Alpine Entomology 4 2020, 117–128 | DOI 10.3897/alpento.4.46308

PENSOFT

Alpine Entomology

Création de nouvelles prairies dans le réseau écologique « La Frontière » VD et effets sur les orthoptères (Insecta: Orthoptera)

Creation of new grasslands within the ecological network "La Frontière" (Western Switzerland) and effects on orthopterans (Insecta: Orthoptera)

Stève Breitenmoser[1], Jean-Yves Humbert[2], Sylvie Viollier[3]

1 *Chemin de Couvaloup 8, 1271 Givrins, Switzerland*
2 *Institut d'écologie et évolution, Université de Berne, 3012 Berne, Switzerland*
3 *Bureau Paysage et Environnement, 1203 Genève, Switzerland*

http://zoobank.org/5EB8BB5A-60EE-42B0-94FA-C78CCBA1AA28

Corresponding author: Stève Breitenmoser (steve.breitenmoser@bluewin.ch)

Academic editor: C. Monnerat ♦ **Received** 4 September 2019 ♦ **Accepted** 18 February 2020 ♦ **Published** 8 June 2020

Résumé

Le réseau écologique Paysage « La Frontière » situé à l'ouest du canton de Vaud est composé de près de 700 surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) totalisant plus de 500 ha. Dans ce cadre, plus de 150 ha de nouvelles prairies naturelles, pour la plupart plantées de haies et d'arbres, forment la pièce centrale de l'infrastructure écologique de ce réseau. Elles remplacent des grandes cultures (terres assolées) et ont été mises en place par la méthode de l'enherbement direct (fleurs de foin). Les orthoptères et la mante religieuse (*Mantis religiosa*) ont été choisis comme bio-indicateurs pour évaluer la richesse spécifique et la vitesse de colonisation de ces nouvelles surfaces. Les relevés orthoptériques ont été effectués, entre 2014 et 2018, sur 33 nouvelles prairies et ont été comparés à 13 prairies naturelles anciennes extensives. En moyenne, le nombre d'espèces par prairie était de 9.3 (dont 1.7 sur la Liste rouge) dans les nouvelles prairies et de 11.5 (2.6) dans les prairies anciennes. Statistiquement, il n'y a aucune différence significative entre les deux types de prairies. Aucune corrélation entre le nombre d'années après la mise en place des nouvelles prairies et le nombre d'espèces recensées par prairie n'a été détectée, indiquant une colonisation rapide des nouvelles prairies. Parmi les espèces d'orthoptères cibles du réseau écologique cantonal, figurant également sur la Liste rouge, six sont présentes dans les prairies anciennes comme dans les nouvelles. Parmi ces dernières, *Metrioptera bicolor* et *Euchorthippus declivus* étaient présentes dans près de 60% des prairies. Les résultats montrent l'importance d'une répartition dense de prairies à la fois de bonne qualité (enherbement direct) et exploitée extensivement avec des zones refuges. Ils soulignent également l'importance des prairies anciennes et des aires naturelles protégées comme réservoirs pour la restauration de la biodiversité dans les paysages agricoles.

Abstract

The ecological and landscape network "La Frontière" is a network of semi-natural areas that are connected to promote and conserve farmland biodiversity. It is located in the lowland of canton Vaud, western Switzerland. It is composed of nearly 700 biodiversity promotion areas (the main Swiss agri-environment schemes) totaling more than 500 ha. Within this landscape, more than 150 hectares of new semi-natural grasslands, most of which are planted with hedges and trees, form the central part of the network's ecological infrastructure. They were created on former arable land using the method of hay transfer from species rich donor grasslands. Orthopterans and the European mantis (*Mantis religiosa*) were chosen as bio-indicators to assess specific richness as well as the rate of colonization of these newly created areas. Orthopteran surveys were conducted between 2014 and 2018 on 33 newly established grasslands and compared to 13 extensively managed existing old grasslands. On average, 9.3 species were identified in the newly established grasslands (including 1.7 endangered species), whereas 11.5 (2.6 endangered species) were collected in the old grasslands. Statistically, there is no significant difference between these two types of grasslands. No correlation between the number of years after the creation of the new grasslands and the number of species recorded per grassland was detected, indicating a rapid colonization of the new grasslands. Six of the target orthopteran species of the cantonal ecological network, which are also vulnerable, occur in both old and

Copyright *Stève Breitenmoser et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

new grasslands. Among the latter, *Metrioptera bicolor* and *Euchorthippus declivus* were present in nearly 60% of the samples. The results emphasize the importance of a dense distribution of grasslands both of good quality (hay transfer) and extensively exploited with refuge areas. They also highlight the importance of old natural grasslands and protected areas as reservoir for the restoration of biodiversity in agricultural landscapes.

Key Words

hay transfer, grasshopper diversity, colonization, restoration, grassland, conservation

Introduction

Le réseau écologique Paysage « La Frontière » se situe à l'ouest du canton de Vaud, dans un secteur intensément urbanisé et cultivé. Il est composé de 676 surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) totalisant plus de 500 ha. Tout en revitalisant le paysage, il crée une infrastructure écologique, selon le plan d'actions de la Stratégie Biodiversité Suisse (OFEV 2017a) et renforce le réseau écologique cantonal vaudois (REC) (BEB SA 2012). Huitante agriculteurs participent à ce réseau et œuvrent en faveur de la biodiversité, notamment par la création de milieux prairiaux à partir de prairies naturelles anciennes (méthode « fleurs de foin » selon Bischofberger and Viollier 2012, Fig. 1). Dans ce cadre, plus de 150 ha de nouvelles prairies ont été créées sur d'anciennes terres assolées, c'est-à-dire en remplacement de grandes cultures ou de prairies temporaires. La mise en place de nouvelles prairies naturelles du réseau est accompagnée d'autres mesures telles que la plantation de haies, d'arbres fruitiers haute-tige et d'alignements d'arbres indigènes (p. ex. chênes, châtaigniers et tilleuls). Ces mesures complexes forment, avec une gestion ciblée, des habitats propices à plusieurs espèces prioritaires au niveau national, avec pour objectif d'améliorer la connectivité spatiale et d'étendre la richesse de ce précieux patrimoine local. Ces prairies naturelles possèdent un caractère fonctionnel pour la biodiversité tout en conservant un intérêt agronomique.

Pour mesurer l'effet et l'évolution de la qualité de ces nouvelles prairies, nous avons sélectionné les orthoptères et la mante religieuse (*Mantis religiosa*). Afin de simplifier la lecture, il a été admis dans cette étude d'associer la mante religieuse aux orthoptères. De par leur présence dans la quasi-totalité des milieux ouverts, leur sensibilité à la qualité de l'habitat et aux mesures d'entretien, les orthoptères constituent un excellent groupe bio-indicateur pour les prairies naturelles et le suivi biologique d'un réseau écologique. De plus, les connaissances sur leur écologie et leur distribution sont excellentes en Suisse. Enfin, ils forment également un élément clé de la chaîne trophique et ont un bon potentiel de dispersion pour la plupart des espèces (Georges et al. 1999, Jaulin 2004, Baur et al. 2006, Klaiber et al. 2017, Info fauna 2019a). Sur la base du REC (BEB SA 2012), huit espèces d'orthoptères cibles du réseau écologique « La Frontière » ont été sélectionnées, il s'agit de : *Ephippiger ephippiger diurnus*, espèce d'intérêt supérieur cantonal (ISC) ; *Euchorthippus declivus* et *Metrioptera bicolor* qui sont d'intérêt supérieur régional pour l'ouest vaudois (ISR) ; *Calliptamus italicus*, *Conocephalus fuscus*, *Phaneroptera falcata*, *Stethophyma grossum*, ainsi que *Mantis religiosa* qui sont d'intérêt régional pour l'ouest vaudois (IR). Ces huit espèces cibles serviront d'indicateurs pour évaluer l'état des lieux en 2018 et pour suivre l'évolution de la biodiversité, en lien avec les mesures spécifiques mise en place dans le réseau.

