécifique en libellules et papillons.

L'évolution de la richesse spécifique à l'échelle du périmètre de projet* (c'est-à-dire le nombre total d'espèces observées) a été évaluée séparément pour les libellules et pour les papillons. Pour cela, nous avons définis deux périodes* d'intérêt : la période 1, comprise entre 2006 et 2014, et la période 2, comprise entre 2015 et 2019. La période 1 (2006-2014) correspond à la période de référence, avant le début des travaux d'envergure réalisés par le projet LIFE Ardenne. En effet, bien que le projet ait commencé en 2012, les premiers travaux importants ont commencé en 2014. La période 2 (2015-2019) correspond donc à la période à partir de laquelle des effets positifs sur les libellules et papillons pouvaient être attendus. La durée de la période de référence (neuf années) a été définie afin d'avoir un nombre de données globalement similaire entre les périodes, reflétant un effort de prospection lui aussi comparable : 2410 données entre 2006 et 2014 et 2090 données entre 2015 et 2019 pour les libellules ; 3259 données entre 2006 et 2014 et 2312 données entre 2015 et 2019 pour les papillons.

Les travaux de restauration écologique n'ont pas impliqué la création de plans d'eau dans tous les sites du périmètre de projet. Dès lors, pour les libellules, en plus de quantifier le changement dans la richesse spécifique à l'échelle du périmètre de projet, nous avons également évalué l'évolution de la richesse spécifique pour une sélection de 20 sites où les travaux de restauration hydrique ou de création de plans d'eau ont été les plus importants. Cela nous permet de mieux appréhender l'effet de la création (ou de la restauration) de plans d'eau sur la richesse spécifique en libellules. L'effort d'échantillonnage entre 2006 et 2019 pour cette sélection de sites peut être appréhendé au moyen du nombre de visites ayant généré au moins une donnée de libellule. Le Tableau 3 reprend, par année, ce nombre de visites pour chaque site.

Thème traité	Groupe étudié	Echelle spatiale considérée	Données utilisées
Thème 1 : Evolution de la diversité spécifique	Libellules	Périmètre de projet (49 sites) 20 sites avec travaux hydriques importants	Transects libellules + Suivis spécifiques libellules + Bases de données
	Papillons	Périmètre de projet (49 sites)	Transects papillons + Bases de données
Thème 2 : Evolution de la répartition des espèces typiques des plateaux ardennais et des espèces pionnières	Libellules	Périmètre de projet (49 sites) 20 sites avec travaux hydriques importants	Transects libellules + Suivis spécifiques libellules + Bases de données
	Papillons	Périmètre de projet (49 sites)	Transects papillons + Bases de données
Thème 3 : Comparaison de l'abondance en libellules sur les plans d'eau anciens et nouvellement créés	Libellules	2 plans d'eau anciens et 3 digues du site de Malchamps	Suivis spécifiques libellules
Thème 4 : Tendance des espèces de papillons typiques des fonds de vallées ardennaises	Papillons	Périmètre de projet (49 sites)	Transects papillons + Bases de données
		Sites avec au moins 4 années d'observations d'espèces-cibles entre 2012 et 2019	

Tableau 2: Détail des thèmes principaux traités dans les analyses.

Site	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total par site
Au Rosier & Genève de Cour			1								1	1		4	7
Chavanne						1	1	2	1			2	2	3	12
Chifontaine		2	1	5	3	1	1	3	1	2	2	5	10	3	39
Fagne de Crépale		2	4	1		1	2	1					2	3	16
Fagne de Grand Biseu				1									2	4	7
Fagne de Pansire									1	3	4	3	3	2	16
Fagne de Stavelot								3	2				2	5	12
Fagne James				1							1		2	1	5
Fagnes de Stoumont - Extension		2					1	3			2	3	4	2	17
Grande Fange & Sacrawé	6	5	9	16	27	19	23	16	16	23	21	24	19	6	230
Les Gottais & Noir Ru							1	1	1		2	6	7	3	21
Malchamps	10	22	20	18	13	6	15	18	14	10	14	13	17	7	197
Malchamps - Extension Martens								2		2			2	2	8
Mardelles d'Arbrefontaine		1		1	1	1	1	1			2	1	5	3	17
Pisserotte			1	5	2		1	2	2	1	4	3	3	6	30
Quatre-Vents					1			1	3	2	4	7	4	2	24
Ruisseau de la Sawe										1	1	3	2	3	10
Ruisseau du Taureau											1		3	1	5
Tapeu														3	3
Tourbière de Solwaster	4	6	8	2	7		5	2	6	2	2	2	3	3	52
Total par année	20	40	44	50	54	29	51	55	47	46	61	73	92	66	728

Tableau 3 : Effort d'échantillonnage sur la sélection de 20 sites étudiés de manière plus précise concernant la richesse spécifique en Odonates. Les nombres correspondent aux visites (toutes sources confondues) ayant généré au moins une donnée de libellule.

Thème 2 : Evolution de la répartition des espèces de libellules et de papillons pionnières ou typiques des plateaux ardennais

Les travaux de restauration écologique entrepris par le projet LIFE Ardenne liégeoise ont permis la création de nouveaux habitats dont certains initialement peu colonisés par la végétation. On peut donc s'attendre à ce que ces milieux soient colonisés par des espèces dites pionnières et notamment par les libellules *Libellula depressa* et *Ischnura pumilio* en ce qui concerne les milieux aquatiques. L'évolution de la répartition de ces espèces a été évaluée en comparant le nombre de sites du périmètre de projet (49 sites au total) occupés par ces espèces durant les périodes 1 et 2.

Dans le cadre du projet LIFE Ardenne liégeoise, les espèces de libellules spécialistes des tourbières (espèces tyrphophiles*, tyrphobiontes* ou des eaux courantes de tourbières) constituaient une cible prioritaire des actions de restauration. En Wallonie, huit espèces sont considérées comme typiques des tourbières (catégories TO et CT du Tableau 4) ; *Aeshna juncea*, *Aeshna subarctica*, *Coenagrion hastulatum*, *Leucorrhinia dubia*, *Leucorrhinia rubicunda*, *Orthetrum coerulescens*, *Somatochlora arctica* et *Sympetrum danae* (Fig. 4A-C). Nous avons tout d'abord comparé le nombre d'espèces de tourbière observées par site entre les périodes 1 (2006-2014) et 2 (2015-2019), pour les 20 sites où les travaux de restauration hydrique et de création de plans d'eau ont été les plus importants. Ensuite, l'évolution de la répartition de ces espèces a été évaluée de manière plus globale en comparant le nombre de sites du périmètre de projet occupés par ces espèces durant les périodes 1 et 2. Le statut

de *Leucorrhinia pectoralis* (Fig. 4D) sera également abordé, cette espèce pouvant être considérée comme remarquable puisqu'elle fait partie des espèces reprises dans la Directive européenne « Faune-Flore-Habitat ».

Enfin, nous avons sélectionné 10 espèces de papillons typiques des plateaux et fonds de vallées ardennais (Fig. 5), qui constituaient les cibles des travaux de restauration : *Argynnis aglaja*, *Boloria aquilonaris*, *Boloria eunomia*, *Callophrys rubi*, *Carterocephalus palaemon*, *Erebia medusa*, *Lycaena helle*, *Lycaena hippothoe*, *Melitaea athalia* et *Pyrgus malvae*. L'évolution de la répartition de ces espèces-cibles a été évaluée en comparant le nombre de sites du périmètre de projet occupés par ces espèces durant les périodes 1 et 2.



Fig. 4: Quelques espèces de libellules typiques des plateaux ardennais. (A) Aeshne des joncs (*Aeshna juncea*) ; (B) Leucorrhine douteuse (*Leucorrhinia dubia*) ; (C) Orthétrum bleissant (*Orthetrum coerulescens*) et (D) Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*). Photos Aurélien Kaiser

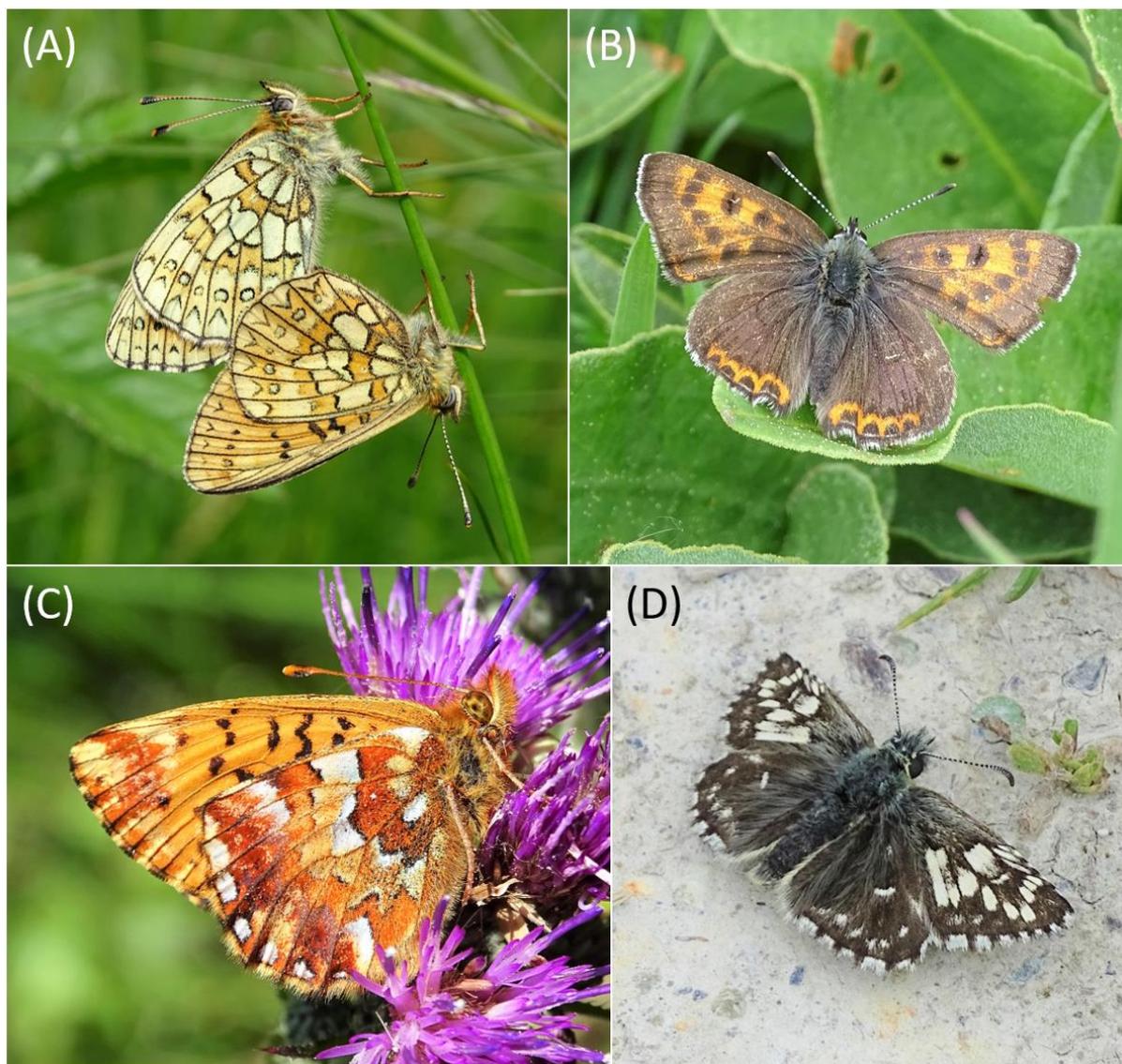


Fig. 5: Quelques espèces de papillons typiques des plateaux et fonds de vallées ardennais. (A) Nacré de la bistorte (*Boloria eunomia*) ; (B) Cuivré de la bistorte (*Lycaena helle*) ; (C) Nacré de la canneberge (*Boloria aquilonaris*) et (D) Hespérie de la mauve (*Pyrgus malvae*, ici de la forme *taras*). Photos Aurélien Kaiser