L'objectif de cette étude étant de comparer le peuplement d'orthoptère et mante religieuse entre de nouvelles prairies naturelles créées par un ensemencement direct (fleurs de foin) et d'anciennes prairies naturelles servant de référence dans le réseau écologique « La Frontière ». La richesse spécifique de ces deux types de prairies a été comparée, ainsi que la vitesse de colonisation des nouvelles prairies naturelles.

Matériel et méthode

Périmètre d'étude et surfaces de suivi

Le périmètre d'étude comprend 18 communes de l'ouest vaudois pour une surface d'environ 50 km². Il est situé entre le pied du Jura et l'autoroute A1 au-dessus de la ville de Nyon, et entre les communes de La Rippe à l'ouest et Arzier-Le Muids à l'est. Les surfaces de suivis, choisies aléatoirement, sont situées entre les étages collinéen et montagnard inférieur (458 à 717 m d'altitude) et concernent 33 nouvelles prairies naturelles créées à la place de grandes cultures (anciennes terres assolées) et 13 prairies naturelles anciennes (principalement de type Mesobromion). Le Tableau 1 donne le détail de ces surfaces (dimension, année de mise en place et de suivi). Dans le périmètre d'étude, des « aires protégées » par des arrêtés de classements cantonaux (selon le Règlement d'application de la loi du 10 décembre 1969 sur la protection de la nature, des monuments et des sites du canton de Vaud, RLPNMS, 450.11.1) et/ou des objets classés aux divers inventaires fédéraux comme les prairies et pâturages secs de Suisse (selon l'Ordonnance sur la protection des prairies et pâturages secs d'importance nationale, OPPPS,

Figure 1. Surfaces situées dans le périmètre du réseau écologique «La Frontière» VD. En haut à gauche : un pâturage maigre ancien inscrit en PPS faisant office de réservoir au lieu-dit Le Bochet (Tableau 1) à Arzier-Le Muids (photo S. Viollier, septembre 2018). En haut à droite: prairie naturelle ancienne située à Gingins servant de surface de référence et source pour l'enherbement direct (fleurs de foin) de nouvelles prairies (photo S. Viollier, 2011). En bas: nouvelle prairie située à Arzier-Le Muids (N9), avec zone refuge non fauchée en bordure (photo S. Breitenmoser, septembre 2014).

RS 451.37) ou les bas-marais d'importance nationale ou régionale (selon l'Ordonnance sur la protection des bas-marais d'importance nationale, RS 451.33) sont présentes et ont fait l'objet de suivis pluriannuels à titre indicatif afin de connaître le potentiel spécifique de la région. La Figure 1 montre des exemples de surfaces.

La technique de l'enherbement direct à l'aide de l'herbe à semences a été utilisée pour la totalité des nouvelles prairies créées dans le réseau. Elle consiste à transférer la biomasse (constituée d'herbe et de graines) d'une surface source à une surface receveuse. Le but est d'accroître et de préserver la richesse des milieux prairiaux spécifiques de la région et de conserver la biodiversité génétique locale. Cette technique est souvent communément appelée « fleurs de foin » (Mosimann 2005, Bischofberger and Viollier 2012, Staub et al. 2015, Regio Flora 2019).

Tableau 1. Description des prairies du réseau écologique Paysage « La Frontière » ayant fait l'objet d'un suivi des orthoptères et mante religieuse avec les résultats du nombre d'espèces recensées (avec et sans *Gryllus campestris* et *Tetrix* spp.). Figurent les 33 nouvelles prairies (N...) et les 13 prairies naturelles anciennes (A...). Sont également mentionnées, les aires protégées (Inventaires fédéraux ou régionaux) présentes dans le périmètre d'étude.

No	Commune	Altitude moyenne (m)	Surface en ares	Antécédent	Type de surface	Année de réalisation	Année de suivi	Nb espèces orthoptères	Nb espèces sans *Gryllus* ni *Tetrix* spp.	Nb espèce mante
N1	TRÉLEX	560	39	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2014	7	7	
N2	GENOLIER	511	160	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2014	12	12	
N3	LA RIPPE	560	154	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2014	14	14	
N4	TRÉLEX	555	65	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2014	6	6	
N5	TRÉLEX	565	254	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2014	10	9	
N6	TRÉLEX	560	40	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2014	5	5	
N7	ARZIER– LE MUIDS	650	65	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2011	2014	10	10	
N8	ARZIER– LE MUIDS	668	38	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2014	11	11	
N9	ARZIER– LE MUIDS	710	120	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2014	15	15	1
N10	TRÉLEX	570	135	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2015	12	11	
N11	TRÉLEX	568	19	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2010	2015	17	16	
N12	TRÉLEX	552	59	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2015	7	7	
N13	LA RIPPE	550	280	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2011	2015	9	9	
N14	LA RIPPE	545	180	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2014	2015	6	6	
N15	GINGINS	514	200	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2011	2015	16	16	
N16	LA RIPPE	558	75	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2018	11	11	
N17	GRENS	499	49	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2015	5	5	
N18	GRENS	500	45	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2015	9	9	
N19	CHÉSEREX	624	150	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2015	2015	11	11	
N20	BOREX	494	45	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2014	2016	2	2	
N21	ARNEX–SUR–NYON	458	102	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2011	2016	6	6	
N22	ARZIER– LE MUIDS	654	118	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2016	12	12	
N23	ARZIER– LE MUIDS	656	42	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2016	11	11	
N24	ARZIER– LE MUIDS	673	60	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2016	14	14	
N25	GENOLIER	548	203	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2016	9	8	
N26	ARZIER– LE MUIDS	690	56	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2017	11	11	
N27	ARZIER– LE MUIDS	689	20	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2017	12	10	
N28	ARZIER– LE MUIDS	704	20	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2017	13	13	
N29	ARZIER– LE MUIDS	690	65	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2017	7	7	
N30	ARZIER– LE MUIDS	696	48	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2017	6	6	
N31	GINGINS	553	50	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2013	2018	6	6	
N32	GINGINS	542	71	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2015	2018	5	5	
N33	DUILLIER	458	100	Grandes cultures	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	2012	2018	5	5	
A1	GIVRINS	625	188	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	13	12	
A2	TRÉLEX	530	77	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	13	11	
A3	GIVRINS	620	50	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	8	7	
A4	GIVRINS	607	90	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	8	8	
A5	TRÉLEX	560	75	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	15	14	
A6	ARZIER– LE MUIDS	717	200	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	13	12	
A7	VICH	498	94	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	15	15	
A8	ARZIER– LE MUIDS	660	151	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2014	14	13	
A9	ARZIER– LE MUIDS	681	153	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2017	8	8	1
A10	ARZIER– LE MUIDS	702	30	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2017	9	9	1
A11	TRÉLEX	520	70	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2018	13	13	
A12	GENOLIER	501	400	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2018	19	19	
A13	GINGINS	550	116	Prairie naturelle ancienne permanente	PRAIRIE EXTENSIVE SPB	–	2018	7	7	