Thème 3 : comparaison de l'abondance en libellules sur les plans d'eau anciens et nouvellement créés

Les données de libellules récoltées dans le cadre des suivis spécifiques par mare (Tableau 1) ont été exploitées dans le but de comparer l'abondance des odonates sur des plans d'eau « anciens » et des plans d'eau nouvellement créés. Cependant, au vu de la répartition inégale des données et des types de plans entre les sites, nous avons choisi de restreindre l'analyse au seul site de Malchamps. De plus, nous avons choisi de ne pas inclure le plan d'eau de type « décapage » dans ces analyses, puisqu'un seul aménagement de ce type a été suivi (voir Tableau 1). L'analyse portera donc sur les deux plans d'eau « anciens » et trois digues créées dans le cadre du projet ; tous ces sites ont été inventoriés chaque année entre 2016 et 2019. Afin d'étudier les effets du type de plan d'eau sur l'abondance, d'autres étapes de préparation du jeu de données ont été nécessaires : (1) pour les observations se référant à des couples, le nombre d'individus renseignés a été doublé ; (2) lorsque plusieurs encodages d'une même espèce à une même date sur un plan d'eau et par le même observateur étaient renseignés, ceux-ci ont été sommés ; (3) après cette première simplification, lorsqu'une espèce a été observée sur un même plan d'eau à plusieurs dates au sein d'une même année, seule l'observation renseignant le plus grand nombre d'individus a été retenue. La conséquence de ce traitement des données est que chaque espèce est représentée une seule fois par an et par plan d'eau dans le jeu de données (nombre maximal observé sur l'année sur un plan d'eau donné). L'analyse de l'abondance (par espèce) a été réalisée au moyen de modèles de Poisson mixtes

(fonction de lien *log*). Les facteurs « Année », « Type de plan d'eau » et leur interaction étaient les variables explicatives, et l'identifiant unique attribué à chaque plan d'eau a été inclus comme facteur aléatoire pour tenir compte de la répétition des comptages sur les mêmes plans d'eau et éviter la « pseudoréplication ». On considérera un effet comme statistiquement significatif lorsque la P-valeur associée à un effet sera inférieure ou égale à 0,05.

Thème 4 : Tendances des espèces de papillons typiques des fonds de vallées ardennaises

Enfin, pour les papillons, nous avons identifié quatre espèces-cibles de papillons pour lesquelles le nombre de sites occupés était stable ou avait diminué entre les périodes 1 et 2 (*Lycaena helle* et *L. hippothoe*, *Boloria eunomia* et *B. aquilonaris*). En complément de l'évolution du nombre de sites occupés par ces espèces, nous avons cherché comment avait changé la tendance de ces espèces à une échelle temporelle plus fine, entre le début et la fin du projet. Pour cela, trois « indices » ont été calculés : (1) l'évolution du nombre de sites occupés annuellement depuis 2012 (année de début du projet LIFE Ardenne liégeoise) ; (2) l'évolution annuelle du nombre maximal d'individus observés à l'échelle du périmètre de projet ; (3) pour les sites où ces espèces-cibles ont été observées au moins quatre années entre 2012 et 2019, l'évolution du nombre maximal d'individus observés par site, chaque site étant considéré ici individuellement. Pour les points (2) et (3), nous n'avons pas pris en compte les données se rapportant à une période d'observation de plus d'un jour (l'encodage dans la base de données OFFH permettant d'encoder des inventaires s'étant déroulés sur plusieurs jours). Ces dernières données (N = 39 observations) se référaient généralement à des estimations de taille de population par capture-marquage-recapture dans le cadre de projets de recherche menés par l'UCLouvain sur les dynamiques de métapopulations de *L. helle* et *B. aquilonaris* et *B. eunomia* (voir par exemple Dubois, 2018). Ces inventaires par captures n'étant disponibles que pour quelques sites et la méthodologie employée pour ces relevés étant différente des méthodes d'observation « classiques », nous ne les incluons pas dans les analyses présentées ici. Une fois ces données exclues, nous avons sommé les nombres de papillons observés à une même date, sur un même site et par un même observateur. Cette opération a été réalisée car certaines applications naturalistes de géolocalisation (par exemple, ObsMapp) permettent de renseigner les papillons observés au fur et à mesure du parcours de l'observateur. Dans les bases de données, cela peut donc entraîner une multiplication des observations au sein d'un site pour une date donnée. Chaque année, l'observation renseignant le nombre le plus élevé d'individus pour chaque site a été conservée et a été utilisée comme proxy pour la taille de population sur ce site (peak counts – voir par exemple Bried & Pellet, 2012). Pour l'analyse du point (2), une analyse visuelle basée sur l'inspection des boîtes à moustaches (*boxplots*) a été utilisée pour évaluer l'évolution du nombre maximal d'individus observés à l'échelle du périmètre de projet. Dans ce cadre, chaque site a été traité comme une répétition indépendante, sans tenir compte de l'autocorrélation spatiale qui pourrait exister entre les sites. Pour l'analyse du point (3), nous avons utilisé une corrélation de Pearson visant à évaluer, pour chaque site, la relation entre l'année d'observation et le nombre maximal de papillons renseigné. La tendance a été considérée comme positive lorsque la valeur du coefficient de Pearson était supérieure ou égale à 0,6. À l'opposé, la tendance a été considérée comme négative lorsque cette valeur était inférieure ou égale à -0,6. Entre ces deux valeurs, la tendance a été considérée comme stable.

Résultats

Libellules

Evolution de la richesse spécifique. À l'échelle du périmètre de projet, on note une légère diminution de la richesse spécifique globale pour les libellules. Le nombre d'espèces observées est passé de 47 durant la période 1 (2006-2014) à 41 durant la période 2 (2015-2019) (Tableau 4). Cette diminution apparente est due à la diminution du nombre d'espèces ubiquistes* (diminution de 35 à 29 espèces), alors que le nombre d'espèces qualifiées de rhéophiles* (i.e. espèces fréquentant préférentiellement les eaux courantes) et le nombre d'espèces spécialistes des tourbières restent stables. Les espèces n'ayant pas été ré-observées durant la période 2015-2019 incluent *Ceriatagrion tenellum*, *Erythromma najas*, *Erythromma viridulum*, *Gomphus pulchellus*, *Anax ephippiger*, *Lestes barbarus*, *Sympetma fusca* et *Sympetrum flaveolum*. Parmi ces huit espèces, quatre n'avaient été observées qu'une seule fois durant la période 2006-2014 (*C. tenellum*, *A. ephippiger*, *S. fusca* et *S. flaveolum*). Simultanément, deux espèces ont fait leur apparition dans le périmètre : *Brachytron pratense* (1 observation) et *Sympetrum fonscolombii* (6 observations).

Le même exercice de comparaison de la richesse spécifique en libellules pour les 20 sites sur lesquels des travaux importants de restauration hydrique et de création de plans d'eau ont été réalisés permet d'identifier 3

groupes de sites (Fig. 6). Le premier groupe reprend trois sites (Grande Fange de Bihain, Fagne de Malchamps et Tourbière de Solwaster) pour lesquels la diversité spécifique enregistrée durant la période de référence, avant travaux (2006-2014), était importante (>25 espèces). Pour ces sites, la diversité spécifique diminue sensiblement durant la période 2, après travaux (2015-2019). Le second groupe reprend les sites pour lesquels la diversité spécifique était initialement faible à moyennement élevée (richesse supérieure à 5 espèces, mais inférieure à 20 espèces ; 9 sites). Au sein de ce groupe, la diversité spécifique augmente pour tous les sites, dans des proportions variées, à l'exception d'un site (Mardelles d'Arbrefontaine) où elle est stable entre les deux périodes. Enfin, le troisième groupe reprend les sites pour lesquels l'offre en termes d'habitats favorables aux libellules était très faible, voire inexistante au début du projet. Le nombre d'espèces enregistré entre 2006-2014 y était donc très réduit (<5 espèces ; 8 sites). Après travaux, le nombre d'espèces a très fortement augmenté sur ces derniers sites pour atteindre une moyenne de 14 espèces.

À l'échelle du périmètre, 10 espèces menacées (statut « Vulnérable » ou « En danger » selon la liste rouge des libellules de Wallonie révisée en 2021 (Motte et al., 2021) ont été observées tant durant la période 2006-2014 que durant la période 2015-2019. Une espèce appartenant à la liste rouge n'a pas été ré-observée (*Ceriagrion tenellum*) et une espèce a fait son apparition (*Brachytron pratense*), mais il s'agit vraisemblablement de visiteurs occasionnels (une observation chaque fois).

Progression des espèces spécialistes de tourbières. Les 8 espèces typiques des tourbières (*Aeshna juncea*, *Aeshna subarctica*, *Coenagrion hastulatum*, *Leucorrhinia dubia*, *Leucorrhinia rubicunda*, *Orthetrum coerulescens*, *Somatochlora arctica* et *Sympetrum danae*) ont toutes été notées dans le périmètre de projet, autant durant la période 2006-2014 que durant la période 2015-2019.

La Fig. 7 montre le nombre d'espèces de tourbière observées par site pour les périodes 2006-2014 et 2015-2019, pour la sélection des 20 sites où des travaux hydriques ont été entrepris. Durant la période 2006-2014, sept de ces sites n'abritaient aucune espèce de tourbière et trois en abritaient une seule, ce qui montre que la majorité des sites sur lesquels des aménagements de plans d'eau ont été entrepris étaient initialement (très) pauvres en espèces de tourbières. Après la fin des travaux de restauration, tous les sites abritaient au moins une espèce de tourbière, ce nombre variant entre 1 et 8 (valeur dominante : 3). Il était possible d'observer l'ensemble des espèces typiques de tourbières sur un site (Fagne de Malchamps) lors de la période 2015-2019.

Cette progression constatée à l'échelle de cette sélection de 20 sites est également visible à une échelle plus globale : le Tableau 5 reprend le nombre de sites occupés par chaque espèce de tourbières à l'échelle du périmètre de projet (49 sites au total), pour les deux périodes considérées. Six espèces (*Aeshna juncea*, *Coenagrion hastulatum*, *Leucorrhinia dubia*, *Leucorrhinia rubicunda*, *Orthetrum coerulescens* et *Sympetrum danae*) ont été détectées dans un nombre de sites plus important par rapport à la période de référence, tandis que le nombre de sites occupés par les deux autres espèces (*Somatochlora arctica* et *Aeshna subarctica*) est resté stable. Pour la majorité des espèces, des extinctions locales apparentes sont néanmoins notées.

Progression des espèces pionnières et le cas de *Leucorrhinia pectoralis*. Les espèces pionnières ont également largement bénéficié de la création de nouveaux plans d'eau (sur 24 des 49 sites concernés par le projet), comme en attestent les progressions de *Libellula depressa* et *Ischnura pumilio* (Tableau 5).

Le cas de *Leucorrhinia pectoralis* est plus complexe. Cette espèce est d'abord observée en 2010 sur un site du Plateau des Tailles (Grande Fange de Bihain), puis à nouveau au même endroit en 2012. Les années suivantes, les observations et les sites où l'espèce est observée se multiplient (Fig. 8). Les effectifs varient fortement d'une année à l'autre (maximum sept individus observés simultanément sur un même site) et les observations se concentrent principalement les années paires, surtout en 2012 et 2018, années d'afflux de leucorrhines (Goffart et al., 2012 ; Motte, 2019). Sur les 25 observations renseignées depuis 2010, 15 concernaient des individus uniques et seule une observation mentionnait explicitement la présence de femelles. À noter que seuls deux sites sont fréquentés plusieurs années, ce qui conduit à une augmentation constante du nombre de sites cumulés où est contactée l'espèce. Ainsi, entre 2010 et 2019, 14 sites avaient fait l'objet d'au moins une donnée de *L. pectoralis*.