No	Commune	Altitude moyenne (m)	Surface en ares	Antécédent	Type de surface	Année de réalisation	Année de suivi	Nb espèces orthoptères	Nb espèces sans *Gryllus* ni *Tetrix* spp.	Nb espèce mante
AIRES PROTEGEES	ARZIER–LE MUIDS Le Bochet	620	700	Inventaire fédéral PPS	PPS (PÂTURAGE MAIGRE ANCIEN) n°6331–126, 127, 128, 129, 130, 131, 146, 147	–	2014, 2016, 2018	18	18	
	CHÉSEREX – La Tropaz	650	290	Inventaire fédéral bas–marais ; Arrêté de classement VD	BAS–MARAIS n°1463; ACCE du 29 mars 1978 classant la réserve naturelle du marais de La Tropaz et ses abords à Chéserex	–	2006–2010, 2012–2014, 2016, 2017	23	20	
	GENOLIER–COINSINS Bois de Chêne	515	~4000	Inventaire fédéral et régional, PPS & bas–marais ; Arrêté de classement VD	PPS (PRAIRIE ANCIENNE, PÂTURAGE) n°112, 123, 124, 125, 139, 141, 142, 143, 144, 148, 149 150, 152, 153, 154, 155; BAS–MARAIS régional n°1459, 1460; ACCE du 23 décembre 1966 concernant la protection du Bois de Chêne à Genolier	–	2009, 2010–2015, 2017	25	23	
	LA RIPPE – Bucley	580	470	Inventaire fédéral PPS & bas–marais	PPS n°6466–064+065, BAS–MARAIS n°1465	–	2006 à 2017	32	29	1
	TRÉLEX – Chevry	560	240	Inventaire régional bas–marais	BAS–MARAIS d'importance régionale n°1461	–	2008, 2010–2018	22	19	1

Ces nouvelles surfaces de prairies naturelles, ainsi que les prairies anciennes constituent des prairies de fauche extensives (code 611 selon l'Office fédéral de l'agriculture OFAG) et sont inscrites comme surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) selon l'Ordonnance sur les paiements directs (OPD, RS 910.13). Chaque prairie respectait donc les conditions de base de l'OPD, soit une gestion extensive sans fumure, ni produit phytosanitaire, avec une première coupe possible dès le 15 juin, ainsi qu'une pâture d'automne autorisée (maximum deux fauches/an). De plus, comme mesure supplémentaire, une zone couvrant environ 10% de la surface de la prairie n'était pas fauchée avant le mois de septembre, faisant ainsi office de refuge pour la petite faune.

Méthode de relevé orthoptérique

Le recensement des espèces d'orthoptères dans les prairies nouvelles et anciennes, a été effectué une seule fois entre 2014 et 2018. Il a consisté en un seul passage durant la belle saison en août-septembre lors de journées présentant des conditions météorologiques favorables aux chants des orthoptères (ensoleillement, température ≥ 20 °C et vent faible; Thorens 1986). A titre indicatif, des relevés dans les aires protégées, ont été réalisés sur plusieurs années. La méthode de recensement des espèces reprend celle utilisée par Voisin (1980) qui consiste à compter le nombre d'individus par espèce sur des transects d'un mètre de large parcourus à l'intérieur d'une surface (1 heure de transect/ha). Chaque surface inventoriée a été divisée en fonction des types de structures, des strates de végétation (Boitier 2004), des types de milieux (Delarze et al. 2015) et également selon l'état de la végétation (zone fauchée ou non), puis les résultats ont été regroupés par la suite. Pour les zones de lisières forestières ou de bosquets, un complément par la méthode du battage (parapluie japonais) a été effectuée (Thorens 1986). La détermination des espèces s'est faite à vue et/ou au chant selon respectivement les critères morphologiques et acoustiques qui sont décrits dans Coray and Thorens (2001), Baur et al. (2006), Roesti and Keist (2009). La nomenclature reprend celle utilisée par Monnerat et al. (2007).

Analyses des données

Gryllus campestris et les espèces de *Tetrix* spp. ont été exclus des analyses. En effet, la période des relevés en août-septembre se situe en marge de la période d'activité surtout printanière de *Gryllus campestris*, alors que la méthode choisie se prête peu à la recherche des espèces de *Tetrix* spp. bien détectable au filet fauchoir. La comparaison statistique entre les nouvelles et les anciennes prairies a été réalisée à l'aide du test de MANN-WHITNEY sur XLSTAT, version 2019.3.2.

Résultats

Richesse par type de prairie

Dans les 33 nouvelles prairies (anciennes terres assolées), au total 25 espèces ont été inventoriées contre 26 espèces dans les 13 prairies anciennes (*Gryllus campestris* et *Tetrix* spp. exclus) (Tab. 2). La Figure 2 montre la distribution du nombre d'espèces par prairie visitée allant de 2 à

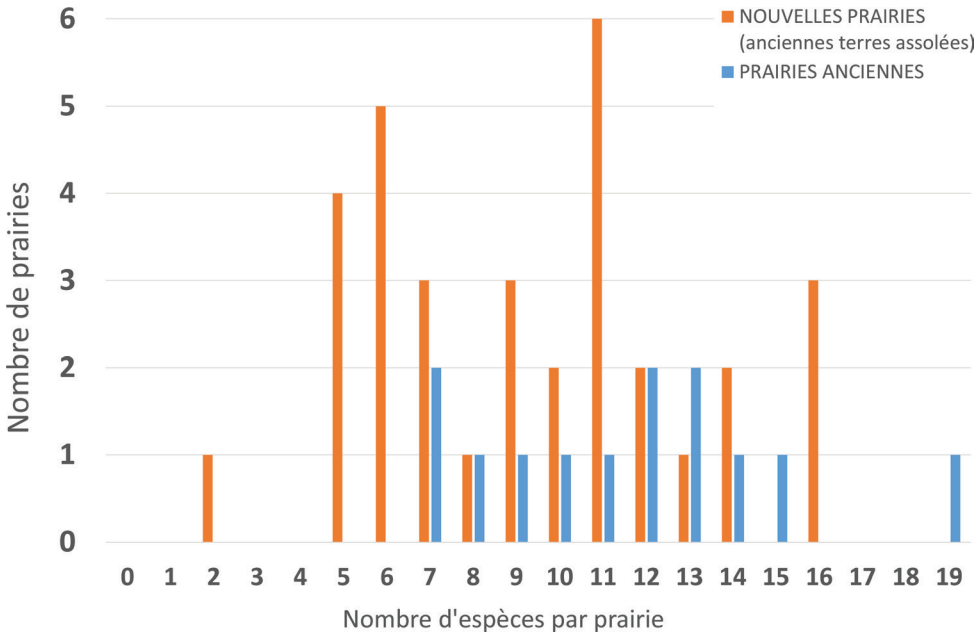

Figure 2. Nombre de prairies en relation avec le nombre d'espèces inventoriées par prairie dans les nouvelles prairies (anciennes terres assolées N = 33) et dans les prairies anciennes (N = 13).

16 espèces pour les nouvelles prairies et de 7 à 19 espèces pour les prairies anciennes.

Les 33 nouvelles prairies comptaient en moyenne 9.3 espèces (Fig. 3). Elles comptaient également en moyenne 1.7 espèces inscrites sur la Liste rouge de Monnerat et al. (2007). Quatre prairies ne comptaient aucune espèce de la Liste rouge, tandis que près d'un tiers (30.3%) en comptaient une, un tiers (36.4%) en comptaient deux et enfin moins d'un quart (21.2%) en comptaient ≥ 3 (Fig. 4). Parmi ces prairies, deux sont particulièrement riches :

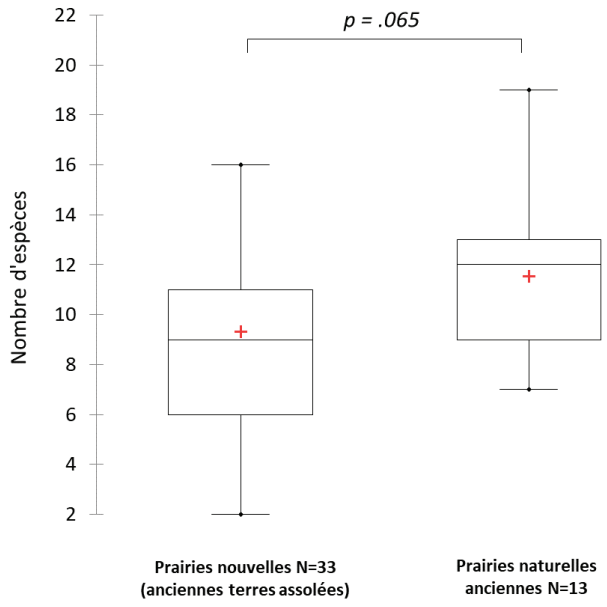

Figure 3. Box plots avec moyenne (croix rouges) comparant le nombre d'espèces recensées (sans *Gryllus campestris* ni *Tetrix* spp.) dans les prairies nouvelles (N = 33) et les prairies anciennes (N = 13). La différence n'est pas significative (p = .065).

- La prairie N11 à Trélex, abritait 16 espèces d'orthoptères dont trois vulnérables (VU) et trois potentiellement menacées (NT). Il s'agissait d'une ancienne grande culture qui fut convertie en prairie naturelle en 2010 et située le long d'une lisière xérothermophile et à proximité de la réserve naturelle du Chevry (bas-marais).
- La prairie N9 à Arzier-Le Muids (Fig. 1), abritait la mante religieuse et 15 espèces d'orthoptères dont quatre vulnérables (VU) et trois potentiellement menacées (NT). Il s'agissait d'une ancienne grande culture qui fut convertie en prairie naturelle en 2013 et située à proximité de prairies mésophiles à humides et du talus des voies de chemin de fer du Nyon-St-Cergue.

Les 13 prairies anciennes, servant de référence et qui ont notamment servies de prairies sources pour l'enherbement direct des nouvelles prairies, comptaient en moyenne 11.5 espèces (Fig. 3). Elles comptaient en moyenne 2.6 espèces inscrites sur la Liste rouge. Toutes les prairies qui ont été visitées comptaient au moins une espèce de la Liste rouge, la majorité (53.8%) en comptaient deux et plus d'un tiers (38.5%) en comptaient ≥ 3 (Fig. 4). Parmi celles-ci une surface obtenait le record avec 19 espèces dont quatre vulnérables (VU) et trois potentiellement menacées (NT). Il s'agissait de la surface A12 à Genolier qui est une prairie ancienne extensive maigre mi-sèche à mésophile, située à proximité de la Réserve du Bois de Chêne.

Le test de MANN-WHITNEY montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les nouvelles et les anciennes prairies concernant le nombre d'espèces par prairie (U = 138, p = .065; Fig. 3).

Tableau 2. Liste d'espèces d'orthoptères inventoriées dans les deux types de prairies visitées, c'est-à-dire les 33 nouvelles prairies (anciennes terres assolées) et les 13 prairies anciennes. Les espèces des aires protégées (Inventaires fédéraux et régionaux) situées dans le périmètre d'étude sont également mentionnées. Espèces avec leur statut Liste rouge (LR) selon Monnerat et al. (2007) : EN = en danger, VU = vulnérable, NT = potentiellement menacée, LC = non menacée et DD = données insuffisantes. OPN = espèce protégée à l'échelon national selon l'Ordonnance sur la protection de la nature (RS 451.1).

Espèces	Catégorie LR et/ ou OPN	Prairies nouvelles (N=33)	Prairies anciennes (N=13)	Aires protégées
Aiolopus strepens **(Latreille, 1804)**	**LC**			X
Barbitistes serricauda **(Fabricius, 1794)**	**LC**			X
Calliptamus italicus **(Linnaeus, 1758)**	**VU et OPN**	**X**	**X**	X
Chorthippus biguttulus **(Linnaeus, 1758)**	**LC**	**X**	**X**	X
Chorthippus brunneus **(Thunberg, 1815)**	**LC**	**X**	**X**	X
Chorthippus mollis **(Charpentier, 1825)**	**NT**	**X**	**X**	X
Chorthippus montanus **(Charpentier, 1825)**	**VU**			X
Chorthippus parallelus **(Zetterstedt, 1821)**	**LC**	**X**	**X**	X
Chrysochraon dispar **(Germar, 1834)**	**NT**	**X**	**X**	X
Conocephalus fuscus **(Fabricius, 1793)**	**VU**	**X**	**X**	X
Decticus verrucivorus **(Linnaeus, 1758)**	**NT**		**X**	X
Ephippiger ephippiger diurnus **Dufour, 1841**	**EN et OPN**			X
Euchorthippus declivus **(Brisout de Barneville, 1849)**	**VU**	**X**	**X**	X
Euthystira brachyptera **(Ocskay, 1826)**	**LC**	**X**	**X**	X
Gomphocerippus rufus **(Linnaeus, 1758)**	**LC**	**X**	**X**	X
Gryllotalpa gryllotalpa **(Linnaeus, 1758)**	**DD**			X
Gryllus campestris **Linnaeus, 1758**	**LC**	**X**	**X**	X
Leptophyes punctatissima **(Bosc, 1792)**	**LC**	**X**	**X**	X
Mantis religiosa **Linnaeus, 1758**	**OPN**	**X**	**X**	X
Meconema meridionale **Costa, 1860**	**LC**	**X**		X
Meconema thalassinum **(De Geer, 1773)**	**LC**			X
Mecostethus parapleurus **(Hagenbach, 1822)**	**LC**	**X**	**X**	X
Metrioptera bicolor **(Philippi, 1830)**	**VU**	**X**	**X**	X
Metrioptera roeselii **(Hagenbach, 1822)**	**LC**	**X**	**X**	X
Nemobius sylvestris **(Bosc, 1792)**	**LC**	**X**	**X**	X
Oecanthus pellucens **(Scopoli, 1763)**	**LC**			X
Oedipoda caerulescens **(Linnaeus, 1758)**	**NT et OPN**		**X**	X
Omocestus haemorrhoidalis **(Charpentier, 1825)**	**NT**			X
Omocestus rufipes **(Zetterstedt, 1821)**	**NT**		**X**	X
Phaneroptera falcata **(Poda, 1761)**	**VU**	**X**	**X**	X
Phaneroptera nana **Fieber, 1853**	**LC**	**X**		
Pholidoptera griseoaptera **(De Geer, 1773)**	**LC**	**X**	**X**	X
Platycleis albopunctata albopunctata **(Goeze, 1778)**	**NT**	**X**	**X**	X
Pteronemobius heydenii **(Fischer, 1853)**	**VU**			X
Ruspolia nitidula **(Scopoli, 1786)**	**NT**	**X**	**X**	X
Stauroderus scalaris **(Fischer von Waldheim, 1846)**	**LC**	**X**	**X**	X
Stenobothrus lineatus **(Panzer, 1796)**	**LC**	**X**	**X**	X
Tetrix ceperoi **Bolívar, 1887**	**EN**			X
Tetrix subulata **(Linnaeus, 1758)**	**LC**	**X**		X
Tetrix tenuicornis **Sahlberg, 1893**	**LC**		**X**	X
Tettigonia viridissima **(Linnaeus, 1758)**	**LC**	**X**	**X**	X
Tettigonia cantans **(Fuessly, 1775)**	**LC**			X
Nombre d'espèces LR (EN, VU)	**9**	**5**	**5**	9
Nombre d'espèces potentiellement menacées (NT)	**8**	**4**	**7**	8
Nombre d'espèces non menacée (LC)	**23**	**17**	**15**	22
Nombre d'espèce de Mante	**1**	**1**	**1**	1
Nombre d'espèces données insuffisantes (DD)	**1**	**0**	**0**	1
Nombre d'espèce total	**42**	**27**	**28**	41
Nombre d'espèce total sans *Gryllus campestris* ni *Tetrix* spp.	**38**	**25**	**26**	37