Comparaison de l'abondance en odonates sur les plans d'eau anciens et nouvellement créés. De manière globale, l'abondance en odonates sur les plans d'eau était plus importante en 2017 que lors des autres années. À noter qu'en 2018 et 2019, de nombreuses digues étaient presque ou totalement à sec lors des passages de juillet et septembre (David Kever, comm. pers.), ce qui explique au moins partiellement l'abondance faible lors de ces deux années de relevés. Même si l'abondance totale apparaît comme légèrement supérieure sur les digues pour les quatre années considérées ici (Fig. 9A), aucun effet global du type de plan d'eau n'a été détecté ($\chi^2_1 = 1.44$; $P = 0.23$). L'effet d'interaction Année \times Type de plan d'eau est, lui, significatif statistiquement ($\chi^2_2 = 13.04$; $P =$

0.005), ce qui indique que la différence d'abondance entre les digues et les plans d'eau anciens varie en fonction des années.

En restreignant l'analyse aux anisoptères spécialistes de tourbières les plus exigeants observés dans le cadre de ces relevés détaillés (*Aeshna juncea*, *Leucorrhinia dubia* et *Orthetrum coerulescens*), on observe que ces espèces sont plus abondantes sur les plans d'eau anciens (effet « type de plan d'eau » : $\chi^2_1 = 44.97$; $P < 0.001$) (Fig. 9D). A l'opposé, deux espèces à tendance généraliste/pionnière (*Sympetrum danae* et *Libellula quadrimaculata*) sont présentes en nombres plus élevés sur les digues (effet « type de plan d'eau » – *S. danae* : $\chi^2_1 = 4.23$; $P = 0.04$ – *L. quadrimaculata* : $\chi^2_1 = 32.76$; $P < 0.001$) (Fig. 9B & C). La différence entre les deux types de plans d'eau pour ces deux espèces semble néanmoins se réduire progressivement au cours du temps (interaction Année \times Type de plan d'eau statistiquement significative pour les deux espèces à $P = 0.05$).

Espèce	Statut LR	Distribution	Groupe écologique	Présence 2006-2014	Présence 2015-2019
<i>Aeshna cyanea</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Aeshna grandis</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Aeshna juncea</i>	NT	Holarctique	TO	X	X
<i>Aeshna mixta</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Aeshna subarctica</i>	EN	Euro-sibérienne	TO	X	X
<i>Anax ephippiger</i>	NE	Afro-tropicale	UB	X	
<i>Anax imperator</i>	LC	Afro-européenne	UB	X	X
<i>Brachytron pratense</i>	NT	Pan ouest-paléarctique	UB		X
<i>Calopteryx splendens</i>	LC	Euro-sibérienne	CO	X	X
<i>Calopteryx virgo</i>	LC	Euro-sibérienne	CO	X	X
<i>Ceragrion tenellum</i>	LC	Ibéro-atlantique	UB	X	
<i>Coenagrion hastulatum</i>	VU	Euro-sibérienne	TO	X	X
<i>Coenagrion puella</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Coenagrion pulchellum</i>	EN	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Coenagrion scitulum</i>	LC	Holoméditerranéenne à expansion atlantique	UB	X	X
<i>Cordulegaster boltonii</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	CO	X	X
<i>Cordulia aenea</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Crocothemis erythraea</i>	LC	Afro-européenne	UB	X	X
<i>Enallagma cyathigerum</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Erythromma najas</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	
<i>Erythromma viridulum</i>	LC	Subméditerranéenne	UB	X	
<i>Gomphus pulchellus</i>	LC	Ibéro-atlantique	UB	X	
<i>Ischnura elegans</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Ischnura pumilio</i>	LC	Subméditerranéenne	UB	X	X

<i>Lestes barbarus</i>	LC	Holoméditerranéenne à expansion orientale	UB	X	
<i>Lestes dryas</i>	VU	Holarctique	UB	X	X
<i>Lestes sponsa</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Lestes virens</i>	VU	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Lestes viridis</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Leucorrhinia dubia</i>	NT	Euro-sibérienne	TO	X	X
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	EN	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Leucorrhinia rubicunda</i>	EN	Euro-sibérienne	TO	X	X
<i>Libellula depressa</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Libellula quadrimaculata</i>	LC	Holarctique	UB	X	X
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	CO	X	X
<i>Orthetrum brunneum</i>	LC	Subméditerranéenne	UB	X	X
<i>Orthetrum cancellatum</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Orthetrum coerulescens</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	CT	X	X
<i>Platynemis pennipes</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Somatochlora arctica</i>	VU	Euro-sibérienne	CT	X	X
<i>Somatochlora metallica</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Sympecma fusca</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	
<i>Sympetrum danae</i>	LC	Holarctique	TO	X	X
<i>Sympetrum flaveolum</i>	NE	Euro-sibérienne	UB	X	
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	LC	Afro-européenne	UB		X
<i>Sympetrum sanguineum</i>	LC	Euro-sibérienne	UB	X	X
<i>Sympetrum striolatum</i>	LC	Pan ouest-paléarctique	UB	X	X
<i>Sympetrum vulgatum</i>	VU	Euro-sibérienne	UB	X	X
				47	41

Tableau 4: Liste des espèces de libellules observées sur le périmètre de projet durant la période 1 (2006-2014) et la période 2 (2015-2019). Pour chaque espèce, le statut selon la liste rouge (LR) wallonne de 2021, le pattern de distribution en Europe (Boudot et al., 2017), le groupe écologique (UB = ubiquiste ; TO = tyrrophile/tyrphobionte ; CO = eaux courantes ; CT = eaux courantes des tourbières – Goffart et al., 2006) et la présence durant les deux périodes sont indiqués

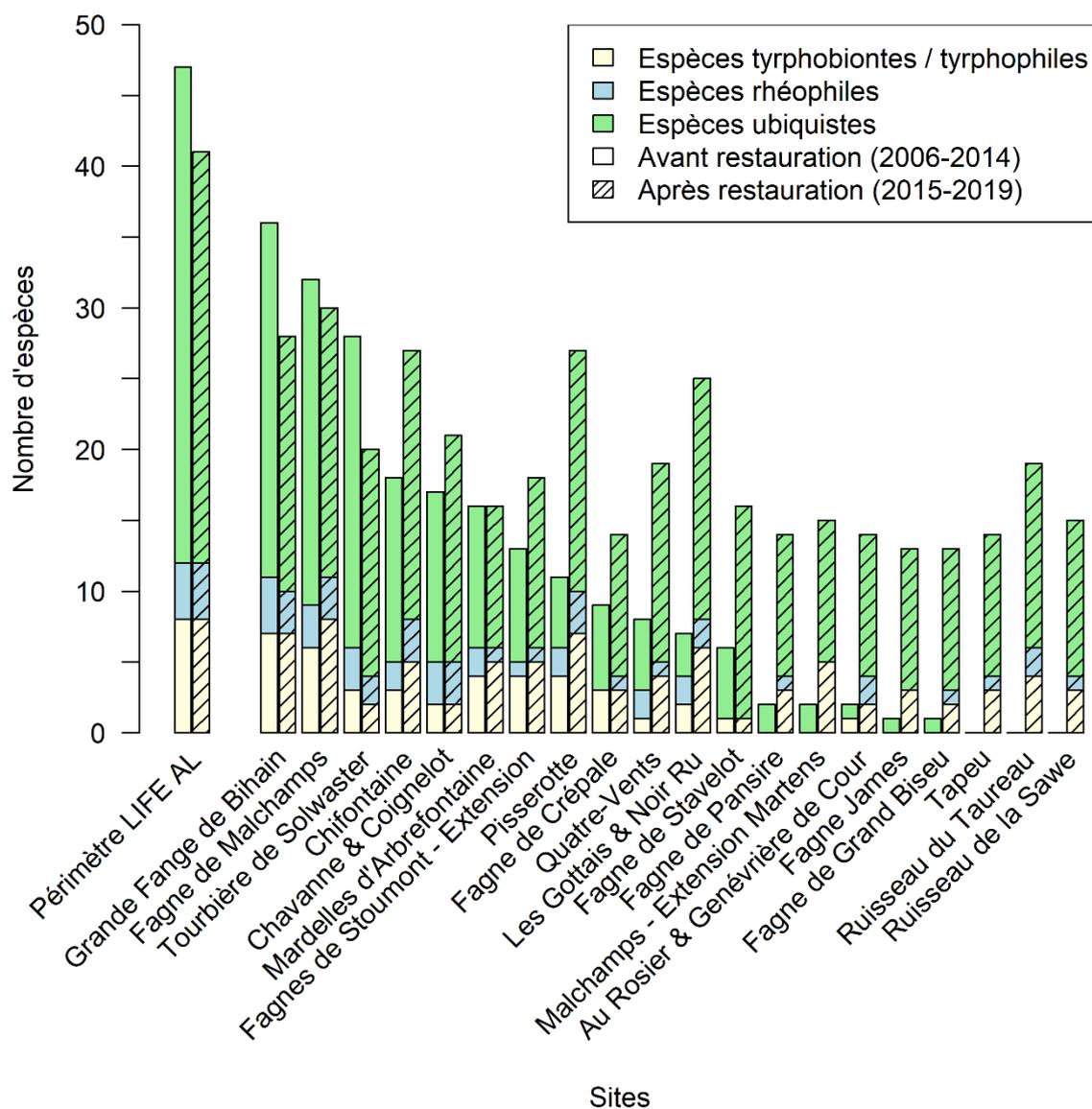


Fig. 6: Évolution de la richesse spécifique en libellules entre les périodes 2006-2014 et 2015-2019, pour l'ensemble du périmètre de projet (Périmètre LIFE AL) et pour la sélection de 20 sites où ont été réalisés des travaux hydriques importants. Chaque espèce est classée dans un des grands groupes écologiques (voir Tableau 4).