Colonisation des nouvelles prairies, espèces cibles et de la Liste rouge

Comme le montre la Figure 5, le nombre d'espèces par prairie dans les nouvelles prairies n'est pas corrélé avec le nombre d'années après leur réalisation et inscription en SPB (R^2 = .0099).

Parmi les huit espèces d'orthoptères cibles du réseau, six ont été recensées dans les deux types de prairies: *Euchorthippus declivus*, *Metrioptera bicolor* (ISR, VU, Fig. 6), *Calliptamus italicus*, *Conocephalus fuscus*, *Phaneroptera falcata* (IR, VU, Fig. 6) ainsi que *Mantis religiosa* (IR). Le Tableau 3 présente le taux de prairies occupées par les espèces cibles du réseau selon le type de prairie. A titre indicatif le taux dans les aires protégées est aussi mentionné. Les prairies anciennes avaient un taux de présence élevé, très proche des aires protégées, pour deux espèces cibles (*M. bicolor* et *E. declivus*) et près de la moitié

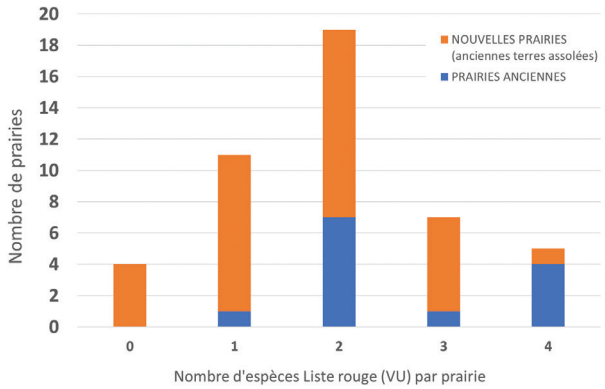

Figure 4. Nombre de prairies en relation avec le nombre d'espèces de la Liste rouge (VU) inventoriées par prairie dans les nouvelles prairies (N = 33) et dans les prairies anciennes (N = 13).

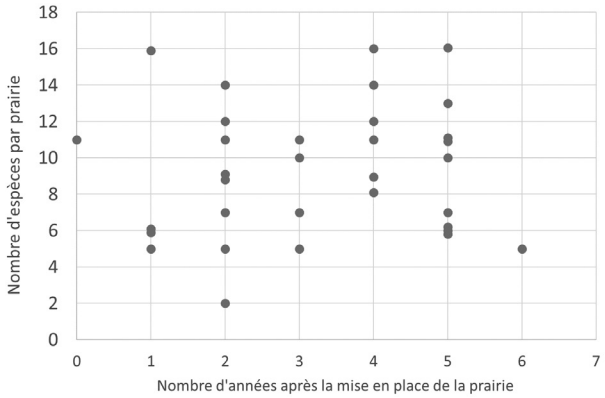

Figure 5. Aucune corrélation n'a été détectée entre le nombre d'années après la mise en place des nouvelles prairies (semis par la technique de l'enherbement direct, N = 33) et le nombre d'espèces (sans *Gryllus campestris* ni *Tetrix* spp) par prairie.

Figure 6. Quatre espèces cibles et inscrites sur la Liste rouge comme vulnérables (VU) qui ont été recensées dans les deux types de prairies du réseau écologique. En haut à gauche : *Metrioptera bicolor* mâle. En haut à droite: *Euchorthippus declivus* femelle. En bas à gauche: *Phaneroptera falcata* mâle. En bas à droite : *Calliptamus italicus* femelle (photos S. Breitenmoser).

Tableau 3. Pourcentage de prairies avec la présence d'espèces cibles et de la Liste rouge dans les 33 nouvelles prairies (anciennes terres assolées) et les 13 prairies anciennes. A titre d'information, les aires protégées sont indiquées.

	Metrioptera bicolor	*Euchorthippus declivus*	*Calliptamus italicus*	*Phaneroptera falcata*	*Conocephalus fuscus*	*Mantis religiosa*
Prairies nouvelles	60.6	57.6	6.1	18.2	24.2	3.0
Prairies anciennes	84.6	76.9	7.7	46.2	23.1	15.4
Aires protégées	100.0	83.3	66.7	83.3	66.7	33.3

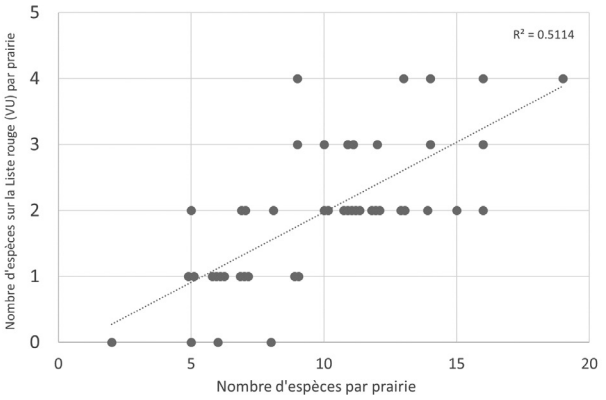

Figure 7. Corrélation positive entre le nombre d'espèces (sans *Gryllus campestris* ni *Tetrix* spp.) par prairie et le nombre d'espèces inscrites sur la Liste rouge (VU) par prairie. N = 46 prairies (33 nouvelles prairies et 13 prairies anciennes).

des surfaces avaient une présence de *P. falcata*. Dans les nouvelles prairies, parmi les six espèces, *M. bicolor* et *E. declivus* montraient les plus hauts taux de présence avec plus de la moitié des surfaces colonisées. Finalement pour les 46 prairies (nouvelles et anciennes), le nombre d'espèces par prairie corrèle positivement (R^2 = .51) avec le nombre d'espèces par prairie présentes sur la Liste rouge (Fig. 7).