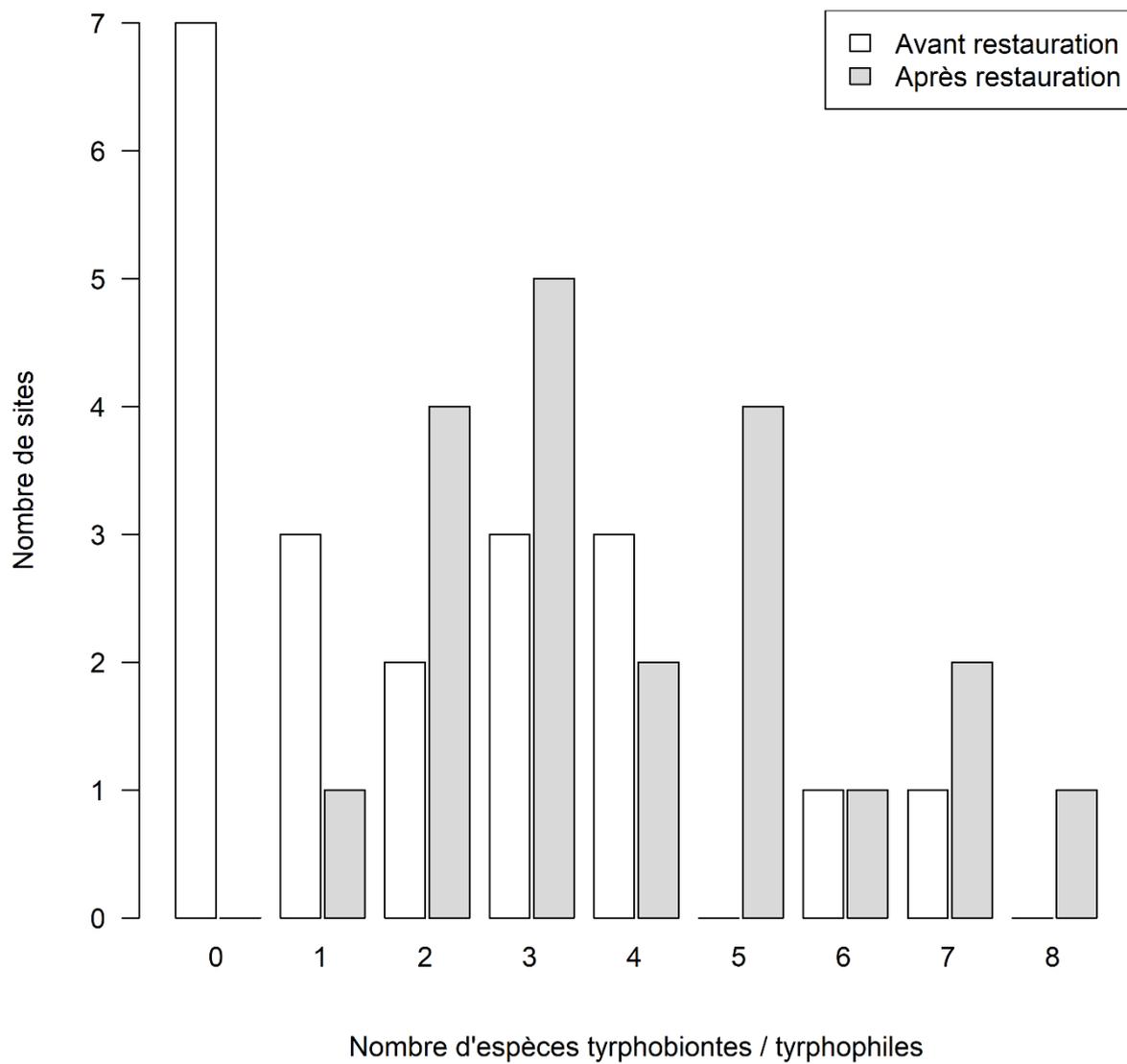


Fig. 7: Distribution de fréquence des nombres d'espèces de libellules de tourbières (N = 8) avant et après restauration dans les 20 sites préalablement sélectionnés.

Espèce	Occupation 2006-2014	Occupation 2015-2019	Non retrouvée 2015-2019	Nouvellement observée 2015-2019	Différence
Espèces de tourbières					
<i>Aeshna juncea</i>	13	24	3	14	+ 11
<i>Aeshna subarctica</i>	1	1	0	0	0
<i>Coenagrion hastulatum</i>	2	6	0	4	+ 4
<i>Leucorrhinia dubia</i>	7	14	2	9	+ 7
<i>Leucorrhinia rubicunda</i>	1	5	0	4	+ 4
<i>Orthetrum coerulescens</i>	8	14	2	8	+ 6
<i>Somatochlora arctica</i>	6	6	1	1	0
<i>Sympetrum danae</i>	19	27	3	11	+ 8
Espèces pionnières					
<i>Ischnura pumilio</i>	3	11	1	9	+ 8
<i>Libellula depressa</i>	21	35	6	20	+ 14

Tableau 5: Nombre de sites occupés par les espèces de libellules de tourbières et pionnières pour les périodes 2006-2014 et 2015-2019, le nombre de sites où l'espèce n'a pas été retrouvée (2015-2019), où elle a été nouvellement observée (2015-2019) et le bilan global (différence entre les nombres de ces apparitions et disparitions apparentes) entre les deux périodes.

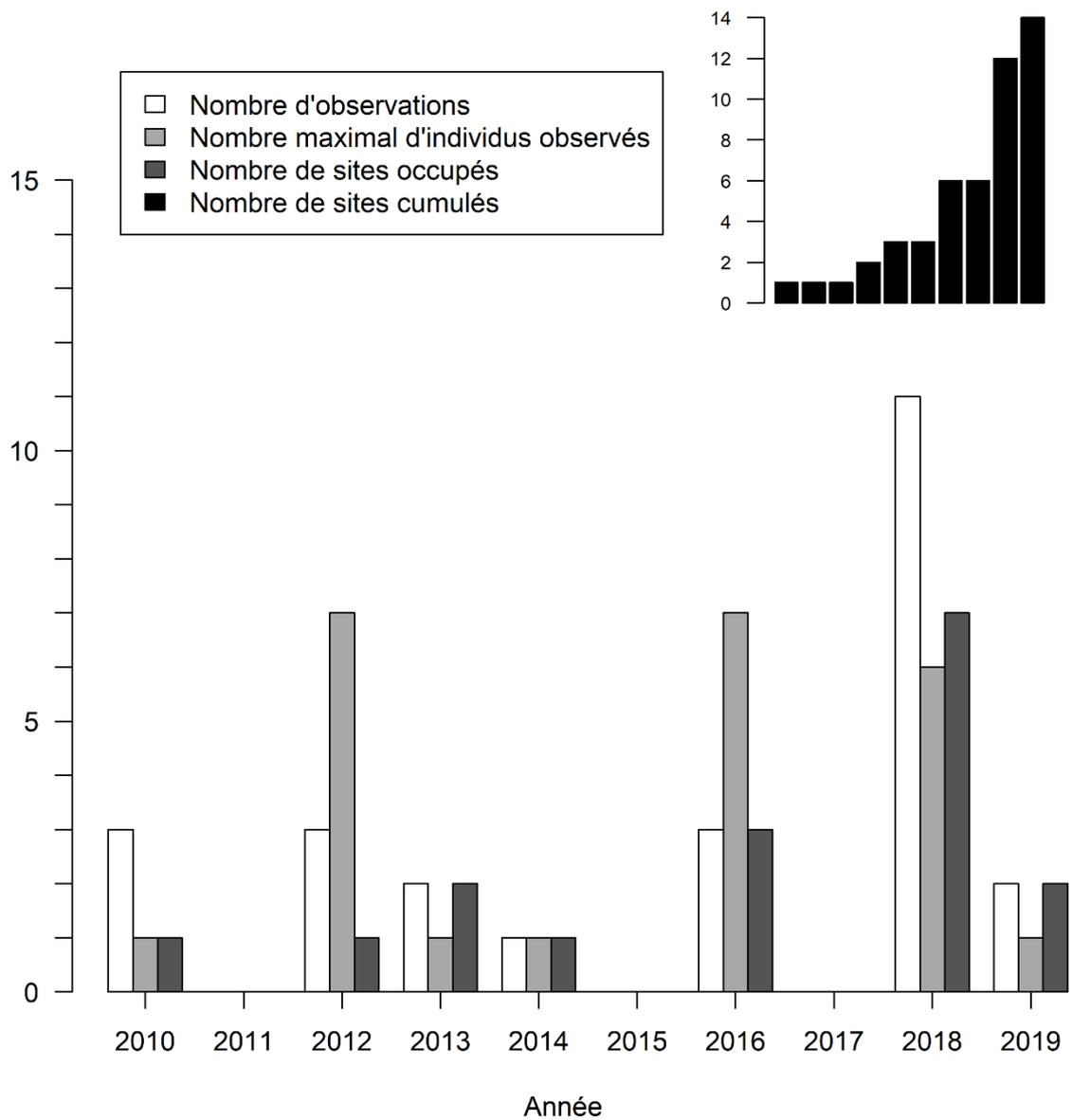


Fig. 8: Graphe récapitulatif des observations de *Leucorrhinia pectoralis* au sein du périmètre de projet. Le nombre d'observations, le nombre maximal d'individus observés simultanément et le nombre de sites occupés sont représentés pour chaque année depuis 2010 (année de la première observation). Le nombre cumulé de sites occupés par l'espèce est représenté dans le coin supérieur droit.

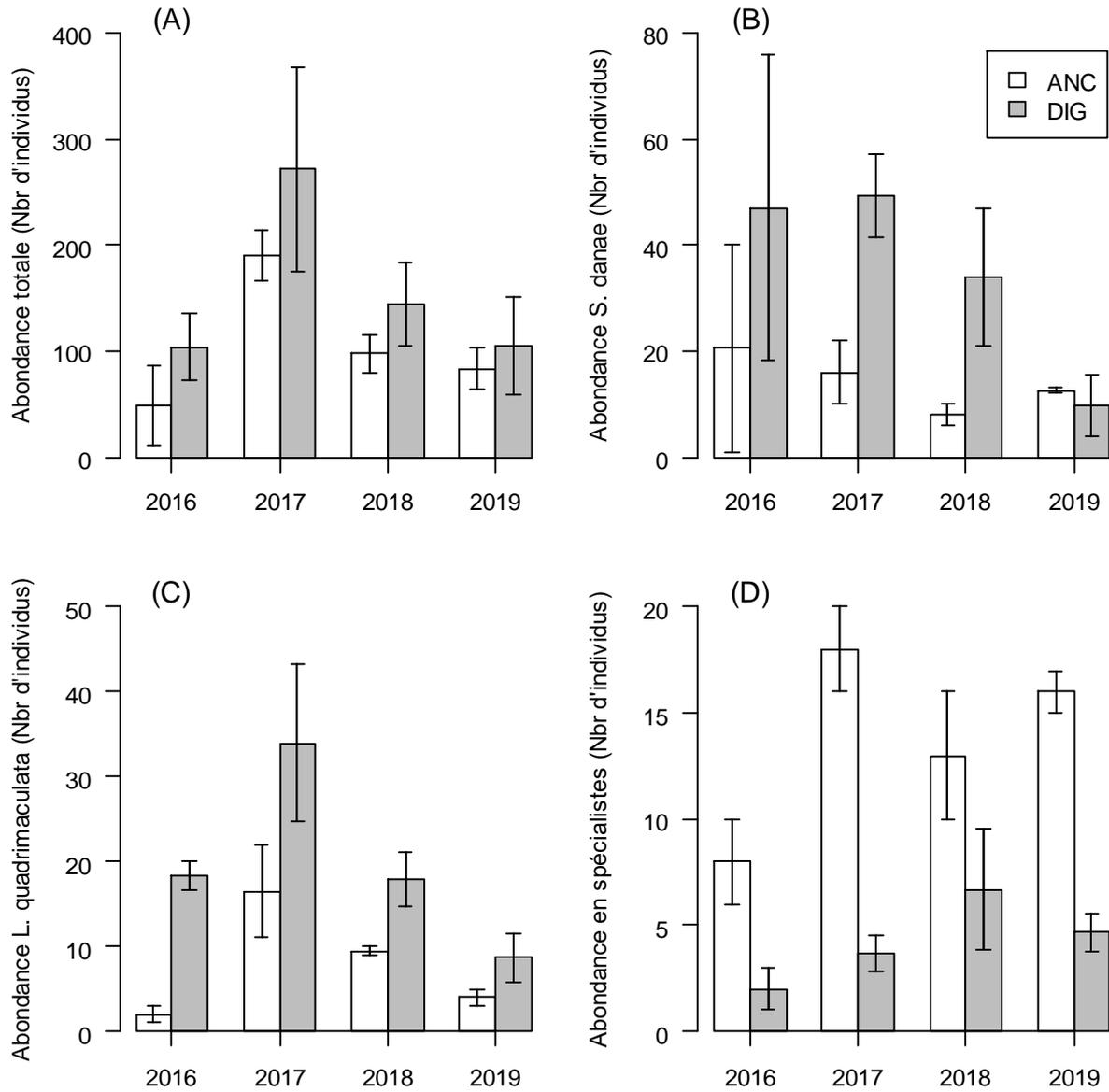


Fig. 9: Comparaison (A) de l'abondance totale en Odonates ; (B) de l'abondance de *Sympetrum danae* ; (C) de l'abondance de *Libellula quadrimaculata* et (D) de l'abondance des Anisoptères spécialistes des tourbières sur les plans d'eau anciens (ANC) et les digues (DIG) entre 2016 et 2019. Chaque barre correspond à la moyenne ± l'écart-type.