Discussion

Les résultats sur le peuplement d'orthoptères suite à la création de 33 nouvelles prairies anciennement cultivées, par la technique de l'enherbement direct, sont extrêmement positifs. En effet, tant la moyenne par prairie que le nombre total d'espèces recensées sont similaires aux prairies naturelles anciennes. De plus, les résultats montrent une colonisation très rapide, non seulement sur le nombre d'espèce mais également en terme d'espèces inscrites sur la liste rouge comme *Metrioptera bicolor* ou *Euchorthippus declivus* qui sont présentes dans plus de la moitié des nouvelles prairies.

Le nombre total d'espèces dans les nouvelles comme dans les anciennes prairies représentent 2/3 des espèces d'orthoptères répertoriés dans le périmètre d'étude qui comprend les aires protégées (Tab. 2). Par rapport aux prairies du réseau, la différence concerne principalement les espèces de la Liste rouge liées aux milieux humides comme par exemple *Chorthippus montanus*, *Pteronemobius heydenii* et *Tetrix ceperoi* ou encore *Ephippiger ephippiger diurnus* aux exigences élevées avec des structures, qui n'ont été recensés que dans les aires protégées (réserves naturelles à Chéserex, La Rippe et Trélex). En effet, les aires protégées contiennent des milieux humides avec des structures ou la combinaison de milieux secs et humides contrairement aux prairies du réseau qui sont principalement mi-sèches. Une partie de la variabilité observée dans les différentes prairies pourrait notamment être expliquée par la dimension des prairies et la présence ou non de différentes structures adjacentes comme des lisières et/ou buissons. Cependant, la grande majorité des surfaces se situaient en lien direct ou proche de structures ligneuses.

La richesse globale du périmètre d'étude, peut s'expliquer par le climat doux et chaud du Bassin lémanique très favorable aux espèces thermophiles comme le sont les orthoptères, accentué par le lien direct entre deux zones biogéographiques nationales, soit le Plateau et le Jura (Gonseth et al. 2001, Baur 2006, Info fauna 2019b). Quant à la richesse des nouvelles prairies du réseau, elle peut notamment s'expliquer par la présence des anciennes prairies naturelles, des aires protégées et la connexion de ces éléments dans le paysage dont Walter et al. (2004) mentionnent l'importance pour la colonisation. De plus, l'entretien ciblé de longue date de ces aires protégées inscrites aux divers inventaires fédéraux a permis de conserver le peuplement d'orthoptère régionalement (OFEFP 2002a, OFEFP 2002b, Pearson et al. 2006, Dipner-Gerber et al. 2010, Bonnard et al. 2015).

Comparée à leur précédente affectation en terres assolées, la richesse spécifique moyenne de ces nouvelles prairies du réseau est nettement plus élevée. En effet, les terres assolées ont une richesse orthoptérique nulle ou très restreinte avec la présence de *Chorthippus brunneus*, parfois *Metrioptera roeselii* et *Tettigonia viridissima*. Ces espèces ont été observées régulièrement sous formes d'adultes dans les champs cultivés (p. ex. céréales, maïs et betteraves) du périmètre d'étude depuis dix ans par le premier auteur. Peter and Walter (2001) ont montré que le nombre d'espèces d'orthoptères était plus important dans les prairies extensives inscrites en SPB que dans d'autres prairies intensives tout comme le nombre d'espèces inscrites sur la Liste rouge. Nos résultats ont montré qu'en moins de six ans, les nouvelles prairies obtenaient près de 10 espèces par prairie tout comme les anciennes prairies naturelles. Rácz et al. (2012) ont obtenu des résultats similaires en Hongrie, où la richesse en espèces avait doublé et l'abondance avait été multipliée par dix dans des prairies restaurées après quatre ans par rapport aux terres cultivées. Quant à Bosshard and Kuster (2001), ils indiquent qu'un à trois ans après la mise en place d'une nouvelle prairie riche en fleurs, l'abondance des orthoptères avait significativement augmenté.

Ces résultats de recolonisation rapide des nouvelles prairies montrent la grande mobilité des orthoptères. Comme mentionné par Marini et al. (2012), les espèces très mobiles sont plus en mesure de recoloniser de nouvelles prairies, avec par la suite une occupation régionale généralement plus importante. C'est le cas pour les espèces cibles *M. bicolor* et *E. declivus* qui sont représentés dans plus de la moitié des nouvelles prairies du réseau. L'observation d'individus macroptères de *M. bicolor*, à plusieurs reprises lors de relevés, montre une adaptation pour une colonisation de l'espèce. Quant à *E. declivus*, son aire de distribution tend à s'étendre ces dernières années (Info Fauna 2019a). La répartition et la liaison de nombreuses prairies anciennes et nouvelles sur l'ensemble du périmètre du réseau, ainsi que la présence d'aires protégées servant de réservoirs, favorisent la dispersion des orthoptères et les échanges entre populations. La di-

versité des orthoptères est augmentée par l'accroissement du nombre et la densification du réseau de prairies naturelles gérées extensivement. Ainsi, la mise en réseau permet d'étendre la zone d'occupation des populations, en particulier pour les espèces sédentaires ou peu mobiles (Peter and Walter 2001, Walter et al. 2004, Marini et al. 2008, Duss et al. 2012, Marini et al. 2012).

Comme le mentionne Matenaar et al. (2015), ce sont principalement les facteurs tels que le recouvrement de la végétation au sol et la part de sol nu ainsi que l'hétérogénéité et la hauteur de la végétation qui influencent la diversité en orthoptères. Bien que Weinrich (2018) ait montré que dans les prairies extensives du Plateau suisse la richesse spécifique en orthoptères n'était pas corrélée avec la diversité botanique, un minimum de diversité végétale et structurelle est nécessaire pour obtenir une communauté riche en orthoptères (Evans 1988, Bonnet et al. 1997). Ainsi, cette richesse spécifique importante en orthoptères des nouvelles prairies du périmètre d'étude peut s'expliquer par la haute qualité et la diversité floristique des prairies naturelles sources utilisées pour créer les nouvelles prairies, via la technique de l'enherbement direct ou fleurs de foin. Par ailleurs, cette diversité des peuplements floristiques et orthoptériques dans les anciennes comme dans les nouvelles prairies est renforcée par le mode d'entretien extensif de ces surfaces (Marini et al. 2008). En effet, si le processus de fauche et de récolte des prairies impacte très négativement les peuplements d'orthoptères, comme l'ont démontré Humbert et al. (2009, 2010), la mesure consistant à laisser des zones refuges non fauchées durant la saison permet aux orthoptères d'accomplir leur cycle et donc de préserver le peuplement (Humbert et al. 2012). De plus, Buri et al. (2013) ont montré que ce mode d'entretien, avec 10 à 20% de zone refuge, augmente la richesse spécifique en orthoptères par rapport à un entretien traditionnel (fauche au 15 juin, sans zone refuge). Ainsi cette mesure appliquée au réseau écologique « La Frontière » en laissant 10% de zones non fauchées jusqu'en septembre (en la déplaçant d'année en année à l'intérieur de la prairie), permet également de favoriser les orthoptères du réseau. Buri et al. (2013) ont encore montré que dans les prairies dont la première date de fauche a été décalée au 15 juillet en plaine, la densité en orthoptère est en moyenne cinq fois plus élevée au printemps et au début de l'été que dans les prairies gérées traditionnellement (avec une fauche au 15 juin) et deux fois plus élevée que dans les prairies où un refuge a été maintenu pendant les opérations de fenaison. Comme perspective, une combinaison de ces deux mesures sur différentes prairies au sein d'une même exploitation ou d'un réseau écologique serait hautement bénéfique à la fois pour l'abondance que pour la richesse spécifique en orthoptères (Humbert et al. 2018).

La technique de l'enherbement direct en tant que moyen de dispersion d'individus ou d'œufs est encore à examiner. Pour les adultes ou les larves, comme l'ont montré Humbert et al. (2009, 2010), les effets cumulés de la fauche et de la récolte de l'herbe (même avec des faucheuses sans éclateurs) diminuent drastiquement le nombre d'individus vivants à la fin du processus. Ainsi cette technique, même avec un conditionnement plus doux, présente un potentiel plutôt faible pour importer des individus vivants sur la nouvelle prairie à partir de la prairie source. Wagner (2004) a montré toutefois qu'un faible taux (4.6%) d'individus de *M. bicolor* capables de se reproduire après le transfert de foin d'une prairie source à une prairie receveuse, pouvait s'avérer suffisant pour coloniser la nouvelle prairie pour autant que la végétation y soit favorable. Quant aux œufs, ce transfert n'est pas possible pour la grande majorité des espèces qui pondent dans le sol mais parait possible pour des espèces qui pondent en partie dans la végétation herbacée (fraîche ou sèche) comme *Chrysochraon dispar*, *Conocephalus fuscus*, *Euthystira brachyptera*, *M. bicolor*, *M. roeselii* et *Platycleis albopunctata albopunctata* pour autant que la ponte ait lieu dès le mois de juin (Detzel 1998, Ingrisch and Köhler 1998, Maas et al. 2002, Baur et al. 2006, Klaiber et al. 2017).

Les nouvelles prairies naturelles mises en place dans le réseau écologique Paysage « La Frontière » montrent en six ans, avec près de dix espèces en moyenne par surface dont deux menacées, un intérêt certain pour la sauvegarde et l'expansion des populations de ce groupe faunistique. Les résultats montrent également l'importance de la mise en place d'un réseau dense de prairies naturelles, de leur connectivité, de la qualité des nouveaux milieux à végétation maigre de source régionale (enherbement direct) additionnée à une exploitation extensive ciblée avec des zones refuges. Ils montrent encore l'importance des prairies anciennes et des aires naturelles protégées (Walter et al. 2004) comme source pour la colonisation.

Finalement, nos conclusions concernent également les paysages agricoles de l'étage montagnard car les communautés végétales et orthoptériques y sont similaires. Bien qu'arrivée plus tard, la révolution verte (Cleaver 1972, Bazlul 1986, Cornilleau and Joly 2014) a également touché les régions de montagne où on observe aujourd'hui une grande dégradation écologique des milieux prairiaux, que ça soit par une intensification de leur gestion ou par leur abandon et un retour de la forêt (OFEV 2017b). La restauration de ces prairies peut aussi se faire via la technique de l'enherbement direct avec une grande chance de succès pour la flore et les orthoptères, car malgré l'intensification des dernières décennies, la matrice paysagère contient encore souvent des prairies anciennes qui peuvent servir de populations sources.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'Association du réseau écologique « La Frontière », notamment aux présidents successifs MM. Pascal Ansermet et Ferdinand Baumgartner, ainsi qu'aux huitante agriculteurs participant au réseau écologique qui œuvrent à la mise en place des mesures pour améliorer la quantité, la connectivité et

la qualité des surfaces de promotion de la biodiversité. Nous remercions M. Yves Bischofberger du bureau In Situ Vivo Sàrl qui a également contribué à l'élaboration du réseau. Enfin, nous remercions tous les partenaires qui contribuent au réseau écologique Paysage « La Frontière »: Le Fond Suisse pour le Paysage (FSP), les autorités communales et le Conseil Régional de Nyon, le canton de Vaud (Direction générale de l'agriculture et viticulture DGAV et Direction générale de l'environnement DGE-Biodiversité), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), la Fondation Audemars Piguet, la Fondation Sophie et Karl Binding et la Loterie romande.

Références

Baur B, Baur H, Roesti C, Roesti D, Thorens P (2006) Sauterelles, Grillons et Criquets de Suisse. Musée d'histoire naturelle de Berne, Editions Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne, 352 pp.

Bazlul K (1986) The green revolution: an international bibliography. Greenwood press, New York, London, 318 pp.

BEB SA (2012) Réseau écologique – Analyse au niveau cantonal (REC-VD). Canton de Vaud, Service des forêts, de la Faune et de la Nature, Centre de conservation de la nature. BEB SA – Bureau d'études biologiques, 67 pp. www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/faune_nature/fichiers_pdf/REC/Rapport_REC_VD.pdf [Consultation 9.05.2019]

Bischofberger Y, Viollier S (2012) Les semis naturels de prairies diversifiées. Fleurs de foin: mode d'emploi. In Situ Vivo Sàrl, Puplinge, pour le Service des Forêts, de la Faune et de la Nature du canton de Vaud, St-Sulpice, 4 pp.

Boitier E (2004) Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'orthoptères en montagne auvergnate. Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques 9: 43–78.

Bonnard L, Hedinger C, Ryser J, Waldis R (2015) Inventaires des biotopes et des sites marécageux: un portrait. Office fédéral de l'environnement OFEV, 23 pp.

Bonnet E, Vilks A, Lenain JF, Petit D (1997) Analyse temporelle et structurale de la relation orthoptères – végétation. Écologie 28(3): 209–216.

Bosshard A, Kuster D (2001) Bedeutung neu angelegter Extensiv-Wiesen für Tagfalter und Heuschrecken. AgrarForschung 8(7): 252–257.

Buri P, Arlettaz R, Humbert JY (2013) Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: Evidence drawn from field-scale experimentation. Agriculture, Ecosystems and Environment 181: 22–30. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.003

Cleaver H (1972) « The Contradictions of the Green Revolution ». American Economic Review 62(2): 177–186.

Coray A, Thorens P (2001) Orthoptères de Suisse: Clé d'identification. Fauna Helvetica 5, 236 pp.