Papillons

Evolution de la richesse spécifique. On note une légère diminution de la richesse spécifique globale à l'échelle du périmètre. Le nombre d'espèces observées est passé de 58 durant la période 2006-2014 à 57 durant la période 2015-2019 (Tableau 6). Les espèces n'ayant pas été ré-observées durant la période 2015-2019 incluent le Fadet des tourbières (*Coenonympha tullia*), le Damier de la succise (*Euphydryas aurinia*), le Cuivré des marais (*Lycaena dispar*), l'Argus bleu-nacré (*Lysandra coridon*), le Petit Argus (*Plebeius argus*), l'Amaryllis (*Pyronia tithonus*) et le Thécla du prunier (*Satyrrium pruni*). Parmi ces sept espèces, seules deux (*Coenonympha tullia* et *Euphydryas aurinia*) avaient été observées plus d'une fois durant la période 2006-2014. Simultanément, six espèces ont fait leur apparition dans le périmètre : le Nacré de la ronce (*Brenthis daphne* – 14 observations), la Grisette (*Carcharodus alceae* – 2 observations), l'Azuré du trèfle (*Cupido argiades* – 2 observations), le Petit Nacré (*Issoria lathonia* – 2 observations), la Mélitée du plantain (*Melitaea cinxia* – 1 observation) et la Piéride de l'ibéride (*Pieris mannii* – 1 observation).

Progression des espèces-cibles et patrimoniales. Le Tableau 7 reprend la comparaison du nombre de sites occupés par les principales espèces prioritaires et autres espèces patrimoniales des milieux visés par les actions de restauration entre la période de référence et la période récente. La répartition de la plupart des espèces typiques des prairies humides et lisières forestières et le Nacré de la canneberge (*Boloria aquilonaris*) apparaissent comme globalement stables entre les deux périodes. Malgré cette apparente stabilité, il faut néanmoins noter que ces espèces ont apparemment disparu de certains sites et semblent être apparues dans d'autres. La seule espèce de ce groupe à avoir un bilan globalement négatif est le Cuivré écarlate (*Lycaena hippothoe*). Pour les espèces *Callophrys rubi*, *Carterocephalus palaemon* et *Pyrgus malvae*, le nombre de sites occupés a nettement augmenté entre les deux périodes. Cette progression semble être due à une meilleure détection de ces espèces, notamment grâce aux prospections organisées par l'équipe LIFE durant le pic de la période de vol de ces espèces (mois de mai). En effet, des analyses complémentaires montrent une corrélation positive entre le nombre de sites occupés annuellement par ces espèces et l'effort de prospection par l'équipe LIFE au mois de mai (mesuré par le nombre de données papillons encodées par l'équipe pour le mois de mai).

Tendances des espèces-cibles. Le Cuivré de la bistorte (*Lycaena helle*), le Nacré de la bistorte (*Boloria eunomia*), le Nacré de la canneberge (*Boloria aquilonaris*) et le Cuivré écarlate (*Lycaena hippothoe*) montrent une répartition stable ou en léger déclin (Tableau 7). Pour ces espèces, le nombre de sites occupés annuellement depuis 2012 est présenté au Tableau 8. Pour une espèce donnée, le nombre de sites occupés varie fortement entre années, sans qu'une tendance générale se dégage. Cette variabilité reflète principalement la variabilité interannuelle en terme d'effort d'échantillonnage puisque l'on observe une corrélation positive entre le nombre de sites occupés par ces espèces et l'effort de prospection annuel (mesuré par le nombre de données encodées, toutes sources confondues) (r de Pearson > 0.6 pour ces 4 espèces).

Pour évaluer la tendance générale (à l'échelle du périmètre de projet) de ces espèces en termes d'abondance, nous avons utilisé le nombre maximal d'individus observés par site sur l'ensemble du périmètre de projet entre 2012 et 2019. La tendance générale diffère entre les quatre espèces (Fig. 10). Pour *L. helle* et *B. eunomia*, les effectifs sont globalement stables entre 2012 et 2015 avant de diminuer pour la période 2016-2019. Pour *B. aquilonaris*, les effectifs fluctuent fort et aucune tendance claire ne semble se dégager à ce jour. Dans le cas de *L. hippothoe*, les effectifs semblent augmenter dans les années les plus récentes.

Enfin, l'évolution annuelle du nombre maximal d'individus observés par site est présentée pour *L. helle*, *L. hippothoe* et pour *B. eunomia* (Tableau 9) pour les sites du périmètre de projet ayant été occupés au moins quatre ans durant la période 2012-2019. Sur les cinq sites occupés au moins quatre années par *L. helle*, une diminution des effectifs maximaux est détectée sur quatre sites (Vallée de l'Amblève à Ligneuville, Grande Fange de Bihain, Fange de Pisserotte et Prés de la Lienne). Pour *L. hippothoe*, seule la population présente sur la Fagne de Malchamps montre une tendance à l'augmentation. Enfin, pour *B. eunomia*, une diminution est observée sur un des quatre sites où l'espèce a été enregistrée au moins quatre années (Tourbière de Solwaster).

Espèce	Statut Liste Rouge	Présence 2006-2014	Présence 2015-2019
<i>Aglais urticae</i>	LC	X	X
<i>Anthocharis cardamines</i>	LC	X	X
<i>Apatura ilia</i>	LC	X	X
<i>Apatura iris</i>	LC	X	X
<i>Aphantopus hyperantus</i>	LC	X	X
<i>Aporia crataegi</i>	LC	X	X
<i>Araschnia levana</i>	LC	X	X
<i>Argynnis aglaja</i>	EN	X	X
<i>Argynnis paphia</i>	LC	X	X
<i>Boloria aquilonaris</i>	VU	X	X
<i>Boloria eunomia</i>	VU	X	X
<i>Boloria selene</i>	NT	X	X
<i>Brenthis daphne</i>	NE		X
<i>Brenthis ino</i>	LC	X	X
<i>Callophrys rubi</i>	NT	X	X
<i>Carcharodus alceae</i>	LC		X
<i>Carterocephalus palaemon</i>	LC	X	X
<i>Celastrina argiolus</i>	LC	X	X
<i>Coenonympha pamphilus</i>	LC	X	X
<i>Coenonympha tullia</i>	CR	X	
<i>Colias croceus</i>	NE	X	X
<i>Colias hyale</i>	NE	X	X
<i>Cupido argiades</i>	RE		X
<i>Erebia medusa</i>	VU	X	X
<i>Euphydryas aurinia</i> ^a	CR	X	
<i>Gonepteryx rhamni</i>	LC	X	X
<i>Inachis io</i>	LC	X	X
<i>Issoria lathonia</i>	LC		X
<i>Lasiommata maera</i>	VU	X	X
<i>Lasiommata megera</i>	LC	X	X
<i>Leptidea sp.</i> ^b		X	X
<i>Limenitis camilla</i>	LC	X	X
<i>Lycaena dispar</i> ^a	LC	X	
<i>Lycaena helle</i> ^a	VU	X	X
<i>Lycaena hippothoe</i>	VU	X	X
<i>Lycaena phlaeas</i>	LC	X	X
<i>Lycaena tityrus</i>	LC	X	X
<i>Lysandra coridon</i>	VU	X	
<i>Maniola jurtina</i>	LC	X	X
<i>Melanargia galathea</i>	LC	X	X
<i>Melitaea athalia</i>	VU	X	X
<i>Melitaea cinxia</i>	LC		X
<i>Melitaea diamina</i>	LC	X	X
<i>Neozephyrus quercus</i>	NT	X	X
<i>Nymphalis polychloros</i>	LC	X	X

<i>Ochlodes sylvanus</i>	LC	X	X
<i>Papilio machaon</i>	LC	X	X
<i>Pararge aegeria</i>	LC	X	X
<i>Pieris brassicae</i>	LC	X	X
<i>Pieris mannii</i> ^c			X
<i>Pieris napi</i>	LC	X	X
<i>Pieris rapae</i>	LC	X	X
<i>Plebeius agestis</i>	LC	X	X
<i>Plebeius argus</i>	VU	X	
<i>Polygonia c-album</i>	LC	X	X
<i>Polyommatus icarus</i>	LC	X	X
<i>Polyommatus semiargus</i>	NT	X	X
<i>Pyrgus malvae</i>	VU	X	X
<i>Pyronia tithonus</i>	LC	X	
<i>Satyrrium pruni</i>	LC	X	
<i>Thymelicus lineola</i>	NT	X	X
<i>Thymelicus sylvestris</i>	LC	X	X
<i>Vanessa atalanta</i>	LC	X	X
<i>Vanessa cardui</i>	NE	X	X
Nombre total d'espèces observées :		58	57

^a Ces espèces sont désignées comme espèces Natura 2000.

^b Plusieurs espèces cryptiques du genre *Leptidea* sont observables en Wallonie, mais leur identification requiert l'examen minutieux des génitalia (Mazel, 2012). Par défaut, la plupart des observateurs renseignent leurs observations sous le taxon *Leptidea sinapis* ou *Leptidea sp.* Dans le cadre de cet article, nous considérerons ces différentes observations sous le terme générique *Leptidea sp.*

^c *Pieris mannii* est d'apparition récente en Wallonie, en 2016 (Vantieghem, 2018) et n'a donc pas de statut suivant la Liste Rouge de 2008.

Tableau 6: Liste des espèces de papillons de jour observées sur le périmètre de projet entre 2006 et 2019. Le statut selon la Liste Rouge wallonne de 2008 (Fichefet et al., 2008) est précisé.

Espèce	Occupation 2006-2014	Occupation 2015-2019	Non retrouvée 2015-2019	Nouvellement observée 2015-2019	Différence
<i>Argynnis aglaja</i>	2	2	0	0	0
<i>Boloria aquilonaris</i>	20	19	4	3	- 1
<i>Boloria eunomia</i>	11	10	2	1	- 1
<i>Callophrys rubi</i>	5	19	1	15	+ 14
<i>Carterocephalus palaemon</i>	11	21	3	13	+ 10
<i>Erebia medusa</i>	1	2	0	1	+ 1
<i>Lycaena helle</i>	8	8	2	2	0
<i>Lycaena hippothoe</i>	10	6	6	2	- 4
<i>Melitaea athalia</i>	2	4	1	3	+ 2
<i>Pyrgus malvae</i>	5	12	0	7	+ 7

Tableau 7: Nombre de sites occupés par quelques espèces de papillons emblématiques des milieux ouverts visés par les actions de restauration pour les périodes 2006-2014 et 2015-2019, nombre de sites où l'espèce n'a pas été retrouvée en 2015-2019, où elle a été nouvellement observée en 2015-2019, et bilan entre les deux périodes.

Espèce	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Boloria aquilonaris</i>	12	15	14	11	5	6	13	16
<i>Boloria eunomia</i>	4	5	6	2	3	6	5	7
<i>Lycaena helle</i>	4	5	6	2	1	4	4	6
<i>Lycaena hippothoe</i>	3	5	6	1	2	4	3	4

Tableau 8: Évolution du nombre de sites occupés annuellement par quatre espèces de papillons typiques des tourbières et des prairies humides depuis le début du projet LIFE Ardenne liégeoise.