Cornilleau L, Joly PB (2014) 5. La révolution verte, un instrument de gouvernement de la faim dans le monde. Une histoire de la recherche agricole internationale. In: Pestre D (Ed.) Le gouvernement des technosciences. Gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945. La Découverte, 171–201.

Delarze R, Gonseth Y, Eggenberg S, Vust M (2015) Guide des milieux naturels de Suisse. 3e édition, Editions Rossolis, 440 pp.

Detzel P (1998) Die Heuschrecken Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, 580 pp.

Dipner-Gerber M, Volkart G, Gubser C, Eggenberg S, Hedinger C, Martin M, Walter T, Schmid W (2010) Prairies et pâturages secs d'importance nationale. Aide à l'exécution de l'ordonnance sur les prairies sèches. L'environnement pratique no 1017, Office fédéral de l'environnement, Berne, 83 pp.

Duss M, Meichtry-Stier KS, Pasinelli G, Baur B, Birrer S (2012) La mise en réseau des surfaces écologiques favorise les sauterelles. Recherche Agronomique Suisse 3(1): 4–11.

Evans EW (1988) Grasshopper (Insecta: Orthoptera : Acrididae) assemblages of tallgrass prairie : influences of fire frequency, topography and vegetation. Canadian journal of Zoology 66: 1495–1501. https://doi.org/10.1139/z88-219

Georges A, Guéguen A, Steine C (1999) Coléoptères carabiques et Orthoptères des jachères en tant que ressources potentielles de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*). In: Robert JC, Guilbot R, Dommanget JL, Maurin H (Eds) Inventaire et Cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français: Actes du séminaire tenu à Besançon les 8, 9 et 10 juillet 1999. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris: Patrimoine naturels ; OPIE, Guyancourt, 209–214.

Gonseth Y, Wohlgemuth T, Sansonnens B, Buttler A (2001) Les régions biogéographiques de la Suisse. Explications et division standard. Cahier de l'environnement n° 137. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage Berne, 48 pp.

Humbert JY, Ghazoul J, Walter T (2009) Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. Agriculture, Ecosystems and Environment 130: 1–8. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.11.014

Humbert JY, Ghazoul J, Richner N, Walter T (2010) Hay harvesting causes high orthopteran mortality. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 522–527. https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.09.012

Humbert JY, Ghazoul J, Richner N, Walter T (2012) Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. Biological Conservation 152: 96–101. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.015

Humbert JY, Buri P, Unternährer D, Arlettaz R (2018) Des régimes de fauche alternatifs pour favoriser la biodiversité des prairies. Recherche Agronomique Suisse 9(9): 314–321.

Info fauna (2019a) Serveur cartographique. https://lepus.unine.ch/carto [Consultation 9.05.2019]

Info fauna (2019b) Serveur tabulaire. https://lepus.unine.ch/tab/ [Consultation 9.05.2019]

Ingrisch S, Köhler G (1998) Die Heuschrecken Mitteleuropas. Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 pp.

Jaulin S (2004) Inventaire des espèces des estives du Massif des Albères (66). Inventaire et orientations de gestion. Office National des Forêts ONF, Office pour les insectes et leur environnement OPIE-LR, 31 pp.

Klaiber J, Altermatt F, Birrer, S, Chittaro Y, Dziock F, Gonseth Y, Hoess R, Keller D, Küchler H, Luka H, Manzke U, Müller A, Pfeifer MA, Roesti C, Schneider K, Schlegel J, Sonderegger P, Walter T, Holderegger R, Bergamini A (2017) Fauna Indicativa. WSL Berichte 54, 192 pp.

Maas S, Detzel P, Staudt A (2002) Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. BfN, Bonn-Bad Godesberg, 402 pp.

Marini L, Fontana P, Scotton M, Klimek S (2008) Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and land-

scape composition in the European Alps. Journal of Applied Ecology 45: 361–370. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01402.x

Marini L, Öckinger E, Battisti A, Bommarco R (2012) High mobility reduces beta-diversity among orthopteran communities – implications for conservation. Insect Conservation and Diversity 5: 37–45. https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00152.x

Matenaar D, Bazelet CS, Hochkirch A (2015) Simple tools for the evaluation of protected areas for the conservation of grasshoppers. Biological Conservation 192: 192–199. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.09.023

Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonseth Y (2007) Liste rouge des Orthoptères menacés de Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. L'environnement pratique 0719, 62 pp.

Mosimann E (2005) Mise en place de prairies fleuries avec de l'herbe à semences. Revue suisse Agriculture 37(5): 195–199.

OFEFP (2002a) Manuel conservation des marais en Suisse (volumes 1 et 2), L'environnement pratique n° 8809, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.

OFEFP (2002b) Les marais et leur protection en Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne, 66 pp.

OFEV (2017a) Plan d'action du Conseil fédéral 2017: Plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse. Office fédéral de l'environnement OFEV (Eds), Berne, 53 pp.

OFEV (2017b) Biodiversité en Suisse : état et évolution. Synthèse des résultats de la surveillance de la biodiversité. État : 2016. Office fédéral de l'environnement, Berne, État de l'environnement n° 1630, 60 pp.

Pearson S, Schiess-Bühler C, Hedinger C, Martin M, Volkart G (2006) Exploitation des prairies et pâturages secs. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne et AGRIDEA, Lausanne, 8 pp.

Peter B, Walter T (2001) Heuschrecken brauchen ökologische Ausgleichsflächen. AgrarForschung 8(11–12): 452–457.

Rácz IA, Déri E, Kisfali M, Batiz Z, Varga K, Szabó G (2012) Early changes of orthopteran assemblages after grassland restoration: a comparison of space-for-time substitution versus repeated measures monitoring. Biodiversity and Conservation 22: 2321–2335. https://doi.org/10.1007/s10531-013-0466-8

Regio Flora (2019) Favoriser la diversité régionale dans les herbages. www.regioflora.ch/fr/survol-des-techniques [Consultation 9.05.2019]

Roesti C, Keist B (2009) Die Stimmen der Heuschrecken. Haupt, Bern, 144 pp.

Staub M, Benz R, Bischoff W, Bosshard A, Buri J, Viollier S, Bischofberger Y (2015) Enherbement direct de prairies riches en espèces dans l'agriculture, AGRIDEA, Lausanne, 15 pp.

Thorens P (1986) Les Orthoptères (Saltatoria) de quelques garides du pied du Jura : II. Étude des peuplements. Bulletin de la Société Entomologique Suisse 59: 159–168.

Voisin JF (1980) Réflexion à propos d'une méthode simple d'échantillonnage des peuplements d'Orthoptères en milieu ouvert. Acrida 9: 159–170.

Wagner C (2004) Passive dispersal of *Metrioptera bicolor* (Phillipi 1830) (Orthopteroidea: Ensifera: Tettigoniidae) by transfer of hay. Journal of Insect Conservation 8(4): 287–296. https://doi.org/10.1007/s10841-004-0404-x

Walter T, Hunziker M, Peter B, Ward P (2004) Threatened grasshopper species profit from ecological compensation areas. Grassland Science in Europe 9: 234–236.

Weinrich M (2018) Ecological quality in Swiss lowland meadows: does plant and invertebrate diversity correlate? Master Thesis, Bern, Switzerland, University of Bern, 64 pp.