Site	Tendance ^a
<i>Boloria eunomia</i>	
Amblève à Ligneuville	=
Grande Fange de Bihain	=
Fange de Pisserotte	=
Tourbière de Solwaster	↘
<i>Lycaena helle</i>	
Amblève à Ligneuville	↘
Grande Fange de Bihain	↘
Fange de Pisserotte	↘
Prés de la Lienne	↘
Tourbière de Solwaster	=
<i>Lycaena hippothoe</i>	
Grande Fange de Bihain	=
Fange de Pisserotte	=
Fagne de Malchamps	↗

^a La tendance au sein de chaque site a été déterminée selon la valeur du coefficient de Pearson pour la relation entre l'année d'observation et le nombre maximal de papillons renseigné. La tendance a été considérée comme positive (↗) lorsque la valeur était supérieure ou égale à 0,6. A l'opposé, la tendance a été considérée comme négative (↘) lorsque la valeur du coefficient de corrélation était inférieure ou égale à -0,6. Entre ces deux valeurs, la tendance a été considérée comme stable (=).

Tableau 9: Tendance des espèces de papillons typiques des prairies humides au sein du périmètre de projet entre 2012 et 2019.

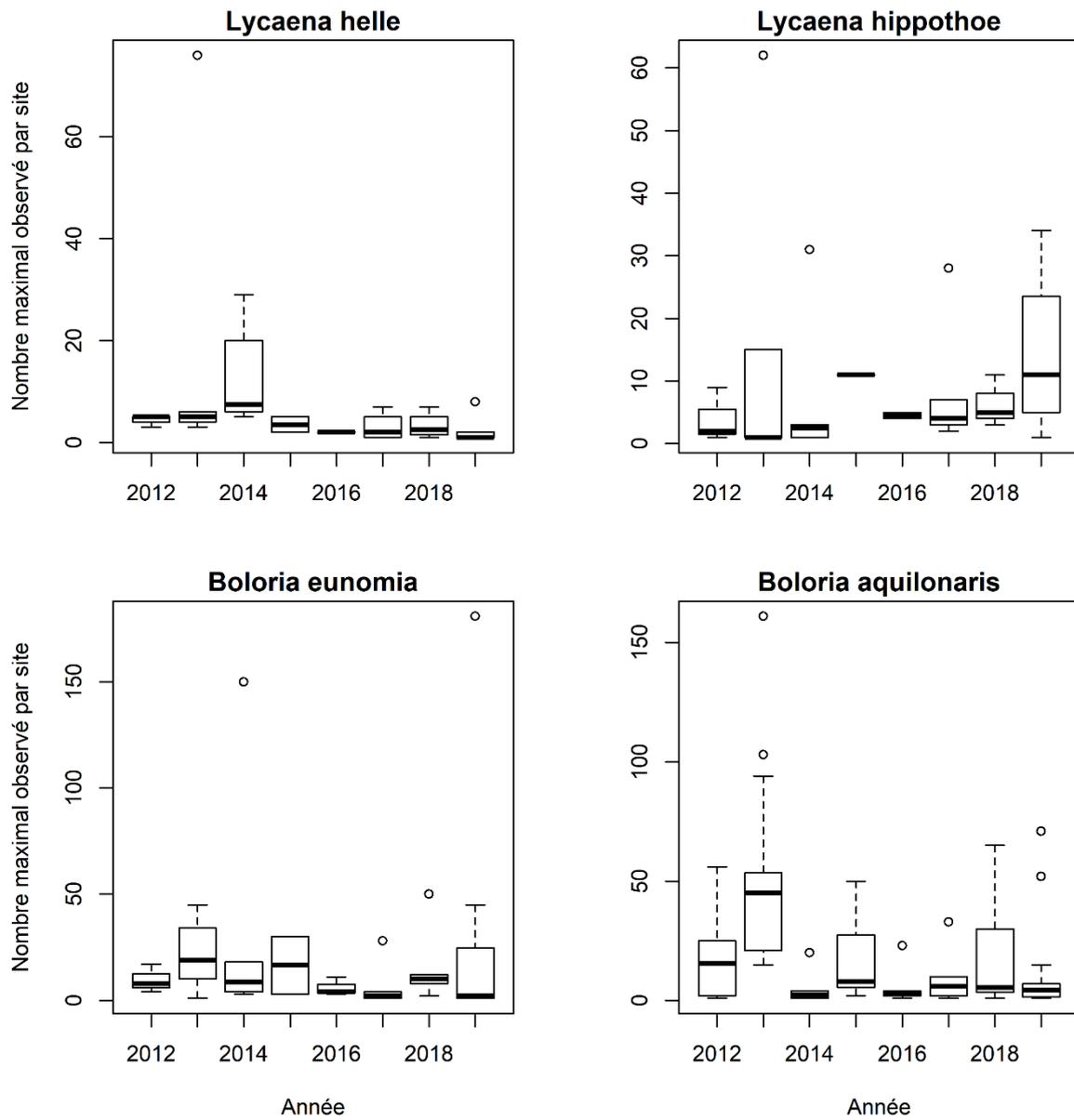


Fig. 10: Évolution annuelle du nombre maximal moyen de papillons observés par année et par site à l'échelle du projet.

Discussion

Dans le cadre du projet LIFE Ardenne liégeoise, des relevés standardisés et spécifiques, complétés par des données externes collectées de manière opportuniste, ont été mis en place afin de documenter la réponse des papillons de jour et des libellules aux travaux de restauration. Les résultats obtenus grâce à ce monitoring montrent une réponse positive et généralement rapide des libellules aux travaux de restauration. À l’opposé, les résultats présentés ci-dessus ne mettent pas en évidence de résultats positifs clairs pour les espèces-cibles de papillons des prairies humides et tourbières tandis que la progression de certaines espèces patrimoniales typiques des milieux ouverts apparaît comme un effet d’une meilleure prospection. Ces résultats sont discutés en détail dans les paragraphes suivants, en les replaçant dans un contexte wallon plus large lorsque cela s’avère pertinent.

L’Ardenne liégeoise, une région à l’entomofaune variée

À la fois pour les libellules et les papillons, le nombre d’espèces observées à l’échelle du périmètre de projet durant la période récente (2015-2019) est légèrement inférieur à ce qui avait été observé durant la période avant le début des travaux de restauration (2006-2014). Cette diminution est cependant à relativiser. Ainsi quatre des huit espèces de libellules et cinq des sept espèces de papillons qui n’ont pas été observées durant la période récente n’avaient été observées qu’une seule fois durant la période de référence et concernaient vraisemblablement des individus erratiques n’ayant jamais développé de populations reproductrices dans le périmètre de travail LIFE Ardenne liégeoise. Pour les libellules, une analyse plus fine réalisée sur une sélection de 20 sites montre néanmoins que la diversité en espèces peut augmenter rapidement à la suite des travaux de restauration. C’est le cas sur les sites pour lesquels la diversité en espèces était initialement faible ou modérée, où les aménagements réalisés par le LIFE Ardenne liégeoise ont permis d’augmenter l’offre d’habitats pour les libellules. Si les espèces ubiquistes représentent la majorité des espèces qui colonisent ces sites, une conséquence directe de leur prévalence également importante dans l’odonatofaune wallonne (voir par exemple le Tableau 4), les plans d’eau nouvellement créés peuvent aussi rapidement abriter des espèces typiques des tourbières. C’est le cas, par exemple, de *Sympetrum danae* et d’*Aeshna juncea* qui ont parfois été observées pondant dans les plans d’eau dès la première saison suivant leur création.

Il convient de souligner la grande richesse de l’Ardenne liégeoise pour ces deux groupes d’insectes. Durant la période récente (2015-2019), 41 espèces de libellules ont été observées, tous sites confondus. Cela représente 60% de la richesse odonotologique wallonne (qui s’élève à 68 espèces ; Motte et al., 2021) et est comparable à ce qui est enregistré sur le plateau des Hautes-Fagnes (Kever et al., 2014). Sur la même période, 57 espèces de papillons ont été observées sur le périmètre de projet, représentant 49% des espèces présentes sur la liste wallonne (comptant 115 espèces au total – Fichet et al., 2008). Cela démontre l’importance de la région et des réseaux de sites favorables pour la conservation de la diversité entomologique.

Libellules : une réponse rapide et positive aux travaux de restauration

Les travaux réalisés dans le cadre du projet ont permis d’augmenter l’offre globale d’habitats favorables aux libellules à l’échelle du périmètre de projet. Cette augmentation de l’offre peut être appréhendée en observant la progression importante de *Libellula depressa* et, dans une moindre mesure, celle d’*Ischnura pumilio*, deux espèces pionnières affectionnant les milieux très peu colonisés par la végétation. Les espèces de tourbières, particulièrement ciblées par le projet, ont elles aussi bien répondu aux travaux de restauration. À l’échelle des 20 sites où les travaux hydriques ont été importants, la fréquence de ces espèces a augmenté. À l’échelle plus large du périmètre de projet, cette tendance est également visible puisque six des huit espèces considérées comme typiques des milieux tourbeux ont été détectées sur de nouveaux sites lors de la période la plus récente. Cette progression est cependant inégale en fonction des espèces. Ainsi, *Aeshna juncea*, *Leucorrhinia dubia*, *Orthetrum coerulescens* et *Sympetrum danae* ont montré les progressions les plus importantes, ce qui reflète leurs capacités de dispersion importantes. Le nombre de sites colonisés par *Coenagrion hastulatum* et *Leucorrhinia rubicunda* est légèrement plus faible, mais reste impressionnant compte tenu du caractère globalement peu mobile de *C. hastulatum* (i.e. peu de mouvements à plus de deux kilomètres des populations existantes), de la petite taille des populations de *L. rubicunda* sur le périmètre avant les travaux de restauration et des exigences écologiques élevées de cette seconde espèce en matière d’habitat (Parkinson, 2010). Par contre, la répartition d’*Aeshna subarctica* et de *Somatochlora arctica* n’a pas évolué entre les deux périodes. Ces espèces sont également les plus exigeantes en termes d’habitats. *A. subarctica* est fortement liée aux stades avancés des tourbières, notamment aux cuvettes des traces de lithalses à la couverture en sphaignes bien développée (Goffart et al., 2006). *S. arctica* se rencontre, elle, dans les suintements acides et sur les lithalses atterries (Goffart et al., 2006;

Kever et al., 2014). Les habitats nécessaires à ces deux espèces nécessitent un certain temps avant de se former et de se structurer et il est probable que les nouveaux plans d'eau sont encore trop récents pour accueillir ces espèces. Les résultats obtenus lors du LIFE Hautes Fagnes ont néanmoins montré que la colonisation par *A. subarctica* peut parfois être rapide, deux à trois ans après les travaux de restauration (Kever et al., 2014). Il est aussi possible que la situation récente très défavorable des populations de *A. subarctica* dans le périmètre de projet n'ait pas permis à cette espèce de coloniser (ou recoloniser) des sites restaurés. En effet, cette espèce a été très peu réobservée au cours de la dernière décennie et seules deux observations de cette espèce, en 2016, ont été enregistrées durant la période récente. Elle n'a pas été retrouvée depuis, malgré des recherches ciblées en Fagne de Malchamps (David Kever, comm. pers.). Son maintien dans le périmètre de projet est donc assez incertain et cette absence pourrait y avoir disparu du fait (1) de la diminution des habitats favorables (atterrissement et assèchement progressif des lithalses) avant le démarrage du projet LIFE et (2) de la compétition avec *Aeshna juncea*, plus grande et très répandue sur ces deux hauts plateaux, renforcée par (3) les épisodes répétés de canicule de 2018 et 2019. Cependant, compte tenu du long cycle larvaire de *A. subarctica* dans les milieux oligotrophes* et acides (3 à 4 ans en Suisse – Wildermuth, 2013), des difficultés de détection de l'espèce à basse densité et de la proximité et de l'extension des populations dans les Hautes Fagnes, des recherches complémentaires devraient être menées sur le site de Malchamps au moins dans les prochaines années dans l'espoir d'y revoir l'espèce.

La Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhinia pectoralis*) figure aux annexes II et IV de la directive « Faune-Flore-Habitats ». En tant qu'espèce Natura 2000, elle constitue un enjeu important de conservation en Wallonie et elle était considérée comme éteinte jusqu'à sa redécouverte au début des années 2000. Des observations éparses de cette libellule ont été réalisées dans diverses régions de Wallonie jusqu'en 2011, avant l'afflux exceptionnel d'individus vraisemblablement originaires d'Europe du Nord et de l'Est noté en 2012 (Goffart et al., 2012). Sur le périmètre de projet, l'espèce a d'abord été notée au Plateau des Tailles en 2010. Lors de l'afflux de 2012, les observations se sont multipliées, mais concernent le même site qu'en 2010. Il faut attendre 2013 pour observer l'espèce sur un autre site. À partir de cette année, le nombre de sites sur lesquels elle est contactée augmente continuellement. Néanmoins, peu de sites sont occupés plusieurs années : à l'exception du site de la première découverte en 2010, qui a été occupé en 2010, puis en 2012 et 2013, seule la Fagne de Pansire a donné lieu à des observations au cours de plus d'une saison, en 2016 et 2018. Étant donné que le cycle de vie larvaire est typiquement de deux ou trois ans, cela laisse penser que l'espèce peut s'être reproduite sur ces deux sites. Il faut cependant noter (1) que la recherche et la collecte d'exuvies, qui auraient permis d'obtenir des indices clairs de reproduction, n'a pas été systématique ; (2) qu'un second afflux de leucorrhines a eu lieu en Wallonie et dans les régions avoisinantes en 2018, correspondant à une multiplication des observations et des sites occupés à l'échelle du périmètre de projet (Fig. 8.). En prenant tous ces éléments en compte, il apparaît difficile de déterminer avec précision le statut reproducteur de *L. pectoralis* dans le périmètre de projet à l'heure actuelle.

Comparaison de l'abondance en odonates sur les plans d'eau anciens et créés (dignes)

Les suivis spécifiques réalisés à l'échelle des mares montrent que les digues créées dans le cadre du projet attirent rapidement les libellules. En effet, le nombre d'individus observés (toutes espèces confondues) sur les nouveaux plans d'eau est comparable (et même légèrement supérieur) à celui renseigné sur les plans d'eau plus anciens. Les communautés présentes sur ces deux types de plans d'eau sont cependant assez différentes. D'une part, les espèces au profil généraliste et pionnier, comme *Sympetrum danae* et *Libellula quadrimaculata*, sont présentes en grand nombre sur les plans d'eau récents. À l'opposé, les Anisoptères de tourbières y sont moins abondants que sur les plans d'eau anciens. Cette situation est cependant dynamique dans le temps. En effet, l'abondance de *S. danae* et *L. quadrimaculata* a progressivement diminué et, en 2019, leur abondance sur les plans d'eau anciens et nouveaux était similaire. Cela laisse penser que la structuration progressive des nouveaux plans d'eau vers des habitats typiques de tourbières est bien en marche, même s'il faudra probablement plusieurs années supplémentaires à ces aménagements pour atteindre un état permettant d'attirer en nombre les espèces avec les exigences écologiques les plus élevées. Une autre explication dans le changement des communautés de libellules dans le temps pourrait aussi être un effet lié aux sécheresses qui se sont succédées en 2018 et 2019.

Les papillons de jour : des réponses plus contrastées

Concernant les papillons, les espèces typiques des milieux ouverts, particulièrement des tourbières, landes et prairies humides, constituaient les cibles des travaux de restauration dans le cadre de ce projet. Parmi les espèces les plus emblématiques, *Coenonympha tullia* et *Euphydryas aurinia* n'ont pas été observées récemment (dernières observations en 2006 et 2010, respectivement) et ont vraisemblablement disparu du périmètre de

projet avec une probabilité de recolonisation extrêmement faible, compte tenu du statut critique de ces espèces en Wallonie. Les causes précises de cette disparition ne sont pas connues, mais on peut exclure un effet direct des travaux de restauration, puisque cette disparition est antérieure au début des chantiers dans le site concerné (Grande Fange de Bihain). Pour trois espèces patrimoniales liées aux milieux ouverts (*Callophrys rubi*, *Carterocephalus palaemon* et *Pyrgus malvae*), on note une nette progression du nombre de sites occupés durant la période récente (Tableau 7). Par exemple, *C. palaemon* a été observé dans 11 sites lors de la période 2006-2014, mais dans 21 sites entre 2015-2019. Les travaux d'ouverture du paysage et de restauration des landes ont certainement augmenté la surface d'habitat favorable aux trois espèces considérées ici et peuvent partiellement expliquer ces progressions. Cependant, *C. palaemon* est considéré comme peu mobile (déplacements < 500 m) et *P. malvae* comme sédentaire (déplacements < 100 m – Maes et al., 2013), ce qui laisse penser que les événements de colonisation réelle sont probablement peu fréquents sauf entre sites proches. L'hypothèse retenue ici pour expliquer ces progressions est donc une augmentation de la pression d'observation dans les habitats et périodes favorables suite à la mise en place du monitoring LIFE Ardenne liégeoise. Ces espèces peuvent être sous-détectées du fait de leur petite taille et de leur période de vol qui se concentre essentiellement en mai, alors que les espèces typiques habituellement ciblées volent principalement en juin ou juillet (Fichefet et al., 2008). La mise en place des transects avec un premier passage entre le 15 mai et le 15 juin a probablement permis de mieux détecter ces espèces « précoces ».

Quatre espèces-cibles des milieux humides (*Lycaena helle*, *L. hippothoe*, *Boloria eunomia* et *B. aquilonaris*) montrent une répartition globalement stable entre les deux périodes considérées ici (bien que le bilan disparitions/apparitions soit largement négatif pour *L. hippothoe*). À noter aussi qu'*Erebia medusa* a été observé en 2019 à proximité d'un nouveau site (« Le Roba » à Malmédy), mais cette donnée concerne probablement un individu erratique. En zoomant à une échelle temporelle plus fine (celle de la période couverte par le projet, 2012 à 2019), on observe que le nombre de sites occupés annuellement par les quatre espèces-cibles évoquées ici peut varier de manière conséquente (Tableau 8). À nouveau, cette variation s'explique principalement par une pression d'observation elle-même variable. Néanmoins, le nombre maximal d'individus observés à l'échelle du périmètre de projet semble diminuer après l'année 2015 pour *L. helle* et *B. eunomia*, alors qu'il semble augmenter pour *L. hippothoe* (Fig. 10). Ces tendances globales semblent se traduire localement, du moins partiellement, par la diminution du nombre maximal d'individus observés dans certains sites occupés par *L. helle* et *B. eunomia* et l'augmentation de ce nombre pour *L. hippothoe* à Malchamps (Tableau 9). Bien que ces résultats doivent être traités avec précaution, puisqu'ils reposent sur l'analyse du nombre maximal d'individus observés simultanément (« peak count »), et pas sur une estimation de la taille de population à proprement parler (Stephens et al., 2015), ainsi que sur un nombre de saisons réduit, ils suggèrent que certaines espèces typiques des prairies humides ont vu leur abondance diminuer progressivement durant la période couverte par le projet LIFE Ardenne liégeoise.

Les déclinés observés à l'échelle du périmètre de projet semblent en accord avec les tendances observées à l'échelle plus large de la Wallonie (Fichefet et al., 2008). Les densités de *L. helle* sont naturellement faibles dans la plupart des sites, mais semblent encore diminuer sur la majorité des sites considérés ici. Pour *B. eunomia*, une espèce qui peut être localement abondante, le seul déclin observé concerne le site de la Tourbière de Solwaster, pour laquelle aucun individu n'a été observé depuis 2017.

Les facteurs expliquant ces apparentes diminutions sont probablement multiples, à la fois externes et internes au projet. D'une part, il a été avancé que les espèces boréo-montagnardes sont amenées à être négativement affectées par les changements climatiques qui entraînent une hausse de la température moyenne et une augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (sécheresses prolongées et vagues de chaleur notamment) (Settele et al., 2008; Maes et al., 2010). Ces changements vont probablement mener à un repli de ces espèces dans des zones noyaux plus en altitude et à une contraction de l'aire de répartition (Settele et al., 2008; Maes et al., 2010). Ces changements dans les conditions climatiques pourraient expliquer la diminution de *L. helle* et/ou *B. eunomia* dans les sites de Ligneuville et aux Prés de la Lienne, situés sous 400 m d'altitude.

D'autre part, l'installation du castor à proximité des habitats favorables est une autre cause pouvant participer au déclin local de ces deux espèces. La construction de barrages fait monter le niveau de l'eau jusqu'à inonder les surfaces couvertes par la bistorte (leur plante-hôte à l'état larvaire) et les rendre inhospitalières pour *L. helle* et *B. eunomia* (dont les chrysalides ou les chenilles passent l'hiver dans la végétation au sol). Le castor ayant colonisé la plupart des sites occupés par ces espèces, il a transformé progressivement les zones de prairies humides en zones de bas-marais (par exemple à la Fange de Pisserotte). Cet effet local (arrivée du castor) s'ajoute aux effets plus globaux (changements climatiques) pour mettre en péril des populations parfois de petite taille (notamment pour *L. helle*).

Enfin, de nombreuses études documentent la grande sensibilité des papillons des milieux ouverts, et des prairies humides en particulier, aux mesures de gestion habituellement utilisées pour gérer ces milieux, telles que fauchage et pâturage (Goffart, 1998; Goffart et al., 2001, 2010; Schtickzelle et al., 2007). Dans les sites restaurés ou gérés, il n'est donc pas exclu que les opérations mécaniques liées à la mise en œuvre de certains travaux de restauration des milieux ouverts (fauchage de restauration) ou la mise en place d'une gestion récurrente (pâturage, fauchage) sur des milieux enrichis, précédemment abandonnés, puissent aussi avoir eu un impact négatif sur l'entomofaune et sur les papillons de jour en particulier. Bien entendu, toutes les précautions possibles et utiles ont été prises pour atténuer ces impacts probables (périodes d'intervention, zones refuges, faible charge de pâturage). Il s'agit d'ailleurs d'un dilemme permanent auquel le gestionnaire de milieux ouverts est confronté lorsque les milieux à restaurer abritent encore des populations d'espèces menacées et les équilibres sont souvent difficiles à trouver. S'ils sont avérés, il faut remarquer que ces impacts négatifs liés à la phase de restauration des sites sont en principe transitoires et que, si des précautions minimales sont prises (zones refuges, exclos ...), le bilan global de la restauration et de la gestion, en lien notamment avec l'augmentation de la surface des habitats favorables et l'amélioration de leur état de conservation, pourra être positif, à terme, pour les papillons de jour.

Conclusions et perspectives

De manière globale, les résultats obtenus dans le cadre de ce projet pour les espèces de libellules pionnières et spécialistes de tourbières sont assez similaires à ceux obtenus sur les autres hauts-plateaux ardennais ayant fait l'objet de restauration par un projet LIFE : plateaux des Tailles (Parkinson, 2010), de Saint-Hubert (Dufrêne et al., 2011), de Recogne-Libin (Baltus, 2015) et des Hautes-Fagnes (Kever et al., 2014) (voir aussi Parkinson et al., 2017). Le contexte dans lequel s'est implanté le projet LIFE Ardenne liégeoise est néanmoins nettement différent : alors que les projets précédents ont principalement travaillé sur des sites peu éloignés les uns des autres, couvrant parfois des surfaces contiguës importantes, le projet LIFE Ardenne liégeoise s'insère dans une optique de reconnexion du Plateau des Tailles et du plateau des Hautes-Fagnes, avec un périmètre de travail élargi, mais surtout des sites globalement plus isolés et de surface réduite. Observer une réponse positive et rapide des espèces de tourbières dans un contexte paysager plus fragmenté est d'autant plus encourageant.

A l'opposé, les papillons montrent une réponse plus incertaine et pas nécessairement positive aux travaux de restauration entrepris par le projet LIFE Ardenne liégeoise, en tout cas pour la période considérée. En effet, la détection de plusieurs espèces à haute valeur patrimoniale, typiques des milieux ouverts, dans de nouveaux sites tient plus de l'augmentation de la pression d'observation que d'événements de colonisation. Dans le même temps, plusieurs espèces typiques des fonds de vallées ardennais semblent régresser malgré la mise en place de mesures de restauration et de gestion. Il faut néanmoins garder à l'esprit que certains papillons sont dépendants d'un nombre restreint de plantes-hôtes qui peuvent elles-mêmes prendre un certain temps avant de s'établir dans les sites restaurés. Cela inclut par exemple le Nacré de la canneberge dont les chenilles utilisent uniquement la Canneberge (*Vaccinium oxycoccos*) comme plante nourricière. Cette dépendance peut entraîner un retard dans la réponse des papillons aux travaux de restauration, puisqu'il faut d'abord l'établissement de la plante-hôte avant que le papillon puisse coloniser la zone. Cet effet « retard » peut encore s'accroître lorsque les actions sont entreprises dans un contexte paysager fragmenté, comme c'est le cas pour le LIFE Ardenne liégeoise (Strobl et al., 2020).

Les habitats restaurés ou créés sont cependant appelés à se structurer progressivement et, à terme, on peut s'attendre à ce que leur capacité d'accueil des espèces les plus emblématiques augmente. Dans ce cadre, les relevés par transects devraient être poursuivis afin d'évaluer la réponse des libellules et papillons de jour à une échelle temporelle plus longue que celle considérée dans le présent rapport. La mise en place de collectes systématiques d'exuvies autour des plans d'eau permettrait également de préciser la situation de certaines espèces de libellules (*Aeshna subarctica*, *Leucorrhinia pectoralis*) dont l'évolution récente des populations ou le statut de reproduction restent encore assez incertain dans le périmètre de ce projet LIFE.

Remerciements

Nous remercions tous les naturalistes ayant encodé leurs observations dans les portails d'encodage en ligne du DEMNA et Observations.be, ainsi que les membres de l'équipe LIFE Ardenne liégeoise (au sens large) qui ont assuré les suivis par transects : Pierre Collard, Gauthier Demollin, Valérie Dumoulin, Laurence Nivelles, Annick Pironet, Julie Plunus, Clémence Teugels, Raphaël Thunus. Cette étude n'aurait pas pu se faire sans leur contribution. Nous remercions particulièrement Ruddy Cors, Philippe Goffart, David Kever, Grégory Motte Oliver Schott et Quentin Smits (DEMNA) ainsi que Nicolas Mayon (Parc naturel Haute-Sûre Forêt d'Anlier)

pour leur implication dans les suivis et/ou pour la relecture critique des versions précédentes du présent article. Le projet LIFE Ardenne liégeoise a été financé par la Commission européenne et par la Wallonie (site internet du projet : <http://biodiversite.wallonie.be/fr/life-ardenne-liegeoise-2012-2020.html?IDC=3590>).

Glossaire

Décapage : une technique de restauration écologique semblable à l'étrépage (voir la définition de ce terme, ci-après), mais réalisée à une profondeur plus importante que celui-ci.

Donnée : la présence d'une espèce, à une date donnée dans un site donné.

Étrépage : une technique de restauration écologique consistant à prélever et enlever la couche superficielle du sol afin de favoriser la germination des graines d'espèces végétales typiques du milieu visé contenues dans ce sol.

Lande : une formation végétale dominée par des ligneux bas de type éricoïde comme la callune (*Calluna vulgaris*), les bruyères (*Erica* sp.) et les vacciniées (*Vaccinium* sp.). Une lande peut être sèche ou humide selon les propriétés hydriques du sol sur lequel elle s'implante.

Lithalse : une dépression tourbeuse habituellement ovale ou en forme de cuvette circulaire dont la formation remonte à la dernière glaciation.

Oligotrophe : se dit d'un milieu pauvre en éléments minéraux nutritifs.

Périmètre LIFE Ardenne liégeoise : l'ensemble des 49 sites sur lesquels ont été effectués les travaux de restauration écologique et les analyses de suivi des libellules et papillons.

Période : les intervalles de temps définis afin d'analyser l'évolution de la richesse spécifique et de la répartition des espèces. La période 1 (2006-2014) correspond à la période de référence avant le début des travaux de restauration ; la période 2 (2015-2019) correspond à la période à partir de laquelle des effets positifs sur les libellules et papillons pouvaient être attendus.

Rhécophile : qualifie une espèce liée aux eaux courantes.

Site : une unité spatiale, elle-même située dans un site du Natura 2000, de surface variable et au sein de laquelle les conditions écologiques sont globalement homogènes.

Transect : une méthode de relevé de libellules et papillons reposant sur un parcours fixe, de longueur et de durée pré-déterminées, parcouru de manière répétée au sein d'une même année et entre années.

Tyrphobionte : qualifie une espèce vivant préférentiellement – mais pas exclusivement – dans les milieux tourbeux.

Tyrphophile : qualifie une espèce strictement inféodée aux milieux tourbeux.

Ubiquiste : qualifie une espèce capable de vivre dans une large gamme d'habitats, sans préférence écologique marquée.

Bibliographie

- Baltus, H. 2015. Le projet LIFE Lomme contribue au développement des populations de libellules en Haute-Lesse et Haute-Lomme. Les Naturalistes belges 96: 37-56.
- Boudot, J.-P., Grand, D., Wildermuth, H. & Monnerat, C. 2017. Les libellules de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. 2ème éd., Mèze, Biotope.
- Bried, J.T. & Pellet, J. 2012. Optimal design of butterfly occupancy surveys and testing if occupancy converts to abundance for sparse populations. Journal of Insect Conservation 16: 489-499.
- Dubois, Q. 2018. The conservation of the Cranberry Fritillary *Boloria aquilonaris* across space and over time: study of a boreo-montane butterfly from distribution to demography. Thèse de doctorat. UCLouvain.
- Dufrène, M., Baltus, H., Cors, R., Fichet, V., Moës, P., Warlomont, P., Dierstein, A. & Motte, G. 2011. Bilan du monitoring des libellules dans les sites restaurés par le projet LIFE « Tourbières » sur le Plateau de Saint-Hubert. Les Naturalistes belges 92: 37-54.
- Fichet, V., Barbier, Y., Bagnée, J.-Y., Dufrène, M., Goffart, Ph., Maes, D. & Van Dyck, H. 2008. Papillons de jour de Wallonie (1985-2007). Gembloux, Service Public de Wallonie, Direction Générale de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Série " Faune-Flore-Habitat ", n°4.
- Frankard, P., Paelinckx, D., Wastiaux, C. & Schumacker, R. 2017. Belgium. Pp 299-309 in Joosten, H., Tanneberger, F. & Moen, A., eds. Mires and peatlands of Europe. Stuttgart, Schweizerbart Science Publishers.
- Goffart, Ph. 1998. Gestion des milieux, entomofaune et réflexions sur la conservation de la nature. Parcs et Réserves 53, 3: 12-17.
- Goffart, Ph., Bagnette, M., Dufrène, M., Mousson, L., Nève, G., Sawchick, J., Weiserbs, A. & Lebrun, P. 2001. Gestion des milieux semi-naturels et restauration de populations menacées de papillons de jour. Namur, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, Division de la Nature et des Forêts, Direction de la Nature.
- Goffart, Ph., De Knijf, G., Anselin, A. & Tailly, M. 2006. Les libellules de Belgique : répartition, tendances et habitats. Gembloux, Groupe de Travail Libellules Gomphus et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, Série « Faune - Flore - Habitats » 1.
- Goffart, Ph., Motte, G. & Vandevyvre, X. 2012. Un afflux exceptionnel de Leucorrhine à gros thorax (*Leucorrhina pectoralis*) en Wallonie en 2012. Les Naturalistes belges 93: 85-94.
- Goffart, Ph., Schtickzelle, N. & Turlure, C. 2010. Conservation and management of the habitats of two relict butterflies in the Belgian Ardenne: *Proclissiana eunomia* and *Lycaena helle*. Pp 357-370 in Habel, J.C. & Assmann T., eds. Relict Species. Berlin & Heidelberg, Springer.
- Kever, D., Schott, O. & Goffart, Ph. 2014. Les odonates des Hautes-Fagnes : effets positifs du récent projet LIFE de restauration des tourbières. Les Naturalistes belges 95:33-69.
- Maes, D., Titeux, N., Hortal, J., Anselin, A., Decler, K., De Knijf, G., Fichet, V. & Luoto, M. 2010. Predicted insect diversity declines under climate change in an already impoverished region. Journal of Insect Conservation 14:485-498.
- Maes, D., Vanreusel, W. & Van Dyck, H. 2013. Dagvlinders in Vlaanderen: nieuwe kennis voor betere actie. Tiel, Lannoo.
- Mazel, R. 2012. Critères morphologiques de séparation des *Leptidea sinapis* L., *L. reali* Reissinger et *L. juvernica* Williams (Pieridae, Dismorphiinae). Revue de l'Association Roussillonaise d'Entomologie 21: 1-9.
- Motte, G. 2019. [Rapport d'activité 2018 du GT Gomphus](#). Namur, SPW et GT Gomphus.
- Motte, G. et al. 2021. Révision de la liste rouge des libellules de Wallonie. Les Naturalistes belges 102. In prep.
- Parkinson, D. 2010. Plateau des Tailles : réponse positive des libellules suite aux travaux de restauration du projet LIFE. Les Naturalistes belges 91: 55-67.
- Parkinson, D., Goffart, Ph., Kever, D., Motte, G. & Schott, O. 2017. Réponse des odonates à la restauration des tourbières ardennaises. Forêt.Nature 142: 47-55.
- Pollard, E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. Biological Conservation 12: 115-134.

- Schtickzelle, N., Turlure, C. & Baguette, M. 2007. Grazing management impacts on the viability of the threatened bog fritillary butterfly *Proclissiana eunomia*. *Biological Conservation* 136: 651-660.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., van Swaay, C.A.M., Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., van Halder, I., Veling, K., Vliegthart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O. 2008. Climatic risk atlas of European butterflies. Sofia & Moscou, Pensoft.
- Stephens, P.A., Pettorelli, N., Barlow, J., Whittingham, M.J. & Cadotte, M.W. 2015. Management by proxy? The use of indices in applied ecology. *Journal of Applied Ecology* 52: 1-6.
- Strobl, K., Moning, C. & Kollmann, J. 2020. Positive trends in plant, dragonfly, and butterfly diversity of rewetted montane peatlands. *Restoration Ecology* 28: 796-806.
- Vantieghem, P. 2018. First sightings of the Southern Small White *Pieris mannii* (Lepidoptera : Pieridae) in the Low Countries. *Phegea* 46 :2-7.
- Wildermuth, H. 2013. Fiches de protection espèces - Libellules - *Aeshna subarctica elisabethae*. Neuchâtel & Berne, Groupe de travail pour la conservation des libellules de Suisse, Centre Suisse de Cartographie de la Faune, et Office fédéral de l'environnement.